# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz

# TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Implementación de un Sistema Hibrido en un Cuadrón Convencional

Jhonny Patricio Barrionuevo Cox
Cesar Leonardo Granda Duran

Director: Ing. Miguel Granja

2011

Quito, Ecuador

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, Jhonny Patricio Barrionuevo Cox, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del Graduando

Jhonny Barrionuevo Cox

CI: 1715824213

Yo, Miguel Granja, declaro que, lo que yo personalmente conozco, el señor, Jhonny Patricio Barrionuevo Cox, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Miguel Granja

Director

# CERTIFICACIÓN

Yo, Cesar Leonardo Granda Durán, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del graduando

Cesar Leonardo Granda Durán

CI: 1716137235

Yo, Miguel Granja, declaro que, lo que yo personalmente conozco, el señor, Cesar Leonardo Granda Durán, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Miguel Granja

Director

## **AGRADECIMIENTO**

Damos las gracias sobre todo a Dios por darnos la vida, por darnos un gran hogar y una excelente familia, a nuestros padres que han sido nuestro pilar fundamental en el desarrollo de nuestras vidas, por ser un gran apoyo desde la infancia y en el trascurso del desarrollo de nosotros como niños, jóvenes, hombres de bien, por brindarnos una excelente educación a través del tiempo, por ser mas que padres, amigos en momentos buenos y malos.

Y ahora en la actualidad estamos muy agradecidos con ellos por ayudarnos a culminar una etapa muy importante en nuestras vidas que es la educación superior que es el comienzo de un nuevo ciclo y emprender como unos buenos profesionales.

De manera muy especial la Universidad Internacional del Ecuador que ha sido nuestro templo de aprendizaje, donde hemos adquirido todos los conocimientos para la aplicación en la vida laboral.

Al Ing. Miguel Granja por ser, un gran amigo, un guía, y un excelente educador y profesional, que ha sabido ejercer de manera excepcional como educador mostrando todos sus conocimientos adquiridos hacia sus educandos.

## **DEDICATORIA**

Esta meta muy importante que hoy logramos en nuestras vidas, se la dedicamos a nuestros padres, por ser nuestra principal guía, por todo el esfuerzo que han hecho para que podamos llegar hasta aquí, por ser nuestro apoyo y por ser muy importantes en nuestras vidas se los dedicamos ya que es el fruto por el cual se han sacrificado.

# ÍNDICE

# **CAPÍTULO 1**

## **ELECTRICIDAD**

INTRODUCCION	1
1.1 Origen	2
1.2 Definición de electricidad	4
1.3 Electrostática y electrodinámica	5
1.3.1 Carga eléctrica	6
1.3.2 Fuerza entre Cargas	8
1.3.3 Campo eléctrico y magnético	8
1.3.3.1 Campo eléctrico	8
1.3.3.2 Líneas de campo eléctrica	9
1.4 Electromagnetismo	11
1.5 Corriente eléctrica	12
1.5.1 Corriente continua	
1.5.1.1 Conversión de corriente alterna en continua	
1.5.1.2 Rectificación de la tensión en corriente contínua	
1.5.1.3 Polaridad	
1.5.2 Corriente alterna	17
1.5.2.1 Corriente trifásica	17
1.5.2.2 Corriente monofásica	19
1.6 Potencia eléctrica (efecto joule)	20
1.7 Mediciones eléctricas	21
171 Unidados aláctricas	21

1.8 Transformador	24
1.8.1 Origen	24
1.9 Motores eléctricos	26
1.9.1 Motor eléctrico	26
1.9.2 Principio de funcionamiento	28
1.9.3 Ventajas	28
1.9.4 Motores de corriente continua	29
1.9.4.1 Motor en serie	30
1.9.4.2 Motor compout	31
1.9.4.3 Motor shunt	31
1.9.4.4 Motor eléctrico sin escobillas	31
1.9.4.5 Motor paso a paso	32
1.9.4.6 Servomotor	32
1.9.4.7 Motor sin núcleo	32
1.9.5 Motores de corriente alterna	33
1.9.5.1 Asíncrono o de inducción	34
1.9.5.2 Motor jaula de ardilla	34
1.9.5.2.1 Monofásicos	34
1.9.5.2.2 Trifásicos	35
1.9.5.3 Motor asíncrono	35
1.9.5.4 Motores universales	37
1.9.5.5 Cambio de sentido de giro	37
1.9.5.6 Regulación de velocidad	38

# **CAPÍTULO 2**

GENERADORES Y ACUMULADORES	39
2.1 Definición	40
2.1.1 inducción	40
2.2 Generadores a gasolina y diesel	41
2.3 Generadores de corriente continúa	45
2.4 Tipos de generadores	47
2.4.1 Generador eléctrico	47
2.4.2 Generador Síncrono	48
2.4.3 Generadores ideales	49
2.4.4 Generadores primarios	49
2.4.5 Generador Inverter	51
2.4.6 Generador a pequeña escala	51
2.4.6.1 Electrógeno	51
2.5 Acumuladores	54
2.5.1 Batería de automotor	54
2.5.2 Pila	55
2.5.3 Principios de funcionamiento de los acumuladores	56
2.5.4 Historia	56
2.5.5 Tipos de acumuladores	57
2.5.5.1 Acumulador de plomo	58
2.5.5.2 Batería alcalina	60
2.5.5.3 Batería alcalina de manganeso	61
2.5.5.4 Baterías de plomo	

2.5.5.5 Baterías de níquel cadmio	64
2.5.5.6 Baterías de níquel hidruro metálico	64
2.5.5.7 Baterías de iones de litio	65
2.5.5.8 Batería de polímero de litio	65
2.5.5.9 Pilas de combustible	
2.5.5.10 Capacitor de alta capacidad	
2.5.6 Efecto memoria	
2.5.7 Parámetros de un acumulador	67
2.5.8 Las baterías como contaminantes	68
2.5.9 Tabla comparativa de los diferentes tipos de acumulador	72
CAPÍTULO 3	
LOS HIBRIDOS	
Historia milenaria	73
3.1 Significado	76
3.2 Definición de un vehículo de motor hibrido	77
3.3 Características	
3.3.1 Motor de combustión interna	
3.3.1.1 Ciclo atkinson	79
3.3.2 Moto generadores	81
3.3.3 Sistema inversor	83
3.3.3.1 Funciones	83
	00
3.3.4 Conjunto batería	85
3.3.4 Conjunto batería	

3.4 Tipos de trenes de propulsión	90
3.5 Cadena energética de un vehículo hibrido	91
3.5.1 La cadena cinemática,	91
3.5.2 La potencia	92
3.5.3 La eficiencia	94
3.6 El problema del almacenamiento en las baterías	96
3.7 Elementos	98
3.8 Ventajas y desventajas	99
3.8.1 Desventajas	99
3.8.2 Ventajas	99
3.9 Tipos de vehículos híbridos	100
3.10 Consumo de combustible e impacto ambiental	100
3.11 Híbridos de la actualidad	103
CAPITULO 4	
IMPLEMENTACION DEL SISTEMA HIBRIDO	
4.1 Estructura	106
4.1.1 Chasis de doble cuna	106
4.2 Dirección	108
4.2.1 Características que debe reunir todo sistema de dirección	108
4.3 Motor	111
4.3.1 Primer tiempo o admisión	111
4.3.2 Segundo tiempo o compresión	112
4.3.3 Tercer tiempo o trabajo	112
4.3.4 Cuarto tiempo o escape	113

4.4 Carga y descarga		
4.4.1 Descarga	114	
4.4.2 Carga		
4.5 Alternador	118	
4.5.1 Causas de fallo	120	
4.6 Motor de arranque	121	
4.6.1 Funcionamiento	122	
4.7 Transmisión	123	
4.7.1 Transmisión por engranajes		
4.7.2 Transmisión por poleas y bandas		
4.7.3 Relación de velocidades		
4.8 Suspensión		
4.8.1 Amortiguadores		
4.8.1.1 Funcionamiento de los amortiguadores		
4.9 Relación peso potencia		
CAPITULO 5		
ANALISIS FINANCIERO		
Introducción	135	
5.1 Costo de producción	136	
5.2 Introducción en el mercado	137	
5.2.1 La encuesta	137	
5.3 Análisis de resultados de la encuesta	140	
5.4 Conclusiones y recomendaciones	143	

## **SÍNTESIS**

El proyecto a desarrollar e implementar es un sistema hibrido en un vehiculo pequeño, identificar sus partes principales de los dos tipos de sistemas que necesitan para su correcto funcionamiento.

El desarrollo de la implementación del sistema hibrido comienza con la selección de un vehiculo ligero de peso que posea un sistema tradicional el cual seria un motor de combustión y que preste todas la facilidades en cuanto a accesibilidad maniobrabilidad y condiciones para poder implementar el sistema hibrido y la vez funcione correctamente; partiendo de esto procedemos a escoger un cuadrón el cual posee un potente motor de combustión, una estructura ligera de chasis una transmisión, un sistema de frenos y suspensión simple ideal para implementar un sistema hibrido.

Lo primero que se hizo es poner en buenas condiciones de funcionamiento el motor de combustión y todos los componentes que interactúan con el, después se realizo un análisis profundo de donde se podría implementar otro sistema alterno al de combustión y que cumpla con los requisitos de formar parte de un sistema hibrido y los componentes que se necesitarían para poder poner en funcionamiento. Una vez elegido el lugar y los componentes se procedió a su adaptación, para eso utilizamos el torno el cual sirvió para rectificar la polea del eje principal y el eje del alternador.

La polea del eje principal se realizo un trabajo de centrado y se perforo con la finalidad de poder adaptar un riel dentado el cual serviría para que el motor de arranque se pueda acoplar; también se mejoro la riel de la polea para poder

adaptar una banda que va conectado hacia el alternador, porque esta polea cumple una doble función, que es la de transmitir el movimiento hacia la ruedas, también transmite el movimiento hacia el alternador y este pueda generar carga.

Una vez listo la polea del eje principal se procede al montaje y centrado del mismo, luego se debe adaptar un motor eléctrico lo suficientemente fuerte capaz de mover al cuadrón, para este caso se utilizo un motor de montacargas y con la ayuda del torno se fabrico unos soporte y también utilizando la suelda se realiza el montaje del motor eléctrico.

Con una polea más pequeña que la del eje principal se monta en el alternador, se debe fabricar un soporte también para el alternador y se coloca utilizando la suelda y pernos para sujetar templar y alinear la banda que viene desde el eje principal hacia el alternador.

Todos estos componentes van montados en la parte posterior por razones de espacio, facilidades para el montaje y funcionamiento e inclusive para su reparación o reemplazo en el caso de que el componente este dañado o requiera mantenimiento.

Es necesario la fabricación de un tablero de control el cual monitoree la batería en cuanto a su carga, también ambos sistemas deben funcionar independientemente para ella se implementa en el tablero dos switch de control con luces indicadoras para cada sistema, de esa manera se pueda observar cuando este en funcionamiento un sistema y si se encuentran activados.

En la etapa final de la implementación, se procede al cableado del sistema y montaje del tablero de control, para el motor de combustión el arranque es mediante un pulsador y un acelerador en el manubrio y para el caso del motor

eléctrico posee un pulsador en el pedal derecho, de este modo se puede mejorar el control y la activación de ambos sistemas sin que haya confusión.

Finalmente concluimos con las pruebas de funcionamiento de ambos sistema comprobaciones de componentes, revisión tanto parte eléctrica como mecánica a fin de verificar que estas se encuentren en completo y correcto funcionamiento.

En cuanto a su apariencia se realiza la corrección de fallas con pintura a fin de que tanto el aspecto interno como externo sea el adecuado.

## TRADUCCIÓN AL INGLES

TITLE: Implementation of a Hybrid System in a Conventional Vehicle

#### **ABSTRACT:**

The project to develop and implement a hybrid system in a small car, identify its main parts of the two types of systems that need to function properly.

The development of hybrid system implementation begins with the selection of a lightweight vehicle that has a traditional system which would be a combustion engine and which provides all the facilities for accessibility maneuverability and conditions for implementing the hybrid system and both work correctly on this basis we proceed to choose a Cuadrón which has a powerful combustion engine, a lightweight structure of a transmission frame, a suspension system of checks and simple ideal to implement a hybrid system.

The first thing you did is put into good operating condition the combustion engine and all components that interact with it, then conducted a thorough analysis of where you could implement another alternative to the combustion system and meets the requirements of form part of a hybrid system and the components needed to operate. Having chosen the place and proceeded components to adapt to use the lathe that which served to rectify the main shaft pulley and the alternator shaft.

The main shaft pulley work was carried out a focused and drilled with the purpose to adapt a toothed rail which would ensure that the starter motor may be fitted, also improved the rail pulley to adapt a band is connected to the alternator, because the pulley has a double function, which is to transmit the movement to the wheels, also transmits motion to the alternator and this can generate load.

Once ready the main shaft pulley assembly and is the focus of it, then they should adapt a strong enough electric motor capable of moving the Cuadrón, for this case was used a forklifts motor and with the help of the lathe was manufactured support and also some welding is performed using the electric motor assembly.

With a pulley smaller than the main shaft is mounted on the alternator, you must also build support for the alternator and placed using the welding and bolts to hold tune and align the band coming from the main shaft to the alternator.

All these components are mounted on the back for reasons of space, facilities for assembly and operation and even for repair or replacement if the component is damaged or requires maintenance.

It is necessary to the manufacture of a control board which monitors the battery in their charge, both systems must also operate independently for it is implemented in the two switch control panel with indicator lights for each system, thus can be observed when running a system and if they are activated. In the final stage of implementation is the system wiring and control panel assembly to the combustion engine startup is through a switch and a throttle on the handlebar and for the case of the electric motor has a button on the right

pedal, thus can improve the control and activation of both systems without any confusion.

Finally we conclude with performance testing of both checks system components, review of both electrical and mechanical part to verify that these are in full and correct functioning.

In terms of appearance is done to correct flaws with paint so that both internal and external appearance is appropriate.

#### **KEYS WORDS**

**Hybrid vehicle:** A hybrid vehicle is an alternatively powered vehicle that combines a motor driven by electricity from batteries and internal combustion engine.

**Electric motor:** An electric motor is an electric machine that converts electrical energy into mechanical energy through electromagnetic interactions.

**Internal combustion engine:** An internal combustion engine is a type of machine that obtains mechanical energy directly from chemical energy produced by burning fuel in a combustion chamber.

FIRMAS:	
DIRECTOR	Jhonny Patrício Barrionuevo Cox
Ing. Miguel Granja	
	Cesar Leonardo Granda Duran

## **CAPITULO 1**

## **ELECTRICIDAD - MOTORES ELECTRICOS**

## **INTRODUCCION**

Diariamente se consumen 83.7 millones de barriles de combustible fósil y, si no se invierte la tendencia, en 2020 se quemarán 112 millones de barriles diarios. En sí, estas cifras dicen poco, pero si tenemos en cuenta que ahora, en un año, se consume cuatro veces más petróleo del que se encuentra, es fácil entender por qué no hay experto que no vaticine que una gran crisis energética se avecina.

El problema ecológico empezó a plantearse ya en los años 70 por ello. A considerarse las altas emisiones producidas por los vehículos a combustión. Por otra parte como parte del desarrollo estratégico de los Estados Unidos. Empezó la búsqueda de nuevas formas de energía para disminuir la dependencia del petróleo proveniente del medio oriente.

En los últimos años la disminución de contaminantes en las grandes ciudades y la búsqueda de automóviles más eficientes ha impulsado nuevamente el desarrollo de los vehículos eléctricos e híbridos. Junto a ello fuentes generadoras estáticas de energía eléctrica, como las celdas de combustible y fuentes de almacenamiento de energía como baterías, baterías de alta densidad de potencia, ultracapacitores, entre otros.

Sin embargo existe conciencia de que las reservas de este combustible en la tierra son limitadas. Si a esto agregamos la gran inestabilidad existente en los

últimos años en el medio y la creciente preocupación por el ecosistema, encontramos que ha comenzado a tomar gran relevancia la posibilidad de utilizar formas alternativas de energía.

Generalmente, es la mecánica eléctrica la que se ocupa de poner el coche en marcha, de modo que el motor de gasolina sólo actúa como apoyo de éste. El motor eléctrico no necesita conectarse a la red eléctrica, ya que obtiene la energía de las baterías, que se recargan mediante el motor de gasolina, durante las deceleraciones o frenando y recuperando la energía cinética. Lo que supone una reducción considerable en el consumo de combustible y emisión de gases contaminantes logrando obtener un vehiculo ecológico con las mismas prestaciones que los vehículos que existen en la actualidad y con gran tendencia a la época moderna en la cual estamos comenzando a desarrollarnos.

## **ELECTRICIDAD**

#### **1.1. ORIGEN**

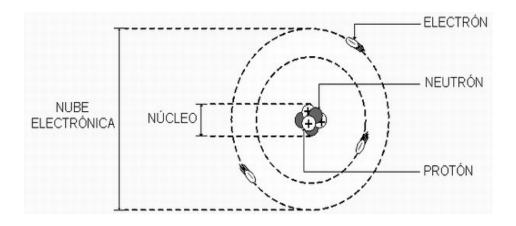


Grafico 1.1. Origen de la Electricidad

La electricidad es originada por las cargas eléctricas, en reposo o en movimiento, y las interacciones entre ellas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento relativo se ejercen también fuerzas magnéticas. Se conocen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Los átomos que conforman la materia contienen partículas subatómicas positivas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones).

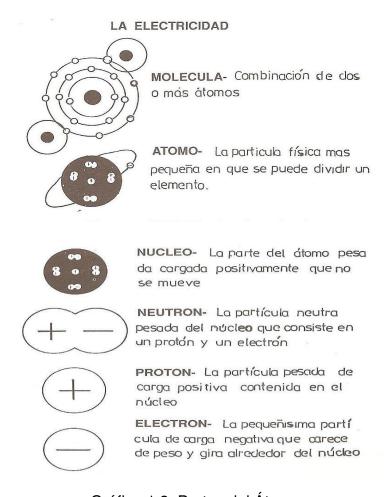


Gráfico 1.2. Partes del Átomo

La electricidad y el magnetismo son dos aspectos diferentes de un mismo fenómeno físico, denominado electromagnetismo. El movimiento de una carga

eléctrica produce un campo magnético, la variación de un campo magnético produce un campo eléctrico y el movimiento acelerado de cargas eléctricas genera ondas electromagnéticas (como en las descargas de rayos que pueden escucharse en los receptores de radio AM).

Debido a las crecientes aplicaciones de la electricidad como vector energético, como base de las telecomunicaciones y para el procesamiento de información, uno de los principales desafíos contemporáneos es generarla de modo más eficiente y con el mínimo impacto ambiental.

#### 1.2. DEFINICION DE ELECTRICIDAD:

La electricidad, del griego "elektron", cuyo significado es ámbar es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros. Se puede observar de forma natural en fenómenos atmosféricos, por ejemplo los rayos, que son descargas eléctricas producidas por la transferencia de energía entre la ionosfera y la superficie terrestre, (proceso complejo del que los rayos solo forman una parte). Otros mecanismos eléctricos naturales los podemos encontrar en procesos biológicos, como el funcionamiento del sistema nervioso. Es la base del funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia como los trenes de alta velocidad, y así mismo de todos los dispositivos electrónicos. Además es esencial para la producción de sustancias químicas como el aluminio y el cloro.

## 1.3. ELECTROSTÁTICA Y ELECTRODINÁMICA

La electrostática es la rama de la física que estudia los fenómenos resultantes de la distribución de cargas eléctricas en reposo, esto es, del campo electrostático. Los fenómenos electrostáticos son conocidos desde la antigüedad. Los griegos de siglos atrás ya sabían que al frotar ciertos objetos estos adquirían la propiedad de atraer cuerpos livianos. En 1785 el físico francés Charles Coulomb publicó un tratado donde cuantificaba las fuerzas de atracción y repulsión de cargas eléctricas estáticas y describía, por primera vez, cómo medirlas usando una balanza de torsión. Esta ley se conoce en su honor con el nombre de ley de Coulomb.

Durante el siglo XIX se generalizaron las ideas de Coulomb, se introdujo el concepto de campo eléctrico y potencial eléctrico, y se formuló la ecuación de Laplace, que determina el potencial eléctrico en el caso electrostático. Se produjeron también avances significativos en la electrodinámica, que estudia los fenómenos eléctricos producidos por cargas en movimiento. En estos fenómenos aparecen asimismo campos magnéticos, que pueden ser ignorados en el caso de circuitos con corriente eléctrica estacionaria, pero deben ser tomados en cuenta en el caso de circuitos de corriente alterna.

Finalmente, en 1864 el físico escocés James Clerk Maxwell unificó las leyes de la electricidad y del magnetismo en un sistema de cuatro ecuaciones en derivadas parciales conocidas como ecuaciones de Maxwell. Con ellas se desarrolló el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, mostrando que ambos tipos son manifestaciones del único fenómeno del electromagnetismo, que incluía también a las ondas electromagnéticas.

#### 1.3.1. Carga Eléctrica

La carga eléctrica es una propiedad que poseen algunas partículas subatómicas y que se manifiesta mediante las fuerzas observadas entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos siendo, a su vez, generadora de ellos. La interacción entre carga y campo eléctrico es la fuente de una de las cuatro interacciones fundamentales, la interacción electromagnética. La partícula que transporta la información de estas interacciones es el fotón. Estas fuerzas son de alcance infinito y no se manifiestan de forma inmediata, sino que tardan un tiempo

$$t = \frac{d}{c}$$

Donde c es la velocidad de la luz en el medio en el que se transmite y d la distancia entre las cargas.

La propiedad de atraer cuerpos ligeros después del frotamiento es común a todos los cuerpos y se conoce como electrización.

Esta circunstancia dio lugar a que se pretendiera explicar los fenómenos eléctricos imaginando que la electricidad era un conjunto de dos fluidos que, al estar superpuestos en un cuerpo determinaban en este el estado neutro pero que por frotamiento se producía un desequilibrio y que el predominio de uno de ellos determinaba la carga eléctrica del cuerpo. Esta hipótesis fue simplificada por franklin que propuso la teoría de un solo fluido según la cual una cierta cantidad del mismo determinaba el estado neutro pero un defecto o exceso daba lugar a la carga de distinto signo.

No se puede definir con precisión lo que es la carga eléctrica pero se tiene una noción intuitiva debido a los efectos que produce (atracción y repulsión).

Las cargas reciben el nombre de positivas o negativas según un convenio:

a.- Es positiva el tipo de carga que adquiere el vidrio al frotarlo con seda y es negativa el tipo de carga que adquiere el plástico al frotarlo con lana, de la interacción entre las cargas se concluye que las cargas iguales se repelen y las de signos contrarios se atraen.

Las dos partículas elementales cargadas que existen en la materia y que se encuentran de forma natural en la Tierra son el electrón y el protón, aunque pueden encontrarse otras partículas cargadas procedentes del exterior (como los muones o los piones). Todos los hadrones (como el protón y el neutrón) además, están constituidos por partículas cargadas más pequeñas llamadas quarks, sin embargo estas no pueden encontrarse libres en la naturaleza.

Cuando un átomo gana o pierde un electrón, queda cargado eléctricamente. A estos átomos cargados se les denomina iones.

En el Sistema Internacional de Unidades la unidad de carga eléctrica se denomina culombio (símbolo C) y se define como la cantidad de carga que pasa por una sección en 1 segundo cuando la corriente eléctrica es de 1 amperio. Se corresponde con la carga de  $6,24 \times 1018$  electrones aproximadamente. La carga más pequeña que se encuentra en la naturaleza es la carga del electrón (que es igual en magnitud a la del protón y de signo opuesto):  $e = 1,602 \times 10-19$  C (1 eV en unidades naturales).

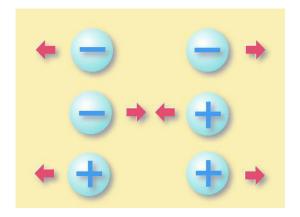


Gráfico 1.3. Carga Eléctrica

#### 1.3.2. Fuerza Entre Cargas

Coulomb fue el primero en determinar, en 1785, el valor de las fuerzas ejercidas entre cargas eléctricas. Usando una balanza de torsión determinó que la magnitud de la fuerza con que se atraen o repelen dos cargas eléctricas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de las magnitudes de cada carga e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

Donde q1 y q2 son las cargas, r es la distancia que las separa y la constante de proporcionalidad k depende del sistema de unidades.

## 1.3.3. Campo Eléctrico y Magnético

### a.- Campo Eléctrico

Campo eléctrico es el espacio que rodea una carga eléctrica en el cual puede interactuar con cualquier otra carga. La intensidad (E) de un campo eléctrico

en un punto esta dado por la fuerza (F) que ejerce el campo eléctrico sobre una carga unitaria (q) de prueba situada en dicho punto.

$$\overrightarrow{E} = \frac{\overrightarrow{F}}{q}$$

#### b.- Líneas de Campo Eléctrico

Son líneas imaginarias creadas para indicar la dirección en que experimenta fuerza la carga de prueba, en una región cualquiera del campo eléctrico y se representa sobre la carga que genera dicho campo eléctrico.

Las siguientes figuras representan por separado las líneas de fuerza de dos campos eléctricos: uno generado por una carga Q(+) y otro generado por una carga Q(-).

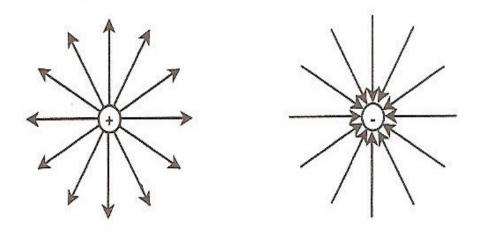
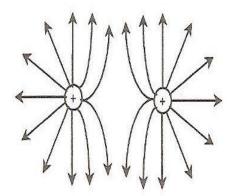


Gráfico 1.4. Líneas de Fuerza de Campo Eléctrico con (q+) y (q-)

La figura siguiente representa las líneas de fuerza de un campo debido a dos cargas eléctricas de igual signo y de signo contrario.



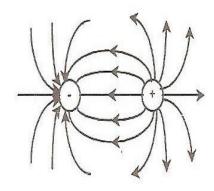


Gráfico 1.5. Líneas de Fuerza de Campo con Carga de Igual Signo

Las líneas de fuerza tienen las siguientes características:

- a.- Se inician cuando la carga es positiva y terminan cuando es negativa.
- b.- Las líneas de fuerza son continuas.
- c.- Las líneas de fuerza nunca se intersecan en una región sin cargas.

Inmediatamente junto a una carga puntual, las líneas de fuerza tienen dirección radial.

Normalmente la materia es neutra, es decir, su carga eléctrica neta es nula. Sin embargo, en su interior tiene cargas positivas y negativas y se localizan corrientes eléctricas en los átomos y moléculas, lo cual da lugar a campos eléctricos y magnéticos. En el caso de dos cargas opuestas se generan campos dipolares, como el representado en la figura de la derecha, donde las cargas de igual magnitud y signos opuestos están muy cercanas entre sí. Estos campos dipolares son la base para describir casos tan fundamentales como los enlaces iónicos en las moléculas, las características como disolvente del agua, o el funcionamiento de las antenas entre otros.

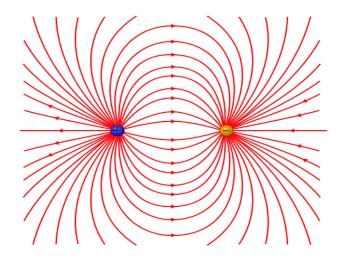


Gráfico 1.6. Líneas de Fuerza con Carga de Diferente Signo

## 1.4. ELECTROMAGNETISMO

Se denomina electromagnetismo a la teoría física que unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, cuyos fundamentos son obra de Faraday, pero fueron formulados por primera vez de modo completo por Maxwell.

A principios del siglo XIX se encontró evidencia empírica de que los fenómenos magnéticos y eléctricos estaban relacionados. A partir de esa base a eso se unificó en 1861 los trabajos de físicos como Ampère, Ohm y Faraday, en un conjunto de ecuaciones que describían ambos fenómenos como uno solo, el fenómeno electromagnético.

Se trata de una teoría de campos; las explicaciones y predicciones que provee se basan en magnitudes físicas vectoriales y son dependientes de la posición en el espacio y del tiempo. El electromagnetismo describe los fenómenos físicos macroscópicos en los que intervienen cargas eléctricas en reposo y en movimiento, usando para ello campos eléctricos y magnéticos y sus efectos

sobre la materia. Para la descripción de fenómenos a nivel molecular, atómico o corpuscular.

Esta unificación es fundamental para describir las relaciones que existen entre los campos eléctricos variables que se utilizan en la vida diaria como la corriente alterna utilizada en las redes eléctricas doméstica y los campos magnéticos que inducen. Entre otras aplicaciones técnicas, se utiliza para el cálculo de antenas de telecomunicaciones y de circuitos eléctricos o electrónicos en los que hay campos eléctricos y magnéticos variables que se generan mutuamente.

#### 1.5. CORRIENTE ELÉCTRICA

Se denomina corriente eléctrica al flujo de carga eléctrica a través de un material sometido a una diferencia de potencial. Históricamente, se definió como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de circulación de la corriente como un flujo de cargas desde el polo positivo al negativo. Sin embargo, posteriormente se observó, gracias al efecto Hall, que en los metales los portadores de carga son electrones, con carga negativa, y se desplazan en sentido contrario al convencional.

A partir de la corriente eléctrica se definen dos magnitudes: la intensidad y la densidad de corriente. El valor de la intensidad de corriente que atraviesa un circuito es determinante para calcular la sección de los elementos conductores del mismo.

a.- La intensidad de corriente (I) en una sección dada de un conductor (s)
 se define como la carga eléctrica (Q) que atraviesa la sección en una
 unidad de tiempo (t):

$$I = \frac{Q}{t}$$

b.- La densidad de corriente (j) es la intensidad de corriente que atraviesa una sección por unidad de superficie de la sección (S).

$$j = \frac{I}{S}$$

#### 1.5.1. Corriente Continua

Se denomina corriente continua (CC en español, en inglés DC, de Direct Current) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí. Es errónea la identificación de la corriente continua con la corriente constante (ninguna lo es, ni siquiera la suministrada por una batería). Es continua toda corriente cuyo sentido de circulación es siempre el mismo, independientemente de su valor absoluto.

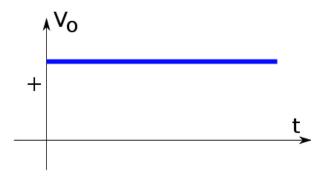


Gráfico 1.10. Representación de la Tensión en Corriente Continua

Su descubrimiento se remonta a la invención de la primera pila voltaica por parte del conde y científico italiano Alessandro Volta. No fue hasta los trabajos de Edison sobre la generación de electricidad, en las postrimerías del siglo XIX, cuando la corriente continua comenzó a emplearse para la transmisión de la energía eléctrica. Ya en el siglo XX este uso decayó en favor de la corriente alterna, que presenta menores pérdidas en la transmisión a largas distancias, si bien se conserva en la conexión de redes eléctricas de diferentes frecuencias y en la transmisión a través de cables submarinos.

Actualmente (2008) se está extendiendo el uso de generadores de corriente continua a partir de células fotoeléctricas que permiten aprovechar la energía solar frente a las soluciones convencionales (combustible fósil y energía nuclear).

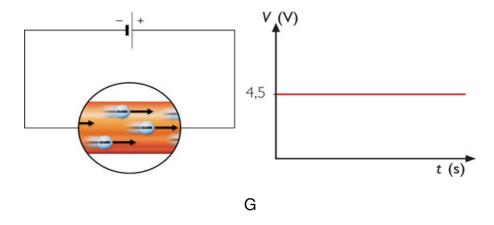


Gráfico 1.11. Flujo de Fuente Continua

#### a.- Conversión de Corriente Alterna en Continua

Muchos aparatos necesitan corriente continua para funcionar, sobre todos los que llevan electrónica (equipos audiovisuales, ordenadores, etc). Para ellos se utilizan fuentes de alimentación que rectifican y convierte la tensión a una adecuada.

Este proceso de rectificación, se realizaba antiguamente mediante dispositivos llamados rectificadores, basados en el empleo de tubos de vacío y actualmente, de forma casi general incluso en usos de alta potencia, mediante diodos semiconductores o tiristores.

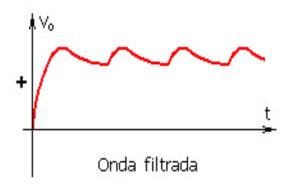


Gráfico 1.12. Rectificación de la Corriente

#### b.- Rectificación de la Tensión en Corriente Continua

Cuando es necesario disponer de corriente continua para el funcionamiento de aparatos electrónicos, se puede transformar la corriente alterna de la red de suministro eléctrico mediante un proceso, denominado rectificación, que se realiza con unos dispositivos llamados rectificadores, basados en el empleo de diodos semiconductores o tiristores (antiguamente, también de tubos de vacío).

#### c.- Polaridad

Generalmente los aparatos de corriente continua no suelen incorporar protecciones frente a un eventual cambio de polaridad, lo que puede acarrear daños irreversibles en el aparato. Para evitarlo, y dado que la causa del problema es la colocación inadecuada de las baterías, es común que los aparatos incorporen un diagrama que muestre cómo deben colocarse; así

mismo, los contactos se distinguen empleándose convencionalmente un muelle metálico para el polo negativo y una placa para el polo positivo. En los aparatos con baterías recargables, el transformador - rectificador tiene una salida tal que la conexión con el aparato sólo puede hacerse de una manera, impidiendo así la inversión de la polaridad.

En los casos de instalaciones de gran envergadura, tipo centrales telefónicas y otros equipos de telecomunicación, donde existe una distribución centralizada de corriente continua para toda la sala de equipos se emplean elementos de conexión y protección adecuados para evitar la conexión errónea de polaridad.

La polaridad de la circulación de la corriente continua, se establece por convenio desde el polo positivo hacia el polo negativo. No obstante el movimiento de electrones (cargas negativas) se produce desde el polo negativo al positivo. Y cada vez que se mueve un electrón deja un hueco positivo, que atrae a otro electrón. Este flujo de huecos, es el que se produce en sentido positivo a negativo.

#### 1.5.2. Corriente Alterna

Se denomina corriente alterna (simbolizada CA en español y AC en inglés, de Alternating Current) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal En el uso coloquial, "corriente alterna" se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas, Sin embargo, las señales de audio y de radio

transmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente alterna. En estos usos, el fin más importante suele ser la transmisión y recuperación de la información codificada (o modulada) sobre la señal de la CA.

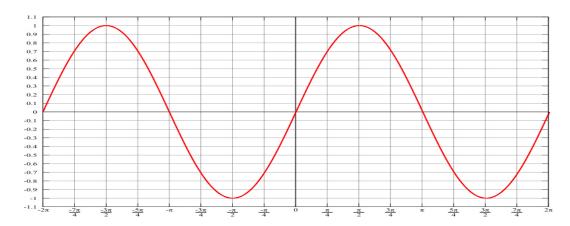


Gráfico 1.13. Corriente Alterna

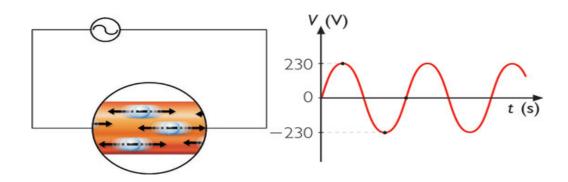


Gráfico 1.14. Flujo Corriente Alterna

#### 1.5.2.1. Corriente Trifásica

Se denomina corriente trifásica al conjunto de tres corrientes alternas de igual frecuencia, amplitud y valor eficaz que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120°, y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

La generación trifásica de energía eléctrica es más común que la monofásica y proporciona un uso más eficiente de los conductores. La utilización de electricidad en forma trifásica es mayoritaria para transportar y distribuir energía eléctrica y para su utilización industrial, incluyendo el accionamiento de motores. Las corrientes trifásicas se generan mediante alternadores dotados de tres bobinas o grupos de bobinas, arrolladas en un sistema de tres electroimanes equidistantes angularmente entre sí.

Los conductores de los tres electroimanes pueden conectarse en estrella o en triángulo. En la disposición en estrella cada bobina se conecta a una fase en un extremo y a un conductor común en el otro, denominado neutro. Si el sistema está equilibrado, la suma de las corrientes de línea es nula, con lo que el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables. En la disposición en triángulo o delta cada bobina se conecta entre dos hilos de fase, de forma que un extremo de cada bobina está conectado con otro extremo de otra bobina.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas, tales como la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica.

Tesla fue el inventor que descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna. Él inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta.

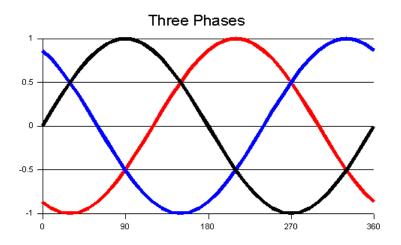


Gráfico 1.15. Corriente Trifásica

#### 1.5.2.2. Corriente Monofásica

Se denomina corriente monofásica a la que se obtiene de tomar una fase de la corriente trifásica y un cable neutro. En España y demás países que utilizan valores similares para la generación y trasmisión de energía eléctrica, este tipo de corriente facilita una tensión de 220/230 voltios, lo que la hace apropiada para que puedan funcionar adecuadamente la mayoría de electrodomésticos y luminarias que hay en las viviendas.

Desde el centro de transformación más cercano hasta las viviendas se disponen cuatro hilos: un neutro (N) y tres fases (R, S y T). Si la tensión entre dos fases cualesquiera (tensión de línea) es de 380 voltios, entre una fase y el neutro es de 220 voltios. En cada vivienda entra el neutro y una de las fases, conectándose varias viviendas a cada una de las fases y al neutro; esto se llama corriente monofásica. Si en una vivienda hay instalados aparatos de potencia eléctrica alta (aire acondicionado, motores, etc., o si es un taller o

una empresa industrial) habitualmente se les suministra directamente corriente trifásica que ofrece una tensión de 380 voltios.

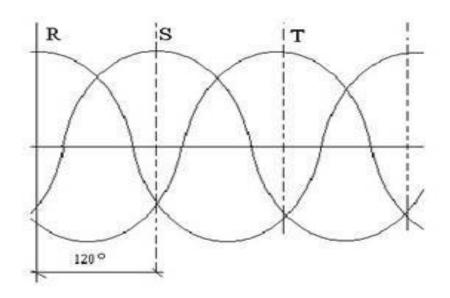


Gráfico 1.16. Corriente Monofásica

# 1.6. POTENCIA ELÉCTRICA (EFECTO JOULE)

Al circular corriente (I) por un conductor este desprende calor, fenómeno que recibe el nombre de efecto joule y es el fundamento del funcionamiento de muchos aparatos eléctricos de calentamiento.

La potencia eléctrica (P) se define como:

$$P=V \cdot I$$

$$V = V \cdot I$$
Sistema Internacional 
$$P = \frac{[J]}{[C]} \frac{[C]}{[s]} = \frac{[J]}{[s]} = Vatio = Watt(W)$$

# 1.7. MEDICIONES ELÉCTRICAS

# 1.7.1. <u>Unidades Eléctricas</u>

## a.- Culombio (C, unidad de carga eléctrica)

La introducción de las magnitudes eléctricas requiere añadir una nueva unidad fundamental a la física: la de carga eléctrica. Esta unidad, que no puede derivarse de las unidades de la mecánica, fue originalmente denominada Coulomb (término castellanizado a culombio, cuyo símbolo es C) en honor a Charles-Augustin de Coulomb, primero que midió directamente la fuerza entre cargas eléctricas. Debido a la gran dificultad de medir directamente las cargas eléctricas con precisión, se ha tomado como unidad básica la unidad de corriente eléctrica, que en el Sistema Internacional de Unidades es el amperio. La unidad de carga resulta entonces una unidad derivada, que se define como la cantidad de carga eléctrica que fluye durante 1 segundo a través de la sección de un conductor que transporta una intensidad constante de corriente eléctrica de 1 amperio:

$$C = A \cdot s$$

# b.- Voltio (V, unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz)

El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente con una intensidad de un amperio utiliza un vatio de potencia:

$$V = \frac{J}{C} = \frac{\mathbf{m}^2 \cdot \mathbf{kg}}{\mathbf{s}^3 \cdot \mathbf{A}}$$

# c.- Ohmio (Ω, unidad de resistencia eléctrica)

Un ohmio es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 voltio aplicada entre estos dos puntos produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad 1 amperio, cuando no haya fuerza electromotriz en el conductor:

$$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^3 \cdot A^2}$$

# d.- Condensador ideal cuya capacidad se expresa en faradios.

Siemens (S, unidad de conductancia eléctrica)

Un siemens es la conductancia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor que tiene un ohmio de resistencia:

$$S = \frac{1}{\Omega}$$

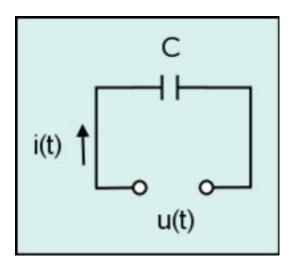


Gráfico 1.17. Esquema

## e.- Faradio (F, unidad de capacidad eléctrica).

Un faradio es la capacidad de un capacitor entre cuyas armaduras aparece una diferencia de potencial eléctrico de 1 voltio cuando está cargado de una cantidad de electricidad igual a un culombio:

$$F = \frac{A \cdot s}{V} = \frac{C}{V} = \frac{C^2}{J} = \frac{C^2}{N \cdot m} = \frac{s^2 \cdot C^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{s^4 \cdot A^2}{m^2 \cdot kg}$$

# f.- Tesla (T, unidad de densidad de flujo magnético e inductividad magnética)

Un tesla es una inducción magnética uniforme que, repartida normalmente sobre una superficie de un metro cuadrado, produce a través de esta superficie un flujo magnético total de un Weber:

$$T = \frac{Wb}{m^2} = \frac{V \cdot s}{m^2} = \frac{kg}{s^2 \cdot A}$$

## g.- Weber (Wb, unidad de flujo magnético)

Un Weber es el flujo magnético que, al atravesar un circuito de una sola espira, produce en la misma una fuerza electromotriz de 1 voltio si se anula dicho flujo en 1 segundo por decrecimiento uniforme:

$$Wb = V \cdot s = T \cdot m^2 = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2 \cdot A}$$

#### h.- Henrio (H, unidad de inductancia)

Un henrio es la inductancia de un circuito en el que una corriente que varía a razón de un amperio por segundo da como resultado una fuerza electromotriz autoinducida de un voltio:

$$H = \frac{V \cdot s}{A} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2 \cdot A^2}$$

#### 1.8. TRANSFORMADOR

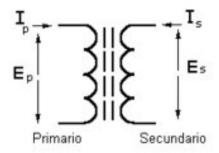


Grafico 1.18. Transformador

# 1.8.1. <u>Origen</u>

El origen del transformador se remonta a 1851, cuando el físico alemán Heinrich Daniel Ruhmkorff diseñó la llamada bobina de Ruhmkorff, precursora de los transformadores modernos. El transformador es una máquina eléctrica carente de movimiento que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia y la potencia con un alto rendimiento. Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios, según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. El funcionamiento se produce

cuando se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario. La relación teórica entre la fuerza electromotriz inductora (Ep), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (Es), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (Np) y secundario (Ns).

$$\frac{Ep}{Es} = \frac{Np}{Ns}$$

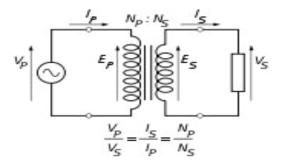


Grafico 1.19. Esquema Funcional de un Transformador.

La razón de transformación del voltaje entre el bobinado primario y el secundario depende por tanto del número de ruletas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario. En el secundario habrá el triple de tensión.

$$\frac{Np}{Ns} = \frac{Vp}{Vs}$$

Esta particularidad tiene su utilidad para el transporte de energía eléctrica a larga distancia, al poder efectuarse el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades y por tanto con pequeñas pérdidas. El transformador ha hecho posible la distribución de energía eléctrica a todos los hogares, industrias, etc. Si no fuera por el transformador tendría que acortarse la distancia que separa a los generadores de electricidad de los consumidores. El transformador lo encontramos en muchos lugares, en las lámparas de bajo consumo, cargadores de pilas, vehículos, en sótanos de edificios, en las centrales hidroeléctricas y otros generadores de electricidad. Su tamaño puede variar desde muy pequeños a enormes transformadores que pueden pesar más de 500 toneladas.

#### 1.9. MOTORES ELECTRICOS.

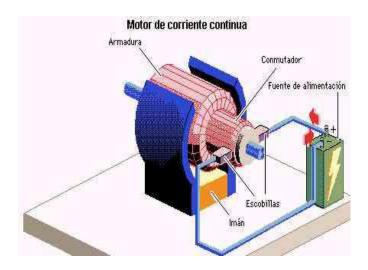
Faraday, Michael (1791-1867), fue el que descubrió el principio de el motor eléctrico el descubrió la inducción. Inducción es la generación de una corriente eléctrica en un conductor en movimiento en el interior de un campo magnético físico. A partir de ese descubrimiento se potencio el estudio sobre la electrónica.

#### 1.9.1. Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, es decir, pueden transformar

energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y de particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Una batería de varios kilogramos equivale a la energía que contienen 80 g de gasolina. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.



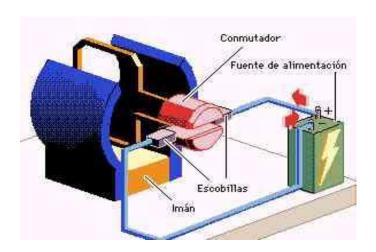


Grafico 1.20. Motor Eléctrico

## 1.9.2. Principio de Funcionamiento

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cuál establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

## 1.9.3. Ventajas

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- a.- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- b.- Se pueden construir de cualquier tamaño.

- c.- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.
- d.- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- e.- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro se emiten contaminantes.

## 1.9.4. Motores de Corriente Continua

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, par y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.)

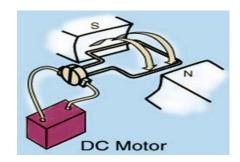


Grafico 1.21 Motor de Corriente Continua

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

Los motores de corriente continua se clasifican según la forma como estén conectados.

#### 1.9.4.1. Motor en Serie

En el motor con excitación serie, el inducido, el devanado inductor y la carga van conectados en serie. Si esta se desconecta de los bornes de salida de

motor, quedara interrumpido el circuito de excitación y por lo tanto no se producirá en el inducido tensión alguna.

# 1.9.4.2. Motor Compound

Un motor compound (o motor de excitación compuesta) es un motor de corriente continua cuya excitación es originada por dos bobinados inductores independientes; uno dispuesto en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido, inductor serie e inductor auxiliar.

#### 1.9.4.3. Motor Shunt.

El motor shunt o motor de excitación paralelo es un motor de corriente continua cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar.

#### 1.9.4.4. Motor Eléctrico sin Escobillas

Un motor eléctrico sin escobillas es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor.

Los motores eléctricos solían tener un colector de delgas o un par de anillos rozantes. Estos sistemas, que producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y

pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor.

Además de los anteriores, existen otros tipos que son utilizados en electrónica:

#### 1.9.4.5. Motor Paso a Paso

El motor PaP es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

#### 1.9.4.6. Servomotor

Servomotor puede referirse a:

- a.- Un servomotor de modelismo: dispositivo utilizado en robots y modelos radiocontrolados, compuesto por un motor y un sistema de control de posición.
- b.- Un mecanismo o sistema auxiliar.

#### 1.9.4.7. Motor sin Núcleo

Cuando se necesita un motor eléctrico de baja inercia (arranque y parada muy cortos), se elimina el núcleo de hierro del rotor, lo que aligera su masa y

permite fuertes aceleraciones, se suele usar en motores de posicionamiento (p.e. en máquinas y automática).

# 1.9.5. Motores de Corriente Alterna

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

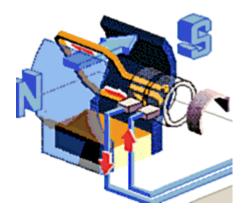


Grafico 1.22 Motor de Corriente Alterna

En algunos casos, tales como barcos, donde la fuente principal de energía es de corriente continua, o donde se desea un gran margen, pueden emplearse motores de c-c. Sin embargo, La mayoría de los motores modernos trabajan con fuentes de corriente alterna. Existe una gran variedad de motores de c-a, entre ellos tres tipos básicos: el universal, el síncrono y el de jaula de ardilla.

# **CLASIFICACION**

#### 1.9.5.1. Asíncrono o de Inducción

Los motores asíncronos o de inducción son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias.

#### 1.9.5.2. Motor Jaula de ardilla

La mayor parte de los motores, que funcionan con c-a de una sola fase, tienen el rotor de tipo jaula de ardilla. Un esquema simplificado del mismo se ve a continuación.

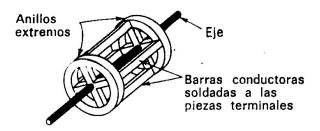


Gráfico 1.23. Motor Jaula de Ardilla

## 1.9.5.2.1. Monofásicos

 a.- Motor de arranque a resistencia, posee dos bobinas una de arranque y una bobina de campo.

- b.- Motor de arranque a condensador. posee una capacitador electrolítico en serie con la bobina de arranque la cual proporciona más fuerza al momento de la marcha y se puede colocar otra en paralelo la cual mejora la reactancia del motor permitiendo que entregue toda la potencia.
- c.- Motor de marcha.
- d.- Motor de doble capacitor.
- e.- Motor de polos sombreados.

#### 1.9.5.2.2. *Trifásicos*

a.- Motor de Inducción.

La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Un motor con carga equilibrada no requiere el uso de neutro. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V.

#### 1.9.5.3. Motor Síncrono

En este tipo de motores y en condiciones normales, el rotor gira a las mismas revoluciones que lo hace el campo magnético del estator.

Se puede utilizar un alternador como motor en determinadas circunstancias. Si se excita el campo con c-c y se alimenta por los anillos colectores a la bobina del rotor con c-a, la máquina no arrancará. El campo alrededor de la bobina

del rotor es alterno en polaridad magnética pero durante un semiperiodo del ciclo completo, intentará moverse en una dirección y durante el siguiente semiperiodo en la dirección opuesta.

El resultado es que la máquina permanece parada. La máquina solamente se calentará y posiblemente se quemará.

El rotor de un alternador de dos polos debe hacer una vuelta completa para producir un ciclo de c-a. Debe girar 60 veces por segundo, ó 3.600 revoluciones por minuto (rpm), para producir una c-a de 60 Hz. Si se puede girar a 3.600 rpm tal alternador por medio de algún aparato mecánico, como por ejemplo, un motor de c-c, y luego se excita el inducido con una c-a de 60 Hz, continuará girando como un motor síncrono.

Su velocidad de sincronismo es 3.600 rpm. Si funciona con una c-a de 50 Hz, su velocidad de sincronismo será de 3.000 rpm. Mientras la carga no sea demasiado pesada, un motor síncrono gira a su velocidad de sincronismo y solo a esta velocidad.

Si la carga llega a ser demasiado grande, el motor va disminuyendo velocidad, pierde su sincronismo y se para. Los motores síncronos de este tipo requieren todos una excitación de c-c para el campo (o rotor), así como una excitación de c-a para el rotor (o campo).

Se puede fabricar un motor síncrono construyendo el rotor cilíndrico normal de un motor tipo jaula de ardilla con dos lados planos. Un ejemplo de motor síncrono es el reloj eléctrico, que debe arrancarse a mano cuando se para. En cuanto se mantiene la c-a en su frecuencia correcta, el reloj marca el tiempo exacto. No es importante la precisión en la amplitud de la tensión.

#### 1.9.5.4. Motores Universales

El motor de c.c. serie, tal como se ha explicado, gira cuando se aplica c-c o c-a de baja frecuencia. Tal motor, llamado universal, se utiliza en ventiladores, sopladores, batidoras, taladradoras eléctricas transportables y otras aplicaciones donde se requiere gran velocidad con cargas débiles o pequeña velocidad con un par muy potente.

Una dificultad de los motores universales, en lo que a radio se refiere, son las chispas del colector y las interferencias de radio que ello lleva consigo o ruido. Esto se puede reducir por medio de los condensadores de paso, de 0,001  $\mu$ F a 0,01  $\mu$ F, conectados de las escobillas a la carcasa del motor y conectando esta a masa.

#### 1.9.5.5. Cambio de Sentido de Giro

Para efectuar el cambio de sentido de giro de los motores eléctricos de corriente alterna se siguen unos simples pasos tales como:

- a.- Para motores monofásicos únicamente es necesario invertir las terminales del devanado de arranque.
- b.- Para motores trifásicos únicamente es necesario invertir dos de las conexiones de alimentación correspondientes a dos fases de acuerdo a la secuencia de trifases.

# 1.9.5.6. Regulación de velocidad

En los motores asíncronos trifásicos existen dos formas de poder variar la velocidad, una es variando la frecuencia mediante un equipo electrónico especial y la otra es variando la polaridad gracias al diseño del motor. Esto último es posible en los motores de devanado separado, o los motores de conexión Dahlander.

# **CAPITULO 2**

# **GENERADORES Y ACUMULADORES**

# **INTRODUCCION**

La electricidad es una de las formas más útiles de la energía: se distribuye con facilidad, se conecta e interrumpe instantáneamente, y se puede convertir en energía calórica, lumínica, magnética, etc. Las maquinas que producen corriente eléctrica se llaman generadores.

El principio del generador es simple: cada vez que un conductor se mueve cerca del extremo de un imán se origina en él una diferencia de tensión eléctrica (voltaje). Esta notable propiedad del magnetismo, es decir su capacidad de crear un flujo de electrones, es todavía un misterio. Simplemente se acepta como echo de experiencia que cuando un conductor se mueve en un campo magnético nace entre sus extremos una diferencia de presión eléctrica; si conectamos ese conductor a un circuito circulara en él una corriente eléctrica.

Batería eléctrica o acumulador eléctrico es un dispositivo que almacena energía eléctrica usando procesos electroquímicos y permite devolverla luego para ser usada. Se considera un generador eléctrico secundario, pues no puede funcionar si no se le ha dado energía previamente cuando se carga.

Las baterías tienen una vida útil determinada y pueden ser muy contaminantes.

#### 2.1. DEFINICION

Los Motores y generadores eléctricos, es un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dinamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Se basan en dos principios físicos:

a. Inducción: si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se establece o se induce una corriente eléctrica en el primer conductor.

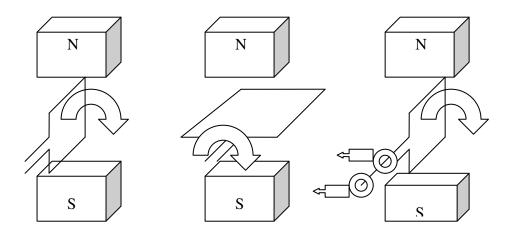


Grafico 2.1. Proceso de Inducción

Si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica sobre el conductor.

c.- El campo magnético de un imán permanente sólo tiene fuerza suficiente como para hacer funcionar una dinamo pequeña o motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes. Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el inductor, que crea el campo magnético y que suele ser un electroimán, y la armadura o inducido, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan los cables conductores.

#### 2.2. GENERADORES A GASOLINA Y DIESEL

Para la utilización de un generador a gasolina o diesel primeramente debemos saber que tipo de generador es el que necesitamos, ya que si el uso que va a dar del generador a ser largo y continuado, deberá comprarse uno diesel, pero si el uso va a ser para periodos cortos (1día, 4 horas, 2 días...) será mejor elegir uno a gasolina, ya que el diesel no llegará a rentabilizarlo.

Los generadores diesel disponen de un menor consumo y la vida del motor es mucho más larga, aunque su nivel de ruido es mucho más alto y el precio del equipo y sus reparaciones son más caras. Este tipo de generador es aconsejable para largos periodos de uso y para utilizarlos en embarcaciones.

Muchas personas también optan por estos generadores por disponer de depósitos de combustible DIESEL por disponer de calefacción a Gasoil, en

estos casos si es recomendable utilizar este tipo de generadores ya que resulta mucho más cómodo.



Grafico 2.2. Generador Diesel

Los generadores a gasolina ofrecen un nivel de ruido más bajo que los diesel además de tener un menor peso y un precio más bajo. Las reparaciones en este tipo de generadores son menos costosas.



Grafico 2.3. Generador a Gasolina

Las palabras energía nominal y máxima se las encontrará en las especificaciones de todos los generadores y es un dato muy importante en el momento de escoger el generador mas adecuado.

- a.- Energía nominal: Es la potencia que puede suministrar el generador durante un periodo prolongado sin realizar ningún esfuerzo extraordinario.
- b.- Energía máxima: Es la potencia que puede soportar el generador durante un corto periodo de tiempo, esta potencia "EXTRA" es necesaria para el momento de arranque de los motores, ya que cualquier motor siempre necesitará más potencia para el momento del arranque. (Taladradoras radiales, bombas, cortadoras.)

Los dispositivos más ampliamente utilizados para convertir la energía mecánica en eléctrica son los generadores y las dinamos. Los primeros generan corriente eléctrica alterna y los segundos, corriente eléctrica directa o continua. Además, los generadores de corriente alterna pueden ser de dos tipos: unos para generar corriente alterna monofásica y otros para generar corriente alterna trifásica.

Para que un generador o una dinamo puedan producir corriente eléctrica es necesario acoplarlo a algún tipo de máquina mecánica que permita hacer girar su rotor. En la actualidad las máquinas más empleadas para mover los generadores son las turbinas hidráulicas como las empleadas en las centrales hidroeléctricas y las turbinas de vapor utilizadas en las centrales termoeléctricas. En centrales de generación eléctrica de menor tamaño, se pueden emplear, indistintamente, turbinas hidráulicas o también de vapor, así

como motores diesel, mientras que en equipos más pequeños o portátiles por lo general se utilizan pequeños motores de gasolina para mover el generador. Los Motores y generadores eléctricos, son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor. El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampère. Si una corriente pasaba a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejercía una fuerza mecánica sobre el conductor.

La máquina dinamoeléctrica más sencilla es la dinamo de disco desarrollada por Faraday, que consiste en un disco de cobre que se monta de tal forma que la parte del disco que se encuentra entre el centro y el borde quede situada entre los polos de un imán de herradura. Cuando el disco gira, se induce una corriente entre el centro del disco y su borde debido a la acción del campo del imán. El disco puede fabricarse para funcionar como un motor mediante la aplicación de un voltaje entre el borde y el centro del disco, lo que hace que el disco gire gracias a la fuerza producida por la reacción magnética.

El campo magnético de un imán permanente es lo suficientemente fuerte como para hacer funcionar una sola dinamo pequeña o motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes. Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el campo magnético, que es el electroimán con sus bobinas, y la armadura, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan en bobinas los cables conductores.

#### 2.3. GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA

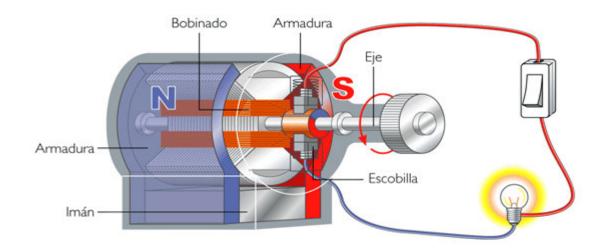


Grafico 2.4. Generador de Corriente Continua

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es

necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura. Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado. Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltajes altos. El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1.500 V. En algunas máguinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo.

Los generadores modernos de corriente continua utilizan armaduras de tambor, que suelen estar formadas por un gran número de bobinas agrupadas en hendiduras longitudinales dentro del núcleo de la armadura y conectadas a los segmentos adecuados de un conmutador múltiple. Si una armadura tiene un solo circuito de cable, la corriente que se produce aumentará y disminuirá dependiendo de la parte del campo magnético a través del cual se esté moviendo el circuito. Un conmutador de varios segmentos usado con una armadura de tambor conecta siempre el circuito externo a uno de cable que se

mueve a través de un área de alta intensidad del campo, y como resultado la corriente que suministran las bobinas de la armadura es prácticamente constante. Los campos de los generadores modernos se equipan con cuatro o más polos electromagnéticos que aumentan el tamaño y la resistencia del campo magnético. En algunos casos, se añaden interpolos más pequeños para compensar las distorsiones que causa el efecto magnético de la armadura en el flujo eléctrico del campo.

Los generadores de corriente continua se clasifican según el método que usan para proporcionar corriente de campo que excite los imanes del mismo. Un generador de excitado en serie tiene su campo en serie respecto a la armadura. Un generador de excitado en derivación, tiene su campo conectado en paralelo a la armadura. Un generador de excitado combinado tiene parte de sus campos conectados en serie y parte en paralelo. Los dos últimos tipos de generadores tienen la ventaja de suministrar un voltaje relativamente constante, bajo cargas eléctricas variables. El de excitado en serie se usa sobre todo para suministrar una corriente constante a voltaje variable.

Un magneto es un generador pequeño de corriente continua con un campo magnético permanente.

#### 2.4. TIPOS DE GENERADORES

## 2.4.1. Generador Eléctrico

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz.

Se clasifican en dos tipos fundamentales: primarios y secundarios.

- a.- Generadores primarios.- Son los que convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente.
- b.- Generadores secundarios.- Son los que entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente y se agruparán los dispositivos concretos conforme al proceso físico que les sirve de fundamento.

#### 2.4.2. Generador Síncrono

El generador síncrono es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica (en forma de rotación) en energía eléctrica.

El generador síncrono está compuesto principalmente de una parte móvil o rotor y de una parte fija o estator.

El rotor gira recibiendo un empuje externo desde (normalmente) una turbina. Este rotor tiene acoplada una fuente de "corriente continua" de excitación independiente variable que genera un flujo constante, pero que al estar acoplado al rotor, crea un campo magnético giratorio (por el teorema de

Ferraris) que genera un sistema trifásico de fuerzas electromotrices en los devanados estatóricos.

#### 2.4.3. Generadores Ideales

Desde el punto de vista teórico (teoría de circuitos) se distinguen dos tipos ideales:

- a.- Generador de voltaje: un generador de voltaje ideal mantiene un voltaje fijo entre sus terminales con independencia de la resistencia de la carga que pueda estar conectada entre ellos.
- b.- Generador de corriente: un generador de corriente ideal mantiene una corriente constante por el circuito externo con independencia de la resistencia de la carga que pueda estar conectada entre ellos.

#### 2.4.4. Generadores Primarios

Son los que convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente.

Ejemplo: El generador de Van der Graaff

Es una máquina electrostática que utiliza una cinta móvil para acumular grandes cantidades de carga eléctrica en el interior de una esfera metálica hueca. Las diferencias de potencial así alcanzadas en un generador de Van de Graaff moderno pueden llegar a alcanzar los 5 megavoltios. Las diferentes aplicaciones de esta máquina incluyen la producción de rayos X, esterilización de alimentos y experimentos de física de partículas y física nuclear.

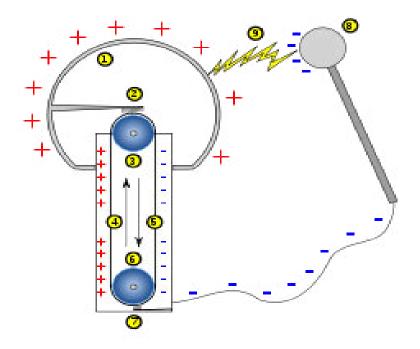


Grafico 2.5 Esquema de un Generador de Van de Graaff

- 1. Esfera metálica hueca (con carga positiva)
- Electrodo conectado a la esfera, un cepillo muy próximo (pero no en contacto) al electrodo y la correa
- 3. Rodamiento superior (por ejemplo en plexiglás)
- 4. Lado de la correa con carga positiva
- 5. Lado opuesto de la correa con carga negativa
- 6. Rodamiento inferior (metal)
- 7. Electrodo inferior (tierra)
- Dispositivo esférico con carga negativa, utilizado para descargar la esfera principal
- 9. Chispa producida por la diferencia de potencial

## 2.4.5. Generadores Inverter

Los generadores inverter están diseñados para ofrecer una tensión de salida muy estable y similar a la suministrada por las compañías eléctricas, algo que no se consigue con los generadores convencionales. Gracias a esto se consigue proteger de sobre tensiones a los aparatos electrónicos como ordenadores, equipos HIFI, televisores, DVD.

Si usted necesita alimentar su vivienda durante un tiempo prolongado y piensa alimentar aparatos electrónicos deberá elegir un generador invertir para alargar la vida de sus equipos.

Otra característica de los generadores invertir es su alto nivel de insonoración, con lo que se consigue un nivel de ruido muy bajo con el que se puede vivir sin molestia alguna.

#### 2.4.6. Generación a Pequeña Escala

#### 2.4.6.1. Grupo Electrógeno

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna. Normalmente se utiliza cuando hay déficit en la generación de energía de algún lugar, o cuando hay un corte en el suministro eléctrico y es necesario mantener la actividad. Una de sus utilidades más comunes es en aquellos lugares donde no hay suministro a través de la red eléctrica, generalmente son zonas agrícolas con pocas infraestructuras o viviendas aisladas. Otro caso es en locales de pública

concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que, a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse en caso de emergencia.

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes:

- a.- Motor de combustión interna.- El motor que acciona el grupo electrógeno suele estar diseñado específicamente para ejecutar dicha labor. Su potencia depende de las características del generador. Pueden ser motores de gasolina o diésel.
- b.- Sistema de refrigeración.- El sistema de refrigeración del motor es problemático, por tratarse de un motor estático, y puede ser refrigerado por medio de agua, aceite o aire.
- c.- Alternador.- La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor. El tamaño del alternador y sus prestaciones son muy variables en función de la cantidad de energía que tengan que generar.
- d.- Depósito de combustible y bancada.- El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de funcionamiento a plena carga según las especificaciones técnicas que tenga el grupo en su autonomía.
- e.- Sistema de control.- Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control que existen para controlar el

- funcionamiento, salida del grupo y la protección contra posibles fallos en el funcionamiento.
- f.- Interruptor automático de salida.- Para proteger al alternador, llevan instalado un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno. Existen otros dispositivos que ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo.
- g.- Regulación del motor.- El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.



Grafico 2.6. Grupo Electrógeno

## 2.7. ACUMULADORES

## Batería (Electricidad)

Batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, se le denomina al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente mediante lo que se denomina proceso de carga.



Grafico 2.7. Batería

## 2.7.1. Batería del Automotor

Se le suele denominar batería, puesto que, muchas veces, se conectan varios de ellos en serie, para aumentar el voltaje suministrado. Así, la batería de un automóvil está formada internamente por 6 elementos acumuladores del tipo plomo-ácido, cada uno de los cuales suministra electricidad con una tensión

de unos 2 V, por lo que el conjunto entrega los habituales 12 V, o por 12 elementos.

## 2.7.2. Pila

El término pila, en castellano, denomina los generadores de electricidad no recargables. Tanto pila como batería son términos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad, en los que se juntaban varios elementos o celdas — en el primer caso uno encima de otro, "apilados", y en el segundo, adosados lateralmente, "en batería", como se sigue haciendo actualmente, para así aumentar la magnitud de los fenómenos eléctricos y poder estudiarlos sistemáticamente. De esta explicación se desprende que cualquiera de los dos nombres serviría para cualquier tipo, pero la costumbre ha fijado la distinción. Ahora también existen pilas recargables, que se pueden recargar y volver a usar cuantas veces quieras.

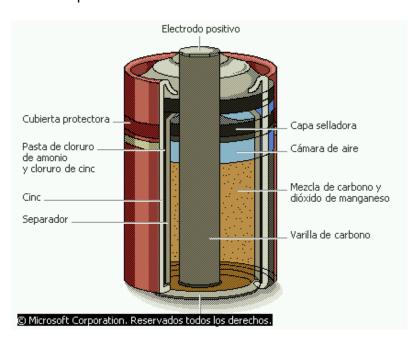


Grafico 2.8 Pila

### 2.7.3. Principios de Funcionamiento Acumuladores

El funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en algún tipo de proceso reversible; es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente se transformen en otros, que a su vez puedan retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante la carga.

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes, por extraño que parezca, en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad durante el proceso denominado electrólisis, y en los generadores voltaicos o pilas. Los investigadores del siglo XIX dedicaron numerosos esfuerzos a observar y a esclarecer este fenómeno, que recibió el nombre de polarización. Un acumulador es, así, un dispositivo en el que la polarización se lleva a sus límites alcanzables, y consta, en general, de dos electrodos, del mismo o de distinto material, sumergidos en un electrolito.

### 2.7.4. Historia

Alessandro Volta comunica su invento de la pila a la Royal London Society, el 20 de marzo de 1800.

Johann Wilhelm Ritter construyó su acumulador eléctrico en 1803. Como muchos otros que le siguieron, era un prototipo teórico y experimental, sin posible aplicación práctica.

En 1860, Gastón Planté construyó el primer modelo de acumulador de plomoácido con pretensiones de ser un aparato utilizable, lo que no era más que
muy relativamente, por lo que no tuvo éxito. A finales del siglo XIX, sin
embargo, la electricidad se iba convirtiendo rápidamente en artículo cotidiano,
y cuando Planté volvió a explicar públicamente las características de su
acumulador, en 1879, tuvo una acogida mucho mejor, de modo que comenzó
a ser fabricado y utilizado casi inmediatamente, iniciándose un intenso y
continuado proceso de desarrollo para perfeccionarlo y soslayar sus
deficiencias, proceso que dura hasta nuestros días.

Thomas Alva Edison inventó, en 1900, otro tipo de acumulador con electrodos de hierro y níquel, cuyo electrolito es la potasa cáustica (KOH). Empezaron a comercializarse en 1908, y son la base de los actuales modelos alcalinos, ya sean recargables o no.

También hacia 1900, en Suecia, Junger y Berg inventaron el acumulador Ni-Cd, que utiliza ánodos de cadmio en vez de hierro, siendo muy parecido al de ferroníquel en las restantes características.

### 2.7.5. Tipos de Acumuladores

- a. Por lo que a sus tamaños y otras características externas se refiere, puede haber varios tipos, ya que muchas de ellas son comunes a pilas y acumuladores y están normalizadas.
- b. Por lo que a su naturaleza interna se refiere, se encuentran habitualmente en el comercio acumuladores de los siguientes tipos:

#### 2.7.5.1. Acumulador de Plomo

Está constituido por dos electrodos de plomo, de manera que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo (II) (PbSO4) incrustado en una matriz de plomo metálico (Pb); el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico. Este tipo de acumulador se sigue usando aún en muchas aplicaciones, entre ellas en los automóviles. Su funcionamiento es el siguiente:

- a.- Durante el proceso de carga inicial, el sulfato de plomo (II) es reducido a plomo metal en el polo negativo, mientras que en el ánodo se forma óxido de plomo (IV) (Pb O2). Por lo tanto, se trata de un proceso de dismutación. No se libera hidrógeno, ya que la reducción de los protones a hidrógeno elemental está cinéticamente impedida en una superficie de plomo, característica favorable que se refuerza incorporando a los electrodos pequeñas cantidades de plata. El desprendimiento de hidrógeno provocaría la lenta degradación del electrodo, ayudando a que se desmoronasen mecánicamente partes del mismo, alteraciones irreversibles que acortarían la duración del acumulador.
- b.- Durante la descarga se invierten los procesos de la carga. El óxido de plomo (IV) es reducido a sulfato de plomo (II), mientras que el plomo elemental es oxidado para dar igualmente sulfato de plomo (II). Los electrones intercambiados se aprovechan en forma de corriente eléctrica por un circuito externo. Se trata, por lo tanto, de una conmutación. Los procesos elementales que trascurren son los siguientes:

PbO2 + 2 H2SO4 + 2 e- -> 2 H2O + PbSO4 + SO42-

Pb + SO42- -> PbSO4 + 2 e-

En la descarga baja la concentración del ácido sulfúrico, porque se crea sulfato de plomo (II) y aumenta la cantidad de agua liberada en la reacción. Como el ácido sulfúrico concentrado tiene una densidad superior a la del ácido sulfúrico diluido, la densidad del ácido puede servir de indicador para el estado de carga del dispositivo.

No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente, porque, cuando el sulfato de plomo (II) forma cristales muy grandes, ya no responden bien a los procesos indicados, con lo que se pierde la característica esencial de la reversibilidad. Se dice entonces que el acumulador se ha sulfatado y es necesario sustituirlo por otro nuevo.

Los acumuladores de este tipo que se venden actualmente utilizan un electrolito en pasta, que no se evapora y hace mucho más segura y cómoda su utilización.



Grafico 2.9. Acumulador de Plomo

#### 2.7.5.2. Batería Alcalina

También denominada de ferroníquel, sus electrodos son láminas de acero en forma de rejilla con panales rellenos de óxido niqueloso (NiO), que constituyen el electrodo positivo, y de óxido ferroso (FeO), el negativo, estando formado el electrolito por una disolución de potasa cáustica (KOH). Durante la carga se produce un proceso de oxidación anódica y otro de reducción catódica, transformándose el óxido niqueloso en niquélico y el óxido ferroso en hierro metálico. Esta reacción se produce en sentido inverso durante la descarga. En 1866, George Leclanché inventa en Francia la "pila seca" (Zinc-Dióxido de Manganeso), sistema que aún domina el mercado mundial de las baterías primarias. Las pilas alcalinas (de "alta potencia" o "larga vida") son similares a las de Leclanché, pero, en vez de cloruro de amonio, llevan cloruro de sodio o de potasio. Duran más porque el zinc no está expuesto a un ambiente ácido como el que provocan los iones amonio en la pila convencional. Como los iones se mueven más fácilmente a través del electrolito, produce más potencia y una corriente más estable.

Su mayor costo se deriva de la dificultad de sellar las pilas contra las fugas de hidróxido. Casi todas vienen blindadas, lo que impide el derramamiento de los constituyentes. Sin embargo, este blindaje no tiene duración ilimitada. Las celdas secas alcalinas son similares a las celdas secas comunes, con las excepciones siguientes:

- a. El electrolito es básico (alcalino), porque contiene KOH
- b. La superficie interior del recipiente de Zn es áspera; esto proporciona un área de contacto mayor.

Las baterías alcalinas tienen una vida media mayor que las de las celdas secas comunes y resisten mejor el uso constante.

El voltaje de una pila alcalina es cercano a 1,5 v. Durante la descarga, las reacciones en la celda seca alcalina son:

**Ánodo:** Zn (S) + 2 OH- (ac)  $\rightarrow$  Zn (OH)2(s) +2 e-

**Cátodo:** 2 MnO2 (S) + 2 H2 O (I) + 2 e-  $\rightarrow$  2MnO (OH) (s) + 2 OH-(ac)

**Global:** Zn (s) +2 MnO2 (s) 2H2O(l)  $\rightarrow$  Zn (OH)2(ac) + 2MnO (OH) (s)

El ánodo está compuesto de una pasta de zinc amalgamado con mercurio (total 1%), carbono o grafito.

Se utilizan para aparatos complejos y de elevado consumo energético. En sus versiones de 1,5 voltios, 6 voltios y 12 voltios se emplean, por ejemplo, en mandos a distancia (control remoto) y alarmas.

# 2.7.5.3. Baterías Alcalinas de Manganeso

Con un contenido de mercurio que ronda el 0,1% de su peso total, es una versión mejorada de la pila anterior, en la que se ha sustituido el conductor iónico cloruro de amonio por hidróxido potásico (de ahí su nombre de alcalina). El recipiente de la pila es de acero, y la disposición del zinc y del óxido de manganeso (IV) es la contraria, situándose el zinc, ahora en polvo, en el centro. La cantidad de mercurio empleada para regularizar la descarga es mayor.

Esto le confiere mayor duración, más constancia en el tiempo y mejor rendimiento. Por el contrario, su precio es más elevado. También suministra

una fuerza electromotriz de 1,5 V. Se utiliza en aparatos de mayor consumo como: grabadoras portátiles, juguetes con motor, flashes electrónicos.

El ánodo es de zinc amalgamado y el cátodo es un material polarizador que es en base a dióxido de manganeso, óxido mercúrico mezclado íntimamente con grafito, y en casos extraños óxido de plata Ag2O (estos dos últimos son de uso muy costoso, peligrosos y tóxicos), a fin de reducir su resistividad eléctrica. El electrolito es una solución de hidróxido potásico (KOH), el cual presenta una resistencia interna bajísima, lo que permite que no se tengan descargas internas y la energía pueda ser acumulada durante mucho tiempo. Este electrolito, en las pilas comerciales es endurecido con gelatinas o derivados de la celulosa.

Este tipo de pila se fabrica en dos formas. En una, el ánodo consta de una tira de zinc corrugada, devanada en espiral de 0.051 a 0.13 mm de espesor, que se amalgama después de armarla. Hay dos tiras de papel absorbente resistente a los álcalis interdevanadas con la tira de papel de zinc, de modo que el zinc sobresalga por la parte superior y el papel por la parte inferior. El ánodo está aislado de la caja metálica con un manguito de poliestireno. La parte superior de la pila es de cobre y hace contacto con la tira de zinc para formar la terminal negativa de la pila. La pila está sellada con un ojillo o anillo aislante hecho de neopreno. La envoltura de la pila es químicamente inerte a los ingredientes y forma el electrodo positivo.

## **Alcalinas**

- Zinc 14% (ánodo) Juguetes, tocacintas, cámaras fotográficas, grabadoras.
- Dióxido de Manganeso 22% (cátodo).

Carbón: 2%.

Mercurio: 0.5 a 1% (ánodo).

Hidróxido de Potasio (electrolito).

Plástico y lámina 42%.

Contiene un compuesto alcalino, llamado Hidróxido de Potasio. Su duración es seis veces mayor que la de las de zinc-carbono. Está compuesta por Dióxido de Manganeso, Hidróxido de Potasio, pasta de Zinc amalgamada con Mercurio (en total 1%), Carbón o Grafito. Según la Directiva Europea del 18 de marzo de 1991, este tipo de pilas no pueden superar la cantidad de 0.025% de mercurio.

Este tipo de baterías presenta algunas desventajas:

 Una pila alcalina puede contaminar 175.000 litros de agua, que llega a ser el consumo promedio de agua de toda la vida de seis personas.

Una pila común, también llamada de zinc-carbono, puede contaminar
 3.000 litros de agua.

 Zinc, Manganeso, Bismuto, Cobre y Plata: Son sustancias tóxicas, que producen diversas alteraciones en la salud humana. El Zinc, Manganeso y Cobre son esenciales para la vida, en cantidades mínimas, tóxico en altas dosis. El Bismuto y la Plata no son esenciales para la vida.

# 2.7.5.4. Baterías de Plomo (Pb)

Tienen ciertas desventajas, como que no admiten sobrecargas ni descargas, viendo seriamente disminuida su vida útil Voltaje proporcionado: 2V Densidad

de energía: 30 Wh/Kg Capacidad usual: 7 a 960 Amperios (Se utilizan para automoción) Efecto memoria: medio.

## 2.7.5.5. Baterías de Níquel-Cadmio (Ni-Cd)

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de un compuesto de cadmio. El electrolito es de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, lo que hace que tengan poca capacidad. Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten mas carga, aunque no la almacena. Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento. Voltaje proporcionado: 1,2V Densidad de energía: 50 Wh/Kg Capacidad usual: 0.5 a 1.0 Amperios (en pilas tipo AA) Efecto memoria: muy Alto.

# 2.7.5.6. Baterías de Níquel-hidruro Metálico (Ni-MH)

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado efecto memoria. No admiten bien el frío extremo, reduciendo drásticamente la potencia eficaz que puede entregar. Voltaje proporcionado: 1,2V Densidad de energía: 80 W/Kg Capacidad usual: 0.5 a 2.8 Amperios (en pilas tipo AA) Efecto memoria: bajo.

### 2.7.5.7. Baterías de lones de Litio (Li-ion)

Las baterías de iones de litio (Li-ion) utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO4) u óxido de manganeso. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas, y sufren mucho cuando estas suceden por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la carga excesiva, como la descarga completa. Apenas sufren el efecto memoria y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil. No admiten bien los cambios de temperatura.

Voltaje proporcionado: 2.0V Densidad de energía: 115 W/Kg Capacidad usual: 1.5 a 2.8 Amperios (en pilas tipo AA) Efecto memoria: muy bajo.

### 2.7.5.8. Baterías de Polímero de Litio (Li-poli)

Son una variación de las baterías de iones de litio (Li-ion). Sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración, como manos libres bluetooth.

#### 2.7.5.9. Pilas de Combustible

La pila de combustible no se trata de un acumulador propiamente dicho, aunque sí convierte energía química en energía eléctrica y es recargable. Funciona con hidrógeno. (Otros combustibles como el metano o el metanol son usados para obtener el hidrógeno).

### 2.7.5.10. Capacitor de Alta Capacidad

Aunque los condensadores de alta capacidad no sean acumuladores electroquímicos en sentido estricto, en la actualidad se están consiguiendo capacidades lo suficientemente grandes (varios faradios, F) como para que se los pueda utilizar como batería cuando las potencias a suministrar sean pequeñas, en relación a su capacidad de almacenamiento de energía. Por ello se usan como batería en algunos relojes de pulsera, que recogen la energía en forma de luz a través de células fotovoltaicas, o mediante un pequeño generador accionado mecánicamente por el muelle de la cuerda del reloj.

Aunque funcionan como acumuladores se les suele llamar "condensadores", ya que condensan o almacenan la corriente eléctrica aunque esta fluctúe en el circuito.

## 2.7.6. Efecto Memoria

En el que en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada), reduciendo la

capacidad de almacenar energía, al crearse cristales en el interior de la batería.

## 2.7.7. Parámetros de un Acumulador

- a. La tensión o potencial (en voltios) es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador conviene al uso a que se le destina. Viene fijado por el potencial de reducción del par redox utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento.
- b. La corriente que puede Almacenar el elemento, medida en ampere (A), es el segundo factor a considerar. Especial importancia tiene en algunos casos la corriente máxima obtenible (Ah); p. Ej., los motores de arranque de los automóviles exigen esfuerzos muy grandes de la batería cuando se ponen en funcionamiento (decenas de A), pero actúan durante poco tiempo.
- c. La capacidad eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en A. La unidad SI es el coulomb (C).
- d. La energía que puede suministrar una batería se mide habitualmente en
   Wh (vatios-hora); la unidad SI es el julio.

1 Wh = 
$$3600 J = 3.6 kJ$$
; 1 J =  $0.278 mWh$ 

Téngase en cuenta, sin embargo, que, cuando le den indicaciones en el cuerpo de las baterías o en sus envases, como Cárguese a 120 mA durante 12 horas, si la capacidad del acumulador fuesen 1200 mAh, se le debería aplicar una corriente de carga de 120 mA durante el número de horas indicado. 120\*12 = 1440, por lo que para cargar la batería 240 mA se han

convertido en forma de calor dentro de la batería y 1200 mA se han almacenado en la batería.

1 Ah = 1000 mAh = 3600 C

1 C = 1 Ah/3600 = 0,278 mAh.

- i.- La resistencia de los acumuladores es muy inferior a la de las pilas, lo que les permite suministrar cargas mucho más intensas que las de éstas, sobre todo de forma transitoria. Por ejemplo, la resistencia interna de un acumulador de plomo-ácido es de 0,006 ohm, y la de otro de Ni-Cd, de 0,009 ohm.
- f.- Otra de las características importantes de un acumulador es su masa o su peso, y la relación entre ella y la capacidad eléctrica (A/kg) o la energía (W/kg) que puede restituir. En algunos casos puede ser también importante el volumen que ocupe (en m3 o en litros).
- g.- El rendimiento es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga. El acumulador de plomo-ácido tiene un rendimiento de más del 90%. las baterías Ni-CD un 83%.

# 2.7.8. Las Baterías como Contaminantes

Como se ha visto, las baterías contienen metales pesados y compuestos químicos, muchos de ellos perjudiciales para el medio ambiente. Es muy importante no tirarlas a la basura (en la mayoría de los países eso no está permitido), y llevarlas a un centro de reciclado. Actualmente, la mayoría de los

proveedores y tiendas especializadas también se hacen cargo de las baterías gastadas.

La liberación del mercurio contenido en pilas ha ocurrido a consecuencia del uso de tres tipos de pilas: las de óxido de mercurio, las de C-Zn y las alcalinas. En el primer tipo, el contenido de dicho metal es del 33%, y se usaron tanto en su presentación de botón como en otros tamaños, a partir de 1955. Teóricamente, se dejaron de producir en 1995, aunque hay fuentes de información que indican que dicho proceso continúa en Asia y se distribuyen en el mercado internacional. Para el segundo y tercer tipo de pilas, se sabe que durante varias décadas, antes de 1990, se les agregaba mercurio (entre 0,5 a 1,2%) para optimizar su funcionamiento, siendo las alcalinas las de mayor contenido; también el carbón que contienen algunas veces está contaminado con este metal de manera natural. En 1999, el INE solicitó un análisis de muestras de tres diferentes marcas de pilas del tipo AA, de consumo normal en México, de las cuales dos eran de procedencia asiática (de C-Zn) y una alcalina de procedencia europea. Los resultados fueron los siguientes: para las de procedencia asiática, los valores obtenidos fueron de 0,18 mg/kg y de 6,42 mg/kg; en cuanto a la de procedencia europea el resultado fue de 0,66 mg/kg; dichas cantidades, equivalentes a partes por millón, no rebasan los límites de 0,025% establecidos en el Protocolo sobre metales pesados adoptado en 1998 en Aarhus, Dinamarca, por los países miembros de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE). El muestreo anterior fue un hecho aislado y sería conveniente en un futuro seguir analizando el contenido de mercurio en el mayor número de marcas posibles. En México, otras fuentes de mercurio la constituyen la industria de cloro/sosa, que lo utiliza en su proceso; también productos como termómetros, varios tipos de interruptores y lámparas fluorescentes. Según información oficial ya no se extrae mercurio en México, aunque se dispone de datos sobre importación por un monto de 130 toneladas en los últimos tres años. El mercurio es un contaminante local y global por excelencia. La química ambiental correspondiente a este metal tóxico es muy compleja, dadas sus propiedades; se evapora a temperatura ambiente y sus átomos viajan lejos; al ser depositado en los cuerpos de agua se transforma en mercurio orgánico (metil-mercurio) por mecanismos aeróbicos o anaeróbicos; es así como se contaminan, entre otros, los pescados y mariscos. Otra forma de intoxicación por mercurio es la inhalación de los vapores emitidos por el mercurio en su forma metálica en ambientes cerrados. El metil-mercurio puede atravesar la placenta, acumularse, y provocar daño en el cerebro y en los tejidos de los neonatos, quienes son especialmente sensibles a esta sustancia. También puede existir exposición al mercurio a través de la leche materna; en este caso, los efectos pueden provocar problemas de desarrollo, retrasos en el andar, en el habla o mentales, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En adultos, la exposición constante, a través de la ingesta de alimentos contaminados, pescados por lo general, puede provocar cambios de personalidad, pérdida de visión, memoria o coordinación, sordera o problemas en los riñones y pulmones. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera al metil-mercurio y sus compuestos como posiblemente carcinogénico en seres humanos (Grupo 2B). El metil-mercurio, que es la forma más tóxica, se acumula en los tejidos de los peces; los especímenes de mayor tamaño y de mayor edad tienden a concentrar niveles de mercurio más altos.

Manganeso, dado que los tipos de pila más consumidos son alcalinas y C-Zn (aproximadamente el 76% del consumo total de pilas y baterías), el óxido de manganeso contenido en ellas es el contaminante que en mayor volumen se ha liberado al medio ambiente en las últimas cuatro décadas, lo que representa aproximadamente 145,917 toneladas (cuadro 10). Respecto de los efectos adversos ocasionados en la salud humana por esta sustancia, diversos estudios sugieren efectos neurológicos serios por exposición oral al manganeso. Por ejemplo, un estudio hecho por la OMS reporta que en 1981 se notificó una intoxicación en una comunidad de Japón, debida a que cerca de un pozo de agua se enterraron aproximadamente 400 piezas de pilas a una distancia aproximada de dos metros, lo cual provocó 16 casos de envenenamiento; tres fueron fatales (incluyendo un suicidio). Los niveles de manganeso detectados en el agua de ese pozo fueron de 14 miligramos por litro, mientras que en otros dos pozos los niveles alcanzaron 8 y 11 miligramos por litro. Los sujetos de la comunidad exhibieron desórdenes de tipo psicológico y neurológico asociados a la intoxicación.

# 2.7.9. <u>Tabla Comparativa de los Diferentes Tipos de Acumulador</u>

Tipo	Energía /	Tensión por elemento	Duración (número de	Tiempo de	Auto-descarga por mes (% del
	peso	(V)	recargas)	carga	total)
Plomo	30-50 W/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Cd	48-80 W/kg	1,25 V	500	10-14h *	30%
Ni-H	60-120 W/kg	1,25 V	1000	2h-4h	20 %
Li-ion	110-160 W/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1.5h	10%

Tabla 2.1 Tipos de Acumulador

Las baterías de Ni-Cd se pueden cargar hasta en 30 minutos, con cargas rápidas, pero disminuye su vida, y se calientan en exceso, siendo las únicas que admiten este tipo de carga.

# **CAPITULO 3**

# LOS HIBRIDOS

# **HISTORIA MILENARIA**

Los vehículos híbridos son la sensación del momento, pero aunque no lo parezca, su historia es tan antigua como la del auto convencional, el de gasolina.

En realidad, el primer vehículo híbrido es tan antiguo como el auto con motor de combustión, pues en el año 1900, Ferdinand Porsche presenta el primer vehículo mixto, impulsado por gasolina y electricidad y con tracción a las cuatro ruedas, bautizado con el nombre: Lohner Porsche Mixte.

El Lohner Porsche estaba impulsado por cuatro motores eléctricos, ubicados en el cubo de las ruedas, que transmitía directamente su fuerza de 2,5 CV, obtenida a 120 rpm, a cada uno de los neumáticos. A su vez, a través de ellos y de una correa mecánica, colocada en el eje trasero, permitía frenar las cuatro ruedas a la vez, siendo el primer automóvil en equipar un sistema de frenado integral. Sólo se fabricó una unidad que utilizaba una batería recargable de 80 voltios con autonomía para 50 km. Pesaba 1 205 kg y alcanzaba una velocidad máxima de 50 km/h. Los especialistas de la época citan, entre sus virtudes, su extremada eficiencia y su insonorización, gracias a la transmisión casi directa de la potencia a las ruedas. Desde ese entonces se hicieron muy pocos esfuerzos por popularizar

a los vehículos híbridos, hasta que en 1969, GM presenta un prototipo con tecnología híbrida, un biplaza llamado XP-883.

El XP-883 tenía una carrocería de fibra de vidrio para reducir peso, un motor de 574 cm3 y otro motor eléctrico propulsado por seis baterías de ácido, como las de cualquier otro vehículo de la época, que proporcionaba una velocidad de unos 16km/h.

La disposición de los elementos era casi igual a la de los híbridos actuales. Las baterías justo detrás de los asientos traseros, y unos alternadores situados en las ruedas mantenían las baterías cargadas. Además, el modelo XP-883 se podía enchufar directamente a un conector de pared en casa.

De este modo, el GM XP-388 se convirtió en el primer coche híbrido de la marca americana. Si entonces no se hubiera descartado el prototipo, quizá actualmente las baterías, el mayor problema de los híbridos, darían para más.

# **LO MÁS RECIENTE**

- Entre finales de los 70 y mediados de los 80, algunas empresas como Mercedes
   Benz, Audi, VW y Toyota hacen estudios sobre tecnologías híbridas.
- En 1982, Mercedes saca el primer prototipo de un auto híbrido como lo conocemos ahora.
- VW y Audi construyen algunos prototipos a finales de los 80. De hecho, VW construye una pequeña flota (20 autos) de híbridos con el objetivo de probar la

tecnología. Para ello se requirió que un grupo de personas conduzca los autos durante un período de tres años.

- En 1989 Audi presentó el Audi Duo, el primer prototipo con sistema de conducción híbrida y, en 1996, fue el primer fabricante europeo en producir un vehículo híbrido en serie, el Audi duo III.
- En 1997 Toyota introduce el Prius. El primer auto híbrido producido en masa.



Grafico 3.1 Hibrido de Toyota

#### 3.1. SIGNIFICADO

Se denomina vehículo híbrido a aquel que se mueve gracias a la propulsión de más de un tipo de fuente de energía. Un híbrido eléctrico es por tanto un vehículo movido por energía eléctrica proveniente de baterías y, alternativamente, de un motor de combustión interna.

En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico, básicamente a base de gasolina, es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone de un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia.

Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga las baterías del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería.

En algunos casos es posible inclusive recuperar la energía cinética generada al frenar, que suele disiparse en forma de calor en los frenos, convirtiéndola en energía eléctrica. Este tipo de frenos se suelen llamar "regenerativos".

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Los autos eléctricos, en cambio, utilizan baterías cargadas por una fuente externa de energía, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los vehículos híbridos.

#### 3.2. DEFINICION DE UN VEHICULO DE MOTOR HIBRIDO

Es Un vehículo de motor híbrido aquel que utiliza más de una fuente de energía, es decir, ya sea este un motor de combustión interna o un motor eléctrico.

Un vehículo eléctrico híbrido es un vehículo de propulsión alternativa movido por energía eléctrica la cual proveniente de baterías y, alternativamente, de un motor de combustión interna que mueve un generador. Normalmente, el motor también puede impulsar las ruedas en forma directa.

En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga las baterías del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería.

En algunos 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 "regenerativos".

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Todos los vehículos eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los coches híbridos.

#### 3.3. CARACTERISTICAS

Las características básicas de diseño de estos automóviles con propulsores híbridos son: la incorporación de motores de baja cilindrada y una carrocería construida en materiales ligeros con una aerodinámica optimizada para minimizar la resistencia del viento, y compensar así el peso de las baterías.

La comercialización de estos automóviles híbridos pretende conseguir una amplia serie de ventajas frente a los automóviles tradicionales, sin que se produzcan pérdidas sustanciales tanto en el rendimiento del vehículo, como en su autonomía y seguridad.

# 3.3.1. Motor de Combustión Interna

Los vehículos híbridos vienen incorporados con un motor de combustión interna de poco cilindraje con características similares a los vehículos tradicionales con un

régimen máximo de operación alrededor de 4500 RPM y ofrece una eficiencia muy importante ya que incorpora un ciclo tipo ATKINSON en el cual la duración de compresión y expansión se puede fijar independientemente.

#### 3.3.1.1. Ciclo Atkinson

El motor de ciclo Atkinson es un tipo de motor de combustión interna, inventado por James Atkinson en 1882. El ciclo Atkinson se diseñó para ofrecer mayor eficiencia a expensas de la potencia, se están empezando a aplicar en las aplicaciones hibridas modernas.

El ciclo Atkinson puede usarse en una máquina rotativa. Este tipo de máquina retiene una fase de potencia por revolución, junto con los diferentes volúmenes de compresión y de expansión, del ciclo original Atkinson. Los gases de escape se expelen de la máquina por aire comprimido. Esta modificación del ciclo Atkinson permite el uso alternativo de combustible tipo Diesel e hidrógeno.

#### a.- Diseño

El motor de ciclo Atkinson original, está basado en el de ciclo Otto.

La relación de expansión difiere del de compresión, eso provoca que pueda alcanzar mayor eficiencia que un motor de ciclo Otto.

Mientras que el motor que diseñó Atkinson no es más que una anécdota histórica, el ciclo Atkinson está siendo implantado en nuevos motores gracias a que ofrece

una importante reducción del consumo de combustible con respecto al ciclo Otto.

La desventaja de un motor con ciclo Atkinson sobre el tradicional de ciclo Otto es que ofrece menos potencia.

Actualmente existen varios modelos de coches que montan un motor de ciclo Atkinson, todos ellos en combinación con motores eléctricos, dando lugar a los llamados coches híbridos. Entre estos vehículos destacan el Toyota Prius, el Ford Escape y el Lexus RX 450h.

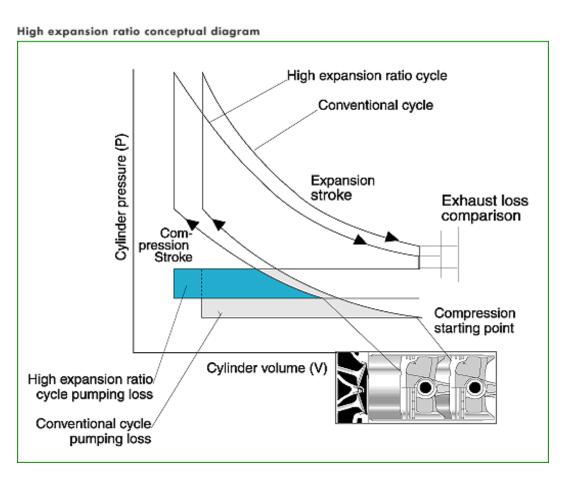


Grafico 3.2. Ciclo termodinámico de un motor atkinson

# 3.3.2. Moto-generadores

En este sistema se encuentran motores generadores trifásicos que trabajan en una tensión aproximada de 500 VCA cada uno de estos motores cumple con una función especifica y son denominados MG1 y MG2.

La corriente alterna es lograda gracias a la electrónica del inversor, por ejemplo en el caso del TOYOTA PRIUS, el moto generador (MG!) se encarga de generar carga que se distribuye entre la batería y el moto generador 2 (MG2), y el moto generador 2 (MG2) se encarga de alternar con el motor de combustión interna el movimiento del vehículo tanto en marcha hacia adelante hacia atrás, todo este proceso de funcionamiento es controlado por la unidad de control del sistema hibrido ECU HV.

Como parte estratégica adicional del motor MG2 está la de funcionar como generador de corriente para restablecer carga a la batería., en el caso del MG2 solo lo realiza en el frenado el cual se lo a denominado como freno Regenerativo, es decir cuando el vehículo baja su velocidad el MG2 toma energía cinética de la disminución de velocidad y después la transforma en energía eléctrica que por medio del inversor va a la batería de alto voltaje HV.

Con esto se logra una gran eficiencia al sistema ya que esta energía que antes era perdida, es aprovechada como carga a la batería, sin embargo estos vehículos trabajan con sistema de frenos hidráulicos similar a la de cualquier vehículo con sistema ABS, con la diferencia que en este caso también posee control electrónico de presión de frenado EBD.

Para arrancar el motor de combustión interna existen varias maneras que incorporan los moto generadores ya que no se cuenta con un motor de arranque convencional, en estado detenidos el arranque lo realiza el MG1 y el movimiento se logra por la unión de los dos MG1 y MG2, todos los movimientos del vehículo son posibles gracias a un sistema de transmisión continua el cual incorpora un eficiente sistema de planetarios que relaciona el movimiento del vehículo con el motor de combustión y los moto generadores MG1 y MG2.

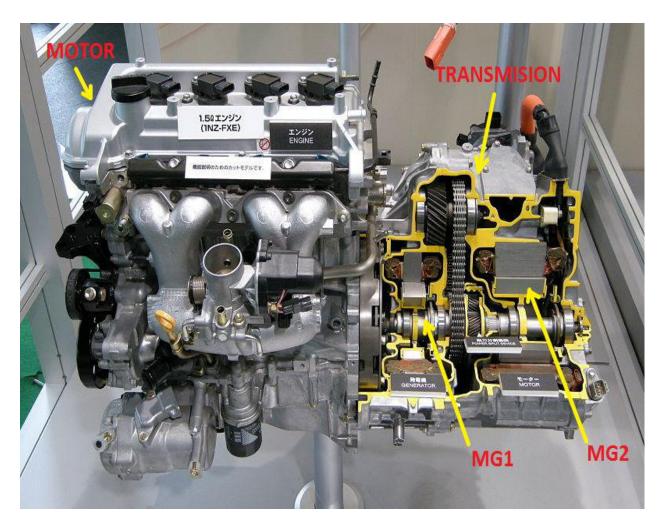


Grafico 3.3. Esquema del conjunto motor de combustión y MG1-MG2

# 3.3.3. Sistema Inversor

Este componente del sistema hibrido es una de las partes principales y fundamentales, este inversor posee en si interior una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos pero su funcionamiento es controlado por la unidad de control del sistema hibrido ECU HV así como también generar cualquier tipo de diagnostico del mismo incluido los DTC.

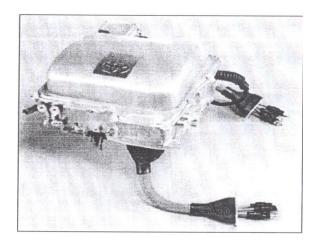


Grafico 3.4 Inversor Toyota Prius

# 3.3.3.1. **Funciones**

a.- Permitir el control de los moto generadores MG1-MG2 mediante un circuito interno que toma tensión de la batería de alto voltaje HV la cual se encuentra en 220 VDC aproximadamente y por medio de un circuito genera corriente en tres fases para poder mover los motores eléctricos.

- b.- Permitir mediante la tensión alta de la batería generar una corriente alterna en tres fases que es utilizada para mover un motor eléctrico de frecuencia variable que acciona el mecanismo del aire acondicionado ya que el motor de combustión se apaga por momentos aunque este en movimiento debe tener la capacidad para accionar otros mecanismos que generalmente el motor de combustión lo realiza.
- c.- Convertir la tensión de la batería de lato voltaje a 12V para mantener la carga de la batería de 12V la cual es utilizada para accesorios.
- d.- Permitir la carga de la batería de alta tensión por medio de los moto generadores.
- e.- Permitir el movimiento del moto generador MG1 en condición de arranque para el motor de combustión especialmente en el momento que se genere un gran consumo de la batería.

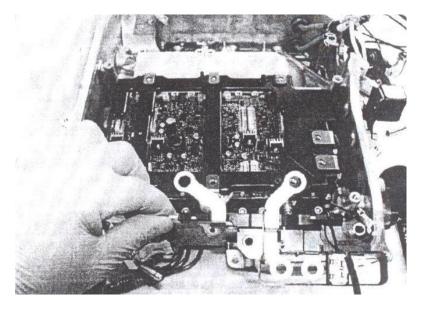


Grafico 3.5. Esquema de la parte electrónica interna del inversor

# 3.3.4. Conjunto Batería

Para el funcionamiento del vehículo es necesario que en ciertas ocasiones el MG1 y MG2 sean accionados con carga almacenada, esta carga se encuentra en una batería denominada HV la cual en carga nominal debe contener un mínimo de tensión de 201.6V, esta batería se encuentra en la parte posterior del vehículo y está compuesta por 14 pequeñas baterías de aproximadamente 14 a 15V cada uno colocado en serie.

Todo este conjunto suministra tensión al inversor y recibe carga mediante el MG1 o el MG2 en el caso de freno regenerativo.

Está constituido a base de níquel-metal, y cada paquete de baterías de 14V no es más que un par de baterías de 7V colocadas en serie.



Grafico 3.6. Grafico batería

Por seguridad del vehículo, por reparación y diagnostico el circuito interno de la batería está dividido en dos a través de un Jumper de seguridad, si este Jumper se saca o abre el circuito la tensión no llega al inversor y el vehículo no se moverá, también posee relevadores que operan tanto el positivo como el negativo de la batería HV y un circuito a través de una resistencia para colocar la carga de forma segura antes de que llegue al inversor.

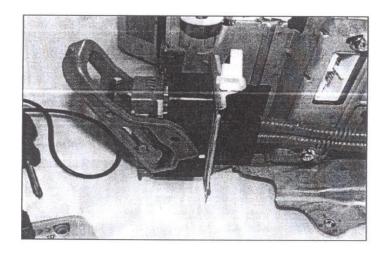


Grafico 3.7. Jumper de la batería

# 3.3.5. Transmisión

La transmisión cuenta con un sistema de transmisión continua el cual interviene de manera alternada tanto el MG2 como el motor de combustión, esto se lo realiza a través de un engranaje planetario el cual tiene como centro del sistema a MG1 y a su salida a MG2, la salida del movimiento se lo hace mediante una banda que reduce el ruido generado en el sistema.

Este sistema varia un poco de las transmisiones convencionales puesto que el interior no existen elementos multiplicadores que cambien de relación en los diferentes cambios, en este conjunto a medida que se aumenta la velocidad, aumenta la rotación RPM del conjunto, por la tanto hay mucha eficiencia puesto que hay menos componentes en donde se pierda energía como ocurre con la fricción. En este conjunto la estrategia de operación del planetario está dada hacia la intervención de MG1-MG2 y el motor de combustión en el conjunto de engranajes, pero controlada en todo momento por la unidad de control del sistema hibrido ECU HV.

La gran potencia de salida del sistema debe pasar a través de un complejo sistema planetario el cual está compuesto por tres partes.

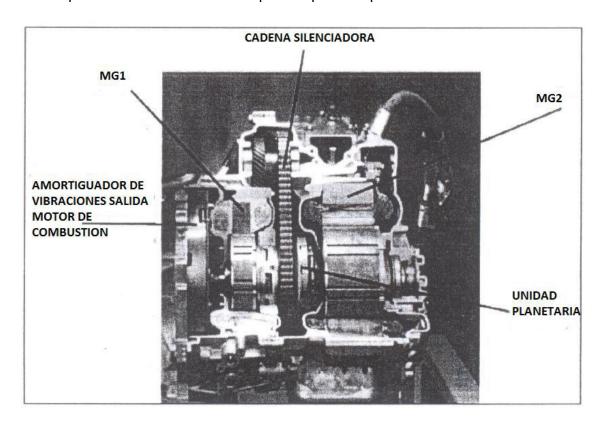


Grafico 3.8. Sistema de transmisión

En este caso el centro de toda la operación es el MG1, la salida está dada a través de el aro exterior directamente colocado a MG2, este movimiento viaja a través de los engranajes intermedios y la banda silenciadora a las ruedas, es decir si el auto se mueve MG2 se mueve, el motor de combustión está colocado en los portadores o engranes sueltos que son el acople entre el sol y el aro exterior.

Este sistema consta con sensores que miden la velocidad del eje de salida, esta información es usada para calcular la operación y régimen de cada uno de los motores, si no está en buen estado alguno de estos sensores se generara un DTC correspondiente al componente afectado.

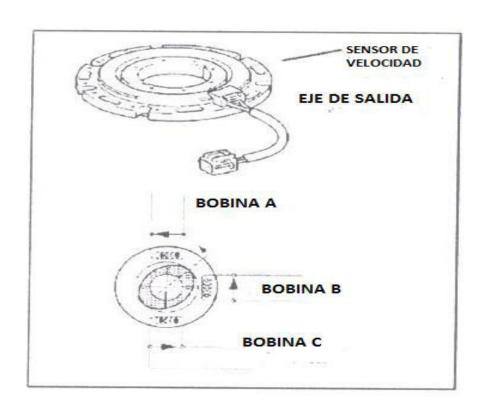


Grafico 3.9. Sensor de velocidad

# 3.3.6. Sistema de Información de Viaje

Para poder monitorear por parte del conductor, se cuenta con un menú a través de un display el cual es Touch Screen y se puede observar las condiciones de energía del sistema, se puede observar de donde sale y hacia dónde va la carga almacenada, muestra el estado de la batería, se puede apreciar si el motor de combustión esta generando potencia, cualquier falla del sistema será reportado mediante una alerta en la pantalla, en el se puede observa la disposición en la que se encuentra el vehiculo, es decir con el sistema en el que esta trabajando, en la actualidad se a incorporado mas aplicaciones como es la activación de radio o aire acondicionado e incluso un sistema de cámara que se utiliza cuando se pone en reversa se puede visualizar con solo presionar el dedo para seleccionar la operación que se desea.



Grafico 3.10. Display de monitoreo del sistema hibrido

# **3.4. TIPOS DE TRENES DE PROPULSION:**

- a.- Paralelo: tanto el motor térmico como el eléctrico pueden hacer girar las ruedas.
- b.- Serie: el motor térmico genera electricidad y la tracción la proporciona sólo el motor eléctrico.

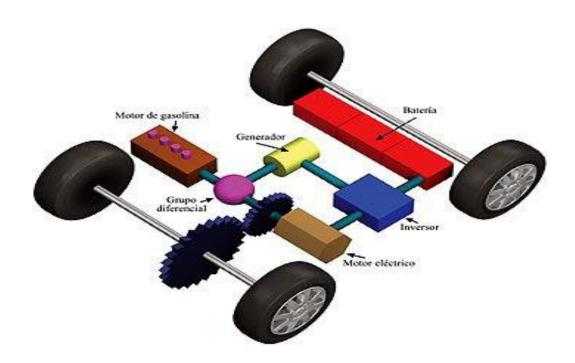


Grafico 3.11. Esquema hibrido

Asimismo pueden clasificarse en:

a.- Regulares, que utilizan el motor eléctrico como apoyo.

**b.- Enchufables**, (también conocidos por sus siglas en inglés PHEVs), que emplean principalmente el motor eléctrico y que se pueden recargar enchufándolos a la red eléctrica.

Se dice "híbrido" de todo lo que es producto de elementos de distinta naturaleza. En el sector del automóvil esta definición de híbrido se aplica a los motores que resultan de combinar el motor térmico de combustión convencional con un motor eléctrico. La finalidad de la aplicación de los motores híbridos en los automóviles es reducir al mínimo el nivel de emisiones contaminantes y el consumo de combustible, sin necesidad de conectarse a una red eléctrica para recargarse. Esta parece ser la apuesta y tendencia de los constructores de automóviles.

# 3.5. CADENA ENERGÉTICA DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO

### 3.5.1. 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 (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 trasmite 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. 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.



Grafico 3.12. Panel de información de un Toyota Prius

# 3.5.2. La Potencia

Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 60 y 180 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:

- a.- Por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor, superior a lo que requeriría realmente.
- b.- 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.



Grafico 3.13. Panel digital Ford fusión hybrid

## 3.5.3 La Eficiencia

Dado que el mayor consumo de los vehículos se da en ciudad, los motores híbridos constituyen un ahorro energético notable, 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 penaliza el rendimiento brutalmente en recorridos urbanos es la forma de detener el vehículo. Ésta detención se realiza mediante un proceso tan ineficiente cómo es disipar y destruir la energía en forma de movimiento, energía

cinética, que lleva el vehículo para transformarla en calor liberado inútilmente al ambiente.

Sin embargo, tampoco parece razonable limitar la potencia máxima de un motor en demasía en Pro de conseguir excelentes consumos, puesto que en ciertas ocasiones es estrictamente necesario disponer de potencia para determinados esfuerzos tan puntuales como inevitables, tales como adelantamientos y aceleraciones en pendiente.

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 oras 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 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.

# 3.6. EL PROBLEMA DEL ALMACENAMIENTO EN LAS BATERÍAS

El gran problema actual con el que se encuentra el motor eléctrico para sustituir al térmico en el vehículo es la capacidad de acumulación de energía eléctrica, que es muy baja en comparación con la capacidad de acumulación de energía en forma de combustible. Aproximadamente, 1 kg de baterías puede almacenar la energía equivalente de 18 gramos de combustible, si bien este cálculo no tiene en

cuenta el escaso aprovechamiento energético de esa energía en un motor de combustión, 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-motorruedas. 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. 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.

#### 3.7. ELEMENTOS

Los 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:

- a.- Baterías de alta capacidad para almacenar energía eléctrica como para mover el vehículo.
- b.- 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.
- c.- Paneles fotovoltaicos como ayuda a la recarga de las baterías.
- d.- 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.
- e.- Súper condensadores para poder realizar la misma función que los volantes de inercia usando sólo tecnología eléctrica.
- f.- Grupos electrógenos para, en caso de niveles muy bajos de batería,
   consumir combustible fósil 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.

#### 3.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

## 3.8.1. Desventajas

- a.- Mayor peso que un auto convencional (hay que sumar el motor eléctrico y, sobre todo, las baterías), y por ello un incremento en la energía necesaria para desplazarlo.
- b.- Más complejidad, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.
- c.- Por el momento, también el precio.

#### 3.8.2. <u>Ventajas</u>

- a.- Menos ruido que un motor térmico.
- b.- Más par y más elasticidad que un motor convencional.
- c.- Respuesta más inmediata.
- d.- Recuperación de energía en desaceleraciones (en caso de utilizar frenos regenerativos).
- e.- Mayor autonomía que un eléctrico simple.
- f.- Mayor suavidad y facilidad de uso.
- g.- Mejor funcionamiento en recorridos cortos.
- h.- Consumo muy inferior de combustible fósil.
- i.- En recorridos cortos, no hace falta encender el motor térmico, evitando que trabaje en frío, disminuyendo el desgaste.

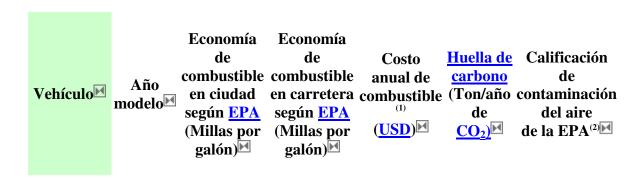
#### 3.9. TIPOS DE VEHICULOS

- a.- Autobuses: fabricados por Castrosua.
- b.- Vehículos: Toyota Prius, Honda Civic Hybrid, Ford Escape Hybrid, Toyota Camry Hybrid, Toyota Highlander Hybrid, Honda Accord Hybrid, Honda Insight, Mercury Milan/Ford Fusion Hybrid, Nissan Altima Hybrid, Lexus RX 400h, Lexus RX 450h, Lexus HS 250h, Saturn Vue Green Line, Saturn Aura Green Line Hybrid, Mercedes S400 BlueHybrid, Chevrolet Silverado/GMC Sierra Hybrid, Cadillac Escalade Hybrid, Chevrolet Malibu Hybrid, Chevrolet Tahoe Hybrid, y GMC Yukon Hybrid.

#### 3.10. CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPACTO AMBIENTAL

El siguiente cuadro presenta una comparación de las características principales de los modelos de vehículo híbrido disponibles en Estados Unidos y algunas otras regiones del mundo, con base en evaluaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Tabla 3.1 Características de modelos Híbridos



Toyota Prius 3ra. generación	2010	51	48	\$732	3.7	N/A
Toyota Prius 2da. generación	2009	48	45	\$794	4.0	8
Ford Fusion Hybrid	2010	41	36	\$937	4.7	N/A
Honda Civic Hybrid	2009	40	45	\$871	4.4	9
Honda Insight	2010	40	43	\$893	4.5	N/A
Nissan Altima Hybrid	2009	35	33	\$1,076	5.4	N/A
Ford Escape Hybrid <sup>(3)</sup> 2WD	2009	34	31	\$1,146	5.7	8
Toyota Camry Hybrid	2009	33	34	\$1,076	5.4	8
Saturn Vue Hybrid	2009	27	30	\$1,307	6.6	N/A
Toyota Highlander	2009	27	25	\$1,409	7.1	8

# **Hybrid**

Chevrolet Malibu Hybrid	2009	26	34	\$1,263	6.3	6
Lexus GS Hybrid 450h	2009	22	25	\$1,736	8.0	N/A
Chevrolet Silverado Hybrid <sup>(4)</sup> 2WD	2009	21	22	\$1,742	8.7	6
Dodge Durango HEV	2009	20	22	\$1,742	8.7	N/A
Cadllac Escalade Hybrid 2WD	2009	20	21	\$1,830	9.2	6
Chevrolet Tahoe Hybrid 4WD	2009	20	20	\$1,830	9.2	6

Fuente: Departamento de Energía de los Estados Unidos y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos 9

# Notas:

1.- Las estimaciones de gasto de combustible suponen 45% de conducción en carretera y 55% en ciudad, con 15.000 millas anuales de circulación.

- 2.- En todos los estados excepto California y los estados del nordeste.
- Las características son las mismas para el los híbridos del Mazda Tribute
   2WD y el Mercury Mariner 2WD.
- 4.- Las características son las mismas para el los híbridos del GMC Sierra
   2WD, el Chevrolet Tahoe 2WD, y el GMC Yukon 2WD.

## 3.11. HIBRIDOS DE LA ACTUALIDAD



Grafico 3.14. Toyota Prius



Grafico 3.15. Ford fusión hybrid



Grafico 3.16. Honda civic hybrid



Grafico 3.17. Nissan altima hybrid



Grafico 3.18. Ford escape hybrid



Grafico 3.19. Toyota camry hybrid

## **CAPITULO 4**

# IMPLEMENTACION DEL SISTEMA HIBRIDO

Para la implementación del sistema hibrido se debe tomar en cuenta muchos factores, entre ellos uno de los mas importantes a destacar es el peso. Se debe considerar que este aspecto es muy importante ya que de esto dependerá mucho la capacidad de movilizarse el vehículo de un lugar a otro en un tiempo determinado y dicho tiempo variara según la cantidad de peso que este tenga, es por eso, que se debe tratar de alivianar lo mejor posible para poder obtener como resultado una velocidad final considerable.

El implementar un sistema hibrido en un cuadrón convencional con motor de combustión, se trata de encontrar la manera de que este vehiculo reduzca su contaminación y a la vez sea mas ecológico y que entregue prestaciones iguales a las de un vehiculo convencional, para esto se implemento otro sistema adicional al que comúnmente lo tenemos, un sistema el cual pueda movilizar al vehiculo sin la necesidad de uso continuo del motor de combustión.

El sistema eléctrico posee tres partes importantes y fundamentales que ayudan a que el vehículo pueda movilizarse:

- a.- Un motor eléctrico que es el que genera la fuerza capaz de mover al cuadrón de un lugar a otro.
- b.- Una transmisión que es la encargada de transmitir el movimiento del motor eléctrico a las ruedas.

c.- Un alternador que con ayuda de la transmisión genera carga a las baterías
 y al sistema mientras este funcionando.

Del funcionamiento de estos componentes dependerá el éxito del sistema implementado y la vez el beneficio tanto para la ecología como para las personas en cuanto al consumo de combustible.

#### 4.1. ESTRUCTURA.

Básicamente, el chasis es el elemento que, de forma directa o indirecta, sirve de soporte y sujeción al resto de los componentes del cuadrón, recurriendo a lenguajes técnicos mas revolucionarios, se puede afirmar que el chasis o bastidor es el elemento encargado de unir el sistema de dirección en la parte delantera, el motor y transmisión en el centro, y el eje de salida hacia las ruedas en la parte posterior, todos estos conectados y trabajando en conjunto para hacer funcionar el cuadrón.

Este cuadrón hibrido posee un chasis del tipo doble cuna brindando un gran soporte a todos los componentes.

## 4.1.1. Chasis de Doble Cuna

Es la disposición más extendida por su sencillez y bajo coste de fabricación.

Está formado por una estructura tubular, de sección cilíndrica en la mayoría de los casos (rectangular en otros), a base, generalmente, de acero.

Dichos tubos, rodean por arriba y por abajo del motor, uniendo el sistema de dirección y el eje del basculante, en paralelo. En realidad, los tubos que descienden del volante de dirección, forman un cierto ángulo, pues se van abriendo hasta abarcar el ancho del motor.

En modelos antiguos los citados tubos quedaban reducidos a uno solo y se denominaban bastidores de simple cuna, pero en lo demás era exactamente lo mismo.



Grafico 4.1. Bastidor de Doble Cuna

#### 4.2. DIRECCIÓN

El conjunto de mecanismos que componen el sistema de dirección tienen la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor.

Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzo en la orientación de las ruedas (a estas ruedas se las llama "directrices"), el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples (coches antiguos), o de servomecanismo de asistencia (en los vehículos actuales).

### 4.2.1. Características que deben reunir todo sistema dirección

Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo junto con el sistema de frenos, ya que de estos elementos depende la seguridad de las personas; debe reunir una serie de cualidades que proporcionan al conductor, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción. Estas cualidades son las siguientes:

- a.- Seguridad: depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados y del entretenimiento adecuado.
- **b.- Suavidad:** se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase.
- c.- La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar unos neumáticos

inadecuados o mal inflados, por un "avance" o "salida" exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices y por estar el eje o el chasis deformado.

- d.- Precisión: se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa. La falta de precisión puede ser debida a las siguientes causas:
  - 1.- Por excesivo juego en los órganos de dirección.
  - 2.- Por alabeo de las ruedas, que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y que no debe de exceder de 2 a 3 mm.
  - 3.- Por un desgaste desigual en los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas de reglaje.
  - 4.- El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy (very-very), consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
  - 5.- Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.

c.- Irreversibilidad: consiste en que el volante debe mandar el giro a las pero, por el contrario, las oscilaciones que toman estas, debido a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeña.

El proyecto el cual se está desarrollando posee un sistema de dirección mecánica tipo articulada, es decir que posee articulaciones que permiten mover el volante de un lado a otro y gracias a esto facilita que las barras de acoplamiento muevan fácilmente las ruedas del cuadrón de un lado a otro con mayor facilidad.

El conductor del vehículo por medio del volante transmite el movimiento poniendo a funcionar el sistema de dirección de articulación y este a la vez transmite la acción de manera inmediata hacia las ruedas produciendo el movimiento del vehículo de un lado a otro.



Grafico 4.2. Dirección de articulación

#### **4.3. MOTOR**

Se denomina motor de cuatro tiempos, al que precisa cuatro carreras del pistón o émbolo - dos vueltas completas del cigüeñal - para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son:

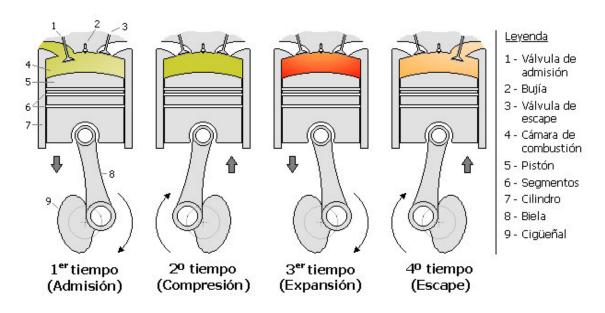


Grafico 4.3. Tiempos del ciclo

También conocido como cuatro estaciones, en las que hay cuatro tiempos diferentes, frío, calor, templado tirando a caluroso y templado tirando a frío.

## 4.3.1. Primer Tiempo o Admisión

En esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por

compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal da 180º y el árbol de levas da 90º y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.

## 4.3.2. Segundo Tiempo o Compresión

Al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360º y el árbol de levas da 180º, y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

# 4.3.3. Tercer Tiempo o Explosión

Al llegar al final de carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado, salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diesel, se inyecta con jeringa el combustible que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro.

En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal da 180º mientras que el árbol de levas da 90º, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

# 4.3.4. Cuarto Tiempo o Escape

En esta fase el pistón empuja cuidadosamente, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal da 360º y el árbol de levas da 180º y su carrera es ascendente.



Grafico 4.4. Motor de combustión

#### 4.4. CARGA Y DESCARGA

El cuadrón consta de circuitos tanto de carga como de descarga, actúan de manera independiente, sin embargo, es necesario que funcionen a cada instante según las necesidades de uso.

Como componente principal y fundamental se tiene las baterías, las cuales, son las encargadas de almacenar toda la carga que es generada tanto por el alternador en el sistema de motor de combustión y también por el otro alternador en el caso del sistema del motor eléctrico.

Cada sistema posee su componente generador de carga, es por eso que el vehiculo en todo momento estará generando carga trabajando conjuntamente con la batería y el sistema que esta en operación.

### 4.4.1. Descarga

Para el funcionamiento ya sea del sistema de motor eléctrico o el de motor de combustión comienza por la descarga ya que ciertos componentes exigen la demanda de corriente para su funcionamiento a partir de ese momento se genera el proceso de carga.

En el sistema por motor de combustión el motor de arranque exige corriente para poder arrancar el motor, una vez encendido es el alternador el encargado de brindar la demanda que requiere el motor de combustión para encender y seguir funcionando.

En el sistema del motor eléctrico, la demanda es mucho más alta, es decir, que el motor eléctrico necesita mayor cantidad de corriente de la batería para poder ponerse en funcionamiento normal ya que es el consumidor que descarga en mayor cantidad a la batería por la gran demanda que requiere para su funcionamiento.



Grafico 4.5. Batería Principal



Gráfico 4.6 Batería Secundaria

# 4.4.2. Carga

El proceso de carga se da en el momento en que el sistema ya sea del motor de combustión o el del motor eléctrico entren en funcionamiento ya que son capaces de generar electricidad, y esto a la vez suministrar a las baterías.

En el sistema del motor de combustión un alternador interno en el motor es el encargado de proporcionar la carga necesaria para las baterías, una vez encendido el motor, este genera carga para la bujía y a la vez mediante un puente rectificador transforma esa corriente alterna en directa y la dirige o suministra hacia las baterías.

De igual manera pasa en el sistema del motor eléctrico, posee un alternador de gran capacidad el cual es el encargado de generar la carga necesaria y para que el sistema funcione de manera adecuada y este no descargue a las baterías ya que requiere mayor demanda o consumo.



Grafico 4.7. Alternadores

El Cuadrón posee en el tablero de control y un medidor de control de voltaje el cual informa al conductor en qué estado de carga se encuentra las baterías.



Grafico 4.8. Medidor de carga y switch de control

En el sistema del motor de combustión se tiene dos manera de producir carga para las baterías, una de ellas es mediante el alternador interno que posee el motor de combustión, ya que al momento que esta en funcionamiento este sistema el alternador es el encargado de generar carga suficiente para que funcione el mismo y también al mismo tiempo esta funcionando el otro alternador externo del sistema de motor eléctrico, este serviría únicamente para brindar carga hacia las baterías, este seria una manera de compensar el gran consumo que presenta el motor eléctrico cuando esta en funcionamiento.



Grafico 4.9. Alternador Motor Eléctrico

#### 4.5. ALTERNADOR

El funcionamiento del alternador del automóvil se basa en el principio general de inducción de voltaje en un conductor en movimiento cuando atraviesa un campo magnético igual que cualquier generador.

Un alternador consta de dos partes fundamentales, el inductor, que es el que crea el campo magnético y el inducido que es el conductor el cual es atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo.

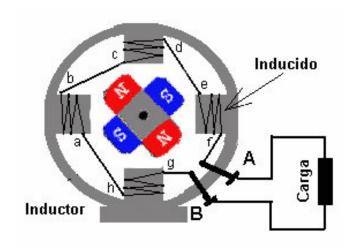


Grafico 4.10. Disposición de elementos de un Alternador Simple

Así, en el alternador mostrado en la Figura 4.13, el inductor está constituido por el rotor, dotado de cuatro piezas magnéticas cuya polaridad se indica y el inducido o estator con bobinas de alambre arrolladas en las zapatas polares.

Las cuatro bobinas a-b, c-d, e-f y g-h, arrolladas sobre piezas de hierro (zapatas polares) se magnetizan bajo la acción de los imanes del inductor. Dado que el

inductor está girando, el campo magnético que actúa sobre las cuatro piezas de hierro cambia de sentido cuando el rotor gira 90º (se cambia de polo N a polo S), y su intensidad pasa de un máximo, cuando están las piezas enfrentadas como en la figura, a un mínimo cuando los polos N y S están equidistantes de las piezas de hierro.

Son estas variaciones de sentido y de intensidad del campo magnético las que inducirán en las cuatro bobinas una diferencia de potencial (voltaje) que cambia de valor y de polaridad siguiendo el ritmo del campo.

La figura que sigue muestra un alternador real seccionado, para mostrar sus partes internas y un alternador desarmado para mostrar todas sus piezas.

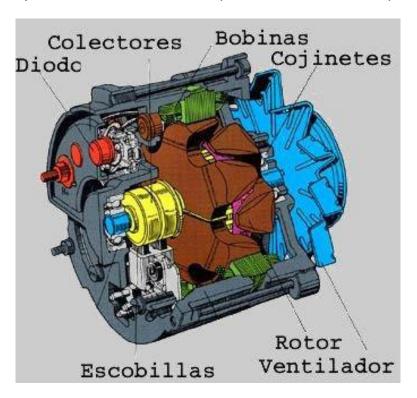


Grafico 4.11. Alternador Seccionado

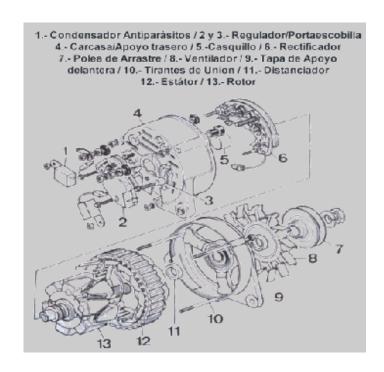


Grafico 4.12. Partes Internas del Alternador

#### 4.5.1. Causas de Fallo

En un alternador solo hay una pieza en movimiento, el rotor, este está montado en cojinetes de bolas (uno en cada extremo) y tiene acoplado en el eje de salida la polea de donde recibirá el movimiento desde el motor a través de la correa.

Otra parte vulnerable del alternador son las escobillas de deslizamiento, como funcionan deslizándose sobre los anillos colectores transmitiendo la corriente al rotor, es natural que se desgasten con el uso.

El resto de las piezas tienen "teóricamente" una vida ilimitada (o extremadamente larga) y rara vez son causa de fallo del alternador. Por este motivo la reparación del alternador en caso de fallo, puede ser ejecutado por cualquiera, ya que en la inmensa mayoría de los casos se limita a la sustitución de las escobillas,

elemento con un 5-10% del valor de un nuevo alternador. Estas escobillas en muchos casos pueden sustituirse incluso, sin desmontar el alternador del coche.

Un caso menos frecuente es la rotura de los cojinetes de bolas, para esto hay que separar las tapas de la carcasa y sustituirlos. Los cojinetes de bolas tienen en general una larga vida.

Solo son necesarias unas pocas herramientas para hacer la reparación, siendo en algunas ocasiones lo más difícil la extracción de la polea.

#### 4.6. MOTOR ELECTRICO



Grafico 4.13. Motor Eléctrico

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio.

### 4.6.1. Funcionamiento

En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos.

Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria.

A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.)

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica.

En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.

El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

## 4.6.2 Principio

Según la Ley de Lorentz, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha, con módulo

$$F = B \cdot l \cdot I$$

■F: Fuerza en newtons

■I: Intensidad que recorre el conductor en amperios

■I: Longitud del conductor en metros lineales

■B: Densidad de campo magnético o densidad de flujo teslas

El rotor no solo tiene un conductor, sino varios repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado.

Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

## 4.6.3 Sentido de Giro

El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido.

Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fmm (fuerza magnetomotriz).

El sentido de giro lo podemos determinar con al regla de la mano derecha, la cual nos va a mostrar el sentido de la fuerza.

La regla de la mano derecha es de la siguiente manera: el dedo índice apunta en la dirección en la cual se dirige la corriente, el dedo medio apunta hacia el flujo del campo magnético y el pulgar nos muestra hacia donde va dirigida la fuerza resultante y por lo tanto el sentido de giro.

## 4.6.2 Reversibilidad

Los motores y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose únicamente en la forma de utilización.

Por reversibilidad entre el motor y el generador se entiende que si se hace girar al rotor, se produce en el devanado inducido una fuerza electromotriz capaz de transformarse en energía en el circuito de carga.

En cambio, si se aplica una tensión continua al devanado inducido del generador a través del colector de delgas, el comportamiento de la máquina ahora es de motor, capaz de transformar la fuerza contraelectromotriz en energía mecánica.

En ambos casos el inducido está sometido a la acción del campo inductor principal.

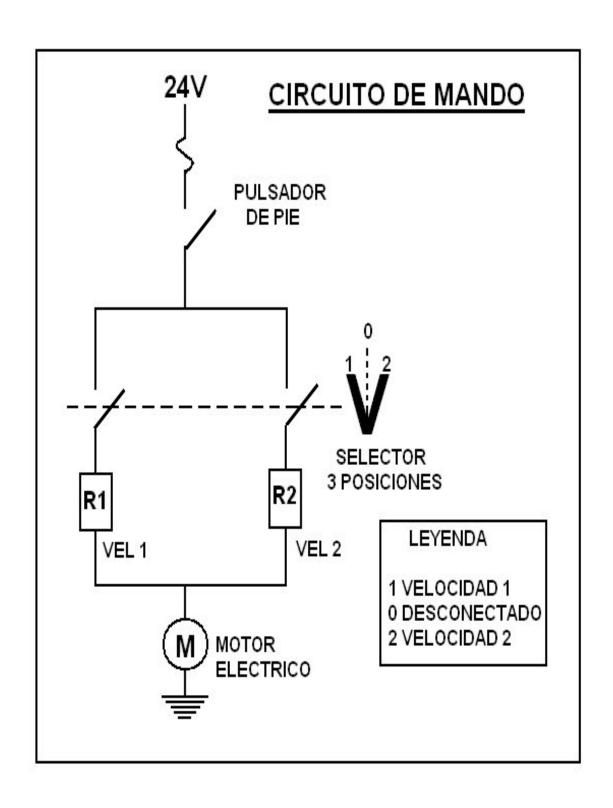


Grafico 4.14. Circuito de Mando

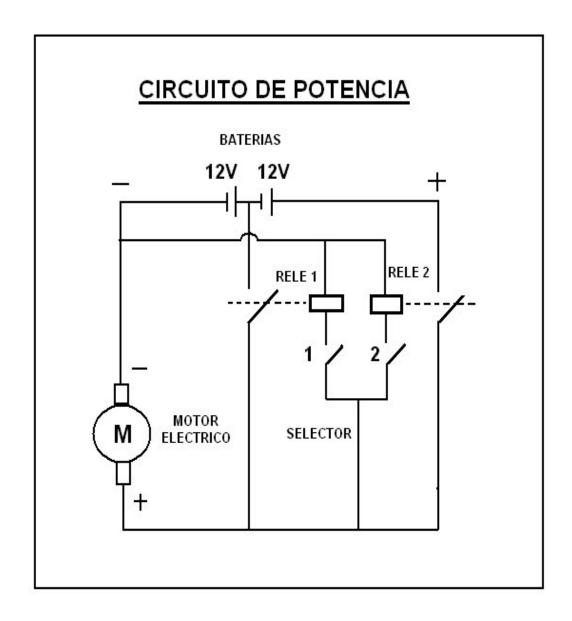


Grafico 4.15. Circuito de Potencia

# 4.7. TRANSMISIÓN

Para la implementación del sistema de motor eléctrico, se utilizo un tipo de trasmisión:

a.- Transmisión de poleas por correa o banda.

# 4.7.1 Transmisión por Poleas y Banda

Se trata de dos ruedas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto de una correa. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes.

Según el tamaño de las poleas tenemos dos tipos:

a.- Sistema reductor de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida (o de salida) es menor que la velocidad de la polea motriz (o de salida). Esto se debe a que la polea conducida es mayor que la polea motriz.

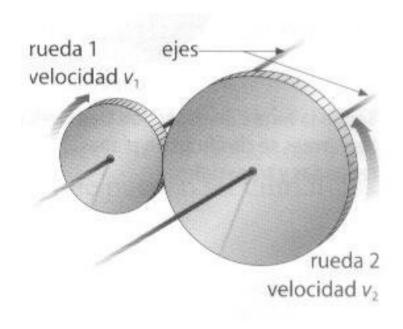


Grafico 4.16. Sistema Reductor

b.- Sistema multiplicador de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida es mayor que la velocidad de la polea motriz. Esto se debe a que la polea conducida es menor que la polea motriz.

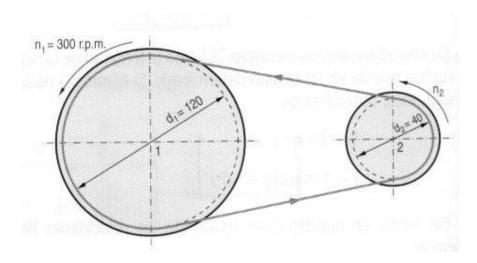


Grafico 4.17. Sistema Multiplicador



Grafico 4.18. Transmisión por Poleas y Banda

Definimos la relación de transmisión (i) como la relación que existe entre la velocidad de la polea salida (n2) y la velocidad de la polea de entrada (n1).

$$i = n2/n1$$

La relación de transmisión también se puede calcular teniendo en cuenta el tamaño o diámetro de las poleas.

$$i = d1/d2$$

Donde:

d1 = diámetro de la polea motriz (entrada).

d2 = diámetro de la polea conducida (salida).

Se puede calcular las velocidades de las poleas a partir de los tamaños de las mismas:

# n1.d1 = n2.d2

En el desarrollo del sistema hibrido en el cuadrón fue necesario implementar un sistema de transmisión adicional al que posee el motor de combustión para que puedan accionarse de manera independiente.

La transmisión del sistema eléctrico funciona mediante la transmisión por poleas y una banda, al momento que el cuadrón este en movimiento el giro del eje trasero transmitirá el movimiento hacia el piñón conducido, que en este caso toma el nombre de polea conductora y transmite el giro mediante una banda hacia la polea conducida que vendría siendo el alternador y este a su vez empezara a generar carga para el sistema y la batería.

Esta transmisión viene siendo del tipo multiplicador en el de engranajes para el caso del motor de combustión y reductor en el de poleas y motor eléctrico.



Grafico 4.18. Transmisión

# 4.7.3. Relación de Velocidades

Para la relación de transmisión valen todas las ecuaciones deducidas para las poleas o para las ruedas dentadas, sin más que sustituir el diámetro de las poleas por el número de dientes de los piñones, así se cumple:

En Engranes:

$$n1.Z1 = n2.Z2$$

En Poleas:

$$n1 \cdot d1 = n2 \cdot d2$$

Se puede aplicar estas formulas antes mencionadas para calcular las velocidades de salida que tenemos en el sistema hibrido.

Para el caso de la transmisión por poleas tenemos que:

**N1**= 1500 rpm

**D1=** 12 cm

N2=?

**D2=** 24cm

N1\*D1=N2\*D2

1500rpm\*12cm=N2\*24cm

 $N2 = (1500 \text{rpm}^* 12 \text{cm})/24 \text{cm}$ 

N2 = 750 rpm

Para encontrar la relación de transmisión:

i = d1/d2

i = 12cm/24cm

i = 1/2

Esto quiere decir que por una vuelta que da la polea del eje de las ruedas da dos vueltas la polea del motor eléctrico.

# 4.8. SUSPENSIÓN

La suspensión en un automóvil, camión o motocicleta, es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno por el que se circula para aumentar la comodidad y el control del vehículo. El sistema de suspensión actúa entre el

chasis y las ruedas, las cuales reciben de forma directa las irregularidades de la superficie transitada.

# 4.8.1. Amortiguadores

En la suspensión casi no se puede cambiar nada salvo algunos detalles.

Existen amortiguadores de gas, de aceite y resortes. Por supuesto los de gas son los mejores y también más caros. Estos últimos suelen verse en las máquinas con mono shock (un amortiguador que se apoya debajo del asiento y en la horquilla trasera basculante.

# 4.8.1.1. Funcionamiento de los Amortiguadores

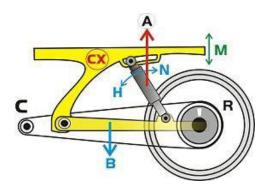


Grafico 4.19. La Suspension

Un amortiguador clásico pero sobre un cuadro levemente mejorado. "CX" es el cuadro. "A" es el amortiguador. "C" es piñón. "R" la rueda. "B" la horquilla basculante trasera. "M" es el movimiento que tiene el cuadro. En el diseño se agrega el detalle del movimiento posible "H" hasta "N" del amortiguador. ¿Para

que sirve?, sirve para hacer más dura o más blanda la amortiguación dependiendo del camino u otras necesidades.



Grafico 4.20. Suspensión Delantera del Cuadrón

"B" es la horquilla basculante y "A" es una parte del amortiguador que termina y se apoya debajo en el cuadro debajo del tanque. Este sistema es un verdadero placer ya que el golpe de la rueda no es impactado sobre el asiento donde va el conductor.



Grafico 4.21. Amortiguador Posterior

Como se dijo no es mucho en los cuadrones lo que se puede mejorar en este tema y hay que agregar que los amortiguadores vienen sellados de fábrica y no se desarman ni reparan, a menos que no encontremos uno nuevo para colocar, claro.

#### 4.9. RELACIÓN PESO POTENCIA

La relación peso potencia es el resultado matemático de dividir el peso total en del vehículo ya sea en Kg o Lb entre la potencia medida. El resultado arroja una aproximación respecto a las posibilidades velocísticas de un vehículo, es decir, con estos datos podemos determinar la cantidad de peso (Lb-Kg) que se va a mover del cuadrón por caballo de fuerza (Hp) que genera ya sea el motor de combustión o el motor eléctrico.

Con esto, se quiere decir que el motor "carga" menos peso o "va más descansado" lo que se traduce en mejor respuesta, aunque esto también está limitado al número de velocidades de la caja en el motor de combustión y las relaciones de los engranajes en el motor eléctrico. Si la caja no ayuda a un motor potente no sirve de nada, al igual que el tamaño de los engranes en cada sistema. Para este caso podemos determinar la relación peso potencia de ambos sistemas, tomando en cuenta que el peso del cuadrón es de 335Lb o 152,27Kg y el motor de combustión es de 200Hp y el motor eléctrico de 3Hp se determina que:

#### Motor de Combustión

= 335Lb / 200HP

= 1,67 Lb x Hp

# O también

=152,27Kg / 200Hp

=0.76Kg x Hp

# **Motor Eléctrico**

=335Lb/3Hp

 $= 111,6Lb \times Hp$ 

O también

=152,27Kg / 3Hp

= 50,75Kg x Hp

Con este podemos decir que para en el caso de funcionamiento del motor de combustión movemos 1,67Lb o 0,76Kg por Hp que este produce; y en el caso del funcionamiento con el motor eléctrico movemos 111,6Lb o 50,75Kg por Hp que el motor produce.



Grafico 4.22. Cuadrón Hibrido

# **CAPITULO 5**

# **ANALISIS FINANCIERO**

# **INTRODUCCION**

Actualmente la falta de conciencia de la sociedad relacionada con el tema ambiental, ha provocado daños irreversibles en el planeta tierra, por lo cual se están tomando medidas para reducir la contaminación del medio ambiente, y evitar daños aún mayores. El sector automotriz de igual manera ha tenido la iniciativa de introducir nuevas alternativas enfocadas en el cuidado del mismo, creando automóviles que reducen la emisión de gases contaminantes con las mismas prestaciones de los vehículos que se están comercializando hoy en día. Con este proyecto no solo pretendemos ampliar nuestros conocimientos sino también incentivar a la gente a adquirir éstos vehículos innovadores que nos permiten ser parte de una sociedad más consciente al contribuir con el medio ambiente.

Una de las razones fundamentales que influyen al momento de comprar un vehículo es la economía, tanto en su precio como el gasto que se tendría que hacer en cuanto a su manutención, los autos híbridos son la mejor opción para disminuir nuestros gastos en lo que respecta al mantenimiento de éste, debido a que cuenta con menos elementos contaminantes, y a la vez ahorra combustible.

En este caso se va a analizar la factibilidad que tiene la construcción del cuadrón hibrido en cuanto a su costo y producción en masa, también la aceptación y acogida que tiene la gente al adquirir este tipo de vehículo.

Se debe tomar en cuenta el costo desde el momento de la producción del cuadrón, así como los gastos de transformación hasta la prueba final y este quede listo para su utilización.

# 5.1. COSTO DE PRODUCCIÓN

El siguiente cuadro detalla los gastos desde el momento que el cuadrón sale a la venta únicamente con motor de combustión y los costos de transformación, esto quiere decir la adquisición de todos los componentes necesarios para poner en funcionamiento el sistema hibrido.

Tabla 5.1 Costos de Producción

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Cuadrón	1400	1400
1	Motor Electrico	500	500
2	Batería 12V 100ª	120	240
1	Alternador 12V	320	320
2	Pulsadores	2	4
2	Relay	3	6
4	Terminales de batería	1,5	6
25	Metros cable gemelo automotriz	0,4	10
1	Banda	5	5
1	Polea Pequeña	4,5	4,5
1	Polea Grande	10	10
1	Polea Mediana	60	60
1	Trabajo de suelda	100	100

20	Amarras plásticas	0,1	2
1	trabajo de Torno	400	400
10	Terminales	0,2	2
1	Litros de pintura	15	15
1	Thinner	2	2
2	Switch	3	6
1	Voltímetro	4,5	4,5
3	Diodos	1,2	3,6
3	Resistencias 330 ohm	0,15	0,45
1	Trabajos en fibra	300	300
		TOTAL	3411,05

# **5.2 INTRODUCCIÓN EN EL MERCADO**

Una vez obtenido el costo de producción total del cuadrón hibrido es necesario saber o conocer la acogida que va tener en la sociedad la introducción de este vehículo especial.

Para ello es necesario aplicar un método de información conocido como la encuesta.

# 5.2.1. La Encuesta

Una encuesta es un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa de la población o instituciones, con el fin de conocer estados de opinión o hechos específicos.

El tamaño de muestra requerido en una encuesta depende en parte de la calidad estadística necesaria para establecer los resultados; esto a su vez, está relacionado en cómo esos resultados serán usados.

Aún así, no hay una regla simple para el tamaño de muestra que pueda ser usada en todas las encuestas. Mucho de esto depende de la efectividad de los resultados, es decir, mientras el rango de la muestra sea mayor, los resultados serán mas valederos, sin embargo las encuestas que se hacen a nivel nacional abarca un rango de 1000 personas.

Se debe tomar en cuenta el propósito de la encuesta ya sea este científico, administrativo o comercial, también a qué tipo de personas va dirigido la encuesta para así poder determinar un resultado que sea efectivo y sobretodo aceptable para que sea tomado en cuenta.

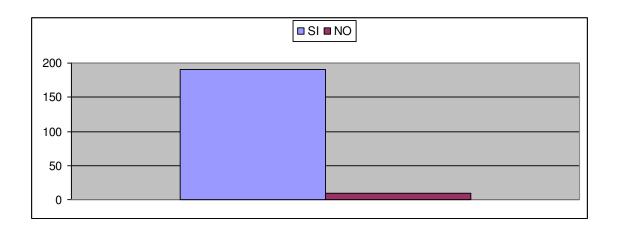
# **ENCUESTA**

Favor, dedique unos minutos de su tiempo a responder esta encuesta. Sus
respuestas serán confidenciales. La encuesta durara aproximadamente 1 minuto.
1) ¿Usted cree que se debería tomar acciones para contaminar menos e
planeta?
SI NO
2) ¿Le gustaría aportar con el medio ambiente reduciendo el uso de su
vehículo?
SI NO
3) ¿Que tiempo estaría usted de acuerdo en apagar su vehículo para reduci
la contaminación?
5 MIN
4) ¿Esta de acuerdo con la fabricación de vehículos híbridos (Vehículos que
reducen el uso de combustible y reduce la contaminación)?
SI NO
5) ¿Pagaría usted \$ 2690,55 por un vehículo hibrido?
SICT NO CT

# 5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA

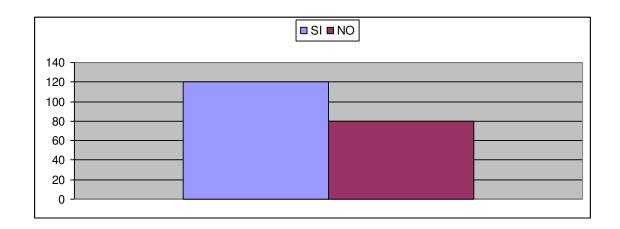
1) ¿Usted cree que se debería tomar acciones para contaminar menos el planeta?

SI	190
NO	10



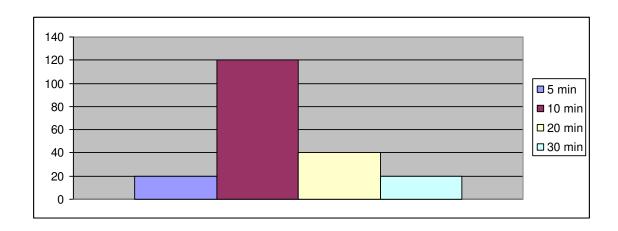
2) ¿Le gustaría aportar con el medio ambiente reduciendo el uso de su vehículo?

SI	120
NO	80



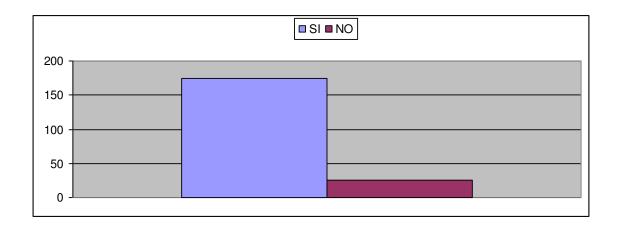
3) ¿Que tiempo estaría usted de acuerdo en apagar su vehículo para reducir la contaminación?

5 MIN	20
10 MIN	120
20 MIN	40
30 MIN	20



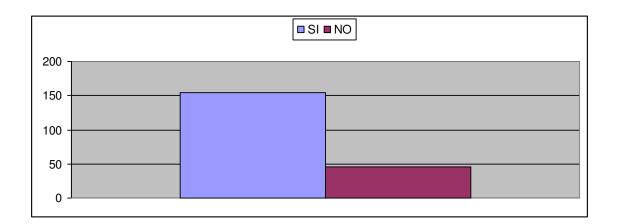
4) ¿Esta de acuerdo con la fabricación de vehículos híbridos (Vehículos que reducen el uso de combustible y reduce la contaminación)?

SI	175
NO	25



# 5) ¿Pagaría usted \$ 2829 por un vehículo hibrido?

SI	155
NO	45



#### **5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones:**

- a.- Un vehículo híbrido es muy eficiente a comparación de un vehículo tradicional que solo funciona con motor de combustión.
- b.- Es un vehículo menos contaminante.
- c.- Reduce el ruido en un 80%.
- d.- Utiliza menos combustible que un vehículo tradicional.
- e.- Posee las mismas prestaciones que un vehículo tradicional e inclusive mejoras que aportan al medio ambiente.
- f.- Podemos decir que el combustible fósil ya no es un elemento único y primordial como fuente de energía.
- g.- Se puede tener las mismas prestaciones que un vehiculo convencional y podemos ayudar al planeta reduciendo las emisiones que gran daño causan al medio ambiente.
- h.- No requiere mucho espacio para su implementación.
- i.- Se reduce el uso de los derivados del petróleo.
- j.- Mayor tiempo de vida útil de componentes que requieren de lubricación.

#### **Recomendaciones:**

a.- Nuestra recomendación es que esta implementación de un sistema híbrido, se llegue a profundizar más por nuestras futuras generaciones y así investigar más a fondo los beneficios que tiene, las mejoras que pueden

darse que conlleven a un mejor diseño e inclusive desarrollo de nuevas tecnologías que beneficien a la creación de un mejor vehículo en el cual esté lleno únicamente de ventajas y ninguna falencia, que nos beneficie a todos no solo en su consumo sino también en reducir contaminación, mejorar la comodidad con un excelente rendimiento y sobretodo, nos brinde seguridad a las personas que están a bordo.

- b.- Promocionar las ventajas de este nuevo vehículo en todos los estratos sociales, con el propósito de luchar mancomunadamente para que la humanidad tenga una calidad de vida sin contaminación y por ende a fomentar la salud de las personas.
- c.- Concientizar a las empresas multinacionales, que la producción de este tipo de vehículos, constituya una alternativa de mayor alcance de las personas con módicos precios, a fin de que se transformen en protagonistas principales en programas de saneamiento ambiental.
- d.- Que las personas contribuyan al desarrollo de energía eléctrica suficiente, que pueda abastecer sin problemas las demandas que exigirían este tipo de vehículos.
- e.- Que los gobiernos de turno, dicten políticas fomentando la producción y mantenimiento de estos vehículos, incentivando a que la población tenga preferencia por el uso de estos vehículos.

#### **VOCABULARIO**

#### 1. Fuerzas Electrostáticas

Es la distancia entre los electrones y la carga de electrones y protones.

# 2. Fuerzas Magnéticas

Es la parte de la fuerza electromagnética total o fuerza de Lorentz que mide un observador sobre una distribución de cargas en movimiento. Las fuerzas magnéticas son producidas por el movimiento de partículas cargadas, como por ejemplo electrones, lo que indica la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo.

#### 3. Partículas Subatómicas

Es una partícula más pequeña que el átomo y puede ser una partícula elemental o una compuesta.

# 4. Electromagnetismo

Es una rama de la Física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría.

# 5. Campo Magnético

Es una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y

proporcional tanto a la velocidad como al campo, llamada inducción magnética o densidad de flujo magnético. Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente igualdad.

# 6. Ondas Electromagnéticas

Es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.

# 7. Vector Energético

Son aquellas sustancias o dispositivos que almacenan energía, de tal manera que ésta pueda liberarse posteriormente de forma controlada.

#### 8. Potencial Eléctrico

En un punto es el trabajo que debe realizar una fuerza eléctrica para mover una carga positiva q desde la referencia hasta ese punto, dividido por unidad de carga de prueba.

# 9. Interacción Electromagnética

Es la interacción que ocurre entre las partículas con carga eléctrica.

#### 10. Fotón

Es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de

radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio.

# 11. Energía Potencial

Es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo (), dependiendo de la configuración que tengan en un sistema de cuerpos que ejercen fuerzas entre sí. Puede pensarse como la energía almacenada en un sistema, o como una medida del trabajo que un sistema puede entregar.

#### 12. Corriente Eléctrica

Es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material.

#### 13. Diferencia de Potencial

Se define como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico, sobre una partícula cargada, para moverla de un lugar a otro.

#### **BIBLIOGRAFIAS**

- <a href="http://www.wikipeda.org/wiki/frenosdetambor">http://www.wikipeda.org/wiki/frenosdetambor</a>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Freno de disco
- http://www.starmedia.com/frenosyembragues
- http://www.todomecanica.com
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor el%C3%A9ctrico
- http://books.google.com.ec/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover
- http://www.scribd.com/doc/2448049/Manual-de-motores-electricos
- http://es.google.com/wiki/Motor de arrangue
- <a href="http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html">http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html</a>
- http://www.motordearrangue.com/
- http://www.deguate.com/autos/article 8253.shtml
- http://www.generadoreselectricosecuador.com
- http://books.google.com.ec/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover
- http://www.gemeradorelectrico.com
- <a href="http://www.generadoresymaquinaria.com/va">http://www.generadoresymaquinaria.com/va</a>
- http://www.busquecarro.com
- http://www.starmedia.com/automovilhibridoelectrico
- http://www.motordearrangue.com/
- http://www.automovilhibrido.com/
- http://www.automovilhibrido.com/
- http://elhuyar-blogak.org/teknoskopioa/r2d2/hibridos/

- <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo">http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo</a> Atkinson
- http://www.cise.com/
- http://es.wikipedia.org/wiki/Electricidad#Historia de la electricidad
- <a href="http://www.elosiodelosantos.com/resistencias.html">http://www.elosiodelosantos.com/resistencias.html</a> codigos de colores
- http://www.fortunecity.es/felices/barcelona/146/3ds/tutores/leyesbasicas.ht
   m
- http://www.unicrom.com/Tut\_leyohm.asp
- www.tryengineering.org/lang/spanish/lessons/serpar.pdf
- http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj franciscga/3eso/Corrie
   nte%20elec.htm
- <a href="http://fisica.colegio.fcaq.k12.ec/jfborja/circ.html">http://fisica.colegio.fcaq.k12.ec/jfborja/circ.html</a>
- <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador">http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador</a>
- http://www.google.com/laencuesta
- CISE, Introducción al Sistema Hibrido
- PEREZ BELLO, Miguel Angel, Tecnología de la Motocicleta.
- DANIEL WAINGART, Manual Gasolina de Reparación y Mantenimiento.
- EDDY ESPINOSA, Electricidad del Automóvil.
- ALONSO PEREZ, Técnicas del Automóvil.
- ARIAS PAZ, Manual de Automóviles
- VALLEJO AYALA, Física Vectorial Básica 3
- JIM MOORE, Guía del Técnico Delphi.
- JESUS RUEDA, Mecánica y Electrónica.

# **ANEXOS**



Grafico 5.1 Vista Frontal del Cuadrón



Grafico 5.2 Vista Posterior del Cuadrón



Grafico 5.3 Vista Lateral del Cuadrón



Grafico 5.4 Pulsador Sistema Motor Eléctrico



Grafico 5.5 Regulador de Velocidades Motor Eléctrico



Grafico 5.6 Tablero de Control Cuadrón