



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FRENO REGENERATIVO DEL
VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

EDY ARAUJO ASANG

GUAYAQUIL, AGOSTO 2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

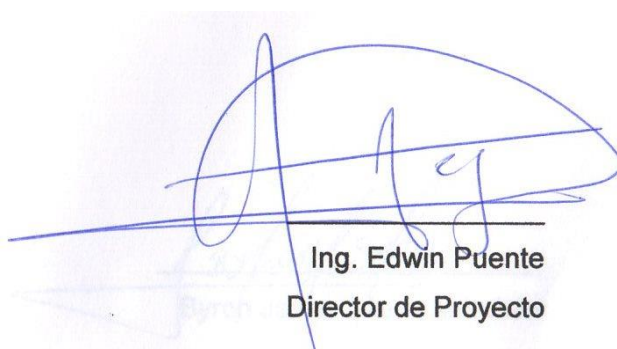
Ing. Edwin Puente

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FRENO REGENERATIVO DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS”** realizado por el estudiante: **Edy Araujo Asang**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Edy Araujo Asang, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Agosto del 2015



Ing. Edwin Puente
Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Edy Araujo Asang

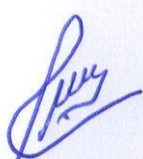
DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FRENO REGENERATIVO DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Agosto del 2015



Edy Araujo Asang
1203165616

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, **Edy Araujo Asang**

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FRENO REGENERATIVO DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Agosto del 2015



Edy Araujo Asang
1203165616

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a DIOS, por darme la salud y sabiduría necesaria para poder realizar y culminar esta tesis.

También agradezco a mis padres quienes con sus consejos y ejemplos han sido mi faro y mi trayectoria a seguir, y a todos quienes han aportado de diferente forma para poder alcanzar la meta trazada.

Y el agradecimiento especial al Ing. Edwin Puente por ser un gran apoyo y guía en esta última etapa del proceso de estudios.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mis padres, quienes en todo momento con su sabio consejo me han guiado de la forma correcta, y me han llenado de paciencia para no desistir de este largo camino de esfuerzo y dedicación que es alcanzar el título de ingeniero automotriz.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCION.	xiv
 CAPÍTULO I.....	 1
1.Planteamiento del problema.	1
1.2. Formulación del problema.	1
1.3. Sistematización del problema.....	2
1.4. Objetivos de la investigación.	2
1.4.1. Objetivo general.....	2
1.4.2. Objetivos específicos.	2
1.5. Justificación y delimitación de la investigación.	3
1.5.1. Justificación teórica.....	3
1.5.2. Justificación metodológica.	3
1.5.3. Justificación práctica.....	3
1.5.4. Delimitación temporal.	3
1.5.5. Delimitación geográfica.....	4
1.5.6. Delimitación del contenido.	4
1.6. Hipótesis.	4
1.7. Variables de hipótesis.	4

CAPITULO II.....	6
Marco teórico.	6
2.2. Sistema híbrido en serie.	7
2.4. Vehículo Toyota PRIUS.	9
2.4.1. Primera generación Toyota PRIUS.	9
2.4.2. Segunda generación Toyota PRIUS.	11
2.4.3. Tercera generación Toyota PRIUS.	11
2.5. Sistema de freno Regenerativo.....	14
2.5.1. Generalidades.	14
2.5.2. Distribución de la fuerza de los frenos.	15
CAPITULO III.....	26
Estudio del sistema de freno regenerativos del Toyota PRIUS.	26
3.1. Frenos regenerativos del vehículo híbrido Toyota PRIUS 2010.	26
3.2. Comprobación del sistema de freno regenerativo.	29
3.2.1. Precaución.	29
3.2.2. Descripción.	29
3.2.3. Procedimiento.	30
3.3. Mediciones.	32
3.3.1. Equipo de Diagnóstico.	32
3.3.2. Factores de seguridad.	34
3.3.3. Análisis de parámetros resultantes	37
CAPITULO IV	39
Diseño de la propuesta.	39
4.1. Sistema de engranes planetarios.....	40
4.2. Freno regenerativo.....	41

CAPITULO V

5.1. Conclusiones.	48
5.2. Recomendaciones.	49
Bibliografía.....	50
Anexo	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema sistema HV	7
Figura 2. Sistema HV en serie.....	7
Figura 3. Sistema HV en paralelo.....	8
Figura 4. Vehículo PRIUS primera generación	10
Figura 5. Vehículo PRIUS segunda generación	11
Figura 6. Vehículo PRIUS tercera generación	12
Figura 7. Vehículo PRIUS tercera generación rediseño 2011.....	13
Figura 8. Dirección de rotación para la generación de electricidad	14
Figura 9. Cuadro comparativo de la distribución de fuerza.....	16
Figura 10. Descripción general del sistema de control de los frenos	17
Figura 11. Prdida por rozamiento del frenado	20
Figura 12. Frenado hidráulico versus frenado regenerativo.....	22
Figura 13. Suministro de energía hacia las ruedas.....	23
Figura 14. Funcionamiento del motor a combustión	23
Figura 15. Motor a combustión en modo de carga batería HV.....	24
Figura 16. Freno regenerativo para cargar batería de HV	24
Figura 17. Esquema del funcionamiento electrónico del sistema	28
Figura 18. Medición a velocidad (6 MPH).....	34
Figura 19. Medición a velocidad (9 MPH).....	35
Figura 20. Medición a velocidad (12 MPH).....	35
Figura 21. Medición a velocidad (16 MPH).....	36
Figura 22. Medición a velocidad (22 MPH).....	36
Figura 23. Pantalla de Inicio TechStream.....	38
Figura 24. Sistema de transmision hibrida arranque	42
Figura 25. Sistema de transmision hibrida inicio de generacion	42
Figura 26. Sistema de transmision hibrida conducción con motor generador.....	43
Figura 27. Sistema de transmision hibrida arranque motor térmico	43
Figura 28. Sistema de transmision hibrida ligera aceleracion	44
Figura 29 Sistema de transmision hibrida Marcha normal	44
Figura 30. Sistema de transmision hibrida aceleracion total.....	45
Figura 31. Sistema de transmision hibrida desaceleración tipo d	45
Figura 32 Sistema de transmision hibrida desaceleración tipo b	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables dependiente e independiente	5
Tabla 2. Controles del sistema del freno regenerativo y descripción	18
Tabla 3. Parámetros del fabricante.....	30
Tabla 4. Tabla de resultados	37
Tabla 5. Características del motor a combustión.....	39
Tabla 6. Características del motor eléctrico.....	40
Tabla 7. Características de baterías	40

RESUMEN

Presente trabajo tiene como objetivo el estudio y análisis del sistema de freno regenerativo del vehículo Toyota PRIUS modelo A del año 2010, este sistema es el que aporta una carga adicional a las batería hibrida, mientras el vehículo se encuentra en movimiento. Es decir aprovecha gran parte de esta energía cinética del vehículo y la transforma en energía eléctrica, y la energía restante se transforma en trabajo, al momento de trabajar las pastillas de freno al realizar presión sobre los disco de frenos.

El sistema de freno regenerativo se controla con la ayuda de sensores que envían la información a la computadora o modulo hibrido y está a los actuadores a realizar un acoplamiento mecánico por medio de un juego de engranaje epicicloidal al eje del motor generador número dos. Quien en ese preciso momento va empezar a generar energía eléctrica actuando como un generador y posterior carga de la batería hibrida.

Para el proceso de generación de energía eléctrica para la carga de batería través del sistema hibrido se consideran ciertas condiciones de funcionamiento, con el simple movimiento de quitar el pie del acelerador dependiendo de la condición de movimiento o velocidad del vehículo la computadora hibrida puede permitir la generación de energía eléctrica, o a su vez aplicando el freno bajo ciertos parámetros de seguridad también genera carga para las baterías.

El vehículo en su innovador sistema posee dos motor generadores, el motor generador número uno sirve puntualmente para carga y encendido del motor de combustión interna y el motor generador número dos es quien aprovecha la energía cinética del vehículo para generar carga. Este sistema es el que normalmente conocemos como sistema de freno regenerativos.

ABSTRACT

This work aims to study and analyze the regenerative braking system Vehicle Toyota Prius model 2010, is a system which provides additional charge to the hybrid battery, the vehicle while it is moving. Maybe that is largely of the vehicle's kinetic energy and converts it into electrical energy sector and the remaining energy is converted into work, when working the brake linings to perform pressure on disc brakes.

The regenerative braking system is controlled with the help of sensors that send information to the computer or hybrid module and this actuators mechanical coupling via a planetary gear set to the motor shaft generator Perform number two. Who's that moment will generate energy go through the one electric generator and reloading of the hybrid battery.

Process for Power Generation for charging through the hybrid system Battery consider several details, such as air movement easy to remove the cake from the accelerator depending on the condition of movement or velocity of the vehicle allow the hybrid computer Florist Electric Power Generation, to applying the brake under certain parameters genres Security also charge the batteries.

Vehicle on its innovative bike has two generators, paragraph promptly charging and engine Power generator serves one number engine internal combustion engine and generator Number two is who takes advantage of the kinetic energy of paragraph vehicle to generate load. This system is normally known as regenerative braking system.

INTRODUCCIÓN

La utilización de automóviles híbridos es una ventaja para el ahorro de combustibles fósiles, y así lograr una menor contaminación del medio ambiente.

Los vehículos híbridos son una alternativa para el ahorro de combustible, En los vehículos que combina la energía eléctrica con la energía de combustión. Se han creado diferentes sistemas entre los cuales se encuentra los frenos regenerativos. Cuya finalidad es aportar con energía eléctrica adicional para la carga de las baterías.

Para resolver el problema, se han realizado estudios que permiten convertir la energía cinética de un auto en energía eléctrica, que se genera en los momentos que se suelta el pie del acelerador o en la acción de frenado , ya sea para disminuir su velocidad o para mantenerla cuando una fuente externa actúa sobre ella, así aprovechando su energía al máximo. La combinación inteligente de esta tecnología en un sistema híbrido puede conseguir ahorros de combustible notables y una considerable disminución en la emisión de gases y tener una mejor autonomía.

Cuando conducimos, durante cualquier trayecto, no está el 100 % del tiempo extrayendo energía del vehículo. Obviamente no siempre es el motor el que nos empuja, porque no siempre se frena y en ocasiones hay tramos con pendientes favorables a la marcha. Desde hace algún tiempo, los fabricantes de vehículos se han propuesto recuperar parte de la energía que se malgasta en frenadas, y en un vehículo eléctrico este sería un aspecto fundamental. El uso de la frenada regenerativa puede aportar una energía muy valiosa para los acumuladores de forma que, bien gestionada, se alargue la autonomía del vehículo con solo usarlo. Sería bueno introducir un pequeño cambio en la mentalidad del conductor a favor de la autonomía de las baterías, acostumbrándose a utilizar con previsión el freno.

En un freno regenerativo, el dispositivo que realiza la reducción de la velocidad del vehículo es un generador eléctrico o lo que es lo mismo, un motor eléctrico funcionando en sentido inverso. Este generador va acoplado a una transmisión, normalmente a la existente en el vehículo de forma que podemos dosificar la cantidad de frenada que aplicamos en cada momento.

El funcionamiento es muy similar a cuando reducimos una marcha en un motor de explosión y no estamos acelerando. En ese momento, notamos una disminución de la velocidad ya que las ruedas pasan a mover el motor, teniendo que vencer sus resistencias internas. En un freno regenerativo además, lo que conseguimos es generar electricidad.

Pues con la electricidad generada podemos hacer varias cosas. Lo más eficaz es utilizarla para recargar las baterías y así aumentar la autonomía del vehículo, tanto si es eléctrico como si es híbrido. En estos últimos es realmente eficaz ya que sirve para volver a poner en marcha el vehículo gracias a una energía que hemos creado de forma gratuita.

En un vehículo convencional también podemos aprovecharla. Esa electricidad que generamos podemos acumularla para volver a arrancar el motor equipado con start-stop. De esta forma, el alternador no necesita *hacer horas extras* para recuperar la electricidad perdida en los distintos arranques.

La frenada regenerativa es limitada, y no evita que los vehículos tengan que llevar de igual forma frenos convencionales ya que, en caso de que las baterías se encuentren al cien por cien de su capacidad, no se podría acumular más energía y por lo tanto, no habría forma de detener el vehículo. Otro caso en el que la frenada regenerativa no funciona correctamente es a baja velocidad ya que las inducciones que se crean en el generador eléctrico son muy bajas y no sirven para detenerlo.

Sin embargo, la frenada regenerativa permite que los frenos de estos vehículos funcionen mucho menos y con ello sufran un desgaste mucho menor, lo que redundará en unos intervalos de mantenimiento mucho más largos y en unas fatigas mucho menores

CAPÍTULO I

PRELIMINARES

1. Planteamiento del problema.

La utilización de automóviles híbridos es una ventaja para el ahorro de combustibles fósiles, y así lograr una menor contaminación del medio ambiente.

Los vehículos híbridos son una alternativa para el ahorro de combustible, En los vehículos que combina la energía eléctrica con la energía de combustión. Se han creado diferentes sistemas entre los cuales se encuentra los frenos regenerativos. Con la finalidad de aportar con energía eléctrica adicional para la carga de las baterías.

Se debe de tomar en cuenta los siguientes factores:

Para resolver el problema, se han realizado estudios que permiten convertir la energía cinética de un auto en energía eléctrica, que se almacena en los momentos en que se requiera frenar, ya sea para disminuir su velocidad o para mantenerla cuando una fuente externa actúa sobre ella, así aprovechando su energía al máximo. La combinación inteligente de esta tecnología en un sistema híbrido puede conseguir ahorros de combustible notables y una considerable disminución en la emisión de gases y tener una mejor autonomía.

1.2.1. Formulación del problema.

Se conoce exactamente cómo funciona un sistema de freno regenerativo?

Es aquí donde debemos conocer en primera instancia en que vehículos encontramos este sistema y como sería su función, componentes de los mismo y hasta donde llegaría su campo de aplicación.

1.3. Sistematización del problema.

- ¿Conoce los componentes del sistema de frenos regenerativos del Toyota PRIUS?
- ¿En qué condiciones se aplica los frenos regenerativos?
- ¿Este sistema es confiable en los vehículos aplicados?
- ¿Para el mantenimiento o reparación existe personal con conocimiento en este sistema?
- ¿Existe en el mercado información veraz y confiable?

1.4. Objetivos de la investigación.

1.4.1. Objetivo general.

Crear una fuente de información detallada sobre los frenos regenerativos del Toyota PRIUS, a través de mediciones y comprobación sobre la función y funcionamiento de los componentes del sistema de frenos regenerativos del Toyota PRIUS.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Conocer la función y funcionamiento de los diferentes componentes que conforman el sistema de freno regenerativos.

- Verificar y comprobar los valores con diferentes equipos de diagnóstico.
- Conocer las desventajas y ventajas del sistema.
- Evaluar el aporte de este sistema en el vehículo.

1.5. Justificación y delimitación de la investigación.

1.5.1. Justificación teórica.

La importancia del conocimiento teórico a través de un banco de información del sistema de frenos regenerativos del Toyota PRIUS ayudara a poder solucionar problemas prácticos

1.5.2. Justificación metodológica.

Una de las opciones que se puede mejorar el conocimiento teórico practico es realizando o implementando una fuente de información veraz y detallada del sistema de frenos regenerativo del Toyota PRIUS. Los valores obtenidos serán a través de instrumentos de medición, como osciloscopio y scanner.

1.5.3. Justificación práctica.

Se cuenta con un vehículo hibrido Toyota PRIUS. Donde se realizaran las mediciones, comprobaciones y diagnóstico de falla.

1.5.4. Delimitación temporal.

La delimitación temporal se determina durante los meses de Junio hasta Octubre del año 2015, tiempo en el cual se desarrollará la investigación y se presentará la propuesta pertinente.

1.5.5. Delimitación geográfica.

La delimitación geográfica será en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil parroquia Pedro Carbo cantón Guayas ciudad Guayaquil ubicada en las calles Tomas Martínez entre General Córdova y Vicente Rocafuerte

1.5.6. Delimitación del contenido.

El proyecto será fuente de información detallada sobre el sistema de freno regenerativo del vehículo híbrido del Toyota PRIUS. Dirigida en forma especial a estudiante de la UIDE Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz extensión Guayaquil, y a todos los interesados en los funcionamientos de estos tipos de sistema. Vista esta información es muy escasa e inexistente.

1.6. Hipótesis.

Los valores obtenidos a través de los equipos de diagnósticos coincidan con los de los fabricantes.

1.7. Variables de hipótesis.

Variable independiente: Vehículo Híbrido Toyota PRIUS.

Variable dependiente: Instrumentos de medición. Osciloscopio, Scanner

Tabla 1. Operacionalización de variables dependiente e independiente

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIÓN
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	INDEPENDIENTE	100% COMPRADO
MEDICIONES REALIZADAS	DEPENDIENTE	100% MEDIDO

Elaborado por: Edy Araujo Asang

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Las exigencias actuales en el enfoque automotriz son cada vez mayores, por las metas trazadas de los fabricantes, tal es el caso de presenciar un vehículo que utilizan dos tipos de energía, más comúnmente llamados híbridos.

Lo extraordinario es que para lograr el funcionamiento del motor y movimiento del vehículo se usan dos tipos de energías de manera coordinada y solicitada se realiza con una tecnología cada vez más desarrollada.

Para el desarrollo de nuestra investigación, nuestro vehículo es un Toyota PRIUS Híbrido que utiliza energía de combustión combinada con energía eléctrica, donde su limitación está concentrada en el tiempo de trabajo de motor eléctrico por la baja capacidad de almacenamiento de energía eléctrica en sus baterías.

Para la carga de la batería se utiliza un motor de combustión interna y un aporte adicional dependiendo de la condición de funcionamiento del vehículos es el sistema de freno regenerativo a través de un segundo motor generador llamado MG2.

El sistema híbrido es del tipo de tren de potencia que emplea una combinación de dos tipos de fuerzas motrices, tales como un motor de gasolina y un motor eléctrico. Este sistema se caracteriza por coordinar estos dos tipos de fuerzas motrices de acuerdo con las condiciones de marcha.

Utiliza al máximo las fuerzas de cada una de las fuerzas motrices y complementa sus debilidades. Por lo tanto, puede alcanzar un rendimiento de alta respuesta y dinámico así como la gran reducción del consumo de

combustible y de las emisiones de los gases de escape. El THS-II puede dividirse a grandes rasgos en dos sistemas, el sistema híbrido en serie y el sistema híbrido paralelo.

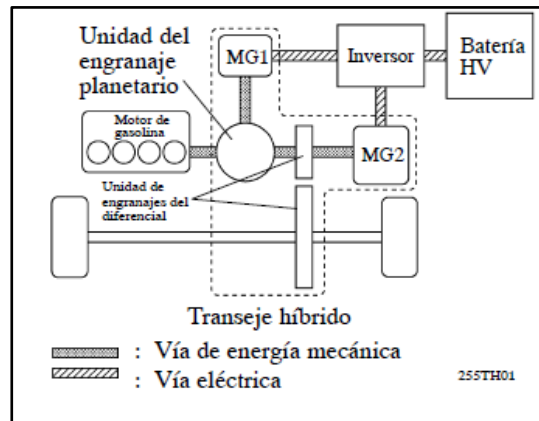


Figura 1. Esquema sistema HV

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

2.2. Sistema híbrido en serie.

En el sistema híbrido en serie, el motor de gasolina funciona como un generador y la electricidad generada permite que el motor eléctrico impulse las ruedas. Este tipo de vehículo puede describirse como un automóvil eléctrico que está equipado con un generador impulsado por un motor de gasolina.

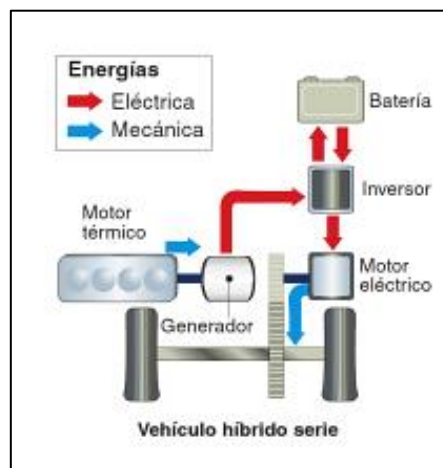


Figura 2. Sistema HV en serie

Fuente: Motores Santiago Saenz editorial Editex, S,A

Editado por: Edy Araujo Asang

2.3. Sistema híbrido paralelo.

Este sistema emplea el motor de gasolina y el motor eléctrico para impulsar directamente las ruedas y se llama sistema híbrido paralelo. En adición a la ayuda de la fuerza motriz del motor de gasolina, el motor eléctrico de este sistema también puede servir como generador para recargar la batería mientras el vehículo está en movimiento.

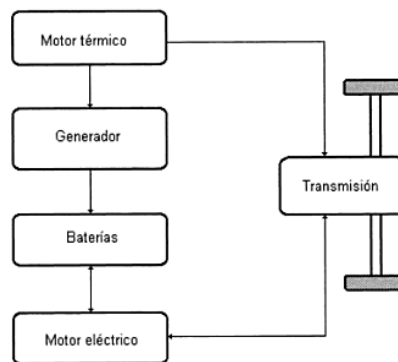


Figura 8.2. Híbrido paralelo con generador independiente.

Figura 3. Sistema HV en paralelo

Fuente: Emilio Larrodé Automóviles eléctricos (1997)

Editado por: Edy Araujo Asang

Equipado con un motor de gasolina de salida baja, el motor se opera a una velocidad prácticamente constante en el margen más efectivo para recargar de forma eficiente la batería mientras el vehículo está en movimiento.

El sistema de freno regenerativo es aprovechar el movimiento del vehículo o energía cinética del mismo, cuando se desea detener la marcha a través de un acoplador mecánico conectado al motor generador, el cual al recibir la transmisión de movimiento genera energía eléctrica la cual es direccionada a la batería para la contribución de carga.

El motor generador MG2 como se lo conoce en vehículo híbrido de Toyota PRIUS detiene la marcha del vehículo gradualmente al momento de generación de energía.

El uso de la frenada regenerativa aporta energía muy valiosa para los acumuladores de forma que, bien gestionada, se prolonga la autonomía del vehículo durante el funcionamiento en sistema eléctrico.

2.4. Vehículo Toyota PRIUS.

El Toyota PRIUS es el primer fabricante de los actuales vehículos híbridos. En latín, PRIUS significa "antes de", o "previo", y así ha demostrado ser este icónico modelo.

Se celebran ya con 15 años desde la salida al mercado de las tecnologías híbridas comercializables, vamos a realizar una breve reseña sobre la historia y cómo ha ido evolucionando año a año, y cada una de sus generaciones.

Antes de iniciar con el vehículo PRIUS, esta tecnología híbrida estaba iniciándose con mucho tiempo atrás, con recursos muy elevados para a su desarrollo ecológico para reducir y contribuir con las emisiones de gases contaminantes especialmente de las ciudades con mayor tránsito reduciendo considerablemente el consumo de combustibles fósiles.

2.4.1. Primera generación Toyota PRIUS.

El primer prototipo del Toyota PRIUS del año 1995, cuando se presenta en el Tokio Motor Show, el primer concepto del Toyota PRIUS. Todavía se llamaba XW10, dividido posteriormente con los nombres NHW10 y NHW11. Estos dos modelos serían la primera generación. No tuvieron problemas de ingeniería para conseguir los vehículos en masa para ingresarlo al mercado el predecesor de los actuales híbridos.

En 1994 comenzó el diseño de un prototipo, y la base para el motor híbrido sería una patente de un motor de tipo ciclo Atkinson del año 1974. A partir de la evolución de este concepto se llegó a la revolución del motor híbrido actual, Tres años después, en 1997, el primer Toyota PRIUS salía al mercado japonés

(el NHW10), y posteriormente, en 2000, el NHW11 sería el modelo popularmente conocido como la primera generación del Toyota PRIUS.

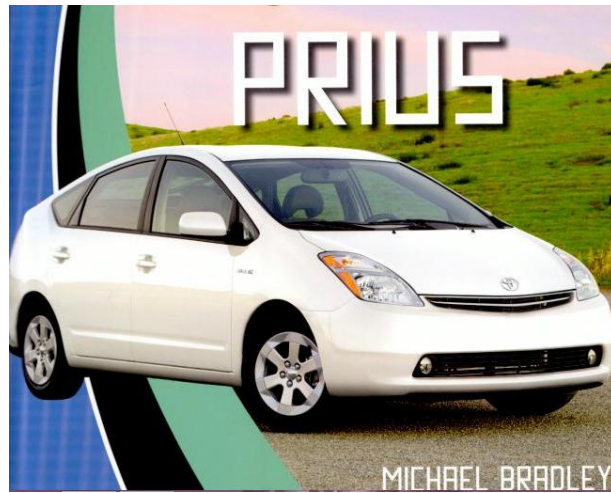


Figura 4. Vehículo PRIUS primera generación

Fuente: Libro Cars Prius- Michael Bradley (2009)

Editado por: Edy Araujo Asang

La autonomía de estos modelos no eran muy eficientes, de hecho a partir de 1996 las comprobaciones de las pruebas realizadas y con los análisis de datos era poder seguir evolucionando la tecnología para las dificultades más importantes, como el que el motor híbrido tuviese menor capacidad de funcionamiento en climas cálidos o en altitudes importantes.

Las ventas en la unión europea iniciaron en septiembre del año 2000, y al mercado australiano fue al año siguiente. Las diferencias entre el modelo NHW10 y el NHW11 eran a nivel de accesorios incorporados y un paquete más potente en su motor. Básicamente el segundo modelo satisfaría a los consumidores fuera de Japón con más potencia y velocidades más altas (motor 1.5 de ciclo Atkinson, con 70 CV en el motor de gasolina y 44 en el eléctrico), además de disponer de aire acondicionado y dirección asistida eléctrica. Esta primera generación fue producida hasta el año 2003.

2.4.2. Segunda generación Toyota PRIUS.

El Toyota PRIUS en su segunda generación fue presentado en el año 2003. Este modelo fue renovado estéticamente como también por su interior, es 150 mm más largo que su antecesor, más aerodinámico y con una redistribución notoria del espacio interior para conseguir mayor espacio para los pasajeros, como también un mayor espacio de carga.

El equipo de diseño y desarrollo, de la segunda generación del Toyota PRIUS dejó 530 nuevas patentes en su desarrollo tecnológico.

La mejora notable en cuanto a prestaciones y eficiencia hacen que la segunda generación sea un modelo único. Ya se incluía una garantía extendida de 160.000 km u ocho años para todo el vehículo incluido baterías del sistema HV.

En esta segunda generación se llevó a un rediseño a nivel estético, además de realizarse mejoras en diferentes los diferentes sistemas electrónicos.



Figura 5. Vehículo PRIUS segunda generación

Fuente: Revista **Kiplinger's Personal Finance** Dic 2003

Editado por: Edy Araujo Asang

2.4.3. Tercera generación Toyota PRIUS.

La tercera generación de Toyota PRIUS se introdujo al mercado con otro rediseño a nivel exterior e interior, como también un nuevo motor y el diseño 1000 nuevas patentes.

Esta generación casi se puede hablar de revolución. El coeficiente de resistencia aerodinámica baja un poco más situándose en el 0,25, y eso ayuda a la mayor eficiencia de un motor más potente.

Se trata de un motor de combustión de 1.8 litros, de ciclo Atkinson y 98 CV, que combinados con el motor eléctrico de mayor eficiencia dan un total de 134 CV (frente a los 110 CV de la generación anterior). Esta generación cuenta con más par motor, que permite reducir el régimen de giro del motor y mejorar considerablemente la eficiencia de consumo de combustible dentro del perímetro urbano.



Figura 6. Vehículo PRIUS tercera generación

Fuente: Toyota Prius A 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

La actualización de este diseño fue en 2011, el vehículo incorpora importantes mejoras en reducción de consumo de combustible y en la cantidad de emisiones de gases contaminantes, convirtiéndose en una referencia en su segmento.

La renovada estética que presenta para sus clientes desde 2011 es la versión perfecta para este mercado, pues hace un producto atractivo no solo en una mejorada tecnología electrónica y mecánica, sino a nivel del confort para sus usuarios.

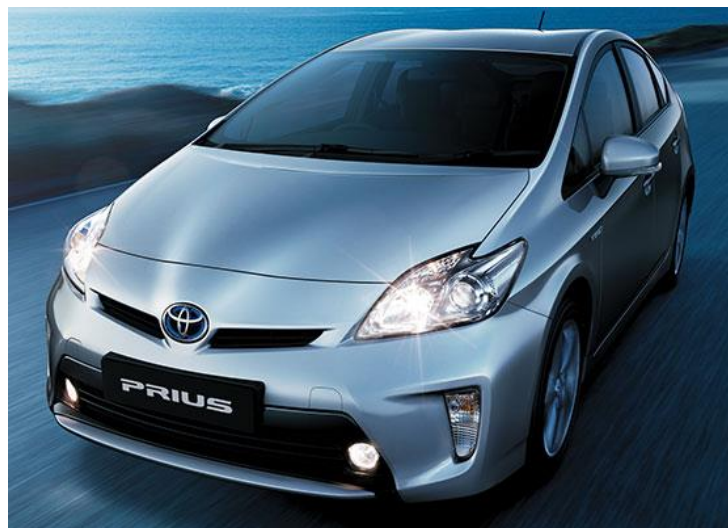


Figura 7. Vehículo PRIUS tercera generación rediseño 2011

Fuente: <http://www.toyota.com.ec/toyota-prius-3g>

Editado por: Edy Araujo Asang

Además del Toyota PRIUS tradicional, existe una gama adicional de modelos de PRIUS a nuestra disposición, como el Toyota PRIUS Plug In, que aporta mayor capacidad y autonomía del motor eléctrico.

También existen el Toyota PRIUS V y el Toyota PRIUS C, los dos provenientes de la tercera generación, pero uno más largo y con mayor capacidad de carga (hasta un 50% más), y el otro más deportivo y compacto, con un costo menor.

2.5. Sistema de freno Regenerativo.

2.5.1. Generalidades.

Los frenos regenerativos consisten en una fuerza que se genera en el eje de rotación en la dirección inversa a la rotación del generador (MG2) que genera electricidad. Cuanto mayor es el amperaje generado (amperaje de carga de la batería), mayor será la fuerza de la resistencia¹.

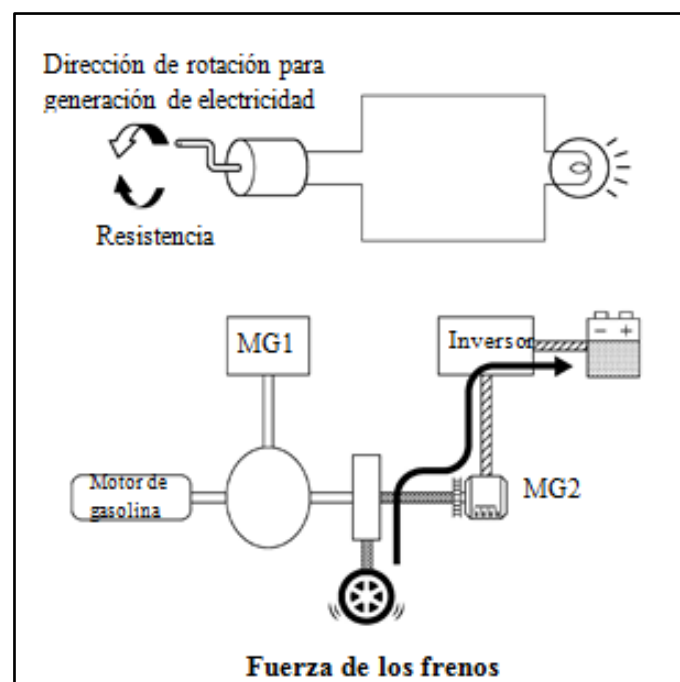


Figura 8. Dirección de rotación para la generación de electricidad

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

El eje de transmisión y MG2 están unidos mecánicamente, cuando las ruedas motrices hacen virar MG2 y hacen que opere como un generador, se transmite una fuerza de frenos regenerativos de MG2 a las ruedas motrices².

Esta fuerza se controla mediante el sistema THS-II, que controla la generación de electricidad.

¹ Manual Toyota PRIUS 2010

² Manual Toyota PRIUS 2010

El control cooperativo de los frenos regenerativos no sólo se basa en la fuerza de frenado del sistema de frenos hidráulicos para suministrar la fuerza de frenado que necesita el conductor.

En lugar de ello, efectuando el control cooperativo con el sistema THS-II, este control proporciona una fuerza de frenado conjunta proporcionada por los frenos regenerativos y los frenos hidráulicos.

Como resultado, este control minimiza la pérdida de la energía cinética asociada con los frenos hidráulicos normales, y recupera esta energía convirtiéndola a energía eléctrica.

En el nuevo PRIUS, la salida de potencia de MG2 ha aumentado mediante la adopción del sistema THS-II, que ha dado como resultado en la mejora de la fuerza de los frenos regenerativos.

Adicional, la distribución de la fuerza de los frenos se ha mejorado con la adopción del sistema ECB, incrementando eficazmente el margen de empleo de los frenos regenerativos. Estos atributos mejoran la capacidad del sistema para recuperar energía eléctrica, que contribuye a la economía del combustible³.

2.5.2. Distribución de la fuerza de los frenos.

La distribución de la fuerza de los frenos entre los frenos hidráulicos y los frenos regenerativos varía según la velocidad del vehículo y el tiempo.

La distribución de la fuerza de los frenos entre los frenos hidráulicos y los frenos regenerativos se realiza controlando los frenos hidráulicos de modo que la fuerza total de los frenos hidráulicos y de los frenos regenerativos corresponda con la fuerza requerida por el conductor.

³ Manual Toyota PRIUS 2010

Si los frenos regenerativos quedan inoperables debido un mal funcionamiento del sistema THS-II, el sistema de frenos efectúa el control para que toda la fuerza de los frenos requerida por el conductor se suministre con el sistema de los frenos hidráulicos⁴.

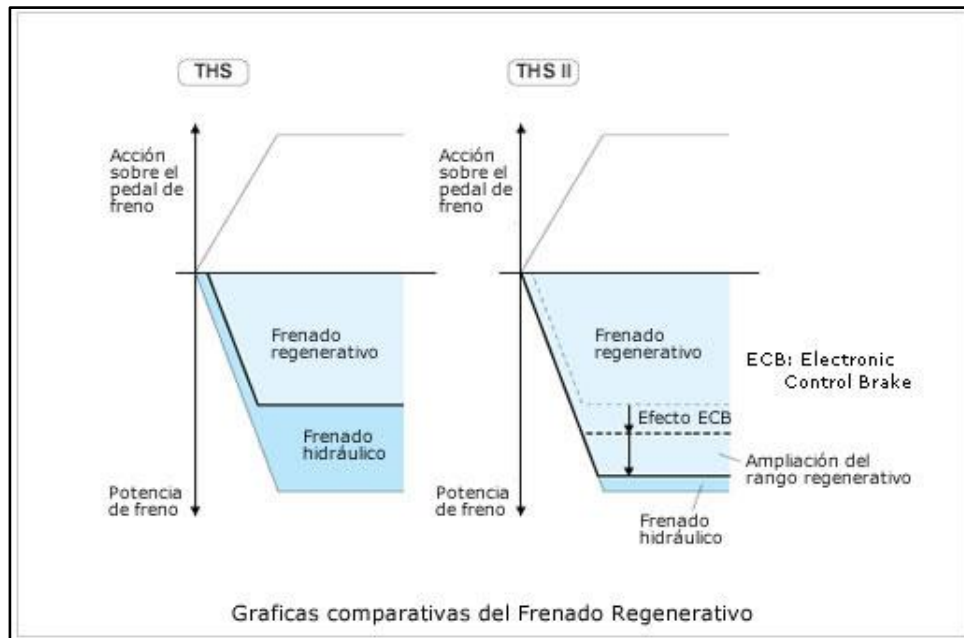


Figura 9. Cuadro comparativo de la distribución de fuerza

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

2.5.3 Freno Regenerativo de Toyota PRIUS.

El sistema de frenado regenerativo funciona cuando queremos disminuir la velocidad del vehículo, utilizando el motor eléctrico como freno o bien pisando el pedal de freno.

En esta situación el motor eléctrico funciona como un generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se usa para cargar las baterías.

⁴ Manual Toyota PRIUS 2010

Este sistema es particularmente efectivo en recobrar energía cuando se circula por ciudad, donde se producen aceleraciones y deceleraciones frecuentes.

Cuando se pisa el pedal de freno, el sistema controla la coordinación entre el freno hidráulico del ECB (Electronic Control Braking) y el freno regenerativo y preferentemente usa el freno regenerativo, por consiguiente recobrando el sistema de frenado regenerativo en el THS II con respecto a la versión inicial (THS)⁵.

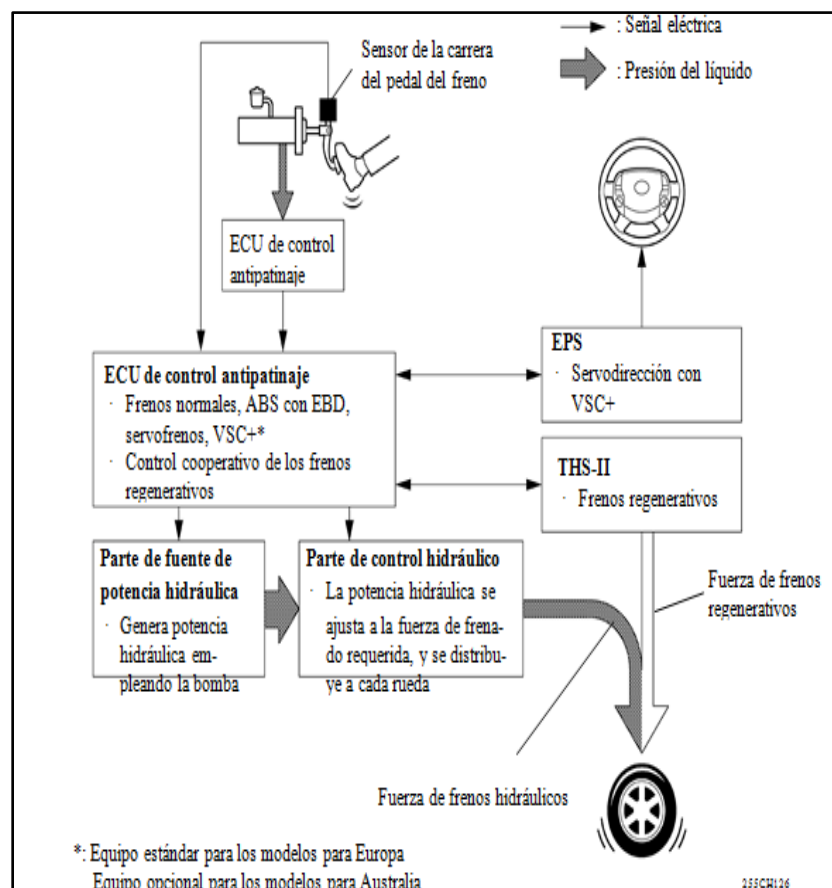


Figura 10. Descripción general del sistema de control de los frenos

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

⁵ Manual Toyota PRIUS 2010

Tabla 2. Controles del sistema del freno regenerativo y descripción

SISTEMA DE CONTROL DE FRENOS	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN GENERAL
SISTEMA EBC	CONTROL COOPERATIVO DE LOS FRENOS REGENERATIVOS	CONTROLA LOS FRENOS HIDRÁULICOS PARA RECUPERAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO LOS FRENOS REGENERATIVOS DEL SISTEMA THS-II TANTO COMO SEA POSIBLE.
	VSC+* (VEHICLE STABILITY CONTROL + -CONTROL DE LA ESTABILIDAD DEL VEHÍCULO +)	EL SISTEMA VSC+ AYUDA A EVITAR QUE DERRAPE EL VEHÍCULO LATERALMENTE COMO RESULTADO DE PATINAJE DE LAS RUEDAS DELANTERAS O FUERTE PATINAJE DE LAS RUEDAS TRASERAS DURANTE UN VIRAJE. EFECTÚA EL CONTROL COOPERATIVO CON LA ECU DE EPS PARA PROPORCIONAR ASISTENCIA A LA DIRECCIÓN DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DEL VEHÍCULO.
	ABS (ANTI-LOCK BRAKE)	EL ABS AYUDA A EVITAR QUE SE ENCLAVEN

	SYSTEM - SISTEMA DE FRENOS ANTI ENCLAVAMIENTO)	LAS RUEDAS CUANDO SE APLICAN LOS FRENOS FIRME- MENTE O CUANDO LA SUPERFICIE ES RESBALADIZA.
	EBD (ELECTRONIC BRAKE FORCE DISTRIBUTION DISTRIBUCIÓN ELECTRÓNICA DE LA FUERZA DE FRENADO)	EL CONTROL DE EBD UTILIZA EL ABS, REALZANDO LA DISTRIBUCIÓN ADECUADA DE LA FUERZA DE LOS FRENOS ENTRE LAS RUEDAS DELANTERAS Y TRASERAS DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DE LA CIRCULACIÓN. ADEMÁS, DURANTE EL FRENADO AL TOMAR UNA CURVA, CONTROLA TAMBIÉN LAS LA FUERZAS DE FRENADO DE LAS RUEDAS IZQUIERDAS Y DERECHAS, AYUDANDO A MANTENER EL COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO.
	SERVOFRENOS	LOS SERVOFRENOS TIENEN DOS FUNCIONES: • INCREMENTAR LA FUERZA DE FRENADO SI LA OPERACIÓN DEL PEDAL DEL FRENO ES INSUFICIENTE CUANDO SE REQUIERE FRENAR CON EMERGENCIA.

- INCREMENTAR LA FUERZA DE FRENADO SI SE REQUIERE UNA MAYOR FUERZA DE FRENADO.

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

Las pérdidas por rozamiento en la transmisión son mínimas ya que el movimiento de las ruedas se transmite a través del diferencial y los engranajes intermedios al motor eléctrico que se convierte en este caso en generador. El sistema de frenado regenerativo consigue recuperar un 65% de la energía eléctrica que carga las baterías⁶.

En la figura 11. Se podrá ver la capacidad de carga producido por la fuerza del frenado versus la capacidad de frenado hidráulico.

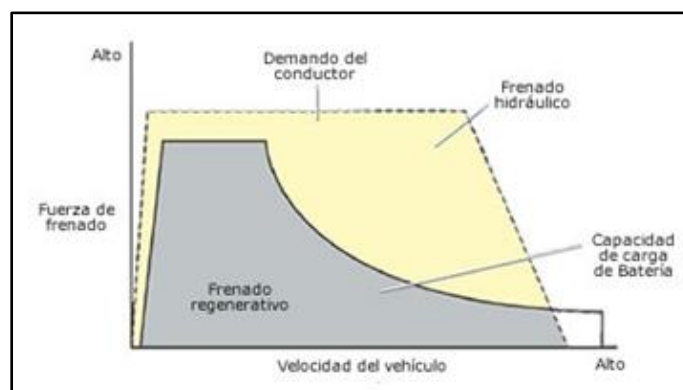


Figura 11. Perdida por rozamiento del frenado

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

La función de frenado regenerativo opera el MG2 como un generador mientras el vehículo desacelera o frena, y almacena esta energía eléctrica en la batería HV. Al mismo tiempo, utiliza la resistencia de la operación, que ejerce MG2 durante la generación de electricidad, como fuerza de frenado⁷.

⁶ Manual Toyota PRIUS 2010

⁷ Manual Toyota PRIUS 2010

MG1 Y MG2 Ambos MG1 (Motor Generador No.1 generador del motor eléctrico y MG2 Motor Generador No.2 generador del motor eléctrico) son del tipo sincrónico de imán permanente altamente eficientes a la hora de alternar la corriente, compactos y de poco peso.

Sirviendo como la fuente de fuerza motriz suplementaria que proporciona asistencia de potencia al motor de gasolina de la forma necesaria, el motor eléctrico ayuda al vehículo a alcanzar un rendimiento dinámico excelente, incluyendo unos arranques y deceleración suaves.

Cuando se activan los frenos regenerativos, el MG2 convierte la energía cinética del vehículo a energía eléctrica, que se almacena en la batería de la HV.

El MG1 recarga la batería HV y suministra alimentación eléctrica para excitar el MG2. Además, regulando la cantidad de energía eléctrica generada (variando las rpm del generador), el MG1 controla eficazmente la función de transmisión continuamente variable del trans eje⁸.

El MG1 también sirve como motor de arranque para arrancar el motor de gasolina.

Se ha añadido un sistema de enfriamiento a través de la bomba de agua para el MG1 y MG2.

Junto con la mejora de la robustez del rotor del MG1, se ha incrementado su margen para la máxima salida posible de 6500 a 10.000 rpm, con lo que se ha mejorado la capacidad de carga.

La estructura de cada imán permanente incorporado en el interior del MG2 se ha optimizado rediseñándolo con una estructura en forma de V y se ha conseguido la mejora de la salida de potencia y del par.

⁸ Manual Toyota PRIUS 2010

Para el control de MG2, se ha adoptado un sistema de control de sobre modulación de nuevo desarrollo para el margen de velocidades medias.

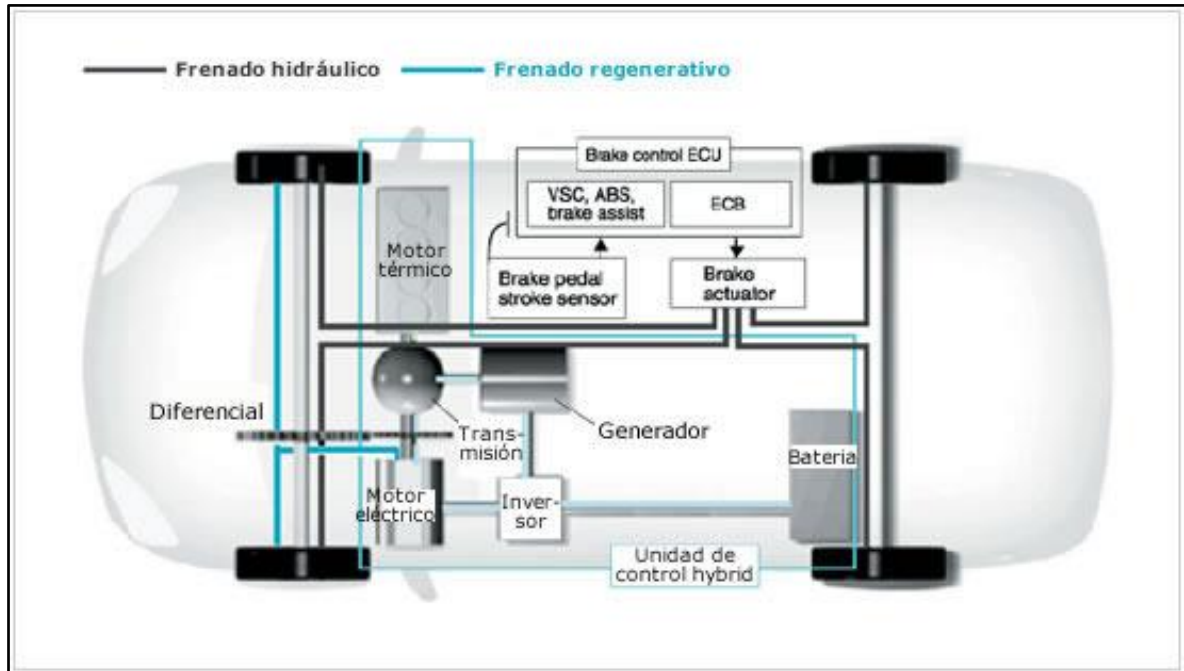


Figura 12. Frenado hidráulico versus frenado regenerativo

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

2,5,4 Operación básica

Este sistema controla los modos siguientes para conseguir las operaciones más eficientes para adaptarlas a las condiciones de la marcha:

El suministro de energía eléctrica desde la batería HV al MG2 proporciona fuerza para impulsar las ruedas.

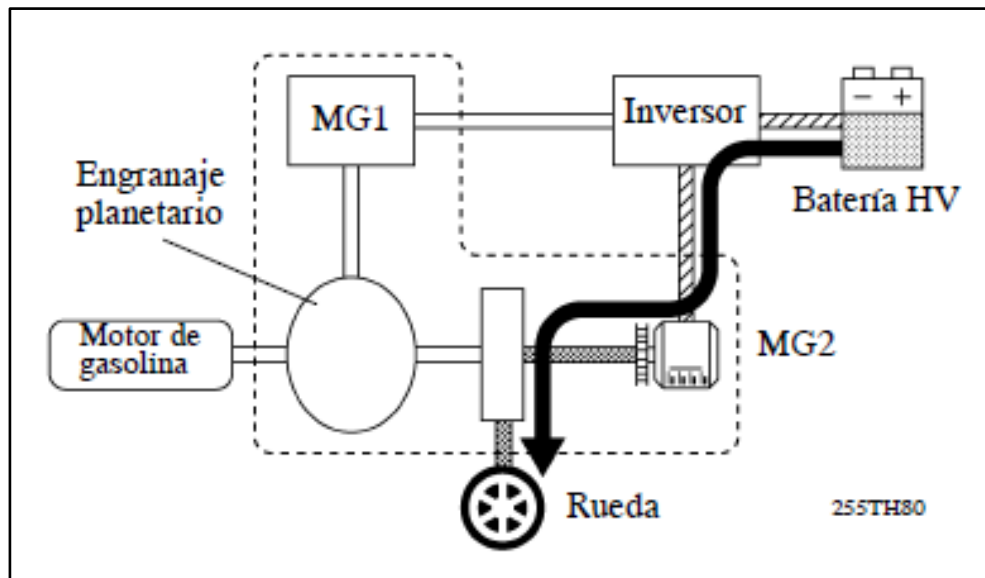


Figura 13. Suministro de energía hacia las ruedas

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

Mientras el motor de gasolina impulsa las ruedas a través de los engranajes planetarios, MG1 vira mediante el motor de gasolina a través de los engranajes planetarios para suministrar la electricidad generada a MG2⁹.

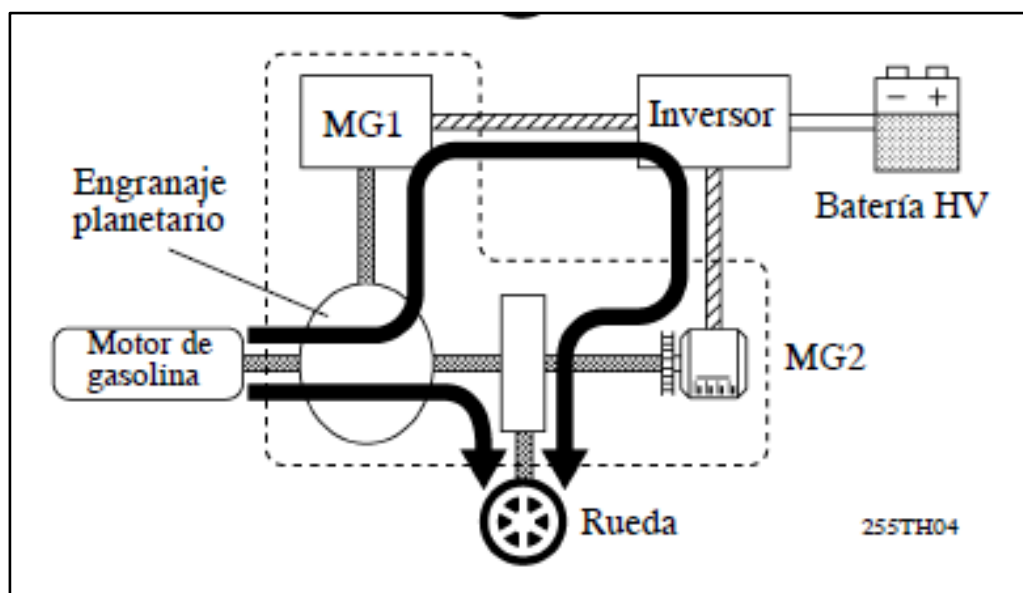


Figura 14. Funcionamiento del motor a combustión

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

⁹ Manual Toyota PRIUS 2010

El motor de gasolina hace virar MG1 mediante los engranajes planetarios para cargar la batería HV.

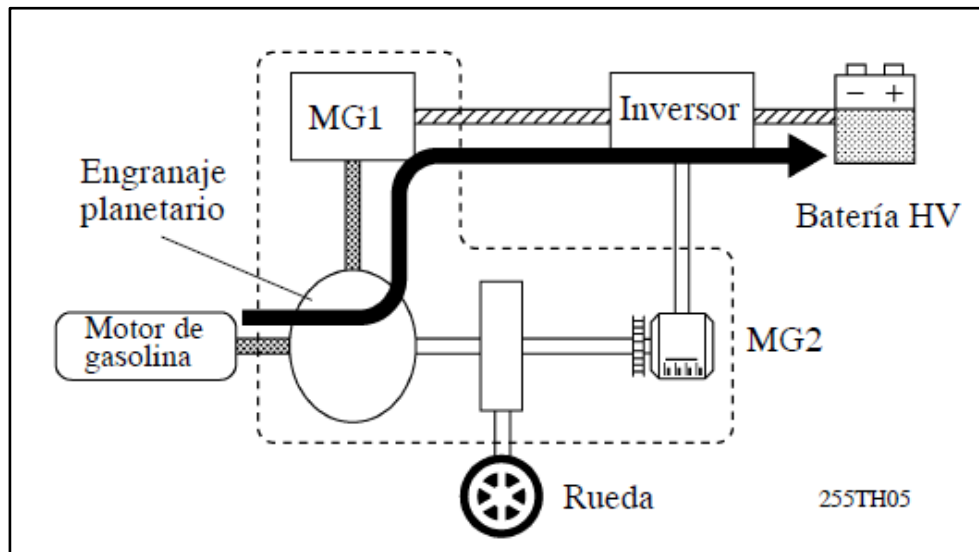


Figura 15. Motor a combustión en modo de carga batería HV

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

Cuando el vehículo se desacelera, la energía cinética de las ruedas se recupera y se convierte a energía eléctrica, y se emplea para recargar la batería HV mediante MG2.

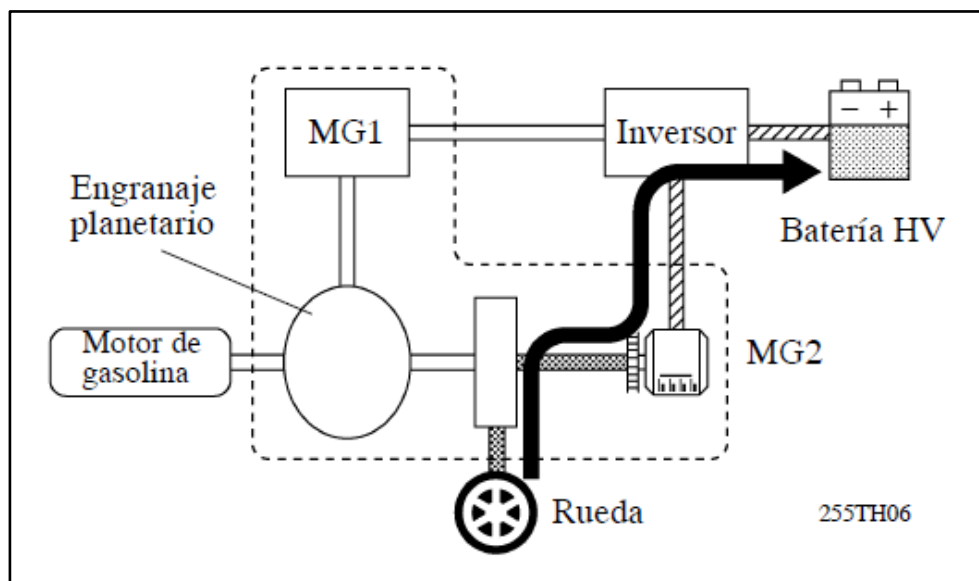


Figura 16. Freno regenerativo para cargar batería de HV

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

La ECU HV cambia entre estos modos ((1), (2), (3), (1)+(2)+(3), o (4)) de acuerdo con las condiciones de la marcha. Sin embargo, cuando el SOC (State of charge – estado de carga) de la batería HV es bajo, La batería HV se carga mediante el motor de gasolina que hace virar a MG1¹⁰.

Como resultado, se consigue mayor economía del combustible en comparación con los vehículos de motor de gasolina convencionales, a un nivel reducido de emisión de gases de escape. Además, este revolucionario tren de transmisión ha eliminado los impedimentos asociados con los vehículos eléctricos (tales como el margen corto de marcha o su dependencia en unidades de recarga exteriores).

¹⁰ Manual Toyota PRIUS 2010

CAPITULO III

3. ESTUDIO DEL SISTEMA DE FRENO REGENERATIVOS DEL TOYOTA PRIUS.

3.1. Frenos regenerativos del vehículo híbrido Toyota PRIUS 2010.

La función de frenado regenerativo opera el MG2 como un generador mientras el vehículo desacelera o frena, y almacena esta energía eléctrica en la batería HV. Al mismo tiempo utiliza la resistencia de la operación, que ejerce MG2 durante la generación de electricidad, como fuerza de frenado.

En el sistema de control de los frenos del nuevo PRIUS se ha adoptado el ECB (Electronically Controlled Brake Freno de control electrónico). El sistema ECB calcula la fuerza de frenado requerida basándose en cantidad de esfuerzo del pedal y la fuerza aplicada por el conductor.

Entonces, este sistema aplica la fuerza de frenado necesaria (que consiste en una fuerza de frenos regenerativos generada por MG2 y una fuerza de frenado generada por el sistema de frenos hidráulicos, absorbe la energía con eficacia.

La ECU de ECB, que controla este sistema, está integrada en la ECU de control anti patinaje, y efectúa todo el control junto con el sistema de control de los frenos hidráulicos (que consta de ABS con EBD, servofrenos y VSC) .

Se ha adoptado una nueva luz de aviso del sistema de control de los frenos acompañada por la adopción del sistema ECB.

El sistema VSC+ proporciona la asistencia a la dirección para facilitar la operación de la dirección para el conductor dependiendo de las situaciones del vehículo efectuando el control cooperativo en conjunto con el EPS,

además del sistema VSC que proporciona la función general de control del frenado.

En el PRIUS, se ha adoptado el sistema de control de la tracción del motor. Este sistema minimiza el patinaje de las ruedas motrices y genera la fuerza de impulsión apropiada para la condición de la superficie de la carretera aplicando el control de los frenos hidráulicos a las ruedas que patinan, además de la función de control que protege el engranaje planetario y el motor proporcionado por el sistema THS en el modelo anterior.

En el PRIUS, la parte del reforzador del freno convencional se ha abandonado. En su lugar, consta ahora de las partes de entrada de frenos, alimentación, y de control de la presión hidráulica.

Durante el frenado normal, la presión del líquido generada por el cilindro principal no accionada directamente de las ruedas, sino que sirve como señal de la presión hidráulica. En lugar de ello, la presión de control actual se obtiene regulando la presión del líquido de la fuente de potencia hidráulica en el actuador del freno, que acciona los cilindros de las ruedas

La ECU de control anti patinaje mantiene comunicaciones con la ECU de EPS y la ECU de HV a través de la CAN (Controller Area Network – Red de área del controlador).

La ECU de control anti patinaje se ha cambiado de una CPU de 16 bits a una CPU de 32 bits para incrementar la velocidad de proceso de las señales.

Durante el frenado normal, las válvulas de solenoide de corte del cilindro principal se cierran y los circuitos de la presión del líquido de los cilindros de las ruedas quedan independientes. Consecuentemente, la presión del líquido generada por el cilindro principal no causa directamente el accionamiento de los cilindros de las ruedas.

La ECU de control anti patinaje calcula la fuerza de frenado que necesita el conductor de acuerdo con las señales recibidas desde los sensores de presión del cilindro principal y sensor de la carrera del pedal del freno. Entonces, la ECU de control anti patinaje calcula el valor de la fuerza de frenos regenerativos partiendo de la fuerza requerida para el frenado y transmite el valor calculado a la ECU de HV.

La ECU de HV, al recibir el valor, genera una fuerza de frenos regenerativos. Al mismo tiempo, la ECU de HV transmite el valor de la fuerza de los frenos regenerativos actual a la ECU de control anti patinaje. La ECU de control anti patinaje controla las válvulas de solenoide para hacer que el sistema de frenos hidráulicos genere un valor de fuerza de frenado (que se obtiene restando la fuerza de los frenos regenerativos del valor de la fuerza de frenado que necesita el conductor).

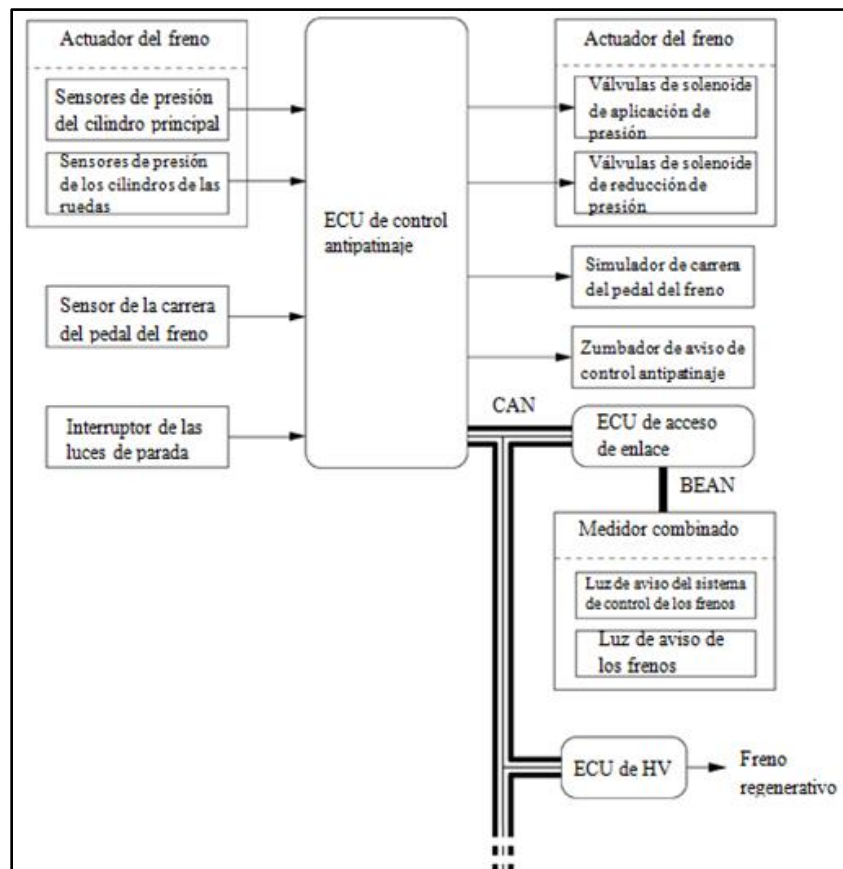


Figura 17. Esquema del funcionamiento electrónico del sistema

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

3.2. Comprobación del sistema de freno regenerativo.

3.2.1. Precaución.

Antes de inspeccionar el sistema de alta tensión o desconectar el conector de baja tensión del inversor con el montaje del convertidor, tomar las precauciones de seguridad, tales como el uso de guantes aislantes y retirar el tapón de agarre servicio para evitar descargas eléctricas.

Después de quitar el tapón de agarre servicio, se lo coloca en el bolsillo para evitar que otros técnicos de volver a conectarlo accidentalmente mientras se está trabajando en el sistema de alta tensión.

Después de desconectar el enchufe de agarre servicio, espere por lo menos 10 minutos antes de tocar cualquiera de los conectores de alta tensión o terminales.

Después de esperar 10 minutos, comprobar el voltaje en los terminales en el punto de inspección en el inversor con el montaje del convertidor. La tensión debe ser 0 V antes de comenzar el trabajo.

3.2.2. Descripción.

Utilizando el Techstream para realizar pruebas activas permite relés, los VEV, actuadores y otros artículos para ser operados sin quitar ninguna pieza.

Esta inspección no intrusiva funcional puede ser muy útil porque el funcionamiento intermitente puede descubrirse antes de piezas o el cableado es perturbado. Realización de pruebas activas temprano en la resolución de problemas es una manera de ahorrar tiempo de diagnóstico. Información de la lista de datos se puede visualizar en el desempeño de pruebas activas.

3.2.3. Procedimiento.

- Presione el botón de encendido.
- Conecte el Techstream a la DLC3.
- Introduzca los siguientes menús: control del tren motriz / ABS/VSC/TRC lista de datos.
- Obtener los datos durante las diferentes condiciones de operación.
- Dar marcha al vehículo, generando diferentes velocidades. Comprobar: Cooperación de frenos regenerativo: ON.
- Freno regenerativo requerido: valor igual Freno de operación.
- La medida de freno regenerativo viene dada en unidad de torque. (Nm).

Si existiese algún código en el sistema híbrido del vehículo el sistema no genera o aplica los frenos regenerativos, motivo por lo cual solo cargaríamos la batería con el motor generador #1.

Tabla 3. Parámetros del fabricante

TESTER DISPLAY	MEASUREM ENT ITEM RANGE	NORMAL CONDITION	DIAGNOSTIC NOTE
MOTOR(MG2) REVOLUCIÓN	MG2 REVOLUCIÓN MIN.: -32768 R/MIN, MAX.: 32767 R/MIN	DURANTE LA CONDUCCIÓN: VARÍA EN FUNCIÓN DEL VEHÍCULO DIFERENTE CONDICIONES	VEHÍCULO HÍBRIDO ENSAMBLADO CON EL TRANS EJE- INVERSOR ENSAMBLADO CON EL CONVERTIDOR VEHÍCULO HÍBRIDO ENSAMBLADO CON EL TRANS EJE-

			INVERSOR ENSAMBLADO CON EL CONVERTIDOR
MOTOR(MG2) TORQUE	MG2 TORQUE/ MIN.: -4096 NM, MAX.: 4095.875 NM	DURANTE LA CONDUCCIÓN: VARÍA EN FUNCIÓN DEL VEHÍCULO DIFERENTE CONDICIONES	PODER DE GESTIÓN DE LA ECU VEHÍCULO HIBRIDO ENSAMBLADO CON EL TRANS EJE- INVERSOR ENSAMBLADO CON EL CONVERTIDOR VEHÍCULO HIBRIDO ENSAMBLADO CON EL TRANS EJE- INVERSOR ENSAMBLADO CON EL CONVERTIDOR
TORQUE DE FRENO REGENERATIVO REQUERIDO	TORQUE DE FRENO REGENERATIVO MG2 MIN.: -4096 NM, MAX.: 4095 NM	DURANTE LA CONDUCCIÓN: VARÍA EN FUNCIÓN DEL VEHÍCULO DIFERENTE CONDICIONES	PODER DE GESTIÓN DE LA ECU VEHÍCULO HIBRIDO ENSAMBLADO CON EL TRANS EJE- INVERSOR ENSAMBLADO CON EL CONVERTIDOR VEHÍCULO HIBRIDO ENSAMBLADO CON EL TRANS EJE- INVERSOR ENSAMBLADO CON EL CONVERTIDOR
MODO DE CONTROL MG1	MG1 CONTROL MODE/ MIN.: 0, MAX.:2	PWM: 0 VARIABLE PWM: 1 RECTANGULAR	
MG1 FRECUENCIA	MG1 CARRIER FREQUENCY/ 0.75 KHZ/1.20		

	KHZ/2.45 KHZ/ 3.70 KHZ/4.95 KHZ/9.95 KHZ		
MODO DE CONTROL MG2	MG2 CONTROL MODE/ MIN.: 0, MAX.:2	PWM: 0 VARIABLE PWM: 1 RECTANGULAR	
MG2 FRECUENCIA	MG2 CARRIER FREQUENCY/ 0.75 KHZ/1.25 KHZ/2.5 KHZ/ 3.75 KHZ/5 KHZ		

Fuente: Manual Toyota PRIUS 2010

Editado por: Edy Araujo Asang

3.3. Mediciones.

Realizadas las mediciones de los diferentes componentes a través de los sensores establecidos, y con los valores obtenidos, tenemos un análisis más sólido para interpretar la función y funcionamiento del sistema de freno regenerativo. Es importante resaltar que para obtener los valores de esta prueba la condición del vehículo fue en movimiento a diferente velocidad.

3.3.1. Equipo de Diagnóstico.

- Scanner tech stream

LA Techstream Toyota es una plataforma de diagnóstico integrado basado en PC. Combina la información de servicio y diagnóstico de la herramienta de escaneo. Este es el software para PC de Toyota que junto con un cable OBD

conectado por USB al PC podemos acceder a los datos de las diferentes centralitas del vehículo.

Sirve para cualquier vehículo TOYOTA o LEXUS a partir del 96 en adelante. Al revisar la información Lista de datos, trate de seleccionar sólo los elementos de la lista de datos específicos relacionados con la inspección que se realiza. Si se seleccionan todos los elementos al comprobar la lista de datos, el intervalo entre las actualizaciones para cada elemento será más largo, lo que resulta en datos retardado o incorrecto.

El uso de una lista personalizada permite seleccionar fácilmente grupos más pequeños de elementos de la lista de datos relacionados.

Las siguientes listas personalizadas están disponibles:

- Eléctrica de fuga.
- Boost, baja convertidor.
- Alta Tensión de carga.
- HV Transmisión.
- Thermo Sensor.
- Batería auxiliar.
- Drive Performance Sistema palanca de cambios.

3.3.2. Factores de seguridad.

Hay que tener cuidado, ya que si el conector DLC comprobador se desconecta o si se produce un error de comunicación durante una prueba activa, el vehículo podría dejar de funcionar (el indicador READY se apagará).

El Techstream mostrará un error de comunicación y el indicador READY del vehículo, se apagará cuando se haya completado la prueba activa. Si el Techstream será utilizado en el vehículo de nuevo, gire el interruptor de alimentación y vuelva a encenderla (READY) de nuevo para reiniciar el Techstream.

Parametro	Valor	Unidad
Regenerative Cooperation	ON	
FR Regenerative Request	480	Nm
FR Regenerative Operation	480	Nm
FR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FR Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
FL Wheel Acceleration	-3,13	m/s2
RR Wheel Acceleration	-3,13	m/s2
RL Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
Vehicle Speed	6	MPH
FR Wheel Speed	6	MPH
FL Wheel Speed	6	MPH
RR Wheel Speed	5	MPH
RL Wheel Speed	6	MPH
FR Speed Open	Normal	
FL Speed Open	Normal	
RR Speed Open	Normal	
RL Speed Open	Normal	
FR Wheel Cylinder Open	Normal	
Regulator Pressure Sensor Correction Voltage	0,00	V
Wheel Cylinder Pressure Sensor	0,54	V

Figura 18. Medición a velocidad (6 MPH)

Fuente: Techstream

Elaborado por: Edy Araujo Asang

Parametro	Valor	Unidad
Regenerative Cooperation	ON	
FR Regenerative Request	720	Nm
FR Regenerative Operation	688	Nm
FR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FR Wheel Acceleration	-3,13	m/s2
FL Wheel Acceleration	-3,13	m/s2
RR Wheel Acceleration	-4,70	m/s2
RL Wheel Acceleration	-3,13	m/s2
Vehicle Speed	9	MPH
FR Wheel Speed	9	MPH
FL Wheel Speed	9	MPH
RR Wheel Speed	9	MPH
RL Wheel Speed	9	MPH
FR Speed Open	Normal	
FL Speed Open	Normal	
RR Speed Open	Normal	
RL Speed Open	Normal	
FR Wheel Cylinder Open	Normal	
Regulator Pressure Sensor Correction Voltage	0,00	V
Wheel Cylinder Pressure Sensor	0,66	V

Figura 19. Medición a velocidad (9 MPH)

Fuente: Techstream

Elaborado por: Edy Araujo Asang

Parametro	Valor	Unidad
Regenerative Cooperation	ON	
FR Regenerative Request	192	Nm
FR Regenerative Operation	176	Nm
FR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FR Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
FL Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
RR Wheel Acceleration	1,56	m/s2
RL Wheel Acceleration	0,00	m/s2
Vehicle Speed	12	MPH
FR Wheel Speed	12	MPH
FL Wheel Speed	12	MPH
RR Wheel Speed	12	MPH
RL Wheel Speed	12	MPH
FR Speed Open	Normal	
FL Speed Open	Normal	
RR Speed Open	Normal	
RL Speed Open	Normal	
FR Wheel Cylinder Open	Normal	
Regulator Pressure Sensor Correction Voltage	0,00	V
Wheel Cylinder Pressure Sensor	0,49	V

Figura 20. Medición a velocidad (12 MPH)

Fuente: Techstream

Elaborado por: Edy Araujo Asang

Parametro	Valor	Unidad
Regenerative Cooperation	ON	
FR Regenerative Request	432	Nm
FR Regenerative Operation	384	Nm
FR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FR Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
FL Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
RR Wheel Acceleration	0,00	m/s2
RL Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
Vehicle Speed	16	MPH
FR Wheel Speed	16	MPH
FL Wheel Speed	16	MPH
RR Wheel Speed	16	MPH
RL Wheel Speed	16	MPH
FR Speed Open	Normal	
FL Speed Open	Normal	
RR Speed Open	Normal	
RL Speed Open	Normal	
FR Wheel Cylinder Open	Normal	
Regulator Pressure Sensor Correction Voltage	0,00	V
Wheel Cylinder Pressure Sensor	0,56	V

Figura 21. Medición a velocidad (16 MPH)

Fuente: Techstream

Elaborado por: Edy Araujo Asang

Parametro	Valor	Unidad
Regenerative Cooperation	ON	
FR Regenerative Request	464	Nm
FR Regenerative Operation	416	Nm
FR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RR Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
RL Wheel ABS Ctrl Status	OFF	
FR Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
FL Wheel Acceleration	-1,56	m/s2
RR Wheel Acceleration	3,13	m/s2
RL Wheel Acceleration	-6,27	m/s2
Vehicle Speed	22	MPH
FR Wheel Speed	22	MPH
FL Wheel Speed	22	MPH
RR Wheel Speed	23	MPH
RL Wheel Speed	22	MPH
FR Speed Open	Normal	
FL Speed Open	Normal	
RR Speed Open	Normal	
RL Speed Open	Normal	
FR Wheel Cylinder Open	Normal	
Regulator Pressure Sensor Correction Voltage	0,00	V
Wheel Cylinder Pressure Sensor	0,58	V

Figura 22. Medición a velocidad (22 MPH)

Fuente: Techstream

Elaborado por: Edy Araujo Asang

3.3.3. Análisis de parámetros resultantes

Tabla 4. Tabla de resultados

VALOR NORMAL	VALOR RESULTADO	PRESIÓN DE FENADO
TEORICO		
MG2 revolución		
Min.: -32768r/min, Max 32767 r/min		
Torque de freno regenerativo MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095 Nm	688 Nm 9 MPH	0.66 v
Torque de freno regenerativo MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095 Nm	416 Nm 22 MPH	0.58 v
Torque de freno regenerativo MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095 Nm	384 Nm 16 MPH	0.56 v
Torque de freno regenerativo MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095 Nm	176 Nm 12 MPH	0.49 v
Torque de freno regenerativo MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095 Nm	480 Nm 6 MPH	0.54 v
MG2 control mode/Min.: 0, Max.:2		
MG2 frecuencia /0.75 kHz/1.25 kHz/2.5 kHz/3.75 kHz/5kHz		

Elaborado por: Edy Araujo Asang

En el cuadro anterior para poder realizar el análisis de datos, tuvimos que considerar los valores de fabricante y valores medidos. Los parámetros de medición involucran hasta dos eventos de manera simultáneamente para poder llegar a una conclusión sólida y congruente.

Los frenos regenerativos se realiza a través del moto generador 2, razón por la cual los valores representado en el cuadro son referente todo lo relacionado a este componente. Existe un parámetro de medición vital, como la presión de frenado que ayuda a entender los diferentes valores de torque en relación con la velocidad.

En definitiva se concluye que el torque de los frenos regenerativos es más alto cuando mayor sea la intensidad de aplicación del freno aplicado independiente de la velocidad del vehículo. Valores que están reflejados en el cuadro de valores medidos en el tech stream.

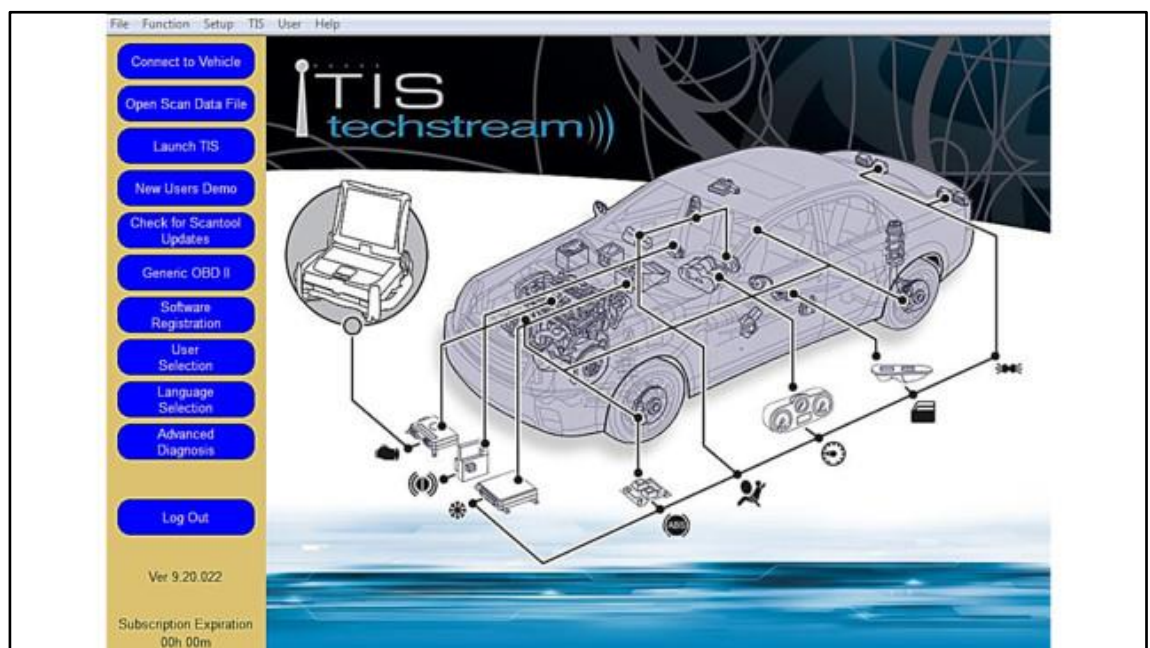


Figura 23. Pantalla de Inicio TechStream

Fuente: TechStream

Editado por: Edy Araujo Asang

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA PROPUESTA

En el estudio realizado al sistema de freno regenerativo del Toyota Prius A del año 2010 en los talleres de la Facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión en la ciudad de Guayaquil. Y constando con equipos de diagnósticos para este tipo de sistema, se crea la propuesta de: Un estudio y análisis del sistema de freno regenerativo del vehículo híbrido Toyota Prius.

En este capítulo se encontrara las especificaciones del vehículo en estudio, el mismo que se encuentra en la Universidad Internacional del Ecuador Extensión Guayaquil.

Características principales del motor:

Tabla 5. Características del motor a combustión

Motor térmico ciclo Atkinson
cilindros en línea, 16 válvulas DOCH, VVT-i
Cilindrada 1798 cm³
Bloque de aleación de aluminio
Combustible de 95 octanos
Sistema de inyección EFI
Sistema de encendido DIS
Potencia máxima 99CV a 5200 RPM
Norma EURO 5

Elaborado por: Edy Araujo Asang

Características principales del motor eléctrico:

Tabla 6.

Características del motor eléctrico

Fabricante Toyota				
Tipo	Corriente	continúa	de	imán
permanente				
Tensión nominal de 500 V				
Potencia máxima 82CV				

Elaborado por: Edy Araujo Asang

Características principales de baterías del sistema HV

Tabla 7. Características de baterías

Tipo batería de níquel e hidruro metálico
Tensión nominal 201.6 V
Numero de modelos 28
Peso 39 kg

Elaborado por: Edy Araujo Asang

4.1. Sistema de engranes planetarios.

El acoplamiento entre el motor de combustión y eléctrico, para la tracción usa un sistema de engranes planetarios. El motor de combustión interna esta acoplado mediante un embrague-freno al engrane solar , el motor eléctrico esta acoplado por el engrane anular con las llantas que son conectadas al engranaje anular como las llantas son conectadas al porta planetas.

El Toyota PRIUS posee un motor eléctrico que se encuentra permanentemente engranado al sistema del diferencial de la transmisión.

Para iniciar la marcha, inicia con el motor eléctrico que es impulsado por la batería. El motor de combustión nunca lo mueve directamente; se utiliza fuerza para aprovechar en realizar el movimiento del generador eléctrico o como también mover mecánicamente al motor eléctrico.

Los componentes del sistema de freno regenerativo se encuentran instalados en la parte baja del motor, compuesto por un engranaje planetario,

un generador y un motor eléctrico.

4.2. Freno regenerativo.

El freno regenerativo está construido para aprovechar la energía cinética y almacenar gran parte, ya que esta energía suele perderse con el uso de los frenos por la disipación ya que son para reducir la velocidad del vehículo o detenerlo en su totalidad.

La energía almacenada a por el freno regenerativo es utilizada para iniciar el arranque del motor eléctrico del vehículo y reducir la cantidad de corriente eléctrica que necesita de las baterías durante este proceso, por lo cual es posible alargar los ciclos de la carga y descarga.

Es importante decir que el sistema almacena la mayor cantidad de energía cinética del automóvil, durante el frenado provee la cantidad de energía necesaria para cargar la batería. Tiene pérdidas en los mecanismos, pero esto no implica que no sea un sistema que no esté suficientemente especializado para un buen desempeño.

La energía que suministra el generador no depende sólo de su giro. El sistema puede variar o eliminar completamente el par resistente del generador para adecuar la energía que genera a cada condición de funcionamiento.

Esta transmisión no dispone de marcha atrás, de esta función se encarga el motor eléctrico que puede girar en ambos sentidos, por lo tanto la marcha atrás se hará siempre con el motor eléctrico, para esta función no se utiliza el motor térmico.

A.- Arranque del motor térmico, Estado READY

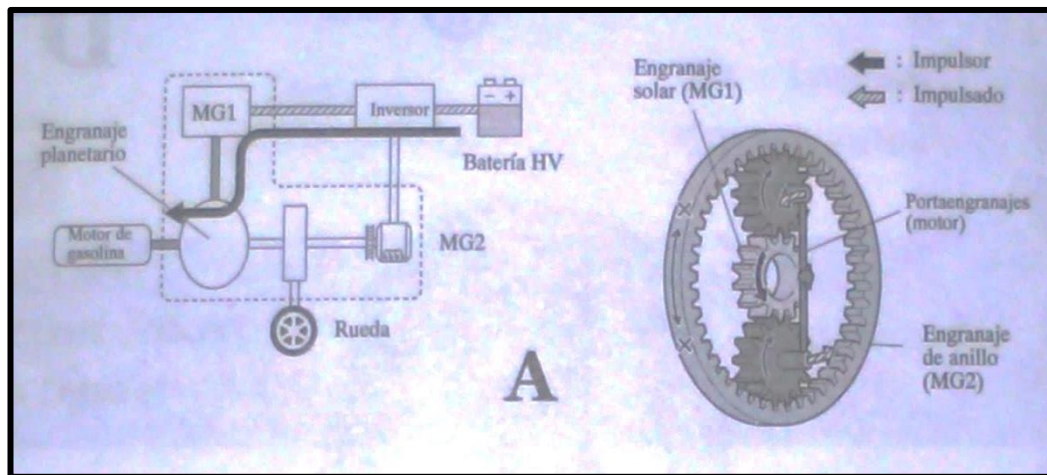


Figura 24. Sistema de transmisión híbrida.
Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011
Editado por: Edy Araujo Asang

B.- Inicio de generación de corriente para la batería de tracción. Estado READY

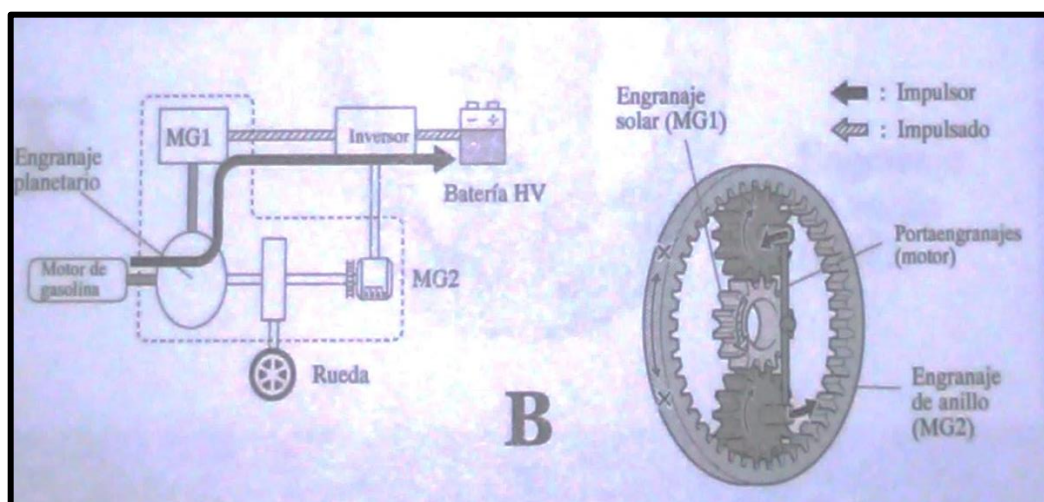


Figura 25. Sistema de transmisión híbrida.
Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011
Editado por: Edy Araujo Asang

C.- Conducción con el motor generador N° 2

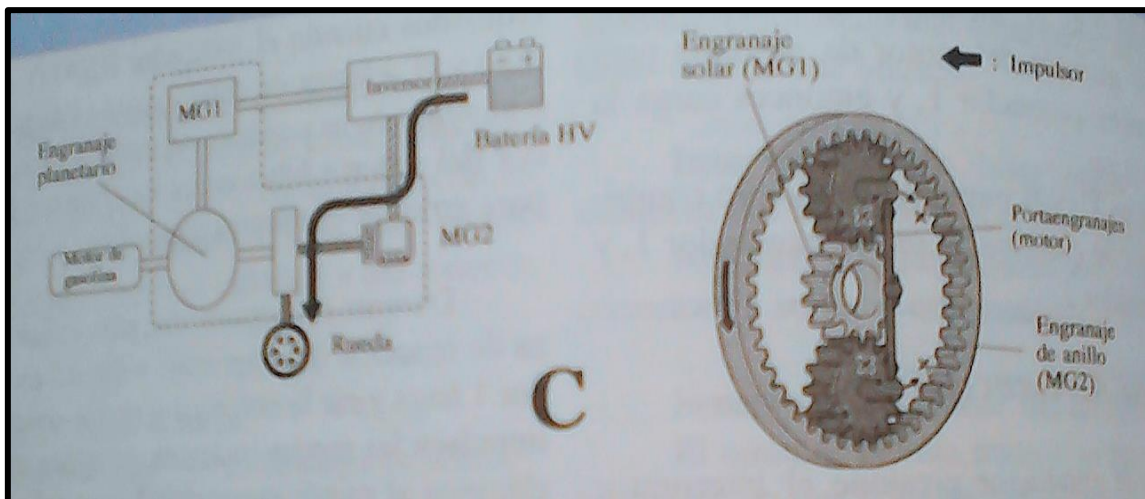


Figura 26. Sistema de transmisión híbrida.
Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011
Editado por: Edy Araujo Asang

D.- Arranque del motor térmico

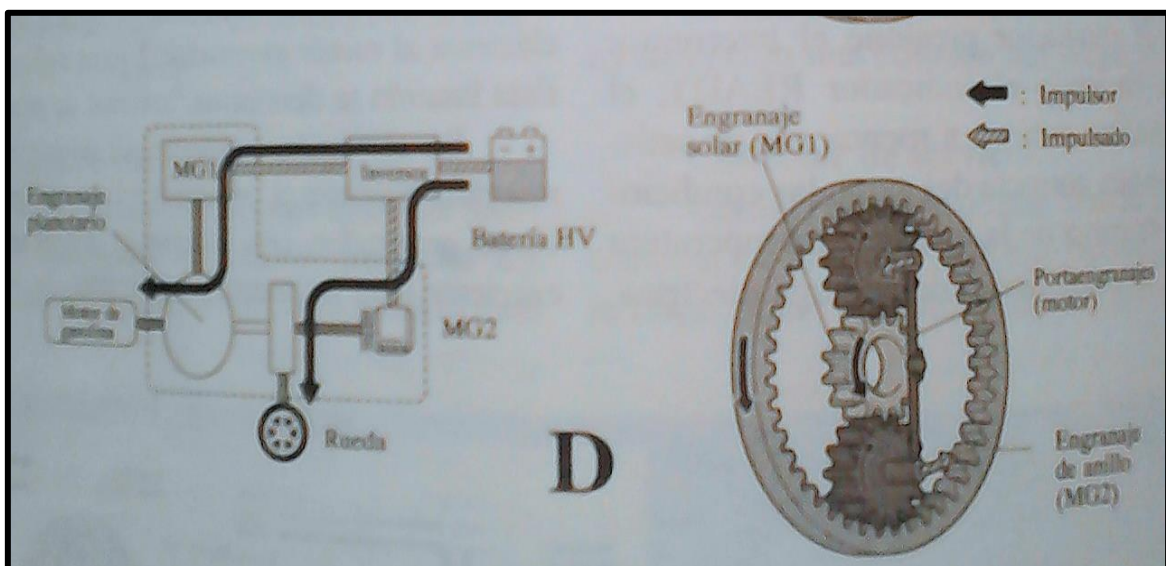


Figura 27. Sistema de transmisión híbrida.
Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011
Editado por: Edy Araujo Asang

E.- Ligera aceleración con el motor térmico

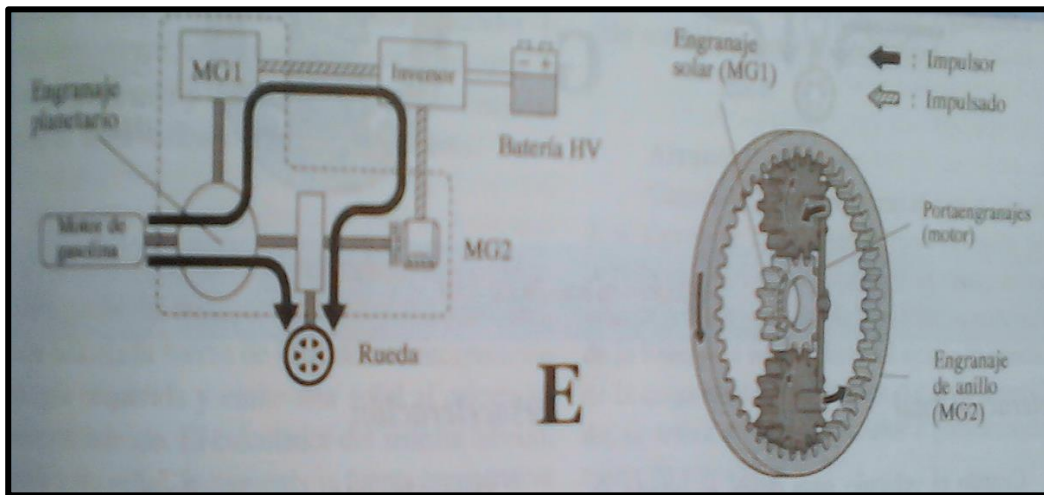


Figura 28. Sistema de transmisión híbrida.
Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011
Editado por: Edy Araujo Asang

F.- Marcha normal con poca carga.

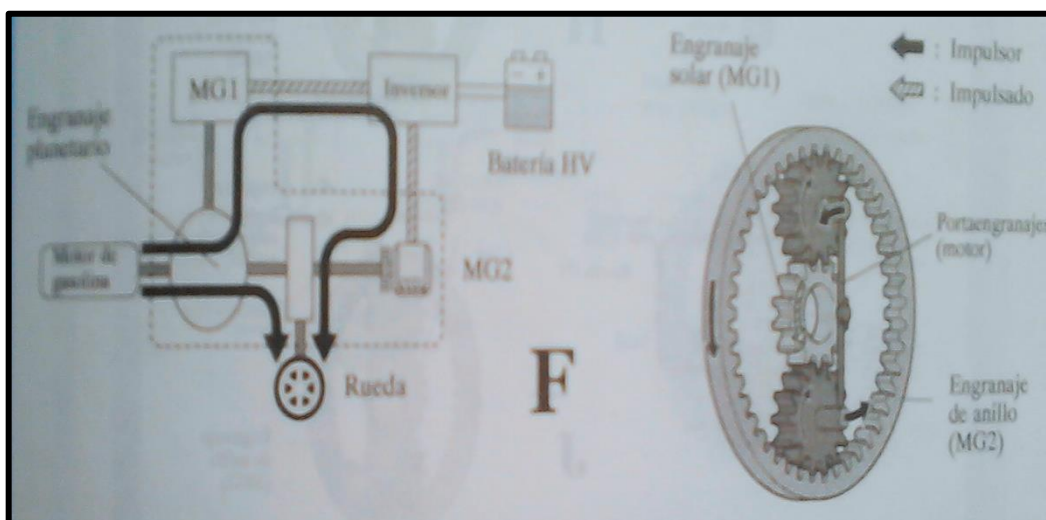


Figura 29. Sistema de transmisión híbrida.
Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011
Editado por: Edy Araujo Asang

G.- Momento de aceleración total

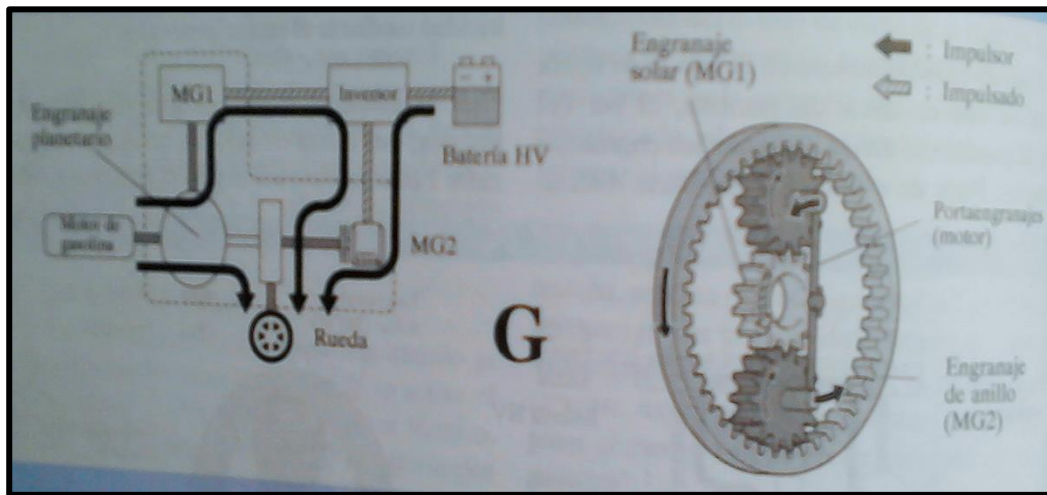


Figura 30 . Sistema de transmisión híbrida.

Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011

Editado por: Edy Araujo Asang

H.-Desaceleración o retención en gama "D"

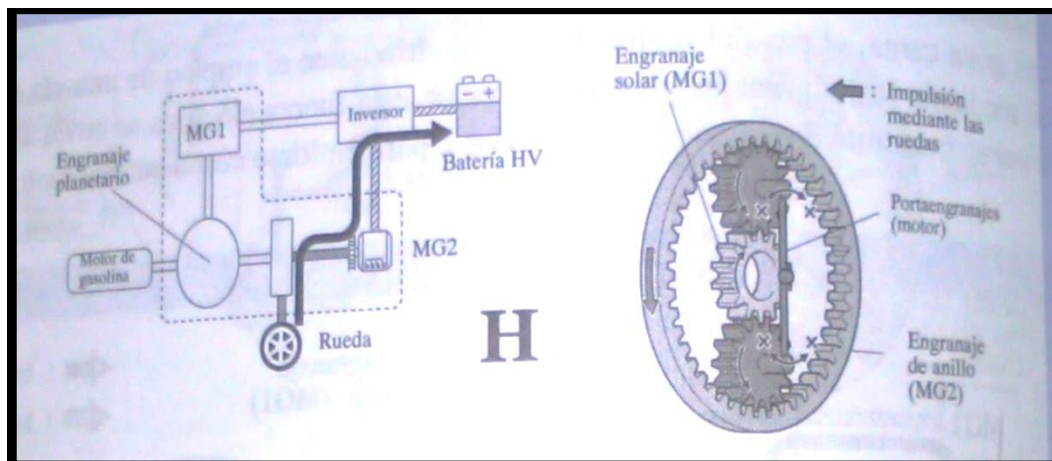


Figura 31 . Sistema de transmisión híbrida.

Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011

Editado por: Edy Araujo Asang

J.- Desaceleración o retención en gama “B”

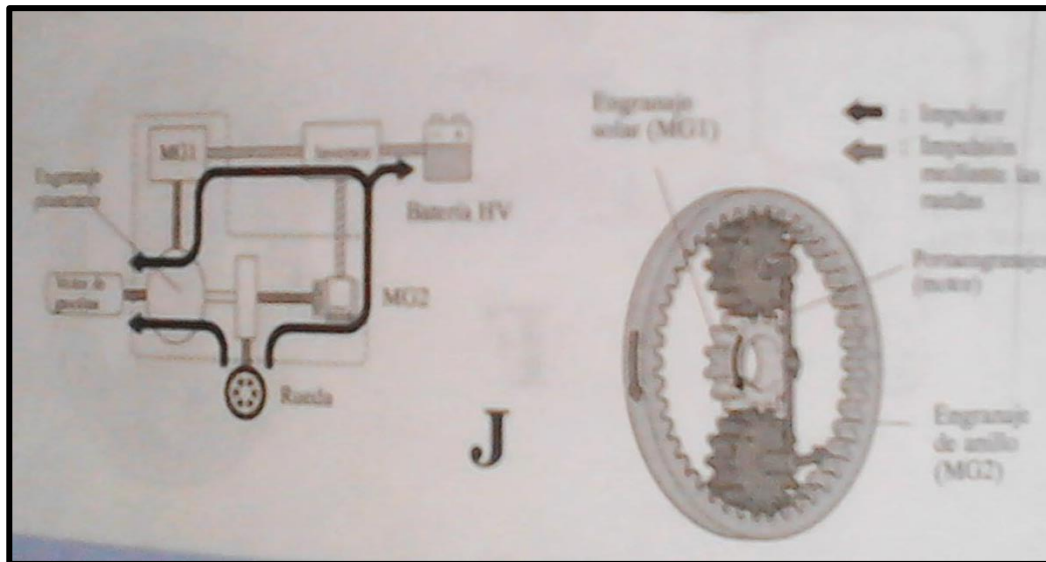


Figura 32 . Sistema de transmisión híbrida.

Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011

Editado por: Edy Araujo Asang

K.- Marcha atrás con moto generador N°2

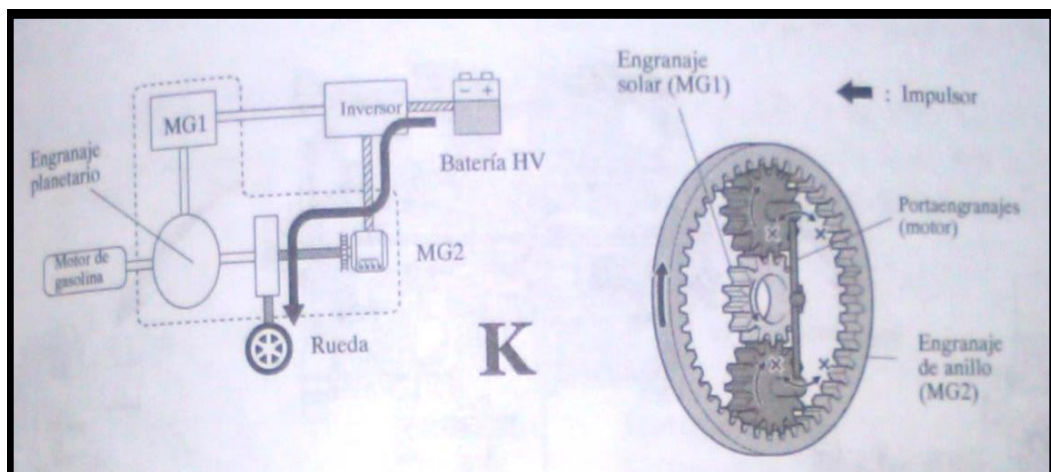


Figura 33 . Sistema de transmisión híbrida.

Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011

Editado por: Edy Araujo Asang

L.- Arranque del motor térmico en una marcha atrás

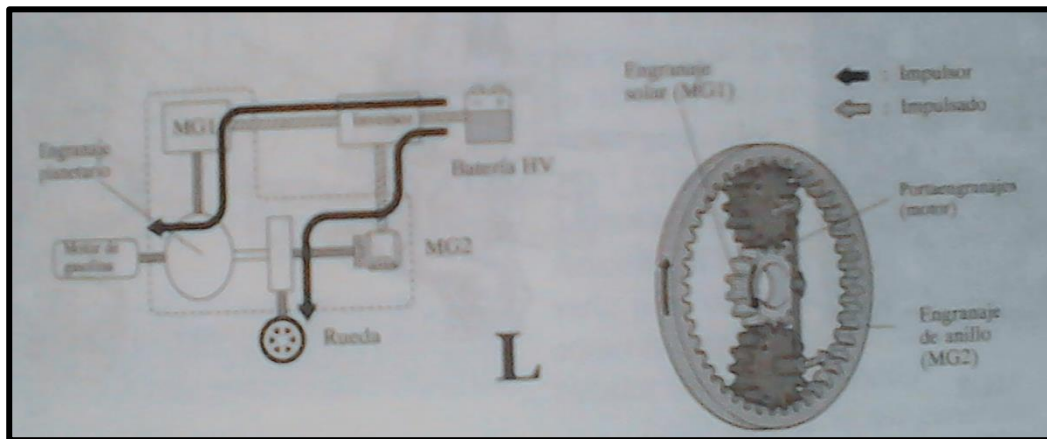


Figura 34 . Sistema de transmisión híbrida.

Fuente: Manual práctico del automóvil Edición 2011

Editado por: Edy Araujo Asang

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. 5.1. Conclusiones.

- Se comprobó la función y funcionamiento del sistema de freno regenerativo del Toyota prius
- Se verificaron y comprobaron los valores de diferentes sensores que conforman el control y funcionamiento del sistema de freno regenerativo.
- Se determinó que como una desventaja del sistema de freno regenerativo no se activa mientras se genere un código en el sistema híbrido.
- Se analizó como desventaja que la desactivación del freno regenerativo produce que el motor de combustión interna trabaje con mayor frecuencia para mantener cargada a la batería.
- Se corroboró como una ventaja que el sistema de freno regenerativo al aprovechar la energía cinética optimiza recursos, y de manera especial en el tránsito vehicular de la ciudad.
- Se evaluó el aporte del sistema determinando que con el aporte de los frenos regenerativos, se disminuye el desgaste de los frenos mecánicos, disipamos menos calor y aprovechamos la energía de una forma más eficiente.

5. 5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda al momento del mantenimiento o reparación del sistema realizarlo con el manual técnico de taller del vehículo.
- Usar en lo posible el equipo de diagnóstico original, por motivo de facilitar los datos requeridos con los medidos.
- Para superar las desventajas en el conocimiento de este sistema el personal de técnico debe capacitarse de manera continua.
- Cumplir con los mantenimientos establecido, para prever daño que entorpezcan el funcionamiento de este sistema.
- conducir adecuadamente para reducir la necesidad de frenado, aumentando la vida útil de los frenos.
- Tener el sistema de freno regenerativo operativo y así disminuir el desgaste de los frenos mecánicos y menos consumo de combustible

Bibliografía

- BOSCH; Los sensores del automóvil de Bosch; 1 edición 2012.
- Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA) 2da Edición (2012) – Vehículos Híbridos y eléctricos
- Manual Toyota PRIUS 2010
- Motores autor Santiago Saenz editorial Editex, S.A
- Automóviles eléctrico Autor Emilio Larrodé primera edición 1997
- Cars Prius Autor Michael Bradley Marshall Cavendish 1 sept 2009
- Revista Kiplinger's Personal Finance Dic 2003 Vol 57 N° 12
- Manual Práctico del automóvil Edición 2011

Páginas Web

- <http://www.toyota.com.ec/toyota-prius-3g>

ANEXO

Abreviatura correspondiente al sistema de freno regenerativo.

ABREVIATURA	DENOMINACIÓN
MG1	Motor generador 1
MG2	Motor generador 2
ECB	Electronically Controlled Brake (Freno de control electrónico)
ECM	Engine Control Module (Modulo de control del motor)
CAN	Controller Area Network (Red de área de controlador)
HV	Hibrido
SOC	State of Charge (Estado de carga)
THS II	Toyota Hibrid System II (Sistema hibrido Toyota II)
ABS	Anti-lock Brake System (Sistema de freno anticlavamiento)
EBD	Electronic Brake Force Distribution (Distribución electrónica de la fuerza de frenado)
EPS	Electronic Power Steering (Dirección de control electrónica)
VSC	Vehicle Stability Control (Control de estabilidad del vehículo)
ECB	Electronic Control Braking (Control electrónico de freno)
HSD	Hibrid Sinergy Drive (Conducción energía hibrida)
VCC	Voltaje continuo
EV	Vehicle Electric (Vehículo eléctrico)
TRC	Traccion Control (Control de tracción)
USB	Universal Serial Bus