



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**CONVERSIÓN DE KART DE COMBUSTIÓN INTERNA A
ELÉCTRICO CON POSIBLE RECARGA SOLAR**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**BRAVO PEDRAZA DAVID ALONSO
Y
ESCALANTE LARA ALMA LILA**

**DIRECTOR DE TESIS
M. en I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ**

**CIUDAD NEZAHUALCOYOTL, ESTADO DE
MEXICO 2017**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos David Alonso Bravo Pedraza

A mi madre Irma Pedraza Cervantes, por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ti he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, ha sido un privilegio ser tu hijo, eres la mejor.

A mis abuelos Felipe y Mamá Ne, fueron las personas que más se preocuparon por mí, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mí querida Lila con todo mi amor y cariño, por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para nuestro futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

Al M. en I. David Franco Martínez, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de este trabajo.

A mis sinodales, Ing. Abel verde cruz, Ing. Procoro Pablo Luna Escorza, M. en I. Fidel Gutiérrez Flores, Ing. Joel García Zárraga por sus valiosas apreciaciones que permitieron enriquecer mi trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Aragón por haberme permitido formar parte de ella y haberme abierto sus puertas y a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.

Agradecimientos Alma Lila Escalante Lara

A mi madre Concepción Lara Morales por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día, con su ejemplo de fuerza y coraje. Mis logros se los debo a ella.

A mi padre José Manuel Rivas y mis hermanos Pepe, Silvia y Zulema por el amor y apoyo incondicional brindado y por haber estado siempre ahí.

A mis abuelos Victorico y Zulema que aunque ya no están a mi lado, me inculcaron el amor y dedicación a la escuela y a la vida.

Al M. en I. David Franco Martínez por su incondicional paciencia, ayuda y transmisión de conocimientos, base para la realización de este trabajo.

A mis sinodales, Ing. Abel verde cruz, Ing. Procoro Pablo Luna Escorza, M. en I. Fidel Gutiérrez Flores, Ing. Joel García Zárraga por sus valiosas apreciaciones que permitieron enriquecer mi trabajo.

A mi amor incondicional David Alonso Bravo por nunca dejarme caer, por haber estado ahí siempre que necesite de tu ayuda, por tu paciencia y comprensión, bondad, empeño, fuerza y amor. Por ser tolerante con migo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Aragón por haberme permitido formar parte de ella y haberme abierto sus puertas y a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.

ÍNDICE

PÁGINA

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 Tipos de Motores	
Introducción	4
Fundamentos de operación de los motores eléctricos	5
Estructura de un motor eléctrico	6
Potencia y par de un motor eléctrico	10
Características par- velocidad de los motores eléctricos	11
Motores de corriente alterna	12
Motores asíncronos	13
Motores síncronos	14
Motores de anillos rozantes	16
Motores con colector	16
Motores jaula de ardilla	17
Motores de corriente directa	18
Motor serie o motor de excitación en serie	19
Motor Shunt o motor paralelo	20
Motor compound	21
Motores universales	23
Aplicaciones de los motores eléctricos	23

Capítulo 2 Celdas Fotovoltaicas

Introducción	25
Generaciones de células fotovoltaicas	27
Funcionamiento	28
Efecto fotovoltaico en una célula solar	29
Fabricación de paneles convencionales	30
Componentes de un sistema fotovoltaico	31
Tipos de paneles en función de los materiales	32
Silicio puro policristalino	33
Silicio amorfo	33
Teluro de cadmio	33
Diseleniuro de cobre	34
Tipos de paneles en función de forma	35
Paneles de formato “teja o baldosa”	36
Paneles bifaciales	36
Sistemas de protección catódicos	37
Cercas eléctricas	37
Sistemas de iluminación	38
Telecomunicaciones	39
Sistemas de tratamiento de aguas	40
Bombas de agua accionadas por energía solar	40
Electrificación rural	41
Aplicaciones agrícolas	42
Aplicaciones ganaderas	43
Señalización	44

Sistemas conectados a la red eléctrica	45
--	----

Capítulo 3 Cálculo de prestaciones del kart

Introducción	47
Tipos de vehículo eléctrico	49
Descripción del automóvil eléctrico	49
Sistema de motorización	50
Sistema de baterías	50
Sistema de control	50
Sistema de freno eléctrico	50
Sistema de alimentación	51
Análisis de prestaciones del go kart	51
Datos técnicos de Xk Racer Kids	52
Tabla de elementos retirados y añadidos	53
Calculo de prestaciones	54
Resistencia total a la marcha	54
Resistencia debida a la rodadura	54
Resistencia aerodinámica	55
Resistencia a las pendientes	56
Potencia de resistencia a la marcha	56
Memoria de cálculo	57
Tipo de motor seleccionado	58
Baterías de tracción	58
Unidad de control y recarga	59

Capítulo 4 Armado y Pruebas

Introducción	62
Proceso de adaptación	62
Diagrama de conexión	70
Procedimiento de instalación	71
Registro de pruebas realizadas	72
Proyecto terminado	73
Tabla de adquisición y costos	74
Conclusiones	75
Referencias	77

INTRODUCCIÓN

La combustión de derivados del petróleo en el sector del autotransporte es la responsable de más de la mitad de las emisiones de gas invernadero, consume 2/3 de los recursos petroleros mundiales y también contribuye con la emisión de otros contaminantes como los óxidos de nitrógeno y azufre. Actualmente existen en circulación a nivel mundial alrededor de 750 millones de automóviles y para el año 2050 se espera que esta cifra se triplique, debida principalmente a las demandas energéticas de China e India.

Datos recientes publicados por la agencia internacional de energía indican que México emite alrededor de 400 millones de toneladas de CO₂ anuales. A la fecha se han propuesto una variedad de combustibles alternativos que podrían ayudar a afrontar los retos de suministro de energía, sin dañar el ambiente.¹

Aunque la disposición limitada de reservas de hidrocarburos; están calculadas para aproximadamente de 30 a 40 años; esto implica que, al depender de ellos, la actual tecnología de transportación será inoperante en poco tiempo.

La utilización de vehículos eléctricos, que no presenten los inconvenientes de los motores de combustión interna es una importante alternativa para resolver esta problemática.

La utilización de automotores eléctricos en la actualidad, se encuentra principalmente en sistemas de transportación masiva, como trenes (metro), ferrocarriles, trolebuses eléctricos, ciertas aplicaciones de carga y recreativos (carros de golf).

El objetivo de este trabajo es presentar la adaptación de un sistema de motorización eléctrico con pilas recargables a un chasis de *go kart* que funcionaba con un motor de combustión interna.

¹ Hidrogeno: El combustible del futuro hoy, pág. 55

El primer Capítulo presenta un panorama general acerca de los distintos tipos de motores eléctricos que existen, partes que los conforman, funcionamiento, así como también algunas de sus aplicaciones.

El segundo Capítulo presenta la importancia de las células solares fotovoltaicas, funcionamiento de las mismas, tipos existentes y algunas aplicaciones donde son utilizadas.

El tercer Capítulo menciona antecedentes históricos de los vehículos eléctricos, así como el funcionamiento elemental de un *go kart*, presenta las características del vehículo, cálculos de resistencia a la rodadura, potencia necesaria de resistencia a la marcha, la selección de componentes del sistema de propulsión y selección del sistema de baterías de tracción para su impulsión con el sistema motriz eléctrico.

Finalmente el cuarto Capítulo presenta la adaptación paso a paso de los componentes necesarios para el sistema motriz eléctrico, costos de adquisición y adaptación.

CAPÍTULO 1

TIPOS DE MOTORES

Introducción

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras o en automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas, si se les equipa con frenos regenerativos.

Son muy utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías.

Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

En general, se puede establecer que en nuestra vida diaria usamos motores eléctricos grandes y pequeños; en particular, motores pequeños, los cuales se deben fabricar en gran cantidad. Los motores están constituidos por dos partes principales.

- El estator (parte estacionaria)
- El rotor (parte rotatoria)

El diseño y fabricación de estas componentes depende de la clasificación y está relacionado con las características del motor. Los motores eléctricos operan bajo el principio de que un conductor colocado dentro de un campo magnético experimenta una fuerza cuando una corriente circula por el mismo.²

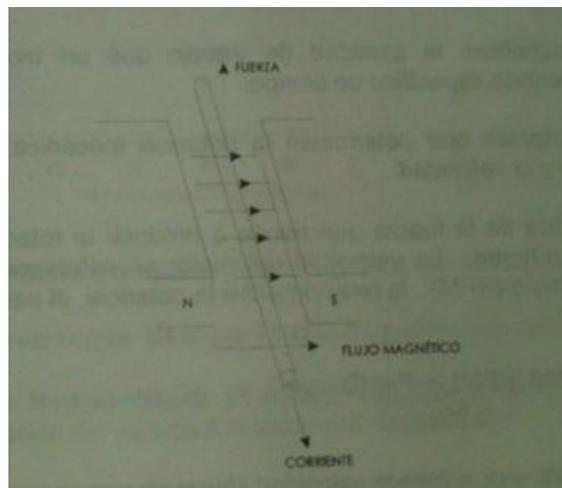


Fig. 1.1 Campo magnético.

² Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mac Graw Hill, pág. 288,289.

La magnitud de la fuerza varía directamente con la intensidad del campo magnético y la magnitud de la corriente que circula en el conductor, de acuerdo con la expresión:³

$$F = ILB$$

Dónde:

F= Fuerza en Newtons

I= Corriente en amperes

L= Longitud del conductor en metros

B= Flujo magnético (weber/m²)

En general el rotor de un motor eléctrico queda dentro del campo magnético creado por el estator. Se induce una corriente dentro del rotor y la fuerza resultante (y por lo tanto el par) produce la rotación.

Fundamentos de operación de los motores eléctricos

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación.

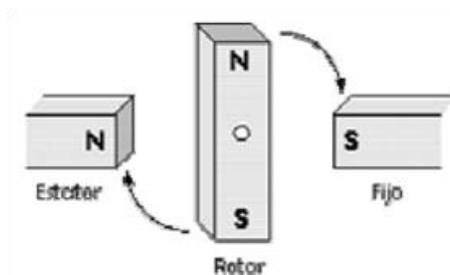


Fig. 1.2 Principio de funcionamiento.

³ Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mac Graw Hill, pág. 290.

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampere observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

ESTRUCTURA DE UN MOTOR ELÉCTRICO

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, estos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: ⁴

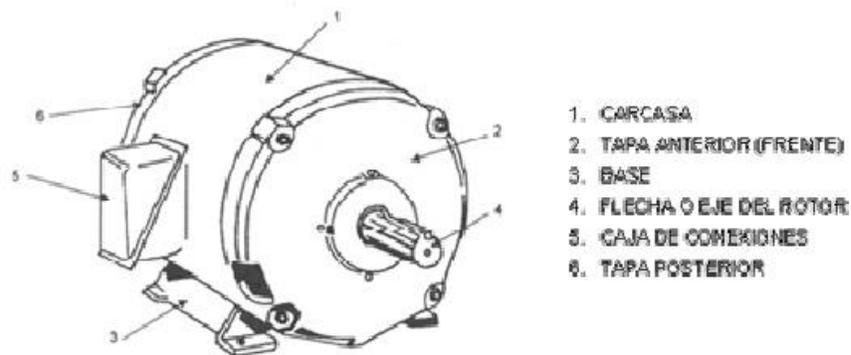


Fig. 1.3 Partes de un motor eléctrico.

Estator.

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente pero si magnéticamente. Existen dos tipos de estatores:

- a) Estator de polos salientes.
- b) Estator ranurado.

⁴ <http://www.nichese.com/motor.html>

El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio (y se les llama “paquete”), que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos.

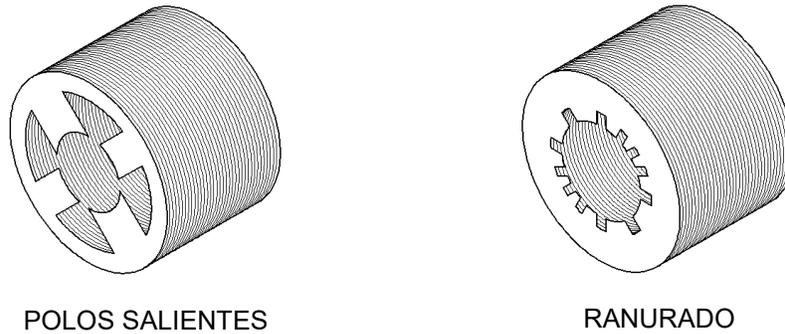


Fig. 1.4 Tipos de estatores

TIPOS DE ESTADORES.

Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur).

Las “revoluciones por minuto” del rotor (RPM) se determinan por la siguiente fórmula:⁵

$$\text{RPM} = \frac{F \times T}{Pp}$$

F = Frecuencia de la corriente alterna (50Hz)
T = Tiempo en segundos (60 segundos)
pp = Pares de polo (todo motor tiene un mínimo de un par de polos un norte y un sur)
RPM = Revoluciones por minuto

⁵ <http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html/>

Rotor

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos: ⁶

- a) Rotor ranurado
- b) Rotor de polos salientes
- c) Rotor jaula de ardilla

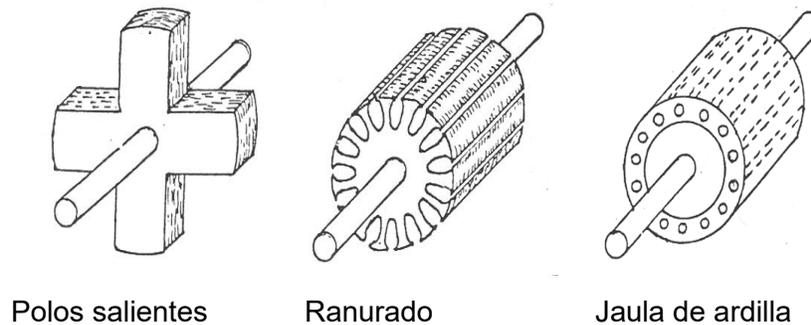


Fig. 1.5 Tipos de rotores.

Carcasa

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor. El material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser: ⁶

- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- d) De tipo sumergible

⁶ <http://www.nichese.com/motor.html>

Base

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos: ⁷

- a) Base frontal
- b) Base lateral

Caja de conexiones

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos. ⁷

Tapas

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor. ⁷

Cojinetes

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia. Los cojinetes pueden dividirse en dos clases generales: ⁷

- a) Cojinetes de deslizamiento o bujes. Operan en base al principio de la película de aceite, esto es, que existe una delgada capa de lubricante entre la barra del eje y la superficie de apoyo.
- b) Cojinetes de rodamiento. Se utilizan con preferencia en vez de los cojinetes de deslizamiento por varias razones:
 - Tienen un menor coeficiente de fricción, especialmente en el arranque.
 - Son compactos en su diseño
 - Tienen una alta precisión de operación.

⁷ <http://www.nichese.com/motor.html>

- No se desgastan tanto como los cojinetes de tipo deslizante.
- Se remplazan fácilmente debido a sus tamaños estándares



Cojinete de deslizamiento



Cojinete de rodamiento

Fig. 1.6 Tipos de cojinetes.

POTENCIA Y PAR DE UN MOTOR ELÉCTRICO

La potencia mecánica de los motores eléctricos se expresa, ya sea en caballos de fuerza (HP) o kilowatts. La relación entre estas cantidades se da por medio de la expresión:⁸

$$\text{HP} = \frac{\text{Kilowatts}}{0.746}$$

Estas medidas cuantifican la cantidad de trabajo que un motor es capaz de desarrollar en un periodo específico de tiempo.

La potencia mecánica de salida en los motores es determinada por dos factores importantes: par y velocidad.

El par es una medida de la fuerza que tiende a producir la rotación, se mide en libra- pie o Newton- metro.

La velocidad del motor se establece comúnmente en revoluciones por minuto (RPM), la relación entre la potencia, el par y la velocidad se establece con la expresión:⁸

$$\text{HP} = \frac{\text{Velocidad (RPM)} \times \text{Par (lb - pie)}}{5.252}$$

Por lo que se observa que a menor velocidad de operación, es mayor el par que debe desarrollar para entregar la misma potencia de salida.

Los motores de baja velocidad necesitan componentes más robustos que aquellos que operan a alta velocidad para la misma potencia nominal.

- Los motores lentos son generalmente más grandes, pesados y más caros que los motores de altas revoluciones, para una potencia equivalente.

CARACTERÍSTICAS PAR - VELOCIDAD DE LOS MOTORES

La cantidad del par producido por un motor varía generalmente con la velocidad.

Las características par velocidad dependen del tipo y diseño de un motor. Se muestran frecuentemente con una gráfica:⁸

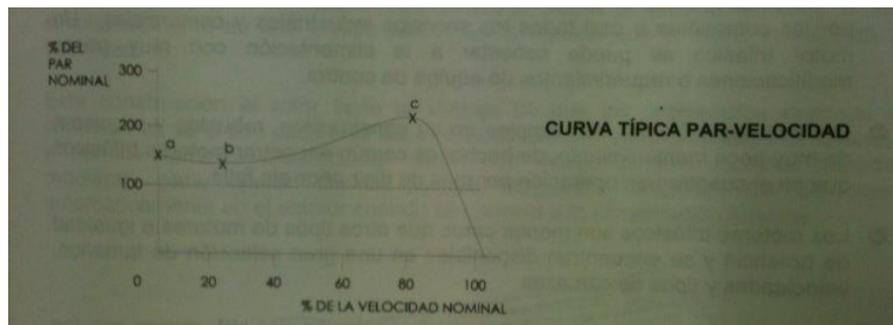


Fig. 1.7 Gráfica curva par- velocidad.

⁸ Selección y aplicación de motores eléctricos, Pereira José Luis, ed. Alfaomega, pág. 131, 132, 133.

Factores importantes mostrados en la gráfica:

- Par de arranque. Es el producido a velocidad cero.
- Par de levantamiento. Mínimo par producido durante la aceleración del reposo a la velocidad de operación.
- Par de ruptura. Máximo par en el motor, puede producir antes de la caída.

TIPOS DE MOTORES

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción. El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna. La velocidad constante de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no pueden utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse. Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas.

Los motores de baterías en serie con conmutadores, que funcionan tanto con corriente continua como con corriente alterna, se denominan motores universales. Éstos se fabrican en tamaños pequeños y se utilizan en aparatos domésticos.⁹

⁹ Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mc Graw Hill, pág. 310.

Los motores de corriente alterna se clasifican por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación.

a) Por su velocidad de giro:

1. Asíncronos
2. Síncronos

b) Por el tipo de rotor:

1. Motores de anillos rozantes.
2. Motores con colector
3. Motores de jaula de ardilla

c) Por su número de fases de alimentación:

1. Monofásicos
2. Bifásicos
3. Trifásicos

Motores asíncronos

La diferencia del motor asíncrono con el resto de los motores eléctricos radica en el hecho de que no existe corriente conducida a uno de sus devanados (normalmente al rotor). La corriente que circula por el devanado del rotor se debe a la fuerza electromotriz inducida en él por el campo giratorio; por esta razón, a este tipo de motores se les designa también como motores de inducción. Se les llama motores asíncronos porque la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo, impuesta por la frecuencia de la red. Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad prácticamente constante. No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable. La gran utilización de los motores asíncronos se debe a las siguientes causas: fácil construcción, bajo peso, poco volumen, económico y mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico. Hay dos tipos básicos de motores asíncronos: motores de jaula de ardilla y motor de rotor bobinado.⁹

⁹ Maquinas eléctricas, Chapman, ed. Mc Graw Hill, pag 314.

Motores Síncronos

Los motores síncronos son máquinas síncronas que se utilizan para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica de rotación. La característica principal de este tipo de motores es que trabajan a velocidad constante que depende solo de la frecuencia de la red y de otros aspectos constructivos de la máquina. A diferencia de los motores asíncronos, la puesta en marcha requiere de maniobras especiales a no ser que se cuente con un sistema automático de arranque. Otra particularidad del motor síncrono es que al operar de forma sobreexcitado consume potencia reactiva y mejora el factor de potencia.

Estos motores se denominan sincrónicos, porque la velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la corriente de alimentación y del número de polos, siendo independiente de la carga que deba vencer. Esta velocidad está dada por la relación:

$$N = 120 f / p$$

Donde f es la frecuencia de la red y p el número de polos del conductor.

De esta propiedad surge la limitación de uso de los motores sincrónicos, que se emplean cuando se requiere una velocidad absolutamente constante. Para los demás casos se prefieren los motores asíncronos que son más sencillos y generalizados.⁹

Principio de funcionamiento:

Observando la figura. 1.8 en un instante determinado, durante medio ciclo de la corriente alternada, la corriente circulara en el sentido indicado por las flechas. Como la corriente es variable también lo será el campo magnético producido por ella y entre este campo y el otro del rotor, se ejercerá una acción dinámica que tendera a desplazar al rotor en un sentido que se obtiene aplicando la regla de la mano izquierda.

En el caso de la figura, para la rama izquierda de la espira colocaremos la palma de la mano en posición vertical y vuelta hacia la derecha, de acuerdo con la polaridad Norte. Los dedos estirados deben señalar hacia fuera, pues esa es la dirección de la corriente en el conductor; es decir que la muñeca queda contra la pared y los dedos saliendo de él. El pulgar en tal situación indicara hacia abajo, es decir que el conductor tendera a ser desplazado hacia abajo, pero como esta fijo, el campo magnético será repelido hacia arriba, girando entonces el rotor en el sentido indicado en la figura.⁹

⁹ Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mc Graw Hill, pág. 318.

Para la rama derecha de la espira se podría demostrar que el movimiento de giro coincide con el producido en la otra rama, aplicando, la misma regla.

Después de transcurrido medio ciclo, la corriente en los conductores de la espira cambia de sentido de circulación, pero si en el mismo tiempo el rotor ha dado media vuelta, también se habrá producido una inversión en los sentidos de las líneas de fuerza, pues tendremos el polo Norte a la derecha y el Sur a la izquierda. Cambiando los sentidos de las corrientes y del campo al mismo tiempo, el movimiento permanece en el mismo sentido.

Esto dice que para que un motor sincrónico comience a funcionar regularmente, se debe tener que el rotor gire a velocidad tal, que se produzca al mismo tiempo la inversión de la corriente y de la polaridad magnética en cada punto de la vuelta completa. Como cuando el rotor está detenido ello no es posible, estos motores requieren ser llevados a la velocidad de sincronismo mediante un motor o dispositivo auxiliar.

Una vez que el rotor gira a esa velocidad, el funcionamiento se hace normal, la acción de repulsión entre el estator y el rotor suministra la fuerza necesaria para que el giro continúe y solo se detendrá si se corta la corriente del rotor, del estator, o de la si la fuerza a vencer es mayor que la que puede suministrar el motor.

En cuyo caso se dice que el mismo desengancha, debiéndose hacer arrancar nuevamente si se quiere que siga funcionando.

En la práctica, ni el estator tiene una sola espira, ni el rotor un solo electroimán. El arranque se consigue con un motor auxiliar de potencia reducida o dotando al motor de un arrollamiento especial para que arranque como asíncronico.⁹

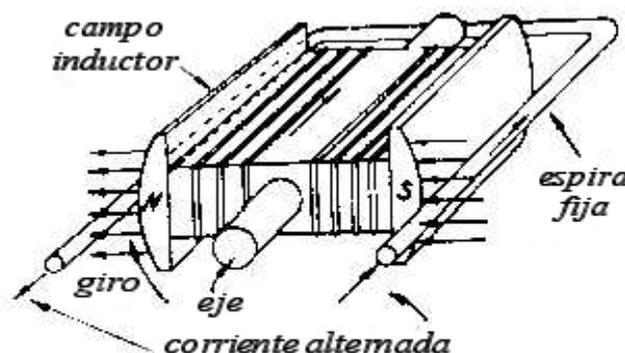


Fig. 1.8 Principio de funcionamiento motor sincrónico

⁹ Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mc Graw Hill, pág. 319.

Entre los motores síncronos se encuentran:

- Motores síncronos trifásicos
- Motores asíncronos sincronizados.
- Motores con un rotor de imán permanente

MOTORES DE ANILLOS ROZANTES

Un motor de anillos rozantes o deslizantes, es un motor asíncrono, con Dos bobinados.

- El bobinado estatorico, como en un motor normal de jaula de ardilla.
- El bobinado rotorico, es un bobinado instalado en la parte giratoria del motor, y que necesita de los anillos rozantes, para poder sacar al exterior las conexiones eléctricas de bobinado rotorico.

El motor de anillos rozantes se alimenta con tres fases, el rotor siempre debe estar conectado a una carga o debe estar en corto, de otro modo no funcionara debido a que no existe ninguna corriente en el rotor.

Dentro de los motores que tienen anillos rozantes, se encuentra el motor trifásico con rotor bobinado, el cual, en su funcionamiento es similar a un motor trifásico de inducción con rotor en corto circuito, con la diferencia de que, como su nombre lo indica el rotor esta bobinado y este puede ser bifásico o trifásico.

Se denominan rotores de anillos rozantes porque cada extremo de bobinado está conectado con un anillo situado en el eje del rotor. ⁹

MOTORES CON COLECTOR

El problema de la regulación de la velocidad en los motores de corriente alterna y la mejora del factor de potencia han sido resueltos de manera adecuada con los motores de corriente alterna de colector. Según el número de fases de las corrientes alternas para los que están concebidos los motores de colector se clasifican en monofásicos y Polifásicos, siendo los primeros los más Utilizados Los motores monofásicos de colector más Utilizados son los motores serie y los motores de repulsión. ⁹

⁹ Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mc Graw Hill, pág. 320, 321.

Los motores de corriente eléctrica a colector encuentran aplicación en muchos campos debido a varias razones, entre las cuales destacan:

- 1) Pueden entregar alta potencia con dimensiones y peso reducidos.
- 2) Pueden soportar considerables sobrecargas temporales sin detenerse completamente.
- 3) Se adaptan a las sobrecargas disminuyendo la velocidad de rotación, sin excesivo consumo eléctrico.
- 4) Producen un elevado torque de funcionamiento.

El motor a colector cuenta con un rotor bobinado con un conductor, colocado entre los polos de un imán. En el eje de rotación del rotor se han montado dos láminas conductoras aisladas una de la otra que forman el conmutador o colector, donde están conectados los extremos de la bobina.

Sobre este colector, hay dos contactos deslizantes (escobillas) que comunican la electricidad a los extremos de la bobina del rotor y que a la vez son los cables de entrada al motor.

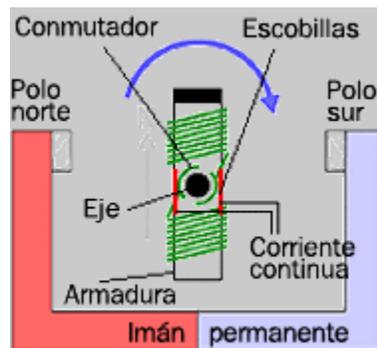


Fig. 1.9 Esquema de un motor a colector elemental.

MOTORES JAULA DE ARDILLA

La mayor parte de los motores, que funcionan con CA de una sola fase, tienen el rotor de tipo jaula de ardilla.⁹

⁹ Máquinas eléctricas, Chapman, ed. Mc Graw Hill, pág. 322.

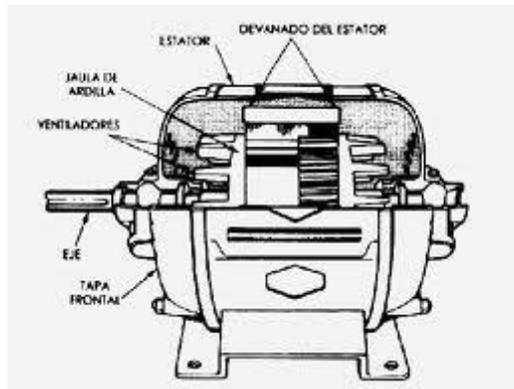


Fig. 1.9 Motor jaula de ardilla.

Un motor de fase partida utiliza polos de campo adicionales que están alimentados por corrientes en distinta fase, lo que permite a los dos juegos de polos tener máximos de corriente y de campos magnéticos con muy poca diferencia de tiempo. Los arrollamientos de los polos de campo de fases distintas, se deberían alimentar por c-a bifásicas y producir un campo magnético rotatorio, pero cuando se trabaja con una sola fase, la segunda se consigue normalmente conectando un condensador (o resistencia) en serie con los arrollamientos de fases distintas.

Con ello se puede desplazar la fase en más de 20° y producir un campo magnético máximo en el devanado desfasado que se adelanta sobre el campo magnético del devanado principal.

Desplazamiento real del máximo de intensidad del campo magnético desde un polo al siguiente, atrae al rotor de jaula de ardilla con sus corrientes y campos inducidos, haciéndole girar. Esto hace que el motor se arranque por sí mismo.

MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

Un motor eléctrico de Corriente Continua es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos.¹⁰

El principio de funcionamiento de los motores eléctricos de corriente directa o continua se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando, de acuerdo con la Ley de Lorentz, interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje.

Este electroimán se denomina “rotor” y su eje le permite girar libremente entre los polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro de la carcasa o cuerpo del motor.

Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se genera interactúa con el campo magnético del imán permanente. Si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se produce un rechazo y un torque magnético o par de fuerza que provoca que el rotor rompa la inercia y comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la pila o la batería.¹⁰

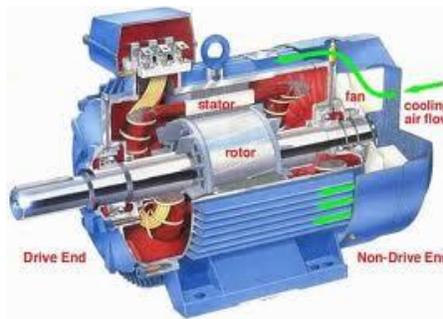


Fig. 1.10 Motor C.D.

Su clasificación se realiza en función de los bobinados del inductor y del inducido:

MOTOR SERIE O MOTOR DE EXCITACIÓN EN SERIE

Un motor DC serie es un motor cuyo devanado de campo relativamente consta de unas pocas vueltas conectadas en serie con el circuito del inducido.

En un motor serie, el flujo del campo es una función de la corriente de la carga y de la curva de saturación del motor. A medida que la corriente de la carga disminuye desde plena carga, el flujo disminuye y la velocidad aumenta. La tasa de incremento de velocidad es pequeña al principio pero aumenta a medida que la corriente se reduce. Para cada motor serie, hay una mínima carga segura determinada por la máxima velocidad de operación segura.¹⁰

¹⁰ Máquinas Eléctricas A.E. Fitzgerald, ed. Mac Graw Hill, pág. 195, 198.

El comportamiento básico de un motor DC serie se debe al hecho de que el flujo es directamente proporcional a la corriente del inducido al menos hasta llegar a la saturación. Cuando se incrementa la carga del motor, también aumenta su flujo.

Hay solo una forma eficiente de variar la velocidad de un motor DC serie: cambiar el voltaje en las terminales del motor.

- **CORRIENTE:** La corriente es alta

En un motor DC serie, la corriente del inducido, la corriente de campo y la corriente de línea son iguales.

- **TORQUE:** El torque es alto
- **REGULACION:** No hay regulación
- **CONEXIÓN:** La armadura va en serie con el campo. Alimentamos por los extremos de la armadura y el campo.
- **INVERSION DE GIRO:** Para realizar la inversión de giro debemos invertir la armadura, nunca el campo.
- **RESISTENCIA:** Baja

MOTOR SHUNT O MOTOR PARALELO

Es un motor de corriente continua cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducidos e inductor auxiliar.

Al igual que en las dinamos shunt, las bobinas principales están constituidas por muchas espiras y con hilo de poca sección, por lo que la resistencia del bobinado inductor principal es muy grande.¹⁰

¹⁰ Máquinas Eléctricas A.E. Fitzgerald. Quinta edición, pág. 201.

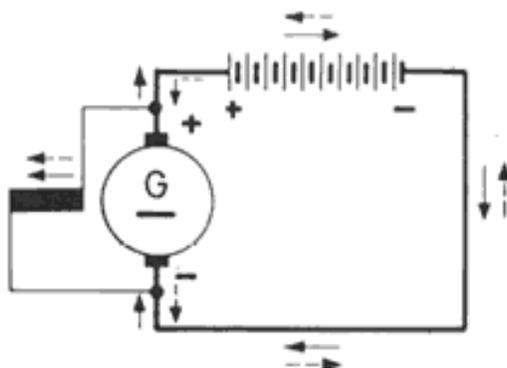


Fig. 1.11 Esquema motor Shunt.

MOTOR COMPOUND

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.

Los motores compuestos tienen un campo serie sobre el tope del bobinado del campo shunt. Este campo serie, el cual consiste de pocas vueltas de un alambre grueso, es conectado en serie con la armadura y lleva la corriente de armadura.

El flujo del campo serie varía directamente a medida que la corriente de armadura varía, y es directamente proporcional a la carga. El campo serie se conecta de manera tal que su flujo se añade al flujo del campo principal shunt. Los motores compound se conectan normalmente de esta manera y se denominan como compound acumulativo.

Esto provee una característica de velocidad que no es tan "dura" o plana como la del motor shunt, ni tan "suave" como la de un motor serie. Un motor compound tiene un limitado rango de debilitamiento de campo; la debilitación del campo puede resultar en exceder la máxima velocidad segura del motor sin carga. Los motores de corriente continua compound son algunas veces utilizados donde se requiera una respuesta estable de par constante para un rango de velocidades amplio.¹⁰

¹⁰ Máquinas Eléctricas A.E. Fitzgerald, ed. Mac Graw Hill, pág. 202.

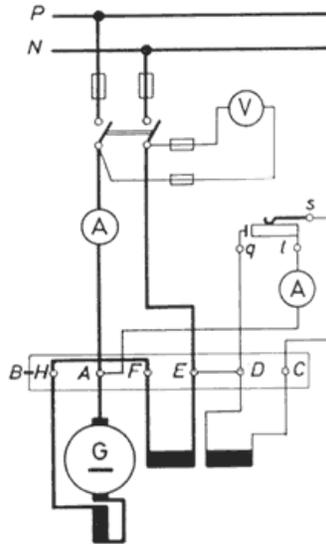


Fig. 1.12 Esquema motor compound.

EXCITACIÓN.

La forma de conectar las bobinas del estator es lo que se define como tipo de excitación. Podemos distinguir entre: ¹⁰

- **INDEPENDIENTE:** Los devanados del estator se conectan totalmente por separado a una fuente de corriente continua, y el motor se comporta exactamente igual que el de imanes permanentes. En las aplicaciones industriales de los motores de C.C. es la configuración más extendida.
- **SERIE:** Consiste en conectar el devanado del estator en serie con el de la armadura. Se emplea cuando se precisa un gran par de arranque, y precisamente se utiliza en los automóviles. Los motores con este tipo de excitación se empujan en ausencia de carga mecánica. Los motores con esta configuración funcionan también con corriente alterna.
- **PARALELO:** Estator y rotor están conectados a la misma tensión, lo que permite un perfecto control sobre la velocidad y el par.
- **COMPOUND:** Del inglés, compuesto, significa que parte del devanado de excitación se conecta en serie, y parte en paralelo. Las corrientes de cada sección pueden ser aditivas o sustractivas respecto a la del rotor, lo que da bastante juego.

¹⁰ Máquinas Eléctricas A.E. Fitzgerald, ed. Mac Graw Hill, pág. 203.

MOTORES UNIVERSALES

Tienen la forma de un motor de corriente continua, la diferencia es que está diseñado para funcionar con corriente alterna. El inconveniente en este tipo de motores es su baja eficiencia (del orden del 51 %) pero como se utilizan en máquinas de pequeña potencia, esta no se considera importante, además, su operación debe ser intermitente, de lo contrario, este se quemaría.¹¹

APLICACIONES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

Los usos y aplicaciones de los motores eléctricos son muy variados y actualmente los podemos ver prácticamente en todas las áreas de la sociedad como pueden ser:

En sistemas de riego en el campo, máquinas neumáticas y grúas para la construcción, en la industria petrolera como dispositivos de perforación y extracción, sistemas de bombeo industrial, para mover bandas transportadoras en las industrias de transformación, en el área de robótica tanto automotriz como en el ensamblaje de computadoras y toda clase de aparatos electrónicos aquí se utilizan motores eléctricos altamente especializados llamados Servomotores que están calibrados para funcionar a revoluciones por minuto específicamente designadas, por supuesto en el área del hogar en las licuadoras, refrigeradores y hasta en los hornos de microondas, también se verán más a menudo en la industria automotriz como impulsores de los nuevos automóviles en sustitución de los añejos y obsoletos motores a gasolina generadores de casi el 30% de la polución mundial, así como desde hace muchos años en vehículos de transporte público como el metro. Bombas de extracción, ventiladores, sistemas automatizados, elevadores, carros de golf y un sin fin de artefactos y dispositivos requieren el uso de un motor eléctrico ya sea de corriente continua o corriente alterna, la primera más utilizada en trabajo pesado y la segunda más enfocada a trabajos de precisión.¹¹

¹¹ http://www.unicrom.com/maq_motor_universal_constitucion.asp

CAPÍTULO 2

CELDA FOTOVOLTAICA

INTRODUCCIÓN

Una célula solar o célula fotovoltaica es un componente electrónico que, expuesto a la luz, genera una energía eléctrica. Las baterías de células están generalmente agrupadas en módulos solares fotovoltaicos (o paneles solares) para generar una potencia suficiente. El rendimiento de una célula solar se mide por la eficacia de convertir la luz solar en energía eléctrica. Una célula solar sólo convierte una pequeña cantidad de la luz capturada. La generación actual ofrece sólo un rendimiento del 12 al 15%. Sin embargo, numerosos estudios han mejorado el rendimiento actual de cada célula. La nueva generación de células tiene un rendimiento del 20 %, algunos prototipos incluso hasta el 30 %. Por consiguiente, es muy probable que el rendimiento aumente con el tiempo.

El término fotovoltaico proviene del griego $\phi\acute{\omega}\varsigma$: *phos*, que significa “luz” y voltaico, que proviene del campo de la electricidad, en honor al físico italiano Alejandro Volta, (que también proporciona el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de medidas). El término fotovoltaico se comenzó a usar en Inglaterra desde el año 1849.

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construyó hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quien recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de sólo un 1%. En 1905 Albert Einstein dio la explicación teórica del efecto fotoeléctrico. Russell Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles.

La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los Laboratorios Bell, descubrieron, de manera accidental, que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz.¹²

¹² paneles-fotovoltaicos.blogspot.com

Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente, el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía *Hoffman Electronics*.

La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano *Vanguard 1*, lanzado en marzo de 1958. Este hito generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo crucial que estimuló la investigación por parte de algunos gobiernos y que impulsó la mejora de los paneles solares.

En 1970 la primera célula solar con hetero estructura de arseniuro de galio (Gas) y altamente eficiente se desarrolló en la extinta URSS por *Zhore Alferov* y su equipo de investigación.

La producción de equipos de deposición química de metales por vapores orgánicos o MOCVD (*Metal Organic Chemical Vapor Deposition*), no se desarrolló hasta los años 80 del siglo pasado, limitando la capacidad de las compañías en la manufactura de células solares de arseniuro de galio. La primera compañía que manufacturó paneles solares en cantidades industriales, a partir de uniones simples de Gas, con una eficiencia de AM0 (Air Mass Zero) del 17% fue la norteamericana ASEC (*Applied Solar Energy Corporation*). La conexión dual de la celda se produjo en cantidades industriales por ASEC en 1989, de manera accidental, como consecuencia de un cambio del Gas sobre los sustratos de germanio.

El dopaje accidental de germanio (Ge) con Gas como capa amortiguadora creó circuitos de voltaje abiertos, demostrando el potencial del uso de los sustratos de germanio como otras celdas. Una celda de uniones simples de Gas llegó al 19% de eficiencia AM0 en 1993. ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en los EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente.

Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en Gas con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de Gas pueden llegar a producir eficiencias AM0 del orden del 22%. Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007. En 2007, dos compañías norteamericanas *Emcore Photovoltaics* y *Spectrolab*, producen el 95% de las células solares del 28% de eficiencia.

GENERACIONES DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

- **Primera generación** de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) son, actualmente, (2007) la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.
- **Segunda generación** de materiales fotovoltaicos se basan en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas (28-30%), pero tienen un costo por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una eficiencia AM0 (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

Las predicciones antes de la llegada de la tecnología de película delgada apuntaban a una considerable reducción de costos para células solares de película delgada. Reducción que ya se ha producido. Actualmente (2007) hay un gran número de tecnologías de materiales semiconductores bajo investigación para la producción en masa. Se pueden mencionar, entre estos materiales, al silicio amorfo, silicio policristalino, silicio microcristalino, telurio de cadmio y sulfuros y seleniuros de indio. Teóricamente, una ventaja de la tecnología de película delgada es su masa reducida, muy apropiada para paneles sobre materiales muy ligeros o flexibles. Incluso materiales de origen textil.

La llegada de películas delgadas de Ga y As para aplicaciones espaciales (denominadas células delgadas) con potenciales de eficiencia AM0 por encima del 37% está, actualmente, en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia específica. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.¹³

¹³ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 35.

- **Tercera generación** de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad (2007) son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogenerados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia AM0. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nanocristales y células solares de tintas sensibilizadas.
- Una hipotética **cuarta generación** de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nanopartículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral. Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas. Basadas en esta idea, y la tecnología multifunción, se han usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA. La primera capa es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo. De esta manera se convierte algo del calor en energía aprovechable. El resultado es una excelente célula solar compuesta. La investigación de base para esta generación se está supervisando y dirigiendo por parte de la DARPA² (Defense Advanced Research Projects Agency) para determinar si esta tecnología es viable o no. Entre las compañías que se encuentran trabajando en esta cuarta generación se encuentran Xsunx, Konarka Technologies, Inc., Nanosolar, Dyesol y Nanosys.¹³

Funcionamiento

El funcionamiento de un sistema FV se logra mediante el siguiente proceso: La luz solar entra sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es convertida en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares, después esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga con la función de enviar a toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobredescarga. En sistemas FV conectados a la red, no se usan bancos de baterías.¹³

¹³ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 36, 37.

La energía almacenada o enviada a la red se utiliza para abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, estas pueden hacerse a través del arreglo fotovoltaico o desde la batería. Cuando las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitadas por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, en donde es convertida a corriente alterna.

¿Cómo se obtiene la energía eléctrica a partir del sol?

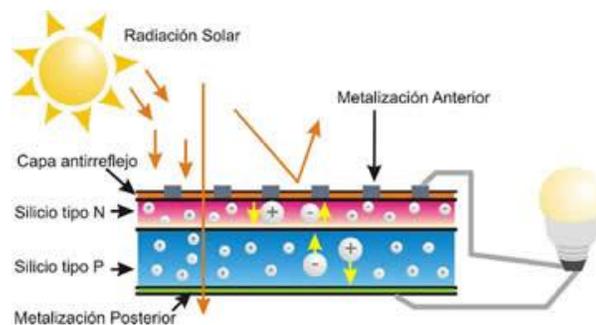


Fig. 2.1 Obtención de la energía eléctrica.

Efecto fotovoltaico en una célula solar.

La producción está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados celdas fotovoltaicas. Estas celdas están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo) y son capaces de generar cada una, corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Las celdas se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la celda). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la celda.¹⁴

¹⁴ <http://solarfotovoltaica.galeon.com/ARCHIVOS/efecto.htm>

Fabricación de paneles convencionales

Generalmente se elaboran de silicio, el elemento que es el principal componente de la sílice, el material de la arena.

Actualmente, la producción mundial de células fotovoltaicas se concentra en Japón (48%), Europa (27%) y EEUU (11%). El consumo de silicio en 2004 destinado a aplicaciones fotovoltaicas ascendió a 13.000 toneladas.

Deben su aparición a la industria aeroespacial, y se han convertido en el medio más fiable de suministrar energía eléctrica a un satélite o a una sonda en las órbitas interiores del Sistema Solar. Esto es gracias a la mayor irradiación solar sin el impedimento de la atmósfera y a su bajo peso.

En tierra, son la fuente solar más popular en instalaciones pequeñas o en edificios, frente al método de campos de espejos heliostatos empleados en las grandes centrales solares.

Junto con una pila auxiliar, se usa habitualmente en ciertas aplicaciones de poco consumo como boyas o aparatos en territorios remotos, o simplemente cuando la conexión a una central de energía sea impracticable. Su utilización a gran escala se ve restringida por su alto coste, tanto de compra como de instalación. Hasta ahora, los paneles fotovoltaicos ocupan una pequeña porción de la producción mundial de energía.

Experimentalmente han sido usados para dar energía a automóviles, por ejemplo en el *World solar challenge* a través de Australia. Muchos yates y vehículos terrestres los usan para cargar sus baterías lejos de la red eléctrica. Programas de incentivo a gran escala, ofreciendo recompensas financieras como la posibilidad de vender el exceso de electricidad a la red pública, han acelerado en gran medida el avance de las instalaciones de celdas fotovoltaicas solares en España, Alemania, Japón, Estados Unidos y otros países.

La experiencia en producción e instalación, los avances tecnológicos que aumentan la eficiencia de las celdas solares, las economías de escala en un mercado que crece un 40% anualmente, unido a las subidas en los precios de los combustibles fósiles, hacen que las se empiece a contemplar la fotovoltaica para producción eléctrica de base, en centrales conectadas a red.¹⁵

¹⁵ paneles-fotovoltaicos.blogspot.com

Actualmente muchos gobiernos del mundo (Alemania, Japón, EEUU, España, Grecia, Italia, Francia,) están subvencionando las instalaciones con un objetivo estratégico de diversificación y aumento de las posibilidades tecnológicas preparadas para crear electricidad de forma masiva. La gran mayoría de las instalaciones conectadas a red están motivadas por primas muy elevadas a la producción, pagándose al productor 5 o 6 veces el coste de la energía eléctrica generada por vías tradicionales, o mediante incentivos fiscales, lo que ha generado críticas desde grupos favorables a un mercado libre de generación eléctrica.

1- En una lámina de material semiconductor puro se introducen elementos químicos llamados dopantes que hacen que esta tenga un exceso de electrones y aunque no exista en realidad desequilibrio eléctrico (existirá el mismo número de electrones que de neutrones en el total de la aplancha del semiconductor) convencionalmente se entiende que esta plancha tiene una carga negativa y se la denomina N

2- Por otro lado en otra lámina de material semiconductor se hace el mismo proceso pero en esta ocasión con otra sustancia dopante que provoca que haya una falta de electrones. Por esta razón se entiende convencionalmente que la plancha tiene una carga positiva y se le denomina P

3- Es en este punto donde se procede a realizar la unión P-N en la cual el exceso de electrones de N pasa al otro cristal y ocupa los espacios libres en P. Con este proceso la zona inmediata a la unión queda cargada positivamente en N y negativamente en P creándose un campo eléctrico cuya barrera de potencial impide que continúe el proceso de trasvase de electrones de una plancha a la otra.

COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es convertir la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. Consta principalmente de los siguientes elementos: ¹⁶

- 1) Arreglos de módulos de celdas solares.
- 2) Estructura y cimientos del arreglo.
- 3) Reguladores de voltaje y otros controles, típicamente un controlador de carga de batería, un inversor de corriente cd/ca o un rectificador ca/cd.

¹⁶ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 47.

- 4) Baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas.
- 5) Instrumentos.
- 6) Cables e interruptores.
- 7) Red eléctrica circundante.
- 8) Cercado de seguridad, sin incluir las cargas eléctricas.

Un sistema fotovoltaico no siempre consta de la totalidad de los elementos aquí mencionados. Puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora y época de operación y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de la instalación.

Tipos de paneles solares

Tipos de paneles en función de los materiales

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:¹⁷

- **Silicio Puro monocristalino**- Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%.



Fig. 2.2 Panel solar monocristalino.

¹⁷ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 43.

- **Silicio puro policristalino**- Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo.¹⁷



Fig. 2.3 Panel solar policristalino.

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presentan un grosor considerable. Mediante el empleo del silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permiten incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. Son los denominados paneles de lámina delgada así pues, los tipos de paneles de lámina delgada son:

- **Silicio amorfo**- (TFS) Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%.¹⁷

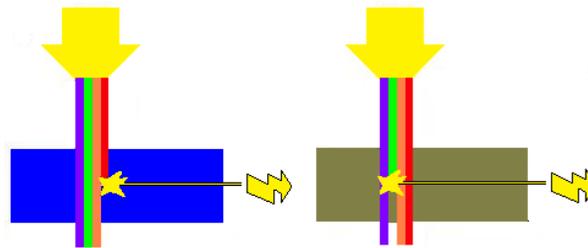
- **Teluro de cadmio**- Rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%

¹⁷ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 44,45.

- Arseniuro de Galio- **Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 20%**

- **Diseleniuro de cobre en indio**- con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 9%

Existen también los llamados paneles **Tándem** que combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Debido a que cada tipo de material aprovecha sólo una parte del espectro electromagnético de la radiación solar, mediante la combinación de dos o tres tipos de materiales es posible aprovechar una mayor parte del mismo. Con este tipo de paneles se ha llegado a lograr rendimientos del 35%. Teóricamente con uniones de 3 materiales podría llegarse hasta rendimientos del 50%



Material semiconductor 1

Material semiconductor 2

Fig. 2.4 Materiales semiconductores

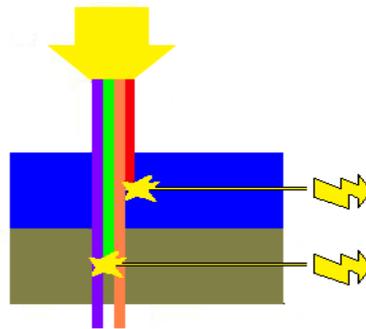


Fig. 2.5 Célula Tándem (Material semiconductor 1 + 2).

(1) Célula con material semiconductor 1, solo aprovecha una parte del espectro electromagnético de que está compuesta la luz solar (2) La célula con el material semiconductor 2 aprovecha otra parte del espectro electromagnético de la luz

diferente al del material semiconductor 1 (3) en la célula Tándem se combinan ambos tipos de materiales, con lo que se aprovecha la parte del espectro electromagnético de ambos tipos de materiales son capaces de transformar en energía eléctrica. El rendimiento total será en teoría la suma de los rendimientos de ambos tipos de células por separado

La mayoría de los módulos comercializados actualmente están realizados de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. El resto de materiales se emplean para aplicaciones más específicas y son más difíciles de encontrar en el mercado.

Mención especial merece una nueva tecnología que está llamada a revolucionar el mundo de la energía solar fotovoltaica. Se trata de un nuevo tipo de panel solar muy fino, muy barato de producir y que según dicen sus desarrolladores presenta el mayor nivel de eficiencia de todos los materiales. Este nuevo tipo de panel está basado en el **Cobre Indio Galio Diselenido (CIGS)** y se prevé que en un futuro no muy lejano, debido a su competitiva relación entre producción de energía/costo pueda llegar a sustituir a los combustibles fósiles en la producción de energía.¹⁷

Tipos de paneles en función de la forma

También es posible clasificar los tipos de paneles en función de su forma. Empleándose cualquiera de los materiales antes comentados se fabrican paneles en distintos formatos para adaptarse a una aplicación en concreto o bien para lograr un mayor rendimiento. Algunos ejemplos de formas de paneles distintos del clásico plano son:

Paneles con sistemas de concentración. Un ejemplo de ellos es el modelo desarrollado por una marca española, el cual mediante una serie de superficies reflectantes concentra la luz sobre los paneles fotovoltaicos. Aunque el porcentaje de conversión no varíe, una misma superficie de panel producirá más electricidad ya que recibe una cantidad concentrada de fotones.

Actualmente se investiga en sistemas que concentran la radiación solar por medio de lentes. La concentración de la luz sobre los paneles solares es una de las vías que están desarrollando los fabricantes para lograr aumentar la efectividad de las células fotovoltaicas y bajar los costes.¹⁸

¹⁷ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 47, 48, 49.

¹⁸ <http://www.sitiosolar.com/los-paneles-solares-fotovoltaicos/>

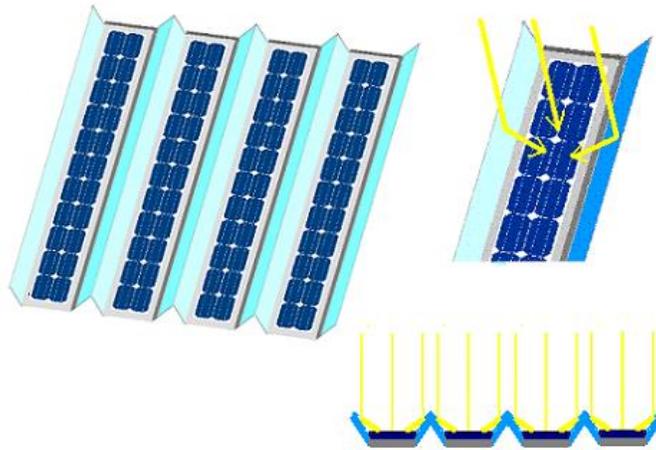


Fig. 2.6 Panel con sistema de concentración.

Paneles de formato “teja o baldosa”. Estos paneles son de pequeño tamaño y están pensados para combinarse en gran número para así cubrir las grandes superficies que ofrecen los tejados de las viviendas. Aptos para cubrir grandes demandas energéticas en los que se necesita una elevada superficie de captación.¹⁸



Fig. 2.7 Panel de formato teja.

Paneles bifaciales: Basados en un tipo de panel capaz de transformar en electricidad la radiación solar que le recibe por cualquiera de sus dos caras. Para aprovechar convenientemente esta cualidad se coloca sobre dos superficies blancas que reflejan la luz solar hacia el reverso del panel.

¹⁸ <http://www.sitiosolar.com/los-paneles-solares-fotovoltaicos/>

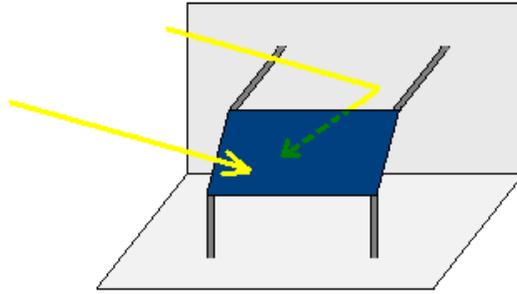


Fig. 2.8 Panel bifacial.

USOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Sistemas de protección Catódicos

La protección catódica es un método de proteger las estructuras de metal contra la corrosión. Es aplicable a puentes, tuberías, edificios, estanques, perforaciones y líneas ferroviarias. Para alcanzar la protección catódica se aplica un pequeño voltaje negativo a la estructura de metal y éste evita que se oxide o aherrumbre. El terminal positivo de la fuente es conectado a un ánodo galvánico o de sacrificio que es generalmente un pedazo del metal de desecho, que es corroído en vez de la estructura que se desea proteger. Las celdas solares fotovoltaicas se a menudo utilizan en lugares remotos para proporcionar este voltaje.

Cercas Eléctricas

Las cercas eléctricas se utilizan extensamente en agricultura para evitar que el ganado o los depredadores entren o deje un campo cerrado. Estas cercas tienen generalmente uno o dos alambres "vivos" que se mantienen con cerca de 500 voltios de Corriente Continua. Éstos dan una dolorosa descarga, pero inofensiva a cualquier animal que los toque. Esta descarga generalmente es suficiente para evitar que el ganado derribe los cercos. Estas cercas también se utilizan en recintos de la fauna y áreas protegidas. Requieren de un alto voltaje pero muy poca corriente y a menudo están situadas en áreas alejadas donde el costo de energía eléctrica es alto. Estas necesidades se pueden resolver mediante un sistema fotovoltaico compuesto de células solares, un acondicionador de energía y una batería.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, Ed. Limusa, pág. 191.

Sistemas de Iluminación



Fig. 2.9 Paneles utilizados en sistemas de iluminación.

A menudo se requiere iluminación en lugares remotos donde el costo de emplear energía de la red es demasiado alto. Tales aplicaciones incluyen la iluminación de seguridad, ayudas a la navegación (ej. boyas y faros), señales iluminadas en los caminos, señales en cruces ferroviarios y la iluminación de aldeas. Las células solares pueden satisfacer tales usos, aunque siempre se requerirá de una batería de almacenaje. Estos sistemas generalmente consisten de un panel fotovoltaico más una batería de almacenaje, un acondicionador de energía y una lámpara fluorescente de C.C. de baja tensión y alta eficiencia. Estos sistemas son muy populares en áreas remotas, especialmente en países en vías de desarrollo y es uno de los usos principales de células solares.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 191.

Telecomunicaciones y sistemas de monitoreo remotos

Las buenas comunicaciones son esenciales para mejorar la calidad de vida en áreas alejadas. Sin embargo el costo de energía eléctrica de hacer funcionar estos sistemas y el alto costo de mantenimiento de los sistemas convencionales han limitado su uso. Los sistemas fotovoltaicos han proporcionado una solución rentable a este problema con el desarrollo de estaciones repetidoras de telecomunicaciones en área remotas. Estas estaciones típicamente consisten de un receptor, un transmisor y un sistema basado en una fuente de alimentación fotovoltaica. Existen miles de estos sistemas instalados alrededor del mundo y tienen una excelente reputación por su confiabilidad y costos relativamente bajos de operación y mantenimiento.

- Telefonía móvil.
- Repetidores de radio y televisión.
- Postes S.O.S. de carreteras.
- Telemando.
- Telecontrol para redes de riego.
- Telemetría.
- Radares.
- Radiotelefonía en general y para militares o puestos de vigilancia forestal.
- Telefonía rural vía satélite.
- Teleondas.

Existen dos tipos de estaciones para telefonía móvil, las llamadas BTS, compuestas por un sistema híbrido fotovoltaico - diésel, con una potencia pico de panel fotovoltaico de 6 Kwp, donde la función del grupo electrógeno es solamente de apoyo.

El segundo tipo de instalaciones son las llamadas RF que funciona solamente con paneles fotovoltaicos oscilando la potencia pico instalada entre 0.6 Kwp y 1.8 Kwp.

Los telemandos y telecontroles con transmisión vía radio se utilizan mucho en aplicaciones relacionadas con el agua, depósitos, riegos, caudalímetros y, en general, para la toma y control de cualquier tipo de datos.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 192.

Sistemas De Tratamiento De aguas

En áreas alejadas la energía eléctrica se utiliza a menudo para desinfectar o purificar agua para consumo humano. Las celdas fotovoltaicas se utilizan para alimentar una luz fuerte ultravioleta utilizada para matar bacterias en agua. Esto se puede combinar con un sistema de bombeo agua accionado con energía solar.

La desalinización del agua salobre se puede alcanzar mediante sistemas fotovoltaicos de ósmosis inversa.¹⁹

Bombas de agua accionadas por energía solar

Existen más de 10000 bombas de agua accionadas por energía solar en el mundo. Son utilizadas extensamente en granjas para proveer el agua al ganado. En países en vías de desarrollo se las utiliza extensivamente para bombear agua de pozos y de ríos a las aldeas para consumo doméstico y la irrigación de cultivos. Un típico sistema de bombeo accionado por energía fotovoltaica consiste en un conjunto de paneles fotovoltaicos que accionan un motor eléctrico, el que impulsa la bomba. El agua se bombea de la tierra o afluente a un tanque de almacenaje que proporciona una alimentación por gravedad. No es necesario un almacenaje de energía en estos sistemas. Los sistemas de bombeo accionados por energía solar se encuentran disponibles en proveedores de equipo agrícola y son una alternativa rentable a los molinos de viento agrícolas para el abastecimiento de agua en áreas alejadas.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 193.

Electrificación rural:

- Viviendas de uso temporal.
- Viviendas de uso permanente.
- Electrificación centralizada con control individual de consumos por vivienda. en núcleos rurales.
- Electrificación de refugios y albergues de montaña.
- Postas sanitarias. (iluminación, conservación de medicamentos y vacunas con frigoríficos).
- Escuelas y centros comunales.
- Puestos de policía y fronteras.
- Instalaciones religiosas (ermitas, misiones, etc.).

La electrificación rural actualmente dispone de todas las comodidades que se puedan tener en un sistema de electrificación convencional, ya que la incorporación de nuevos inversores de onda senoidal, permite la utilización de cualquier electrodoméstico.

Una de las aplicaciones más importantes actualmente es la electrificación de pequeños núcleos rurales con un sistema centralizado. Las ventajas que presenta con respecto a una instalación por vivienda, son las siguientes:

- Menor coste de la instalación.
- Menores gastos de mantenimiento.
- Mayor comodidad para el usuario.
- Mayor seguridad de la instalación.
- Mejor rendimiento total.

Para gestionar la energía, se instala en cada una de las viviendas un equipo electrónico limitador de energía, programado para poder suministrar diariamente una energía al usuario, ahora bien, el equipo tiene que ser lo suficientemente inteligente, como para poder aumentar la energía asignada, si el estado de la batería es bueno, o lo contrario si es malo. Para simplificar y no realizar complicados tendidos eléctricos, la comunicación entre el equipo electrónico limitador y los inversores se realiza por la misma línea de 220 Vca con pequeñas variaciones en la frecuencia que no afectan en nada al funcionamiento del sistema.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 194.

El segundo gran inconveniente, la potencia del inversor y su rendimiento frente a pequeñas cargas, se ha solucionado con la instalación de varios inversores en paralelo, siendo uno de ellos (el maestro), el que actúa sobre el control de los demás (esclavos), de forma que si la potencia consumida es inferior a la suma de la potencia de todos los inversores, manda parar algunos de ellos hasta adecuarse a la potencia consumida. La gran ventaja además es que todos los inversores tienen la capacidad de actuar como maestros y de esclavos, con esto aseguramos el suministro eléctrico frente a posibles averías de alguno de ellos.

Aplicaciones agrícolas:

- Bombes de agua, tanto en c/c como en c/a, (con batería).
- Bombes de agua de accionamiento directo (sin batería).
- Electrificación de naves.
- Controles de riego.
- Invernaderos (automatización de ventanas e iluminación).

Una de las aplicaciones con mayor importancia en la agricultura, por su sencillez de instalación y sobre todo por su nulo mantenimiento y total automatización son los bombes de agua de accionamiento directo, compuestos por un campo de paneles fotovoltaicos, un equipo electrónico y todo el sistema de controles y sensores del bombeo. El equipo electrónico anteriormente mencionado, en bombes de pequeño caudal tiene como función obtener el máximo rendimiento del panel. En bombes de gran caudal tiene una segunda función que es convertir la corriente continua del panel fotovoltaico en alterna. La ventaja principal de los bombes de accionamiento directo es que coincide la curva de radiación, con la curva de demanda de agua, además posibilita la extracción de agua en el medio rural donde la posibilidad de instalar una línea convencional es inviable por su alto coste. Una segunda aplicación en el mundo agrícola, ha sido la electrificación de controles de riego y electroválvulas, que ha permitido una mejor distribución y ahorro del agua, fundamentalmente sistemas basados en el riego por goteo o a baja presión. ¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 195.

Aplicaciones ganaderas:

- Bombeos de agua para proporcionar agua al ganado.
- Electrificación de granjas. (iluminación, motores, esquiladoras, etc.)
- Sistemas de ordeño y refrigeración de leche.
- Electrificación de cercas.

Los bombeos de accionamiento directo, detallados en las aplicaciones agrícolas, encuentran en las ganaderas un sitio de gran importancia. La fabricación de inversores de gran potencia, ha posibilitado poder acometer obras en el medio ganadero, para suministrar energía eléctrica a sistemas de ordeño, conservación de la leche (tanques de frío) y bombas de limpieza, así como la iluminación de naves, motores para el reparto de pienso, ventiladores, automatización de persianas para naves de ganado, invernaderos. Los motores de los equipos anteriormente detallados, en un principio y para conseguir un mayor rendimiento de la instalación se instalaban en C.C., posteriormente y gracias a los nuevos inversores de gran rendimiento, los motores son en C.A. consiguiendo una mayor seguridad en la explotación en caso de averías, ya que un motor en alterna es fácil de obtener, mientras que en continua es de fabricación especial. El inversor instalado, para dar mayor seguridad al sistema es modular con varias etapas de potencia, de forma que puedan ser reparadas sin que el sistema se quede sin suministro.¹⁹

Iluminación:

- Carteles publicitarios.
- Farolas de alumbrado público.
- Paradas de autobuses.
- Iluminación de túneles, cuevas, etc.

El alumbrado público, mediante sistemas fotovoltaicos se presenta como una de las soluciones más económicas, para iluminar las entradas en los pueblos, cruces de carreteras, áreas de descanso, etc. Actualmente se está instalando un nuevo tipo de farola, que no requiere ningún mantenimiento, al incorporar baterías estacionarias de larga duración con electrolito gelificado (más de 300 farolas en Canarias).¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 196, 197.

Señalización:

- Faros y boyas de uso marítimo.
- Radiofaros y radiobalizas de uso aéreo.
- Señalización viaria para señalización de curvas, obstáculos, rotondas, etc. en ciudades y carreteras mediante led's.
- Indicadores de hora y temperatura en vías públicas.
- Pasos a nivel de Ferrocarriles.
- Plataformas petrolíferas.

La utilización de la ESF ha permitido la automatización de los faros, así como un aumento en la seguridad en las boyas donde antes se utilizaba el gas acetileno reduciendo de una forma importante el mantenimiento. Para el uso aéreo, se están utilizando paneles para alimentación de balizas y carteles de señalización en las pistas, podemos destacar el aeropuerto de Madrid y Baleares por la fácil identificación de las instalaciones. Otra gran aplicación, que se ha sumado recientemente con mucha importancia en la seguridad vial, es la señalización de rotondas, curvas, señales de tráfico, obstáculos, etc. mediante led's de alta luminosidad, que por su bajo consumo permite realizar una instalación fotovoltaica de pequeño tamaño.¹⁹

Control:

- Caudalímetros y anemómetros.
- Accionamiento de válvulas (electroválvulas).
- Controles y estaciones meteorológicas y sísmicas.
- Cámaras de TV para control y medida de tráfico.
- Motorización y automatización de puertas.
- Repetidores de señal con fibra óptica.
- Estaciones de medida medioambiental.
- Control en gasoductos y oleoductos.
- Toma de datos.

En este apartado, actualmente cabe destacar los trabajos que se están realizando en las cuencas fluviales para el control de caudal y calidades de las aguas, donde los sistemas fotovoltaicos, se encuentran como los más económicos y seguros para este tipo de aplicaciones.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 197.

Las instalaciones fotovoltaicas han demostrado su gran fiabilidad en aplicaciones tan importantes y grandes proyectos como son los gasoductos y oleoductos, donde se ocupan de proporcionar energía eléctrica a los sistemas de control, comunicación, accionamiento de válvulas y protección catódica. Esta última aplicación también se utiliza en puentes.

SISTEMAS CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA

Es una de las últimas aplicaciones y más novedosas de los sistemas fotovoltaicos, consiste en la instalación de un campo fotovoltaico y un inversor capaz de transformar la energía que suministran los paneles e inyectarla a la red eléctrica. El inversor en este tipo de instalación es el núcleo central y tiene que disponer de ciertas protecciones, ante situaciones que se pueden dar en la red eléctrica como son:

- Tensión fuera de rango.
- Corte de la red.
- Desfase en la red.

Para conseguir la viabilidad económica de estos sistemas, el país debe de disponer de una normativa legal y unas líneas de ayudas económicas, que compensen el mayor costo por kw/h generado.¹⁹

¹⁹ Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, ed. Limusa, pág. 198.

CAPÍTULO 3

CÁLCULO DE PRESTACIONES DEL *KART*

INTRODUCCIÓN

¿Qué es un Kart?

Es un automóvil monoplaza propulsado por un motor, no posee suspensión y puede o no tener mecanismos de carrocería, cuenta con cuatro ruedas no alineadas que están en contacto con la calzada. La dirección del vehículo se controla mediante las dos ruedas delanteras, y las dos traseras están unidas a un eje de una sola pieza que transmiten la potencia de un motor, además cuenta con el sistema de freno en el mismo eje.

Funcionamiento elemental de un Kart

Básicamente el funcionamiento es muy sencillo. El motor transmite el movimiento al eje trasero mediante una cadena. En un extremo del cigüeñal del motor va situado un piñón dentado en el que se asienta la cadena. En el eje trasero existe una catarina dentada por la que pasa la cadena, así que cuando el motor gira, mueve la cadena con lo que produce el movimiento del eje trasero, esto hace que el Kart avance.

HISTORIA DE LOS AUTOMOVILES ELÉCTRICOS

El primer vehículo independiente que funcionaba con electricidad se construyó en la década de 1830 por Robert Anderson. La fuente de energía de este vehículo no era recargable, y esto constituía un problema importante. Los autos eléctricos existen desde fines del siglo XIX pero su desarrollo solo fue tomado en serio a partir de la crisis del petróleo que afectó al mundo a mediados de los años setenta. El primer vehículo eléctrico fue el *CitiCar* de *Vanguard- Sebring*, que salió en 1974. Este pequeño vehículo podía ir a más de 4.8 Km/h y recorrer aproximadamente 64 Km con cada carga. Se fabricaron alrededor de 2000. El *CitiCar* no era muy seguro, y en el año 1976 el fabricante dejó de construirlos.

Los vehículos eléctricos fueron probados para otros usos. El servicio postal de los Estados Unidos compró alrededor de 350 Jeeps eléctricos para repartir el correo en 1975. Estos vehículos podían recorrer hasta 64 Km. y tenían una velocidad máxima de 80 Km/h. Cada vehículo requería 10 horas de tiempo de recarga. Este parecía ser un buen uso para un vehículo eléctrico, distancias cortas para recorrer en un periodo limitado de tiempo; sin embargo el programa fue discontinuado.²⁰

²⁰ <http://www.planetseed.com/es/node/102355>

Hace poco tiempo atrás se veía a los autos eléctricos como una posibilidad muy distante. Sin embargo en el mundo, por la actual crisis del petróleo y el daño notorio al ambiente que ocasionan productos, como la polución que provocan los autos de combustión interna, los autos eléctricos han llegado a ser más populares y bien pueden ser parte importante de nuestro futuro no muy distante.

Los autos eléctricos son limpios y seguros para el ambiente, por conducir autos eléctricos nuestra generación puede virtualmente eliminar la polución ambiental y hacer al aire limpio para futuras generaciones. Aire limpio es una necesidad y los autos eléctricos pueden trabajar para proveerlo.

Los automóviles eléctricos son más accesibles que los movidos por otros combustibles, como los derivados del petróleo, el más conocido es el hidrogeno, que bajo adecuadas medidas, ofrece mayor seguridad que el petróleo refinado.

VENTAJAS

1.- Respetan el medio ambiente, produce menos cantidad de CO₂ que un vehículo convencional.

2.- Su motor evita la contaminación acústica

3.- Su peso permite prescindir de combustible y ahorrar así petróleo, una materia prima limitada.

4.- Su mantenimiento y costo del “combustible” es mucho menor al de uno convencional

5.- Mayor eficiencia y par motor a partir de 0 revoluciones y la total ausencia de marchas, lo que se traduce en mejor respuesta en aceleración.

6.- En los deportivos, el uso de potencia distribuida en las ruedas y control del par motor de cada uno proporciona una mayor estabilidad en las curvas y por tanto, en seguridad.

Los vehículos eléctricos destacan por su alto rendimiento en la transformación de la energía eléctrica de la batería en la energía mecánica con la que se moverá el vehículo (60- 85 %), frente al rendimiento de la transformación de la energía del depósito de gasolina en la energía mecánica que mueve un vehículo de gasolina (15-20%). El presente y futuro de las baterías del vehículo eléctrico parece pasar por la batería ion- litio que cada vez se fabrica con mayor densidad de carga y longevidad permitiendo mover motores más potentes, aunque por ahora la autonomía media de un utilitario eléctrico se encuentra en torno a los 150 km²⁰

²⁰ <http://www.planetseed.com/es/node/102355>

No obstante, deportivos eléctricos más caros han conseguido aumentar esa autonomía hasta 483Km, como el modelo de 70KWh del *Tesla Roadster*.

Tipos de vehículo eléctrico

Los vehículos eléctricos se propulsan total o parcialmente por un motor eléctrico alimentado por baterías que se recargan a través de una toma de corriente. Su utilización presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que permite disminuir el nivel de emisiones de CO2 a la atmósfera

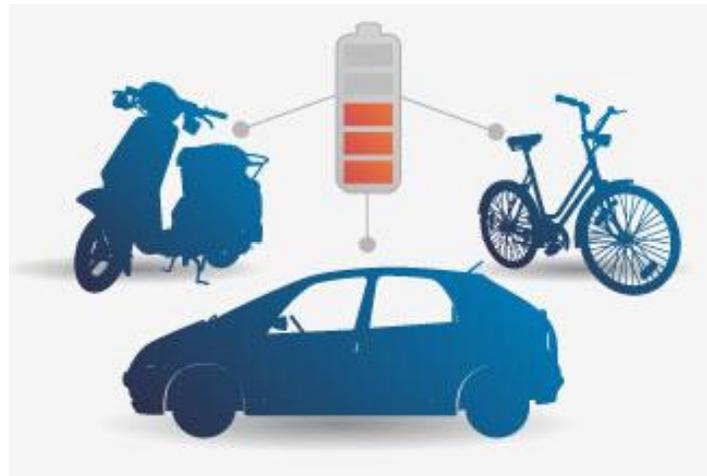


Fig. 3.1 tipos de vehículos eléctricos.

Descripción del automóvil eléctrico

El automóvil eléctrico está básicamente formado por los siguientes sistemas.²¹

- sistema de motorización
- sistema de baterías
- sistema de control
- sistema de freno eléctrico
- sistema de alimentación
- elementos mecánicos
- carrocería y chasis.

²¹ Autos Eléctricos, Larronde Emilio, ed. Unizar, pág. 34

SISTEMA DE MOTORIZACIÓN

El sistema de motorización, se compone del motor o los motores que accionan el vehículo. Dependiendo de las características del vehículo y de las prestaciones que se quieran conferir, se elegirán entre los diferentes tipos de motores. Existe la posibilidad además de introducir el motor o motores eléctricos, un motor térmico, con lo que estaríamos en el caso de automóviles híbridos. La elección del tipo de motor eléctrico va a ser en función de las prestaciones del vehículo y del control seleccionado.²¹

SISTEMA DE BATERÍAS

Las baterías tienen como objetivo el almacenamiento de energía en los automóviles eléctricos. El principio básico de funcionamiento se basa en la producción de energía eléctrica por medio de reacciones químicas de oxidación-reducción que se dan en su interior. Las baterías que actualmente están implantadas en el mercado son: las ácido sulfúrico- plomo aunque no son las más idóneas por sus características para su implantación en automóviles eléctricos, son las más utilizadas por su producción masiva que hace que abaraten los costos en gran medida.

Como fuente de alimentación de un vehículo eléctrico, una batería debe aspirar a varios requerimientos:²¹

- Alta densidad de energía (para mantener una buena autonomía)
- Alta potencia (para conseguir una buena aceleración y una buena respuesta en terreno accidentado)
- Vida larga (bajos costos de mantenimiento del vehículo)

SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control está íntimamente ligado a elección del motor que se haya realizado, pudiéndose complicar más o menos en función de este. Su misión es la de suministrar la energía necesaria al motor y regular su funcionamiento, tanto en velocidad como en potencia y par requeridos según las circunstancias.

SISTEMA DE FRENO ELECTRICICO

El factor crítico en un automóvil eléctrico es el aprovechamiento de le energía disponible, ya que este tipo de automóviles tienen limitada su autonomía precisamente por la cantidad de energía capaz de transportar.²¹

²¹ Autos Eléctricos, Larronde Emilio, ed. Unizar, pág. 40, 41, 42

Es por ello que la energía cinética sobrante que se produce durante el movimiento, en vez de perderse en forma de energía disipada en los frenos del vehículo puede ser recuperada si se incluye en el conjunto un sistema de frenos regenerativo.

Este tipo de frenado se basa en reversibilidad de cualquier máquina eléctrica pudiéndose utilizar como generador para cargar la batería. Ello supone el aumento de autonomía del vehículo y de la vida de la batería, pudiéndose llegar hasta ahorros del 40% dependiendo por supuesto del trayecto o tipo de conducción efectuada.

Aun con todo no se puede eliminar el frenado mecánico, puesto que el frenado regenerativo tiene algunas limitaciones, ya que al ser el par de frenada proporcional a la velocidad de giro, para pequeñas velocidades el par es insuficiente y no es capaz de detener el vehículo hasta conseguir la parada total.²¹

SISTEMA DE ALIMENTACION

La alimentación de un automóvil eléctrico se realiza a través de los cargadores, los cuales toman la energía de la red disponible y transmiten a la batería. Para ello es necesario rectificar esta corriente alterna a corriente continua y suministrarla en forma de ciclos definidos en función del tipo de batería.

Los tipos de cargadores actualmente son tres:

- Cargador de abordó: está dispuesto dentro del vehículo y solo es necesario el cable y una toma de corriente doméstica.
- Cargador externo: está dispuesto fuera del vehículo por lo que es necesario disponer de las adecuadas instalaciones que dispongan de este servicio.
- Cargador de inducción: en donde parte del cargador está dentro del vehículo y otra parte fuera.

De estos el más ligero de todos es el cargador externo, puesto que toda la instalación necesaria esta exterior al vehículo, el más pesado es el cargador de abordó aunque este también es el único que no necesita de instalaciones especiales para realizar la recarga.²¹

Análisis de Prestaciones del go kart

Para realizar una estimación de la energía consumida por el vehículo eléctrico en un ciclo de trabajo se requieren conocer las características técnicas del vehículo, como son: Peso, diámetro de rueda, área frontal, etc. Con estos datos se realizan los cálculos necesarios para la elección del motor requerido así como el número total de baterías para el sistema de tracción.

²¹ Autos Eléctricos, Larronde Emilio, ed. Unizar, pág. 40, 41, 42

FICHA TÉCNICA DEL XK Racer kids



El XK Kids edición se completa con un asiento de cubo, controles de pie, los neumáticos de carreras, frenos de disco hidráulicos, y un volante de carreras.²²

Marca: Rat carretera

Modelo: Racer XK

Asientos: Cubo

Velocidad máxima: hasta 20 mph Stock

Chasis: Acero

Dimensiones: 57 "(L) x 43" (W) x 16" (H)

Frenos: Sistema de frenos de disco hidráulicos

Motor: 2.8 hp 2 tiempos

Eje del motor: 16 mm con reductor de 12 mm

Peso: 145 libras

Tamaño de la cadena: 270 mm

Piñón: 11T

Piñón trasero: 59T

Capacidad de carga: 300 libras

Distancia de la parte posterior del asiento a los pedales: 27 "

Tamaño de asiento: 14 "de alto x 10.6" de ancho

Información Adicional: Racing Wheel de dirección, controles de pie, retaguardia, el 90% montado.

C_w 0.3

Color: Negro

²² <http://www.roadratmotors.com/racing-go-karts>

Peso

El peso del vehículo se ve afectado por la necesidad de retirar del vehículo el motor de combustión interna, se retiran los elementos y sistemas que estén asociados a este motor, de la misma manera se agregaran elementos para la impulsión eléctrica como son: el motor eléctrico, sistema de baterías de tracción entre otros.

En la siguiente tabla se enumeran los elementos que se deberán retirar y peso aproximado de ellos obtenido con una báscula digital.

Tabla 3.1
Dispositivos retirados y peso.

Dispositivo	Peso (Kg)
Motor de combustión interna 2.8 hp	10
Tanque de gasolina	2
Escape	2
Total de peso retirado	14

Elaboración propia

Tabla 3.2
Adición de Peso.

Dispositivos añadidos	Peso (Kg)
Motor eléctrico (aproximado)	4
Baterías de tracción (aproximado)	11
Controlador de motor eléctrico	1
Total de peso añadido(aproximado)	16

Elaboración propia

Considerando que la unidad transportaría un pasajero adulto. Se estima que sea aproximadamente de 58 kg.

Tabla 3.3
Peso final del vehículo.

	Peso Kg
Peso vehículo vacío con motor de combustión interna	69
Peso vehículo vacío sin motor de combustión interna	55
Peso vehículo vacío con motor eléctrico	71
Peso vehículo eléctrico con pasajero	129

Elaboración propia

CÁLCULO DE PRESTACIONES

Aquí se realiza un análisis de prestaciones del vehículo considerado, para determinar la capacidad de los componentes a seleccionar, que estos sean los adecuados para cumplir con las expectativas planteadas al inicio. Para ello se realiza un estudio acerca de la resistencia al avance que genera el vehículo, resistencia aerodinámica y potencia necesaria.

Resistencia total a la marcha

La resistencia total a la marcha se compone de: resistencia a la rodadura (F_{R0}), resistencia aerodinámica (F_L), y resistencia a pendientes (F_{St}).

$$F_W = F_{R0} + F_L + F_{St} \quad (\text{Ecuación 3.1})^{23}$$

Resistencia debida a la rodadura

Esta resistencia representa lo que le cuesta a una rueda, rodar sobre el suelo, lo cual varía con la naturaleza del suelo, la presión de inflado del neumático y estado del mismo, velocidad, etc.

Para el cálculo aproximado de la resistencia pueden usarse coeficientes de resistencia a la rodadura de la siguiente tabla:

Tabla 3.4
Coeficientes de rodadura

Superficie	Valor de μ_0
Cemento	0.0125
Empedrado seco	0.015
Asfalto	0.02-0.03
Natural duro	0.008
Natural blando	0.11
Arenoso	0.15-0.3

$$F_{R0} = \mu_0 m g \quad (\text{Ecuación 3.2})^{23}$$

Dónde:

μ_0 = coeficiente de rodadura

m = masa del vehículo

g = aceleración de la gravedad

²³ Manual de la Técnica del Automóvil, Bosch Robert, ed. Reverte, pág. 412, 413

Resistencia aerodinámica

Es la debida al rozamiento con el aire. La forma de calcularla es:

$$F_L = 0.5 Q C_w A (v+ v_o)^2 \quad (\text{Ecuación 3.3})^{23}$$

Dónde:

Q= densidad del aire en (kg/m³)

C_w = coeficiente aerodinámico

A= área frontal máxima proyectada (m²)

V= velocidad del auto (m/s)

V_o = velocidad del viento (m/s)

Para realizar el cálculo del área frontal máxima se puede realizar la siguiente aproximación:

$$A= 0.85 a b \quad (\text{Ecuación 3.4})^{23}$$

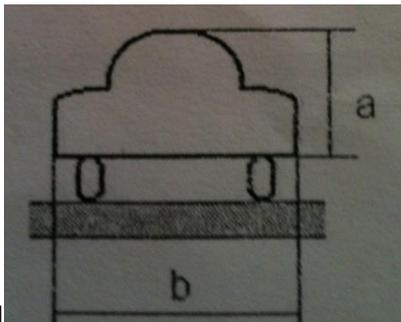


Fig. 3.2 Área frontal

$$A= 0.85 (a) (b)$$

$$A= 0.85 (.88) (.95)$$

$$A= 0.7106 \text{ m}^2$$

²³ Manual de la Técnica del Automóvil, Bosch Robert, ed. Reverte, pág. 413, 414

Resistencia a las pendientes:

Es la debida al superar una pendiente del firme. En este caso se considera nula ya que no existen pendientes a superar.

Potencia de resistencia a la marcha

Potencia de accionamiento que debe aplicarse en las ruedas motrices para vencer la resistencia a la marcha.

$$P_w = F_w v \quad (\text{Ecuación 3.5})^{23}$$

Dónde:

P_w = potencia de accionamiento

F_w = resistencia total a la marcha

V = velocidad (m/s)

²³ Manual de la Técnica del Automóvil, Bosch Robert, ed. Reverte, pág. 415

MEMORIA DE CÁLCULO

Comenzamos calculando la resistencia debida a la rodadura, resistencia aerodinámica ya que estas son necesarias para poder calcular la resistencia total a la marcha y posteriormente la potencia necesaria.

Resistencia debida a la rodadura

$$F_{R0} = \mu_0 m g$$

$$F_{R0} = 0.03 (129\text{kg}) (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{R0} = \mathbf{37.96N}$$

Resistencia aerodinámica

$$F_L = 0.5 Q C_w A (v+ v_0)^2$$

$$F_L = 0.5 (1.202 \text{ kg/m}^3) (0.3) (0.7106\text{m}^2) (9.16\text{m/s})^2$$

$$F_L = \mathbf{10.75N}$$

Resistencia total a la marcha

$$F_W = F_{R0} + F_L + F_{St}$$

$$F_W = 37.96\text{N} + 10.75\text{N} + 0$$

Ya que la resistencia a las pendientes es nula

$$F_W = \mathbf{48.71 N}$$

Potencia de resistencia a la marcha

$$P_w = F_W v$$

$$P_w = 48.71 \text{ N} (9.16 \text{ m/s})$$

$$P_w = \mathbf{446.18 w}$$

Una vez calculada la potencia se elige el motor que sea capaz de proporcionar dicha potencia de 446.18 W.

Se seleccionó un motor de corriente directa cuyas características son: 36v 2250rpm 13 A que maneja una potencia eléctrica de 468 W



Fig. 3.3 Motor eléctrico C.D.

Baterías de tracción.

Es la forma de almacenamiento de energía en los automóviles eléctricos. El principio básico de funcionamiento se basa en la producción de energía eléctrica por medio de reacciones químicas de oxidación-reducción que se dan en su interior.

Existen muchos tipos de baterías en función del tipo de par electroquímico utilizado, las más conocidas son las baterías de Acido- Plomo, que constan de una serie de acumuladores convencionales que es donde se produce la corriente, puestos en serie para dar la tensión necesaria.

Como fuente de alimentación de un vehículo eléctrico, una batería debe aspirar a varios requerimientos: Alta densidad de energía (para mantener una buena autonomía), alta potencia, vida larga, simplicidad y pequeño tamaño²⁴

²⁴ Autos Eléctricos, Larronde Emilio, ed. Unizar, pág. 50,51

Para alimentar el motor se eligen las baterías de Acido - Plomo, ya que son las que cumplen adecuadamente con las características requeridas por los datos técnicos del motor.

Tabla. 3.5

Características de las baterías

Voltaje	12
Amperaje	12
Tiempo de carga	90h



Fig. 3.4 Baterías ácido-plomo.

Unidad de Control.

La misión primordial de la unidad de control es la regulación de la velocidad, así como la administración de los recursos disponibles alimentado por las baterías.

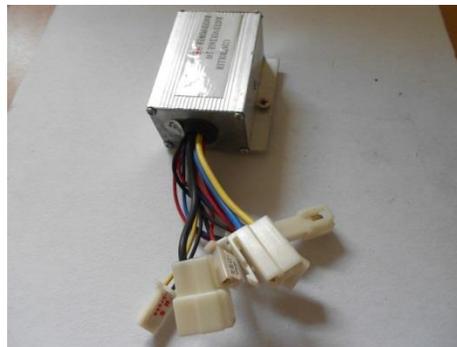


Fig. 3.5 Unidad de control.

Cargador Externo

La alimentación del automóvil eléctrico se realizara a través de el cargador, el cual toma la energía de la red disponible y la transmite a la batería, el tipo de cargador a utilizar es externo, está dispuesto fuera del vehículo.



Fig. 3.5 Cargador externo.

CAPÍTULO 4

ARMADO Y PRUEBAS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentará cómo se adaptó un motor eléctrico a un chasis de go kart.

Proceso de adaptación

1. Se adquirió un go kart de la marca Road Rat Racing que estaba equipado con un motor de combustión interna.
2. Posteriormente se inició el proceso de desarmado retirando el motor de combustión interna, quitando los cuatro soportes con los que estaba sujeto a la base del chasis del go Kart, utilizando un dado milimétrico 7/16" y llave tipo matraca.



Fig. 4.1 Desmonte de motor de combustión interna.

3. Se desconectó el chicote del acelerador, liberando el pedal frontal, utilizando un desarmador plano del número 5.5.



Fig. 4.2 Desconexión de chicote de acelerador.

4. Retiramos los seis tornillos con los que estaba sujeto el eje trasero para tener mayor acceso y poder retirar el *sprocket*, cadena de tracción y freno de disco, utilizando el dado milimétrico de $\frac{1}{2}$ " y llave tipo matraca.



Fig. 4.3 Cadena de tracción.

5. Se retiraron las tolvas de protección de la cadena de tracción, así como la del freno de disco, utilizando el dado milimétrico de 5/6".



Fig. 4.4 Retirado de cadena de tracción.

6. Retiramos las llantas traseras del eje de tracción por medio de una llave de cruz Truper usando el dado de 17mm.



Fig. 4.5 Retirado de llantas traseras.

7. Deslizando el balero trasero derecho hacia el extremo para retirarlo del eje.
8. Se retiraron los tornillos internos que evitan el deslizamiento del sprocket de tracción, utilizando una llave Allen, posteriormente se deslizó hacia el extremo junto con la cadena de tracción.
9. Desconectamos el freno retirando los tornillos que sujetan el calliper al chasis del go Kart, utilizando el dado milimétrico $\frac{1}{2}$ " para liberar todo el eje trasero del Kart.



Fig. 4.6 Retirado del eje trasero.

10. Se fabricó por medio de torno un soporte de aluminio para sujetar el nuevo sprocket de tracción ya que en el anterior el paso de la cadena era más grande y no servía para el piñón del motor eléctrico.
11. Por medio de un taladro de banco se realizaron los orificios para los tornillos de sujeción con una separación de 2.5cm con un diámetro de 5mm.

12. Se coloca el *sprocket* trasero anteriormente ya fijado a su soporte por medio de 6 tornillos de $\frac{1}{2}$ " utilizando la llave matraca y dado correspondiente e introducimos la cadena nueva sobre el *sprocket*.

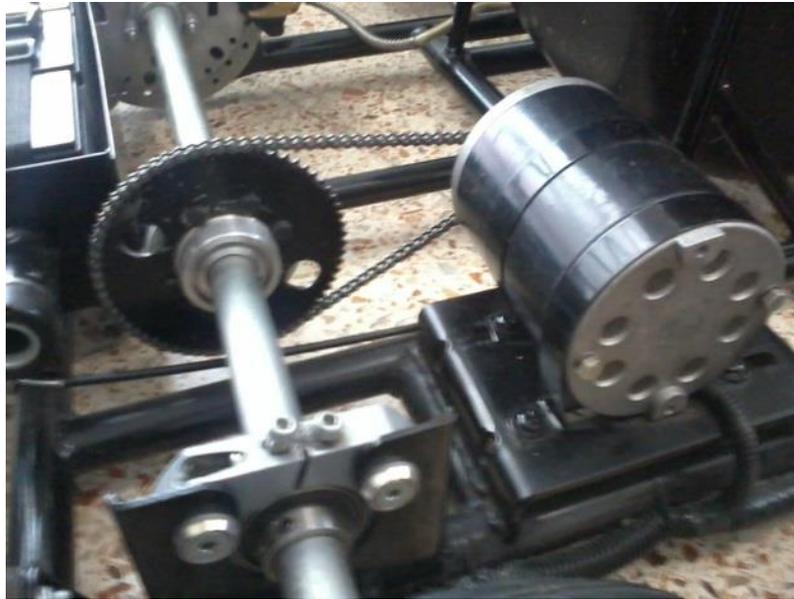


Fig. 4.7 Colocación de sprocket trasero.

13. Fijamos nuevamente el calliper del freno al chasis utilizando el dado milimétrico $\frac{1}{2}$ ".
14. Se colocó el balero trasero nuevamente en su lugar correspondiente y se fijó totalmente el eje trasero, poniendo nuevamente los 6 tornillos, utilizando el dado milimétrico de $\frac{1}{2}$ ".
15. Se fabricaron 2 cinturones de lámina de calibre 24 de 30cm de longitud por 2cm de ancho y en los extremos se perforaron con un taladro eléctrico y una broca de 9mm.

16. Procedimos a fijar el motor eléctrico al chasis en la antigua base por medio de 4 tornillos, utilizando el dado de 9mm y matraca.



Fig. 4.8 Fijación de motor eléctrico al chasis.

17. Se fabricó en el laboratorio de plería una caja con una lámina calibre 22, de 32cm de largo por 17 de ancho y 9cm de profundidad para la colocación y fijación de las tres baterías, una vez terminada, se pintó con aerosol negro y se aplicó transparente.



Fig. 4.9 Colocación de baterías.

18. Para fijar la caja antes fabricada a la parte trasera del chasis del go Kart, se perforo la caja y el chasis con el taladro eléctrico con una broca de 3/16", fijándola con remaches pop.
19. Se fabricó un soporte metálico con dos tubos de 4.5cm de diámetro por 5 cm de longitud, adaptándolos de tal forma que hicieran una abrazadera para sujetar el puño del acelerador (mando de aceleración) el soporte es fijado al chasis por medio de dos remaches pop y el puño es fijado a la abrazadera por medio de 1 tornillo de 4mm.
20. El chicote original se atornillo al acelerador y se pasó por la parte de abajo del chasis y este es atornillado al puño trasero antes fijado (mando de aceleración).
21. Colocamos un resorte metálico y un extremo se fijó a la parte trasera del chasis y el otro extremo se atornillo al puño del acelerador (mando de aceleración) para que el pedal del acelerador que se encuentra en la parte frontal del Kart regrese a su posición original después de accionarlo.



Fig. 4.10 Colocación de resorte metálico a puño del acelerador.

22. Retiramos la tolva derecha del go Kart por medio de un desarmador de cruz, quitando los 4 tronillos con los que está fijada. En la parte interna de la misma se atornilla la unidad de control (potenciómetro), para que quede totalmente oculto, se perfora la tolva por la parte inferior con un taladro eléctrico y una broca de 9mm, para sacar los cables correspondientes para el mando de aceleración, motor eléctrico CD y baterías. Posteriormente se vuelve a fijar al chasis.



Fig. 4.11 Desarmado de tolva derecha.

23. Se colocó un *switch* de encendido tipo cola de ratón debajo del volante fijado con remaches pop.



Fig. 4.12 Colocación de *switch* de encendido.

24. Iniciamos el proceso de instalación eléctrica utilizando cable calibre 16 ya que es el recomendado por el fabricante del motor eléctrico para su correcta instalación. Este tiene gran flexibilidad, resistencia a la humedad y gran resistencia mecánica.

25. Se procedió a realizar la conexión siguiendo el diagrama descrito a continuación.

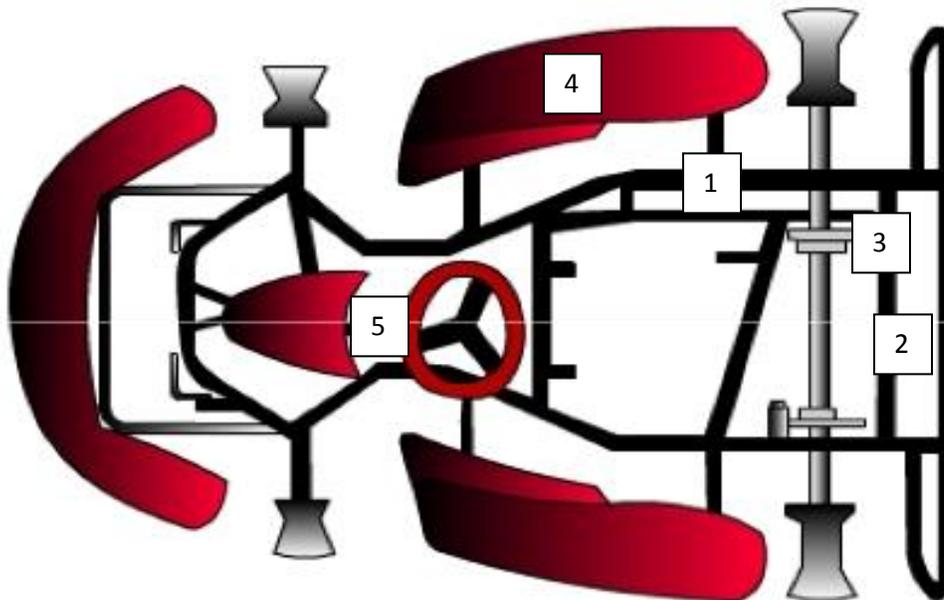


Fig. 4.13 Diagrama de conexión.

- 1.- Motor eléctrico C.D.
- 2.- Baterías.
- 3.- Mando de aceleración.
- 4.- Unidad de control (Potenciometro).
- 5.- *Switch* de encendido.

Diagrama de conexión.

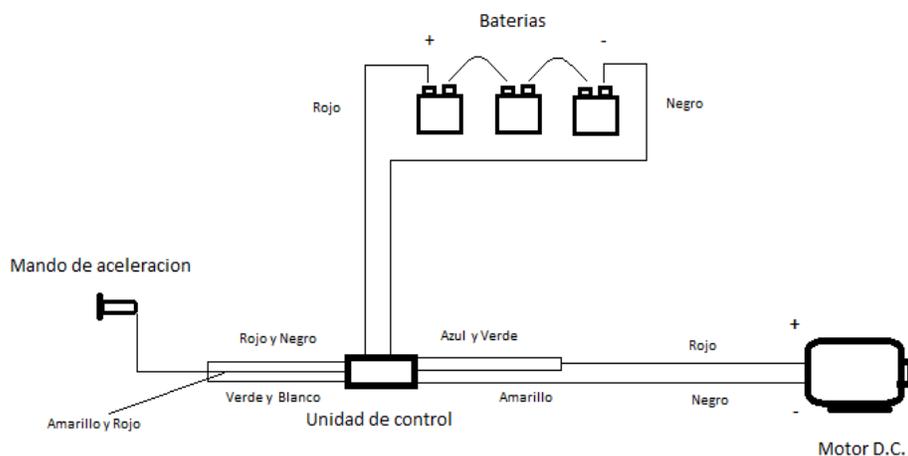


Fig. 4.14 Diagrama de conexión.

Procedimiento de instalación

- 1- Los cables (rojo y negro) los más gruesos van conectados a las baterías respectivamente con negativo y positivo (En el cable positivo se agrega un switch cola de ratón).
- 2- Los cables (verde y azul) se conectan al cable positivo (rojo) del motor, el cable (amarillo) se conecta al cable negro (negativo) del motor.
- 3- El mando de aceleración se conecta (rojo con negro) (amarillo con rojo) y (verde con blanco).

Registro de pruebas realizadas a proyecto de go kart eléctrico

Para observar el correcto funcionamiento del proyecto de *go kart* eléctrico se le realizaron cuatro diferentes tipos de pruebas las cuales fueron:

- Velocidad máxima alcanzada (se determinó por medio de un velocímetro provisional para bicicleta).
- Tiempo en alcanzar velocidad máxima (obtenida mediante un cronometro digital).
- Duración de las baterías.
- Tiempo de recarga de baterías.

Tabla 4.1

Registro de pruebas

Velocidad máxima	30 km/ h = 8.33 m/s
Tiempo en alcanzar velocidad máxima	1 s
Duración baterías	45 minutos
Tiempo de recarga baterías	45 minutos

PROYECTO TERMINADO



Fig. 4.13 Go kart eléctrico.

TABLA 4 .2**Adquisición y costos**

En esta tabla se presentan los costos desde la adquisición del chasis, hasta el total del proyecto terminado.

GO KART	\$ 10000
MOTOR ELÉCTRICO CD 36V 2250rpm 13A 468w	\$ 1489
POTENCIOMETRO (CEREBRO)	\$ 790
3 BATERIAS MARCA RITAR 12V 12A 20h	\$ 2025
MANDO DE ACELERACIÓN	\$ 400
CARGADOR EXTERNO	\$ 650
SPROCKET	\$ 280
CADENA	\$ 150
SOPORTE DE SPROCKET	\$ 150
LAMINA CALIBRE 22	\$ 60
SWITCH COLA DE RATON	\$ 25
MANGUERA FLEXIBLE	\$ 65
CABLE CALIBRE 16	\$ 100
CINTA DE AISLAR	\$ 15
PINTURA AEROSOL NEGRO	\$ 45
PINTURA TRANSPARENTE	\$ 40
RESORTE	\$ 25
TORNILLOS Y REMACHES	\$ 20
TOTAL	\$ 16329

CONCLUSIONES

Generalizar la aceptación de la propulsión eléctrica, para contribuir a reducir las emisiones globales de CO₂.

Evitamos generar desperdicios que sumados a la eliminación de gases y aceites resultante reduce aún más el impacto ambiental que supone el vehículo.

Cero emisiones se evitan problemas de salud, se eliminan costosos sistemas de ventilación.

Principales ventajas de la propulsión eléctrica.

Par constante. En un motor eléctrico la fuerza no depende de las revoluciones. Toda la fuerza está disponible desde 0 rpm, otorgando al conjunto una aceleración sin igual.

Eficiencia energética. Un motor eléctrico aprovecha en torno al 95% de la energía que recibe frente al 25% que aprovechan los motores de combustión. Esto hace que sea mucho menos costoso de usar, económica y energéticamente

Sencillez mecánica. Un motor eléctrico tiene solamente una parte móvil. De modo que el riesgo de sufrir una avería es prácticamente nulo y se eliminan casi por completo las labores de mantenimiento.

Desventajas frente a la tecnología actual

Tiempo de recarga. Con pocos cálculos se puede comprobar que realmente no compensa, sobre el costo que supone quemar gasolina, para disfrutar de un rendimiento "sin descanso" con un Kart eléctrico a pleno rendimiento (sin soltar el pedal del acelerador) podemos esperar de 25 a 45 minutos de autonomía y el tiempo de recarga será el mismo aproximadamente que el de descarga (es decir; si ruedas 5 minutos cargas en 5 minutos). Lo más atractivo está en el mantenimiento y el ahorro a medio/largo plazo.

Costo inicial. Hay que considerarlo una inversión. La adquisición de vehículos eléctricos, como de cualquier tecnología eficiente (bombillas de bajo consumo, LEDS, paneles solares) es más elevada que su homónimo tradicional, pero siempre compensa.

Son una buena alternativa para ciudades con problemas en el aire, las cuales de una u otra manera necesitan un menor índice de contaminación diaria.

Múltiples factores influyen a la hora de decidir emplear la tecnología de tracción eléctrica ante la tecnología convencional. Algunos de estos factores son relativamente fáciles de cuantificar como son las prestaciones, la autonomía, el consumo, la vida de las baterías y los costes de mantenimiento en general. Otros factores no son tan fácilmente medibles, como son el impacto ambiental, el ruido generado, la manejabilidad.

La rentabilidad es el factor necesario para la implantación del vehículo eléctrico esta depende de tres factores:

- Precio de la baterías
- Precio del Kw/h
- Consumo del vehículo.

REFERENCIAS Y REFERENCIAS ELÉCTRONICAS

Máquinas Eléctricas, Chapman Stephen, ed. Mac Graw Hill, 5° Edición

<http://www.nichese.com/motor.html>

<http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html>

Selección y aplicación de motores eléctricos, Pereira José Luis,
ed. Alfaomega

Máquinas Eléctricas A.E. Fitzgerald, ed. Mac Graw Hill, 5° Edición

http://www.unicrom.com/maq_motor_universal_constitucion.asp

<http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com>

Energía Solar Fotovoltaica, Sánchez Meza Miguel Ángel, Ed. Limusa

<http://solarfotovoltaica.galeon.com/ARCHIVOS/efecto.htm>

<http://www.sitiosolar.com/los-paneles-solares-fotovoltaicos/>

<http://www.planetseed.com/es/node/102355>

Autos Eléctricos, Larronde Emilio, ed. Unizar, Universidad de Zaragoza

<http://www.roadratmotors.com/racing-go-karts>

Manual de la técnica del automóvil, Bosch Robert, ed. Reverte, 4º Edición