

T.D/621.3/E37

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**“EL MOTOR MAGNÉTICO EN EL GENERADOR
DEL AUTO ELECTRICO”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Autor: MG. CELSO YSIDRO GERÓNIMO HUAMÁN
CALLAO, 2016**

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

DOCTOR	: FERNANDO JOSÉ OYANGUREN RAMÍREZ	PRESIDENTE
DOCTOR	: CIRO ITALO TERÁN DIANDERAS	SECRETARIO
DOCTOR	: CÉSAR LORENZO TORRES SIME	MIEMBRO
DOCTOR	: MARCELO NEMESIO DAMAS NIÑO	MIEMBRO
DOCTOR	: JUAN HERBER GRADOS GAMARRA	ASESOR

Nº DE LIBRO : 01

FOLIO : 042

FECHA DE APROBACIÓN : mayo 27, 2016

RESOLUCIÓN DIRECTORAL : 039-2016-UPG-FIEE

DEDICATORIA:

A Dios por sobre todas las cosas, a mi esposa por su comprensión y entendimiento, a mi hijo por su cariño y dedicación, a mi abuelo por sus enseñanzas y sus consejos, a mi madre por brindarme su ejemplo y su abnegado amor.

AGRADECIMIENTO:

**Al Doctor JORGE ALBERTO DEL
CARPIO, en especial al Doctor
JUAN HERBER GRADOS
GAMARRA y a todas las personas
que hicieron posible este
trabajo.**

INDICE

	Pag.
RESUMEN	16
ABSTRACT	18
I.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.1.- Identificación del problema	20
1.2.- Formulación del problema	20
1.2.1.- Problema principal	20
1.2.2.- Problema secundario	20
1.3.- Objetivos de la investigación	21
1.3.1.- Objetivo general	21
1.3.2.- Objetivos específicos	21
1.4.- Justificación	21
II. MARCO TEÓRICO	23
2.1.- Antecedentes del estudio	23
2.2.- Marco teórico	23
2.2.1.- Historia del auto eléctrico	23
2.2.2.- Fuentes de energía	27
2.2.3.- Consumo	29
2.2.4.- Contaminación	33
2.2.5.- Contaminación de la electricidad	34
2.2.6.- Vehículo híbrido eléctrico	37
2.2.7.- Promoción	38
2.2.8.- Unión Europea	39
2.2.9.- España	40
2.2.10.- Enseñanzas	42
2.2.11.- Baterías de litio para vehículos	

eléctricos	42
2.2.12.- El futuro del auto eléctrico	44
2.2.13.- La seguridad	49
2.2.14.- Ventajas y problemas de los vehículos eléctricos, en la actualidad (2013)	51
2.2.15.- Ventajas	53
2.2.16.- Consumo	54
2.2.17.- Contaminación	54
2.2.18.- La cadena cinemática	54
2.2.19.- La potencia	55
2.2.20.- Vehículos híbridos en expo 2005	56
2.2.21.- El almacenamiento en las baterías	59
2.2.22.- La sonoridad	60
2.2.23.- Elementos	61
2.2.24.- Synergy drive funcionamiento	62
2.2.25.- Aceleración inicial	63
2.2.26.- Aceleración total	63
2.2.27.- Desaceleración	64
2.2.28.- Detención	64
2.2.29.- Conclusiones	64
2.2.30.- Motores brushless	65
2.2.31.- Ventajas y desventajas	67
2.2.32.- Contaminación del medio ambiente	68
2.2.33.- Reemplazo de la batería de un automóvil	69
2.2.34.- Baterías de coches eléctricos e híbridos, hoy	70
2.2.35.- Fundamentos básicos de una batería	70
2.2.36.- Evolución de la densidad energética de la batería	72

2.2.37.- El precio de las baterías de iones de litio parece que está bajando.	73
2.2.38.- Baterías de iones de litio – grafeno, casi listas para comercializar en E.E.U.U. en el 2014	75
2.2.39.- La importancia del Litio	77
2.2.40.- Avances en baterías para vehículos Eléctricos.	77
2.2.41.- ¿Cómo se aumenta la capacidad de una Batería? en el interior está la clave.	78
2.2.42.- Científicos alemanes crean batería para autos eléctricos que dura 27 años	80
2.2.43.- Tesla revoluciona la recarga del coche eléctrico: carga completa en 90 segundos	82
2.2.44.- El BMW13 es un éxito antes de su llegada	84
2.2.45.- El Tesla model S ya tiene rival, el Cadillac ELR	85
2.2.46.- UTE cierra acuerdo con BYD para uso de baterías eléctricas.	87
2.2.47.- Tecnología para el coche: baterías para vehículos híbridos y eléctricos	90
2.2.48.- Las baterías son la clave del coche eléctrico	91
2.2.49.- ¿Tendremos la batería perfecta mañana? no pero está cerca.	93
2.2.50.- Habiendo tantos proyectos aumenta las Posibilidades.	95
2.2.51.- Químicas posibles para baterías de coches eléctricos	97
2.2.52.- Las baterías de ion – litio, una colección de	

2.2.79.- Producción	147
2.2.80.- Propiedades magnéticas	148
2.2.81.- Propiedades mecánicas y físicas	150
2.2.82.- Riesgos	151
2.2.83.- Aplicaciones	152
2.2.84.- Otras aplicaciones	153
2.2.85.- Propiedades del neodimio y la ferrita	154
2.2.86.- Fuerza de sujeción por volumen	155
2.2.87.- Precio	156
2.2.88.- Estabilidad en el precio	157
2.2.89.- Resistencia a la temperatura	157
2.2.90.- Uso en exteriores	158
2.2.91.- Fragilidad	158
2.2.92.- Perdidas de fuerza de sujeción	158
2.2.93.- Tolerancia estándar	158
2.2.94.- Transporte	158
2.2.95.- Campo coersitivo	159
2.2.96.- Estética	160
2.2.97.- Peligros para los niños	161
2.2.98.- Peligros para dispositivos	161
2.3.- Marco conceptual	161
2.3.1.- Teoría cuántica	162
2.3.2.- El espín	163
2.3.3.- Ecuaciones de maxwell	166
2.3.4.- Parámetros presentes	166
2.3.5.- Significado físico	167
2.3.6.- Teorema de conservación	168
2.3.7.- Obtención de las ecuaciones de maxwell	169
2.3.8.- Aplicabilidades	170

2.3.9.-	Movimiento vertical de un imán	175
2.3.10.-	Fuerzas sobre el imán	176
2.3.11.-	Ecuación del circuito (espira)	178
2.3.12.-	Balance energético	180
2.3.13.-	Solución de las ecuaciones del movimiento	181
2.4.1.-	Filosofía del Electromagnetismo	183
2.4.2.-	La ontología como disciplina diversa de la metafísica en el siglo xx	184
2.4.3.-	La epistemología	186
2.4.4.-	Definición de términos básicos	192
III.	VARIABLES E HIPOTESIS	199
3.1.-	Definición de las variables	199
3.2.-	Operacionalización de variables	199
3.3.-	Hipótesis	200
3.3.1.-	Hipótesis general	200
3.3.2.-	Hipótesis específicas	200
IV.-	METODOLOGÍA	201
4.1.-	Tipo de investigación	201
4.2.-	Diseño de la investigación	202
4.3.-	Población y muestra	203
4.4.-	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	204
4.4.1.-	La observación	207
4.5.-	Procedimiento de recolección de datos	208
4.6.-	Procesamiento estadístico y análisis de datos	208
V.-	RESULTADOS	210
5.1:	La contaminación que tenemos.	210
5.2:	Toneladas tóxicas	210

5.3.- Expansión de la popularidad del híbrido	211
5.4.- Acuerdos voluntarios de los constructores	213
VI.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	219
6.1.- Contrastación de hipótesis con los resultados	219
6.1.1.- Menos contaminación	219
6.1.2.- Las cifras	222
6.2.- Contrastación de resultados con otros estudios similares	223
VII.- CONCLUSIONES	227
VIII.- RECOMENDACIONES	229
IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	230
MATRIZ DE CONSISTENCIAS	236
Anexos	237
Detector de gas CO₂.	238
Medidor de CO₂.	239

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 2.1 Thomas Edison y un coche eléctrico en 1913 (cortesía de National Museum of American history).	26
FIGURA 2.2 Un coche eléctrico, antigüedad en la exposición de coches de <u>Toronto</u> 1912.	26
FIGURA 2.3 Camille Jenatzy en un coche eléctrico la Jamais contente, 1899	27
FIGURA 2.4 Toyota Prius - hybrid synergy drive	62
FIGURA 2.5 Elementos del motor híbrido	65
FIGURA 2.6 Motor Brushless	68
FIGURA 2.7 Las células en la batería	71
FIGURA 2.8 Densidad energética de baterías y su relación con el petróleo	72
FIGURA 2.9 Baterías de Iones de Litio	75
FIGURA 2.10 Aumentando la capacidad de la batería	78
FIGURA 2.11 Batería de Litio con mucha durabilidad	80
FIGURA 2.12 Elon Musk Bloomberg	82
FIGURA 2.13 Variedad de baterías	90
FIGURA 2.14 Ubicación de las baterías en los autos	92
FIGURA 2.15 Tipos de baterías cercanas a los 400wh/kg	94
FIGURA 2.16 Ubicación de baterías	97
FIGURA 2.17 Batería de Ion Litio	98
FIGURA 2.18 Batería de Ion-Litio	100
FIGURA 2.19 Variedad de litio titanio	103
FIGURA 2.20 Benjamin Franklin	107
FIGURA 2.21 Experimento de Oersted	107

FIGURA 2.22	La balanza de torsión que usó Charles Agustín de Coulomb	109
FIGURA 2.23	Hans Christian Oersted haciendo su experimento	110
FIGURA 2.24	Los dominios magnéticos	115
FIGURA 2.25	Campo molecular de Weiss	116
FIGURA 2.26	Momentos magnéticos orientados al azar.	123
FIGURA 2.27	Los materiales paramagnéticos se magnetizan débilmente	126
FIGURA 2.28	Ejemplo de la alineación de los dominios en un cristal BCC de hierro	127
FIGURA 2.29	Imantación del Fluoruro de Magnesio	129
FIGURA 2.30	Estructura de los dominios de la magnetita	129
FIGURA 2.31	Curvas de desmagnetización de distintas variantes de Alnico.	132
FIGURA 2.32	Alineación de los momentos magnéticos	133
FIGURA 2.33	Curvas de desmagnetización de la Ferrita cerámica	134
FIGURA 2.34	Un grano en proceso de nucleación	135
FIGURA 2.35	Curvas de desmagnetización de los compuestos de SmCo	138
FIGURA 2.36	Estructura de la celda unitaria $Nd_2Fe_{14}B$	139
FIGURA 2.37	Microestructura del NdFeB	140
FIGURA 2.38	Curvas de desmagnetización	142
FIGURA 2.39	Curvas de desmagnetización del neoforo obtenidas por el método de moldeo cerámico.	144
FIGURA 2.40	Izquierda: imagen tomada por <u>microscopía electrónica de transmisión de alta resolución</u> de un cristal de $Nd_2Fe_{14}B$; derecha:	

<u>estructura cristalina con una celda unitaria</u> resaltada.	146
FIGURA 2.41 Las líneas de fuerza del campo magnético	149
FIGURA 2.42 Forma de anillo.	152
FIGURA 2.43 Forma, esferas cubiertos de <u>Níquel</u>.	152
FIGURA 2.44 Imanes de Ferrita.	154
FIGURA 2.45 Imanes de Neodimio	154
FIGURA 2.46 Imanes con manchas y bordes deteriorados	160

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 2.1: Autos eléctricos y consumo de Kwh.	30
Tabla 2.2: Rendimiento de la red Española.	31
Tabla 2.3: Consumo cada 100 Km.	32
Tabla 2.4: Producción de la central eléctrica.	35
Tabla 2.5: Susceptibilidades magnéticas	131
Tabla 5.1: Vehículos a gasolina	211
Tabla 5.2: Vehículos a diesel	212
Tabla 5.3: Contaminación	216
Tabla 5.4: Proporciones de contaminación	217
Tabla 6.1: Datos de contaminación	221

RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad, explicar el uso de un motor magnético en el generador del cargador de baterías del automóvil eléctrico o híbrido, con ello lograr el ahorro de combustible y evitar en lo posible la contaminación del medio ambiente.

Para el mejor desarrollo de este trabajo se explica cada uno de los capítulos, que dan la consistencia a la sustentación del presente trabajo, y ha sido estructurado de la forma siguiente:

En el primer capítulo traté de la identificación del problema, la formulación del problema principal y los problemas secundarios, objetivos de la investigación general, específica y justificación.

En el segundo capítulo traté sobre el marco teórico y el marco conceptual, donde se explican diferentes características y definiciones técnicas de los diferentes componentes que sustentarán el motor magnético en el generador del cargador de baterías del automóvil eléctrico o híbrido, también adicionalmente la definición de términos que faciliten el entendimiento del planteamiento de la tesis.

En el tercer capítulo traté sobre la definición de las variables, operacionalización de las variables, así como la variable Independiente, las variables dependientes, también sobre la hipótesis tanto general, como específicas.

En el cuarto capítulo traté de la metodología de la investigación, el tipo de investigación será de tipo aplicada, se utiliza dentro del proceso de

investigación científica, el nivel de la Investigación será descriptiva, también sobre las técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como el procedimiento y el análisis.

En el quinto capítulo traté sobre la observación, en base a los equipos de medición y con ello los resultados correspondientes.

En el sexto capítulo traté de la contrastación de hipótesis con los resultados, también la contrastación con otros estudios realizados.

En el séptimo capítulo traté sobre las conclusiones.

En el octavo capítulo traté sobre las recomendaciones que pueden darse.

En el noveno capítulo traté sobre las referencias bibliográficas.

Así mismo, en los anexos se tomó en cuenta la matriz de consistencia y las características técnicas que nos dan, los fabricantes de los equipos de medición y otros.

ABSTRACT

This thesis aims to explain the use of a magnetic motor in the generator of the battery charger from the electric car or hybrid, thereby achieving fuel economy and avoid possible contamination of the environment environment. For the better development of this work explains each of the chapters, giving consistency to the sustainability of this work, and it has been structured in the following way:

In the first chapter of the identification of the problem, the main problem formulation and secondary, objective research, general problems, specific and justification.

In the second chapter we discuss the theoretical framework and conceptual framework, where explains different features and technical definitions of the different components that produce magnetic motor in the electric car battery charger generator, or hybrid, also Additionally the definition of tea...

In the third chapter we will try on the definition of the variables, operationalization of variables, as well as the independent variable, dependent also on the hypothesis both general and specific variables.

In the fourth chapter we try to research methodology, the type of research will be of application type, is used in the process of scientific research, the level of research is descriptive, also about techniques and instruments of data collection, as well as the procedure and the analysis.

In the fifth chapter we will try on the observation, based on the measuring equipment and the corresponding results.

In the sixth chapter we will try the matching hypothesis with the results, also the comparison with other studies.

In the seventh chapter, we discuss conclusions.

In the eighth chapter we discuss recommendations that may occur.

In the ninth chapter we discuss the bibliographical references.

Likewise, in annexes is take into account the matrix of consistency and technical characteristics that give us, the manufacturers of measuring equipment and others.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1.1.- Identificación del problema

Colocando el motor magnético en el generador, que carga las baterías del automóvil eléctrico, será una solución a la próxima falta de los combustibles, disminuirá la contaminación del medio ambiente y mejorará el problema de las baterías.

Tomamos esto como alternativa, el motor magnético será la aplicación directa en el generador de la carga de baterías del automóvil eléctrico, donde se cambiara los motores de combustión por los motores eléctricos, especialmente en el automóvil volswagen escarabajo en la ciudad de Lima.

1.2.- Formulación del problema

1.2.1.- Problema principal

¿En qué medida el motor magnético del generador del cargador de baterías del automóvil eléctrico, contribuirá a la disminución de la contaminación del medio ambiente?.

1.2.2.- Problema secundario

¿En qué medida el motor magnético del generador del cargador de baterías del automóvil eléctrico, contribuirá en la reducción de la contaminación del medio ambiente?

1.3.- Objetivos de la investigación

1.3.1.- Objetivo general

Determinar en qué medida el motor magnético del generador del cargador de baterías del automóvil eléctrico, contribuirá a la disminución de la contaminación del medio ambiente.

1.3.2.- Objetivo específico

Determinar en qué medida el motor magnético del generador del cargador de baterías del automóvil eléctrico, contribuirá en la reducción de la contaminación del medio ambiente

1.4.- Justificación

En las grandes ciudades la contaminación por las emisiones contaminantes que emanan de los vehículos de combustión sobrepasa todo límite, por tanto es necesario contar con vehículos que no contaminen tanto el medio ambiente. Por ello se implementarán los vehículos eléctricos, los cuales contienen un banco de baterías.

Los vehículos eléctricos al funcionar con la energía de las baterías, reducen las emisiones tóxicas y bajan la contaminación del medio ambiente. Estas ventajas nos permiten seguir investigando al vehículo eléctrico en su conjunto.

Por tanto lo que se quiere es analizar el sistema de la energía que consume el vehículo, creando las bases en la investigación del tema de la energía de las baterías. Los resultados nos sirven para obtener la comprensión y el almacenamiento de la energía, optimizando el vehículo eléctrico.

Con todo ello nos permitirá reforzar la investigación en energías renovables. El trabajo también nos permite abordar el estudio de la optimización y almacenamiento de energía en las baterías, por tanto el motor magnético será el que alimente al generador, que cargará las baterías y con ello nos permitirá el mayor desplazamiento del vehículo eléctrico.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes del estudio

La tecnología en nuestro medio, es bastante antigua no acorde con el tiempo, ello hace que los motores eléctricos no sean totalmente versátiles para el uso adecuado en los automóviles híbridos o eléctricos, porque nosotros no somos fabricantes de automóviles.

En otros países la tecnología es avanzada, pero tendremos que manifestarlo, es cierto que la teoría se encuentra en algunas informaciones técnicas, en forma vaga, pero nunca se muestran los circuitos, y se puede decir que generalmente los circuitos que se encuentran son exclusivamente para motores de pequeña potencia generalmente para la rama de juguetería. Los vehículos actualmente, consumen abundante combustible y son cada vez más contaminantes del medio ambiente en nuestro país, donde el envejecimiento de los motores continua, por tanto los motores con un tiempo de vida, mayor al permitido por el fabricante son elementos totalmente contaminantes. En nuestro medio, donde el alto tráfico y la pérdida de energía, por falta de los combustibles que cada vez aumentan su precio, el motor eléctrico es una alternativa y no aplicarlo sería preocupante. En todos los países Europeos, asiáticos y Norteamericanos se fabrican autos eléctricos e híbridos de diferentes costos y calidades.

2.2.- MARCO TEÓRICO

2.2.1.- Historia del auto eléctrico

El coche eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, hasta el punto que existieron eléctricos anteriores al motor de cuatro tiempos

sobre el que Diésel (motor diésel) y Benz (gasolina), basaron el automóvil actual. Entre 1832 y 1839 (el año exacto es incierto), el hombre de negocios escocés Robert Anderson, inventó el primer vehículo eléctrico puro. El profesor Sibrandus Stratingh de Groninga, en los Países Bajos, diseñó y construyó con la ayuda de su asistente Christopher Becker vehículos eléctricos a escala reducida en 1835.

La mejora de la pila eléctrica, por parte de los franceses Gaston Planté en 1865 y Camille Faure en 1881, allanó el camino para los vehículos eléctricos. En la Exposición Mundial de 1867 en París, el inventor austríaco Franz Kravogl mostró un ciclo de dos ruedas con motor eléctrico. Francia y Gran Bretaña fueron las primeras naciones que apoyaron el desarrollo generalizado de vehículos eléctricos. En noviembre de 1881 el inventor francés Gustave Trouvé demostró un automóvil de tres ruedas en la Exposición Internacional de la Electricidad de París.

Justo antes de 1900, antes de la preeminencia de los motores de combustión interna, los automóviles eléctricos realizaron registros de velocidad y distancia notables, entre los que destacan la ruptura de la barrera de los 100 km/h, de Camille Jenatzy el 29 de abril de 1899, que alcanzó una velocidad máxima de 105,88 km/h.

Los automóviles eléctricos, producidos en los Estados Unidos por Anthony Electric, Baker, Detroit, Edison, Studebaker, y otros durante los principios del siglo XX tuvieron relativo éxito comercial. Debido a las limitaciones tecnológicas, la velocidad máxima de estos primeros vehículos eléctricos se limitaba a unos 32 km/h, por eso fueron vendidos como coche para la clase alta y con frecuencia se comercializan como vehículos adecuados para las mujeres debido a conducción limpia, tranquila y de fácil manejo,

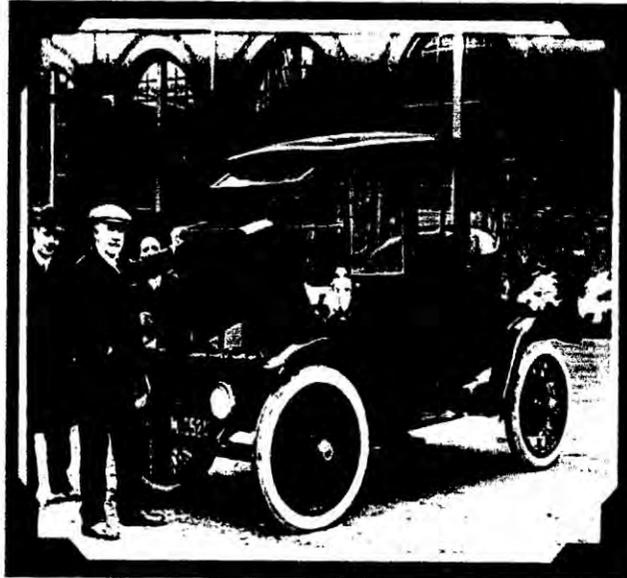
especialmente al no requerir el arranque manual con manivela que si necesitaban los automóviles de gasolina de la época.

En España los primeros intentos se remontan a la figura de Emilio de la Cuadra. Tras una visita a la Exposición Internacional de la Electricidad por motivos profesionales se interesó por dichos motores tras haber quedado sorprendido por las carreras celebradas en el circuito París-Burdeos-París en 1895. A través de la compañía "Cia. General de coches-automóviles Emilio de la Cuadra S. en C." construirá diversos prototipos de vehículos eléctricos. Sin embargo, la falta de tecnología y recursos materiales y económicos provocó que desechara todos los proyectos y dedicara una docena de automóviles con motor de explosión, bajo el nombre de La Cuadra. La empresa cerró en 1901 debido a la falta de dinero y una huelga.

La introducción del arranque eléctrico del Cadillac en 1913 simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna, que antes de esta mejora resultaba difícil y a veces peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908 contribuyó a la caída del vehículo eléctrico. Además las mejoras se sucedieron a mayor velocidad en los vehículos de combustión interna que en los vehículos eléctricos.

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas (introducidos en 1923 por Yale), todos los elevadores de batería eléctrica, o más recientemente carros de golf eléctricos, con los primeros modelos de Lektra en 1954.

FIGURA 2.1: Thomas Edison y un coche eléctrico en 1913 (cortesía de National Museum of American History).



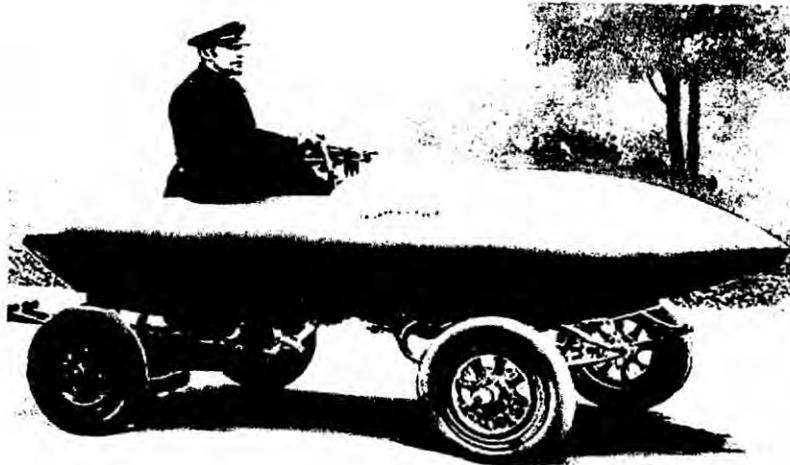
<https://upload.wikimedia.org>

FIGURA 2.2: Un coche eléctrico, antigüedad en la exposición de coches de Toronto 1912.



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia>

FIGURA 2.3: Camille Jenatzy en un coche eléctrico La Jamais Contente, 1899



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia>

2.2.2.- Fuentes de energía

Es importante distinguir entre fuentes de energía y vector energético. Las fuentes de energía son convertibles en formas de energía aprovechable y se encuentran de manera natural en el planeta, mientras que los vectores energéticos también son convertibles en energía aprovechable, en los que es menester invertir energía proveniente de una fuente energética para fabricarlos, para posteriormente recuperarla a voluntad.

Las fuentes de energía las hay de cuatro clases:

- Las fuentes gratuitas de energía (energía renovable) son aquellas en las cuales la fuerza de conversión de energía proviene del entorno. Esta fuente incluye la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica,

mareomotriz, gradiente térmico y energía azul, generalmente no contaminan.

- Las fuentes de energía renovable contaminante son aquellas que liberan agentes tóxicos durante el proceso de obtención de energía, pero son agentes que habían sido absorbidos del entorno por las plantas y animales de los que se obtiene la energía, por lo que al final no se han añadido sustancias tóxicas al entorno. Ejemplos de esta fuente son el aceite vegetal, el metano de la composta, las heces de los animales, la leña o el carbón de madera.
- Las fuentes de energía atómica se basan en el principio de convertir materia en energía, proveniente de la transformación del núcleo atómico; mediante la fisión o la fusión atómicas. Pueden producirse residuos peligrosos, y enormes cantidades de energía, por lo que se requiere un mayor conocimiento científico para su manejo apropiado.
- Las fuentes de energía fósil de combustión, extraídas de yacimientos naturales finitos acumulados durante largo tiempo, es una forma de energía química, producto de millones de años de la vida terrestre, como son el petróleo, el gas natural y el carbón mineral, hasta ahora la energía se ha obtenido por pirólisis.

Como productos de la descomposición de los compuestos orgánicos al quemarlos, se obtiene dióxido de carbono en combustión completa; o monóxido de carbono si es incompleta, además de óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros. Los cuales pueden alcanzar dosis letales en la atmósfera.

Estas fuentes de energía están ordenadas de menos a más contaminantes durante el proceso de obtención de energía, pero hay que puntualizar que absolutamente todas las fuentes producen alguna contaminación, algunas solo en la fabricación del mecanismo de obtención de la energía, y otras

durante todo el proceso de obtención, de modo que un vehículo eléctrico será más o menos contaminante en función de cual de estas haya sido su fuente última de energía.

En el caso de vehículos que utilizan un vector energético, como es por ejemplo el hidrógeno, su grado de contaminación dependerá de cómo se haya obtenido ese hidrógeno, porque en estado natural sólo se encuentra combinado con otros elementos, y para aislarlo hay que invertir mucha energía. Los métodos actuales de producción son la hidrólisis del agua, mediante electricidad, el refinado del gas natural para aislar el hidrógeno, proceso que libera el CO₂ del gas. Además, algunas compañías investigan otros métodos para obtener el hidrógeno, como la fotosíntesis de algas especiales que lo liberan del agua o a través de placas solares, como investiga el fabricante de automóviles japonés Honda, la única firma que ha obtenido la homologación para empezar a comercializar su vehículo eléctrico de pila de combustible de hidrógeno, el FCX Clarity, en Japón y Estados Unidos en 2008.

Las electrineras (o QuickDrop) son estaciones de servicio donde los coches u otros vehículos eléctricos pueden cambiar las baterías y el conductor no tiene ni siquiera que bajarse del vehículo, todo este proceso en menos de dos minutos. Pretenden completar las necesidades de autonomía de los coches eléctricos para distancias largas, principalmente interurbanas.

2.2.3.- Consumo

Los vehículos eléctricos destacan por su alto rendimiento en la transformación de la energía eléctrica de la batería en la energía mecánica con la que se moverá el vehículo (60-85%), frente al rendimiento de la

transformación de la energía del depósito de gasolina en la energía mecánica que mueve un vehículo de gasolina (15-20%). El presente y futuro de las baterías del vehículo eléctrico parece pasar por la batería de ion de litio, que cada vez se fabrica con mayor densidad de carga y longevidad permitiendo mover motores más potentes, aunque por ahora la autonomía media de un utilitario eléctrico se encuentra en torno a los 150 km. No obstante, deportivos eléctricos más caros han conseguido aumentar esa autonomía hasta los 483 km, como el modelo de 70 KWh del Tesla Roadster.

Con el objetivo de saber el consumo que supone el vehículo eléctrico cada 100 km, en la siguiente tabla figuran los principales vehículos eléctricos salidos y por salir en un corto plazo de tiempo y el consumo de KWh de la batería por cada 100 km de cada uno de ellos y de la media.

TABLA 2.1: AUTOS ELÉCTRICOS Y CONSUMO DE KWh.

kWh _{100km} que consumen los principales vehículos eléctricos			
Modelo	(kWh)	Autonomía (km)	kWh _{Batería} /100km
Mega e-City	9	100	9
Reva L-ion	11	120	9,17
Think City	25	200	12,50
Mitsubishi i-Miev	16	130	12,31
Citröen C-Zero	16	130	12,31
Renault Fluence ZE	24	175	13,71
Nissan Leaf	24	160	15,00
Tesla Roadster 42	42	257	16,34
Tesla Roadster 70	70	483	14,49
MEDIA	26,11	193	12,76

https://es.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius

Entendemos con esto (sin tomar en cuenta el Mega e-City que fue añadido a la tabla después), que el consumo medio cada 100 km de un vehículo eléctrico actualmente es de 13,78 KWh. Sin embargo, sólo es el consumo de los KWh que contiene la batería. Como el proceso de carga de la batería o el transporte y distribución de la electricidad tienen pérdidas causadas por no tener un rendimiento perfecto, la cantidad de KWh que necesitan extraerse de una toma de corriente o que se fabrican en la central eléctrica, son algo superiores. Para obtenerlos debemos atender a la siguiente tabla de rendimiento del paso de la electricidad por cada elemento del sistema que va desde la energía del medio hasta la energía mecánica que mueve el vehículo.

TABLA 2.2: RENDIMIENTO DE LA RED ESPAÑOLA.

Rendimiento/Eficiencia del Vehículo Eléctrico en España ¹⁴		
Sistema	Notación	Rend. (%)
Central (Ponderación)	η_g	48,47
Transporte y Distrib.	η_t	93,70
Convertidor Eléctrico	η_c	97,00
Batería	η_b	98,80
Rend. Enchufe-Batería	$\eta_c \cdot \eta_b$	95,84
Rend. Central-Batería	$\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b$	89,80
Sist. Mec. Vehículo	η_{mec}	80,00
Motor y Sist. Eléc.	η_m	88,30
Rend. Batería-E_{Mec}	$\eta_{mec} \cdot \eta_m$	70,64
Rend. Central-E_{Mec}	$\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_m$	63,43
TOTAL (Medio-E_{Mec})	$\eta = \eta_g \cdot \eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_m$	30,75

https://es.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius

Cabe apuntar que η_g hace referencia al rendimiento medio de la Red Eléctrica Española, que ha sido corregida siguiendo datos extraídos la propia web, ya que recientemente se ha situado sobre la media europea, que está entorno al 38%. Con esto podemos calcular la energía real que debe pasar por cada elemento del sistema para que lleguen esos 13,78 KWh a la batería de un coche eléctrico cada 100km.

TABLA 2.3: CONSUMO CADA 100 Km.

Consumo Coche eléctrico por cada 100km en cada parte del Sistema				
$kWh_{Mec}/100km$	$kWh_B/100km$	$kWh_E/100km$	$kWh_C/100km$	$kWh_M/100km$
Son los kWh que cada 100km se transforman en <i>energía mecánica</i> aprovechable, a partir de los 13,78 kWh de la batería	Son los kWh que cada 100km se consumen de la <i>batería</i>	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del <i>enchufe</i> de carga para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh que pagamos cada 100km	Son los kWh que cada 100km se han producido en la <i>central</i> para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh empleados para los cálculos de contaminación de $kgCO_2/kWh$ de las centrales	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del <i>medio</i> para proporcionar los 13,78 kWh a la batería
9,73	13,78	14,38	15,35	31,66

https://es.wikipedia.org/wiki/Refiner%C3%ADa_de_petr%C3%B3leo

Así, de esos 13,78 KWh consumidos de la batería de un coche eléctrico cada 100 km: se transforman en energía mecánica para desplazar el vehículo 9,73 KWh, será necesario extraer de una toma de corriente 14,38 KWh, será

necesario producir en una central eléctrica 15,35 KWh y será necesario extraer del medio 31,66 KWh. Por los motivos antes apuntados (diferente η_g respecto de Europa) el dato de los 31,66 KWh es solo válido para España, mientras que como media Europea sería algo superior, en torno a 40 KWh. Debido a que se necesita extraer de la toma de corriente 14,38 KWh para recorrer 100km en un vehículo eléctrico, éste será el número de KWh que aparecerá en la factura por cada 100km recorridos. Y, estando en España el costo por KWh para pequeños consumidores en aproximadamente 0,115 €. El costo que supone proporcionar la energía necesaria a un vehículo eléctrico en España es de unos 1,65€/100km.

Este dato es uno de los puntos fuertes de los vehículos eléctricos a baterías. Comparándolo con el consumo de un vehículo equipado con un motor de combustión interna, es verdaderamente ventajoso. Por ejemplo: un pequeño utilitario con un motor diésel (Renault Clío dci), combinando recorrido urbano y extra-urbano consume 4,7 L/100 km. Lo cual, con el coste actual del gasóleo (unos 1,15 €/L), supone 5,4 €/100 km.

Incluso es un gasto por kilómetro muy pequeño comparándolo con un vehículo híbrido. El Toyota Prius tiene un consumo medio homologado en circuito combinado de 3,9 L/100km, sólo un poco inferior al del utilitario convencional. En euros supondría un coste de 4,5 €/100km.

2.2.4.- Contaminación

En el año 2009, el sector del transporte fue responsable del 39 por ciento del consumo de energía final en España, con una intensidad energética que supera en más de un 40 por ciento la media europea (EU-27). El sector del transporte sigue siendo enormemente dependiente de los productos

petrolíferos (en un 98 por ciento). En el caso del transporte por carretera, éste representa más de la cuarta parte de las emisiones totales de CO₂ en España el 25,4 por ciento—, correspondiéndole del orden del 80 por ciento del consumo energético del sector transporte y el 90 por ciento de sus emisiones de CO₂.

2.2.5.- Contaminación de la electricidad

Desde la perspectiva medioambiental, no cabe duda de la eficacia del vehículo eléctrico, tanto para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero como para la reducción de la contaminación local tanto atmosférica como sonora.

La contaminación de todo vehículo (eléctrico o no) debe contabilizarse sumando las emisiones directas, que son las emisiones que produce el propio motor del vehículo, y las emisiones indirectas, que son las emisiones producidas en sistemas externos al vehículo pero fundamentales para éste por proporcionarle la energía necesaria para funcionar. Aunque un vehículo eléctrico no produce emisiones contaminantes durante su funcionamiento, la generación de energía eléctrica necesaria para mover el vehículo eléctrico da lugar a emisiones contaminantes y al consumo de recursos no renovables en mayor o menor medida, dependiendo de cómo se haya generado esa energía eléctrica, como queda visto arriba. Un caso particular es el de los vehículos que utilizan electricidad renovable como fuente de energía primaria (este es el caso de los vehículos recargados por electricidad solar, también conocidos como solar-charged vehicle). Asimismo, durante la generación, el transporte y la transformación de energía eléctrica se pierde parte de la energía, por lo que la energía útil es inferior a la energía primaria, como se ha visto antes. Lo mismo sucede con el petróleo, que además de los gastos

de transporte debidos a la diferencia geográfica de los lugares de producción y de consumo, es necesario transformar en refinerías en los diferentes productos derivados del petróleo, incluyendo los carburantes.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de energía que produce cada tipo de central de la Red Eléctrica Española, su relevancia, los kg de CO₂ que se emiten por cada KWh producido en cada tipo de central y los kg de CO₂ que es necesario emitir en la central para que un vehículo eléctrico recorra 100km, de acuerdo con que (como figura en tablas anteriores) para que un vehículo eléctrico recorra 100 km es necesario producir 15,35 kWh en la central eléctrica.

TABLA 2.4: PRODUCCION DE LA CENTRAL ELÉCTRICA.

Balance eléctrico y emisiones de España 2010 (hasta el 20 de Abril)				
Centrales REE	Energía (MWh)	Energía (%)	kgCO ₂ /kWh	kgCO ₂ /100km
Hidráulica	17.360.755	19,93	0,000	0,000
Nuclear	18.055.812	20,72	0,000	0,000
Carbón	4.551.776	5,22	0,950	0,762
Fuel + Gas	414.844	0,48	0,700	0,051
Ciclo Combinado	17.158.538	19,69	0,370	1,118
Eólica	15.316.833	17,58	0,000	0,000
Resto Régimen Especial	14.271.036	16,38	0,270	0,679
TOTAL	87.129.594	100,00	0,170	2,610

https://es.wikipedia.org/wiki/Refiner%C3%ADa_de_petr%C3%B3leo

En el caso de España, el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables, libres de emisiones de CO₂), representan en 2011 el 20 por ciento de la generación eléctrica y se pretende llegar en 2020 a sólo el 40 por ciento.

Siendo las emisiones de la red eléctrica de España en 2010 (del 1 de enero al 20 de Abril) de 0,17 kgCO₂/kWh, un vehículo eléctrico tendrá unas emisiones indirectas (y totales) de 2,61 kgCO₂/100km. Por otro lado, en Europa se estima que la media de emisiones de la red eléctrica es actualmente (2009) de unos 0,43 kgCO₂/kWh lo que conlleva unas emisiones del vehículo eléctrico en Europa de unos 6,6 kgCO₂/100km. No obstante, se calcula que desde ahora estas cifras descendan gradualmente, de forma que en 2030 las emisiones medias de la red eléctrica en Europa sean de 0,13 kgCO₂/kWh (frente a los 0,43 actuales), lo que, unido al mayor rendimiento de los motores en esa época (unos 11 kWh_c/100km en 2030), conseguirá que en 2030 las emisiones medias europeas del vehículo eléctrico sean de unos 1,43 kgCO₂/100km (frente a los 6,6 actuales).

Cabe apuntar que las emisiones de CO₂/kWh de la Red Eléctrica Española están teniendo un rápido y repentino descenso desde 2007, año en el que se emitieron 0,368 kgCO₂/kWh, que comparado con los 0,170 kgCO₂/kWh de 2010, supone una reducción del 53,8% de las emisiones por kWh en solo 3 años. En 2007 un vehículo eléctrico en España habría emitido 5,64 kgCO₂/100km, frente a los 2,61 de 2010. Este rápido descenso en las emisiones de CO₂/kWh en España se debe principalmente al desuso de las centrales de carbón (las más contaminantes), que de 1995 al 2007 han pasado de suponer el 41,6% a suponer solo el 25,6% de la producción total de energía eléctrica, para luego reducir drásticamente este porcentaje desde entonces hasta el 2010, quedando en su relevancia actualmente (2010) en el

5,2%. Las centrales nucleares mantienen una relevancia constante en torno al 20%, las eólicas mantienen un ascenso casi lineal y las de ciclo combinado modifican su producción según abunde o escasee la energía procedente de las centrales hidráulicas (cuya producción depende de factores climáticos no controlables).

Conviene comparar las cifras anteriores de contaminación del vehículo eléctrico con las del vehículo de motor de gasolina para hacernos una idea de la relación entre unos y otros en términos de emisiones. Tal y como se ha calculado con el vehículo eléctrico (solo que éste no tiene emisiones directas, sólo indirectas), las emisiones que se exponen a continuación son las emisiones totales del vehículo de motor de combustión, es decir, las directas (las que proporciona el fabricante) más las indirectas (que son aproximadamente una adición de un 15%, debido a emisiones en el refinamiento del petróleo, transporte, etc.). Así, las emisiones totales de un utilitario pequeño de motor diésel (Renault Clio dci) son de 13,8 kgCO₂/100km (12 de emisiones directas), as de las nuevas matriculaciones en España en 2009 son de unos 16,0 kgCO₂/100km (13,9 de emisiones directas) y las emisiones del parque automovilístico medio actual (2009) de Europa son de unos 18,4 kgCO₂/100km (16,0 de emisiones directas).

En todo caso, los particulares y empresas están instalando placas solares y microturbinas eólicas y contratando con comercializadores de electricidad renovable para recargar con este tipo de energía sus vehículos eléctricos (en especial los todo-eléctricos) por lo que la contaminación que producen es nula.

2.2.6.- Vehículo híbrido eléctrico.

Se han llamado "híbridos" a los automóviles que utilizan un motor eléctrico, y un motor de combustión interna para realizar su trabajo. A diferencia de los automóviles solo eléctricos, hay vehículos híbridos que no es necesario conectar a una toma de corriente para recargar las baterías, el generador y el sistema de "frenos regenerativos" se encargan de mantener la carga de las mismas.

Al utilizar el motor térmico para recargar las baterías, se necesitan menor número de estas por lo que el peso total del vehículo es menor ya que el motor térmico suele ser pequeño. Tradicionalmente, los motores que han propulsado a los automóviles convencionales han sido sobredimensionados con respecto a lo estrictamente necesario para un uso habitual. La nota dominante ha sido, y es aún, equipar con motores capaces de dar una potencia bastante grande, pero que sólo es requerida durante un mínimo tiempo en la vida útil de un vehículo. Los híbridos se equipan con motores de combustión interna, diseñados para funcionar con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga la batería del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería. En algunos híbridos es posible recuperar la energía cinética al frenar, que suele disiparse en forma de calor en los frenos, convirtiéndola en energía eléctrica. Este tipo de frenos se suele llamar "regenerativo". Ejemplo de vehículo con motor híbrido (BMW X5 'Efficient Dynamics')

2.2.7.- Promoción

Diversas entidades públicas conceden subvenciones, exenciones de impuestos y rebajas fiscales a los vehículos eléctricos.

Reconociendo la necesidad de reinventar el automóvil, el presidente de **Estados Unidos, Bill Clinton**, anunció en **1993** un proyecto conjunto del gobierno y la industria automovilística estadounidenses para diseñar el auto del futuro. Dijo: "Trataremos de poner en marcha el programa tecnológico más ambicioso que jamás haya tenido nuestra nación". Queda por ver si se logra "crear el vehículo ecológico de eficiencia perfecta para el siglo XXI".

Aunque a un costo enorme, se esperaba fabricar un prototipo en el lapso de una década. Algunos fabricantes están trabajando en modelos que combinan el uso de gasolina y electricidad. En **Alemania** en los años 90 ya existían costosos automóviles deportivos eléctricos capaces de alcanzar la velocidad de 100 kilómetros por hora en nueve segundos, y se espera llegar a 180 kilómetros por hora; sin embargo, cuando han recorrido 200 kilómetros hay que recargar las baterías al menos durante tres horas. Se espera que la investigación progrese mucho más en este campo.

2.2.8.- Unión Europea

En el Papel Blanco sobre Transporte 2050, la Unión Europea establece que:

- No habrá coches de combustión en el centro de las ciudades para 2050, con el objetivo intermedio de que en 2030 la mitad de los vehículos sean eléctricos
- Un 40% de corte de emisiones de barcos y un uso del 40% de combustibles de bajo carbono en aviación
- Y un cambio de un 50% de viajes de media distancia, tanto de pasajeros como de mercancías, desde la carretera al tren y otros modos de transporte

Se prevé la creación de un **Área Única de Transporte Europeo**.

2.2.9.- España

Los vehículos todo-eléctricos están exentos del impuesto de matriculación. En la Región de Murcia se conceden ayudas dentro de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), Plan de movilidad sostenible, a las corporaciones locales y otras administraciones públicas, y las empresas, pero no a los particulares, como sucede en otros lugares.

El Ministerio de Ciencia e Innovación quiere asumir el objetivo fijado por el Gobierno de España de transformar el modelo productivo de la nación en una economía sostenible, basada en el conocimiento, en línea con la política de innovación prevista en el Acuerdo Social y Económico para el crecimiento, el empleo y la garantía de las pensiones (ASE). Por ello, el MICINN y Servicio Público de Empleo Estatal (SPEE) han firmado un convenio de colaboración, con el fin de facilitar e impulsar el cumplimiento de los fines y objetivos que tienen ambas administraciones, en materia de empleo y de formación profesional para el empleo y en materia de investigación, desarrollo experimental e innovación y en particular, para desarrollar las actividades de formación del Programa INNCORPORA, y generar empleo de calidad.

El Plan Integral de Automoción, compuesto por el Plan de Competitividad, dotado con 800 millones de euros, el Plan VIVE II y la apuesta por el vehículo híbrido eléctrico, con el objetivo de que en 2014 circulen por las carreteras españolas un millón de coches eléctricos. Para ello, se proponía poner en marcha un programa piloto denominado Proyecto Movele, consistente en la introducción en 2009 y 2010, y dentro de entornos urbanos, de 2.000 vehículos eléctricos que sustituyan a coches de gasolina y gasóleo. Dentro del Proyecto Movele, en España se han instalado 500 puntos de recarga hasta 2011 y en Barcelona se instalaron durante el año 2009

dieciocho puntos, que se ubicaron en diversos aparcamientos municipales. Asimismo, en la ciudad condal se celebra la Fórmula-e.

Tras la aprobación por parte del Consejo de Ministros del Plan PIVE, el cual permite acumular dos ayudas para la adquisición de vehículos eléctricos. Pudiendo tener subvenciones hasta de 8000 euros. En la acumulación del Plan Integral de Impulso del Vehículo Eléctrico en España 2010-2014 (Plan MOVELE) y el Plan PIVE.

Por otro lado, la Ley 19/2009, de 23 de noviembre, de medidas de la eficiencia energética de los edificios, establece que para instalar en el estacionamiento de un edificio algún punto de recarga para vehículos eléctricos de uso privado, siempre que éste se ubicara en un cajón individual, sólo se requerirá la comunicación previa a la comunidad de que se procederá a su instalación. El costo de dicha instalación será asumido íntegramente por el interesado directo en la misma.

Dentro del Plan Avanza, Subprograma Avanza Competitividad (I+D+i), para la realización de proyectos y actuaciones de investigación, desarrollo e innovación, se recoge la finalidad de contribuir a la consecución, dentro de las TIC verdes, de aplicaciones y sistemas para el vehículo eléctrico.

El Real Decreto-ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo contempla en el capítulo V, en el ámbito del sector energético, medidas que tienen como objetivo crear las condiciones para impulsar nuevas actividades, muy relevantes para la modernización del sector, como son las empresas de servicios energéticos y el vehículo eléctrico, que por su papel dinamizador de la demanda interna y, en definitiva, de la recuperación económica. A través del artículo 23, se

incluye en el marco normativo del sector eléctrico un nuevo agente del sector, los gestores de cargas del sistema, que prestarán servicios de recarga de electricidad, necesarios para un rápido desarrollo del vehículo eléctrico como elemento que aúna de nuevo, las características de nuevo sector en crecimiento y de instrumento de ahorro y eficiencia energética y medioambiental. Por otra parte, en el artículo 24, y con el objetivo de promover el ahorro y la eficiencia energética, se establece que la Administración podrá adoptar programas específicos de ahorro y eficiencia energética en relación con el desarrollo del vehículo eléctrico.

El Gobierno ha presentado la Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico, con el horizonte 2014, y el Plan de Acción 2010-2012. En dicho plan de acción y el Plan integral del impulso del vehículo eléctrico, se ha incorporado la novedad de los autobuses eléctricos (pero no se han incluido los barcos no deportivos o la maquinaria agrícola, como los tractores).

2.2.10.- Enseñanzas

Se indica en el Real Decreto 1796/2008, de 3 de noviembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Automoción y se fijan sus enseñanzas mínimas que el sector productivo en el área de electromecánica señala una evolución en la actividad hacia la aplicación de nuevas tecnologías en detección, diagnóstico y reparación de averías, la aparición de nuevos motores tanto eléctricos como los denominados híbridos, donde los dispositivos de cambio de velocidad serán sustituidos por variadores de velocidad y la utilización de nuevos combustibles no derivados del petróleo.

2.2.11.- Baterías de Litio para vehículos eléctricos

El vehículo eléctrico tiene su talón de Aquiles en las baterías. Precio y autonomía condicionan la implantación del coche eléctrico, La causa principal para que no se masifique la industria del coche eléctrico es la baja densidad energética de las baterías de Litio-ión.

Entre otras empresas IBM ha emprendido un audaz proyecto llamado "Battery 500", para desarrollar mediante nanotecnología una batería de Litio-aire que tenga una autonomía de recorrido por carga de 500 millas (800 kilómetros), logrando una densidad energética de 1.500 a 2.000Wh/kg. Otra ventaja de estas baterías sería que necesitan menos compuestos y serían más sencillas que las actuales, cuyo resultado sería baterías más baratas.

Según IBM la fase de estudio científico llevará unos tres años y se estima una comercialización para el año 2020. Si el producto sale adelante, se produciría la esperada revolución energética con el despegue del automóvil eléctrico.

Así funciona la batería de Litio-aire. El principio se puede comparar con el motor de gasolina, que toma el aire del exterior para realizar la combustión interna. En esta batería, se toma el aire del exterior para provocar una reacción química. Durante la descarga (conducción), el oxígeno del aire aspirado reacciona con los iones de litio, formando peróxido de litio en una matriz de carbono. Al recargar, el oxígeno es devuelto a la atmósfera y el litio vuelve al ánodo. Se reemplaza el pesado cátodo de óxido metálico de las baterías actuales por un ligero cátodo de aire. El ánodo consiste en una carcasa con carbonato de litio.

También grupos de investigación en las universidades de Hanyang (Corea), de Roma Sapienza, del Changchun Institute of Applied Chemistry en China y del Massachusetts Institute of Technology (MIT) en EEUU, han publicado

algunos resultados de los experimentos, entre los que destaca un nuevo compuesto que permite a las baterías de Litio-aire tener una vida útil mucho más larga.

Existen rumores de que ya hay fabricantes probando esta tecnología.

A la mencionada desventaja del peso de estas baterías se añade su elevado precio. Tomaremos como ejemplo el automóvil eléctrico Nissan Leaf, el más vendido, que tiene una batería con capacidad de 24kWh y potencia de 80kW; su autonomía de recorrido es de 175 kilómetros. Tomando del cuadro una densidad energética media, la batería tendría un peso de $24.000/135 = 178$ kilogramos.

Se estima que por cada kWh se necesita 1,5 kilogramos de carbonato de litio, de modo que la batería del coche eléctrico Nissan Leaf necesitaría $24 \times 1,5 = 36$ kg (el 20% del peso de la batería), que al precio de 2012 de \$us 5/kg costaría \$us 180, que representa menos del 1% del precio del automóvil eléctrico.

Actualmente el precio de estas baterías es muy alto, debido a los fuertes gastos incurridos en su investigación y desarrollo. Según la Sociedad Electroquímica de los Estados Unidos, a fines de los 70 uno de cada tres trabajos era sobre baterías de litio, que se incrementó a más del 90% en 2010. En el Nissan Leaf que en EEUU costó \$us 33.000 el 2012, \$us 16.500 correspondieron al precio de la batería, vale decir que el exagerado precio unitario de energía de la batería fue de $16.500/24 = \$us 688/kWh$.

2.2.12.- El futuro del auto eléctrico

Por el continuo desarrollo tecnológico de la batería de Litio-ión (por ejemplo el incremento de la densidad energética) y la competencia entre fabricantes, en el futuro los precios de estas baterías se irán reduciendo y seguirá incrementándose su demanda (aunque en 2012 todos los fabricantes vendieron menos automóviles eléctricos de los proyectados). La producción mundial de litio en 2011 fue de 30.000 toneladas y su crecimiento anual entre 2004 y 2011 el 9,4%, valores que aumentarían mucho si se masificara el uso de estos automóviles.

Sin embargo, el gran y ansiado repunte de la industria del automóvil eléctrico, que dispararía la demanda de litio, se daría si se hace realidad la batería de Litio-aire, que con su densidad energética media, la batería pesaría solo $24.000/1.750 = 14$ kilogramos. Además de ser más barata y sencilla, le daría al automóvil eléctrico una autonomía de recorrido mucho mayor, convirtiéndolo en competidor aventajado del contaminador automóvil propulsado por combustibles fósiles.

Las limitadas reservas de petróleo y fundamentalmente los graves problemas ambientales derivados de la utilización cada vez mayor de motores de combustión, alimentados por derivados del petróleo, que ocasionan el calentamiento global, cuyos efectos comienzan a sentirse cada vez con mayor intensidad, han movido a buscar un sustituto energético limpio del petróleo, en principio por lo menos para el accionamiento de automóviles ligeros. William Tahil indicaba en 2007 que la flota automovilística mundial era de 1.000 millones de vehículos y que anualmente se producían 60 millones.

Por la excepcional cualidad del litio, de su elevada densidad energética, es decir la relación que hay entre la cantidad de energía que puede acumularse

y su peso (tiene un peso específico de 0,53, muy bajo por ejemplo frente a otros elementos utilizados en baterías como 11,36 del plomo, 8,90 del níquel y 8,65 del cadmio), es la mejor alternativa para la fabricación de baterías que accionen los automóviles eléctricos, por lo que muchas empresas están inmersas en el desarrollo de baterías de litio que provean tanto autonomías de recorrido como velocidades aceptables (a mayor velocidad menor recorrido y a la inversa), que por el momento y a pesar de los avances de las baterías de Litio-ión, no son las deseables y por ello la industria del automóvil eléctrico no tiene el avance que se había previsto. Algunas potencias y recorridos ofrecidos por fabricantes de automóviles eléctricos son: Peugeot iOn 49 KW y 150 Km; Renault Zoe 65 KW y 210 Km y Nissan Leaf, 80 KW y 175 Km.

El vehículo híbrido es un vehículo que combina un motor de combustible tradicional con uno eléctrico. La tecnología híbrida le permite a un auto operar con altos niveles de eficiencia en consumo de combustible y baja emisión de monóxido de carbono. Su motor de arranque combina un motor eléctrico y uno convencional a gasolina.

¿Cuestan más que los normales?

Debido a que se trata de una tecnología nueva, los fabricantes cobran un porcentaje más que el precio de un modelo regular, pero la diferencia desaparecerá eventualmente.

Por ejemplo, la Ford Escape Hybrid empieza desde \$26,970, mientras la Escape normal comienza en \$19,995.

¿Qué consumo de gasolina tienen?

La tecnología híbrida permite un rendimiento de millas por galón sobre todo en tráfico de ciudad, ya que los motores eléctricos son los que se accionan

primero a la hora de arrancar. El motor de gasolina entra en acción una vez que se alcanzan velocidades de más de 20 millas por hora. Esto puede variar, según el modelo.

Es por eso que en las hojas de información sobre el millas/galón, el rendimiento de viajes en ciudad es casi igual o superior al de carretera.

La Lexus asegura que la nueva SUV RX400h le ahorrará al conductor promedio unos 200 galones de gasolina al año.

Aquí van algunos ejemplos:

Honda Insight: rinde 60 millas por galón en tráfico urbano y hasta 66 mpg en carretera. Tiene un tanque de 10.5 galones de capacidad.

Honda Civic: 48 mpg en tráfico urbano y 47 mpg en carretera. Tanque de 13.2 galones.

Honda Accord: 29 mpg en tráfico urbano y 37 mpg en carretera. Tanque de 17.1 galones.

Toyota Prius: 60 mpg en tráfico urbano y 51 mpg en carretera. Tanque de 11.5 galones.

Ford Escape Hybrid: de 36 mpg en ciudad y de 31 mpg en carretera. Tanque de 15 galones.

¿Duran lo mismo que los normales?

La estructura general del vehículo es igual. Así que si se le dá el mantenimiento recomendado por el fabricante, cualquiera de los dos debe tener una vida útil similar.

¿El mantenimiento es más caro en un auto con tecnología híbrida?

No existe ninguna razón específica para que lo sea. La gran ventaja del momento es que como un incentivo para convencer al público de su confianza en el producto, todos los fabricantes ofrecen garantías extendidas de 10 años o 100 mil millas para todos los componentes híbridos de los autos nuevos, además de las garantías que comúnmente son de 3 años o 36 mil millas. El resto del mantenimiento es normal.

Cuándo saldrá a la venta el primer SUV híbrido? Desde el 2000, en Estados Unidos ya están a la venta el Toyota Prius, el Honda Insight y el Honda Civic, todos sedanes compactos. Ford puso a la venta la primera SUV de este segmento a finales de 2004, la Escape Hybrid.

Lexus, la división de lujo de la Toyota, ya hizo debutar la SUV RX400h. General Motors también tiene planes para lanzar un híbrido bajo su división Saturn, que estará lista supuestamente a finales del 2005.

¿Ya hay un híbrido Americano?

Sí. El Ford Escape Hybrid, que salió a la venta el verano pasado, pero los fabricantes americanos están atrasados en el desarrollo de estas tecnologías en comparación con sus competidores japoneses.

Por ejemplo, General Motors anunció a principios del 2003 sus planes para la fabricación del Saturn VUE, pero éste no saldrá al mercado sino hasta finales del 2005.

Chevrolet, otra división de General Motors, tiene planes para vender una camioneta híbrida en el 2005.

Toyota, por su parte, aseguró ya que para 2007, todos los modelos de su línea estarán disponibles con tecnología híbrida, duplicando los de motor convencional.

¿Es cierto que hay incentivos de impuestos si compras un auto híbrido?

Según las leyes federales, los que compraron un auto híbrido en el 2003 recibieron una deducción de 2 mil dólares en sus impuestos, y los que lo hicieron en el 2004, pudieron descontar 1,500 dólares de sus impuestos. Dicha deducción se irá eliminando con el paso de los años. En el Congreso Federal hay un proyecto de ley sobre la política energética de Estados Unidos que aumentaría las deducciones y créditos impositivos para la compra de autos híbridos.

En California, Colorado, Maryland, Nueva York y Oregon, los gobiernos estatales ofrecen deducciones adicionales. En Nueva Jersey también hay incentivos, pero sólo para las entidades de gobierno que comprar autos híbridos. Y en el estado de Washington, algunos vehículos híbridos están exentos de las tarifas de inspección de emisiones.

2.2.13.- La seguridad

¿Son seguros los autos híbridos?

Combinar un motor eléctrico con uno de gasolina no tiene relación alguna con los niveles generales de seguridad. Los estándares de seguridad de los autos se sacan de las pruebas de accidentes.

Los modelos híbridos actuales, el Toyota Prius, el Honda Civic y el Honda Insight, son autos compactos, rápidos y fáciles de maniobrar y por lo tanto

“buenos” para evitar accidentes. Ambos están clasificados como “seguros” en su clase.

Las SUVs, híbridas y convencionales, tienden a dar a sus conductores una falsa sensación de seguridad, pero tienen niveles más altos de riesgo de vuelcos y son más difíciles de maniobrar. De hecho, las SUVs no tienen que cumplir con las normas de seguridad de los autos de pasajeros, porque según leyes federales, están clasificadas como camionetas ligeras (“light trucks”). La Ford Escape y la RX400h de Lexus, tendrán los mismos riesgos que cualquier otra SUV.

Todos los vehículos híbridos se pueden comprar con bolsas de aire adicionales, así que en general, los niveles de seguridad de estos vehículos no son distintos a los autos normales.

Se han publicado algunos reportes sobre accidentes de autos híbridos en que supuestamente ha habido víctimas de electrocución, pero según los fabricantes, esa posibilidad es nula, ya que cuando se registra un accidente, todos los componentes eléctricos del vehículo se apagan automáticamente.

¿Se puede remolcar algo con un auto híbrido?

Sí, si el auto está diseñado para ese propósito, pero ni el Prius o los Honda Insight o Civic está diseñado para remolcar. La Ford Escape Hybrid, tiene capacidad para remolcar hasta mil libras. La Lexus RX400h tiene capacidad de remolque de 3,500 libras.

¿Cada cuánto tiempo hay que reemplazar las baterías? ¿Son caras? ¿Son un peligro para el medio ambiente?

Las baterías de los autos híbridos están diseñadas para durar la vida útil del vehículo, es decir entre 150 mil y 200 mil millas de recorrido. Las garantías de los fabricantes suelen ser de 10 años o 100 mil millas. Algunos críticos dudan que las baterías duren tanto, pero como es una tecnología tan nueva, solo el tiempo dirá quién tiene la razón.

Y para los que se preocupan por el medio ambiente, los autos híbridos usan baterías llamadas NiMH, que son perfectamente recargables y no contaminan como las de níquel.

¿Qué pasará con los autos híbridos cuando llegue la tecnología de hidrógeno?

La mayoría de los expertos asegura que los autos de células de hidrógeno no estarán disponibles comercialmente antes de 10 ó 20 años. Y para cuando lleguen es casi seguro que los autos con células de hidrógeno tengan también componentes de tecnología híbrida.

2.2.14.- Ventajas y problemas de los vehículos eléctricos en la actualidad (2013)

Carga de las baterías y precio. Las baterías de más de 400 km de autonomía son muy costosas y se recargan en unas 9 horas sin mermar su capacidad. Para evitar este problema sería necesario cambiar las baterías descargadas por otras con carga de manera inmediata, de forma tal que al repostar en una estación de servicio el vehículo ingresara casi sin energía eléctrica y saliera de allí total o parcialmente cargado pocos minutos mas tarde. Para ello las baterías deberían adaptarse perfectamente de manera de poder cambiarse

rápidamente y que esto pudiese hacerse tanto de forma total como fraccionada.

1. Seguirán contaminado, ya que en algunos casos la electricidad utilizada para recargar las baterías se produce mediante materias primas contaminantes como el carbón. En España, por ejemplo, la electricidad utilizada para las baterías supone unas emisiones de dióxido de carbono de 0,276 kg/KWeh generado.
2. Menor autonomía que un coche convencional dado que necesita recargas frecuentes.
3. El fuerte costo de compra inicial. En algunos casos el precio de un coche eléctrico triplica al de uno convencional. Ejemplo: Un Toyota Corolla, gama alta de Toyota, puede costar en torno a 17.000 euros con lo básico, un vehículo eléctrico como el THINK City alcanza en el mercado los 30.114 euros. Esto podría solucionarse si los fabricantes lo decidieran pues ya se ha comprobado con los vehículos híbridos que estos tienen a bajar de precio y ganar mercado rápidamente.
4. La poca accesibilidad que existe en cuanto a las recargas. Problema que se irá solucionando poco a poco, al suministrar los puntos de recarga por parte del país. Pero para ello quizás sea imprescindible que las estaciones de servicio puedan cambiar las baterías descargadas (total o parcialmente) por otras con carga de manera inmediata. De esta forma la empresa se interesaría por el nuevo negocio y el usuario se vería compensado al pagar por un servicio que le ahorraría mucho tiempo de espera.

2.2.15.- Ventajas

Respetan el medioambiente, produce menos cantidad de CO₂ que un vehículo convencional.

1. No hacen apenas ruido, su motor evita la contaminación acústica.
2. Su uso permite prescindir de combustible y ahorra así petróleo, una materia prima limitada y se puede dedicar a otras materias también necesarias.
3. Su mantenimiento y costo del "combustible" es mucho menor al de uno convencional. El Tesla Model S, por ejemplo, gasta 700\$ de electricidad al año; el Porsche Panamera Turbo gasta 3400\$ de combustible al año.
4. Mayor eficiencia y par motor a partir de 0 revoluciones y la total ausencia de marchas, lo que se traduce en mejor respuesta en aceleración.
5. En los deportivos, el uso de potencia distribuida en las ruedas y control del par motor de cada uno proporciona una mayor estabilidad en las curvas, y por tanto, en seguridad.
6. Según Francisco Laverón, Miguel Ángel Muñoz y Gonzalo Sáenz de Miera, dos economistas y un ingeniero de la compañía Iberdrola, un coche consigue una eficacia de un 77% si la electricidad procede de fuentes renovables, mientras que 42 % si procede de energía eléctrica basada en gas natural. Además estos autores aseguran que un coche eléctrico podría recorrer casi el doble de kilómetros que uno de gasolina.

2.2.16.- Consumo

Este dato es uno de los puntos fuertes de los vehículos eléctricos a baterías. Comparándolo con el consumo de un vehículo equipado con un motor de combustión interna, es verdaderamente ventajoso. Por ejemplo: un pequeño utilitario con un motor diésel (Renault Clío dci), combinando recorrido urbano y extra-urbano consume 4,7 L/100 km. Lo cual, con el coste actual del gasóleo (unos 1,35 €/L), supone 6,35 €/100 km.

Incluso es un gasto por kilómetro muy pequeño comparándolo con un vehículo híbrido. El Toyota Prius tiene un consumo medio homologado en circuito combinado de 3,9 L/100km, sólo un poco inferior al del utilitario convencional. En euros supondría un coste de 5,27 €/100km.

2.2.17.- Contaminación

En el año 2009, el sector del transporte fue responsable del 39 por ciento del consumo de energía final en España, con una intensidad energética que supera en más de un 40 por ciento la media europea (EU-27). El sector del transporte sigue siendo enormemente dependiente de los productos petrolíferos (en un 98 por ciento). En el caso del transporte por carretera, éste representa más de la cuarta parte de las emisiones totales de CO₂ en España –el 25,4 por ciento–, correspondiéndole del orden del 80 por ciento del consumo energético del sector transporte y el 90 por ciento de sus emisiones de CO₂.

2.2.18.- La cadena Cinemática

Un vehículo necesita realizar trabajo para desplazarse; para ello debe adquirir energía de alguna fuente y transformarla, con algún tipo de motor (térmico convencional, eléctrico, etc.), en energía cinética para que las ruedas giren y se produzca el desplazamiento.

Un vehículo clásico toma energía que se encuentra almacenada en un combustible fósil (p.e. gasolina) y que es liberada mediante la combustión en el interior de un motor térmico convencional. El par de salida de ese motor térmico se transmite a las ruedas.

El motor eléctrico, combinado con el motor de gasolina, es una alternativa al empleo de vehículos únicamente propulsados por energía fósil procedente de fuentes no renovables. Tradicionalmente, los motores que han propulsado a los automóviles han sido sobredimensionados con respecto a lo estrictamente necesario para un uso habitual.

2.2.19.- La Potencia

Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 45 y 240 CV de potencia máxima.

Esta potencia se requiere en situaciones particulares, tales como aceleraciones a fondo, subida de grandes pendientes con gran carga del vehículo y a gran velocidad. El hecho de que la mayoría del tiempo dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy pequeño de su capacidad sitúa el punto de funcionamiento en un lugar donde el rendimiento es bastante malo. Un vehículo medio convencional, si

se emplea mayoritariamente en ciudad o en recorridos largos y estacionarios a velocidad moderada, ni siquiera necesitará desarrollar 20 caballos.

El hecho de desarrollar una potencia muy inferior a la que el motor puede dar supone un despilfarro por dos motivos: por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor superiores a lo que requeriría realmente, y por otra, el rendimiento de un motor que pueda dar 100 caballos cuando da sólo 20 es muy inferior al de otro motor de menor potencia máxima funcionando a plena potencia y dando esos mismos 20 caballos. Este segundo factor es el principal responsable de que el consumo urbano de un mismo vehículo equipado con un motor de gran potencia consuma, en recorridos urbanos, muchísimo más que uno del mismo peso equipado con un motor más pequeño. En conclusión, el motor ha de ser el idóneo para el uso al que se destina.

2.2.20.- Vehículos Híbridos en expo 2005.

Dado que el mayor consumo de los vehículos se da en ciudad, los motores híbridos constituyen un ahorro energético notable, así como elevar la calidad de vida; mientras que un motor térmico necesita incrementar sus revoluciones para aumentar su par, el motor eléctrico en cambio tiene un par (fuerza del motor) constante, es decir produce la misma aceleración al comenzar la marcha que con el vehículo en movimiento.

Otro factor que reduce la eficacia del rendimiento en recorridos muy transitados es la forma de detener el vehículo. Ésta detención se realiza mediante un proceso tan ineficiente cómo es disipar y desaprovechar la energía en forma de movimiento, energía cinética, que lleva el vehículo para transformarla en calor liberado inútilmente al ambiente junto con materiales

de desgaste de las componentes de frenado. Estos componentes están formados por metales pesados y aglomerantes que pueden ser tóxicos, tanto en la manipulación para la fabricación de esos componentes, durante el uso (en forma de polvo desprendido en las frenadas) y durante su disposición final o reciclado.

La eficacia y eficiencia del híbrido se nota en esfuerzos tan puntuales como inevitables, tales como adelantamientos y aceleraciones en pendiente: la energía es más limpia y el motor eléctrico que es más simple mecánicamente, menor consumo de aceite lubricante, y dado que trabaja a bajas temperaturas por no haber combustión puede ser mucho más duradero que un motor de combustión interna, y con pocas piezas de desgaste como ser solo los rodamientos.

He aquí donde el sistema híbrido toma su mayor interés. Por una parte combina un pequeño motor térmico, suficiente para el uso en la inmensa mayoría de las ocasiones, de buen rendimiento y por tanto bajo consumo y emisiones contaminantes, con un sistema eléctrico capaz de realizar dos funciones vitales.

Por una parte desarrolla el suplemento extra de potencia necesario en contadas, pero inevitables, situaciones como las anteriormente citadas. Por otra, no supone en absoluto ningún consumo extra de combustible. Al contrario, supone un ahorro, puesto que la energía eléctrica es obtenida a base de cargar las baterías en frenadas o retenciones del vehículo al descender pendientes, momentos en los que la energía cinética del vehículo se destruiría (transformaría en calor irrecuperable para ser más exactos) con frenos tradicionales. Además, no sólo aporta potencia extra en momentos de gran demanda de ésta, sino que posibilita emplear solo la propulsión

eléctrica en arrancadas tras detenciones prolongadas (semáforos por ejemplo) o aparcamientos y mantener el motor térmico parado en éstas situaciones en las que no es empleado, o se requiere de él una potencia mínima, sin comprometer la capacidad para retomar la marcha instantáneamente. Esto es posible porque tiene la capacidad de arrancar en pocas décimas de segundo el motor térmico en caso de necesidad.

Además de la altísima eficiencia, la posibilidad de emplear los motores eléctricos, exclusivamente, durante un tiempo permite evitar la producción de humos en situaciones molestas, como por ejemplo en garajes.

En conclusión, desde el punto de vista de la eficiencia energética, el vehículo híbrido representa un hito nunca jamás antes alcanzado.

El principal problema al que se enfrenta la industria del automóvil para fabricar vehículos eficientes son las propias exigencias del consumidor. Debido al bajísimo precio (en relación a otras fuentes de energía) de los combustibles fósiles, gracias a que el petróleo es una fuente que la humanidad ha encontrado fácilmente disponible, no contribuye a concienciar a la población para un ahorro energético.

Sin embargo, no son los buenos todos son ventajas actualmente. Los costes actuales de producción de baterías, el peso de las mismas y la escasa capacidad de almacenamiento limitan aún su empleo generalizado.

También hay que tener en cuenta el material de las baterías que si son de Plomo, son de gran impacto ambiental tanto la obtención de plomo metálico, la manipulación para la fabricación de las baterías, y la recuperación de los metales luego de agotado su ciclo de vida. En caso de ser de Litio, posee un

alto costo ya que la disponibilidad del metal es limitada, y también tiene cuestiones ligadas al cuidado del medio ambiente.

2.2.21.- El almacenamiento en las baterías

La energía eléctrica es un recurso que no se agota. El motor eléctrico, para sustituir al térmico, se considera actualmente un gran avance de economía sostenible. La contaminación, que es muy baja en comparación con la capacidad de acumulación de energía en forma de combustible, si bien los cálculos publicados no tienen en cuenta el escaso aprovechamiento energético de la energía de combustión del recurso agotable, en comparación con un motor eléctrico. Aun así esto supone una barrera tecnológica importante para un motor eléctrico.

Los motores eléctricos han demostrado capacidades de sobra para impulsar otros tipos de máquinas, como Trenes y robots de fábricas, puesto que pueden conectarse sin problemas a líneas de corriente de alta potencia. Sin embargo, las capacidades de almacenamiento energético en un vehículo móvil obligan a los diseñadores a usar una complicada cadena energética multidisciplinar, e híbrida, para sustituir a una sencilla y barata cadena energética clásica depósito-motor-ruedas. La electricidad, como moneda de cambio energética, facilita el uso de tecnologías muy diversas, ya que el motor eléctrico consume electricidad, independientemente de la fuente empleada para generarla.

Si bien el sobreprecio de un vehículo híbrido es amortizable durante la vida de un automóvil, el consumidor raramente opta por realizar una fuerte inversión inicial en un vehículo de éste tipo. Además de que los gobiernos no ven conveniente el cambio de las principales fuentes de energía

(combustibles fósiles) por el "golpe" que éste daría a la economía... En cambio, en un futuro a medio plazo, en el que el precio del petróleo se dispare por su escasez y la única forma de suplir esta carencia sea aumentar la eficiencia y emplear biocombustibles (de mayor coste de producción que el petróleo en la actualidad) el vehículo híbrido seguramente pase de considerarse un lujo solo para ecologistas convencidos y pudientes, a la única forma viable de transporte por carretera. Gracias al empleo de tecnología híbrida se consiguen reducciones de consumo de hasta el 80% en ciudad y 40% en carretera, en comparación entre vehículos híbridos y convencionales de similares prestaciones. Las emisiones contaminantes tendrán un comportamiento paralelo.

2.2.22.- La sonoridad

Diversas asociaciones han alertado sobre el peligro que encierran los vehículos híbridos para los peatones, indica un informe del Ministerio de Transporte de Estados Unidos. "Les preocupa el hecho de que estos vehículos sean más silenciosos que los regulares, situación que dificulta a peatones y ciclistas escuchar los sonidos que normalmente les advierten sobre la presencia de un vehículo en una calle o una intersección." Dicho informe revela que en ciertas maniobras estos vehículos "tienen el doble de posibilidades que los convencionales de verse involucrados en accidentes con transeúntes". La Administración Nacional para la Seguridad Vial ha propuesto instalar en los vehículos híbridos y en los eléctricos emisores de sonido que funcionen cuando se desplacen a poca velocidad.

2.2.23.- Elementos

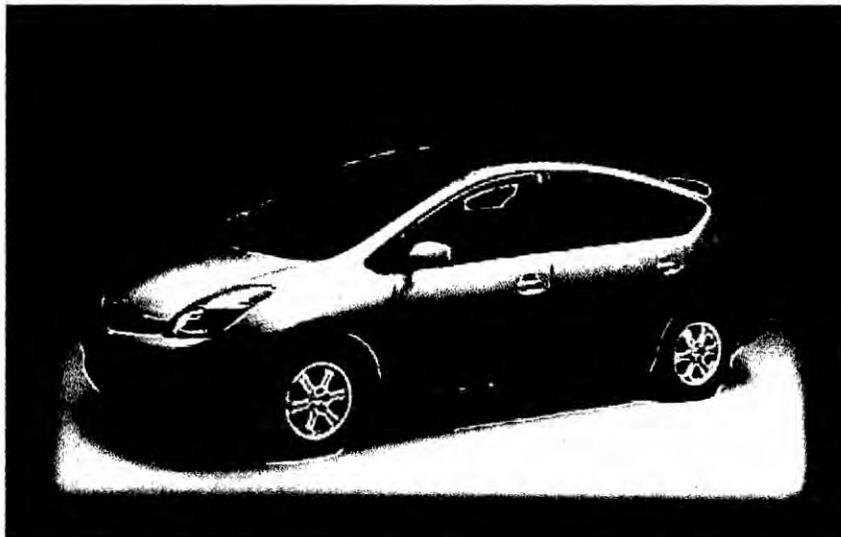
Elementos que pueden ser utilizados en la configuración de la cadena energética de un vehículo híbrido, y deben estar coordinados mediante un sistema electrónico-informático:

- Baterías de alta capacidad para almacenar energía eléctrica como para mover el vehículo.
- Pila de combustible, para conseguir almacenar energía eléctrica en forma de combustible y transformarla en el momento de su utilización. De esa forma se consiguen capacidades de almacenamiento energético similares o superiores a las del depósito de combustible fósil.
- Paneles fotovoltaicos como ayuda a la recarga de las baterías.
- Batería inercial que permite recuperar la energía desprendida en la frenada. Las baterías no se cargan bajo picos de energía cortos y muy altos, así que acelerar un volante de inercia y luego utilizar esa energía cinética para ir cargando lentamente dichas baterías se perfila como una buena opción.
- Supercondensadores para poder realizar la misma función que los volantes de inercia usando sólo tecnología eléctrica.
- Grupos electrógenos para, en caso de niveles muy bajos de batería, consumir combustible fósil en motores de pistones para generar electricidad.
- Grupos turbogen para, en caso de niveles muy bajos de batería, consumir combustible fósil en motores de turbina rotante para generar electricidad.

De esta forma utilizando una mezcla de tecnologías que apoyen al motor eléctrico se consigue un vehículo que pueda competir en prestaciones con la versión clásica.

2.2.24.- Synergy drive funcionamiento

FIGURA 2.4: Toyota Prius - Hybrid Synergy Drive



<https://www.idoneos.com/index.php>

El Toyota Prius es un símbolo de tecnología y responsabilidad medioambiental. Equipado con la última generación tecnológica de motores híbridos (Hybrid Synergy Drive), utiliza un motor naftero y un motor eléctrico proporcionando una menor cantidad de emisiones de gases y logrando economía de combustible con la más alta performance de manejo.

El sistema de transmisión automático CVT (Electrónico continuamente variable) permite un andar suave sin que el conductor sienta los cambios de marcha propios de una transmisión automática convencional.

Esta tecnología no es una visión del futuro, sino una realidad ya aplicada. Actualmente se han vendido más de 300.000 Prius en todo el mundo. **Toyota** continúa desarrollando esta tecnología híbrida. Recordemos que ésta empresa fue pionera en la producción en serie de vehículos híbridos. Asimismo, el Toyota Prius recibió el premio al mejor vehículo del año 2004 en EE.UU. y al mejor vehículo del año 2005 en Europa, éste último otorgado por la EURO NCAP.

2.2.25.- Aceleración inicial

Durante la aceleración inicial y a bajas revoluciones, utiliza energía de la batería para mover el vehículo. Cuando el nivel de energía es bajo, utiliza el motor de combustible para dar potencia al generador y recargar la batería.

Al conducir en condiciones normales, el motor de combustible es la principal fuente de energía, transmitiendo su potencia directamente a las ruedas, así como al generador, el cual produce electricidad, para que el **motor eléctrico** propulse también las mismas. El Hybrid Synergy Drive siempre mantiene la relación óptima entre la potencia de ambos motores.

2.2.26.- Aceleración total

Al adelantar o acelerar de golpe, se combinan las tres fuentes para proporcionar la máxima potencia: la batería de alto voltaje, el generador y el motor de combustible. El acelerador electrónico junto con el E-CVT, proporcionan una aceleración suave y lineal.

2.2.27.- Desaceleración

Al frenar, el motor eléctrico controla la distribución de potencia a las ruedas. Esto permite al motor actuar como un gran generador, recuperando energía y almacenándola en la batería de alto voltaje, a esta forma de actuar se denomina freno regenerativo.

2.2.28.- Detención

Cuando el vehículo esta inmóvil pero con el motor en marcha el motor de combustible se apaga para conservar combustible.

2.2.29.- Conclusiones

Placer de manejo: el Prius proporciona una potencia eficaz con un rendimiento de aceleración excelente además de una conducción suave y controlada, gracias al motor 1.500 cm³ 16V VVT-i.

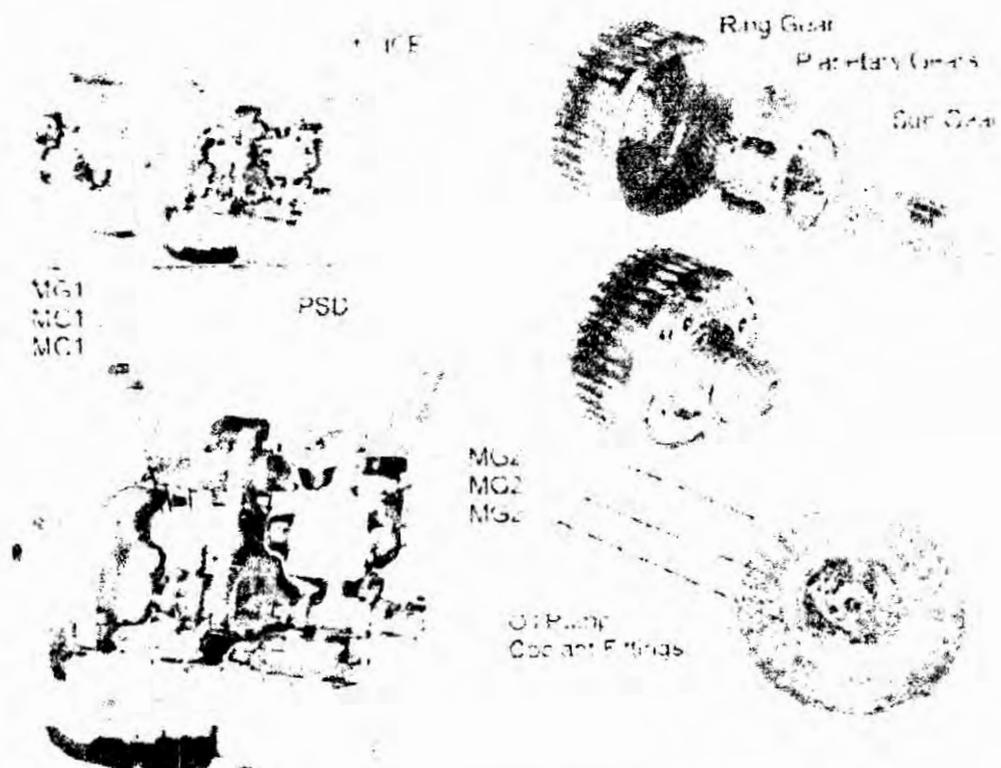
Consumo: su alta eficiencia aerodinámica sumada al sistema **Hybrid Synergy Drive** reduce el consumo de combustible drásticamente. El Prius recorre 800 km. con una carga de tanque, esto indica que consume casi un 40 por ciento menos que un motor a combustible convencional.

Seguridad: cuenta con doble airbag "SRS" (Supplemental Restraint System) para conductor y acompañante. Los cinturones de seguridad tienen pretensionador y limitador de fuerza.

Hybrid Synergy Drive, (HSD) es un conjunto de tecnologías para vehículos híbridos desarrolladas por Toyota y utilizado en los automóviles Toyota Prius, Toyota Auris HSD, Highlander Hybrid, Camry Hybrid, Lexus RX 400h, Lexus

GS 450h y Lexus LS 600h/LS 600hL. La tecnología también es utilizada en el Nissan Altima Hybrid. Combina la propulsión eléctrica con la transmisión variable continua. La tecnología Synergy Drive es un sistema de control electrónico sin conexiones mecánicas entre el motor y los controles del motor, tanto el acelerador como la palanca de cambio, ya que en un vehículo HSD el control computarizado sólo recibe señales eléctricas

FIGURA 2.5: ELEMENTOS DEL MOTOR HIBRIDO



https://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n_variable_continua

2.2.30.- Motores Brushless

¿Qué es un motor brushless?

La palabra brushless se puede traducir como "sin escobillas", las escobillas son los elementos que hacen contacto en el colector de un motor común. En los motores de DC pequeños, son de una aleación de cobre y en motores más grandes son de un compuesto a base de carbón.

Estos motores carecen de colector y escobillas o carbones. ¿Entonces cómo funcionan? Es simple, en vez de funcionar en DC funcionan en AC, la mayoría se alimentan con una señal trifásica, esta señal idealmente debería ser sinusoidal, pero en la práctica son pulsos, haciendo que la señal sea una señal continua pulsante o bien una continua con mucho componente de AC sin, embargo se clasifica como DC porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes.

Estos imanes son atraídos por la polaridad de un campo magnético generado en las bobinas, las cuales como decíamos reciben pulsos en un patrón específico. Si queremos que el motor gire más rápido, simplemente hacemos girar el campo magnético secuencial a mayor velocidad. O lo que sería lo mismo aumentar la frecuencia de los pulsos.

Si tenemos un motor eléctrico común y le aumentamos la tensión en los terminales del mismo, veremos que aumenta la velocidad pero también aumenta la corriente de consumo. En un motor brushless la corriente y la velocidad son en cierto punto independientes. Es el circuito regulador de velocidad el que se encarga de suministrar solo la corriente necesaria para una determinada RPM. Si alimentamos con mucha corriente, significa que estamos desperdiciando la capacidad de la batería en esa corriente que no es aprovechada, si en cambio, alimentamos con poca corriente, el pulso de EMF será mayor al pulso de alimentación y por lo tanto el motor eventualmente se detendrá.

Los reguladores de velocidad son los encargados de hacer andar el motor, en el caso de radiocontrol, lo que hacen es medir el tiempo de 1ms a 2ms como un servo estandar y transformarlo en un máximo y mínimo de RPMs para el motor.

Tienen básicamente dos formas de operar, puede ser seteado a una cierta cantidad de vueltas, supongamos 7000 RPMs, para la cual debería entregar cierta corriente programada. Si la carga aumenta, como podría ser el caso de un rotor de helicóptero, entonces el regulador, debería entregar más corriente para que se mantengan esas 7000 RPMs. El regulador controla la forma del pulso contraelectromotriz (EMF) y así ajusta la corriente de salida. La otra forma, la cual es la más común y que usa la mayoría, es que el motor inyecta un cierto valor de corriente y luego mide cual es la velocidad del motor al medir el EMF. De esta forma se auto ajusta.

2.2.31.- Ventajas y desventajas

Los motores brushless tienen muchas ventajas por sobre los motores brushed (con escobillas) entre ellas las más nombradas son:

- Mayor eficiencia (menos perdida por calor)
- Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia)
- Menor peso para la misma potencia
- Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall
- Relación velocidad/par motor es casi una constante
- Mayor potencia para el mismo tamaño
- Mejor disipación de calor
- Rango de velocidad elevado al no tener limitación mecánica.

- Menor ruido electrónico (menos interferencias en otros circuitos)

Los motores brushless prácticamente no hacen ruido.

Desventajas de un motor brushless

- Mayor costo de construcción
- El control es mediante un circuito caro y complejo
- Siempre hace falta un control electrónico para que funcione, que a veces duplica el costo

FIGURA 2.6 : MOTOR BRUSHLESS



<https://www.radiocontrol.com>

2.2.32.- Contaminación del medio ambiente.

La contaminación del medio ambiente constituye uno de los problemas más críticos en el mundo y es por ello que ha surgido la necesidad de la toma de conciencia, la búsqueda de alternativas para su solución.

La contaminación atmosférica provocada principalmente por las industrias, las combustiones industriales y los VEHÍCULOS AUTOMOTORES, ha afectado gravemente el aire que respiramos.

Las principales sustancias contaminantes son: Dióxido de Azufre, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxido de Nitrógeno, Hidrocarburos Gaseosos, Oxido de Plomo, Fluoruros, Polvo Atmosférico producto de la trituración de materiales y pulverización de productos.

Podemos concluir puntualizando que el hombre debe considerar seriamente que su relación con el medio ambiente debe ser modificada pues quien más se está perjudicando es él mismo.

¹Lema: Cuando no haya árboles en la tierra, cuando no haya peces para pescar, porque todos ya murieron, recién nos daremos cuenta que el dinero no se come.

2.2.33.- Reemplazo de la batería de un automóvil híbrido

La batería de un vehículo híbrido a menudo está combinada con una batería integrada que asiste al motor, la cual es responsable de cargarla. Si cambias una, debes cambiar ambas, con un costo de unos \$2,700. Como la tecnología es bastante nueva, puede ser difícil resolver los problemas de los motores híbridos. 'Los híbridos son maravillosos, pero cuando algo falla, es mejor que prepares para un gasto muy fuerte.

¹Lema de los Ecologistas: Cuando no haya árboles en la tierra, cuando no haya peces para pescar, porque todos ya murieron, recién nos daremos cuenta que el dinero no se come

Eso se debe a que hay una cantidad limitada de mecánicos que reparan híbridos y a que las piezas escasean. El tiempo cálido del sur y el sudoeste afecta a estas baterías. Para evitar reparaciones, lo mejor que se puede hacer es conducir híbridos en climas templados.

2.2.34.- Baterías de coches eléctricos e híbridos, hoy

Las baterías son el elemento fundamental de **híbridos y eléctricos**. En ellas está la clave de su viabilidad técnica y económica, el principal problema y, por tanto, también el mayor desafío tecnológico dentro de este tipo de planta motriz que parece condenada a conquistar el mundo a cámara lenta.

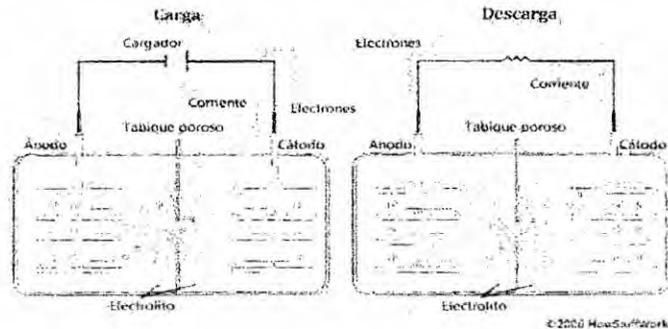
Las baterías constituyen ya el presente y tal vez el futuro del coche eléctrico, por lo que es fundamental empezar a conocerlas con detalle.

Para impulsar un vehículo mediante electricidad es necesario poder generar o transportar enormes cantidades de energía eléctrica dentro del propio vehículo. La generación de energía eléctrica a través de una **pila de combustible de hidrógeno**, ya tratada en esta misma serie de artículos, se presenta como una posible **solución a bastante largo plazo**. Mientras tanto, las baterías constituyen ya el presente y tal vez el futuro del coche eléctrico por lo que es fundamental comprender su funcionamiento, sus limitaciones, su situación tecnológica actual y sus perspectivas de futuro.

El adelanto de la tecnología sobre las baterías será una y exclusivamente para minimizar los costos en la forma de almacenar energía en un solo componente con los compuestos químicos adecuados.

2.2.35.- Fundamentos básicos de una batería

FIGURA 2.7: LAS CELULAS EN LA BATERIA



<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/baterias>

Una batería es un conjunto de células, en cada una de las cuales tiene lugar una reacción química reversible en la que se produce un intercambio de iones y electrones entre sus dos polos. En la "dirección de descarga", se produce una corriente eléctrica que es capaz de mover el motor eléctrico que impulsa el coche, mientras que en la "dirección de recarga" iones y electrones vuelven a su situación original a partir de un aporte de energía externo.

Las dos características fundamentales, que determinan el comportamiento, rendimiento y duración de una batería son, por un lado, los **elementos químicos** escogidos para dar lugar a la reacción dentro de cada célula y, por otro, la electrónica que controla todo el proceso de descarga y recarga. Este artículo se centra exclusivamente en la parte química.

Las células de la batería son su parte esencial, determinando su costo y rendimiento, de forma que la mayoría de los esfuerzos investigadores se encuentran actualmente dirigidos a mejorar este elemento clave. Cada célula consta de un **cátodo** (electrodo positivo) un **ánodo** (electrodo negativo) y un

electrolito, que separa ambos electrodos y constituye el medio neutral para la transferencia de carga dentro de la célula.

Antes de entrar en las diferentes químicas posibles, cabe decir que las células pueden adoptar **forma prismática, cilíndrica o de plancha**, aportando diferentes ventajas e inconvenientes en cuanto a densidad energética, disipación del calor y aprovechamiento del espacio, que las convierten en más o menos adecuadas para los diferentes usos.

2.2.36.- Evolución de la densidad energética de la batería

El desarrollo de la densidad energética de los principales tipos de acumuladores de energía (baterías) en Watts.hora/kilogramo (Wh/kg) puede resumirse en el cuadro que sigue, donde se ha incluido el petróleo para compararlo especialmente con las baterías utilizadas para accionar automóviles eléctricos.

FIGURA 2.8: Densidad energética de baterías y su relación con el petróleo

Tipo	Dens. ener., Wh/kg		Rel. petro.	
	Baja	Alta	Baja	Alta
Petróleo	11.670	11.670	1	1
Plomo-ácido	30	50	389	233
Níquel-Cadmio	45	80	259	146
Níquel-Metal-Hidruro	60	110	194	106
Pila alcalina	80	160	146	73
Litio-ión	90	180	130	65
Litio-aire	1.500	2.000	8	6

<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/baterias>

además la investigación permite ser más eficientes en cuanto a la cantidad de litio necesaria para fabricar esas baterías (cuestión esta última muy importante).

La alianza **Nissan-Renault** ha invertido ya más de 4.000 millones de euros, a lo largo de varios años, en su tecnología de vehículos eléctricos. Nissan lleva **17 años investigando** sobre baterías para coches eléctricos y NEC ha colaborado con ella en dicha investigación y desarrollo. Además la alianza tiene ya cinco fábricas de baterías propias en diferentes partes del mundo.

En una entrevista al directivo de Nissan **Andy Palmer** publicada por The Times (of London), y de la que se hizo eco Autoblog Green, aparecía ese dato tan interesante, pero que también hay que decir, no ha terminado de ser confirmado oficialmente.

Y es que Andy Palmer dijo que el paquete de baterías de iones de litio del Nissan LEAF tiene un coste de producción de **6.000 libras esterlinas**, al cambio eso son unos **6.760 euros**. Siendo la batería del LEAF de 24 KWh, eso da como resultado un coste de 282 euros/KWh (en fin, hay que ser prudente con la cifra, ya que al cambiar diariamente la cotización euro/libra, puede variar ligeramente el importe en euros).

El coste de las baterías del Chevrolet Volt, en palabras también de ejecutivos de **General Motors**, está en aproximadamente unos 600 dólares/KWh, lo que vienen a ser unos 414 euros/KWh. Siendo así, parece que el coste de las baterías de iones de litio de los coches eléctricos se está ajustando bastante rápido, lo cual es muy positivo para reducir el precio final de venta de los mismos.

Como se observa del cuadro, todas las baterías, excepto la de Litio-aire, que está en la fase experimental, están demasiado lejos de la densidad energética del petróleo. Las baterías de Litio-ión son las más utilizadas en los automóviles eléctricos y su densidad energética es 65 a 130 veces menor a la del petróleo, por lo que pesan bastante y aún así los recorridos por carga son muy limitados.

Las baterías de Plomo-ácido se las usa principalmente para motores de arranque de automotores. Las baterías de Níquel-Cadmio, Níquel-Metal-Hidruro (NiMH) y Litio-ión, así como las pilas alcalinas son utilizadas en dispositivos electrónicos (celulares, laptops etc.). Las baterías de Litio-ión son usadas también para el accionamiento de automóviles eléctricos o híbridos y las baterías de Litio- aire, que están en desarrollo, accionarían automóviles eléctricos con gran autonomía de recorrido.

La eficiencia energética de las baterías de Litio-ión es de 90%, comparada con 82% de las baterías de Plomo-ácido y 70% de las de NiMH. Las batería de Litio-ión pueden generar voltajes mucho mayores que las de NiMH. En lo que a ciclos de carga y descarga soportados se refiere, se tiene unos 1.400 para el NiMH frente a los 2.500-3.000 del Litio-ión.

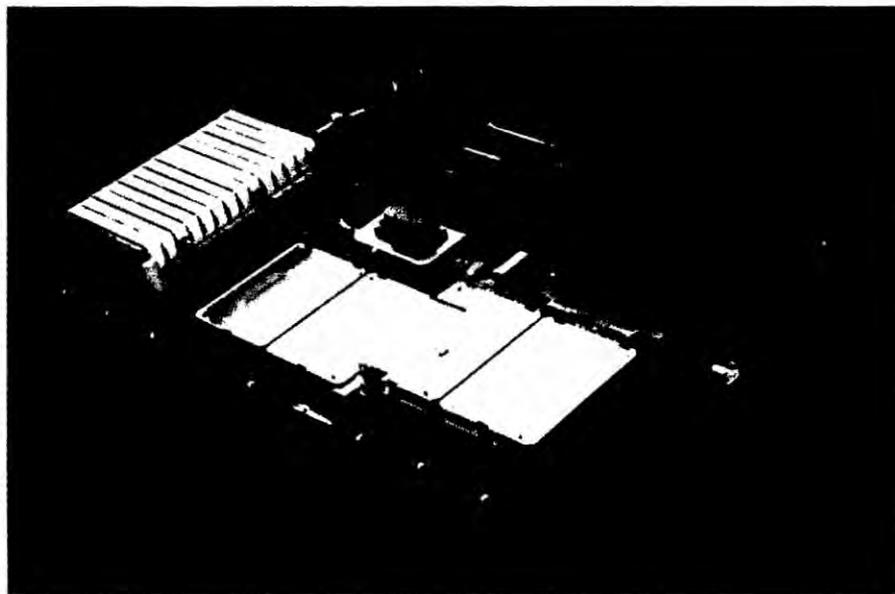
2.2.37.- El precio de las baterías de iones de litio parece que está bajando.

Así que creemos que el tema se merece un artículo propio. Actualmente el costo medio de unas **baterías de iones de litio** para un coche viene a ser de unos 500 euros/KWh (hace un par de años era todavía algo más, en torno a 650 euros). Sin embargo, como suele pasar con casi cualquier tecnología, la producción masiva hace que se amorticen antes los costes de desarrollo, y

Según parece, el sistema de refrigeración de las baterías del Nissan, por aire, es más económico que otras soluciones por líquido (como en el Chevrolet Volt), y esa puede ser una de las razones de su inferior precio. Como consumidores, cuanto más baratos nos vendan los coches eléctricos (sin perder calidad, claro), mucho mejor. Seguiremos atentos a más novedades al respecto.

2.2.38.- Baterías de Iones de Litio y Silicio-Grafeno: casi listas para comercializar en EE.UU. en 2014

FIGURA 2.9: BATERÍAS DE IONES DE LITIO



<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/baterias>

En diciembre del 2011 hablamos en detalle de las baterías de iones de litio y silicio-grafeno, pues eran una línea de investigación muy prometedora en cuanto a baterías para vehículos eléctricos, pues tenían mucha **más capacidad** y se podían recargar mucho más rápido.

Pues bien, parece que hay buenas noticias al respecto. El Laboratorio nacional Argonne del Departamento de energía de los EE.UU. y la compañía CalBattery, fabricante californiano de baterías de litio, han firmado un acuerdo de licencia para producir ánodos de **silicio-grafeno** para baterías de iones de litio. CalBattery espera poder comercializarlo en 2014.

La solución final estable y duradera a la que han llegado para pasar a producción se tiene que conformar con cifras no tan espectaculares como cuando estaba en fase de investigación, pero aún así estas nuevas baterías de iones de litio y silicio-grafeno suponen un importante avance. Su **densidad energética** es de unos **525 Wh/Kg**.

Si consideramos que la densidad normal de las actuales baterías de iones de litio suele estar en torno a 140 a 160 Wh/Kg, la capacidad de acumulación de estas nuevas baterías es **unas 3,5 veces superior**. Esto significaría que teóricamente podríamos suponer que un coche eléctrico como el Nissan LEAF 2013 que ahora tiene 199 km de autonomía (NEDC) podría tener más de 650 km con este nuevo tipo de baterías (aproximadamente, pues habría que comprobar también la densidad por volumen).

Aunque los avances en baterías quizás no lleguen tan rápido ni sean tan revolucionarios como algunos se esperan, hay que pensar que las mejoras van llegando: algunos coches eléctricos “de lujo” hoy en día ya montan baterías con unos 250 Wh/kg y de manera más experimental algunos

fabricantes llegan a ofrecer baterías de 400 Wh/kg (nada baratas, pero ahí están). Y con esta noticia sabemos que en poco más de un año tendremos ya baterías de 525 Wh/kg.

2.2.39.- La importancia del litio

El litio es un mineral liviano que presenta múltiples aplicaciones en las industrias energética, química y petroquímica.

De los diez millones de toneladas métricas de reservas de litio que -se estima- existen en el planeta, cerca de nueve están ubicadas en América latina. De hecho, en las salinas de Argentina, Bolivia y Chile se concentra el 85% de las reservas mundiales del mineral y, por ello, la región ya es conocida como la "Arabia Saudita del litio".

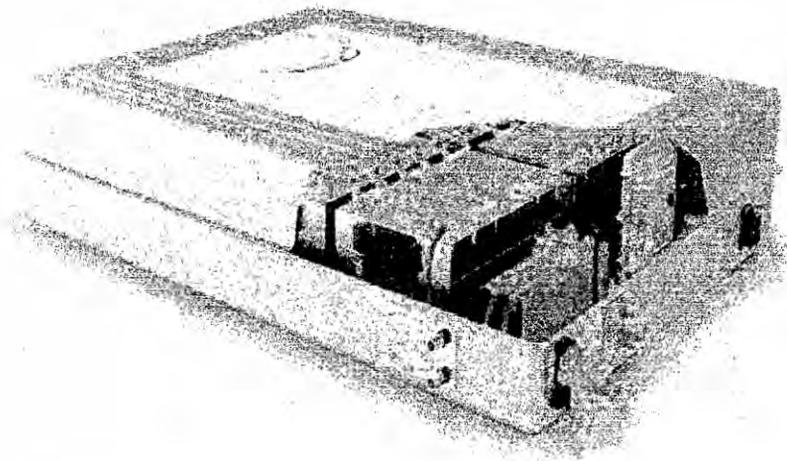
Nuestro país se especializa en la obtención de carbonato y cloruro de litio, extracción que se hace en las salmueras de Jujuy, Salta y Catamarca. Pero también existen depósitos de este mineral en las provincias de Córdoba, San Luis y Catamarca. En la actualidad Argentina exporta litio a Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, China, Rusia, Japón y Holanda. El litio se encuentra en muchos de los objetos que usamos en nuestra vida cotidiana: desde pilas y baterías de celular hasta cerámicas, cristales, lubricantes y ciertos medicamentos.

2.2.40.- Avances en baterías para vehículos eléctricos:

Las **baterías de los vehículos eléctricos** son uno de los puntos claves en su desarrollo. Son el punto que más puede mejorar a la hora de reducir costes en la fabricación y en el precio final del conjunto, por eso cualquier

avance en este sentido es una buena noticia para todos. Duplicar la capacidad o la vida útil de las baterías implica casi directamente reducir a la mitad el costo final, siempre que la producción en masa acompañe.

FIGURA 2.10: AUMENTANDO LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA



<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/baterias>

2.2.41.- ¿Cómo se aumenta la capacidad de una batería? en el interior está la clave.

Las baterías almacenan energía en sus entrañas gracias a, entre otras cosas, el material que se utilice en su fabricación y la estructura que se diseñe para confinar ese preciado elemento. El material determina las propiedades físicas de la batería, y además proporciona ciertas ventajas a la

hora de gestionar el intercambio de electrones, mientras que la estructura hace, por decirlo de algún modo, el trabajo de **conseguir almacenar más, en menos espacio**.

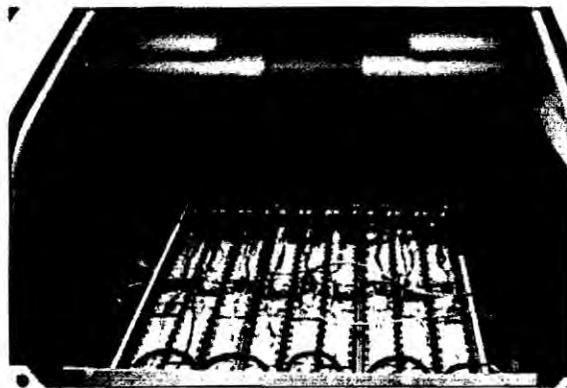
Veamos algunos datos de las nuevas baterías que se están probando y desarrollando en empresas como Envía. Seguro que os van a sorprender las cifras que se manejan:

- Las nuevas baterías pueden almacenar 400 watt-hora por cada kilogramo, mientras que las actuales de ión-litio almacenan entre 125 y 250 watt-hora
- Se han probado más de 1.500 combinaciones de electrolito y electrodos para encontrar la mejor mezcla que permita tanto disfrutar de una larga vida útil como de una capacidad de carga mucho mayor
- Para que sea útil en un vehículo eléctrico, una batería debe soportar al menos 1.000 procesos de recarga completos sin que su capacidad baje del 80% de la original
- Las nuevas baterías caen al 72% de su capacidad pasados 400 procesos completos de recarga. Es su punto flaco.

Si duda queda mucho trabajo por delante, pero el esfuerzo que se está realizando en numerosas empresas y sectores, universidades y centros de investigación es enorme. **La idea: conseguir almacenar más energía en menos espacio**, lograr una mayor eficiencia, más vida útil y reducir los costes. Y por añadidura, aunque en investigaciones diferentes, se intenta minimizar el impacto ecológico de los vehículos eléctricos y sus componentes, especialmente las baterías y su proceso de fabricación.

2.2.42.- Científicos alemanes crean batería para autos eléctricos que dura 27 años.

FIGURA 2.11: BATERÍA DE LITIO CON MUCHA DURABILIDAD



<http://www.telesurtv.net/articulos/2013/06/23/cientificos-alemanes-crean-una-bateria-para-autos-electricos>

Científicos alemanes crearon una innovadora batería de iones de litio que dura 27 años. (Foto: RT).

Los investigadores explicaron que esta revolucionaria batería resiste hasta unos 10 mil ciclos de cargas y descargas, lo que amplía su rendimiento a un periodo de 27 años, lo que cambia completamente el panorama actual de escasa vida útil para las baterías.

La nueva batería resiste hasta unos 10 mil ciclos completos de cargas y descargas.

Científicos alemanes crearon una innovadora batería de iones de litio capaz de cargar la energía a vehículos eléctricos con una vida útil de hasta 27 años.

Los investigadores del Centro de Estudios de Energía Solar e Hidrógeno de Baden-Wuttemberg explicaron que la nueva batería resiste hasta unos 10 mil ciclos completos de cargas y descargas, lo que amplía su rendimiento en una duración total de 27 años y de cuatro meses sin dejar de funcionar.

La batería podrá ser utilizada para almacenar energía o para proporcionar carga a los automóviles eléctricos, ya que con su capacidad de un mil 100 vatios, se mejora la fuerza de aceleración.

Actualmente la capacidad de las baterías que se utilizan para los vehículos eléctricos se debilita a corto plazo, por lo que de salir al mercado, este tipo de batería revolucionaría la demanda.

Un vehículo eléctrico de batería es un automóvil de propulsión alternativa que se impulsa por un motor eléctrico que es alimentado por energía proveniente de una batería.

Dichas baterías, usadas desde que se crearon estos automóviles, mantienen altos costos de fabricación, mucho peso y un tiempo de recarga con escasa vida útil y autonomía, lo que ha impedido que se demande masivamente este tipo de autos.

Los adelantos tecnológicos actuales en baterías están resolviendo algunos de los problemas, por lo que múltiples empresas siguen apuntando a la producción de estos vehículos en el futuro.

2.2.43.- Tesla revoluciona la recarga del coche eléctrico: carga completa en 90 segundos

- El Tesla Model S podrá renovar su autonomía al completo en apenas 90 segundos

FIGURA 2.12: ELON MUSK | BLOOMBERG



<http://www.eleconomista.es/ecomotor/novedades>

Enlaces relacionados

EEUU: coches eléctricos a coste cero

Compara tu seguro de coche

En Tesla siguen empeñados en revolucionar el terreno de los coches eléctricos y por ello continúan dando pasos en la consolidación de la movilidad en cero emisiones. El último de ellos llega con sus planes para "recargar una batería en menos de lo que se tarda en llenar un tanque de

combustible". ¿Cómo? Intercambiándolas. **La "misión" de Tesla: un coche eléctrico asequible que compita con el BMW Serie 3.**

Lo había anticipado con esas mismas palabras su consejero delegado, Elon Musk, hace algo más de un mes, pero en el último evento de Tesla un anuncio en una dirección distinta supuso la primera decepción en muchos meses para los fans de Tesla. La idea desvelada entonces se resumía en la **posibilidad de atravesar Estados Unidos de este a oeste en eléctrico sin las dificultades de recarga que estos vehículos ofrecen**, gracias a la expansión de una red de recarga rápida que suministraría el 80% de la energía en apenas media hora.

La comparación de "en menos de lo que se tarda en llenar un tanque de combustible" **era demasiado potente** y esa "súperrecarga" de la que hablaba entonces Musk se quedaba corta para las expectativas generadas.

Pero ahora el optimismo vuelve a dispararse entre los defensores del coche eléctrico después de que el propio CEO de Tesla haya confirmado, en un nuevo evento celebrado en Palo Alto, California, cómo será el futuro servicio para recargar fácil y rápidamente las baterías del **Model S** mediante un cambio de baterías.

En el **durante la presentación (en el vídeo, a partir del minuto 0:55)**, se pudo comprobar cómo el Model S está diseñado para permitir un cambio rápido de baterías y disponer así de una total autonomía en apenas 90 segundos, menos de la mitad de tiempo de lo que tarda, en la comparación propuesta por Tesla, un conductor en llenar el depósito de gasolina de su coche de combustión.

Según Musk, el coste de reponer la batería será de unos 60 dólares o, lo que es lo mismo, aproximadamente el mismo precio de repostar un depósito de gasolina en su totalidad. De este modo, quienes dispongan de un Model S tendrán que elegir entre "gratis o rápido"; es decir, entre recargar la batería del coche gratuitamente por medio de sus inminentes "supercargadores" o pagar por hacerlo de la forma más rápida posible.

2.2.44.- El BMW i3 es un éxito antes de su llegada

El BMW i3 supera las expectativas de ventas y obliga al fabricante alemán a aumentar la producción de su primer modelo eléctrico, que saldrá a la venta en noviembre por un precio de 34.950 euros.

El fabricante alemán **BMW** está considerando aumentar la producción de su primer **coche eléctrico** fabricado en serie, el **i3**, después de la gran demanda que ha recibido, acumulando **8.000 reservas** de las **10.000 unidades** que estaban previstas fabricar en el primer año y superando así sus expectativas de ventas.

El **BMW i3** saldrá a la venta en Alemania el 16 de noviembre, seguido por los EE.UU., China y Japón en el primer semestre del próximo año y tendrá un costo de **34.950 euros** en Alemania y **41.350 dólares** en los Estados Unidos.

BMW ha invertido unos **2 millones de euros** en el desarrollo de la **serie "i"** y asegura que ya ha absorbido los costos de investigación i desarrollo del modelo, por lo que convertirá en rentable cada unidad vendida.

No olvidemos que **BMW** lanzará a principios del 2014 el deportivo **i8**, con sistema de propulsión **híbrido enchufable** y que podría ir acompañado de la **berlina eléctrica i5** que desembarcará como pronto en el 2015.

Con el **i3**, **BMW** se une a **Renault** y **Nissan** en la apuesta por la fabricación de **coches eléctricos**, que van ganando una mayor aceptación entre los consumidores a pesar de **elevado precio** y la **limitada autonomía**, en comparación con los vehículos propulsados por **motores de combustión interna** o **híbridos enchufables**.

Renault y **Nissan**, que en conjunto son el mayor productor de vehículos eléctricos de la industria del automóvil, se pone como fecha límite el **2016** para alcanzar la cifra de **1,5 millones de ventas**. Las ventas de vehículos eléctricos de estos fabricantes, ascendió a **68.000 vehículos** el pasado año.

2.2.45.- El Tesla model S ya tiene rival, el cadillac ELR

General Motors anuncia el lanzamiento del nuevo Cadillac ELR, que saldrá a la venta el próximo mes de enero con un sistema de propulsión eléctrico y extensor de autonomía Voltec, llegará con un precio de 75.995 dólares.

JORDI GIL | Editor de Híbridos y Eléctricos | 14 Octubre 2013 - 17:12 h.

Después de muchas especulaciones, el fabricante de automóviles **General Motors** nos saca de dudas, desvelando el lanzamiento del nuevo **Cadillac ELR**, un coupé de lujo 2+2 que saldrá a la venta el próximo mes de enero al mercado estadounidense. Con un diseño provocativo y bajo tecnología eléctrica con **extensor de autonomía E-REV** (híbrido en serie), será el segundo de la familia después del Volt, y llegará con un precio de **75.995 dólares**.

El nuevo **Cadillac ELR** monta un sistema de propulsión con **extensor de autonomía Volttec** de última generación, muy parecido al que utiliza el **Chevrolet Volt**. Dispone de dos **motores eléctricos** que desarrollan una potencia máxima de **135 KW (184 CV)** y uno térmico de gasolina de 1.4 litros y **55 KW (75 CV)**, conjuntamente proporcionan una potencia total del sistema de **154 KW (209 CV)** y **400 Nm**.

La función de cada motor en este sistema híbrido en serie es la siguiente: un motor eléctrico impulsa las ruedas, un generador carga la batería, que a su vez puede funcionar como motor de apoyo al eléctrico y un motor térmico que mueve el generador, que en ningún caso está capacitado para mover las ruedas.

Además el **Cadillac ELR** es enchufable, es decir, la **batería de Ion-Litio** formada por 288 celdas prismáticas con **16.5 KWh** de capacidad y **198 kilos** de peso puede cargarse a través de la red eléctrica. Para cargar totalmente la batería será necesario enchufarlo a una toma de **240 voltios** durante **4.5 horas** y si la red es de **120 voltios** este tiempo aumenta hasta las **10 horas**.

El nuevo **ELR** puede funcionar en **modo exclusivamente eléctrico**, ofreciendo una **autonomía** de entre **40 y 60 kilómetros**, dependiendo del estilo de conducción y de las condiciones de la carretera. Si se supera la autonomía y no es posible conectarlo a la red, el ELR activa automáticamente el **modo de autonomía extendida**, es decir, el motor térmico se encarga de accionar el generador para cargar la batería y el vehículo puede seguir funcionando durante 500 km más, con los 35 litros de gasolina del depósito.

Después de conocer un poco los detalles del nuevo **Cadillac ELR** nos damos cuenta que **General Motors** no lo tendrá fácil para competir con el **Model S** de **Tesla**, ya que podemos adquirir un **Tesla Model S** de **60 kWh** desde **62.400 dólares**, con un sistema de propulsión más potente (**306 CV**), con autonomía de **334 kilómetros** y con una aceleración de **0 a 100 km/h** en **5.9 segundos**.

2.2.46.- UTE cierra acuerdo con BYD para uso de baterías eléctricas **BYD**

La empresa china BYD comenzó fabricando baterías y luego desarrolló vehículos, autos y ómnibus eléctricos, como forma de aplicar la tecnología. Esto la posicionó como el mayor fabricante de baterías a nivel mundial y una de las empresas de investigación e innovación más prestigiosas.

El convenio no incluye plazos estrictos de ejecución, porque "son actividades que se desarrollan en dos o tres años", explicó el presidente de UTE Gonzalo Casaravilla, quien puntualizó desde el portal de Presidencia que el objetivo no es aplicar tecnologías para comercializar con la energía, sino incorporarlas para bajar costos en el suministro.

Al parecer, **Tesla**, la compañía que fabrica autos eléctricos de lujo, está a la búsqueda de un nuevo socio proveedor para el tema de las baterías de sus vehículos, y todo indica que el candidato más próximo a convertirse en su nuevo aliado sería Samsung.

Reportes recientes hablan sobre el **acercamiento entre Tesla y Samsung SDI** (una división de la compañía surcoreana) y señalan que ambas estarían

muy cerca de llegar a un acuerdo para que las baterías de los Tesla eléctricos sean de Samsung.

Aunque, por el momento, ningún representante oficial de Samsung o Tesla se han pronunciado sobre este acuerdo, fuentes cercanas a la supuesta negociación, **indican que el trato está cerrado al 90%**, y solo bastaría con limar algunos detalles.

Según cuentan, el mayor **obstáculo para que Tesla y Samsung lleguen a un acuerdo**, era la insistencia de la compañía surcoreana para que el fabricante de automóviles también usara otros componentes fabricados con su tecnología, como los paneles táctiles.

Otra fuente señala que **Tesla ya probó las baterías de Samsung en sus vehículos**, y las empleará en un futuro. Por ejemplo, se habla que **las baterías de Samsung estarían presentes en la crossover Tesla Model X de 2015.**

Sin embargo, a pesar de todos esos rumores, **una tercera fuente señala que el acuerdo entre Tesla y Samsung está muy lejos de concretarse**, pues las baterías de células de li-ion de Samsung **no son competitivas con las de Panasonic, actual proveedor de baterías de Tesla**, y al mismo tiempo inversor en esta compañía de automóviles.

Entonces, ¿qué podremos esperar en el futuro? Definitivamente, Tesla necesita un proveedor de batería, pues es muy probable que sus modelos de automóviles sean muy demandados por el interés que han despertado en la gente.

Con el propósito de que los vehículos eléctricos sean igual de prácticos como los de gasolina, Tesla Motors reduce los límites de la tecnología de carga. Sabemos que los coches eléctricos demoran mucho en recargarse, solo para cargar la mitad de la batería de un Modelo S de Tesla se necesita cinco horas en un hogar o estación de recarga pública. Sin embargo, parece que las cosas cambian y ahora **se reducen los tiempos de carga**.

Sucede que el pasado septiembre la empresa presentó una red de estaciones de superrecarga, las que fueron diseñadas para su Modelo S y futuros vehículos eléctricos, estas podrían cargar una batería a la mitad en 30 minutos. Sin embargo, en mayo se anunció una actualización que reduce el tiempo a 20 minutos. ¿Eso es todo? No, el director de tecnología de Tesla, J.B. Straubel, asegura que se podría llegar a reducir más el tiempo de carga.

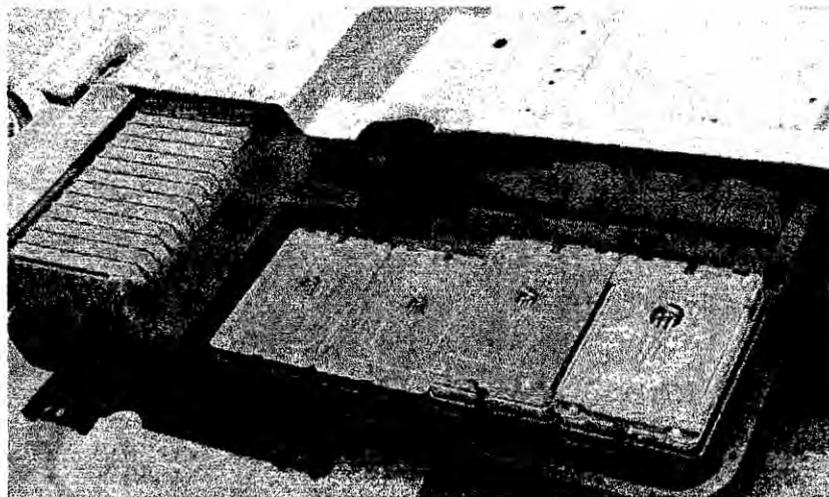
Así es, se puede reducir a carga completa en únicamente cinco minutos, no mucho más tiempo del que se necesita para llenar un tanque de gasolina. Straubel comenta sobre lo que podría ser una opción más atractiva para los conductores, el hecho de recargar la batería mientras se espera. 'No va a suceder en un año. Va a ser difícil. Pero **creo que podemos llegar a cinco o 10 minutos**', comentó en una entrevista para Technology Review del MIT.

Tesla Roadster ha batido su propio record, 501 km con 1 sola carga, eso es para celebrarlo, como ellos mismos dicen, es parecida a la distancia que separa a París de Ámsterdam, impresionante, y con 1 sola carga, genial, cada vez estamos más cerca de poder finalmente usar autos eléctricos que alcancen mayor distancia. Este acontecimiento tuvo lugar en Australia, en el marco del Global Green Challenge, bien por ello.

2.2.47.- Tecnología para el coche: baterías para vehículos híbridos y eléctricos

Cuando hablé de las fronteras de los coches eléctricos intenté poner sobre la mesa lo positivo y lo no tan positivo de los vehículos eléctricos, ya que si bien tienen grandes ventajas, como no depender del petróleo, ser más eficientes y no generar emisiones locales, tienen también varios inconvenientes, siendo quizás el principal el relativo a las baterías.

FIGURA 2.13: VARIEDAD DE BATERÍAS



<http://www.eleconomista.es/ecomotor/novedades/noticias/3990366/05/12/Tesla-Model-S-berlina-electrica-de-lujo-desde-45700-euros.html>

Pero tampoco hay que ponerse en lo peor, ni considerar este un problema insalvable, ya que si hay algo muy esperanzador es que se está investigando mucho, y en muy diferentes partes y organismos, desde universidades hasta empresas privadas, en nuevas tecnologías para baterías, nuevos materiales,

mayor densidad energética, mayor vida útil, recarga más rápida y menor coste.

2.2.48.- Las baterías son la clave del coche eléctrico.

Del coche eléctrico y también de sus derivados y combinaciones, como los coches híbridos (en menor medida, pero un poco eléctricos al fin y al cabo), los coches híbridos enchufables y los coches eléctricos de rango extendido.

Si conseguimos baterías con mayor densidad energética, tendremos coches eléctricos que con la misma cantidad de baterías, por tamaño y peso, serían capaces de acumular más energía, lo cual se traduce directamente en mayor autonomía, por tanto serán más utilizables, por tener menos ansiedad a quedarse sin baterías, o por poder hacer viajes más largos, y la gente se decidirá a comprarlos en mayor medida.

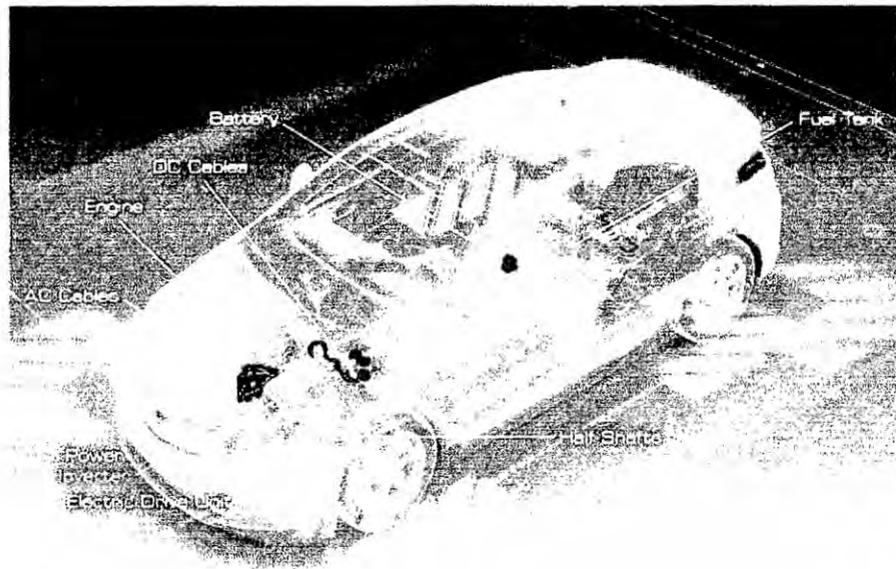
Si conseguimos baterías con mayor vida útil, más resistentes a los ciclos de carga y descarga, y también a las recargas rápidas y a las altas temperaturas, la gente tendrá menos miedo de que las baterías de su vehículo eléctrico se vayan a estropear rápido y que haya que gastarse mucho dinero en cambiarlas. De nuevo por tanto se venderían más vehículos eléctricos.

Si se consigue recargar más rápido las baterías, y que en cinco minutos se pueda recuperar mucha autonomía, no necesariamente el 100% pero sí en torno al 75%, lo que puede traducirse en 200 km de rango recuperado (hablo de baterías futuras), de nuevo el vehículo eléctrico se hace muy utilizable y los consumidores no pondrían pega a comprar uno.

Y si se consigue que las baterías sean más baratas, teniendo en cuenta la importancia que tiene el coste de estas en el precio del coche, aproximadamente una tercera parte, el precio de los coches eléctricos también bajará, y por tanto se venderán más. Sobre el precio la mayoría de las opiniones sugieren que bajarán sí o sí, por el aumento de la producción, la reducción de costes que eso conlleva y por la cada vez mayor oferta.

Así que no hay duda de que las baterías son el aspecto clave de vital importancia, para hacer que los vehículos eléctricos se puedan generalizar y extender, siendo una alternativa totalmente factible y real para la mayoría de los conductores.

FIGURA 2.14: UBICACIÓN DE LAS BATERÍAS EN LOS AUTOS



<http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/el-precio-de-las-baterias-es-la-tercera-parte-del-coste-de-un-electrico-segun-el-ceo-de-ford>

2.2.49.- ¿Tendremos “la batería perfecta” mañana? no, pero está cerca.

A esta altura del artículo estoy seguro de que más de uno estará pensando aquello de que llevamos muchos años hablando de nuevas baterías sustancialmente mejores, pero que siguen sin llegar. Y ante tal afirmación no puedo más que decir que en parte es cierto, y en parte no.

En lo relativo a baterías se ha avanzado mucho aunque no lo parezca, y de hecho si echamos la vista atrás a los primeros coches eléctricos “modernos” y miramos a los actuales, los de hoy vienen a tener el doble de autonomía que aquellos, pero es cierto que aún así todavía necesitan tener más, y que eso no llega tan rápido como nos gustaría.

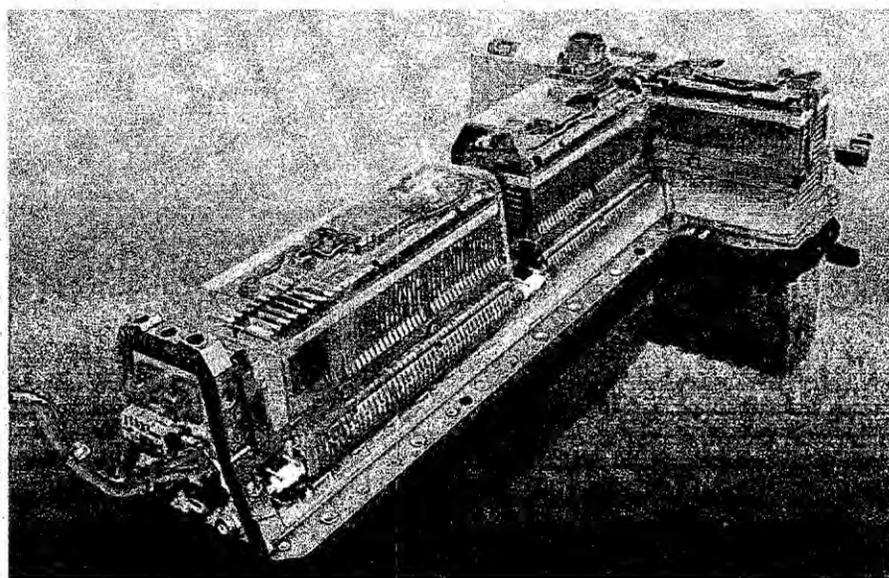
Tampoco debemos olvidar que se ha avanzado mucho en la resistencia y durabilidad de las baterías y en que estas soporten mejor las altas temperaturas a las que son sometidas cuando se realiza una recarga rápida, que implica una potencia eléctrica muy alta.

Es más, hoy en día fabricantes como Tesla en su Model S ya emplean baterías con una densidad energética algo mayor que la de los coches eléctricos más asequibles, y os puedo decir que algún fabricante está probando ya baterías aún un tanto experimentales, con densidades energéticas cercanas a los 400 Wh/kg.

Y esto lo digo con conocimiento de causa al haber mantenido varias charlas con algún que otro ingeniero que está trabajando en ello, el cual también me tuvo que reconocer que no eran nada baratas y tenían que ver aún cuánta durabilidad tendrían.

Para que entendamos esta cifra hay que tener presente que unas baterías de iones de litio convencionales, de las que se están montando hoy en día en los coches eléctricos, vienen a tener una densidad energética de unos 140 Wh/Kg. Así que esas baterías de 400 Wh/Kg significarían casi triplicar la actual autonomía de un coche eléctrico.

FIGURA 2.15: TIPOS DE BATERÍAS CERCANAS A LOS 400Wh/Kg



<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/la-nueva-generacion-de-baterias-podria-tardar-10-anos-en-palabras-de-los-investigadores>

Así que no, lamentablemente “la batería perfecta” no va a llegar mañana, ni el próximo año, pero esta cerca. Es difícil aún así aventurarse a dar fechas, y más si uno sabe un poco del tema. De todos modos los fabricantes de automóviles empiezan a atreverse a sugerir alguna. Renault por ejemplo considera que la nueva generación de baterías, que aporte cambios

relevantes, no estaría en menos de cinco o seis años, que viene a ser por cierto la vida de una generación de un modelo.

Algunos investigadores un poco menos optimistas prefieren considerar que la cosa puede tardar un poco más, en torno a diez años, mientras que otros más optimistas, como la propia General Motors, considera factible tener baterías con más capacidad y además menos coste, en unos cuatro años.

2.2.50.- Habiendo tantos proyectos aumentan las posibilidades.

Y desde luego hay muchos proyectos que invitan a creer que, aunque algunos de ellos puedan ser más lejanos, otros son más factibles a corto plazo, y si bien los más sorprendentes, que prometen aumentar la capacidad hasta diez y veinte veces, pueden ser más complicados, los que consiguen el doble o el triple de capacidad parecen estar muy cerca.

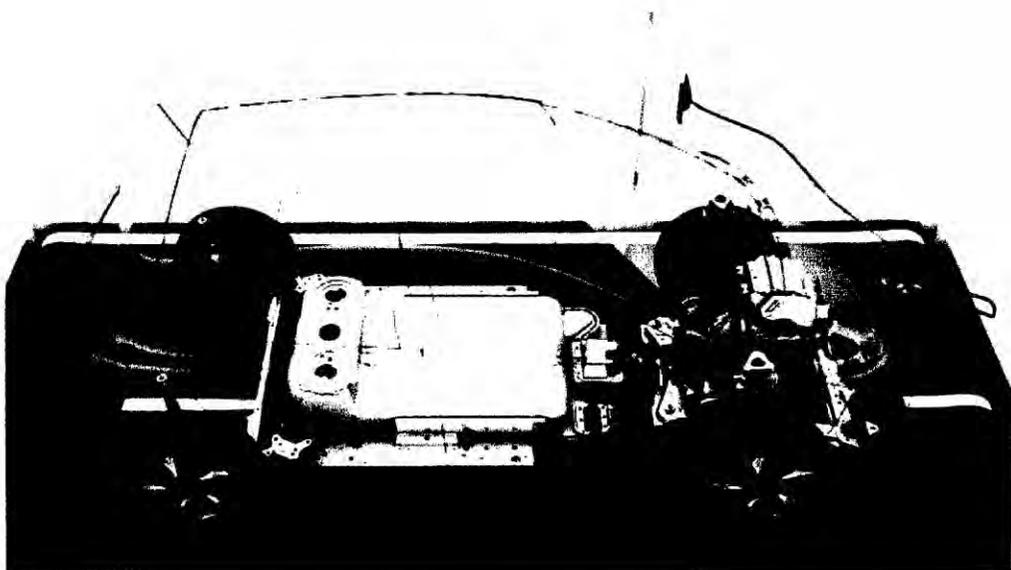
- Por ejemplo las baterías de iones de litio e imida son un pequeño paso que gana un 60% de capacidad de carga, con el doble de vida útil y es real.
- Las baterías de níquel-zinc también lo son, y aunque no son un sustituto de las de iones de litio, si lo serían de las de níquel e hidruro metálico, por ser muy similares pero con mayor capacidad y menor coste.
- Menor coste tendrían también las baterías de iones de litio flexibles, que además servirían para otros usos interesantes.
- Con las baterías de iones de litio y esponja de cobre en cambio, no se aumenta tanto la densidad energética, pero sí se aumenta mucho la velocidad a la que se puede recargar la batería, hasta 24 veces más rápido.

- Sucede lo mismo con unas baterías experimentales de iones de litio y grafito, que tampoco es que den más autonomía, pero se recargarían hasta 30 veces más rápido.
- Las baterías de iones de litio y nanofosfato EXT van en la línea de aumentar la vida útil de las baterías, y por las pruebas realizadas aumenta entre el doble y el triple.
- Necesitarán un poco más de tiempo, aunque parece que aún así sería en el corto plazo, las baterías de zinc-aire, que dan más capacidad, a menor precio y con una vida útil excelente de hasta 30 años.
- Para mejorar la vida útil no solo se investiga en nuevos materiales o estructuras para la batería, sino también en nuevas sustancias para el circuito de refrigeración de las mismas una vez colocadas en el coche, por ejemplo el bautizado como cryosolplus.
- A más largo plazo tenemos proyectos tanto más prometedores, como las baterías de iones de litio y esponja de aluminio, con tres veces más capacidad.
- O las baterías de litio-aire, que aunque todavía hay que investigar más, podrían dar cinco veces más capacidad de carga.
- Pero esta cuestión de la densidad energética no se queda solo ahí, las baterías de iones de litio y silicio-grafeno podrían llegar a tener diez veces más capacidad.
- Y la batería de Sakichi, de Toyota, sin fecha en el horizonte, todo sea dicho de paso, aspira a alcanzar una capacidad veinte veces superior que las actuales y dar tanta autonomía o más que la gasolina.
- Y como no solo en acumuladores químicos se puede almacenar energía eléctrica, aplicando el concepto de condensador se ha inventado una membrana que tiene una capacidad 200.000 veces superior a los condensadores convencionales, y que cuesta once veces menos que las baterías de iones de litio.

- Y por qué no, también se está investigando en baterías con electrólito líquido reposable, donde la recarga no se haría enchufando el coche, sino drenando el electrólito descargado y rellenando el “depósito” con electrólito cargado.

Como ves son tantos los ejemplos de nuevas baterías en investigación y en desarrollo, con más capacidad, mayor vida útil, mayor velocidad de recarga y menor coste, que creo muy razonable ver futuro y viabilidad a los vehículos eléctricos.

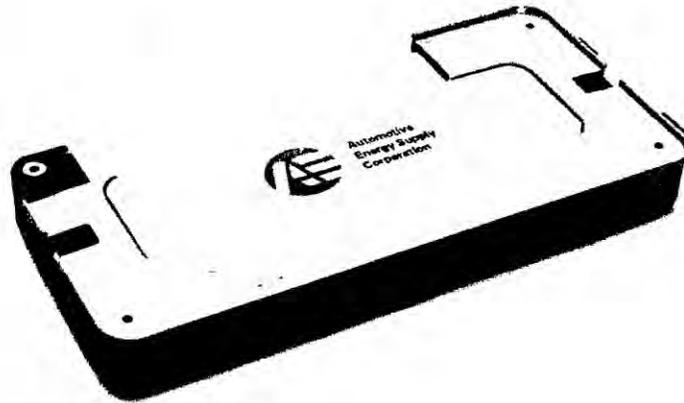
FIGURA 2.16: UBICACIÓN DE BATERÍAS



<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/nuevo-refrigerante-para-baterias-cryosolplus>

2.2.51.- Químicas posibles para baterías de coches eléctricos

FIGURA 2.17: BATERÍA DE ION LITIO



<http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/03/las-siglas-que-hay-que-saber.html>

Las propias baterías de Ion-Litio constituyen una amplia familia de opciones químicas diversas que sólo comparten entre sí el Litio como elemento fundamental

Últimamente, parece darse por sentado que **las baterías de Ion-Litio son las más adecuadas para el uso automovilístico**, y posiblemente sea así. No obstante, no es esta la única posibilidad que existe y, de hecho, las propias baterías de Ion-Litio constituyen una amplia familia de opciones químicas diversas que sólo comparten entre sí el Litio como elemento fundamental, pero no el resto de elementos implicados.

Existen tres tipologías de baterías, atendiendo a su química, cuyo desarrollo actual las hace adecuadas para alimentar el motor de un coche eléctrico: las baterías de **Plomo-Ácido**, las baterías de **Metal-Níquel** y, finalmente, las baterías de **Ion-Litio**. Escoger entre los diferentes tipos de baterías es

siempre una decisión de compromiso entre densidad energética, potencia específica, costes, seguridad y durabilidad.

Las **baterías de Plomo-Ácido** son la opción de bajo coste, y se han utilizado durante décadas para arrancar nuestros motores de combustión. Entre sus ventajas, además del bajo coste y estandarización universal, se encuentran su buena potencia específica (W/kg), buen comportamiento en un amplio rango de temperaturas, buena retención de la carga en el tiempo y son relativamente fáciles de reciclar. Sólo pueden almacenar unos **40 Wh/kg**, una densidad energética muy pobre como veremos más adelante.

Las **baterías de Níquel-Metal** han sido las preferidas por el archiconocido **Toyota Prius** durante sus más de 10 años de historia, por lo que han demostrado sobradamente su capacidad para responder con solidez en las entrañas de un híbrido no enchufable. Su potencia específica es correcta, su ciclo de vida largo y no presentan problemas medioambientales, mientras que tienen un **alto índice de descarga en periodos de inactividad** (pierden el 30% de la carga en un mes paradas) y su coste de producción es algo elevado por incorporar tierras raras en el electrodo positivo. Sus **60 Wh/kg** las hace superiores a las de Plomo-Ácido, pero las mantiene todavía cierta distancia del Litio, que, no en vano, es el más ligero de los elementos de la tabla periódica que no es un gas a temperatura ambiente.

Su voltaje, densidad energética, potencia específica, carga utilizable, eficiencia de recarga y ciclo de vida son muy superiores a las de sus dos rivales, al tiempo que su índice de descarga es mucho menor

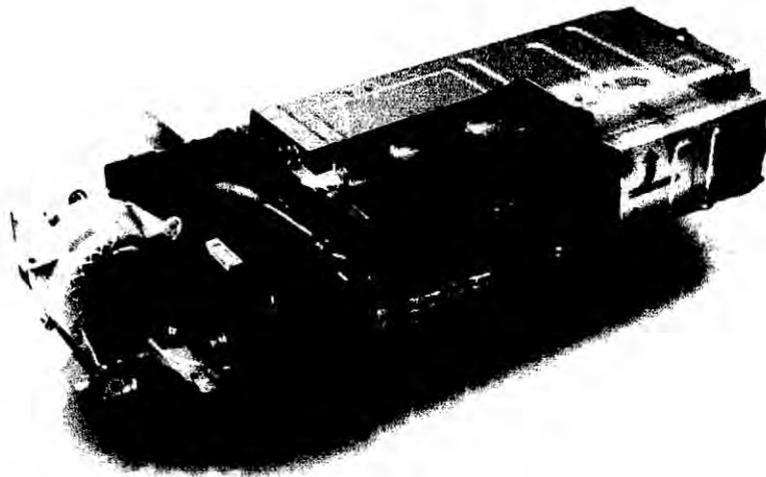
Las **baterías de Ion-Litio**, de las que existen muchas variedades, parecen estar llamadas a prevalecer, pues sus características técnicas más importantes mejoran sustancialmente a las dos opciones anteriores, si bien

introducen también algún que otro problema en la ecuación. Su voltaje, densidad energética, potencia específica, carga utilizable, eficiencia de recarga y ciclo de vida son muy superiores a las de sus dos rivales, al tiempo que su índice de descarga es mucho menor.

Como inconveniente, cabe señalar su **menor robustez ante variaciones de voltaje**, que obliga a incorporar costosos sistemas de gestión de las baterías para su protección y correcto funcionamiento. De ello y de su propia composición química se deriva un **coste de producción también mayor** que sus rivales, tema a tener muy en cuenta dada su extrema relevancia en la competitividad del coche eléctrico.

2.2.52.- Las baterías de ion-litio: una colección de posibilidades.

FIGURA 2.18: BATERÍA DE ION-LITIO



<http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/03/las-siglas-que-hay-que-saber.html>

Aunque hablamos constantemente de baterías de Ion-Litio como si fueran una única cosa, estamos utilizando probablemente una denominación demasiado genérica y que abarca muchas posibilidades

Las diferentes baterías de Ion-Litio tienen en común entre sí la utilización, en general, de un **ánodo de Litio-Carbono** y difieren entre sí en el **óxido de litio que utilizan en el cátodo**. Cada química da lugar a un diferente conjunto de características técnicas y, por tanto, aunque hablamos constantemente de baterías de Ion-Litio como si fueran una única cosa, estamos utilizando probablemente una denominación demasiado genérica y que abarca muchas posibilidades, entre las que se encontrarían las siguientes ya desarrolladas con la tecnología actual:

2.2.53.- Baterías de Litio-Cobalto (Li Co O₂).

Densidad energética **170-185 Wh/kg**.

Estas son las más extendidas para **dispositivos móviles** como teléfonos u ordenadores portátiles, pero son difícilmente utilizables en coches porque sólo aguantan unos **500 ciclos de recarga** y en caso de accidente y rotura pueden generar reacciones exotérmicas que desemboquen incluso en incendio, lo que sería demoledor para su imagen, por improbable que sea el suceso.

2.2.54.- Baterías de Litio-Hierro-Fosfato (Li Fe P O₂)

Densidad energética **90 – 125 Wh/kg**

Son las más seguras, por tener la mayor estabilidad térmica y química. Su densidad energética está en la zona baja, pero se pueden considerar un

salto adelante en seguridad y también en durabilidad, con **hasta 2.000 ciclos de recarga**. Son también las más baratas, junto con las de cobalto, pero estas sí se pueden emplear en automoción para mover híbridos y eléctricos puros sin riesgos.

2.2.55.- Baterías de Litio-Manganeso (Li Mn₂ O₂).

Densidad energética **90 – 110 Wh/kg**.

También son más **estables térmicamente** que las de cobalto y soportan un **mayor voltaje**, pero se encuentran de nuevo con una inferior densidad energética. El manganeso no es contaminante.

2.2.56.- Baterías de Litio-Níquel-Cobalto-Manganeso (Li Ni_x Co_y Mn_z O₂)

Densidad energética **155 – 190 Wh/kg**.

Excelente compromiso entre muy buen rendimiento y coste razonable, **se empiezan a utilizar en coches eléctricos masivamente**. Soportan 1.500 ciclos y voltajes de los más altos.

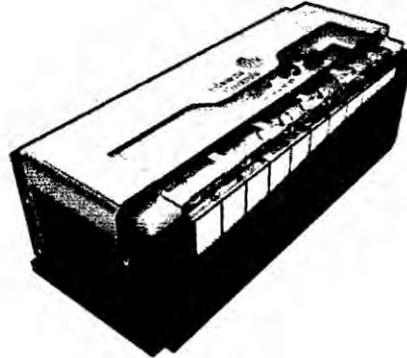
2.2.57.- Baterías de Litio-Titanio (Li₄ Ti₅ O₁₂).

Densidad energética **65 – 100 Wh/kg**.

Son las más duraderas, pues aguantan hasta **12.000 ciclos de recarga** (unas 10 veces más que cualquiera de las otras) pero su densidad energética actual es baja y su coste, muy elevado.

2.2.58.- Conclusiones.

FIGURA 2.19: VARIEDAD DE LITIO TITANIO



<http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/03/las-siglas-que-hay-que-saber.html>

Cada una de las opciones representa siempre una relación de compromiso entre sus diferentes prestaciones, sin existir una opción claramente vencedora en todos los aspectos

Las baterías necesarias para mover un coche están sometidas a un **nivel de exigencia brutal**. Por un lado, deben ser capaces de contener una **elevada carga con la menor masa posible** (densidad energética) para poder competir con la gasolina en la medida de lo posible y salvando las enormes distancias que existen entre ambas formas de almacenamiento energético. Por otro lado, deben soportar **rangos de temperatura muy amplios, posibles accidentes y miles de ciclos de recarga**.

Existen en el mercado numerosas variantes químicas de las que aquí sólo hemos recogido las más utilizadas. La lista está abierta a nuevas

incorporaciones, fruto de la investigación, pero parece claro que cada una de las opciones representa siempre una relación de compromiso entre sus diferentes prestaciones, **sin existir una opción claramente vencedora en todos los aspectos.**

El camino que han de recorrer estos depósitos de energía química es aún muy largo y tortuoso, pero **conviene ir conociendo las diferentes variantes que existen**, a las que se irán sumando otras combinaciones, para poder seguir la evolución en este importante terreno de innovación tecnológica.

Fuente: "Global autos: don't believe the hype – analyzing the costs & potential of fuel-efficient technology" – Bernstein Research & Ricardo – Informe impreso

2.2.59.- Mitsubishi CA-MIEV

La marca japonesa, pionera en el lanzamiento de los coches eléctricos modernos con el i-MIEV (se lanzó en Japón en 2009), quiere dar un nuevo paso adelante, tanto tecnológico como de volumen, y se ha fijado como **objetivo tener un 20% de modelos eléctricos en su gama para 2020 (puros o híbridos enchufables).**

El concepto **CA-MIEV es el laboratorio que adelanta la evolución y muestra cómo podría ser un próximo modelo eléctrico**: no solo sirve para el uso diario por la ciudad, sino también para los alrededores y las excursiones de fin de semana. Reúne bajo peso, nuevas baterías de litio con mayor densidad energética y buena aerodinámica.

Anuncia una autonomía de 300 kilómetros.

Mide 4,05 metros de longitud y tiene cinco plazas. Y de llegar a la calle (aún por confirmar), sería una alternativa al Renault Zoe (llega en mayo desde 21.250 euros), que presenta un tamaño y características similares, y una autonomía oficial de 210 kilómetros.

El CA-MIEV tiene una aerodinámica muy afinada (Cx: 0,26) y unas **pilas de litio grandes, de 28 KWh**, aunque por el momento no se anuncia qué tipo de baterías de litio son. Se **recarga por inducción**, sin cables, un proceso más cómodo pero que implica ciertas pérdidas de energía (una media de un 20% frente a una recarga por cable). Sucede algo similar con la velocidad de bajada de datos en Internet, que es mucho mayor si se conecta el router al ordenador por cable que por wifi.

Toda la mecánica se integra bajo el capó: **motor de 109 CV**, inversor, cargador y componentes asociados, al igual que acaba de hacer Nissan en el Leaf 2013. Las baterías, como es habitual en los vehículos diseñados desde el principio para acoger mecánicas eléctricas, van en el piso en el centro del coche. La tracción es delantera.

2.2.60.- Mitsubishi GR-HEV.

El otro estreno de Mitsubishi en la muestra Suiza. Un **'pick up' de línea futurista y mecánica híbrida diesel**. Su diseño podría servir de inspiración para el **próximo L200**, que debería salir a finales de este año o principios de 2014. El L200 actual es de 2006 y le toca ya la renovación.

Combina un **motor 2.5 turbodiésel y otro eléctrico, con cambio automático**, y la marca anuncia un objetivo de emisiones de 149 g/km de CO₂, que equivale a unos **5,5 litros de gasto medio cada 100 kilómetros**.

Mide 5,42 metros de largo, incluye una cabina doble con cinco plazas y puede cargar una tonelada en la caja posterior. Y cuenta con tracción 4x2, 4x4 y 4x4 con reductora y bloqueos de diferencial.

La electricidad puede mover el coche, aunque solo durante una mínima distancia (como es normal en los modelos híbridos), pero también puede utilizarse para alimentar un generador exterior o hacer funcionar un 'winch' o cable de arrastre.

Curiosamente, el L200 es el modelo de Mitsubishi que más se ha exportado a Europa: más de 600.000 unidades entre 1992 y 2012.

2.2.61.- Historia del magnetismo.

Tales de Mileto, matemático, astrónomo y filósofo griego observó que al frotar el ámbar con seda se producían chispas y el ámbar adquiría la capacidad de atraer partículas de pelusa y de paja. La palabra griega para el ámbar es el electrón, de ella se deriva las palabras electricidad, electrón y electrónica. Notó la fuerza de atracción entre trozos de una roca magnética natural llamada piedra de imán que se encontró en un lugar llamado magnesia, de cuyo nombre se derivan las palabras magneto y magnetismo.

En el siglo XIII, el erudito francés Petrus Peregrinus realizó importantes investigaciones sobre los imanes. Tales de Mileto fue pionero en la electricidad y el magnetismo, pero su interés como el de otros contemporáneos era más filosófico que práctico. Sin embargo, el primer estudio científico de los fenómenos eléctricos no apareció hasta el 1600 d.C., cuando se publicaron las investigaciones del médico británico, William Gilbert de Inglaterra quién realizó los primeros experimentos sistemáticos acerca de los fenómenos eléctricos y magnéticos describiéndolo en su libro

de magnete. Invento el electroscopio para medir los efectos electroestáticos primero en reconocer que la tierra era un gigantesco imán, proporcionando una nueva visión dentro de los principios de la brújula y la aguja o brújula de inclinación.

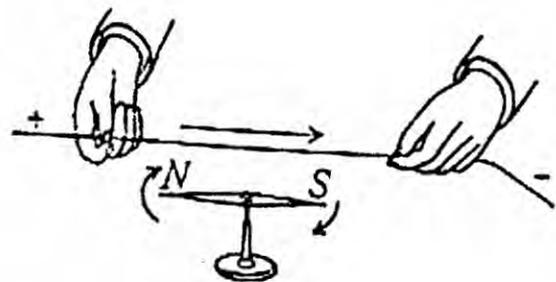
La primera máquina para producir una carga eléctrica fue descrita en 1672 por el físico alemán Otto Von Guericke. Estaba formada por una esfera de azufre movida por una manivela, sobre la que se inducía una carga cuando se apoyaba la mano sobre ella. El científico francés Charles François de Cisternay Du Fay fue el primero en distinguir claramente los dos tipos diferentes de carga eléctrica: positiva y negativa. El condensador más antiguo, la botella de Leyden, fue desarrollado en 1745.

Estaba formado por una botella de vidrio recubierta por dos láminas de papel de estaño, una en el interior y otra en el exterior. Si se cargaba una de las láminas con una máquina electrostática, se producía una descarga violenta si se tocaban ambas láminas a la vez.

FIGURA 2.20: Benjamin Franklin



FIGURA 2.21: Experimento de Oersted



https://es.wikipedia.org/wiki/Magnetismo#La_f.C3.ADsica_del_magnetismo

En 1750 Benjamín Franklin científico estadounidense, estableció la ley de la conservación de la carga en experimentos hechos con electricidad, que condujeron a su invención del pararrayos determinando que existían cargas positivas y negativas. Dedicó mucho tiempo a la investigación de la electricidad. Su famoso experimento con una cometa o papalote demostró que la electricidad atmosférica que provoca los fenómenos del relámpago y el trueno es de la misma naturaleza que la carga electrostática de una botella de Leyden.

Franklin desarrolló una teoría según la cual la electricidad es un 'fluido' único que existe en toda la materia, y sus efectos pueden explicarse por el exceso o la escasez de ese fluido.

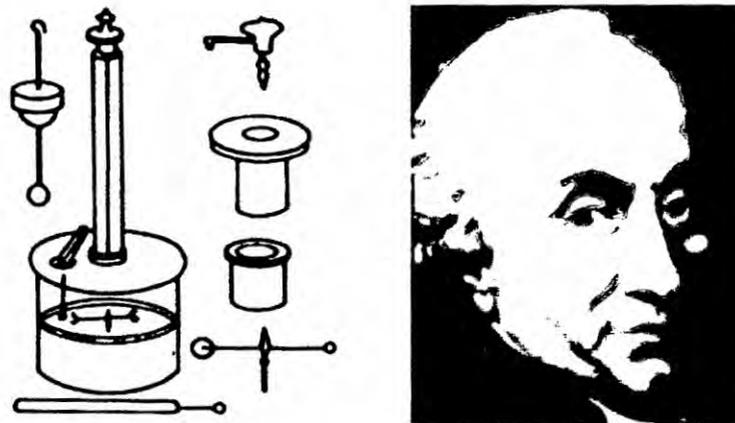
La ley de que la fuerza entre cargas eléctricas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas fue demostrada experimentalmente por el químico británico Joseph Priestley alrededor de 1766. Priestley también demostró que una carga eléctrica se distribuye uniformemente sobre la superficie de una esfera metálica hueca, y que en el interior de una esfera así no existen cargas ni campos eléctricos.

En 1785 el francés Charles de Coulomb buscaba mejorar la brújula de los marinos y para ello experimentaba con cargas eléctricas. Colocó una pequeña esfera cargada en la barra de la balanza y luego, a diferentes distancias, otra esferita igualmente cargada.

Entonces midió la fuerza entre ellas, fijándose en el ángulo en que la barra giraba. Así encontró la ley que rige la fuerza entre dos cargas eléctricas, ley que llamamos de Coulomb en su honor. Más adelante inventó la balanza de torsión, que es un aparatito muy simple. Consiste de una barra que cuelga de

un hilo que puede torcerse. Si la barra gira, el hilo tiende a regresarla a su posición original. Cuando llegamos a conocer la fuerza de torsión que el alambre ejerce sobre la barra, tenemos un mecanismo muy sensible para medir fuerzas eléctricas y magnéticas.

FIGURA 2.22: La balanza de torsión que usó Charles Agustín De Coulomb.



[https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_\(f%C3%ADsica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_(f%C3%ADsica))

Durante este periodo Karl Friedrich Gauss, formulo el teorema de la divergencia relacionando un volumen y su superficie.

En 1813, Hans Christian Oersted predijo que se hallaría una conexión entre la electricidad y el magnetismo. En 1819 colocó una brújula cerca de un hilo recorrido por una corriente y observó que la aguja magnética se desviaba. Con ello demostró que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos.

FIGURA 2.23: Hans Christian Oersted haciendo su experimento



[https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_\(f%C3%ADsica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_(f%C3%ADsica))

Ander Marie Ampere amplio las observaciones de Oersted, inventando la bobina de solenoide para producir campos magnéticos. También formulando correctamente la teoría de que los átomos de un imán se magnetizan por medio de corrientes eléctricas muy pequeñas que circulan en ellos.

Alessandro Volta (italiano, a quien Napoleón nombró conde por su trabajo en el campo de la electricidad) es famoso por fabricar en 1800 la primera pila eléctrica, conocida como pila voltaica, conectando varias en serie, y observó que dichas baterías podían producir corrientes eléctricas.

Volta, profesor de física y gran experimentador, realizó muchas otras contribuciones a la ciencia, como la invención del electróforo, un aparato

para generar cargas estáticas. La unidad de potencial eléctrico, el voltio, recibe este nombre en su honor.

Los físicos italianos Luigi Galvani y Alessandro Volta llevaron a cabo los primeros experimentos importantes con corrientes eléctricas. Galvani produjo contracciones musculares en las patas de una rana aplicándoles una corriente eléctrica. En 1800, Volta presentó la primera fuente electroquímica artificial de diferencia de potencial, un tipo de pila eléctrica o batería. En esta misma época, el alemán George Simón Ohm formulo la ley que lleva su nombre relacionando la corriente, el voltaje y la resistencia; tuvo que pasar una década para que los científicos comenzaran a reconocer su verdad e importancia.

Michael Faraday realizó importantes contribuciones al estudio de la electricidad y el magnetismo. Descubrió que al mover un alambre en un campo magnético se genera una corriente (inducción electromagnética). Este descubrimiento contribuyó al desarrollo de las ecuaciones de Maxwell y llevó a la invención del generador eléctrico.

De todo esto surgió Michael Faraday demostrando que un campo magnético cambiante podía producir una corriente eléctrica. Mientras que Oersted encontró que la electricidad podía producir magnetismo, Faraday descubrió que el magnetismo podía producir electricidad.

Las investigaciones experimentales de Faraday, posibilitaron a James Clerk Maxwell, profesor de la universidad de Cambridge, Inglaterra, establecer la interdependencia de la electricidad y el magnetismo. En 1873 publicó la primera teoría unificada de electricidad y magnetismo.

Postulo que la luz era de naturaleza electromagnética y que la radiación electromagnética de otras longitudes de onda debía ser posible. Aunque las ecuaciones de Maxwell son de gran importancia y, junto con condiciones en la frontera de continuidad y otras relaciones auxiliares son la base del electromagnetismo moderno, algunos científicos del tiempo de Maxwell fueron escépticos de su teoría, y en 1888 fueron reivindicadas por Heinrich Hertz, profesor de física en Karls Ruhe, Alemania, quien generó y detectó ondas de radio, de cerca de 5 metros de longitud de onda, demostró que con un transmisor y receptor de chispa o señal, excepto por la diferencia en la longitud de onda, la polarización, la reflexión y la refracción de las ondas de radio eran idénticas a las de la luz. Hertz fue el padre de la radio, pero su invento permaneció como una curiosidad de laboratorio hasta que el italiano Guglielmo Marconi adaptó el sistema de chispa de Hertz para enviar mensajes a través del espacio. Marconi al agregar la sintonización, una antena grande, sistemas de tierra, y longitudes de onda mas largas, pudo enviar señales a grandes distancias.

En 1901 causó sensación al enviar señales de radio a través del océano atlántico. Marconi fue pionero en el desarrollo de la comunicación por radio para barcos. Antes de la radio o comunicación inalámbrica, como se le llamaba entonces, las naves Nikola Tesla estaban en alta mar en él mas completo aislamiento. Podía ocurrir un desastre sin que nadie en tierra o en otras naves pudiera ser avisado de lo ocurrido. Marconio inicio un cambio con su invento y la radio comenzó a desarrollar una gran importancia comercial. Más adelante Thomas Alba Edison dio a la electricidad y al magnetismo aplicaciones prácticas para la telegrafía, la telefonía, la iluminación y la generación de potencia. Mientras que Edison era partidario de la corriente continua, Nikola Tesla desarrollo la transmisión de potencia alterna e invento el motor de inducción. Más adelante Einstein y otros

trataron de relacionar las cinco fuerzas de la física en una gran teoría unificada en la que las ecuaciones de Maxwell serían un caso especial.

Aunque tal unificación no ha sido lograda todavía, su realización es una de las grandes metas de la física moderna.

Los estudios posteriores sobre el magnetismo se centraron cada vez más en la comprensión del origen atómico y molecular de las propiedades magnéticas de la materia. En 1905, el físico francés Paul Langevin desarrolló una teoría sobre la variación con la temperatura de las propiedades magnéticas de las sustancias paramagnéticas, basada en la estructura atómica de la materia. Esta teoría es uno de los primeros ejemplos de la descripción de propiedades macroscópicas a partir de las propiedades de los electrones y los átomos.

2.2.62.- El magnetismo y el átomo.

Posteriormente, la teoría de Langevin fue ampliada por el físico francés Pierre Ernst Weiss, que postuló la existencia de un campo magnético interno, molecular, en los materiales como el hierro. Este concepto, combinado con la teoría de Langevin, sirvió para explicar las propiedades de los materiales fuertemente magnéticos como la piedra imán.

Después de que Weiss presentara su teoría, las propiedades magnéticas se estudiaron de forma cada vez más detallada. La teoría del físico danés Niels Bohr sobre la estructura atómica, por ejemplo, hizo que se comprendiera la tabla periódica y mostró por qué el magnetismo aparece en los elementos de transición, como el hierro, en los lantánidos o en compuestos que incluyen estos elementos. Los físicos estadounidenses Samuel Abraham Goudsmit y George Eugene Uhlenbeck demostraron en 1925 que los electrones tienen

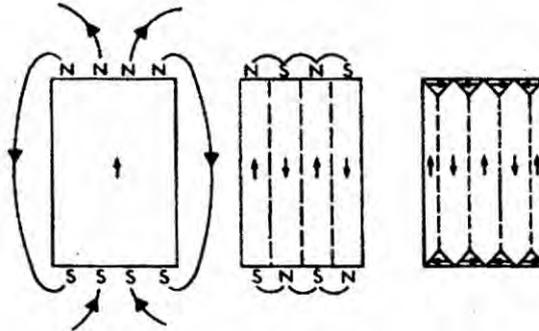
espín y se comportan como pequeños imanes con un 'momento magnético' definido. El momento magnético de un objeto es una magnitud vectorial que expresa la intensidad y orientación del campo magnético del objeto. El físico alemán Werner Heisenberg dio una explicación detallada del campo molecular de Weiss en 1927, basada en la recientemente desarrollada mecánica cuántica.

Más tarde, otros científicos predijeron muchas estructuras atómicas del momento magnético más complejas, con diferentes propiedades magnéticas, Hubo un famoso intento de reformular la teoría electromagnética como una teoría microscópica partiendo de nuestro conocimiento de la existencia del electrón debida a Lorentz, llamada teoría del electrón. El modelo de Lorentz se topó con la necesidad de una teoría más completa.

El electrón no es una partícula clásica y por tanto obedece las leyes de la física cuántica.

Actualmente sabemos que la materia está formada por átomos. Estos tienen su estructura propia, pero para nuestros propósitos bastará con que los consideremos como núcleos cargados positivamente, alrededor de los cuales giran electrones cargados negativamente, de tal manera que los átomos como un todo son neutros en su estado natural. Los electrones al girar en sus órbitas producen un campo magnético semejante al de un imán, como sabemos por la teoría electromagnética. Así, desde el punto de vista de sus propiedades magnéticas, los materiales están formados por pequeños imanes que, si el material no manifiesta magnetización, necesariamente están orientados al azar. Cuando se somete un material a la acción de un campo magnético, pueden darse dos mecanismos:

FIGURA 2.24: LOS DOMINIOS MAGNETICOS



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferromagnetismo>

Los dominios magnéticos pueden formar diferentes patrones, para minimizar la energía. Se pueden observar experimentalmente por ejemplo con un microscopio electrónico. Los dominios magnéticos se pueden mover por medio de campos externos.

En el primero los imanes simplemente se alinean en la dirección del campo aplicado, como las brújulas en la Tierra. Este efecto se llama paramagnetismo y este alineamiento produce una resultante en la misma dirección del campo, dando como resultado que el material se comporte como un imán que es atraído en el sentido de ese campo. En el segundo mecanismo, llamado diamagnetismo, el material también se comporta como un imán, pero que se opone al campo que lo produce, siendo repelido por éste. Aquí el campo externo obliga a los imanes atómicos a procesar en la dirección del campo, generando un momento magnético.

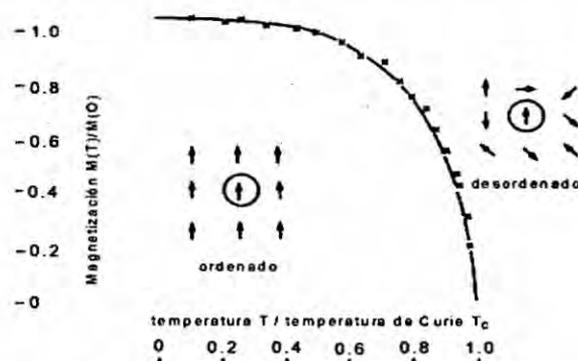
También podemos ahora entender el efecto de la temperatura en los fenómenos magnéticos, ya que los átomos están también sujetos a

movimientos térmicos que se oponen a que se alineen en una cierta dirección.

Entender el ferromagnetismo es más difícil. Estos materiales presentan porciones que tienen magnetización completa y permanente y se llaman dominios ferromagnéticos. Fue Pierre Weiss en 1907 quien se dio cuenta de que los materiales ferromagnéticos están formados por estos dominios, los cuales pueden inclusive orientarse de tal manera que el material no exhiba propiedades magnéticas.

Con un campo magnético externo los dominios se pueden reorientar o crecer hasta formar un imán. Como ya lo hemos mencionado, este proceso de magnetización es irreversible. Para explicar la existencia de los dominios también se puede pensar en términos de pequeños imanes, pero que están formados por los propios electrones, los cuales poseen un movimiento magnético intrínseco llamado espín. La acción conjunta de los espines dentro de un dominio obedece a la fuerza de intercambio que es de naturaleza cuántica y no tiene análogo en la física clásica.

FIGURA 2.25: CAMPO MOLECULAR DE WEISS



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferromagnetismo>

El campo molecular de Weiss. Un espín escogido (en círculo) en un material magnético experimenta un campo debido a los otros espines. La magnetización se hace cero en temperatura de Curie T_c .

El hecho de que el electrón se comporte como un pequeño imán nos lleva a suponer que todas las partículas elementales cargadas podrían tener momento magnético. De hecho así es y la teoría de las partículas elementales incluye el estudio de sus momentos magnéticos. Pero hay que recordar, la teoría electromagnética es una teoría macroscópica, basada en experimentos en la escala de nuestras proporciones y el reino de las partículas elementales puede deparar muchas sorpresas.

2.2.63.- Sustancias magnéticas.

Las propiedades térmicas de las sustancias magnéticas fueron estudiadas por Pierre Curie, quien estableció que la susceptibilidad magnética de las sustancias paramagnéticas depende del inverso de la temperatura. En todos los ferromagnetos encontró un descenso de la magnetización hasta que la temperatura llegaba a un valor crítico, llamada temperatura de Curie (T_c), donde la magnetización se hace igual a cero; arriba de la temperatura de Curie, los ferromagnetos se comportan como sustancias paramagnéticas.

El diamagnetismo lo explicó Paul Langevin una década después de los experimentos de Curie. El fenómeno se puede explicar usando las leyes de Maxwell. Cuando se enciende un campo magnético, aparece un campo eléctrico. Éste acelera a un electrón, produciéndose así una corriente, la cual crea una magnetización contraria al campo aplicado, según la ley de Lenz.

Esta explicación implica suponer que la ley de Lenz se cumple a escala atómica. Ya Coulomb sabía que las leyes ordinarias de electrostática y

magnetoestática no podían ser válidas en la escala atómica. Con esa misma filosofía, Pierre Weiss supuso que las interacciones entre las moléculas magnéticas se podrían descubrir empíricamente, por lo que introdujo el campo molecular sin intentar describir las leyes microscópicas. Este campo molecular actuaría sobre cada molécula como un campo externo y sería proporcional a la magnetización y al tipo de material. Su modelo llevó a la ley Curie-Weiss, que obedecen prácticamente todos los ferromagnetos. Esta coincidencia tan perfecta hizo difícil hacerle mejoras.

Existía en esa época de Curie, un enigma experimental: ¿por qué no es el hierro espontáneamente ferromagnético? Weiss propuso que su campo molecular tenía diferentes direcciones en algunos pedazos del sólido.

Esto fue probado por Barkhausen en 1919, quien por medio de amplificadores electrónicos oyó los "clicks" cuando un campo externo obliga a los dominios de Weiss a alinearse. Este es un comportamiento irreversible que explica el fenómeno de histéresis. Medidas de la razón giromagnética en ferromagnetos probaron además que éste no es magnetismo atómico o molecular, sino que sólo el espín electrónico participa de él.

Así pues, a pesar de la elocuencia de los argumentos de Lorentz y Langevin para aplicar la teoría electromagnética a nivel microscópico, resultó inevitable reconocer que a escala atómica había algo nuevo y diferente y que hacía falta una nueva teoría para enfrentarse a este mundo. De hecho, con el teorema de Bohr-Van Leeuwen quedó claro que la mecánica estadística clásica de las partículas cargadas no es capaz de explicar el comportamiento de ninguna de las sustancias magnéticas descritas aquí.

2.2.64.- El problema del ferromagnetismo.

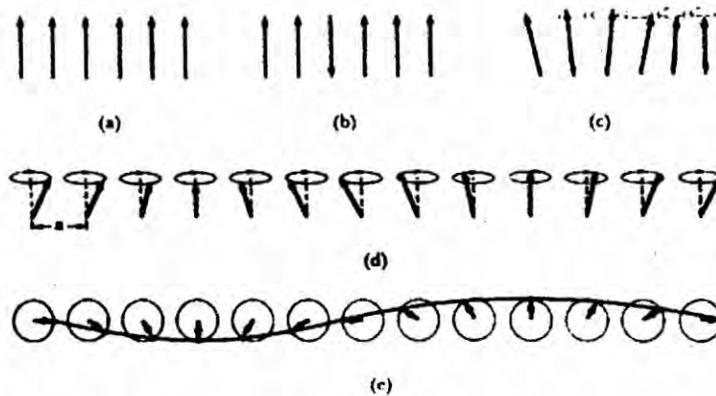
Retomemos el problema del ferromagnetismo, pero esta vez como un fenómeno colectivo. ¿Qué entendemos por un fenómeno colectivo? Supongamos que caminamos en una calle bastante transitada y que a dos cuadras adelante de nosotros ocurre un accidente. De inmediato esa información se transmite por medio de la gente en forma de un movimiento colectivo y por tanto nos enteramos de qué pasó bastante antes de verlo. Es claro que un fenómeno así involucra a muchas personas. Esto es lo que en física se llama un fenómeno de muchos cuerpos. Cabe adelantar que el estudio del magnetismo como un fenómeno cooperativo desempeñó un papel decisivo en la mecánica estadística cuántica y en la termodinámica de las transiciones de fase.

Hoy, con la teoría del grupo de renormalización, el estudio de las transiciones de fase es uno de los campos más importantes en el estudio de la materia.

El problema para poder explicar el ferromagnetismo consiste en lo siguiente: ya sea que los pequeños imanes que forman la materia sean electrones en sus órbitas o espines de electrones, las fuerzas magnéticas entre ellos no son lo suficientemente intensas para producir un ferromagneto. La interacción magnética se puede despreciar comparándola a la fuerza electrostática entre electrones. Con una simultaneidad que se ha repetido muchas veces en la historia de la ciencia, Dirac y Heisenberg descubrieron la fuerza de intercambio. Este efecto es bastante misterioso, ya que es totalmente cuántico y no tiene análogo clásico; ¡el ferromagnetismo no existiría si la constante de Planck h fuera cero! Cuando Pauli introdujo su notación matricial para el espín, quedó claro que el espín es una cantidad vectorial. Esto implica que podemos imaginárnoslo como una flechita. ¿Qué puede suceder si tenemos dos electrones cada uno con su flecha de espín

asociados y alineados ambos en alguna dirección? Pues que los espines podían quedar paralelos o antiparalelos, lo que se ve claramente en la figura.

Cada electrón dentro de un átomo está caracterizado por un conjunto de números cuánticos que nos dicen sus propiedades físicas. El principio de exclusión de Pauli establece que no puede haber dos electrones en un átomo con el mismo conjunto de números cuánticos. Esto implica que en una misma órbita sólo puede haber dos electrones, ya que la órbita da una serie de características comunes y sólo queda la posibilidad de que los espines sean antiparalelos. Este principio de exclusión lo cumplen todas las partículas que tienen espín fraccionario, como es el caso del electrón.



- (a) Estado base de un ferromagneto simple: todos los espines paralelos.
- (b) una excitación posible: un espín se invierte.
- (c) Se forma una onda de espín: el extremo del espín precesa formando conos.
- (d) Una onda de espín vista en perspectiva.
- (e) Espines vistos desde arriba. La onda se dibuja por la punta de los espines.

Tenemos entonces que, por un lado, los electrones sufren una repulsión electrostática (ley de Coulomb) y, por otro, que tienen que cumplir el principio de exclusión. Por dicho principio los espines paralelos tienden a separarse y eso reduce su repulsión. Se llama "intercambio" a la diferencia de energía entre la configuración de espines paralelos y la configuración de espines antiparalelos. Esta energía de intercambio favorece al ferromagnetismo solamente si el aumento de energía cinética causado por la separación es mayor que el descenso en la energía potencial electrostática. Los detalles de esta interacción son complicados, pero lo importante es apreciar que las fuerzas involucradas son eléctricas y que son mucho más intensas que las magnéticas, entendiéndose así el llamado magnetismo fuerte.

Con este modelo, cuando la temperatura está abajo de la temperatura crítica, se producen las llamadas "ondas de espín" Se forma una onda magnética en el material, en la cual participan todos los espines o pequeños imanes. Como se observa es claramente un efecto cooperativo.

Arriba de la temperatura crítica las vibraciones térmicas son demasiado importantes y desaparecen las ondas de espín. Además las ondas de espín están cuantizadas y esos cuantos se llaman magnones. Pero aquí vamos a dejar ya la historia microscópica del magnetismo.

2.2.65.- ¿Qué es un imán? los materiales magnéticos.

A pesar de que se ha investigado mucho sobre el intercambio no se ha logrado enunciar un postulado universal de primeros principios, como lo son las leyes de Maxwell o las de Newton en la mecánica clásica, De hecho, se tienen sólo descripciones semicuantitativas que aunque exitosas en algunos aspectos, pueden todavía ser mejoradas.

2.2.66.- Imán.

Según la real academia española, un imán es un mineral de hierro de color negruzco, opaco, casi tan duro como el vidrio, cinco veces más pesado que el agua, y que tiene la propiedad de atraer el hierro, el acero y en grado menor algunos otros cuerpos. Es combinación de dos óxidos de hierro, a veces cristalizada. Pero en un lenguaje coloquial suele llamarse imán a cualquier objeto que produce un campo magnético externo. Un imán permanente es un material que, cuando se lo coloca en un campo magnético suficientemente intenso, no sólo produce un campo magnético propio o inducido, sino que continúa produciendo campo inducido aún después de ser retirado del campo aplicado. Esta propiedad no se altera ni se debilita con el tiempo salvo cuando el imán se somete a cambios de temperatura, campos desmagnetizantes, tensiones mecánicas, etc. La habilidad del material para soportar sin cambios en sus propiedades magnéticas diversos tipos de ambientes y condiciones de trabajo define los tipos de aplicaciones en que se lo puede usar.

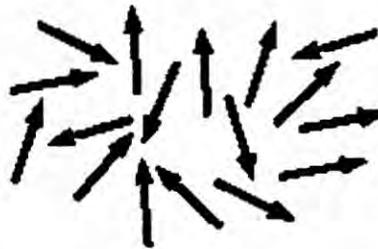
Los materiales que pierden su magnetización cuando se retira el campo exterior que la produjo se llaman materiales magnéticos blandos. Estos materiales son útiles para transportar, concentrar o conformar campos magnéticos.

Aquellos materiales que mantienen la magnetización al quitar el campo aplicado se denominan duros. Se utilizan para la fabricación de imanes permanentes. Los imanes (en general, los materiales magnetizados) se pueden modelar por corrientes equivalentes de magnetización.

Las corrientes eléctricas crean campo magnético. Además, existen materiales naturales o sintéticos que crean campo magnético. Los campos creados por los materiales magnéticos surgen de dos fuentes atómicas: los momentos angulares orbitales y de espín de los electrones, que al estar en movimiento continuo en el material experimentan fuerzas ante un campo magnético aplicado.

Por lo tanto, las características magnéticas de un material pueden cambiar por aleación con otros elementos, donde se modifican por las interacciones atómicas.

FIGURA 2.26: Momentos magnéticos orientados al azar.



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferritas>

Por ejemplo, un material no magnético como el aluminio puede comportarse como un material magnético en materiales como alnico (aluminio-níquel-cobalto) o manganeso-aluminio-carbono. También puede adquirir estas propiedades mediante trabajo mecánico u otra fuente de tensiones que modifique la geometría de la red cristalina.

Todo material está compuesto por átomos que contienen electrones móviles. Un campo magnético aplicado actúa siempre sobre los electrones

considerados individualmente. Esto da origen al efecto universal llamado diamagnetismo. Este es un efecto clásico y depende solamente del movimiento de los electrones.

A nivel atómico, la superposición de los momentos magnéticos (orbital, debido al movimiento del electrón alrededor del núcleo, e intrínseco o de espín) aportados por los electrones al átomo o molécula del cual forman parte de un momento magnético resultante o neto al átomo o molécula.

Cuando hay un momento neto atómico o molecular los momentos magnéticos tienden a alinearse con el campo aplicado (o con los campos creados por momentos magnéticos vecinos), dando lugar al efecto del paramagnetismo. Simultáneamente, la energía térmica omnipresente tiende a orientar al azar a los momentos magnéticos, de manera que la intensidad relativa de todos estos efectos determinará en definitiva el comportamiento del material. En la figura se esquematiza un material no magnetizado: los momentos magnéticos están orientados al azar.

Los materiales magnéticos se caracterizan por su permeabilidad μ , que es la relación entre el campo de inducción magnética y el campo magnético dentro del material:

$$B = \mu H$$

$$\mu = \mu_r \mu_0 = \mu_0 (1 + \chi_m)$$

donde:

μ_r es la permeabilidad relativa

χ_m es la susceptibilidad magnética

2.2.67.- El diamagnetismo

El diamagnetismo es un efecto universal porque se basa en la interacción entre el campo aplicado y los electrones móviles del material.

El diamagnetismo queda habitualmente enmascarado por el paramagnetismo, salvo en elementos formados por átomos o iones que se disponen en "capas" electrónicas cerradas, ya que en estos casos la contribución paramagnética se anula. Las características esenciales del diamagnetismo son:

Los materiales diamagnéticos se magnetizan débilmente en el sentido opuesto al del campo magnético aplicado. Resulta así que aparece una fuerza de repulsión sobre el cuerpo respecto del campo aplicado.

La susceptibilidad magnética es negativa y pequeña y la permeabilidad relativa es entonces ligeramente menor que 1.

La intensidad de la respuesta es muy pequeña.

Ejemplos de materiales diamagnéticos son el cobre y el helio.

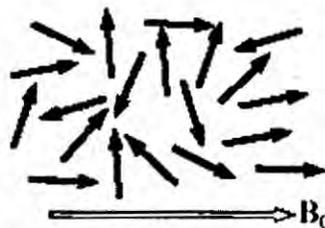
2.2.68.- Paramagnetismo ferromagnetismo

Ejemplos de materiales paramagnéticos son el aluminio y el sodio.

Distintas variantes del paramagnetismo se dan en función de la estructura cristalina del material, que induce interacciones magnéticas entre átomos vecinos.

En los materiales ferromagnéticos los momentos magnéticos individuales de grandes grupos de átomos o moléculas se mantienen alineados entre sí debido a un fuerte acoplamiento, aún en ausencia de campo exterior.

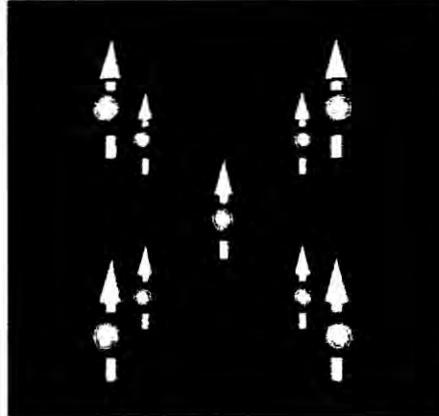
FIGURA 2.27: Los materiales paramagnéticos se magnetizan débilmente



<https://es.wikipedia.org/wiki/Superparamagnetismo>

Estos grupos se denominan dominios, y actúan como un pequeño imán permanente. Los dominios tienen tamaños entre 10^{-12} y 10^{-8} m³ y contienen entre 10^{21} y 10^{27} átomos. Los dominios se forman para minimizar la energía magnética entre ellos. En ausencia de campo aplicado, los dominios tienen sus momentos magnéticos netos distribuidos al azar. Cuando se aplica un campo exterior, los dominios tienden a alinearse con el campo. Este alineamiento puede permanecer en algunos casos de muy fuerte acoplamiento cuando se retira el campo, creando un imán permanente. Las características esenciales del ferromagnetismo son:

FIGURA 2.28: Ejemplo de la alineación de los dominios en un cristal BCC de hierro



<https://es.wikipedia.org/wiki/Diamagnetismo>

Los materiales ferromagnéticos se magnetizan fuertemente en el mismo sentido que el campo magnético aplicado. Resulta así que aparece una fuerza de atracción sobre el cuerpo respecto del campo aplicado.

La susceptibilidad magnética es positiva y grande y la permeabilidad relativa es entonces mucho mayor que 1.

En la figura se observa un esquema de la estructura del hierro (BCC - cúbica de cuerpo centrado). Los momentos magnéticos están alineados ya que existen fuertes interacciones entre ellos. La agitación térmica tiende a desalinear los dominios. A temperatura normal, la energía térmica no es en general suficiente para desmagnetizar un material magnetizado. Sin embargo, por encima de una cierta temperatura, llamada temperatura de Curie, el material se vuelve paramagnético, debido a que los efectos térmicos de desorden son mayores que los efectos de alineamiento de la interacción

magnética entre dominios. Una forma de desmagnetizar un material ferromagnético es entonces calentarlo por encima de esta temperatura.

En la tabla se presentan las temperaturas de Curie de algunos materiales ferromagnéticos elementales y aleaciones. Se ve que estas temperaturas son en casos muy altas y cercanas a la temperatura de fusión del elemento, por lo que en la práctica la desmagnetización por temperatura es en general un proceso parcial. Ejemplos de materiales ferromagnéticos son el hierro, el cobalto, el níquel y la mayoría de los aceros.

Material	T_c (°C)	Material	T_c (°C)
Fe	770	Alnico	800
Co	1120	AlNiCo	700
Ni	358	AlNiCo	700
Cr	627	AlNiCo	700
Mn	91	AlNiCo	700
Si	283	AlNiCo	700
Al	91	AlNiCo	700
Al-Fe	770	AlNiCo	700
Al-Co	770	AlNiCo	700
Al-Ni	770	AlNiCo	700

2.2.69.- Antiferromagnetismo

Los materiales antiferromagnéticos tienen un estado natural en el cual los espines atómicos de los átomos adyacentes son opuestos, de manera que el momento magnético neto es nulo. Este estado natural hace difícil que el material se magnetice, aunque de todas formas adopta una permeabilidad relativa ligeramente mayor que 1.

FIGURA 2.29: Imantación del fluoruro de magnesio



<https://es.wikipedia.org/wiki/Antiferromagnetismo>

FIGURA 2.30: Estructura de los dominios de la magnetita



<https://es.wikipedia.org/wiki/Antiferromagnetismo>

El fluoruro de manganeso (MnF), cuya estructura se esquematiza en la figura de la izquierda, es un ejemplo simple de explicar. Los momentos de los átomos de Mn en las esquinas del cubo apuntan en una dirección, y los que se hallan en el centro del cubo apuntan en la dirección opuesta.

Dado que hay igual número de cada uno, cuando muchas de estas celdas unitarias se agrupan juntas, los momentos magnéticos se cancelan exactamente.

Por encima de una temperatura crítica, llamada temperatura de Neel, un material antiferromagnético se vuelve paramagnético. La tabla muestra la temperatura de Neel de varios compuestos. Otro ejemplo de material antiferromagnético es el cromo.

2.2.70.- Ferrimagnetismo.

Los materiales ferrimagnéticos son similares a los antiferromagnéticos, salvo que las especies de átomos alternados son diferentes (por ejemplo, por la existencia de dos subredes cristalinas entrelazadas) y tienen momentos magnéticos diferentes. Existe entonces una magnetización neta, que puede ser en casos muy intensa. La magnetita se conoce como imán desde la antigüedad. Es uno de los óxidos más comunes del hierro (Fe_3O_4) y también es cúbico. La figura ilustra la estructura. La fórmula podría ser escrita en forma muy simplista como $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ con Fe^{++} como FeO y Fe^{+++} como Fe_2O_3 . El Fe^{+++} ocupa los huecos tetraédricos, y la mitad de los huecos octaédricos, y el Fe^{++} ocupa la otra mitad. Los momentos magnéticos en los sitios octaédricos son antiferromagnéticos y se cancelan, mientras que en los sitios tetraédricos están ferromagnéticamente alineados. Otro ejemplo de materiales ferrimagnéticos son las ferritas.

2.2.71.- Materiales magnéticos modernos.

2.2.72.- Alnico.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de la susceptibilidad magnética de algunos materiales:

TABLA 2.5: SUSCEPTIBILIDADES MAGNETICAS

<https://es.wikipedia.org/wiki/Diamagnetismo>

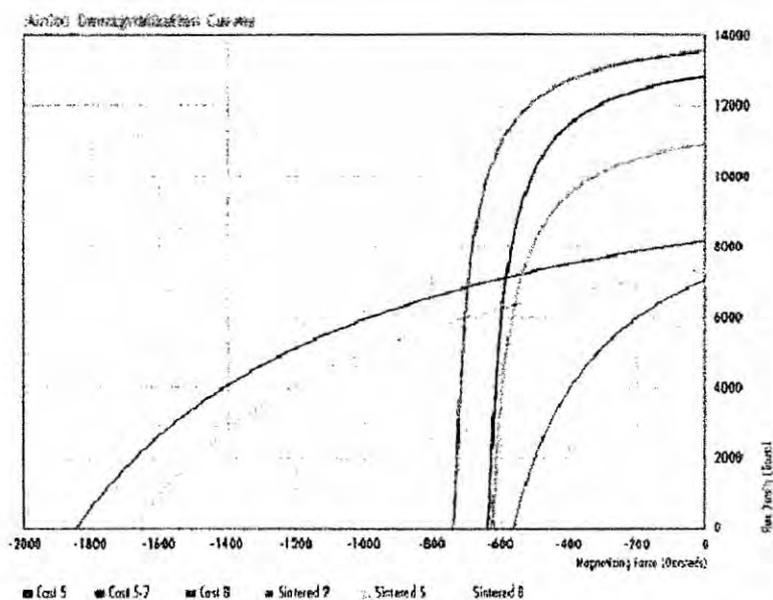
En esta sección se presenta algunos materiales magnéticos de importancia tecnológica en la fabricación de imanes permanentes.

La aleación de aluminio, níquel, cobalto y hierro conocida como Alnico se desarrolló en la década de 1940 y representó el primer paso para crear imanes más potentes y de mejores propiedades metalúrgicas que el hierro y las variantes de aceros usadas hasta entonces. La proporción de sus elementos y el agregado de otros elementos para mejorar las propiedades magnéticas hacen que existan muchas variantes comerciales de Alnico.

Los imanes de Alnico se fabrican habitualmente por conformado, con moldes desde la aleación fundida o por técnicas metalúrgicas cerámicas que parten de la aleación en polvo fino y construyen la pieza por conformado a presión y sinterizado. El producto de la energía para imanes de Alnico varía entre 1.5 y 7.5 MGOe.

La figura presenta curvas de desmagnetización de distintas variantes de Alnico.

FIGURA 2.31: Curvas de desmagnetización de distintas variantes de Alnico.



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrimagnetismo>

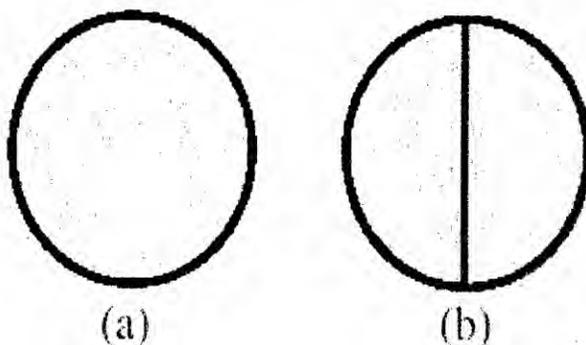
El Alnico tiene la menor resistencia a la desmagnetización de todos los materiales que presentamos en esta sección, pero tiene la mejor respuesta a efectos térmicos, lo que hace que pueda usarse en ambientes hasta 550°C y

en aplicaciones donde se requiere estabilidad de las propiedades magnéticas sobre un amplio rango de temperatura.

2.2.73.- Ferritas cerámicas.

Muchos imanes permanentes está hechos mediante técnicas metalúrgicas que muelen el material hasta convertirlo en un polvo de pequeñas partículas. Para maximizar la magnetización de saturación M_{sat} del conjunto del material es conveniente que los momentos magnéticos en cada partícula estén alineados y que los momentos magnéticos de las partículas mismas también lo estén. Esto último se consigue aplicando un campo orientador durante el proceso de consolidar el polvo en un aglomerado sólido.

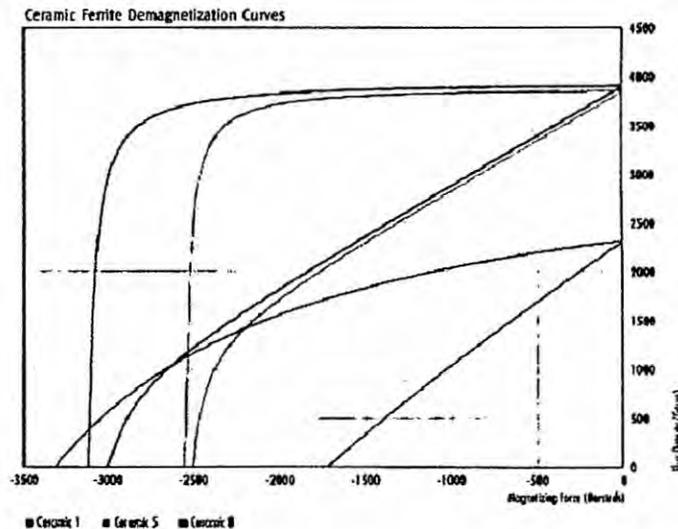
FIGURA 2.32: Alineación de los momentos magnéticos



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferritas>

Los momentos dentro de cada partícula se alinearán espontáneamente como se muestra en el diagrama (a) siempre que el polvo sea molido hasta un tamaño cercano al de un único dominio magnético.

FIGURA 2.33: Curvas de desmagnetización de la ferrita cerámica



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrimagnetismo>

Si el tamaño de la partícula es mucho mayor, será energéticamente más favorable la existencia de una frontera de dominio como se muestra en el diagrama (b), llevando a una magnetización nula para la partícula. Estos dominios se generan espontáneamente en el material. Se puede calcular por consideraciones energéticas el tamaño máximo de las partículas a obtener para lograr partículas mono-dominio. Este tamaño es alrededor de $1\mu\text{m}$ para ferritas cerámicas.

Las ferritas cerámicas se fabrican usando polvo de óxido de hierro, al que se agrega bario o estroncio para mejorar el alineamiento de la estructura cristalina. La fórmula es $X_n(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ donde $X = \text{Ba}$ ó Sr y $5.8 < n < 6.0$.

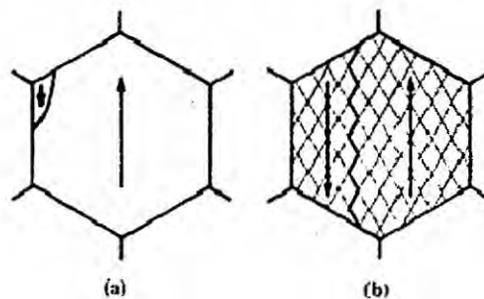
Después del molido, el polvo se comprime en una matriz, con un campo magnético aplicado si así se desea. Si no se aplica campo en este proceso,

se obtendrá un imán isótropo con iguales propiedades magnéticas en todas direcciones, mientras que si se aplica un campo exterior, se obtiene un imán anisótropo con propiedades magnéticas referenciales sobre un cierto eje. El polvo compactado entonces se sinteriza a una temperatura de 1100° C - 1300° C (de donde el nombre de cerámico) para obtener un material compacto y se maquina hasta su forma y tamaño finales.

Alternativamente, el polvo puede mezclarse con un aglutinante de polímeros y luego se extrusiona o conforma en una matriz por compresión o moldeo por inyección , produciendo un imán de ferrita moldeada (*bonded ferrite*) de forma cualquiera.

Pueden obtenerse propiedades anisótropas aplicando un campo de orientación durante el moldeo.

FIGURA 2.34: Un grano en proceso de nucleación



https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico

2.2.74.- Samario Cobalto.

Como las ferritas cerámicas usan partículas mono-dominio, su magnetismo permanente se basa en la anisotropía magnetocristalina. En la página

anterior se muestra el diagrama las curvas características de desmagnetización de varios compuestos de ferrita cerámica.

Los átomos de los elementos llamados tierras raras tienden a formar compuestos intermetálicos con metales de transición como Fe, Ni o Co, y en la primera época del desarrollo de los imanes de estos materiales la teoría predecía que los elementos más livianos – en particular el samario – se combinaría de la forma más favorable con el cobalto para producir una alta anisotropía cristalina. La experiencia confirmó la factibilidad de varios compuestos intermetálicos, y el primer imán práctico se construyó con el compuesto SmCo_5 , seguido más tarde por $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$.

Los imanes de samario-cobalto se fabrican según las mismas líneas que las ferritas. Dado que tanto el samario como el cobalto son elementos relativamente caros, se fabrican imanes anisótropos con propiedades preferenciales a lo largo de un eje.

Los imanes de tierras raras tienen un mecanismo de fronteras de dominio mucho más complicado que el derivado de la pura anisotropía magnetocristalina, lo que lleva a que las mejores propiedades magnéticas se obtienen con un tamaño de grano mayor que el correspondiente a partículas mono-dominio. Esto significa que no sólo las fronteras de dominio pueden existir, sino que se mueven con relativa facilidad dentro del grano.

Mientras que esta característica permite que se alcance la magnetización de saturación aún con un modesto campo aplicado, una alta coercividad intrínseca, dependerá de la habilidad del grano para resistir la formación de un dominio invertido cuando se aplica un campo de desmagnetización. Esta propiedad vital se controla por las fronteras de grano, que están compuestas

de desviaciones de la composición primaria del material que proveen una fuerte fijación de las fronteras de dominios en estos lugares. Este mecanismo, conocido como nucleación, se da en imanes de SmCo_5 . Un grano en proceso de nucleación se muestra en el diagrama (a).

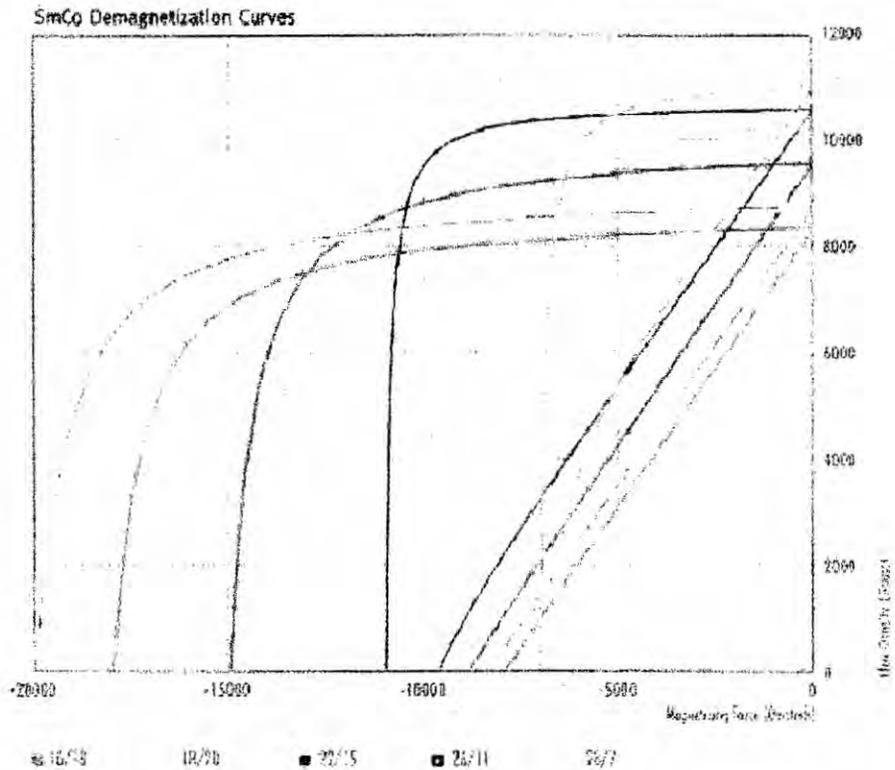
El $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ difiere de SmCo_5 en que sus granos contienen una estructura de pequeñas celdas como se ilustra en el diagrama (b). El tratamiento térmico de este compuesto promueve la formación de estas celdas de $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$, separadas por delgadas paredes de SmCo_5 que son las que proveen la fijación de las paredes de dominio.

La fijación, en lugar de la nucleación, es entonces el mecanismo de control en imanes de $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$, y mientras que este mecanismo provee una mayor coercividad intrínseca, debe aplicarse un campo mucho mayor para llevar inicialmente este material a su magnetización de saturación.

Ya sea un imán de tipo-nucleación SmCo_5 o de tipo-fijación $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$, es decir, ya sea que las paredes de dominio estén fijas a las fronteras de grano o de celda, se moverán bastante libremente una vez superadas estas fuerzas de fijación, y M_{sat} se invertirá en forma abrupta al alcanzar el campo aplicado el valor $-H_{\text{ci}}$, en una forma similar al comportamiento teórico derivado de la anisotropía magnetocristalina.

En la figura siguiente se muestran curvas de desmagnetización para diversos compuestos de SmCo . Los imanes de SmCo son generalmente muy caros para aplicaciones masivas. Se suelen utilizar en instrumental de laboratorio o especiales debido a sus excelentes propiedades de directividad.

FIGURA 2.35: Curvas de desmagnetización de los compuestos de SmCo



https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico

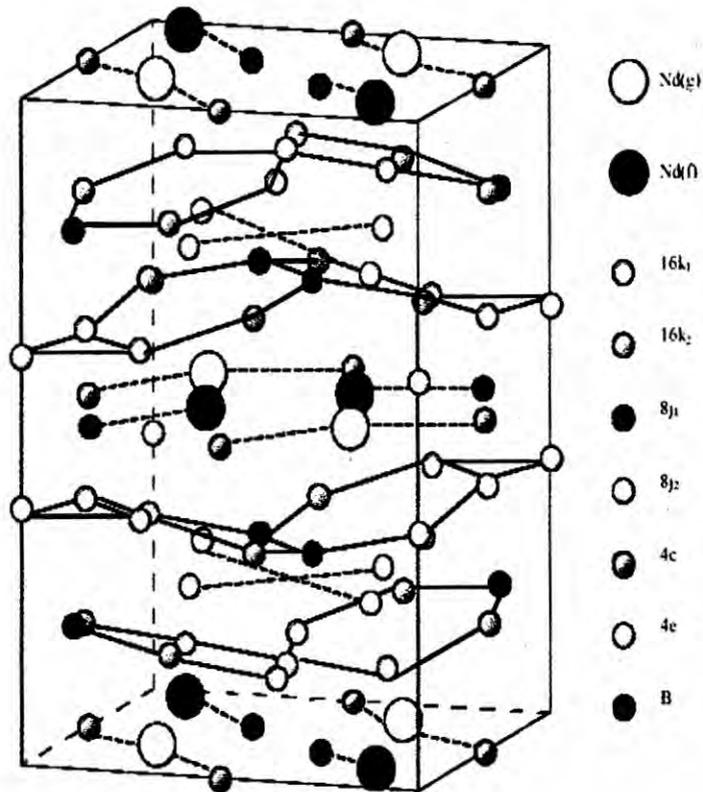
2.2.75.- (Neodimio-Hierro-Boro) Neodimiohierroboro

Luego del exitoso desarrollo de imanes de samario-cobalto, se trató de desarrollar imanes de tierras raras de menor costo. El hierro es un metal de transición mucho más barato que el cobalto, y el neodimio es una tierra rara liviana mucho más abundante que el samario. Diversas tierras raras X se combinaron con hierro en compuestos X_2Fe_{17} , pero todos presentaron temperaturas de operación muy bajas para propósitos prácticos. Una mejora significativa ocurrió con el descubrimiento de que el agregado de boro

formaba un compuesto ternario con fuerte anisotropía magnetocristalina uniaxial, y una mayor temperatura de operación.

Un compuesto de neodimio-hierro-boro de fórmula aproximada a $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ presentó la mejor combinación de propiedades magnéticas y térmicas. La estructura de la celda unitaria de este material se muestra en la figura siguiente y consiste de 68 átomos. 56 son de Fe, que ocupan sitios cristalográficamente no equivalentes denominados 16k1, 16k2, 8j1, 8j2, 4e y 4c.

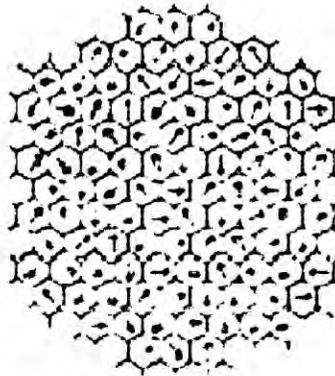
FIGURA 2.36: Estructura de la celda unitaria $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$



https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico

Los imanes comerciales de Nd-Fe-B vienen en muchas combinaciones de proporciones de Nd y Fe, lo que produce un amplio rango de propiedades disponibles. Hay diferentes métodos de producción de imanes de Nd-Fe-B. El sinterizado es similar a los ya vistos. El polvo se moldea en una estructura compacta anisótropa mediante compactación y sinterizado en un campo orientador.

FIGURA 2.37: Microestructura del NdFeB



https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico

Este proceso produce un imán de tipo nucleación en el que las fronteras de grano se componen de desviaciones ricas en Nd de la composición primaria $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, proveyendo la fijación de las fronteras de dominio.

Uno de los problemas de este método es que los granos de Nd-Fe-B son muy susceptibles de oxidarse en su superficie, lo que limita seriamente el tamaño de grano que puede obtenerse y hace muy difícil obtener en la práctica imanes útiles.

La oxidación de un material comienza en su superficie, y si no se usa ningún recubrimiento de protección, el oxígeno del ambiente se difundirá hacia dentro del material produciendo reacciones químicas y alterando sus propiedades magnéticas. Este proceso de difusión aumenta fuertemente con la temperatura. Otros fenómenos de corrosión involucran otros agentes que se difunden y producen reacciones químicas destructivas dentro del material.

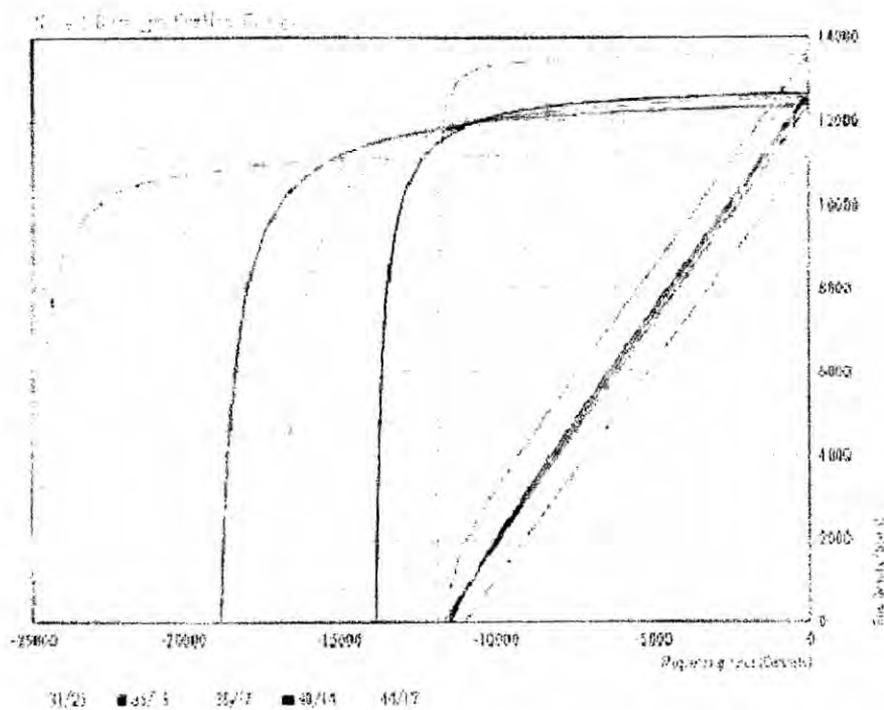
Desde el comienzo de la utilización técnica de los imanes, cuando el hierro era el material fundamental, se ha utilizado la pintura como recubrimiento protector. Se ha encontrado en los compuestos de Sm-Co que el cobalto dificulta el proceso de difusión del oxígeno y que el producto fundamental del proceso de oxidación es Sm_2O_3 . Por lo tanto se suele agregar cobalto en exceso de la cantidad estequiométrica del compuesto para mejorar el comportamiento frente a la oxidación. En el caso de los imanes de Nd-Fe-B la oxidación progresa selectivamente a lo largo de las fronteras de grano ricas en Nd. El compuesto más importante de este proceso es Nd_2O_3 . Se ha hallado que el agregado de Co al compuesto mejora la situación ya que el Co migra a las fronteras de grano y reduce la proporción de Nd pasible de oxidación.

Un proceso completamente diferente involucra el templado rápido de la aleación fundida de Nd-Fe-B , usando una técnica de "*melt-spinning*" para producir una cinta que luego es convertida en polvo. Mientras que una cinta obtenida por conformación mecánica produce partículas de polvo en forma de grandes placas, el templado rápido lleva a una microestructura extremadamente fina, nuevamente con fronteras de grano que se desvían de la composición primaria $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, aunque en mucha menor medida, que en el proceso de sinterizado. Sin embargo, este no es un imán de tipo-

nucleación, porque el polvo tiene una microestructura muy pequeña que se adecua al modelo de dominio único de las ferritas cerámicas.

Este proceso de fabricación produce imanes cuyo magnetismo permanente se basa en la anisotropía magnetocristalina, y requieren un fuerte campo aplicado para llevar inicialmente los granos del material a la magnetización de saturación.

FIGURA 2.38: CURVAS DE DESMAGNETIZACION



https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico

Curvas de desmagnetización del NdFeB correspondiente a imanes obtenidos por el método de sinterizado.

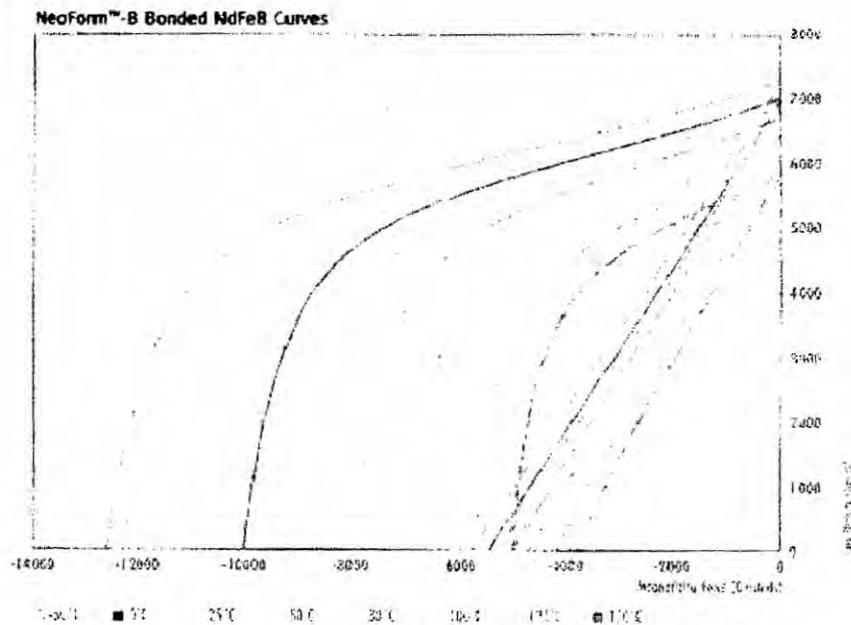
No es práctico moler el material a tamaño de mono-dominio, de forma que el polvo es inherentemente isótropo. Sin embargo, puede consolidarse en un imán compacto y anisótropo por la deformación plástica que ocurre en la compactación en caliente. La protección natural que esta la microestructura aporta a las fronteras de grano por la disminución de la cantidad no estequiométrica de Nd hace que el polvo sea muy estable respecto de la oxidación, de manera que es fácil fabricar imanes de cualquier forma por moldeo.

Hemos mencionado el problema de la oxidación en la preparación de polvo de Nd-Fe-B, de modo que también puede predecirse que absorbe hidrógeno con facilidad, lo que convierte al material en un polvo muy frágil y quebradizo. Esta característica facilita la conversión del material en polvo, y se ha convertido en la base del proceso llamado HDDR (por Hidrogenación, Desproporción, Desorción y Recombinación).

Este proceso también da al polvo de Nd-Fe-B una estructura ultrafina con granos de tamaño cercano al mono-dominio, y pueden obtenerse partículas de polvo de este tamaño.

El polvo de Nd-Fe-B preparado con la técnica HDDR es inherentemente isótropo, pero los imanes fabricados por compactación en caliente o moldeo son generalmente anisótropos debido a las condiciones de procesamiento y el agregado de aditivos que inducen un mayor grado de textura en la aleación.

FIGURA 2.39: Curvas de desmagnetización del NeoForm obtenidas por el método de moldeo cerámico.



https://es.wikipedia.org/wiki/Anisotrop%C3%ADa_magn%C3%A9tica

Los imanes de Nd-Fe-B fabricados con el proceso HDDR exhiben curvas características de desmagnetización con codos bien definidos de inversión de la magnetización. En la figura anterior se muestra curvas de desmagnetización para imanes compuestos de Nd-Fe-B obtenidos por el método de sinterizado, mientras que el que se muestra a continuación corresponde a imanes Neoform obtenidos por moldeo cerámico.

2.2.76.- Iman de neodimio.

Un **imán de neodimio** (también conocido como imán **NdFeB**, **NIB**, o **Neo**) es el tipo de imán de tierras raras más extensamente utilizado; se trata de un

imán permanente hecho de una aleación de neodimio, hierro y boro, combinados para formar un compuesto que cristaliza en el sistema cristalino tetragonal con la fórmula empírica $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Fue desarrollado en 1982 por la General Motors y la división de metales especiales de la Sumitomo Metal Industries. Los imanes de neodimio son los más poderosos tipos de imanes permanentes hechos por el hombre. Han reemplazado a otros tipos de imanes en muchísimas aplicaciones de la industria moderna que requieren imanes permanentes de gran poder; aplicaciones tales como la fabricación de motores en herramientas inalámbricas, discos duros, y sellos magnéticos.

2.2.77.- Descripción.

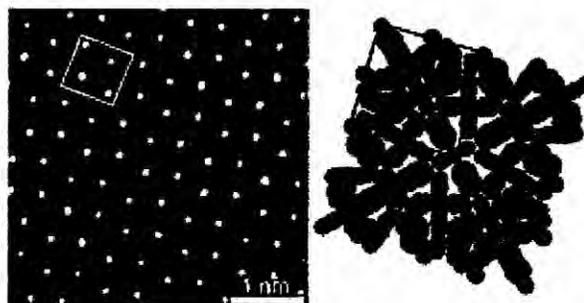
La estructura tetragonal de los cristales de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ posee una excepcional anisotropía magnética uniaxial ($H_A \sim 7$ teslas) esto le otorga al compuesto el potencial de poseer una altísima coercividad (resistencia a ser desmagnetizado). El compuesto también posee una alta saturación magnética ($J_s \sim 1,6$ T o 16 kG) que típicamente es de 1,3 teslas. Por lo tanto, como la máxima densidad de energía es proporcional a J_s^2 , esta fase magnética posee el potencial de almacenar grandes cantidades de energía magnética ($BH_{\text{max}} \sim 512$ kJ/m^3 or 64 $\text{MG}\cdot\text{Oe}$), la cual es considerablemente mayor que la de los imanes de samario-cobalto (SmCo), que fueron los primeros tipos de imanes de tierras raras en ser comercializados.

En la práctica, las propiedades magnéticas de los imanes de neodimio dependen de la composición de la aleación, microestructura y técnica de manufactura empleada.

2.2.78.- Historia y técnicas de manufactura.

En 1982, General Motors y Sumitomo Special Metals descubrieron el compuesto $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. El esfuerzo fue hecho principalmente debido al alto costo material de los imanes permanentes de SmCo , que habían sido desarrollados anteriormente. General Motors se enfocó en el desarrollo de los imanes nanocristalinos de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ hilados por fusión (melt spinning), mientras que Sumitomo desarrolló imanes de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ sinterizados de densidad completa. La General Motors Corporation comercializó sus inventos de polvo Neo isotrópico, y vinculó los procesos de producción de imanes Neo y procesos de producción relacionados fundando Magnequench en 1986. Magnequench es ahora parte de la compañía Neo Materials Technology Inc. y provee polvo de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ hilado por fusión a los fabricantes de imanes vinculados. La fábrica Sumitomo se ha vuelto parte de la corporación Hitachi y actualmente fabrica y da licencia a otras compañías para producir imanes de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ sinterizados. Hitachi tiene más de 600 patentes sobre imanes de neodimio.

FIGURA 2.40: Izquierda: Imagen tomada por microscopía electrónica de transmisión de alta resolución de un cristal de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$; derecha: estructura cristalina con una celda unitaria resaltada.



<https://es.wikipedia.org/wiki/Pulvimetalurgia>

El $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ sinterizado tiende a ser vulnerable a la corrosión. En particular, la corrosión a lo largo de los límites de grano puede causar el deterioro de un imán sinterizado. Este problema es atacado en muchos productos comerciales añadiendo una cubierta protectora. El plateado de níquel o el plateado de cobre níquel de dos capas es usado como un método estándar, aunque el plateado con otros metales o polímeros y cubiertas de laca protectora son usadas también.

2.2.79.- Producción.

Hay dos vías principales para la manufactura de imanes de neodimio:

- La metalurgia clásica de polvos, también llamada proceso de imanes sinterizados.
- La solidificación rápida, también llamada proceso de imanes ligados.

Los imanes de neodimio sinterizados se preparan fundiendo las materias primas en un horno, colando el material fundido en moldes y enfriándolo para formar lingotes. Luego se produce un polvo extremadamente fino a partir de estos lingotes. Este polvo es sometido más tarde a un proceso de sinterizado en fase líquida por medio del cual las partículas se alinean magnéticamente y se unen entre sí para formar bloques densos, los cuales son tratados termicamente, cortados con la forma deseada, sometidos a un tratamiento superficial para prevenir la corrosión, y magnetizados. Actualmente se producen entre 45.000 y 50.000 toneladas de imanes de neodimio sinterizados cada año. La mayor parte en China y Japón. A partir de 2011, China produce más de 95% de los elementos de tierras raras, y produce 76% de los imanes de tierras raras del mundo.

Los imanes de neodimio ligados se preparan a partir de una delgada cinta de aleación de Nd-Fe-B obtenida por medio de hilado por fusión. Esta cinta contiene granos de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ de escala nanométrica (nanogranos) aleatoriamente orientados. La cinta se pulveriza para producir pequeñas partículas, que son mezcladas con un polímero y la mezcla resultante es luego moldeada por inyección para formar imanes.⁶ Los imanes ligados ofrecen un flujo magnético menor que el de los imanes sinterizados, pero presentan la ventaja de que pueden ser moldeados en formas muy intrincadas y debido a que no son conductores de la electricidad, no presentan pérdidas significativas debidas a la formación de corrientes de Foucault. Se producen aproximadamente unas 5.500 toneladas de imanes de neodimio ligados cada año.

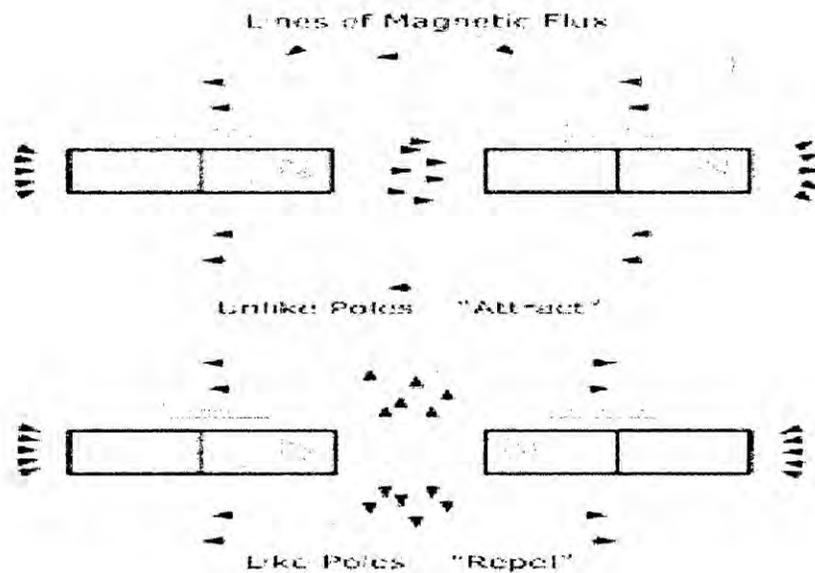
Adicionalmente, es posible utilizar las partículas nanocristalinas obtenidas del hilado por fusión para obtener imanes isotrópicos de alta densidad utilizando altas presiones y temperaturas, y luego aplicar un nuevo tratamiento térmico sobre estos imanes isotrópicos ya sea por forjado o extrusión para obtener imanes anisotrópicos de alta energía.

2.2.80.- Propiedades magnéticas.

Para comparar imanes permanentes se utilizan algunas propiedades importantes tales como: la remanencia (M_r), que mide la fuerza del campo magnético; la coercividad (H_{ci}), que mide la resistencia del material a ser desmagnetizado; el producto energético (BH_{max}), que mide la densidad de la energía magnética, y la temperatura de Curie (T_C), que es la temperatura a la cual un material pierde su magnetismo. Los imanes de neodimio poseen la mayor remanencia, una muy alta coercividad y producto energético, pero en cambio presentan una temperatura de Curie mucho más baja que otros tipos

de imanes. Para preservar las propiedades magnéticas de estos imanes a altas temperaturas usualmente se suele alea al neodimio con terbio y disprosio. La tabla que aparece a continuación compara el perfil de comportamiento de los imanes de neodimio con otros tipos de imanes permanentes.

FIGURA 2.41: LAS LÍNEAS DE FUERZA DEL CAMPO MAGNÉTICO



<https://es.wikipedia.org/wiki/Disprosio>

Tipo de imán	M_r (T)	H_{ci} (kA/m)	BH_{max} (kJ/m ³)	T_c (°C)
Nd ₂ Fe ₁₄ B (sinterizado)	1,0–1,4	750–2000	200–440	310–400
Nd ₂ Fe ₁₄ B (ligado)	0,6–0,7	600–1200	60–100	310–400
SmCo ₅ (sinterizado)	0,8–1,1	600–2000	120–200	720

Sm(Co, Fe, Cu, Zr) ₇ (sinterizado)	0,9– 1,15	450–1300	150–240	800
<u>Alnico</u> (sinterizado)	0,6–1,4	275	10–88	700– 860
Sr- <u>ferrita</u> (sinterizado)	0,2–0,4	100–300	10–40	450

2.2.81.- Propiedades mecánicas y físicas

Comparación de las propiedades físicas de los imanes de neodimio y Sm-Co sinterizados.

Propiedad	Neodimio	Sm-Co
<u>Remanencia</u> (T)	1–1,3	0,82–1,16
<u>Coercividad</u> (MA/m)	0,875–1,99	0,493–1,59
<u>Permeabilidad magnética</u>	1,05	1,05
Coeficiente de remanencia/temperatura (%/K)	-0,12	-0,03
Coeficiente de coercividad/temperatura (%/K)	-0,55..-0,65	-0,15..- 0,30
<u>Temperatura de Curie</u> (°C)	320	800
<u>Densidad</u> (g/cm ³)	7,3–7,5	8,2–8,4
<u>CET</u> , sobre la dirección de magnetización (1/K)	5.2×10^{-6}	5.2×10^{-6}
<u>CET</u> , normal a la dirección de magnetización (1/K)	-0.8×10^{-6}	11×10^{-6}
<u>Resistencia a la flexión</u> (N/mm ²)	250	150
<u>Resistencia a la compresión</u> (N/mm ²)	1100	800
<u>Resistencia a la tracción</u> (N/mm ²)	75	35
<u>Dureza Vickers</u> (HV)	550–650	500–550
<u>Resistividad</u> (Ω·cm)	(110– 170)×10 ⁻⁶	86×10^{-6}

2.2.82.- Riesgos.

La enorme fuerza ejercida por los imanes de tierras raras han creado riesgos que no se habían visto para otros tipos de imanes. Incluso imanes de neodimio apenas un poco más grandes que un par de centímetros cúbicos son lo suficientemente poderosos como para causar graves lesiones a cualquier parte del cuerpo que quede pinzada entre dos imanes, o entre un imán y una superficie metálica, pudiendo provocar hasta fracturas. Si accidentalmente una persona queda atrapada entre dos imanes, o entre un imán y una superficie metálica, la reacción natural de esta persona es tratar de liberar el miembro o la parte corporal atrapada. Sin embargo, debido a que esto en general hace que el espacio entre los dos magnetos se reduzca, la fuerza de pinzamiento generada entre ellos puede llegar a hacerse peligrosamente grande. De ser posible, la persona debería tratar de soportar el dolor y hacer lo que esté a su alcance para aumentar la distancia entre los imanes (o por lo menos prevenir que se sigan acercando), y recién después tratar de retirar el miembro atrapado. Los profesionales que trabajan con tales imanes suelen incluir cuñas de bronce como parte habitual de sus herramientas.

Imanes librados a su suerte, pueden chocar unos contra otros con fuerza suficiente como para astillarse y provocar una lluvia de astillas volando a gran velocidad que pueden causar serias lesiones. Ha habido incluso casos de niños que habiéndose tragado varios imanes de neodimio, han sufrido severas lesiones y hasta la muerte al quedar dos o más asas de su tracto gastrointestinal atrapadas entre los imanes. Los fuertes campos magnéticos pueden ser peligrosos para dispositivos mecánicos o electrónicos, como así también pueden provocar la pérdida de datos en dispositivos de almacenamiento magnéticos tales como floppy disks y tarjetas de crédito, y

magnetizar relojes y otros mecanismos de relojería como así también crear sombras fantasma en monitores TRC a grandes distancias.

2.2.83.- Aplicaciones.

En tecnología

FIGURA 2.42: forma de anillo. FIG. 2.43: forma, esferas cubiertas de níquel.



<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrita>

Los imanes de neodimio han reemplazado a los tradicionales imanes de alnico y ferrita en muchas de las miles de aplicaciones que tienen en la tecnología moderna, allí donde se requiera poderosos imanes permanentes para una determinada aplicación. Esto es debido a que su gran potencia permite el uso de piezas mucho más pequeñas y livianas. Algunos ejemplos:

- Actuadores para las cabezas de lectura de discos duros
- Producción de imágenes por resonancia magnética nuclear (MRI)
- Pastillas para guitarras eléctricas.
- Altavoces y auriculares
- Motores eléctricos
 - Herramientas inalámbricas
 - servomotores

- motores síncronos
- motores paso a paso
- Motores para automóviles tanto híbridos como eléctricos. El motor eléctrico de cada Toyota Prius requiere de 1 kilogramo de neodimio para su fabricación.⁷
- generadores eléctricos para turbinas de viento; hasta 600 kg de materia prima por megawatt (se estima que el contenido de neodimio es de 31% del peso del imán).
- La demanda para el neodimio en vehículos eléctricos se estima que es 5 veces mayor que en turbinas de viento.

2.2.84.- Otras aplicaciones.

Además, la mayor fuerza de los imanes de neodimio ha inspirado nuevas aplicaciones en áreas donde los imanes no eran usados anteriormente, tales como broches de joyería magnéticos, conjuntos de construcción magnéticos para niños (y otros juguetes de imanes de neodimio) y como parte del mecanismo de cierre del equipo moderno de paracaidismo deportivo.

La fuerza y la homogeneidad del campo magnético en los imanes de neodimio ha abierto también nuevas aplicaciones en el campo médico con la introducción de escáneres de imagen por resonancia magnética (MRI) usados para visualizar el cuerpo en departamentos de radiología como una alternativa a los imanes superconductores que usan una bobina de alambre superconductor para producir el campo magnético. Como con la mayoría de los imanes basados en sólidos, el gradiente del campo magnético de los imanes de neodimio disminuye hacia los centros de sus superficies, así que hay una fuerza que atrae objetos metálicos a los bordes.

En los siguientes casos, recomendamos especialmente el uso de imanes de ferrita:

- Presupuesto reducido
- Temperaturas altas (80-250 °C)
- Uso en exteriores
- Necesidades estéticas reducidas

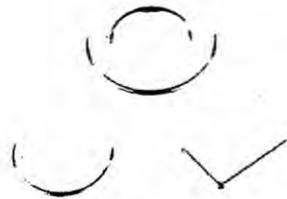
En los siguientes casos, recomendamos especialmente el uso de imanes de neodimio:

- Necesidad de una gran fuerza de sujeción
- Espacio limitado (miniaturización)
- Necesidad de peso reducido
- Decoración/regalo (revestimiento elegante)

FIGURA 2.44: Imanes de ferrita



FIGURA 2.45: Imanes de neodimio



<https://www.supermagnete.de/spa/imanes-supermagnete-imanes-potentes-neodimio>

2.2.85.- Propiedades del neodimio y la ferrita.

☆☆☆ = bueno

☆☆ = medio

☆ = malo

	Ferrita	Neodimio
Fuerza de sujeción por volumen		
Precio		
Estabilidad en el precio		
Resistencia a la temperatura		
Uso en exteriores/corrosión		
Fragilidad		
Pérdida de fuerza de sujeción con el tiempo		
Tolerancia estándar		
Transporte sencillo		
Intensidad de campo coercitivo		
Estética		
Peligros para niños (ingestión)		
Peligros para dispositivos		

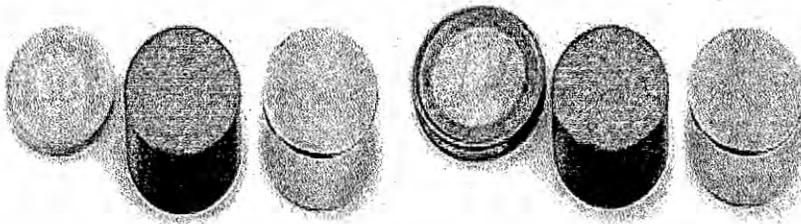
Información breve sobre las propiedades de los imanes

2.2.86.- Fuerza de sujeción por volumen.

Los imanes de ferrita son mucho más débiles que los imanes de neodimio del mismo volumen (véase ¿Son realmente los imanes Supermagnete "los imanes más fuertes del mundo"?). En consecuencia, el neodimio es el elemento adecuado en aquellos casos en que hay poco espacio a disposición y el producto final ha de ser lo más ligero posible (miniaturización).

Mismo volumen, fuerza de sujeción diferente:

Artículo	Volumen	Fuerza de sujeción	Peso
<u>S-20-10-N</u>	3,14 cm ³	11 kg	24 g
<u>FE-S-20-10</u>	3,14 cm ³	1,4 kg	15 g



Volumen diferente, fuerza de sujeción similar:

Artículo	Volumen	Fuerza de sujeción	Peso
<u>R-27-16-05-N</u>	1,8 cm ³	8,3 kg	14 g
<u>FE-R-80-40-15</u>	56,5 cm ³	9,5 kg	270 g

2.2.87.- Precio.

Por un lado, la ferrita cuesta mucho menos que el material NdFeB; por el otro, un imán de neodimio cuenta, sin embargo, con una fuerza de sujeción entre 8 y 10 veces superior a la de un imán de ferrita del mismo tamaño. Si

se calculan los costes por cada kilogramo de fuerza de sujeción, los imanes de ferrita cuestan aprox. entre 2 y 3 veces menos que los imanes de neodimio. Esto es así especialmente en los imanes en forma de bloque o de aro y en las grandes cantidades (en el caso de imanes en forma de disco, el precio por cada kilogramo de fuerza de sujeción es similar para ambos materiales).

Sin embargo, las ventajas en cuanto al precio solo son interesantes en aquellos casos en que no importan ni el peso y ni las dimensiones, ya que un imán de ferrita es mucho más grande y pesado que un imán de neodimio con la misma fuerza de sujeción.

2.2.88.- Estabilidad en el precio.

Los imanes de ferrita experimentan muchas menos fluctuaciones en el precio que los imanes de neodimio, ya que para su fabricación no se emplean elementos de tierras raras.

2.2.89.- Resistencia a la temperatura.

Los imanes de ferrita se pueden emplear en temperaturas que van desde los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que la mayor parte de los imanes de neodimio pierde su magnetización de manera permanente cuando se ven sometidos a temperaturas superiores a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, las temperaturas inferiores a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ no afectan en absoluto a los imanes de neodimio.

Para más información, consulte [¿Qué temperatura máxima pueden soportar los imanes?](#)

2.2.90.- Uso en exteriores.

Los imanes de ferrita son muy resistentes a la corrosión y a las sustancias químicas, mientras que los imanes de neodimio no son adecuados para su uso en espacios exteriores.

2.2.91.- Fragilidad.

Los imanes de ferrita se pueden fragmentar si se ven sometidos a cargas fuertes en repetidas ocasiones. En cambio, los imanes de neodimio son extremadamente frágiles y se fragmentan fácilmente, lo que pueden causar lesiones al usuario o a las personas de alrededor.

Para más información, consulte las advertencias sobre la fragmentación.

2.2.92.- Pérdida de fuerza de sujeción.

Ni los imanes de ferrita ni los de neodimio pierden su magnetización de manera espontánea con el paso del tiempo. Solo las influencias externas, como el calentamiento o los campos magnéticos externos muy intensos pueden provocar la desmagnetización.

2.2.93.- Tolerancias estándar.

Los imanes de neodimio cuentan siempre con una tolerancia de +/- 0,1 mm. El caso de los imanes de ferrita es más complejo: la altura cuenta con una tolerancia estándar de +/- 0,1 mm, la anchura y la longitud, por su parte, de un 2%, pero como mínimo 0,1 mm.

2.2.94.- Transporte.

Los imanes de ferrita pequeños cuentan más bien con un campo magnético débil y

se pueden proteger de una manera relativamente fácil; los imanes de neodimio, en cambio, se deben proteger con sumo esmero antes de enviarlos.

Para más información, consulte ¿Puedo enviar imanes por flete aéreo?.

Los imanes de neodimio y de ferrita siempre deben ser transportados con una distancia de, al menos, 22 mm (nosotros recomendamos 30 mm) ya que, de lo contrario, los imanes de ferrita pueden desmagnetizarse o sus polos pueden invertirse debido a la influencia de los imanes de neodimio (véase tabla inferior).

2.2.95.- Campo coercitivo.

Los imanes de ferrita pueden desmagnetizarse o sus polos pueden invertirse debido a la influencia de imanes de neodimio más potentes.

Las distancias mínimas entre los diferentes imanes se deben respetar durante el uso, el almacenamiento y el transporte:

	Ferrita	Neodimio	AlNiCo	Láminas y cintas
Ferrita	-	22 mm	0 mm	0 mm
Neodimio	22 mm	-	43 mm	30 mm
AlNiCo	0 mm	43 mm	-	0 mm
Láminas y cintas	0 mm	30 mm	0 mm	-

2.2.96.- Estética

Los imanes de ferrita no están revestidos y presentan un color gris oscuro poco elegante que deja manchas debido a la fricción. Así pues, los imanes de ferrita no son adecuados para su uso en prendas de vestir, p. ej. como soportes de etiquetas identificativas.

Los imanes de neodimio, por su parte, presentan un color plateado elegante gracias a su revestimiento de níquel-cobre-níquel y no suelen perder su color haciendo un uso normal de los mismos. Por ello, son ideales como elementos decorativos o como regalo.

FIGURAS 2.46: IMANES CON MANCHAS Y BORDES DETERIORADOS

Manchas en un imán de ferrita



Bordes deteriorados en imán de ferrita



<https://www.supermagnete.de/spa/faq/Que-temperatura-maxima-pueden-soportar-los-imanos>

2.2.97.- Peligros para niños.

Los imanes de ferrita potentes son bastante grandes y, en consecuencia, es más difícil que los niños se los traguen. Los imanes de neodimio del mismo tamaño cuentan con una magnetización mucho mayor, por lo que pueden llevar a complicaciones graves en caso de ingestión.

2.2.98.- Peligros para dispositivos.

Los imanes pueden mermar el funcionamiento de dispositivos eléctricos como marcapasos o audífonos. Los imanes de ferrita son menos potentes que los de neodimio, por lo que es relativamente seguro emplearlos cerca de estos dispositivos. Sin embargo, se recomienda respetar una distancia de seguridad determinada en ambos tipos de imanes.

2.3.- Marco Conceptual

En este punto explicaremos los dispositivos que se emplean en el Automóvil eléctrico, especialmente el motor Magnético, los imanes y las baterías.

La electrónica como una de las ciencias más aplicables en el mundo actual, la que hace del mundo, un mundo de mayores comodidades entre la gente, ya que a la vez, la electrónica es una de las áreas de la ciencia que más ha evolucionado en los últimos tiempos. La complejidad de algunos de sus componentes nos llevaría a dedicarle al tema más de un manual en forma exclusiva. Pero no es la intención de éste, formar a expertos en Mecatrónica, sino dotarlos de los conocimientos básicos y necesarios para solucionar los problemas más comunes que se pueden encontrar en nuestra realidad, en nuestra sociedad, en nuestro país.

2.3.1.- Teoría cuántica.

De 1913 a 1925 se desarrolló la "vieja mecánica cuántica". Bohr cuantizó el átomo de Rutherford y se empezó a entender bien la estructura de la materia. En 1921, Compton propuso que el electrón posee un espín intrínseco (gira sobre sí mismo) y momento magnético, además de su momento angular orbital y su magnetización. Esto fue probado en 1925 por S. Goudsmit y G. E. Uhlenbeck, quienes demostraron que el espín del electrón es:

$$\frac{\hbar}{2}; \text{ Siendo: } \hbar = \frac{h}{2\pi}; h = \text{Constante de Planck}$$

Al momento magnético le asignaron el doble del esperado para una partícula cargada girando. En 1896 Zeeman mostró que las líneas espectrales se podían descomponer en conjuntos, llamados multipletes, si los átomos emisores se sujetan a campos magnéticos intensos. La teoría del electrón de Lorentz dio una explicación razonable de este efecto. Sin embargo, el efecto Zeeman anómalo ya no pudo ser explicado de la misma manera. En él se observó que las líneas D del sodio, en presencia de un campo magnético fuerte, se partían en cuartetos y multipletes mayores. Landé, al estudiar el efecto Zeeman anómalo, introdujo el famoso factor g y Goudsmit y Uhlenbeck le asignaron un factor de $g = 2$ al espín del electrón para que concordaran los resultados. Este factor de dos sólo se entendió bien algunos años más tarde cuando Dirac unió la teoría de la relatividad con la mecánica cuántica.

2.3.2.- El espín.

La mecánica cuántica se desarrolló muy rápidamente. En 1923 De Broglie introdujo la mecánica ondulatoria: el electrón no es simplemente una partícula, sino que también tiene características de onda. En 1926 aparece la ecuación de onda debida principalmente a E. Schrödinger y equivalente a la ecuación de movimiento de la mecánica clásica de Newton. Mientras tanto, W. Heisenberg y H. A. Kramers probaron que se podría escribir esta mecánica en forma matricial y Max Born y Norbert Wiener colaboraron en demostrar que a cada cantidad física le corresponde un operador. La conexión entre teoría cuántica y mecánica estadística surge desde la cuantización de la radiación hecha por Planck en 1900.

La mecánica cuántica incluye el llamado principio de incertidumbre de Heisenberg que limita nuestro poder de información. Cuando estamos en el mundo microscópico, donde la constante de Planck se vuelve importante, no podemos conocer exactamente la posición y la velocidad de una partícula en forma simultánea. Precisar una implica perder precisión en la otra. En 1927 Pauli inventó las matrices de espín y su principio de exclusión.

Simultáneamente al desarrollo de la mecánica cuántica, Hartree, Fock, Heiter, London, Slater y muchos otros hacían cálculos atómicos y moleculares como una de las aplicaciones de la nueva ciencia. Para 1930, fecha del famoso congreso de Solvay sobre magnetismo, ya se habían sentado las bases de la teoría moderna de la materia y sus propiedades.

En 1921 Arthur Compton, un joven físico estadounidense quien trabajaba con Rutherford en Cambridge, tuvo la idea de que el electrón debería poseer un momento angular intrínseco o espín y por lo tanto actuar como un imán. Este

espín no se debe confundir con el momento magnético que se produce al orbitar un electrón alrededor de un núcleo, el cual, además, era conocido. Compton tenía una base para proponer el espín, pues diversos experimentos no podían ser explicados de manera satisfactoria. Uno de ellos, el llamado experimento de Einstein-de Hass (1915) mostró que el factor de Landé o razón giromagnética valía 2 en vez de 1 como la teoría predecía. Esta razón giromagnética mide la razón entre el momento magnético y la componente del momento angular en una dirección. Para medirlo, se suspende una barra magnética de una fibra de cuarzo y se magnetiza pasando corriente por un alambre enredado en ella. De esta forma la barra adquiere un momento magnético y un momento angular que se determina por medio de la rotación angular de la fibra de cuarzo.

Además de este experimento, existían otros, tales como el efecto Zeeman anómalo, que estaban en desacuerdo con la teoría en boga. En 1925, Wolfgang Pauli investigó el problema de por qué las líneas del espectro de los metales alcalinos no eran singuletes como lo predecía la teoría de Bohr sino un doblete, o sea, había dos líneas en vez de una. Esto podía ser explicado si se suponía que el electrón podía existir en dos estados. Sin embargo, el experimento crucial que mostró la existencia del espín fue realizado por Otto Stern y Walter Gerlach en 1921. En su clásico experimento, un haz de átomos monovalentes, como el hidrógeno, el litio o la plata, viajaban a lo largo de un eje atravesando un campo magnético perpendicular a dicho eje. Había gradientes muy grandes, ya que el campo era inhomogéneo. En sus experimentos, Stern y Gerlach estudiaron la división del haz de átomos en el estado base y en estados excitados. Se esperaba que en el estado base no hubiera división, pero se encontró que el haz se dividía en dos componentes. El análisis mostró que este efecto podía ser consecuencia del electrón en la parte más externa del átomo. La

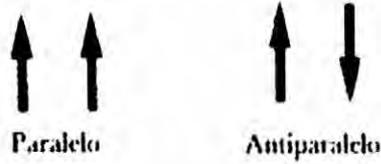
proyección del momento magnético del estado base podía tomar, pues, dos valores. Esto condujo a G. Uhlenbeck y S. Goudsmit a introducir la hipótesis que un electrón posee un momento angular intrínseco en adición a su momento angular orbital. Uhlenbeck y Goudsmit, quienes por cierto no recibieron el premio Nobel, mostraron que los multipletes espectrales podían ser explicados con esta hipótesis, introduciendo el espín s que podía tomar dos valores: $+1/2$ ó $-1/2$ de tal forma que el momento angular intrínseco del electrón era: $+\hbar/2$ ó $-\hbar/2$. Además, se podía explicar el valor de dos para el factor de Landé en el experimento de Einstein-de Hass.

El concepto de espín electrónico apareció al principio como una hipótesis extra que debía ser agregada al resto de la teoría cuántica. Se pensaba que el espín podía ser tratado en forma análoga a un trompo girando sobre su eje. Debe enfatizarse, sin embargo, que no existe una teoría clásica rigurosa del espín.

La culminación de estos estudios fue la formulación por Dirac de su famosa ecuación dinámica, la cual incluye el espín electrónico y la relatividad especial. En su teoría, las propiedades del espín se obtienen en forma natural de la misma y no se necesitan hipótesis adicionales.

No se puede subestimar la influencia del espín en la física moderna.

Puede afirmarse que éste es uno de los conceptos centrales de esta ciencia, y tanto en la física cuántica como en los fenómenos cooperativos ha jugado un papel fundamental para entender una gran diversidad de fenómenos.



Las flechas representan espines paralelos y antiparalelos

2.3.3.- Ecuaciones de maxwell.

Las Ecuaciones de Maxwell surgen de la teoría electromagnética y son el resumen de esta teoría desde un punto de vista macroscópico. Estas ecuaciones tienen la forma más general:

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{D} &= \rho, \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0, \\ \vec{\nabla} \times \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial D}{\partial t}.\end{aligned}$$

Y son, por tanto, un total de ocho ecuaciones escalares (tres para cada uno de los rotacionales de los campos eléctrico y magnético y una para las divergencias).

2.3.4.- Parámetros presentes.

Los parámetros que intervienen en la formulación de las ecuaciones de Maxwell son los siguientes:

- \vec{E} - Campo eléctrico existente en el espacio, creado por las cargas.
- \vec{D} - Campo dieléctrico que resume los efectos eléctricos de la materia.

- \vec{B} - Campo magnético existente en el espacio, creado por las corrientes.
- \vec{H} - Campo magnético que resume los efectos magnéticos de la materia.
- ρ - Densidad de cargas existentes en el espacio.
- \vec{J} - Densidad de corriente, mide el flujo de cargas por unidad de tiempo y superficie y es igual a $\vec{J} = \rho \vec{v}$.
- ϵ - Permitividad eléctrica, característica de los materiales dieléctricos.
- μ - Permeabilidad magnética, característica de los materiales paramagnéticos.

2.3.5.- Significado Físico

Cuando Maxwell resumió la teoría electromagnética de su época en sus ecuaciones escribió las siguientes ecuaciones:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon},$$

que no es nada más que la ley de Gauss, que se reduce a la ley de Coulomb para cargas puntuales.

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0,$$

que no tiene nombre y expresa la inexistencia de monopolos magnéticos en la naturaleza, es decir, esta es la explicación de que al romper un imán obtengamos dos imanes, y no dos medio-imanes.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t},$$

Que es la expresión diferencial de la ley de Faraday.

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu \vec{J},$$

Que es la ley de Ampère. Sin embargo encontró que esta última ecuación, juntamente con la ley de Faraday, conducían a un resultado que violaba el principio de conservación de la carga, con lo cual decidió modificarla para que no violase este principio dándole la forma

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu \vec{J} + \mu \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t},$$

Que ahora se conoce como ley de Ampère modificada. El término introducido recibe el nombre de corriente de desplazamiento.

Sin embargo estas ocho ecuaciones no son suficientes para resumir todo el conocimiento de la electrodinámica clásica, nos hace falta una ecuación más, esa es la expresión de la fuerza de Lorentz:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}).$$

2.3.6.- Teoremas de conservación.

De las ecuaciones de Maxwell surgen de modo natural teoremas de conservación de la carga, la energía, el momento lineal y el momento angular.

La ecuación de conservación de la carga se expresa mediante:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0.$$

La ecuación de conservación de la energía toma la forma:

$$\frac{\partial u_{mec} + u_{e-m}}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{S} = 0,$$

Donde $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ es el vector de Poynting.

La ecuación de conservación del momento lineal es:

$$\frac{\partial \vec{P}_{mec} + \vec{P}_{e-m}}{\partial t} - \vec{\nabla} \cdot \mathbf{T} = 0,$$

Donde \mathbf{T} es el tensor de tensiones de Maxwell con componentes

$$T_{ij} = \epsilon_0 \left(E_i E_j - \frac{1}{2} E^2 \delta_{ij} \right) + \frac{1}{\mu_0} \left(B_i B_j - \frac{1}{2} B^2 \delta_{ij} \right).$$

2.3.7.- Obtención de las ecuaciones de maxwell.

Históricamente las ecuaciones de Maxwell se obtuvieron a partir de leyes empíricas que se fueron generalizando de un modo inteligente hasta llegar al conocimiento actual de la interacción electromagnética desde el punto de vista clásico. Sin embargo es posible obtener las ecuaciones de Maxwell desde un punto de vista más teórico: la teoría de la relatividad.

Podemos definir el cuadrivector potencial (se podría demostrar que éste se transforma como un cuadrivector) como:

$$\mathbf{A} = (\phi, \vec{A}),$$

Y definir el tensor electromagnético como:

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu = -F_{\nu\mu},$$

$$\partial_0 = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t}$$

Recorriendo los índices μ, ν los índices 0, 1, 2 y 3 y siendo

Con todo esto el tensor electromagnético queda de la forma

$$F = \begin{pmatrix} 0 & -E_x & -E_y & -E_z \\ E_x & 0 & B_z & -B_y \\ E_y & -B_z & 0 & B_x \\ E_z & B_y & -B_x & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{j} = (\rho, \vec{J})$$

Podemos definir también el cuadrivector corriente (aquí se usa el convenio según el cual los índices repetidos están sumados) de forma que

las ecuaciones de Maxwell se recuperan mediante la ecuación $\partial_\mu F^{\mu\nu} = -j^\nu$.

2.3.8.- Aplicabilidad

Las ecuaciones de Maxwell constituyen un pilar básico de la teoría electromagnética ya que por ahora se demostraron como válidas siempre. Esto es debido a que la teoría electromagnética siempre fue, sin saberlo, una teoría relativista.

De hecho, cuando se estudia desde el punto de vista cuántico estas ecuaciones sólo deben ser revisadas para tener en cuenta el carácter discreto de los fotones, pero cuando tenemos gran cantidad de ellos podemos aplicar los resultados continuos sin ningún problema.

Las ecuaciones de Maxwell en forma diferencial son:

Las ecuaciones de Maxwell son un total de ocho ecuaciones escalares (tres para cada uno de los rotacionales de los campos eléctrico y magnético y una para las divergencias).

Maxwell reescribió estas ecuaciones integrales en forma diferencial haciéndolas compatibles. De este modo apareció la llamada **corriente de desplazamiento** definida como

$$\vec{J}_D = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Entonces las ecuaciones en el sistema internacional (de forma diferencial) son:

- **Ley de Gauss:** $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$,

- ✓ \vec{E} - Campo eléctrico existente en el espacio, creado por las cargas.
- ✓ ρ - Densidad de cargas existentes en el espacio.
- ✓ ϵ - Permitividad eléctrica, característica de los materiales dieléctricos.

- **Ley de Faraday:**

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t},$$

- ✓ \vec{B} - Campo magnético existente en el espacio, creado por las corrientes.

- **Ley de Gauss para el campo magnético:**

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0,$$

- ✓ Esta ley expresa la inexistencia de monopolos magnéticos en la naturaleza, es decir, esta es la explicación de que al romper un imán obtengamos dos imanes, y no dos medio-imanes.

- **Ley de Ampère-Maxwell:**

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu \vec{J},$$

- ✓ μ - Permeabilidad magnética, característica de los materiales paramagnéticos.
- ✓ \vec{J} - Densidad de corriente, mide el flujo de cargas por unidad de tiempo y superficie y es igual a $\vec{J} = \rho \vec{v}$.

Que es la ley de Ampère. Sin embargo encontró que esta última ecuación, juntamente con la ley de Faraday, conducían a un resultado que violaba el principio de conservación de la carga, con lo cual decidió modificarla para que no violase este principio dándole la forma

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu \vec{J} + \mu \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t},$$

que ahora se conoce como ley de Ampère modificada o ley de Ampère-Maxwell. En la cual el término introducido es la **corriente de desplazamiento**.

Sin embargo estas ocho ecuaciones no son suficientes para resumir todo el conocimiento de la electrodinámica clásica, nos hace falta una ecuación más, esa es la expresión de la **fuerza de Lorentz**:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}).$$

Para **medios materiales** se definen los campos \vec{D} y \vec{H} gracias a los cuales las ecuaciones de Maxwell pueden expresarse de manera independiente al medio en el que están inmersos los campos.

Estos campos están relacionados con los campos eléctricos y magnéticos mediante las relaciones constitutivas (aquí se dan para medios isotrópicos homogéneos lineales):

$$\begin{aligned} \vec{D} &= \epsilon \vec{E} \\ \vec{H} &= \frac{\vec{B}}{\mu} \end{aligned}$$

- \vec{D} - Campo dieléctrico que resume los efectos eléctricos de la materia.
- \vec{H} - Campo magnético que resume los efectos magnéticos de la materia.

Las relaciones constitutivas para el vacío se definen como:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \quad \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$$

De este modo las ecuaciones de Maxwell quedan así:

- **Ley de Gauss:** $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$

- **Ley de Faraday:** $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

- **Ley de Gauss para el campo magnético:** $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

- **Ley de Ampère-Maxwell:** $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

Donde ahora ρ y \vec{J} corresponden a la carga y densidad de corriente *libres*, \vec{D} representa el vector desplazamiento eléctrico y \vec{H} el campo magnético. Esta versión de las ecuaciones es equivalente a la del vacío, pero para ser completas, deben ser suplementadas con relaciones constitutivas, propias de cada medio material:

- $\vec{D} = \vec{D}(\vec{E}, \vec{B})$

- $\vec{H} = \vec{H}(\vec{E}, \vec{B})$

- $\vec{J} = \vec{J}(\vec{E}, \vec{B})$

Cuando estamos en el vacío podemos suponer que no existen fuentes (es decir, que $\rho = 0$ y $\vec{J} = 0$) y las ecuaciones de Maxwell nos quedan de la forma:

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= 0, \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0, \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t},\end{aligned}$$

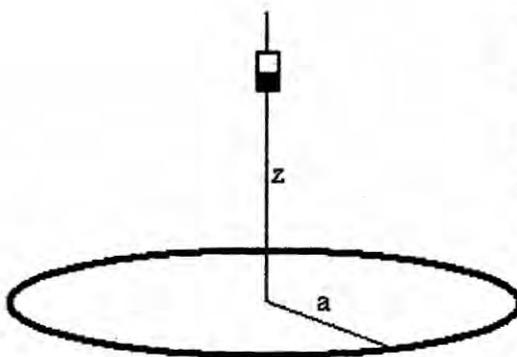
En este caso se puede demostrar que tanto el campo \vec{E} como el campo \vec{B} toman la forma de una ecuación de ondas con una velocidad igual a la velocidad de la luz, de donde Maxwell extrajo la hipótesis de que la luz no eran más que ondas electromagnéticas propagándose en el vacío.

$$1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = c$$

A partir de estas cuatro ecuaciones se deduce la óptica electromagnética.

2.3.9.- Movimiento vertical de un imán.

Cuando un imán se mueve a lo largo de su eje con velocidad constante. La corriente inducida no afecta al movimiento del imán.



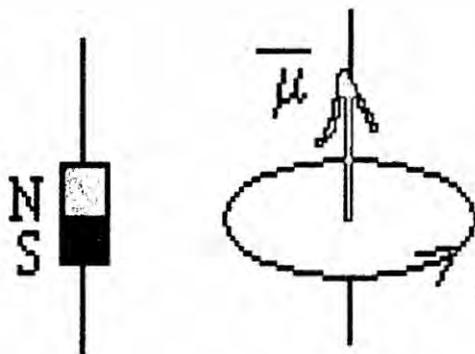
El imán se sitúa a cierta altura, se libera y cae bajo la acción de la gravedad hacia la espira a lo largo de su eje. Se originan corrientes inducidas en la espira que van a modificar el movimiento del imán, como veremos a continuación.

La espira va a tener una autoinducción no nula y esto hace cambiar la descripción del movimiento del imán.

2.3.10.- Fuerzas sobre el imán.

El campo magnético producido por una espira de radio a por la que circula una corriente eléctrica de intensidad I , en un punto z de su eje es

$$B_z = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{(z^2 + a^2)^{3/2}}$$

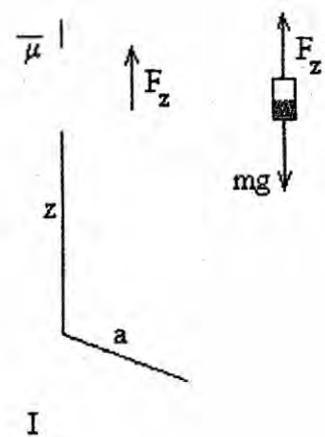
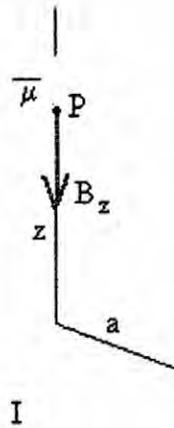


Consideramos el imán
como un dipolo de momento
 $\mu = \mu k$

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/espira/espira.html#Campo magnético producido por una corriente circular en un punto de su eje.](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/espira/espira.html#Campo%20magn%C3%A9tico%20producido%20por%20una%20corriente%20circular%20en%20un%20punto%20de%20su%20eje)

La energía potencial de un dipolo de momento magnético μ en un campo magnético B que tiene la dirección del eje Z es el producto escalar

$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu \cdot B_z$$



[http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/espira/espir_a.html#Campo magnético producido por una corriente circular en un punto de su eje.](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/espira/espir_a.html#Campo_magnético_producido_por_una_corriente_circular_en_un_punto_de_su_eje)

Como B es variable a lo largo del eje de la espira, el dipolo magnético experimenta una fuerza

$$F_z = -\frac{\partial U}{\partial z} = -\frac{3\mu\mu_0 I a^2}{2} \frac{z}{(z^2 + a^2)^{3/2}}$$

e I en la espira es negativa (en el sentido de las agujas del reloj) repulsiva (las corrientes se repelen si tienen sentido contrario y tienen el mismo sentido).

Aplicamos la segunda ley de Newton al movimiento del imán

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg - \frac{3\mu\mu_0 i a^2}{2} \frac{z}{(z^2 + a^2)^{5/2}}$$

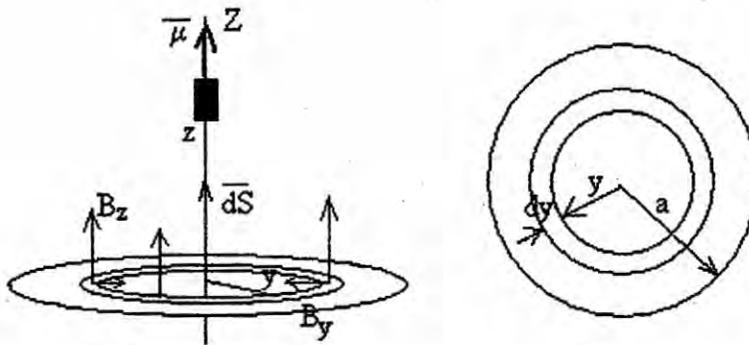
2.3.11.- Ecuación del circuito (espira)



Si consideramos que el imán es un dipolo magnético de momento magnético $\mu = i\pi a^2$, el campo magnético producido por el imán tiene la siguientes componentes. En la figura, se muestran las líneas de campo magnético producido por el imán.

$$B_y = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi r^3} \left(\frac{3yz}{r^2} \right)$$

$$B_z = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi r^3} \left(\frac{3z^2}{r^2} - 1 \right)$$



El flujo del campo producido por el imán a través de una espira de radio a es.

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \int_S (B_y \hat{j} + B_z \hat{k}) \cdot dS \hat{k} = \int_S B_z \cdot dS$$

Dado que el plano de la espira es perpendicular al eje Z , el flujo de la componente Y del campo es nulo.

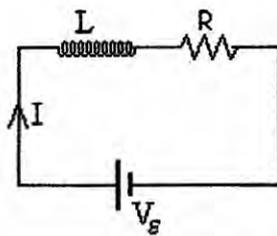
El elemento diferencial de superficie dS , es el área de un anillo de radio " y " y de espesor dy , su valor es $dS = 2\pi y \cdot dy$

$$\Phi = \int_0^a \frac{\mu_0 \mu}{4\pi r^3} \left(\frac{z^2}{r^2} - 1 \right) \cdot 2\pi y \cdot dy$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \left(3z^2 \int_0^a \frac{2y dy}{(\sqrt{y^2 + z^2})^5} - \int_0^a \frac{2y dy}{(\sqrt{y^2 + z^2})^3} \right) = \frac{\mu_0 \mu z^2}{2(z^2 + z^2)^{3/2}}$$

Aplicando la ley de Faraday

$$V_r = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Phi}{dz} \frac{dz}{dt} = \frac{3\mu_0\mu a^2}{2} \frac{z}{(a^2 + z^2)^{5/2}} \frac{dz}{dt}$$



La espira tiene una resistencia **R** y una autoinducción **L**. La espira es equivalente al circuito de la figura, cuya ecuación es

$$V_r - L \frac{dI}{dt} = IR$$

Recuérdese que la **AUTOINDUCCIÓN** actúa como una batería que se opone a los cambios en la corriente **I** de la espira.

$$L \frac{dI}{dt} + IR = \frac{3\mu_0\mu a^2}{2} \frac{z}{(a^2 + z^2)^{5/2}} \frac{dz}{dt}$$

2.3.12.- Balance energético.

Las energías del sistema formado por la espira y el imán son:

- Energía potencial del imán, (situando el nivel cero en el origen) es **mgz**
- Energía cinética, $\frac{1}{2}mv^2$
- Energía del campo magnético producido por la espira, $\frac{1}{2}LI^2$
- Energía por unidad de tiempo disipada en la resistencia, I^2R

Se deberá cumplir que

$$\frac{d}{dt} \left(mgz - \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}LI^2 \right) = -I^2R$$

Si la espira es un superconductor $R=0$, la suma de las tres clases de energía permanece constante.

2.3.13.- Solución de las ecuaciones del movimiento.

Para determinar el movimiento del imán tenemos que resolver un sistema de dos ecuaciones diferenciales acopladas, con las condiciones iniciales siguientes: en el instante $t=0$, la posición del imán es z_0 , su velocidad inicial es $dz/dt=v_0$ y la intensidad inicial en la espira es I_0 .

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg - \frac{3\mu\mu_0 I a^2}{2} \frac{z}{(z^2 + a^2)^{5/2}}$$

$$L \frac{dI}{dt} + IR = \frac{3\mu\mu_0 I a^2}{2} \frac{z}{(a^2 + z^2)^{5/2}} \frac{dz}{dt}$$

Escribimos las ecuaciones diferenciales en forma adimensional, definiendo las nuevas variables x , τ e i .

$$z = xa \quad t = \tau \sqrt{\frac{a}{g}} \quad I = \frac{mga^2}{\mu_0 \mu} i$$

El sistema de dos ecuaciones diferenciales en términos de las variables adimensionales x , τ e i , se escribe.

$$\frac{d^2 x}{d\tau^2} = -1 - \frac{3}{2} \frac{x}{(x^2 + 1)^{5/2}} i$$

$$\frac{di}{d\tau} + \frac{R}{L} \sqrt{\frac{a}{g}} i = \frac{(\mu\mu_0)^2}{mga^3 L} \frac{3}{2} \frac{x}{(x^2 + 1)^{5/2}} \frac{dx}{d\tau}$$

Definimos los parámetros α y β

$$\frac{d^2x}{d\tau^2} = -1 - \frac{3}{2} \frac{x}{(x^2+1)^{5/2}} i$$

$$\frac{di}{d\tau} = -\alpha i + \frac{3\beta}{2} \frac{x}{(x^2+1)^{5/2}} \frac{dx}{d\tau}$$

$$\alpha = \frac{R}{L} \sqrt{\frac{a}{g}} \quad \beta = \frac{(\mu\mu_0)^2}{mga^3 L}$$

El programa interactivo que viene a continuación, resuelve el sistema de dos ecuaciones diferenciales por el procedimiento de **Runge-Kutta**, con las siguientes condiciones iniciales, en el instante $\tau=0$, la posición inicial del imán es x_0 , y parte del reposo, su velocidad inicial $dx/d\tau=0$, la intensidad inicial en la espira $i_0=0$.

En función de las variables adimensionales x , τ e i , los distintos tipos de energía se escriben:

- **ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA**

$$mgz = -(mga)x$$

- **ENERGÍA CINÉTICA**

$$\frac{1}{2} m \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 = (mga) \frac{1}{2} \left(\frac{dx}{d\tau} \right)^2$$

- **ENERGÍA MAGNÉTICA**

$$\frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L \left(\frac{mga^2}{\mu_0 \mu} \right)^2 i^2 = (mga) \frac{1}{2} \frac{i^2}{\beta}$$

2.4.1.- Filosofía del electromagnetismo

El conocimiento científico de la relación entre electricidad y magnetismo dio lugar, inmediatamente, a aplicaciones tecnológicas importantes.

Éstas incluyen al telégrafo, con el que el hombre pudo comunicarse por medios eléctricos, y a las máquinas eléctricas, o sea, motores eléctricos y generadores de electricidad. De esta forma, el hombre tuvo a su disposición fuentes de corriente eléctrica de gran intensidad, hecho que cambió drásticamente la vida, dando lugar a una revolución en la forma de vida de la humanidad, cuyas consecuencias fueron la iluminación eléctrica y el teléfono, entre otras.

Por otro lado, la historia dio un vuelo inesperado. James Clerk Maxwell realizó una gran síntesis teórica de los trabajos de Ampère y Faraday sobre la electricidad y el magnetismo, lo que condujo al sorprendente descubrimiento de que la luz era de origen eléctrico y magnético.

Además, como consecuencia de la teoría que desarrolló predijo la existencia de las ondas electromagnéticas. Basado en el trabajo de sus antecesores, Maxwell construyó uno de los pilares de la física, comparable con la mecánica por Newton. Hemos de mencionar que la teoría electromagnética de Maxwell sirvió para el futuro desarrollo de la teoría de la relatividad de Einstein.

En otro orden de ideas y a principios del presente siglo, los trabajos de Marconi solamente había dado por resultado el telégrafo inalámbrico.

La necesidad de desarrollar la radiotelefonía precipitó el inicio de la electrónica moderna. De hecho, esta rama del electromagnetismo consolidó el importante papel de los laboratorios industriales. Una vez logrado el entendimiento fundamental de grandes novedades: La radio, que dominaría la vida humana durante varias décadas, y posteriormente la televisión, que tanta repercusión ha tenido.

2.4.2.- La ontología como disciplina diversa de la metafísica en el siglo XX

Dada la acepción cada vez más restringida que la ontología iba tomando, dentro de la **Neoescolástica** quedó como una investigación de las propiedades estáticas, y en algunos casos las propiedades trascendentales. De ahí que **Kant** pueda afirmar trasladando esta noción a su propia filosofía, que la ontología es el estudio de los conceptos a priori que residen en el entendimiento y tienen su uso en la experiencia, llevando la noción hacia un sentido más inmanente.

Husserl

Según **Husserl** la ontología es una ciencia de las **esencias** que puede ser formal o material. La primera se dedica a las esencias formales, es decir, a las propiedades de todas las esencias. Las ontologías materiales tratan de esencias materiales y se restringen según los modos de sus objetos. Por tanto, son llamadas también "ontologías regionales". Obviamente la ontología formal abarca todos los materiales e incluso las del ser.

Heidegger

Heidegger, quien estudiaría con Husserl en sus inicios, retoma la pregunta por el ser presente en la Metafísica aristotélica, realizando una crítica a la ontología de la tradición como "onto-teología", e intentando acercarse al ser por medio del ente que existe, el Ser-ahí, el cual podría entenderse como el ser humano. Desarrolla así una ontología originaria llamada "analítica de la existencia" que se encarga de descubrir "la constitución del ser de la existencia". La ontología se refiere entonces a las condiciones de posibilidad de las existencias o al ser mismo en su apertura originaria.

Además, insiste en diferenciar la **metafísica** de la ontología, alegando que son radicalmente distintas, pues la primera confunde ser con ente; mientras que la segunda, parte precisamente del hecho de que son diferentes.

Hartmann

Partiendo de una crítica de la noción de ontología como metafísica y con ella de toda la escolástica, **Hartmann** afirma que la ontología es en realidad la crítica que permite descubrir los límites de la metafísica y qué contenidos pueden ser considerados racionales o inteligibles.

2.4.3.- La epistemología

La **epistemología** (del griego ἐπιστήμη *epistémē*, "conocimiento", y λόγος *lógos*, "estudio") es la rama de la filosofía cuyo objeto de estudio es el conocimiento.

La epistemología, como teoría del conocimiento, se ocupa de problemas tales como las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a la obtención del conocimiento, y los criterios por los cuales se le justifica o invalida, así como la definición clara y precisa de los conceptos epistémicos más usuales, tales como verdad, objetividad, realidad o justificación. La epistemología encuentra ya sus primeras formas en la Grecia Antigua, inicialmente en filósofos como Parménides o Platón.

En Grecia, el tipo de conocimiento llamado *episteme* se oponía al conocimiento denominado doxa. La *doxa* era el conocimiento vulgar u ordinario del ser humano, no sometido a una rigurosa reflexión crítica. La *episteme* era el conocimiento reflexivo elaborado con rigor. De ahí que el término "epistemología" se haya utilizado con frecuencia como equivalente a "ciencia o teoría del conocimiento".

Por otro lado, las teorías del conocimiento específicas son también epistemología; por ejemplo, la epistemología científica general, epistemología de las ciencias físicas o de las ciencias psicológicas.

Un ejemplo de la diversidad teórica existente en la idea de epistemología en la actualidad lo constituyen las concepciones de Karl Popper y Jean Piaget. Para Popper el estatuto de la epistemología viene definido por tres notas: por el interés acerca de la validez del conocimiento (el estudio de la forma en

que el sujeto adquiere dicho conocimiento es irrelevante para su validez); por su desinterés hacia el sujeto del conocimiento (la ciencia es considerada sólo en cuanto lenguaje lógico estudiado desde un punto de vista objetivo), es decir, la epistemología se ocupa de los enunciados de la ciencia y de sus relaciones lógicas (justificación); y, por último, por poseer un carácter lógico-metodológico, es decir, normativo y filosófico. Sin embargo, para Piaget la epistemología se caracteriza por principios opuestos a los de Popper, ya que a la epistemología le interesa la validez del conocimiento, pero también las condiciones de acceso al conocimiento válido; de ahí que el sujeto que adquiere el conocimiento no sea irrelevante para la epistemología, sino que ésta debe ocuparse también de la génesis de los enunciados científicos y de los múltiples aspectos de la ciencia que trascienden la dimensión estrictamente lingüística y lógico-formal. La epistemología para Piaget tiene además un carácter fundamentalmente científico, es decir, teórico y empírico, no metodológico y práctico.

La primera frontera, imprecisa es la que mantienen los conceptos de epistemología y teoría del conocimiento. La relación de la epistemología con la teoría del conocimiento sería la que hay entre la especie y el género, siendo la epistemología la especie, ya que trata de una forma específica de conocimiento: el conocimiento científico. Sin embargo, esta diferencia desaparece entre los neopositivistas y empiristas lógicos, para quienes sólo merece el nombre de "conocimiento" el conocimiento científico, y que califican a cualquier otro pretendido conocimiento de "juego de palabras sin alcance cognoscitivo" (R. Carnap). Sí, en cambio, opinan que tiene sentido hablar de distintos tipos de conocimiento quienes han afirmado procedimientos de conocimiento diferentes a los de la ciencia, como los sentimientos o la intuición. Algunos han propuesto el camino de dirigir las facultades humanas en dirección de "la intuición de las esencias", fundando

así una ciencia fenomenológica más allá de la ciencia factual. Hay que reconocer que, aun admitiendo la distinción entre teoría del conocimiento y epistemología, no siempre es posible efectuar tal distinción, ya que la palabra "epistemología" se impone por su mayor sencillez de sustantivo. Para obviar la dificultad se ha creado la palabra gnoseología, pero este neologismo no ha llegado a arraigar y su uso se ha considerado pedante, rancio y escolástico.

La segunda delimitación, terminológica frágil es la que se establece entre epistemología y filosofía de la ciencia, debido a la elasticidad de esta última expresión. Si se toma en un sentido amplio, la epistemología sería uno de los capítulos de la filosofía de la ciencia, una forma de practicarla, consistente en el análisis lógico del lenguaje científico. Para salvar las diferencias entre ambas nociones, algunos autores intentan desligar a la epistemología de toda relación con la **filosofía** y evitan usar esta última palabra al ser partidarios del conocimiento científico como la única forma de conocimiento. Sin embargo, aunque se intente limitar el término a lo que es propiamente reflexión sobre la ciencia, no puede desprenderse por completo de una determinada filosofía. En primer lugar, porque buena parte de las epistemologías actuales, como las de Meyerson, Cassirer, Brunschvicg, Eddington, Bachelard y Gonseth, han permanecido estrechamente asociadas a una filosofía; en segundo lugar, porque sobre las epistemologías regionales subsisten problemas de epistemología general que, seguramente, pueden ser tratados por el sabio, pero que sobrepasan su privilegiada competencia de especialista; por último, las epistemologías internas y regionales difícilmente pueden dejar de tratar problemas que podrían calificarse de paracientíficos, por el hecho de que continúan siendo el motivo de separación de los sabios cuyos métodos no permiten su oposición y que podrían llamarse filosóficos, puesto que forman parte de la tradición filosófica.

En tercer lugar, hay dificultades para deslindar los campos de la epistemología y la metodología científica. ¿Son la epistemología y metodología dos disciplinas distintas, simplemente conexas, o por contra, hay que incluir a la metodología dentro de la epistemología como una de sus partes? Tradicionalmente se ha considerado que la epistemología no estudiaba los métodos científicos, ya que éstos eran objeto de una parte de la lógica llamada "metodología"; la epistemología en concreto tenía como objeto el estudio crítico de los principios, hipótesis y resultados de las diversas ciencias. Hoy difícilmente se considera admisible esta distinción; en ella se daba a la lógica una extensión desmedida, al aceptar la tradicional división escolástica entre la lógica general, que hacía abstracción de los objetos y cuya parte principal es la lógica formal, y la lógica material, aplicada o metodología, que estudia los métodos propios de cada una de las diversas ciencias. También resulta difícil hoy hacer un estudio crítico de los principios de las diversas ciencias, de su valor y objetividad, sin preguntarse al mismo tiempo sobre la naturaleza y valor de los procedimientos a través de los cuales se forman las ciencias y se llega a elaborar un conocimiento científico. En este sentido, Piaget ha señalado que la reflexión epistemológica nace siempre con las crisis de cada ciencia, y que sus "crisis" resultan de alguna laguna de los métodos anteriores que han de ser superados por la aparición de nuevos métodos. De ahí que análisis de los métodos científicos y epistemología sean dos tipos de investigación difícilmente dissociables. Por ello en la actualidad se considera a la metodología dentro del campo de la epistemología, no dentro del de la lógica.

La epistemología propiamente dicha comienza en el Renacimiento. El conocimiento científico aparecerá en ella como conocimiento, análisis y síntesis de los fenómenos, es decir, de la apariencia o manifestación de la realidad en la experiencia humana. Los momentos más importantes de la

maduración de esta metodología de la ciencia como crítica racional de los fenómenos de experiencia están representados por Kepler (1571-1631) y Galileo Galilei (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727), Locke (1632-1704), Leibniz (1646-1716) y Kant. El *Novum Organum* y la Gran instauración de las ciencias de Bacon, el *Discurso del método* de Descartes, la *Reforma del entendimiento* de Spinoza y la *Búsqueda de la verdad* de Malebranche ofrecen observaciones interesantes para el epistemólogo, aunque propiamente no pueden considerarse como obras de epistemología. Sí se acercan más al sentido actual de la epistemología el libro IV del *Ensayo sobre la inteligencia humana* de Locke y en especial la respuesta que le da Leibniz en sus *Nuevos Ensayos*. En el siglo XVIII, la obra que mejor predice lo que será posteriormente la epistemología es el *Discurso preliminar a la Enciclopedia*, de D'Alembert.

A comienzos del siglo XIX se consideran precursores el segundo volumen de *La filosofía del espíritu humano* (1814) de Dugald Stewart, el *Curso de filosofía positiva* (a partir de 1826) de Augusto Comte y el *Discurso preliminar al estudio de la filosofía natural* (1830) de John Herschel.

En el siglo XIX se encuentran también otros numerosos intentos de epistemología científica, que continúan la línea empirista-positivista que en el siglo XVIII había sido continuada por Euler, en Alemania, o D'Alembert, en Francia. El positivismo decimonónico clásico estuvo representado por Augusto Comte (1798-1857), John Stuart Mill (1806-1873), John Herschel (1792-1871), William Whewell (1794-1866) y por el biólogo Herbert Spencer (1820-1903). Posteriormente fue continuado por el empiriocriticismo de Richard Avenarius (1843-1896) y Ernst Mach (1838-1916), y ya a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, por Henri Poincaré (1854-1912), Pierre

Duhem (1816-1916) y Emile Meyerson (1859-1933), autores todos ellos relacionados por continuación o reacción con el empiriocriticismo.

En el siglo XX, la epistemología científica queda agrupada en tres grandes escuelas o generaciones: el neopositivismo lógico, el racionalismo crítico y el popperianismo. El neopositivismo lógico tuvo en Bertrand Russell (1872-1970) y Ludwig Wittgenstein (1889-1951) sus dos principales predecesores. Bajo su influencia, se formó en los años veinte del pasado siglo el llamado Círculo de Viena, con el que el positivismo se transforma en neopositivismo lógico y toma cuerpo la primera gran escuela de epistemología científica en el siglo XX. Los miembros más representativos de esta escuela fueron Moritz Schlick (1882-1936), Otto Neurath (1882-1945), Herbert Feigl (1902), Félix Kaufmann (1895) y Rudolf Carnap (1891-1970). En el Congreso sobre epistemología de la ciencia natural, en el año 1929, fue elegido Schlick como presidente del Círculo.

En Berlín se formó pronto un nuevo centro de neopositivismo lógico a ejemplo del de Viena, cuyos principales representantes fueron Hans Reichenbach (1891-1953), Kurt Grelling y Walter Dubislav (1895-1937). En 1931, Rudolf Carnap propició la creación de otro centro de neopositivismo en Praga y el filósofo inglés A. J. Ayer (1910) introdujo el neopositivismo lógico en Inglaterra. En el escrito programático del año 1929 hacían la siguiente clasificación de los nombres que habían conducido hasta él: "1. Positivismo y empirismo: Hume, Ilustración, Comte, Mill, Richard Avenarius, Mach. 2. Fundamentos, objetivos y métodos de las ciencias empíricas (hipótesis en Física, Geometría, etc.): Helmholtz, Riemann, Mach, Poincaré, Enriques, Duhem, Boltzmann, Einstein. 3. Logística y su aplicación a la realidad: Leibniz, Peano, Frege, Schroder, Russell, Whitehead, Wittgenstein. 4. Axiomática: Pasch, Peano, Vailati, Pieri, Hilbert. 5. Eudemonismo y

sociología positivista: Epicuro, Hume, Bentham, Mill, Comte, Feuerbach, Marx, Spencer, Muller-Lyer, Popper-Lynkeus, Carl Menger (padre)".

En segundo lugar está el racionalismo crítico, la epistemología de K. Popper. El racionalismo crítico se entiende como reacción crítica ante las directrices fundamentales de la epistemología del neopositivismo lógico. El racionalismo crítico discutirá las principales tesis del Círculo de Viena e instaurará una nueva escuela de teoría de la ciencia que, desde 1934, en que publica Popper su primera obra, se irá haciendo poco a poco predominante e influirá en la evolución posterior de los autores del Círculo, por ejemplo en el mismo Carnap o en Reichenbach. Entre los muchos discípulos de Popper pueden citarse a Hans Albert o a John Watkins. La importancia de las teorías popperianas se ha dejado notar en toda la teoría de la ciencia de los años 50 y 60, e incluso en la actualidad, bien sea como aceptación de las mismas, bien para construir otras nuevas a partir de él.

En tercer lugar se encuentran los autores llamados pospopperianos. Se caracterizan por presentar epistemologías que, bien inspiradas preferentemente en el positivismo, bien en Popper, no se identifican totalmente con ninguno de estos dos sistemas, aunque se vean siempre seriamente influidas por ellos. Entre los principales autores pospopperianos cabe citar a T. S. Kuhn, P. K. Feyerabend, I. Lakatos y N. R. Hanson.

2.4.4.- Definiciones de términos básicos

TESIS.-Derivada del método científico, una tesis es la aseveración concreta de una idea que, de manera fundamentada, se expone públicamente.

PROYECTO.- (del latín *proiectus*) es una planificación que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas.

MATRIZ DE CONSISTENCIA.- Es un instrumento de varios cuadros formado por columnas y filas y permite evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, método, diseño de investigación, la población y la muestra de estudio.

ANEXO.- es algo que está unido o que es propio de otra cosa.

MAGNETISMO.- o **energía magnética** es un fenómeno físico por el cual los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. Hay algunos materiales conocidos que han presentado propiedades magnéticas detectables fácilmente como el níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones que comúnmente se llaman imanes.

NEODIMIO.- es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es Nd y su número atómico es 60. A la temperatura ambiente, se encuentra en estado sólido. Es parte del grupo de tierras raras. Fue descubierto en 1885 por el químico austríaco Carl Auer von Welsbach.

FLUJO MAGNÉTICO.- El campo magnético se representa a través de las líneas de fuerza. La cantidad de estas líneas se le denomina flujo magnético. Se representa por la letra griega Φ ; sus unidades son weber (Wb), en el SI y maxwell, en el CGS $1 \text{ Wb} = 10^8 \text{ Mx}$.

INDUCCIÓN MAGNÉTICA (B).- La inducción magnética se define como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan la unidad de superficie. En cierta forma, nos indica lo densas que son las líneas de fuerza, o lo concentradas que están, en una parte del campo magnético. $B = \frac{\Phi}{S}$ Se representa por la letra griega B; sus unidades son:

La tesla (T), en el sistema internacional el gauss (Gs), en el sistema CGS. $1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gs}$.

FUERZA MAGNETOMOTRIZ (FMM).- Se puede decir que es la capacidad que posee la bobina de generar líneas de fuerza en un circuito magnético. La fuerza magnetomotriz aumenta con la intensidad de la corriente que fluye por la bobina y con el número de espiras de la misma.

FMM = N.I.- FMM= Fuerza magnetomotriz en amperio-vuelta (Av) N = Número de espira I = Intensidad de corriente (A) Para la fabricación de electroimanes muy potentes, como por ejemplo los que se utilizan para suspender en un colchón magnético un tren de alta velocidad sobre un monorraíl, se necesitan fuerzas magnetomotrices muy elevadas. Es decir, bobinas con muchas espiras que son atravesadas por grandes intensidades de corriente.

RELUCTANCIA.- La reluctancia de un material nos indica si éste deja establecer las líneas de fuerza en mayor o menor grado. Los materiales no ferromagnéticos, como el aire, poseen una reluctancia muy elevada. Podemos establecer una ley de Ohm para los circuitos magnéticos el flujo que se establece en un circuito magnético es proporcional a la fuerza magnetomotriz proporcionada por la bobina e inversamente proporcional a la reluctancia del medio por donde se establecen las líneas de fuerza del campo magnético: Esta expresión también se conoce por ley de Hopkinson

$$B = \mu N.I / l \quad \Phi = B.S = (\mu N.I / l).S \quad FMM = NI \quad R = l / \mu.S \quad \Phi = FMM / R$$

La reluctancia es una característica propia de cada material magnético, y de la ley de Hopkinson se deduce que las unidades que le corresponden son A.v /Wb

IES Valle de Aller Electrotecnia

Dpto de Tecnología. Electromagnetismo. Conceptos básicos

PERMEABILIDAD MAGNÉTICA.- Es la capacidad de un material para atraer y hacer pasar a través de sí los campos magnéticos Se puede comprobar experimentalmente que al introducir en el núcleo de una bobina una barra de hierro, se aprecia un notable aumento de las propiedades magnéticas de dicha bobina. Por esta razón, siempre que deseemos producir campos magnéticos intensos utilizaremos núcleos de hierro, como es el caso de los electroimanes.

Una bobina con núcleo de aire produce un número determinado de líneas de fuerza. Al introducir un trozo de hierro, refuerza la acción del campo magnético original.

En la práctica, es más usual utilizar el concepto de permeabilidad absoluta (μ). Ésta nos relaciona la intensidad de campo que produce la bobina (H) con el nivel de inducción magnética alcanzado al introducir una substancia ferromagnética en el núcleo. $H=B/\mu$ (A/m)

INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO (H).- Nos indica lo intenso que es el campo magnético. La intensidad de campo en una bobina depende de la fuerza magnetomotriz (N. I). Ahora bien, cuanto más larga sea la bobina, más se dispersan las líneas de campo, dando como resultado una intensidad de campo más débil; por lo que se puede decir que, para una fuerza magnetomotriz constante, la intensidad de campo (H) es inversamente proporcional a la longitud media (l) de las líneas de campo, tal como se expresa en la siguiente ecuación: $H = \frac{N \cdot I}{l}$ (N (nº espiras) I (Intensidad de corriente) l (longitud))

$$B_0 = \mu_0 N \cdot I / l \quad H = B_0 / \mu_0 = N \cdot I / l$$

HISTÉRESIS MAGNÉTICA.- El estudio de la histéresis tiene una gran importancia en los materiales magnéticos, ya que este fenómeno produce pérdidas en los núcleos de los electroimanes cuando son sometidos a la acción de campos magnéticos alternos. Estas pérdidas se transforman en calor y reducen el rendimiento de los dispositivos con circuitos magnéticos, como transformadores, motores, generadores, etc. Por esta razón, cuando se eligen materiales ferromagnéticos para la construcción de aparatos que van a funcionar con corriente alterna, se procura que posean un campo coercitivo lo más pequeño posible., para la fabricación de imanes permanentes se eligen materiales que posean un campo coercitivo lo más grande posible.

Las pérdidas por histéresis en materiales sometidos a campos producidos por corrientes alternas aumentan con la frecuencia (cuantos más ciclos de histéresis se den por segundo, más calor se producirá).

IES Valle de Aller Electrotecnia

Dpto de Tecnología. Electromagnetismo. Conceptos básicos

ELECTROIMANES.- Un electroimán consiste en un núcleo de hierro rodeado de una bobina, que se imanta a voluntad cuando hacemos pasar una corriente eléctrica, y se desimanta en el momento que interrumpimos esta corriente sus aplicaciones más importantes son frenos magnéticos, electroválvulas, relés, timbres

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.- Cuando nos referimos a la inducción electromagnética estamos hablando de "producción de electricidad por acción magnética"; es decir, "cuando se mueve un conductor eléctrico perpendicularmente) en el seno de un campo magnético aparece una fuerza electromotriz que se muestra como una tensión eléctrica en los extremos de dicho conductor

SENTIDO DE LA F.E.M. INDUCIDA.

LEY DE LENZ.- La ley de Lenz indica que "el sentido de la corriente inducida en un conductor es tal que tiende a oponerse a la causa que la produjo" (principio general de acción y reacción).

Este efecto, se puede comprobar experimentalmente de la siguiente manera: si instalamos una dinamo o alternador acoplado a la rueda de una bicicleta estática y nos ponemos a pedalear, podremos comprobar que resulta bastante fácil mover los pedales. Si ahora conectamos a la dinamo una lámpara de 40 W, sentiremos una mayor resistencia al movimiento de los pedales, la cual aumenta todavía más si conectamos una lámpara de 100 W. En el caso de la dinamo de la bicicleta, lo que se observa es que cuando aumenta la corriente por los conductores se aprecia una cierta resistencia al movimiento de los mismos.

Para determinar el sentido de la corriente inducida en un conductor que se desplaza perpendicularmente en el seno de un campo magnético resulta un tanto complejo la aplicación directa de la ley de Lenz. Un método mucho más sencillo es aplicar la Regla de Fleming de la mano derecha.

Para aplicar esta regla se utilizan los tres dedos de la mano derecha, el pulgar se coloca en ángulo recto con respecto al resto de la mano indicando el sentido de desplazamiento del conductor (movimiento). El índice se coloca perpendicular al pulgar, indicando el sentido del flujo magnético (campo). El corazón se coloca en un plano perpendicular al formado por el pulgar y el índice y nos indica el sentido que toma la corriente inducida (sentido convencional) al mover el conductor en el seno del campo magnético.

IES Valle de Aller Electrotecnia

Dpto de Tecnología. Electromagnetismo. Conceptos básicos

AUTOINDUCCIÓN. BOBINAS.- La autoinducción, como su palabra indica, significa inducirse a sí misma f.e.m. Cuando por una bobina circula una corriente eléctrica que es variable, ésta genera, a su vez, un campo magnético también variable que corta a los conductores de la propia bobina. Esto origina en los mismos una f.e.m. inducida, llamada f.e.m. de autoinducción que, según la ley de Lenz, tendrá un sentido tal que siempre se opondrá a la causa que la produjo.

Según esto, al cerrar el interruptor de un circuito que alimenta una bobina, aparece una corriente eléctrica por la bobina que tiene que aumentar de cero hasta su valor nominal en un tiempo relativamente corto. Esta variación de corriente por la bobina genera en sus conductores un flujo magnético creciente que, al cortar a los mismos, provoca una f.e.m. de autoinducción. El sentido de esta f.e.m. es tal que impide que el flujo se establezca y, por tanto, la intensidad sufre una oposición y se retrasa (la tensión provocada por la autoinducción tiende a restar los efectos de la tensión de la batería).

Cuando la intensidad se estabiliza, la f.e.m. de autoinducción desaparece y en la bobina aparece el flujo correspondiente.

COEFICIENTE DE AUTOINDUCCIÓN.- La f.e.m. de autoinducción de una bobina depende de la rapidez con que cambia el flujo en la misma. Ahora bien, dependiendo de la capacidad de generar flujo de la bobina, esta f.e.m. tendrá un valor u otro. El coeficiente de autoinducción de una bobina nos dice la capacidad que tiene una bobina de generarse a sí misma f.e.m. de autoinducción.

L = coeficiente de autoinducción en henrios (H).

En esta expresión se puede apreciar que la f.e.m. de autoinducción aumenta con el coeficiente de autoinducción y con la rapidez con que varía la intensidad de corriente.

El coeficiente de autoinducción de una bobina se puede expresar como la relación entre el flujo magnético generado por la misma y la intensidad de corriente que ha sido necesaria aplicarla.

Para un número de espiras N , tendremos que el valor del coeficiente de autoinducción (L), será:

El coeficiente de autoinducción de una bobina depende de sus características constructivas. Se consiguen bobinas con " L " altos con núcleos de alta permeabilidad y gran número de espiras.

CAPÍTULO III

3. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1.- Definición de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE

El motor Magnético

VARIABLE DEPENDIENTE

La contaminación del medio ambiente

3.2.- Operacionalización de variables

VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	INDICADORES
A.- INDEPENDIENTE El motor magnético.	Manejo correcto del Motor Magnético por parte del personal calificado 1. Corriente 2. Tensión 3. Potencia

<p>B.- VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Contaminación del medio ambiente.</p>	<p>1.- cantidad de Dióxido de Carbono.</p> <p>2.- Cantidad de Monóxido de Carbono.</p>
---	--

3.3.- HIPÓTESIS

3.3.1.- Hipotesis general

Si el motor magnético del generador del cargador de baterías diseñado para alimentar el generador eléctrico es incorporado a un automóvil eléctrico, ENTONCES; contribuye a la reducción de la contaminación del medio ambiente.

3.3.2.- Hipótesis específicas

El uso del motor magnético en el generador del cargador de baterías diseñado para alimentar el generador eléctrico, es incorporado en los automóviles eléctricos, ENTONCES; contribuye a la reducción de la contaminación del medio ambiente.

CAPÍTULO IV

4.- METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

La característica de la investigación; es una forma de plantear problemas y buscar soluciones mediante una indagación o búsqueda.

La investigación es una exploración sistemática a partir de un marco teórico. El tipo de investigación por su finalidad será investigación aplicada, la cual se aplica los logros de la investigación básica de la que depende. La investigación aplicada es: llamada también **constructivista** o **utilitaria**, se caracteriza por su interés por la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriva.

El nivel de Investigación será descriptiva:

La **Investigación descriptiva**, también conocida como la investigación estadística, describen los datos y este debe tener un impacto en las vidas de la gente que le rodea.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas.

Como método de investigación tenemos el experimental con lo cual podemos decir:

Los experimentos son la única forma de determinar causalidad. A grandes rasgos, consiste en manipular una determinada situación (la variable

independiente) y observar qué cambios se producen en determinados comportamientos de la gente, los cuales constituirían la variable dependiente. En general, un estudio experimental cuenta con dos grupos: el grupo experimental y el grupo control. Estos dos grupos serían iguales en todos los aspectos, menos en la exposición a la variable independiente; con esto se busca eliminar el efecto de las variables intervinientes o extrañas al experimento. Si el grupo experimental presenta una diferencia significativa en el nivel de la variable dependiente en relación al grupo control, se podría asumir que el tratamiento es causa del cambio. Si bien los experimentos nos permiten establecer relaciones de causa-efecto, tienen el problema de la dudosa generalización que se puede hacer de sus resultados a la vida real, donde no se presentan tan especiales características situacionales de un experimento.

Teniendo en cuenta que no se cometa el error de la generalización de los resultados.

4.2. Diseño de la investigación

Estos niveles de investigación no coinciden con la definición de diseño, sin embargo pueden ser considerados como tales porque permiten al investigador obtener información acerca del estado actual de un fenómeno hecho o situación. El objetivo consiste en describir lo que existe con respecto a la situación de estudio.

Describir con mayor precisión las características de una determinada situación (con o sin hipótesis específicas iniciales acerca de la naturaleza de tales características).

Determinar la frecuencia con la que algo ocurre o con lo que algo está asociado o relacionado con otros factores.

Se utiliza dentro del proceso de investigación científica.

La investigación científica, es un procedimiento de actuación general seguido en el conocimiento científico. El procedimiento científico, como todo procedimiento, se considera en etapas.

Enfocado en este sentido, el método científico consiste en formular problemas sobre la realidad con base en la observación de la realidad y la teoría ya existente, en anticipar soluciones a estos problemas y en contrastarlos y verificar con la misma realidad estas soluciones a los problemas, mediante la observación de los hechos, la clasificación de ellos y sus análisis.

4.3. Población y muestra

Sabiendo que los motores magnéticos no se encuentran en el mercado, podemos decir que estos serán de una importancia en el desarrollo de la investigación sobre los vehículos, específicamente en el cargador de baterías que es indispensable para la acumulación de energía en las baterías, que da el movimiento al móvil por el espacio que la energía este almacenada o acumulada.

El motor magnético permitirá el movimiento del generador que será el quien se encargue de acumular energía en las baterías.

Trataremos de implementar todo lo manifestado en un móvil como el datsun o el volswagen que nos servirá como un laboratorio móvil, donde se tomara los datos o mediciones que nos servirán para tomar la información adecuada, por cuestiones de costos estos vehículos serán implementados con el motor eléctrico, el inversor, el controlador, las baterías, el generador y el motor magnético.

El trabajo se realizara en las instalaciones del laboratorio de la escuela naval del Perú, para lo cual contaremos con la colaboración de esta institución que es donde se realizara el proyecto.

Los vehículos híbridos o eléctricos alimentados por el motor magnético contribuirán notablemente con la reducción del consumo de combustible, como la gasolina petróleo y otros.

Los vehículos híbridos o eléctricos alimentados por el motor magnético contribuirán notablemente con la disminución de la contaminación del medio ambiente que actualmente es vital para el mundo entero.

4.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Destacamos a Merrian (1988), quien define el estudio de caso como particularista, descriptivo, heurístico e inductivo. Es muy útil para estudiar problemas prácticos o situaciones determinadas. Al final del estudio de caso encontraremos el registro del caso, donde se expone éste de forma descriptiva, con cuadros, imágenes, recursos narrativos, etc.

Algunos consideran el estudio de caso como un método, y otros como un diseño de la investigación cualitativa. Como dice Yin (1993), el estudio de caso no tiene especificidad, pudiendo ser usado en cualquier disciplina para dar respuesta a preguntas de la investigación para la que se use.

El estudio de caso cuenta con distintos tipos: factual, interpretativo y evaluativo, según el objetivo de la investigación y los niveles del estudio de caso. También descara la clasificación de Stake (1994), en estudios de caso intrínsecos (para comprender mejor el caso), instrumentales (para

profundizar un tema o afirmar una teoría) y colectivos (el interés radica en la indagación de un fenómeno, población... se estudian varios casos).

Son muchas las clasificaciones de estudio de caso. Destaca también la de Yin (1993). Según éste, encontramos el estudio de caso único, que se centra en un solo caso, justificando las causas del estudio, de carácter crítico y único, dada la peculiaridad del sujeto y objeto de estudio, que hace que el estudio sea irrepetible, y su carácter revelador, pues permite mostrar a la comunidad científica un estudio que no hubiera sido posible conocer de otra forma. También encontramos el estudio de caso múltiple, donde se usan varios casos a la vez para estudiar y describir una realidad. Ahora, ya sea el estudio de caso único o múltiple, además puede tener una o más unidades de análisis, considerando la realidad que se estudia de forma global o en subunidades de estudio, independientemente de si se trata de uno o más casos.

En cuanto a los objetivos del estudio de caso, trata:

- Producir un razonamiento inductivo. A partir del estudio, la observación y recolección de datos establece hipótesis o teorías.
- Puede producir nuevos conocimientos al lector, o confirmar teorías que ya se sabían.
- Hacer una crónica, un registro de lo que va sucediendo a lo largo del estudio.
- Describir situaciones o hechos concretos
- Proporcionar ayuda, conocimiento o instrucción al caso estudiado
- Comprobar o contrastar fenómenos, situaciones o hechos.
- Pretende elaborar hipótesis
- Es decir, el estudio de caso pretende explorar, describir, explicar, evaluar y/o transformar.

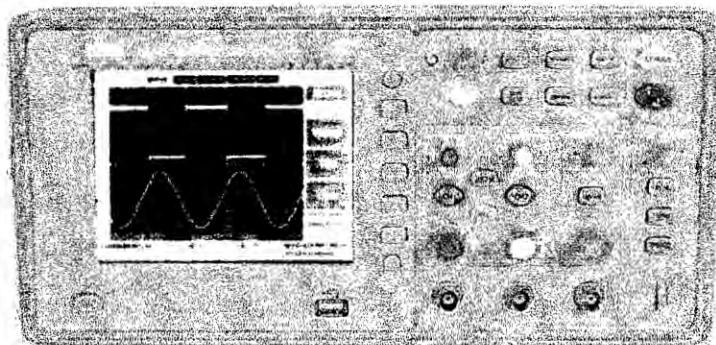
Para la selección de un caso, puede atenderse al carácter representativo de un caso concreto, aunque la intención del estudio de caso no sea precisamente la de generalizar datos (puede ser que la intención sea transformar esa realidad, y no generalizar a otros casos).

Por todo ello, se trata de utilizar en forma concreta todos los datos de la observación que se tenga en cuenta, anotando en cuadros o analizando los comportamientos de cada equipo o componente que se evalúa constantemente.

Mostramos, los equipos usados en la medición, de voltaje, corriente y los tipos de señales que se presenten en el osciloscopio, con las señales mostradas en el osciloscopio se tomaran las medidas adecuadas en la calibración de los elementos o dispositivos utilizados.

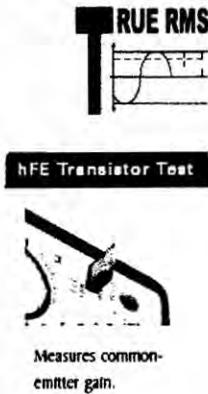
²EQUIPOS DE MEDICIÓN

OSCILOSCOPIO DIGITAL



²EQUIPOS DE MEDICIÓN De marca BK PRECISION osciloscopio digital, multímetro digital, multímetro de gancho.

Model 2707B



MULTÍMETRO DIGITAL

MULTÍMETRO DE GANCHO

Instrumentos de medición de la Escuela Naval

4.4.1. La observación

Lo que se va a observar estará determinado por lo que se está investigando generalmente se observan en general características y condiciones de los individuos, máquinas, entes, conductas, actividades, adquisición y desempeño de habilidades, comunicación verbal, comunicación no verbal y características ambientales, para nuestro caso se observa las variaciones de tensión, corriente, frecuencia y potencia.

También se observa la variación de las velocidades, como consecuencia de la variación de la alimentación de energía entregada por el generador, por ende de las baterías.

4.5.- Procedimiento de recolección de datos.

Fundamentalmente para la recolección de datos, utilizaremos la observación y el análisis, pero sabiendo que:

Los métodos más utilizados para la recolección de datos en las investigaciones cualitativas por lo general, y el estudio de caso en particular, son la observación, la entrevista y el análisis de documentos.

Yin (1994) establece hasta seis métodos de obtención de datos o "fuentes de evidencias", como él lo denomina: documentación, documentos de archivo, entrevistas, observación directa, observación participante y objetos físicos. Aun así, se pueden resumir en los tres tipos antes apuntados puesto que los documentos de archivo, los objetos físicos, los papeles personales y las fotografías se pueden considerar dentro del apartado de documentos.

La observación directa, la observación participativa y los objetos físicos, son los principales procedimientos en la recolección de datos.

4.6.- Procesamiento estadístico y análisis de datos.

Estos análisis estadísticos se harán en función de los datos tomados por los equipos de medición que se analizarán y se darán las características adecuadas.

Tomando como referencia algunos casos que nos sirven de guía para este análisis tenemos que:

Ying (1994) propone que es necesario especificar previamente al desarrollo de la investigación cómo se relacionarán los datos obtenidos con las proposiciones o hipótesis definidas ("the logic linking the data to the

propositions") y qué criterios serán utilizados para interpretar los resultados ("the criteria for interpreting the findings")

Englobando estos componentes Ying (1994) propone definir un marco teórico preliminar sobre el problema estudiado a partir de los conocimientos previos disponibles en la bibliografía científica. Es necesario hacer esta definición teórica antes de iniciar la recolección de datos porque ayudará en el diseño de la investigación y en la interpretación de los resultados.

También será necesario definir este marco teórico en los estudios de caso sobre dominios o temas donde los conocimientos científicos sean poco sólidos o inexistentes y se opte para realizar un estudio de caso exploratorio.

Considerando que en el marco teórico se ha tratado todos los puntos entonces, no se tiene que dar más explicaciones por que sería redundante.

CAPÍTULO V

5.- RESULTADOS

El motor magnético tiene, por el momento poca potencia, por tanto se seguirá estudiando e investigando sobre ello ya que esa fuerza de atracción y repulsión que se crea, solo se debe orientar adecuadamente.

En el caso de la contaminación se puede decir que fue muy claro, la contaminación es totalmente mínima.

5.1: La contaminación que tenemos.

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) señaló en un estudio en el 2005, que en Lima -una ciudad de ocho millones de habitantes- el riesgo de muerte atribuible a la contaminación por material particulado PM10 asciende a 6.064 casos anualmente. Usó para su estudio el modelo Air Quality Health Impact Assessment, elaborado por la OMS.

Entre enero y noviembre del 2007, en el centro de Lima se tuvo un promedio de PM10 que casi triplicó el estándar nacional de calidad ambiental, y un promedio de PM2,5 -material particulado de menor tamaño y más peligroso- seis veces superior al estándar nacional recomendado, según las mediciones hechas por la Dirección General de Salud Ambiental, DIGESA.

5.2: Toneladas tóxicas

El diésel que subvenciona el Estado y que consume el 60% del parque automotor produce partículas suspendidas en el aire 26 veces más pequeñas

que el ancho de un cabello humano, las cuales ingresan hasta lo más profundo de nuestros pulmones y corazones. Esas partículas son las causantes de más de tres mil muertes por año, según el Ministerio del Ambiente. De no aprobarse este año una prórroga más, desde el 1 de enero del 2010 las refinerías tendrían que vender combustible sin azufre,³Raúl Barrios, vicepresidente de Lidercon Perú, revela que el 22% de los 90.643 autos evaluados en las plantas de revisiones técnicas tiene problemas de emisión de gases. Pero ninguno está impedido de circular.

5.3: Expansión de la popularidad del híbrido.

En las dos tablas siguientes aparecen los diez coches del mercado que menos contaminan, distinguiendo los que tienen motor de gasolina (primera tabla) y los que tienen motor diésel (segunda tabla).

TABLA 5.1: VEHÍCULOS A GASOLINA

Modelo	Consumo (l/100km)	Emisiones (gCO₂/km)
Toyota Prius [Híbrido]	4,3	104
Honda CIVIC 1.3 i-DSI HYBRID [Híbrido]	4,6	109
Citroën C1 1.0i 12v SensoDrive	4,6	109
Toyota Aygo 1.0 3/5 p	4,6	109
Citroën C1 1.0i 12v	4,6	109
Peugeot 107 5P 1.0 68 2-TRONIC	4,6	109

³RAÚL BARRIOS, vicepresidente de Lidercon Perú, revela que el 22% de los 90.643 autos evaluados en las plantas de revisiones técnicas tiene problemas de emisión de gases. Pero ninguno está impedido de circular.

Toyota Aygo 1.0 MMT 3/5 p	4,6	109
Peugeot 107 5P 1.0 68	4,6	109
Smart 45 coupe 61 CV	4,7	112
Smart 52 cabrio 71 CV	4,9	116

TABLA 5.2: VEHÍCULOS A DIESEL

Modelo	Consumo (l/100km)	Emisiones (gCO₂/km)
Smart CDI Pure Coupe CDI 45 CV	3,3	88
Volkswagen POLO 1.4 TDI BLUE MOTION	3,9	102
MINI Cooper D	3,9	104
Toyota Aygo 1.4 3/5 p	4,1	109
Citroën C1 HDi 55	4,1	109
Peugeot 107 3P 1.4 HDI 54	4,1	109
Citroën C2 HDi 70 Senso Drive	4,2	111
Lancia Ypsilon 1.3 JTD 75 cv	4,3	114
Lancia Musa 1.3 JTD 90 cv	4,3	114
Citroën C3 HDi 70 Senso Drive	4,3	113

En mayo de 2007, las ventas globales acumulativas de los vehículos híbridos de Toyota alcanzaron la marca de 1 millón. Por más de 10 años desde que

se lanzó el Prius en 1997, los vehículos híbridos de Toyota han producido aproximadamente 3,5 millones de toneladas menos de CO₂ en comparación con la misma clase de vehículos propulsados a nafta de tamaño y performance de conducción similares (de acuerdo con los cálculos de Toyota).

5.4.- Acuerdos voluntarios de los constructores

En 1998, la Comisión ratificó los acuerdos voluntarios que las asociaciones de fabricantes adoptaron con ella [COM (1998) 495 final]. En 1998 y 1999, las asociaciones de fabricantes europeos de automóviles (Asociación de Fabricantes Europeos de Automóviles – ACEA, que representa más del 80 % de las matriculaciones anuales en la UE), japoneses (Asociación de Fabricantes Japoneses de Automóviles – JAMA, que representa más del 10 % de las matriculaciones anuales) y coreanos (Asociación de Fabricantes Coreanos de Automóviles – KAMA, menos del 5 % de las matriculaciones anuales) se comprometieron a alcanzar un objetivo de emisiones fijado en 140 gramos de CO₂/km (ACEA debe alcanzar este objetivo en 2008 y JAMA y KAMA en 2009). El objetivo fijado para el CO₂ debe alcanzarse básicamente mediante avances tecnológicos y modificaciones del mercado que vayan a la par de estos avances.

⁴La reducción voluntaria de las emisiones de CO₂ por los fabricantes de automóviles es uno de los tres pilares de la estrategia de reducción de las emisiones de CO₂ adoptada por la UE en 1995, que fija en 120 g/km el objetivo que debe alcanzarse de aquí a 2005 (2010 a más tardar). La

⁴La reducción voluntaria de las emisiones de CO₂ por los fabricantes de automóviles es uno de los tres pilares de la estrategia de reducción de las emisiones de CO₂ adoptada por la UE en 1995, que fija en 120 g/km el objetivo que debe alcanzarse de aquí a 2005 (2010 a más tardar).

diferencia entre el objetivo de 140g/km que debe alcanzarse gracias a los acuerdos voluntarios y el objetivo global de la UE de 120g/km debe alcanzarse gracias a los otros dos pilares de la estrategia, a saber, la información a los consumidores a través del etiquetado de los vehículos sobre sus emisiones de CO₂ y el recurso a la fiscalidad para fomentar los vehículos con bajo consumo de combustible.

ACEA y JAMA han logrado avances, mientras que KAMA acusa un cierto retraso. Para alcanzar el objetivo final de 140 gramos de CO₂/km, las tres asociaciones deben seguir aumentando sus esfuerzos.

En caso de que la emisión sea menor o igual a 120 g/km no se pagará el impuesto pero si el coche emite entre 120 y 160 g/km se pagará un 4,75% mientras que el pago asciende al 9.75% si la emisión va de los 160 a los 200 g/km. El asunto se pone peor para los vehículos cuya emisión es mayor a 200 g/km pues pagarán un 14.75%.

Según un reciente estudio de la consultora Jato Dynamics referido al primer semestre de 2009, las marcas Fiat, Mini y Toyota son las que registran menos emisiones medias en sus gamas de vehículos. De hecho, las dos primeras alcanzan emisiones medias inferiores a los 130 gr/km, adelantándose en seis años al objetivo marcado por la Unión Europea para 2015.

Así lo explica David Di Girolamo, director de Jato: "en nuestros análisis se refleja cómo las emisiones de CO₂ en los coches nuevos han caído significativamente este año gracias a los esfuerzos realizados por los fabricantes en esta área impulsados por los incentivos y las presiones

económicas que también incentivan a los clientes para comprar coches más pequeños, más eficientes y menos contaminantes".

⁵En el caso de Fiat, sobresalen los progresos que ha realizado esta marca con los nuevos motores Multiair (gasolina) y Multijet II (Diesel), los cambios robotizados y el sistema Start&Stop, así como las investigaciones de combustibles alternativos, como el metano.

Aquí tienes el ranking de las diez marcas menos contaminantes:

Marca/Emisiones medias de CO₂

Fiat: 129,1 gr/km

Mini: 129,7 gr/km

Toyota: 132,9 gr/km

Lancia: 134,1 gr/km

Peugeot: 134,5 gr/km

Citroën: 138,8 gr/km

Hyundai: 138,8 gr/km

Renault: 138,9 gr/km

Ford: 140,4 gr/km

Chevrolet: 141,6 gr/km

⁵CONTAMINACION DEL CO₂;En el caso de Fiat, sobresalen los progresos que ha realizado esta marca con los nuevos motores Multiair (gasolina) y Multijet II (Diesel).

TOYOTA COROLLA SEDAN

TABLA 5.3: CONTAMINACIÓN

Acabados

Live	-	18.600,00 €
Active	18.600,00 €	20.100,00 €

Consumo y emisiones

Combustible	Sin Plomo de 95	Diesel
Consumo Combinado (l/100 km)	5,8	4,6
Consumo urbano (l/100 km)	7,3	5,6
Consumo extra urbano (l/100 km)	4,9	4,0
CO2 Combinado (g/km)	136	122
CO2 Urbano (g/km)	172	148
CO2 Extra urbano (g/km)	116	107
Clasificación	Euro 4	Euro 4
Monóxido de carbono, CO (g/km)	0,25	0,25
Hidrocarburos, HC (g/km)	0,06	-
Oxidos Nitrosos, NOx (g/km)	0,02	0,17
Hidrocarburos, HC y Oxidos Nitrosos, NOx (g/km)	-	0,20
Partículas, PM (g/km)	-	0,02
Ruido dB (A)	69	

Las emisiones gaseosas de los autos híbridos con respecto a los de combustión son hasta 83% menores en CO₂, 91% en hidrocarburos y 53% en CO; gracias a ello, varios vehículos de Toyota cuentan con certificaciones por cumplir las normas internacionales de emisiones.

Tomemos como primer ejemplo el auto híbrido más vendido en Puerto Rico, el Toyota Camry Híbrido. El precio del Toyota Camry de gasolina convencional en Puerto Rico es de unos \$21,500, mientras el precio del Toyota Camry Híbrido es de unos \$30,000. Según las estadísticas oficiales de rendimiento de gasolina del Departamento de Energía federal, el Camry híbrido consume anualmente en promedio \$493 menos que el Camry convencional.

TABLA 5.4: PROPORCIONES DE CONTAMINACIÓN

Gases	Aire limpio (ppm)	Aire contaminado (ppm)
CO ₂	320	400
CO	0,1	40/70
CH ₄	1,5	2,5
N ₂ O	0,25	?
NO _x	0,001	0,2
O ₃	0,02	0,5
SO ₂	0,0002	0,2
NH ₃	0,01	0,02

https://es.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius

Tomemos como segundo ejemplo el Toyota Prius, otro de los modelos de autos híbridos más populares en Puerto Rico. El precio del Toyota Corolla

de gasolina convencional en Puerto Rico es de unos \$16,500, mientras el precio del Toyota Prius es de unos \$24,500. Según las estadísticas oficiales, el Toyota Prius consume anualmente en promedio \$595 menos que el Toyota Corolla convencional.

Vehículos de motor: Cuya densidad en las regiones muy urbanizadas determinan una elevada contaminación atmosférica (óxido de carbono, plomo, óxido de nitrógeno y partículas sólidas).

CAPITULO VI

6.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.- Contratación de hipótesis con los resultados

6.1.1.- Menos contaminación

Como el motor magnético alimenta al cargador de batería, por tanto la batería tendrá mayor energía para alimentar al motor eléctrico y por ende recorrerá mayor distancia el automóvil.

Como no se tiene un motor de combustión, la contaminación será mínima e indirecta. Pero la lucha seguirá contra la contaminación.

La responsabilidad de los autos usados en la contaminación se debe a que 63% (566.597 unidades) de los vehículos ingresados a Perú entre 1991 y 2004 utilizan en su mayoría diesel 2, que tiene un alto contenido de azufre y es uno de los combustibles más sucios del mundo. En la última década las infecciones respiratorias pasaron de 415.000 casos en 1991 a 3,5 millones en el 2003, señala el reporte.

Perú importa petróleo diesel "sucio" que contiene 5.800 partes de azufre por millón (ppm), cuando Chile importa con 50 ppm y México 350 ppm. Mientras, Bolivia usa 350 ppm, Venezuela más de 4.000 ppm, India 2.500 ppm, Brasil 2.000 ppm. La tendencia internacional permisible es de 350 ppm.

⁶El límite crítico de esas partículas es 75 microgramos por m³. En algunas partes de Lima se registró entre 182 y 565 microgramos, 7,5 veces más el

⁶SEGÚN LA AGENCIA ESTADOUNIDENSE DE PROTECCIÓN AMBIENTAL; El límite crítico de esas partículas es 75 microgramos por m³. En algunas partes de Lima se registró entre 182 y 565 microgramos, 7,5 veces más el estándar de calidad de aire.(azufre ppm).

estándar de calidad de aire según la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental.

Algunos de los motivos, según Federico Ferrero, es que los combustibles con los que los automóviles funcionan el nafta, gasolina, gasóleo permiten así la proliferación del monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxido nitroso, los cuales son gases con una capacidad contaminadora muy alta. Por otro lado, según este señor, la contaminación no se da solo por estos gases, sino por ciertos tipos de metales microscópicos, cuya emisión depende del tipo de combustible empleado. Entre ellos, destaca principalmente el tretaciclono del plomo originado en las gasolinas y la nafta con plomo.

Hasta 1990, el Perú tenía alrededor de 650 000 vehículos en todo su territorio. Eran épocas de escasez de movilidad, sobre todo de transporte público. Para solucionar esta demanda el gobierno de entonces liberó el ingreso de vehículos usados de países con una fuerte industria automotriz. Han pasado 18 años y la solución a corto plazo se convirtió en un ⁷problema de monstruosas dimensiones. “En la actualidad tenemos 1’450 000 vehículos, es decir, prácticamente se ha duplicado y más que duplicado el número del parque automotor. El 70% de ese parque automotor se encuentra en la ciudad capital. Lima, por ejemplo, 49 800 vehículos con una antigüedad mayor a 35 años”, dijo Quispe.

Luis Quispe, presidente de la ONG Luz Ámbar, Autos viejos lanzan casi dos mlls de toneladas de CO₂ en exceso al año.

⁷LUIS QUISPE, PRESIDENTE DE LA ONG LUZ ÁMBAR“En la actualidad tenemos 1’450 000 vehículos, es decir, prácticamente se ha duplicado y más que duplicado el número del parque automotor. El 70% de ese parque automotor se encuentra en la ciudad capital. Lima, por ejemplo, 49 800 vehículos con una antigüedad mayor a 35 años”.

Al año, un vehículo viejo consume 630,83 litros más de combustible que uno nuevo, calcula Edwin Derteano, vicepresidente de la Asociación Automotriz del Perú. Esto significa también que su tubo de escape lanza 1,78 toneladas de dióxido de carbono (CO₂, uno de los principales gases que producen el efecto invernadero) más al ambiente en ese mismo lapso. Multiplique por el millón de autos chatarra que componen nuestro parque automotor: ¡1'785,258.33 toneladas de CO₂ por año!

Algunos datos extraídos en pruebas realizadas a vehículos:

TABLA 6.1: DATOS DE CONTAMINACIÓN

	Gasolina	GLP
1. Toyota Land Crusier 3.000 cc.		
CO (monóxido de carbono)	1,40%	0,19%
CO2 (dióxido de carbono)	13,7%	12,7%
HC (hidrocarburos)	0172 ppm	0160 ppm
O2 (oxígeno)	0,96%	0,96%
2. Jeep Grand Cherokee 4.000 cc.		
CO (monóxido de carbono)	0,56%	0,09%
CO2 (dióxido de carbono)	14,47%	7,97%
HC (hidrocarburos)	74 ppm	61 ppm
O2 (oxígeno)	0,55%	8,59%

El dato se calculó tomando en cuenta un vehículo particular que consume un galón (3,78 litros) de diésel por cada 30 km recorridos y se le comparó con un vehículo nuevo que rinde 40 km por galón. Se asume que ambos autos recorren 20.000 kilómetros al año y que la combustión de un litro de diésel produce 2,63 kilogramos de CO₂.

⁸El ingeniero Iván Arévalo, supervisor del servicio de revisiones técnicas del Senati, indica que los vehículos con más de cinco años de antigüedad tienen sistemas de carburación y no modernos sistemas de inyección electrónica. Esto hace que consuman más combustible y contaminen más.

6.1.2: Las cifras

653.742 vehículos usados han ingresado al país desde que se abrió la importación de vehículos usados en 1992 hasta el 2007. En mismo período ingresaron 439.904 autos nuevos.

64.357 autos ya usan gas natural vehicular en Lima y Callao.

6.238 unidades desaprobaron la revisión técnica en las plantas de Lidercon Perú. Sus propietarios no han regresado.

Los niveles del CO₂ es un elemento valioso de diagnóstico, una lectura entre 10% al 15% indica que la calidad del combustible es buena y que el sistema de escape no tiene fugas. A mayor cercanía del 15% mejor es la calidad de la combustión.

- niveles bajos de CO₂ pueden ser el resultado de:
- pobre calidad de la ignición. bujías, tapa, rotor, cables

⁸**EL INGENIERO IVÁN ARÉVALO, supervisor del servicio de revisiones técnicas del Senati, indica que los vehículos con más de cinco años de antigüedad tienen sistemas de carburación y no modernos sistemas de inyección electrónica. Esto hace que consuman más combustible y contaminen más.**

- baja compresión. junta de la cabeza con fuga, válvulas, anillos.
- fugas en el escape. muestra diluida.
- proporción incorrecta de la mezcla.
- fugas de vacío.

6.2.- Contrastación de resultados con otros estudios similares

Este mayo pasado (2010), el Gobierno francés hacía obligatorio etiquetar cada coche según sus emisiones de CO₂.

Esta clasificación consta de 7 grupos distintos de coches (de la A -> G), teniendo ⁹solamente el Smart Fortwo en la clase A, con emisiones de CO₂ menores de 100 gramos por kilómetro recorrido.

El híbrido Toyota Prius, con motor eléctrico y de explosión, se acerca con 104 gr/km.

Después nos encontramos con **coches** como: Peugeot 107, Citroen C1, Toyota AYGO.

El 92% de los **diésel** baratitos se encuentran dentro de las categorías A, B y C, consideradas "limpias", mientras que sólo el 40% de los **gasolina** lo consiguen.

Por otro lado tenemos los **todoterreno** y **mono-volúmenes**, que por su mayor peso, emiten una media de 30 gramos de CO₂ más que el resto .

La propuesta del Ministerio francés de Medio Ambiente es reducir de 152 gr/km de media en el 2004 a 142gr/km para el 2008, objetivo bastante

⁹EL SMART FORTWO en la clase A, con emisiones de CO₂ menores de 100 gramos por kilómetro recorrido;EL HÍBRIDO TOYOTA PRIUS, con motor eléctrico y de explosión, se acerca con 104 gr/km.

complicado debido al crecimiento en el número de todoterrenos y monovolúmenes usados en ciudades.

¿Qué es la emisión de CO₂ por kilómetro recorrido? (gCO₂/km)

El CO₂ o dióxido de carbono es uno de los gases que se producen al quemar combustible, y uno de los principales gases de efecto invernadero. La emisión de este gas por un vehículo tiene relación con el consumo de combustible: los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2,6 kg de CO₂ por cada litro de gasóleo. Un coche en marcha emitirá una cantidad de CO₂ proporcional por cada kilómetro que recorra quemando combustible. Normalmente se mide en gramos por kilómetro.

En el caso de los coches híbridos el CO₂ por kilómetro emitido es sensiblemente menor porque estos vehículos pueden circular con el motor de combustible apagado (sin emisión de CO₂), funcionando sólo con el sistema eléctrico.

La medida de consumo por cada cien kilómetros recorridos (l/100 Km) es más conocida y habitual. Se refiere a la cantidad de litros de combustible que necesita o consume el coche para recorrer 100 kilómetros en un ciclo combinado, que incluye circulación por ciudad (4 kilómetros a 50 km/h) y por carretera (7 kilómetros por carretera a 120 km/h); su medición no es una ciencia exacta y por tanto en el Mundo Real™ puede variar en mayor o menor medida dependiendo de distintos factores (carga, condiciones meteorológicas o mecánicas, estado del coche, forma de conducir, accesorios instalados, etc.)

El pago va desde la exoneración total del impuesto de matricula para los vehículos menos contaminantes (aquellos que emiten menos 120 gramos de

CO₂ por kilómetro recorrido), hasta un 14,75% del precio para los que emitan más de 200 gramos de CO₂ por cada kilómetro.

{Anotación actualizada originalmente publicada en Microsiervos el 30/11/2007}

- ¹⁰La Agencia de Desarrollo y Control de la Energía (ADEME) ha publicado en Francia un listado oficial que ordena los vehículos en función de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Esta acción sirve como adelanto del próximo etiquetado obligatorio en siete categorías de menor a mayor contaminación en el país vecino.

Según esta lista, el Smart Fortwo Diesel es el único vehículo que obtiene la calificación de "A", es decir, que genera menos de cien gramos de CO₂ por kilómetro. Respecto a los coches de gasolina, el Toyota Prius logra los mejores resultados, con 104 gramos por kilómetro. A continuación se posicionan varios modelos para ciudad: el Citroen C1, el Peugeot 107, el Toyota AYGO y el Dahiatsu Cuore, todos ellos con 109 gramos por kilómetro de CO₂.

El trabajo recoge que el 92% de los diesel de la gama "económica inferior", como el Renault Clio o el Twingo, tienen la clasificación de "limpios" (letras A, B y C). Por su parte, únicamente el 40% de los modelos gasolina obtiene esta etiqueta verde.

Los coches particulares vendidos en Francia el pasado año emitían una media de 152 gramos de CO₂ por kilómetro, tres gramos menos que en

¹⁰LA AGENCIA DE DESARROLLO Y CONTROL DE LA ENERGÍA (ADEME) ha publicado en Francia un listado oficial que ordena los vehículos en función de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

2004. Esa reducción se debió a los avances de los automóviles con motor de gasolina, ya que las emisiones medias de los diesel se estancaron en 149 gramos.

¹¹Los **coches de lujo**, en especial los deportivos o los que son muy grandes, suelen ser los más nocivos pues sus **emisiones de CO₂** sobrepasan con creces lo tolerable.

Es por eso que en estos días (2007) circula **este listado** que especifica cuáles son los **coches que más contaminan**, aclarando además los **gramos de CO₂ que emiten a la atmósfera por kilómetro recorrido**:

- 1-Bugatti Veyron: 571 gr/km
- 2- Lamborghini Murcielago LP640: 495 gr/km
- 3- Ferrari 599 GTB Fiorano: 490 gr/km
- 4- Ferrari 612 Scaglietti: 475 gr/km
- 5- Bentley Arnage/Azure/Brooklands: 465 gr/km
- 6- Dodge Viper SRT-10: 463 gr/km
- 7- Ferrari F430: 420 gr/km
- 8- Hummer H2: 412 gr/km
- 9- Mercedes G500: 400 gr/km
- 10- Bentley Continental: 396 gr/km.

Podemos darnos cuenta que con esta información, los autos eléctricos tendrían una contaminación mínima y ello sería una contaminación indirecta, porque solo será por las generadoras de energía.

¹¹**LOSCOCHES DE LUJO**, en especial los deportivos, suelen ser los más nocivos, pues sus emisiones de CO₂ sobrepasan con creces lo tolerable; **BUGATTI VEYRON: 571 gr/km**
LAMBORGHINI MURCIELAGO LP640: 495 gr/km

CAPÍTULO VII

7.- CONCLUSIONES

- Las nuevas tecnologías para los circuitos de los sistemas del auto eléctrico nos permite mejorar la confiabilidad, la comodidad en el manejo y los costos en general, por ende mejorar la calidad de vida del ser humano.
- El mejoramiento de la menor emisión de los diferentes gases que emanan de los motores de combustión y que contaminan el medio ambiente, será la tecnología y con ello será el auto eléctrico que tendrá en el motor eléctrico el liberador de contaminación del medio ambiente.
- La problemática actual de los motores magnéticos es que tienen poca potencia y no se encuentra en el mercado, la información adecuada sobre dichos conocimientos.
- El uso de las mediciones y los controles de energía, velocidad y tiempo se encuentran con tecnología de motores muy pequeños especialmente para el mercado de juguetes.
- Los métodos para la medición, de la contaminación del medio ambiente, del consumo de combustible por los automóviles de motores de combustión y autos híbridos, tienen en la actualidad una alta confiabilidad por tanto una precisión muy adecuada.

- Con los resultados obtenidos, aseguramos que el desplazamiento y el espacio recorrido por los autos eléctricos será mayor y disminuirá la contaminación del medio ambiente.
- El motor magnético en el generador del auto eléctrico tendrá un papel importante, porque permitirá al auto eléctrico desplazarse distancias mucho mayores, porque el generador irá cargando continuamente la batería.

CAPÍTULO VIII

8.- RECOMENDACIONES

- Recomendamos, el uso de nuevas tecnologías, para los motores eléctricos, para los generadores, para los imanes en los motores magnéticos, de los autos eléctricos.
- Recomendamos, el uso de los medidores de la contaminación del medio ambiente, de diferentes tecnologías, ubicados en diferentes lugares en especial de mayor contaminación.
- Recomendamos, el uso de los motores eléctricos controlados por dispositivos de últimas generación, para lograr las mayores distancias recorridas.
- Recomendamos, tener el conocimiento adecuado sobre los automóviles eléctricos, de las diferentes empresas fabricantes, para tener una mayor claridad sobre los beneficios que lleva en forma general, sobre la disminución de la contaminación del medio ambiente.

CAPÍTULO IX

9.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1].- Biografías- Benjamín Franklin.
<http://orbita.starmedia.com/~aquimequedo/BenjaminF.htm>
- [2].- Biografía de Tales de Mileto.
<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/tales.htm>
- [3].- Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Departamento de Ingeniería Electrónica
TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
Control de un Motor Brushless para Aplicación a Vehículos Eléctricos
presentada por Diego Langarica Córdoba.
Ing. Electrónico por el I. T. de Veracruz como requisito para obtención
del grado de: Maestría en Ciencias en Ingeniería Electrónica
Director de tesis:
Dr. Gerardo Vicente Guerrero Ramírez
Co-Director de tesis:
Dr. Abraham Claudio Sánchez
- [4].- Charles Agustin de Coulomb,
<http://www.tecnociencia.es/ventana/salas/magnetismo/biografias/coulomb.htm>
- [5].- Chester L. Dawes, Tratado De
Electricidad, Tomo Primero: Corriente Continua. Ediciones G.Gili S.A.
de
C.V.
- [6].- DISEÑO, SIMULACION Y CONSTRUCCION DE UN
INVERSOR TRIFASICO MULTINIVEL
AUTOR: ING. RUSSELL CORDOVA RUIZ
PERIODO DE EJECUCION 01 de marzo del 2011 al 29 de febrero del
2012
RESOLUCION DE APROBACION RR N° 299-2011-R
CALLAO 2012
- [7].- El Magnetismo y el Átomo:

Descripción microscópica .

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/056/htm/sec_5.htm

[8].- Gualda – Martínez. Electrónica Industrial. Técnicas de Potencia. Segunda Edición.

[9].- GÓNZALES REÁTEGUI, José Tomás 1996

[10].- HISTORIA DEL ELECTROMAGNETISMO .
http://alipso.com/monografias/historia_electromagnetismo/

[11].- ITURREGUI, Patricia 1996

"Problemas ambientales de Lima: algunas propuestas y la necesidad de una agenda 21 local". Lima: Fundación Friedrich Ebert, pp. 51-52

[12].- Jacob Millman. Microeletrônica Cuarta Edición.

[13].- Juan C. Fernández, Electromagnetismo
2004, Materiales Magnéticos.

Departamento de Física – Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. www.fi.uba.ar

Eduardo Spinola

espinola72@gmail.com

Unidad de Prensa de la UNLP

Dirección General de Comunicación y Medios

Universidad Nacional de La Plata

[14].- LA BALANZA DE TORSIÓN.

<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/11/htm/sec12.html>

[15].- Lima: [S.N.], pp.64-68 "Contaminación urbana, participación ciudadana, gobiernos locales y regionales".

- [16].- M. Hewat, Magnets and GMR Materials. Solid State Physics.
<http://whisky.ill.fr/dif/3D-crystals/magnets.html>
- [17].- Magnetic Fields -- History.
<http://www-spod.gsfc.nasa.gov/Education/whmfield.html>
- [18].- Malvino.Principio de Electrónica. Quinta Edición
- [19].- Merriam, Shara B. (1998). Qualitative research and case study applications in education. San Francisco: Jossey-Bass, 1998
- [20].- Merriam, Shara B. (1988). Case Study research in education. A Qualitative Approach. San Francisco: Jossey - Bass, 1988
- [21].- Ministerio de Energía y Minas. Protocolo de monitoreo de calidad del aire, 1994.
- [22].- Millman – Halkias. Electronica Integrada. Novena Edicion.
- [23].- OICA organisation internationale des constructeurs d'automobiles.
- [24].- Rodríguez y Cos R. Anton Paar México México, D.F., a 4 de noviembre del 2003.
- [25].- SAN MIGUEL, Gisella2002
 "vigilando el medio ambiente"
<http://www.pucp.edu.pe/fac/comunic/perdigital/trab2002-2/gsmiguel/gisella/contaminacion/glosario.htm>, 26/11/06, 21: 06 horas.
- [26].- Stake, R. E. (1995). Investigación con estudio de casos. Madrid: Morata, 1995.
- [27].- Timothy Maloney. Electronica Moderna de Potencia. Tercera edicion.
- [28].- Tapia Juan Informede CIDATT.
 cooperante privado Centro de investigación y de asesoría del Transporte Terrestre (CIDATT).

[29].- T E S I S
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA
BASADO EN SUPERCAPACITORES CON APLICACIÓN EN
TRACCIÓN ELÉCTRICA, QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA PRESENTA:
ING. IVÁN IGNACIO JUÁREZ HERNÁNDEZ
MÉXICO, D.F. JULIO 2011

[30].- TESIS DOCTORAL
Implementación de un Control Digital de Potencia Activa y Reactiva
para Inversores. Aplicación a Sistemas Fotovoltaicos Conectados a
Red.

Autor: Linda HASSAINE

Director: Dr. Emilio OLÍAS RUIZ

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

Leganés, 2010

[31].- Wikipedia, the free encyclopedia,
O t t o v o n G u e r i c k e
http://en.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Guericke

[32].- Yin, Robert K. (1994). Case Study Research. Design and
Methods. London: SAGE, 1994.

[33].- Yin, Robert K. (1993). Applications of Case Study Research.
London: SAGE, 1993.

[34][https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sibrandus Stratingh&action=edit&redlink=1](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sibrandus_Stratingh&action=edit&redlink=1)

[35].- https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_energ%C3%ADa

[36].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Planeamiento>

[37].-https://es.wikipedia.org/wiki/Carl_Auer_von_Welsbach

[38].-<https://www.supermagnete.de/spa/faq/Son-realmente-los-imaner-Supermagnete-los-imaner-mas-fuertes-del-mundo>

[39]<http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/tesla-model-s-muy-bonito-pero-tardara-aun-un-poco>

- [40].-<https://upload.wikimedia.org>
- [41].-<https://upload.wikimedia.org/wikipedia>
- [42].-<https://upload.wikimedia.org/wikipedia>
- [43].-<https://www.idoneos.com/index.php>
- [44].https://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n_variable_continua
- [45].-<https://www.radiocontrol.com>
- [46].-<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/baterias>
- [47].-<http://www.telesurtv.net/articulos/2013/06/23/cientificos-alemanes-crean-una-bateria-para-autos-electricos>
- [48].-<http://www.eleconomista.es/ecomotor/novedades>
- [49].<http://www.eleconomista.es/ecomotor/novedades/noticias/3990366/05/12/Tesla-Model-S-berlina-electrica-de-lujo-desde-45700-euros.html>
- [50].<http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/el-precio-de-las-baterias-es-la-tercera-parte-del-coste-de-un-electrico-segun-el-ceo-de-ford>
- [51].<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/la-nueva-generacion-de-baterias-podria-tardar-10-anos-en-palabras-de-los-investigadores>
- [52].<http://www.motorpasionfuturo.com/industria/nuevo-refrigerante-para-baterias-cryosolplus>
- [53].<http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/03/las-siglas-que-hay-que-saber.html>
- [54].https://es.wikipedia.org/wiki/Magnetismo#La_f.C3.ADsica_del_magnetismo
- [55].-[https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_\(f%C3%ADsica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_(f%C3%ADsica))
- [56].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferromagnetismo>

- [57].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferritas>
- [58].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Superparamagnetismo>
- [59].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Diamagnetismo>
- [60].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Antiferromagnetismo>
- [61].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrimagnetismo>
- [62].-https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico
- [63].https://es.wikipedia.org/wiki/Anisotrop%C3%ADa_magn%C3%A9tica
- [64].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Pulvimetalurgia>
- [65].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Disprosi>
- [66].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrita>
- [67].-<https://www.supermagnete.de/spa/iman-es-supermagnete-iman-es-potentes-neodimio>
- [68].<https://www.supermagnete.de/spa/faq/Que-temperatura-maxima-pueden-soportar-los-iman-es>
- [69].http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/espira/espira.html#Campo_magn%C3%A9tico_producido_por_una_corriente_circular_en_un_punto_de_su_eje.
- [70].-<http://myslide.es/documents/filosofia-del-electromagnetismo.html>
- [71].<https://www.clubensayos.com/buscar/Motores+Corriente+Directa/pagina30.html>
- [72].-<https://es.wikipedia.org/wiki/Epistemolog%C3%ADa>

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	CAPITULOS
El Motor magnético en el generador del auto eléctrico.	PRINCIPAL ¿En que medida el motor magnético acoplado al generador del cargador de baterías de un auto eléctrico, contribuirá a la reducción de la contaminación del medio ambiente?	PRINCIPAL Determinar en que medida el motor magnético acoplado al generador del cargador de baterías de un auto eléctrico, contribuirá a reducir la contaminación del medio ambiente.	PRINCIPAL Si el motor magnético acoplado al generador del cargador de baterías de un auto eléctrico es incorporado a un automóvil eléctrico, entonces, contribuirá a la reducción de la contaminación del medio ambiente.	A.- VARIABLE INDEPENDIENTE El motor magnético	Manejo correcto del motor Magnético por parte del personal calificado 1.- corriente 2.- tensión 3.- Manejo de potencia	CAP I Plantamiento de la investigación. CAP II Marco teórico. CAP III Variables e hipótesis. CAP IV Metodología. CAP V Resultados. CAP VI Discusión de resultados. CAP VII Conclusiones CAP VIII Recomendaciones CAP IX Referencias bibliográficas.
	SECUNDARIO a.- ¿En que medida el motor magnético acoplado al generador del cargador de baterías de un auto eléctrico, contribuirá en la reducción de la contaminación del medio ambiente?	SECUNDARIO 1.- Determinar en que medida el motor magnético acoplado al generador de baterías de un auto eléctrico, contribuirá a la reducción de la contaminación del medio ambiente.	SECUNDARIO 1.- El uso del motor magnético acoplado al generador del cargador de baterías de un auto eléctrico, reducirá la contaminación del medio ambiente.	B.- VARIABLE DEPENDIENTE La contaminación del medio ambiente.	1.- Cantidad de Dióxido de Azufre 2.- Cantidad de Dióxido de Carbono 3.- Cantidad de Monóxido de Carbono 4.- Cantidad de Oxido de Plomo.	

ANEXOS

Detector de gas CO₂ para la calidad del aire MF-420

detector de CO₂ para el control de espacios cerrados

Características

Este detector de CO₂ controla el contenido de dióxido de carbono en el aire en una temperatura ambiente de -10 a +50 °C de forma rápida y precisa. En su interior se encuentra un nuevo sistema de medición por infrarrojos que funciona según el principio de un fotómetro de dos rayos. Debido a que el material y la cubeta de medición son novedosos y la disposición de las señales de medición tiene lugar según un nuevo algoritmo digital, el detector de CO₂ para la calidad del aire es ligero, compacto, no necesita mantenimiento en su uso normal, es duradero y móvil, y a pesar de ello más económico que el resto de sistemas infrarrojos convencionales. El detector de CO₂ se puede montar en la pared o simplemente puede ser colocado en una estantería y puesto en funcionamiento por medio del componente de red. Un semáforo compuesto por un LED verde, uno amarillo y uno rojo muestra la calidad del aire. La luz verde corresponde a una concentración de dióxido de carbono por debajo de 1.000 ppm y quiere decir que la calidad del aire es buena. EL LED amarillo se ilumina con una concentración de dióxido de carbono entre 1.000 y 2.500 ppm y se emite un breve pitido. Se recomienda ventilar el espacio. La luz roja corresponde a un valor de más de 2.500 ppm CO₂ y el aparato emite dos pitidos. Es obligatorio ventilar el espacio. A partir de valores superiores a 3.000 ppm, el aparato emite cinco pitidos y el LED rojo parpadea. El sistema de medición por infrarrojos determina el contenido absoluto de CO₂ en el aire, se somete continuamente a autocontrol y detecta errores del hardware y del software. El rango de medición es lineal.

¿Cómo funciona el sistema de medición?



Un irradiador de infrarrojos de banda ancha envía rayos infrarrojos por impulsos. Los rayos infrarrojos recorren un trayecto de rayos en una cubeta. El dióxido de carbono difundido en la cubeta absorbe los rayos infrarrojos de la mezcla de gases de una longitud de onda específica. En el extremo del trayecto de rayos un fotómetro NIDR de dos rayos mide la radiación infrarroja entrante de esta longitud de onda específica de „dióxido de carbono“ de una longitud de onda de referencia.

Especificaciones técnicas

Transmisor

Alimentación Componente de red Corriente	230 V 350 mA; salida de 24 V
Temperatura ambiente	-10 ... +50 °C
Presión del aire	900 ... 1100 hPa
Humedad	15 ... 95% de humedad relativa
Tipo de protección	IP 30
Indicador óptico de valores de medición LED verde LED amarillo LED rojo LED rojo parpadeante	CO ₂ < 1.500 ppm 1.500 ppm < CO ₂ < 2.500 ppm CO ₂ > 2.500 ppm CO ₂ > 3.000 ppm
Indicador acústico de valores de medición 1 pitido 2 pitidos 5 pitidos	a CO ₂ > 1.000 ppm CO ₂ > 2.500 ppm CO ₂ > 3.000 ppm
Error	LED amarillo parpadeante
Dimensiones	78 x 78 x 35 mm
Peso	aprox. 150g
Sensor	
Entrada de gas	por difusión
Rango de medición	0 - 3.000 ppm CO ₂
Tiempo de calentamiento	5 minutos
Precisión	± 2 %
Reproducibilidad	± 1 %
Tiempo de reacción	aprox. 30 seg
Aquí encontrará la lista completa de <u>todos los medidores</u> de la oferta de PCE Instruments.	
La misma página en alemán  en italiano  en inglés  en croata  o en francés 	

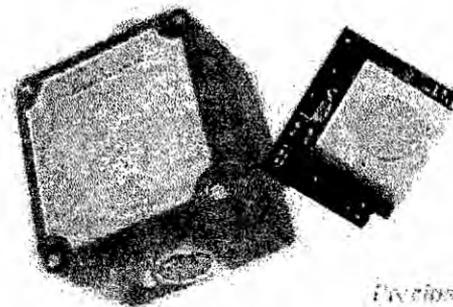
Medidor de CO₂ MF-420IR para el sector industrial

El medidor de CO₂ MF-420IR-CO₂ determina el contenido de dióxido de carbono en el aire con la ayuda de un sensor por infrarrojos a una temperatura ambiente entre -10 y +50 °C. Es compacto, sólido y no requiere mantenimiento en la práctica habitual. La carcasa del medidor de CO₂ es de aluminio y está preparada para ser montada en la pared. Debido a que la valoración y la disposición de las señales de medición tienen lugar según un nuevo algoritmo digital y a que el material y la construcción de la cubeta son novedosos, el medidor de CO₂ MF420-IR detecta la concentración de dióxido de carbono de una forma más rápida, precisa y

económica que los sistemas IR habituales.

El sistema de medición por infrarrojos determina el contenido absoluto de CO₂ en el aire, se somete continuamente a autocontrol y detecta errores del hardware y del software. El rango de medición es lineal. Se alimenta por corriente continua a 24 V. La preparación y la emisión de las señales de medición (salida de corriente lineal a elegir entre 4-20 mA o 0-10 V) se encuentran integrada en el sistema de medición. La valoración y el procesamiento de los valores tienen lugar en un aparato conectado por el usuario según sus especificaciones (p.e. sistema de ventilación, SPS, alarma de valor límite, indicador). Existe un módulo opcional para conectar a Ethernet que introduce los datos analógicos en la red. En la práctica habitual no es necesario calibrar el aparato, en caso de tener que hacerlo, deberá realizarla un especialista. En este encontrará otros modelos de medidor de CO₂. En el siguiente enlace se explica la importancia de la calidad del aire y la influencia del contenido de dióxido de carbono en el ser humano: ().

- Sensor por infrarrojos para CO₂
- Normalmente no requiere mantenimiento
- Carcasa de aluminio
- Preparado para ser montado en la pared
- Rangos de medición estándar:
 0-3.000 ppm (0,3 Vol%)
 0-6.000 ppm (0,6 Vol%)
 0-10.000 ppm (1 Vol%)
 0-50.000 ppm (5 Vol%)
 Solicite otros rangos posibles
- Salida 4-20 mA o 0-10 V
- Medición de CO₂ ± 2% MBE



Medidor de CO₂ industrial
Ver las instrucciones de uso



Especificaciones técnicas

Alimentación corriente	bornes de conexión con tornillos aprox. 100 mA; salida 24 V
Conexiones	
Pin 1	0 V
Pin 2	4-20 mA o 0-10 V
Pin 3	24 VDC ± 5%
Temperatura ambiente	-10 ... +50 °C
Presión atmosférica	900 ... 1100 hPa
Humedad	15 ... 95% de humedad relativa
Salida	4-20 mA (carga máxima 450 Ω)
Tipo de protección	IP 40

Dimensiones	90 x 85 x 65 mm
Peso	aprox. 500 g
Cable de conexión	3 x 1,5 ² Cu + tierra (cable protegido)
Longitud	conductores de dos sentidos de 50 Ω
Entrada de gas	por difusión
Rango de medición	
0 ... 3.000 ppm CO2	o sea 0 ... 0,3 Vol % CO2
0 ... 6.000 ppm CO2	o sea 0 ... 0,6 Vol % CO2
0 ... 10.000 ppm CO2	o sea 0 ... 1,0 Vol % CO2
0 ... 50.000 ppm CO2	o sea 0 ... 5,0 Vol % CO2
Tiempo de calentamiento	5 min
Precisión	±2 %
Reproducibilidad	±1 %
Tiempo de reacción	aprox. 30 s
Contenido del envío	
1 medidor de CO2 MF-420IR, instrucciones de uso	
Adicional	
- Calibración ISO	

Analizador de gases CO₂ y CO - CS (Cellar Safe)
analizador de CO y CO₂ fijo para medir el contenido de CO₂ con alarma y relé para conectar por ejemplo un desgasificador o un ventilador

El analizador de CO₂ Cellar Safe fue concebido en un principio para ser utilizado en fermentación. No obstante, con el paso del tiempo este analizador de CO y CO₂ se utiliza en diferentes sectores industriales. Con frecuencia es usado el analizador de CO sobre todo en la industria alimentaria, especialmente en el sector de bebidas.

Además de la pura detección de CO₂, el analizador de CO₂ emite señales de alarma cuando se superan los valores límite establecidos por la ley (LED parpadeantes y alarma acústica), además se puede utilizar el relé de conexión para poner en funcionamiento una instalación de ventilación que esté activa hasta que el contenido de CO₂ vuelva a encontrarse por debajo del valor crítico y no existan riesgos para el personal. El analizador de CO₂ se alimenta con 230 VAC de manera estándar, pero se puede introducir opcionalmente una batería adicional para que el sistema siga funcionando incluso si se produce una caída de tensión. La duración del sensor del analizador de CO por infrarrojos para CO₂ es de al menos 5 años. Al analizador de CO₂ se le debe realizar una recalibración anual. Si desea ver un analizador de gases capaz de medir múltiples gases (H₂S, O₂, CO₂ y LEL) lo podrá encontrar a continuación: [analizador de h₂s y otros gases](#). En este enlace ([detectores de fugas](#)) dispone de una visión general desde la cual podrá encontrar cualquier tipo de analizador de gases que más se ajuste a sus necesidades.

- Manejo e instalación sencillos
- Sensor infrarrojo de CO₂ (duración de 5 años)
- Indicador con iluminación de fondo
- Alarma por medio de LED y tonos (82 dB)
- Salida de relé para introducir ventiladores
- Una recalibración anual es suficiente
- Carcasa resistente a polvo y a salpicaduras de agua (IP 65)
- Batería opcional que garantiza el funcionamiento incluso con caída de tensión
- Medición de CO₂ continua e indicación en pantalla
- De forma opcional se puede pedir con sensor de O₂
- Control remoto en formato de bolsillo dentro del envío (a través de este control remoto se pueden mostrar las alarmas fuera del ámbito de riesgo)

Analizador de CO₂ y CO Cellar Safe

Ver / imprimir las instrucciones de uso del analizador de CO₂



Control remoto con cable de 9 m

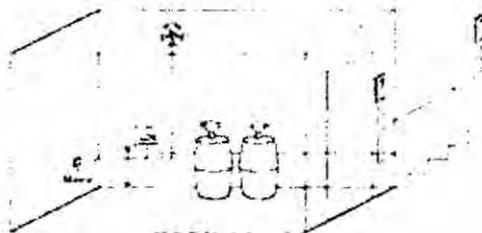
Valores límite de CO₂

En el analizador de CO₂ hay dos valores límite preajustados (1,5 % y 3 %). Es necesario establecerlos por los siguientes conocimientos científicos:

- Una concentración de CO₂ > 1,5 % origina dolores de cabeza y puede producir hiperventilación
- Una concentración de CO₂ > 3,0 % provoca dificultades en la respiración
- Una concentración de CO₂ > 6,0 % provoca temblores y limita la capacidad de visión
- Una concentración de CO₂ > 10 % causa la muerte en unas horas
- Una concentración de CO₂ > 15 % causa la muerte en unos minutos

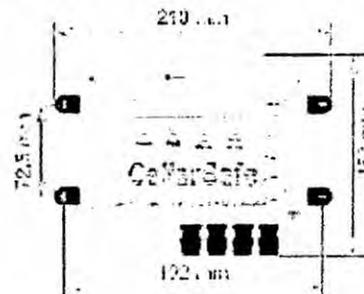
Aplicaciones del analizador de co y co2

Como se ha mencionado al principio, las aplicaciones del analizador de CO₂ Cellar Safe son muy variadas. La imagen de la izquierda muestra el analizador de CO durante su instalación en una nave de una fábrica. El esbozo de la derecha ilustra un uso clásico del analizador de co y co₂ conectado a un ventilador en los almacenes de cerveza de un local. Al superarse el valor límite, el analizador de co conecta un ventilador de pared hasta que el valor límite de alarma vuelve a bajar y se puede volver a transitar por el almacén.



Especificaciones técnicas

Valores límite	1,5 y 3,0 % de CO ₂ con sensor adaptable para oxígeno: 19,5 y 18 % de O ₂
Resolución	0,1
Precisión	3 %
Tiempo de calentamiento	40 s
Estándares	TRSK - 313, TRSK - 400, TRSK - 403
Indicadores de estado	dos LED rojos de alarma, un LED amarillo de error, un LED verde para operatividad, un altavoz de más de 82 dB (por si se supera el valor límite)
Pantalla	LCD de 13,5 mm con iluminación de fondo
Salidas de relé	2 unidades, 10 A (230 VAC / 30 VDC) para conectar un ventilador (el ventilador estará activo hasta que se esté por debajo del valor límite)
Alimentación	220 ... 230 VAC, 50 ... 60 Hz, doble protección
Control remoto	El control remoto se conecta a un cable de 9 m de longitud
Condiciones ambientales	+ 3 ... + 50 °C / 0 ... 99 % H.r. (sin condens.)
Dimensiones	



Peso

1300 g

Contenido del envío

1 x analizador de CO₂ CS (Cellar Safe), 1 x certificado de calibración de fábrica, 1 x control remoto, 1 x cable de 9 m para el control remoto, instrucciones de uso.

Componentes opcionales

- Variante con sensor para oxígeno adicional
- Variante con unidad para batería para solucionar las caídas de tensión
- Recalibración anual de laboratorio (duración: una semana)

Resumen.

El nuevo CarboQC es un instrumento para la medición de CO₂ portátil y resistente el cual utiliza el Método de Expansión Múltiple de Volumen para

eliminar la influencia de otros gases disueltos en la medición de CO₂. El instrumento es altamente preciso, sencillo de operar, requiere un bajo volumen de muestra y proporciona resultados rápidos. Es ideal para el control de calidad de bebidas en el laboratorio y para el control aleatorio en bebidas contenidas en tanques y en la línea de producción.

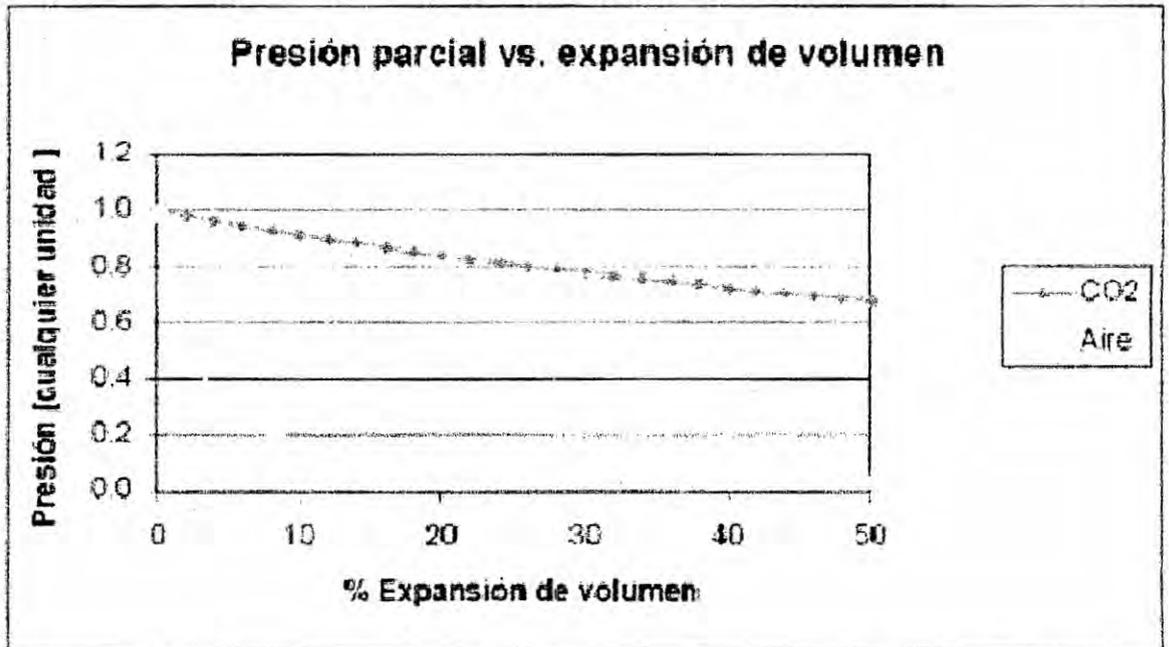


Fig. 2: Presión parcial de CO₂ y dependencia de expansión de volumen.

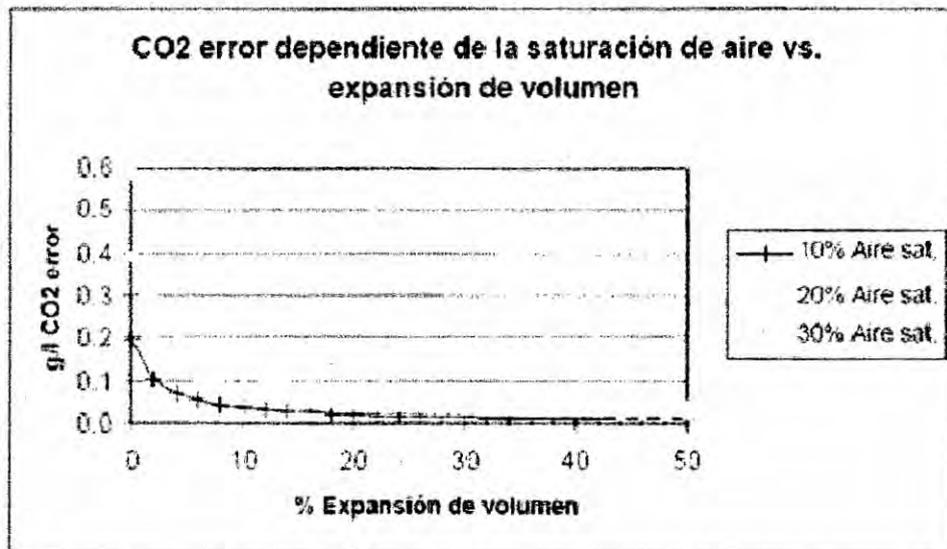


Fig. 3: El error en el contenido de CO₂ determinado dependiente de la expansión del volumen y de la saturación de aire.

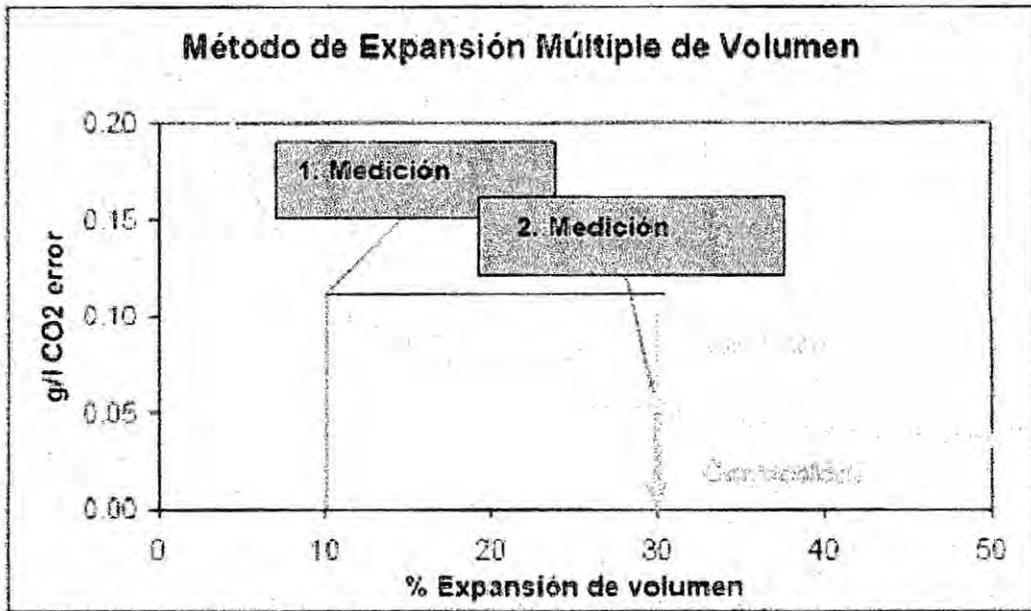


Fig.4: Método de expansión múltiple de volumen para eliminar la influencia del aire disuelto.

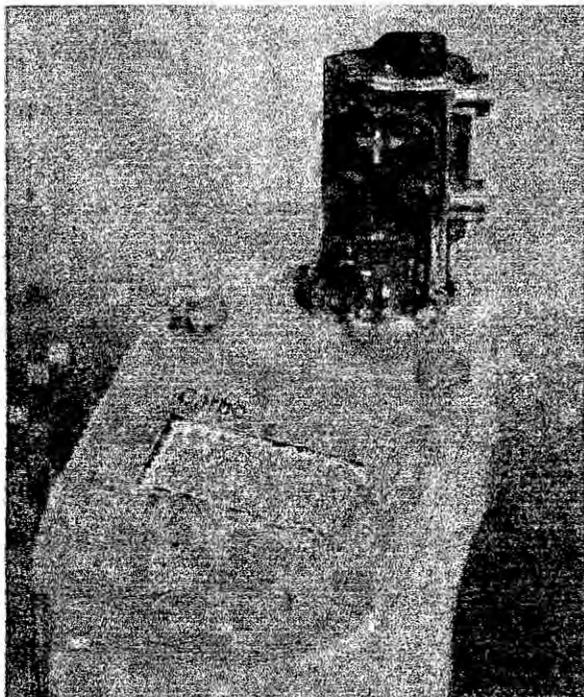


FIG.6: LA CAMARA DE MEDICION Y LA PANTALLA DEL CARBOQC

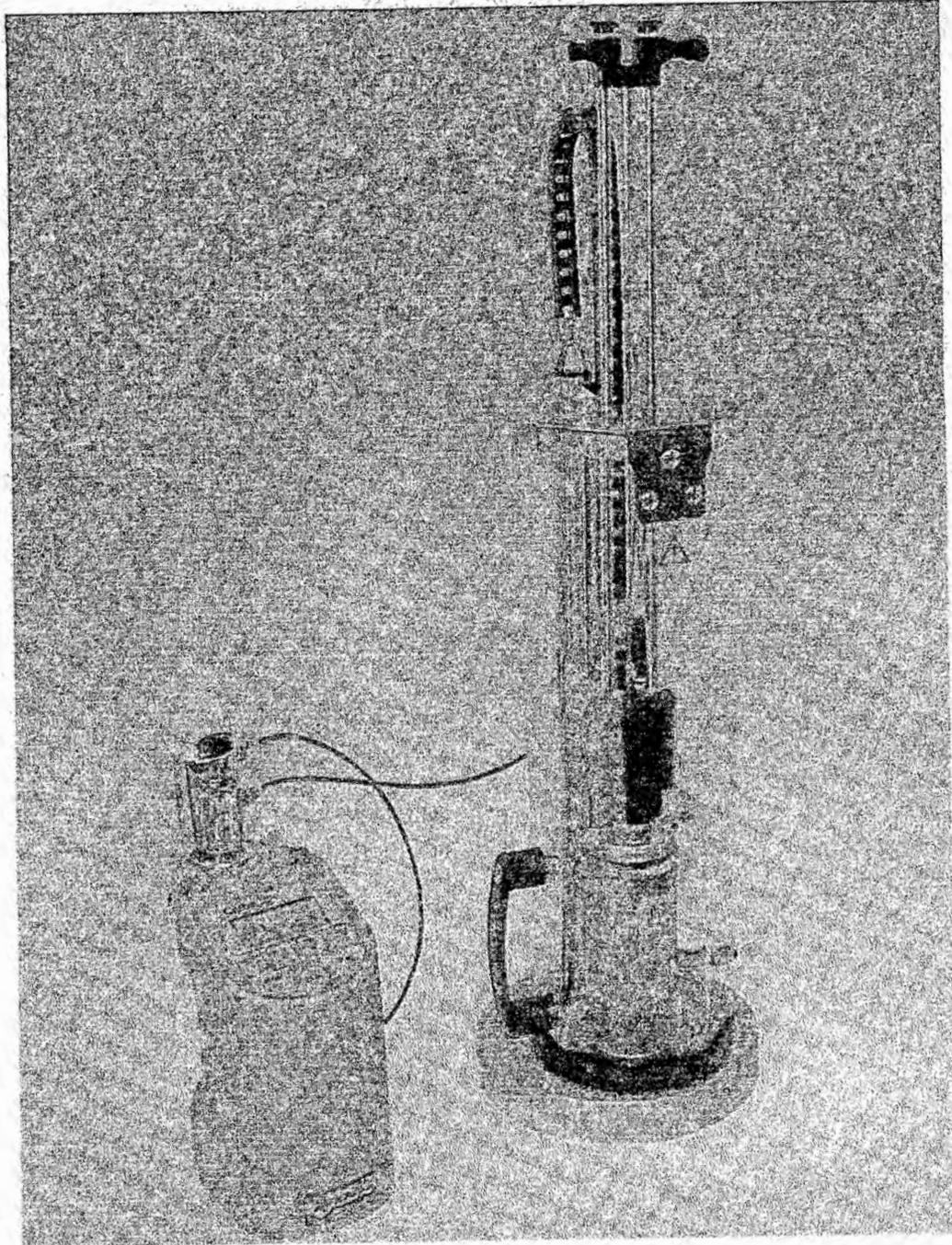


Fig. 5: El instrumento medidor de CO2 CarboQC de Anton Paar con el dispositivo de perforación para botellas y latas