



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

TEMA:

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DEL
VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS**

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

AUTOR:

SAENZ MERCHAN BYRON JAVIER

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 DIRECCIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS**” realizado por el estudiante: **Byron Javier Sáenz Merchán**, 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: Byron Javier Sáenz Merchán, 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, Byron Javier Sáenz Merchán

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN 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.

Byron Javier Sáenz Merchán

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Byron Javier Sáenz Merchán

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 DIRECCIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Agosto del 2015.

Byron Javier Sáenz Merchán

AGRADECIMIENTO

En este proceso de alcanzar mi meta quiero agradecer primero a Dios, a mi madre quien ha sido un apoyo incondicional en todo momento para lograr este objetivo, a su vez a mi familia y a mi esposa quien estado conmigo en todo el proceso de mis estudios apoyándome e impulsándome para que siga adelante, también quiero agradecer a mi hermana quien también formo parte de este esfuerzo en general a todas las personas que de una u otra manera estuvieron hay para prestar aportes a este esfuerzo.

Un agradecimiento al Ing. Edwin Puente por ser un gran apoyo y guía en cada fase del proceso de mi titulación.

DEDICATORIA

Haciendo énfasis quiero decir que este esfuerzo está dedicado a mi madre quien estuvo apoyándome para seguir en el proceso de mis estudios, esto va dedicado para mi familia esposa e hijos y decirles que con empeño y dedicación se pueden lograr las propuestas que se planten, gracias por ayudarme e formarme como profesional y darme el voto de confianza ya que hubo momentos altos y bajos llegamos al final de mi meta juntos como familia, logrando así llenarles de orgullo y felicidad.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PRELIMINARES	2
1.1. Problema de la investigación y marco referencial.....	2
1.2. Definición del problema.	2
1.3. Ubicación del problema.	2
1.4. Formulación del problema.	3
1.5. Sistematización del problema.	3
1.6. Objetivos de la investigación.	3
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.	3
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.7. Alcance.	4
1.8. Justificación e importancia de la investigación.	4
1.9. Hipótesis.....	5
1.10. Variables de hipótesis.....	5
1.11. Operacionalización de variables.	5
CAPITULO II	6
Marco referencial	6
2.1. Marco teórico.	6
2.1.2. SISTEMAS DE DIRECCIÓN.....	6
2.1.2. Componentes básicos del sistema de dirección.....	7

2.1.3. TIPOS DE MECANISMO DE DIRECCIÓN.....	9
2.2. Direcciones asistidas.	9
2.2.1. DIRECCIÓN HIDRÁULICA.	10
2.2.2. DIRECCIÓN ELÉCTRICA.	12
2.3. VEHÍCULO TOYOTA PRIUS.	13
2.3.1. SISTEMA DE DIRECCIÓN DEL PRIUS.....	14
2.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA CREMALLERA.....	14
2.4. Funcionamiento del sistema EPS.	15
2.4.1. FUNCIÓN DE CADA COMPONENTE DEL SISTEMA EPS.....	17
2.5. Controles cooperativo con el sistema EPS.	30
2.5.1. OPERACIÓN EN CASO DE TENDENCIA A PATINAJE DE LAS RUEDAS.....	31
CAPÍTULO III	32
ANÁLISIS DEL SISTEMA	32
3.1. Elementos técnicos de prueba.....	32
3.1.2. EQUIPO DE DIAGNÓSTICO UTILIZADO.....	32
3.2. Factores de seguridad.	37
3.2.1. PRECAUCIONES.....	37
3.2.2. PRECAUCIONES CON EL SRS AIRBAG.	38
3.2.3. PRECAUCIONES PARA EL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	38
3.2.4. PRECAUCIONES TRABAJANDO EN EL VEHÍCULO.....	38
3.2.5. PRECAUCIONES PARA LA COMUNICACIÓN CAN.....	40
3.3. Análisis de resultados.	41
CAPÍTULO IV	47
DISEÑO DE LA PROPUESTA	47
4.1. Características del vehículo.....	47
4.2. Funcionamiento del sistema de dirección asistida.....	49
4.2.1. FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCIÓN AL APARCAR.	50
4.2.2. FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCIÓN CIRCULANDO EN CIUDAD.	51
4.2.3. FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCIÓN CIRCULANDO EN CARRETERA.....	52
4.2.4. FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCIÓN EN "RETROGIRO ACTIVO"	52

4.2.5. FUNCIONAMIENTO CORRECCIÓN DE MARCHA RECTA.....	53
4.3. Estado actual del vehículo.	54
CAPÍTULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones.	57
5.2. Recomendaciones.	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ubicación geográfica de la universidad internacional sede guayaquil.	2
FIGURA 2. Volante de dirección.	7
FIGURA 3. Columna de dirección.	8
FIGURA 4. Mecanismo de dirección.	9
FIGURA 5. Dirección hidráulica.	11
FIGURA 6. Dirección eléctrica.	12
FIGURA 7. Toyota hibrido segunda generación.....	13
FIGURA 8. Componentes del sistema de dirección del PRIUS.	14
FIGURA 9. Funcionamiento electrónico del EPS.....	15
FIGURA 10. Ubicación de componentes.	16
FIGURA 11. Sensor del par.	17
FIGURA 12. Sensor del par.	18
FIGURA 13. Motor de CC.	18
FIGURA 14. Mecanismo de reducción.....	19
FIGURA 15. ECU DE EPS.....	19
FIGURA 16. Pines de conexión ECU DE EPS.....	20
FIGURA 17. Luz testigo de advertencia.....	27
FIGURA 18. Ubicación de unidades de control electrónico del toyota prius. ...	29
FIGURA 19. Visualizador múltiple.....	30
FIGURA 20. Funcionamiento electrónico cooperativo.	30
FIGURA 21. Tendencia de patinaje del vehículo.	31
FIGURA 22. Pantalla de información del vehículo.	34
FIGURA 23. Pantalla de inicio al programa.	35
FIGURA 24. Parámetros generales del vehículo.	35
FIGURA 25. Parámetros generales del EPS.....	36
FIGURA 26. Parámetros del sistema EPS.....	37
FIGURA 27. Parámetros del sistema EPS.....	42
FIGURA 28. Parámetros del sistema EPS.....	44
FIGURA 29. Parámetros del sistema EPS.....	46

FIGURA 30. Vista frontal del vehículo.....	55
FIGURA 31. Vista de articulación.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Operacionalización de variables dependiente e independiente.	5
TABLA 2. Componentes básicos del sistema de dirección hidráulica.	11
TABLA 3. Especificaciones técnicas de la cremallera.	14
TABLA 4. Pines de conexión ecu de eps.	20
TABLA 5. Parámetros de funcionamiento componentes sistema eps.	23
TABLA 6. Códigos de falla del sistema eps.....	27
TABLA 7. Datos obtenidos vehículo volante posición central.....	41
TABLA 8. Datos obtenidos vehículo volante posición derecha.....	43
TABLA 9. Datos obtenidos vehículo volante posición izquierda.	45

ÍNDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA. 1. Esquema de sistemas asistidos.	10
--	----

RESUMEN

En la facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador se procedió a realizar la siguiente investigación, el estudio y análisis del sistema de dirección del vehículo Toyota PRIUS.

Para poder analizar el tipo de dirección que integra este vehículo, el estudiante debe conocer y estudiar el funcionamiento de los sistemas de dirección del vehículo en general, integrando desde el sistema más básico hasta los modelos actuales. Con esto el estudiante tendrá la capacidad, habilidad y el conocimiento técnico para realizar pruebas en el sistema de dirección de este vehículo.

Se utilizaron herramientas de diagnóstico electrónicos para comprobar y corroborar con el manual de taller, el funcionamiento correcto del sistema de dirección del vehículo que se encuentra en el taller de la universidad, con el cual se registró cada uno de los parámetros del funcionamiento, en el cual se comprobó que el sistema de dirección de este vehículo se encuentra funcionando correctamente.

En esta investigación se encontrara el funcionamiento del sistema, el mantenimiento correspondiente, utilización adecuada de las herramientas de diagnóstico, las precauciones al momento de realizar pruebas en el vehículo y los equipos de protección personal necesaria para evitar algún tipo de accidente.

Se tomaron todas las seguridades necesarias antes de realizar el diagnóstico del vehículo, ya que este tipo de vehículos posee un grupo de baterías de un alto voltaje. Se debe tener cuidado en la manipulación de los componentes que se encuentran en el habitáculo del motor.

ABSTRACT

At the Faculty of Automotive Engineering International University of Ecuador he proceeded to make the following research, study and analysis of the steering system of the vehicle Toyota PRIUS.

To analyze the type of leadership that integrates this vehicle, the student must know and study the operation of vehicle steering systems in general, integrating from the most basic system to current models. With this, the student will have the ability, skill and expertise to perform tests on the steering system of this vehicle.

tools electronic diagnosis were used to verify and corroborate with the workshop manual, proper operation of the steering system of the vehicle is in the workshop of the university, which was recorded each of the operating parameters in the which found that the steering system of the vehicle is operated correctly.

In this research, system operation, the corresponding maintenance, proper use of diagnostic tools, precautions when testing in the vehicle and personal protective equipment necessary to avoid any kind of accident was found.

All necessary assurances were taken before the diagnosis of the vehicle, as this type of vehicle has a group of high voltage batteries. Care must be taken in handling the components found in the engine compartment.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de dirección son fundamentales para la conducción de los automóviles, ya que esta se encarga de convertir un movimiento de giro realizado por el conductor y así poder modificar el ángulo de orientación de las ruedas del vehículo. Esto por medio de un volante el cual se encuentra en el habitáculo.

Este sistema debe garantizar que la conducción del vehículo sea segura y adecuada, debe soportar todo tipo de irregularidades que se encuentre en la vía a conducir, este sistema para tener un buen confort y no perder en ningún momento la dirección debe amortiguar lo que más sea posible el volante, para que este reaccione a la mínima corrección de la dirección.

Los sistemas de dirección han ido evolucionado con el tiempo, ya que desde un inicio su sistema fue de tipo mecánico, pero estos carecen de confort para el manejo ya que al realizar giros con el vehículo estacionado eran extremadamente duros, con la ayuda de otros subcomponentes como instalaciones de fuerza externa, como las utilizadas en las direcciones asistidas mediante sistema hidráulico, eléctrica, y combinaciones mixtas todas estas para mejorar el confort y la seguridad exigida por las entes reguladoras de construcción de vehículos.

El sistema de dirección incorporada en los vehículos PRIUS de Toyota es eléctrica que mediante un motor de corriente continua y sensores ubicados en la columna de dirección.

Recibiendo una señal del volante la ECU envía una señal para que el motor de la dirección tenga el par necesario para el movimiento correspondiente de las ruedas, también es importante que este sistema funciona a su vez con otros sistemas de seguridad de conducción como el de anti patinaje.

CAPÍTULO I

PRELIMINARES

1.1. Problema de la investigación y marco referencial.

1.2. Definición del problema.

En nuestro país se está incursionando el desarrollo de nuevas formas de energía, como los vehículos híbridos los mismos que se encuentran en nuestro medio de transportación desde el año 2009 y no contamos con la suficiente información detallada para estos tipos de modelos de vehículos y mediante este trabajo el cual será accesible podamos brindar una información que nos faciliten el conocimiento sobre este sistema de dirección.

1.3. Ubicación del problema.

Toda la investigación tendrá lugar en las instalaciones del taller automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, Parroquia Pedro Carbo ubicada en las calles Vicente Rocafuerte 520 y Tomás Martínez.

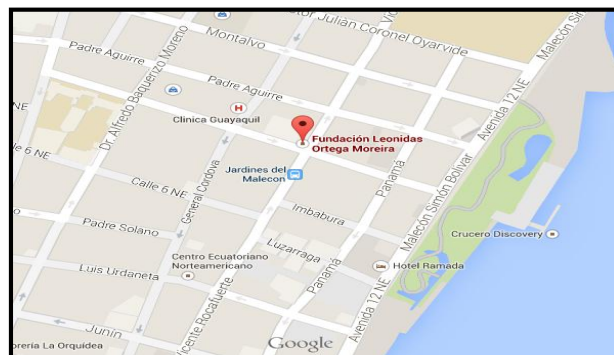


Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Sede Guayaquil.

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/>.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

1.4. Formulación del problema.

¿Es viable el estudio y análisis del sistema de dirección del vehículo híbrido Toyota PRIUS?

1.5. Sistematización del problema.

- ¿Cuál es la información para el conocimiento sobre los sistemas de dirección que asiste al vehículo Toyota PRIUS?
- ¿Cómo es el funcionamiento del sistema de dirección que asiste al vehículo Toyota PRIUS?
- ¿Qué herramientas mecánicas y electrónicas se debe utilizar para comprobar el funcionamiento del sistema de dirección?
- ¿Cómo se desarrolla las pruebas del sistema de dirección del vehículo Toyota PRIUS?

1.6. Objetivos de la investigación.

1.6.1. Objetivo general.

Estudiar y analizar el sistema de dirección del vehículo híbrido Toyota PRIUS.

1.6.2. Objetivos específicos.

- Fundamentar información para el desarrollo del conocimiento sobre el sistema de dirección que asiste al vehículo Toyota PRIUS.
- Comparar datos específicos entre los datos del manual y el vehículo.

- Análisis de los resultados de las pruebas realizadas al sistema de dirección.
- Generar conclusiones que deben ser distribuidos y de fácil acceso para realizar trabajos en el sistema de dirección del Toyota PRIUS.

1.7. Alcance.

El alcance de este proyecto es que el estudiante sepa reconocer las partes del sistema de dirección del Toyota PRIUS, y conocer su funcionamiento correcto mediante pruebas en el vehículo.

1.8. Justificación e importancia de la investigación.

La base teórica del trabajo se fundamenta en el estudio y análisis del sistema de dirección electro asistida de Toyota.

Esta investigación se encuentra realizada con el análisis del manual de taller de Toyota para poder obtener la información necesaria sobre este sistema.

Las metodologías utilizadas en esta investigación son las siguientes: científico, investigativo y de campo.

Con esta investigación el estudiante tendrá el conocimiento del sistema de dirección electro asistido. El mismo que podrá evaluar el funcionamiento correcto, diagnosticar posibles fallas del sistema, interpretar los manuales de taller, utilizar las herramientas de diagnóstico correctamente y tomar las precauciones necesarias antes de realizar algún tipo de trabajo en el vehículo.

1.9. Hipótesis.

El estudio del sistema de dirección electro asistido de Toyota y analizar el funcionamiento real del sistema mediante herramientas mecánicas y electrónicas de diagnóstico.

1.10. Variables de hipótesis.

Variables independientes: Vehículo Toyota PRIUS, sistema de dirección electro asistido.

Variables dependientes: Osciloscopio, Multímetro, Equipo de diagnóstico electrónico.

1.11. Operacionalización de variables.

Tabla1. Operacionalización de variables dependiente e independiente.

Variable	Tipo de Variable	Dimensión	Indicadores
Dirección electro asistido de Toyota	Dependiente	Adquisición del vehículo	100% adquirida
		Funcionamiento	100% comprobado
Dirección electro asistido de Toyota	Independiente	Utilización de herramientas	100% utilizado
		Equipo de diagnóstico Toyota	Utilización de equipo universal

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico.

2.1.2. Sistemas de dirección.

Los sistemas de dirección son fundamental para convertir un movimiento de giro realizado por el conductor y poder modificar el ángulo de orientación de las ruedas, el cual integra una serie de componentes necesarios para el funcionamiento de este sistema.

A lo largo de los años los constructores de automóviles en el mundo han realizado mejoras en los sistemas de dirección para garantizar al conductor seguridad y confort al momento de conducir.

Las condiciones básicas de funcionamiento del sistema deben integrar los siguientes aspectos:

- **Precisión:** El conductor al realizar un mínimo movimiento al volante debe reaccionar igual, el sistema no puede tener juego de holgura.
- **Seguridad:** Debe estar correctamente diseñado y ensamblados para evitar daños que causen algún tipo de accidente, se deben realizar inspecciones y mantenimientos periódicos (Realizar reajuste de suspensión y alineación cada 10000 Km).
- **Estabilidad:** la conducción debe ser segura en cualquier tipo de trayectoria, la precisión de los parámetros de la geometría de la dirección influye en la estabilidad.

- **Reversibilidad:** El sistema automáticamente debe volver a las ruedas a la posición recta al momento que se deje de actuar el mismo.
- **Accionamiento eficaz:** El sistema debe ser suave y ágil para evitar el sobre esfuerzo del conductor y agotamiento.

2.1.3. Componentes básicos del sistema de dirección.

Volante: El volante esta acoplado a la columna de la dirección a través de un estriado, y fijado por una tuerca. Su movimiento giratorio se transmite a la caja de dirección a través de la columna. El diámetro de la columna se diseña con el fin que resulte cómodo de manejar y para minimizar el esfuerzo necesario al orientar las ruedas.¹

En los volantes de dirección también se ubican ciertos elementos de seguridad como (BOLSA DE AIR BAG), Sistema de control de radio, control velocidad crucero (vehículo con transmisión automática).

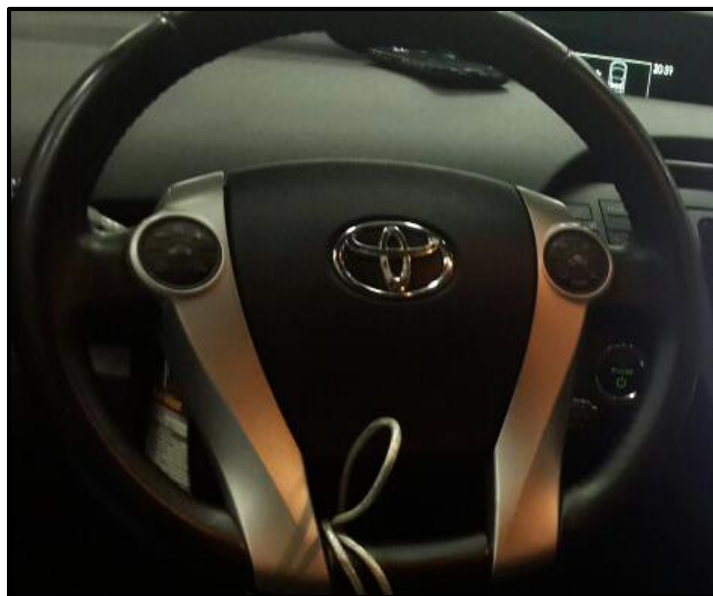


Figura 2. Volante de dirección.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

¹ Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje. Pág.382

Columna de dirección: La columna de dirección es la barra de unión entre el volante y la caja de la dirección. Esta barra normalmente gira dentro de una camisa que su vez está unida al chasis. Presenta una estructura con una configuración de seguridad en caso de colisión frontal del vehículo, si el conductor se desplaza contra el volante se minimicen las lesiones al estar dotada la columna de una zona fusible.²

Como confort algunos vehículos incorporan variación de la altura del volante.



Figura 3. Columna de dirección.

Fuente: Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje. Paraninfo Ediciones 2011.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

Mecanismo de la dirección: Transformar el movimiento giratorio del volante en un movimiento basculante de la biela de mando de la dirección o bien en un movimiento de vaivén de la cremallera. Reducir la aplicación de fuerza necesaria para girar las ruedas mediante la desmultiplicación. Impedir la transmisión al volante de efectos perturbadores procedentes a las ruedas dirigidas.³

² Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje. Pág.382

³ Manual práctico del automóvil reparación, mantenimiento y prácticas. Pág.920.



Figura 4. Mecanismo de dirección.

Fuente: Suspensión y dirección (Circuitos de fluidos). Editex 2011.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

2.1.4. Tipos de mecanismo de dirección.

Los tipos de mecanismos de dirección se clasifican en:

- Dirección de tornillo y elementos deslizantes.
- Dirección por bolas circulantes.
- Dirección por tornillo sin fin.
- Dirección por tornillo sin fin y rodillo.
- Dirección por tornillo sin fin y cremallera.
- Dirección por tornillo sin fin y dedo de rodadura.

2.2. Direcciones asistidas.

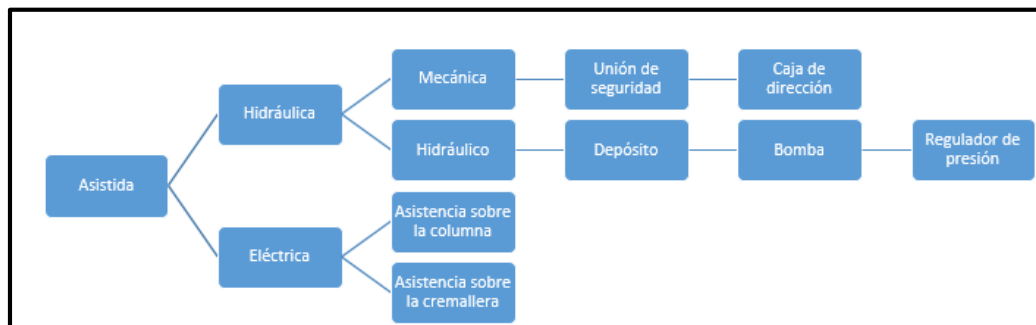
Se basa en la utilización de una fuerza auxiliar que multiplica el esfuerzo que realiza el conductor al girar el volante, con el fin de que sea más confortable la conducción. El tiempo de reacción debe ser breve para que sea eficaz, debe proporcionar un alto grado de asistencia en aparcamientos y un grado menor en altas velocidades.⁴

⁴ Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje. Pág.387.

Si existiera algún problema o falla en el sistema de dirección asistida este debe ser dirigible aunque la fuerza sea mayor a maniobrar.

Existen de dos tipos:

- Hidráulico.
- Eléctrico.



Esquema. 1. Esquema de sistemas asistidos.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

2.2.1. Dirección Hidráulica.

La asistencia es proporcionada por un circuito hidráulico en el que el líquido esta siempre circulando independientemente del ángulo de las ruedas y la importación de la asistencia.⁵

Este circuito está formado por un depósito, una bomba, una válvula distribuidora, un cilindro de asistencia. En funcionamiento, al accionar el volante en un sentido, se transmite el movimiento al piñón, como ocurre en una dirección normal, pero además, el movimiento de rotación de la columna de dirección acciona la válvula distribuidora que proporciona líquido a presión a una cara del pistón y así mismo al otro sentido.

⁵ La dirección asistida (Circuitos de fluidos). Pág. 378.

Tabla 2. Componentes básicos del sistema de dirección hidráulica.

Bomba hidráulica del sistema	
2	Cañería de alimentación a la bomba
3	Reservorio de fluido hidráulico
4	Cañería de retorno del sistema
5	Cremallera
6	Cañería de alimentación cremallera (alta presión)

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

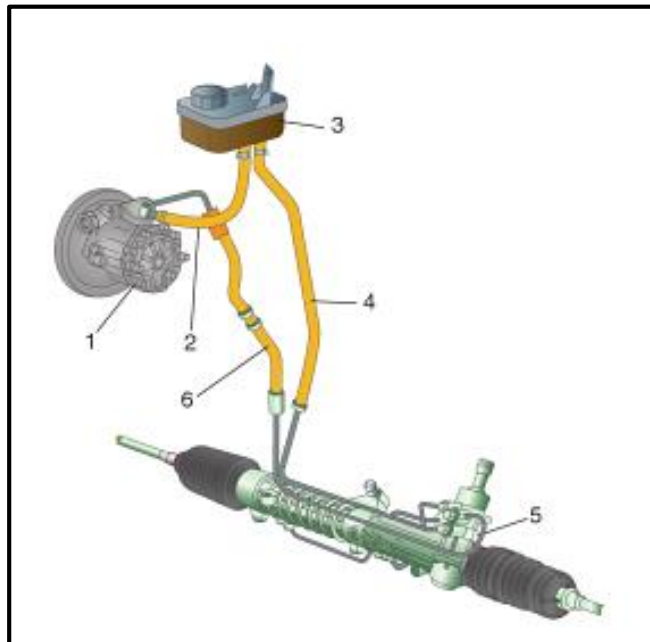


Figura 5. Dirección Hidráulica.

Fuente: La dirección asistida (Circuitos de fluidos). Editex 2011.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

En la tabla número 2, se encuentran los nombres de los componentes que conforman el sistema de dirección hidráulica.

2.2.2. Dirección eléctrica.

En la dirección asistida eléctrica, un sensor registra el movimiento que el conductor hace con el volante y controla un motor eléctrico en la columna de la dirección o la cremallera a través de la electrónica. Este motor crea un par adecuado a las necesidades que apoya el movimiento del volante.⁶

Las principales características de este sistema en comparación al asistido por hidráulica, necesitan un espacio menor en el compartimiento del motor, un consumo menor de energía mecánica, por su electrónica es más eficaz.



Figura 6. Dirección Eléctrica.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Los componentes de este sistema serán mencionados en los siguientes subcapítulos.

⁶ La dirección asistida (Circuitos de fluidos). Pág. 424.

2.3. Vehículo Toyota PRIUS.

El Toyota PRIUS un vehículo híbrido por funcionar en sus dos modos gasolina – eléctrico, este fue el primero en ser producido en masa en el año de 1997 en Japón, en el año 2001 se fue incorporando en otros mercados como Estados Unidos esté en su primera generación.

En el año 2009 se presenta por primera vez en Sudamérica el vehículo creciendo en ventas cada año, en Ecuador su primer lanzamiento fue en las islas galápagos por los 50 años de conservación, la empresa Toyota dono el primer vehículo híbrido ingresado en Ecuador, donde se realizó una campaña de cuanto puede recorrer el vehículo con un galón de combustible (108km aproximadamente).

En el año 2011 ingresa la tercera generación del PRIUS con mejores caracterizas y confort, hasta el año 2014 el Ecuador era el país con más unidades vendidas en Sudamérica.



Figura 7. Toyota Híbrido segunda generación.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

2.3.1. Sistema de dirección del PRIUS.

Este sistema se emplea un engranaje de dirección tipo piñón y cremallera, el mismo que es controlado por una EPS (servodirección electrónica) el tipo de detección de velocidad del vehículo. Incluye mecanismo de absorción de energía en la columna de dirección para una mayor seguridad.

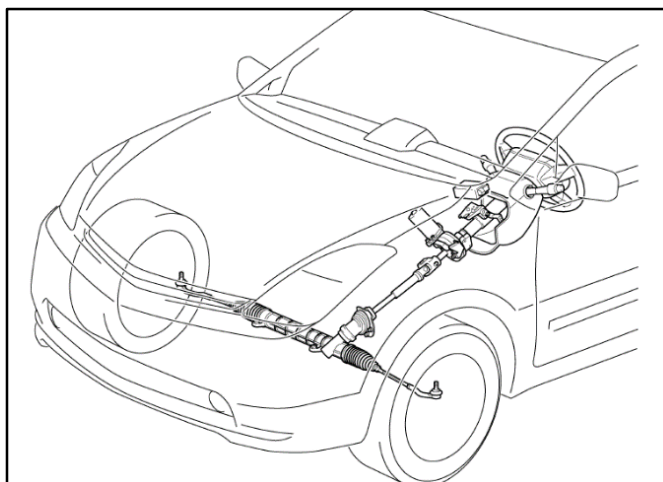


Figura 8. Componentes del sistema de dirección del PRIUS.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

2.3.2. Especificaciones técnicas de la cremallera.

Tabla 3. Especificaciones Técnicas de la cremallera.

Especificación técnica	
Relación de engranajes	19,1
N. ° de vueltas de lado a lado	3,61
Carrera de la cremallera mm	144,4

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

2.4. Funcionamiento del sistema EPS.

Este sistema genera el par empleando un motor de corriente continua y un mecanismo de dirección montado en la columna de dirección para asistir al esfuerzo del conductor.

La ECU de EPS calcula la cantidad de servo asistencia de acuerdo con las señales enviadas por los sensores y las ECU.

La ECU mantiene las comunicaciones con la ECU de control de anti patinajes, ECU de HV y ECU de acceso de enlace a través de la CAN. Adicionalmente, la ECU de EPS mantiene comunicaciones con la ECU de medidores a través de la ECU de acceso de enlace, mediante la BEAN.

La dirección se ofrece mediante el motor de corriente continua y este motor solo consume energía cuando se requiere de la servo asistencia.⁷

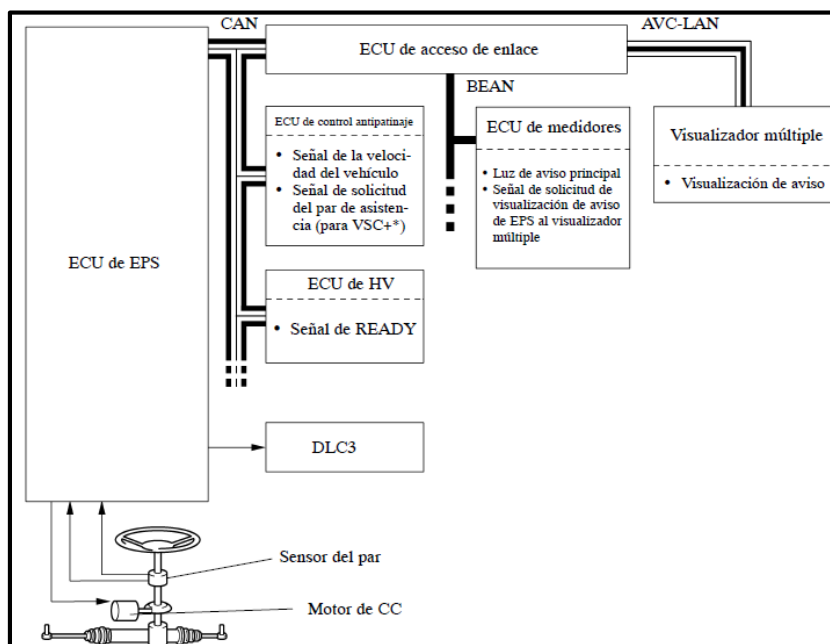


Figura 9. Funcionamiento electrónico del EPS.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

⁷ Repair Information 25 Company

Como se puede observar en la figura 9. El sensor del par envía una señal a la ECU de EPS y está por medio de una red CAN se comunica con los módulos del sistema híbrido del vehículo, con el módulo de anti patinaje con los visualizadores de pantalla que posee el vehículo, para poder controlar y enviar el par necesario al motor de corriente continua de la dirección.

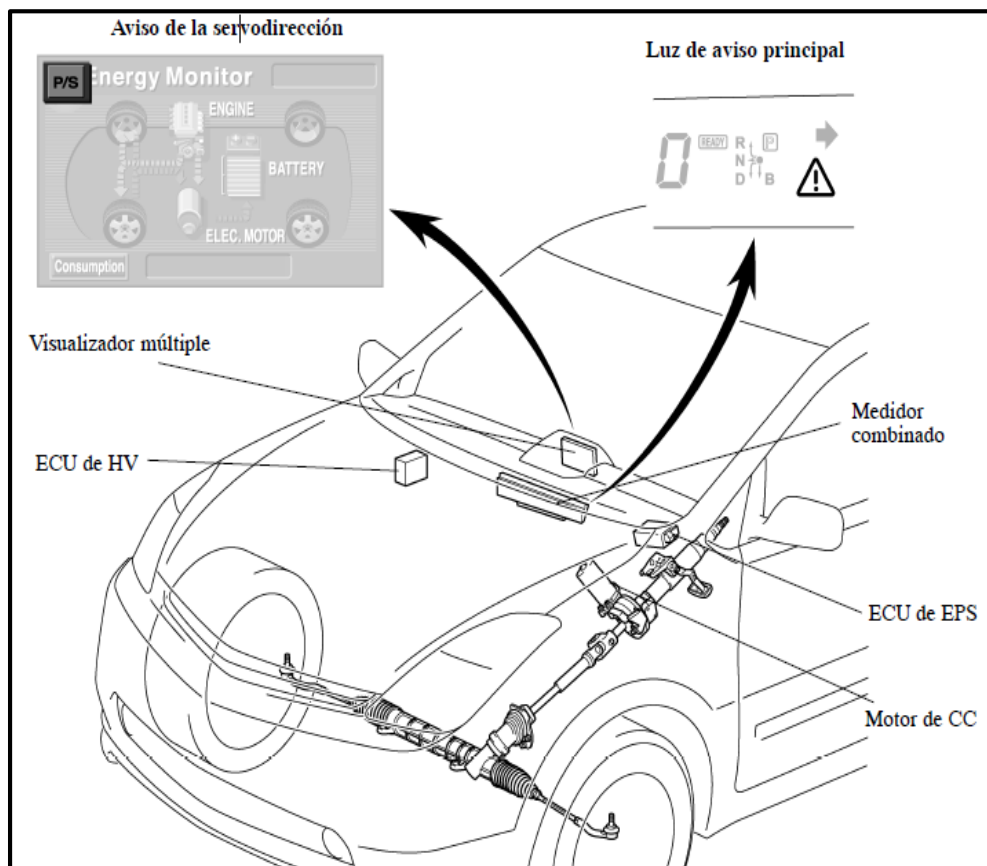


Figura 10. Ubicación de componentes.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Como se observa en la figura 10. La ubicación exacta de cada componente que interviene en la dirección asistida del vehículo, la ECU de EPS se encuentra ubicado junto a la columna de dirección, el motor de corriente continua este también se encuentra dentro del habitáculo.

2.4.1. Función de cada componente del sistema EPS.

Sensor del par: este detecta el retorcimiento de la barra de torsión, convierte la torsión aplicada a la barra de torsión a señal eléctrica y esta emite señal a la ECU de EPS



Figura 11. Sensor del par.

Fuente: Suspensión y dirección (Circuitos de fluidos). Editex 2011.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

Este sensor tiene 2 anillos de detección que se encuentran montado en la entrada del eje y en el eje de salida tiene un anillo adicional. La función de los dos primeros anillos es para corregir la temperatura que se produce dentro de la bobina de corrección y corrige la desviación causada por los cambios de temperatura.

La ECU controla la cantidad de asistencia basado en estas dos señales de los anillos al mismo tiempo detecta el mal funcionamiento de los mismos.

La bobina de detección es de un doble circuito que emite dos señales:

- Señal del sensor par 1 (VT1).
- Señal del sensor par 2 (VT2).

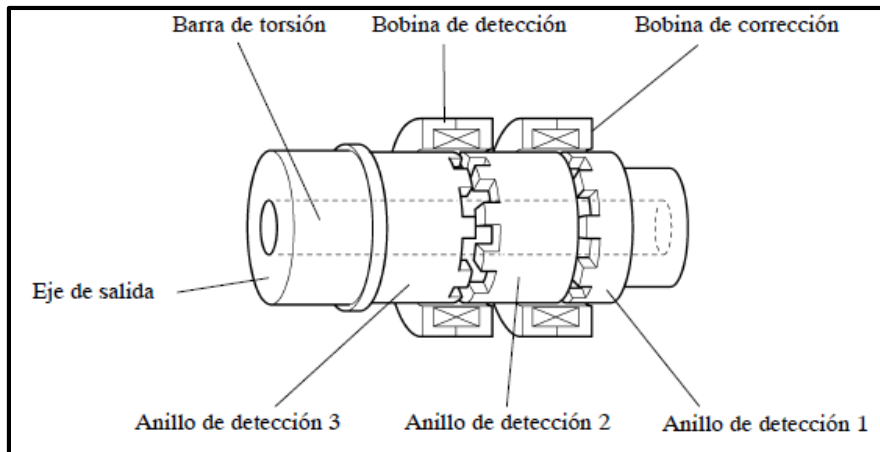


Figura 12. Sensor del par.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Motor de CC: Genera el servo asistencia de acuerdo con la señal recibida desde la ECU de EPS. El motor consiste del rotor, estator, y el eje del motor en el cual el par generado por el motor se transmite a través de la junta al engranaje sinfín.

Este par se transmite a través del engranaje del volante al eje de la columna de dirección.

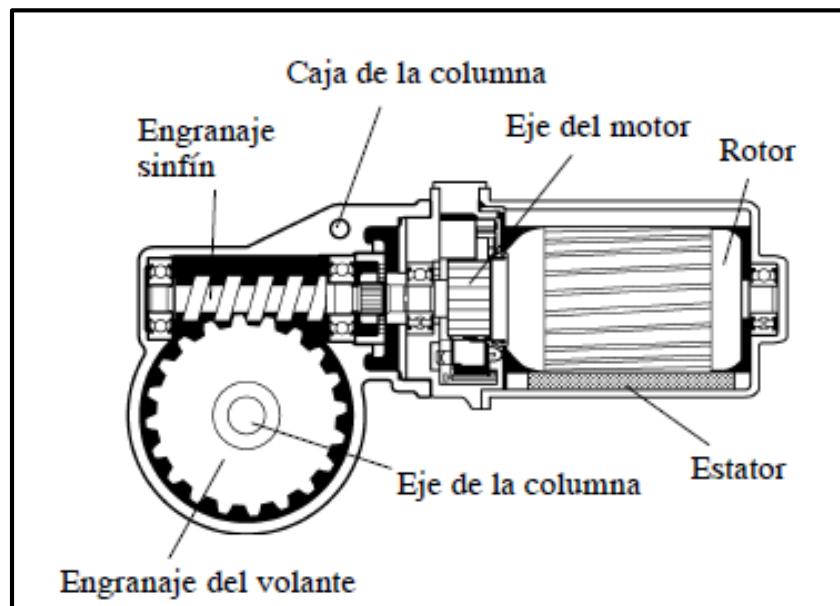


Figura 13. Motor de CC.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Mecanismo de reducción: reduce la velocidad del motor de CC empleando un engranaje sinfín y la transmite al eje de la columna. El engranaje sinfín esta soportado por un cojinete de bola para reducir el ruido y la fricción.

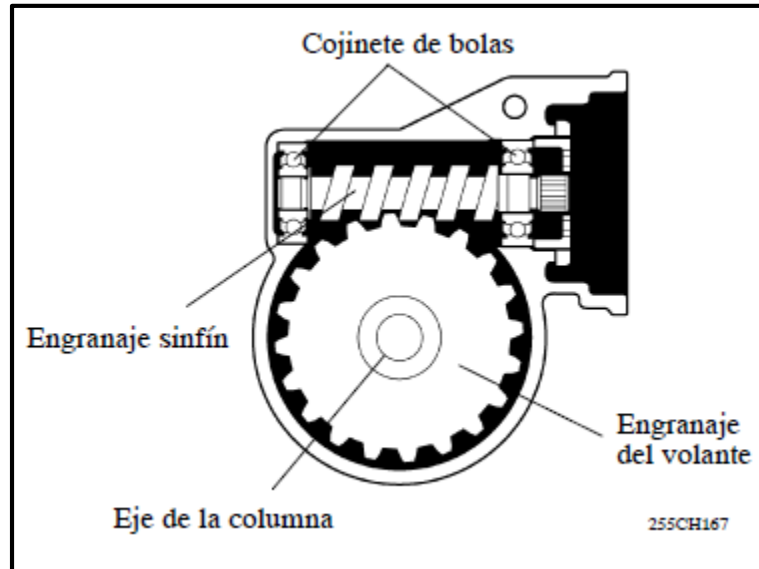


Figura 14. Mecanismo de reducción.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

ECU DE EPS: Hace actuar el motor de CC montado en la columna de la dirección para proporcionar servo asistencia basándose en las señales recibidas desde varios sensores y el sensor de la velocidad del vehículo.



Figura 15. ECU de EPS.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

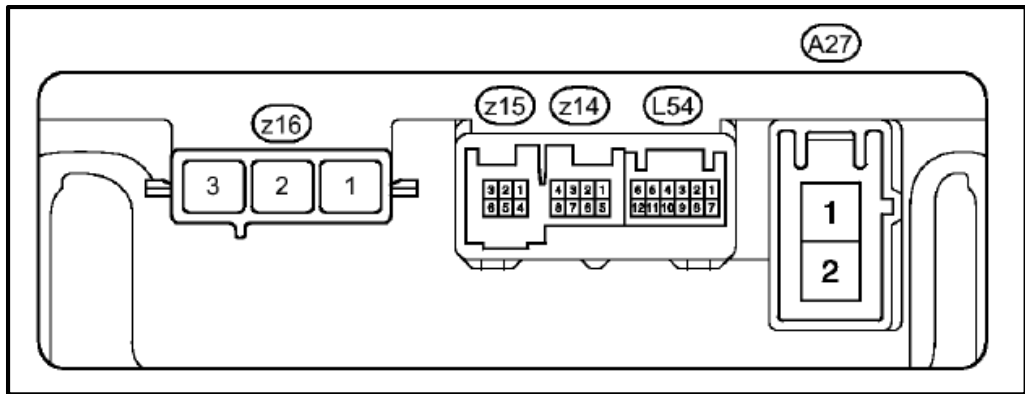


Figura 16. Pines de conexión ECU de EPS.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

En el diagrama de conexiones de pines ECU de EPS tenemos 4 conectores principales enumerados con sockets tipo z16 que únicamente utilizado para la conexión de alimentación del motor de cc, z15 Y z14 sensores de ángulo, L54 utilizado para las líneas de comunicación CAN, A27 es de alimentación y derivación a negativo detallaremos en la siguiente tabla cada pin, color de cableado y valor nominal de trabajo.

En la siguiente tabla encontraremos la descripción de cada pin de conexión:

Tabla 4. Pines de conexión ECU de EPS.

NUMERO DE TERMINAL	DE CABLE	COLOR DE CABLE	DE DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN	CONDICIÓN ESPECIFICA
A27-1 (PIG)	-	W - W - B	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	SIEMPRE	9 A 16 V
A27-2 (PGND)	-	W - B -	ALIMENTACIÓN NEGATIVA	SIEMPRE	1 OHMS
A27-2 (PGND)	-	W - B -	ALIMENTACIÓN NEGATIVA	SIEMPRE	1 OHMS
NEGATIVO CARROCERIA	-	NEGATIVO CARROCERÍA	NEGATIVA	SIEMPRE	1 OHMS

L54-1 (CANH) - L54-7 (CANL)	B - W	LÍNEA COMUNICACIÓN CAN	SWITCH OFF	54 A 69 OHMS
L54-6 (IG) - A27- 2 (PGND)	B - W - B	ALIMENTACIÓN DE IG	SWITCH ON	9 A 16 V
z15-1 (RZV) - A27-2 (PGND)	R - W - B	SENSOR DE ÁNGULO SALIDA SEÑAL	SWITCH ON	0,68 A 4,42 V
z15-3 (RZG) - A27-2 (PGND)	B - W - B	SENSOR DE ÁNGULO CIRCUITO NEGATIVO	SIEMPRE	1 OHMS
z15-5 (RZCS) - A27-2 (PGND)	L - W - B	SENSOR DE ÁNGULO SALIDA SEÑAL COS	SWITCH ON	0,68 A 4,42 V
z15-6 (RZSN) - A27-2 (PGND)	Y - W - B	SENSOR DE ÁNGULO SALIDA SEÑAL SIN	SWITCH ON	0,68 A 4,42 V
z14-5 (TRQ1) - z14-8 (TRQG)	NO ESPECIFICA MANUAL	SENSOR DE TORQUE	SIN VIRAR RUEDA	2,3 A 2,7 V
	NO ESPECIFICA MANUAL		GIRADO LH PARADO	2,5 A 3,8 V
	NO ESPECIFICA MANUAL		GIRADO RH PARADO	1,2 A 2,5 V
z14-6 (TRQV) - z14-8 (TRQG)	NO ESPECIFICA MANUAL	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN SENSOR TORQUE	SWITCH ON	4,5 A 5,5 V

z14-7 (TRQ2) - z14-8 (TRQG)	NO ESPECIFICA MANUAL	SENSOR DE TORQUE	SIN VIRAR RUEDA		2,3 A 2,7 V
	NO ESPECIFICA MANUAL		GIRADO PARADO	LH	2,5 A 3,8 V
	NO ESPECIFICA MANUAL		GIRADO PARADO	RH	1,2 A 2,5 V
z14-8 (TRQG)	NO ESPECIFICA MANUAL	NEGATIVO DE SENSOR DE TORQUE	SIEMPRE		1 OHMS
z16-1 (V)	W	SALIDA DE FASE DE MOTOR V			
z16-2 (U)	B	SALIDA DE FASE DE MOTOR U			
z16-3 (W)	R	SALIDA DE FASE DE MOTOR W			

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Para realizar los diagnósticos correspondiente a los componentes instalados en el sistema de dirección EPS, es necesario conocer una lista de parámetros de funcionamiento de cada uno, el mismo que nos dará mayor facilidad al realizar las comprobaciones.

En la siguiente tabla encontraremos la descripción de cada parámetro de funcionamiento del EPS:

Tabla 5. Parámetros de funcionamiento componentes sistema EPS.

PARÁMETRO	MEDICIÓN/ÍTEM/RANGO	CONDICIÓN	DIAGNOSTICO
		NORMAL	
MEDIDOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO MEDIDO MIN.: 0 KM/H (0 MPH) MAX.: 300 KM/H (186,4 MPH)	0 KM/H (0MPH)	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO
		SIN ESPECIFICAR	VEHÍCULO PRENDIDO Y CONDUCIENDO
CORRIENTE ACTUAL DEL MOTOR	CORRIENTE AL MOTOR MIN.: -327,68 A - MAX.: 327,67 A	VALOR CAMBIAN A PROPORCIÓN DE LA FUERZA DE DIRECCIÓN	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN
VALOR ACTUAL DE COMANDO	DEMANDA DE CORRIENTE AL MOTOR MIN.: -327,68 A - MAX.: 327,67 A	VALOR CAMBIAN A PROPORCIÓN DE LA FUERZA DE DIRECCIÓN	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN
VELOCIDAD DEL ANGULO DIRECCIÓN	VELOCIDAD DEL ÁNGULO DIRECCIÓN MIN.: -32768 DEG/S - MAX.: 32767 DEG/S	VALOR CAMBIAN A PROPORCIÓN DE LA FUERZA DE DIRECCIÓN	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN
TEMPERATURA DEL TERMISTOR	TEMPERATURA CENSADA POR ECU MIN.: -40°C (-40°F) - MAX.: 150°C (302°F)	-40°C (-40°F) - MAX.: 150°C (302°F)	SWITCH ON
ENERGÍA SUPLEMENTARIA PIG	VOLTAJE DE ACTIVACIÓN MOTOR MIN.: 0 V MAX.: 20,1531 V	9 A 16 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN

ENERGÍA SUPLEMENTARIA IG	IG SUPLEMENTARIA MIN.: 0 V - MAX.: 20,1531 V	ENERGÍA 9 A 16 V	SWITCH ON
SEÑAL DEL ÁNGULO DIRECCIÓN	SEÑAL DE SENSOR DE ÁNGULO ESTADO OK O NG (1) O NG (2) O NG (3)	OK: SEÑAL RECIBIDA NG (1): APRENDIZAJE NO COMPLETO NG (2) SENSOR ANORMAL NG (3) ERROR DE COMUNICACIÓN	-
TORQUE DEL VOLANTE DIRECCIÓN	TORQUE DE VOLANTE MIN.: -327,68 NM MAX.: 7 NM	VALORES PROPORCIONALES A LA FUERZA	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN
ÁNGULO DE ROTACIÓN DEL MOTOR	ÁNGULO DE ROTACIÓN DE MOTOR MIN.: 0 DEG - MAX.: 1441,77 DEG	DURANTE LA OPERACIÓN EL ÁNGULO DE ROTACIÓN CAMBIA DESDE 0 A 360°	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN
VALOR ACTUAL DE COMANDO 2	DEMANDA DE CORRIENTE AL MOTOR MIN.: -327,68 A - MAX.: 327,67 A	VALORES PROPORCIONALES A LA FUERZA	VEHÍCULO PRENDIDO Y EN OPERACIÓN
VOLTAJE PIG2	VOLTAJE DE PRESURIZACIÓN DE BOBINA MIN.: 0 V - MAX.: 45,955 V	9 A 16 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO
		VALORES CAMBIANDO DE 4 A 35 V POR RANGO	VEHÍCULO PRENDIDO Y GIRANDO DIRECCIÓN
VOLTAJE DE MOTOR	VOLTAJE DE MOTOR MIN.: 0 V - MAX.: 45,955 V	APROXIMADAMENTE 27 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO
		VALOR CAMBIAN DE 4 A 35 V POR RANGO	VEHÍCULO PRENDIDO Y

			GIRANDO DIRECCIÓN
TERMINAL DE MOTOR (U)	VOLTAJE DE TERMINAL DE MOTOR (FASE U) MIN.: 0 V - MAX.: 46,667 V	VALOR CAMBIAN DE 4 A 35 V POR RANGO	VEHÍCULO PRENDIDO Y GIRANDO DIRECCIÓN
TERMINAL DE MOTOR (V)	VOLTAJE DE TERMINAL DE MOTOR (FASE V) MIN.: 0 V - MAX.: 46,667 V	VALOR CAMBIAN DE 4 A 35 V POR RANGO	VEHÍCULO PRENDIDO Y GIRANDO DIRECCIÓN
TERMINAL DE MOTOR (W)	VOLTAJE DE TERMINAL DE MOTOR (FASE W) MIN.: 0 V - MAX.: 46,667 V	VALOR CAMBIAN DE 4 A 35 V POR RANGO	VEHÍCULO PRENDIDO Y GIRANDO DIRECCIÓN
SENSOR DE TORQUE 1 SALIDA	VOLTAJE DE SENSOR DE TORQUE 1 MIN.: 0 V - MAX.: 5 V	2,3 A 2,7 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO
		2,5 A 3,8 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO GIRADO A LA DERECHA
		1,2 A 2,5 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO GIRADO A LA IZQUIERDA
SENSOR DE TORQUE 2 SALIDA	VOLTAJE DE SENSOR DE TORQUE 2 MIN.: 0 V - MAX.: 5 V	2,3 A 2,7 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO

		1,2 A 2,5 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO GIRADO A LA DERECHA
		2,5 A 3,8 V	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO GIRADO A LA IZQUIERDA
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ1	SENSOR DE TORQUE 1 VOLTAJE MIN.: 0 V - MAX.: 5 V	VALORES VARÍAN EN CONDUCCIÓN	VEHÍCULO O PRENDIDO Y ESTACIONADO
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ2	SENSOR DE TORQUE 1 VOLTAJE MIN.: 0 V - MAX.: 5 V	VALORES VARÍAN EN CONDUCCIÓN	VEHÍCULO PRENDIDO Y ESTACIONADO
TIEMPO DE IG ON/OFF	NÚMERO DE VECES DE ENCENDER VEHÍCULO DESPUÉS DE DTC MIN.: 0 - MAX.: 65535 VECES		DESPUÉS DEL ÚLTIMO DTC
SOBRECALENTAMIENTO DE MOTOR REGISTRADO	PREVENCIÓN CONTINUA DE RECALENTAMIENTO	GRABACIÓN	-
BAJA ENERGÍA DE MOTOR REGISTRADO	ENERGÍA DE SEGURIDAD PIG GRABADO O NO GRABADO	GRABACIÓN	-

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

El sistema de EPS cuenta con una luz de advertencia cuando presenta alguna anomalía esta se enciende en el visualizador múltiple, el mismo que debe ser revisado ya que presentara un DTC correspondiente a la falla.

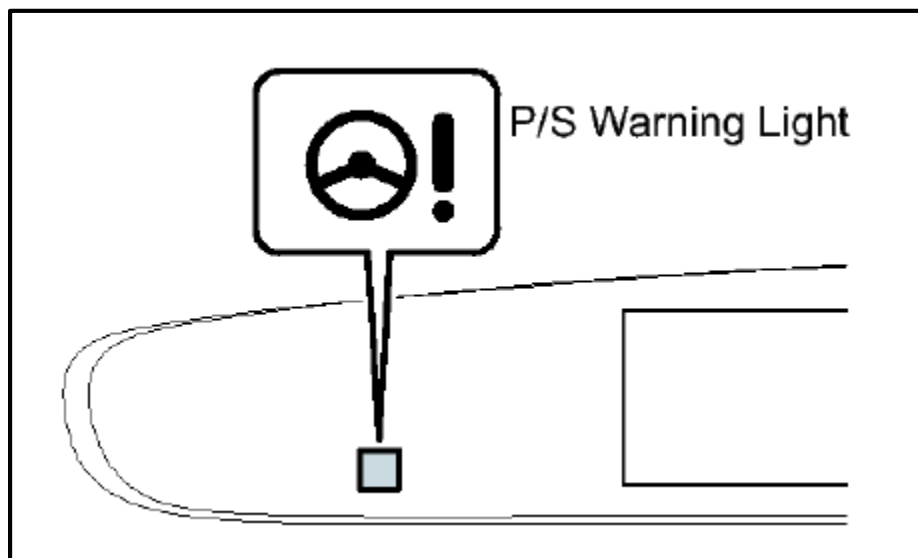


Figura 17. Luz testigo de advertencia.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Si se presentara algún código de falla del sistema de dirección EPS automáticamente se detendrá la asistencia o disminuirá simultáneamente, los códigos más comunes de este sistema son los siguientes, que se encontraran en la tabla 6. Donde se detallara cada código, condición y modo de fallo del sistema.

Tabla 6. Códigos de falla del sistema EPS.

CODIGO	CONDICIÓN DETECTADA	MODO DE FALLO
C1511	MAL FUNCIONAMIENTO	DETENCIÓN DE LA ASISTENCIA
C1512	SENSOR DE TORQUE	
C1513		
C1514		
C1515		
C1516		

C1517		
C1521	MAL FUNCIONAMIENTO	
C1522	CIRCUITO DE MOTOR	
C1523		
C1524		
C1525	MAL FUNCIONAMIENTO	
C1526	SENSOR DE ÁNGULO MOTOR	
C1528		
C1531	MAL FUNCIONAMIENTO ECU	
C1532	EPS	RESTRICCIÓN DE LA ASISTENCIA
C1533		
C1534		
C1541	MAL FUNCIONAMIENTO SENSOR DE VELOCIDAD	A MAYOR DE 100 KM/H (62 MPH) DETENCIÓN DE LA ASISTENCIA
C1551	ERROR DE ALIMENTACIÓN IG	DETENCIÓN DE LA ASISTENCIA
C1552	ERROR DE ALIMENTACIÓN PIG	
C1554	MAL FUNCIONAMIENTO RELAY DE ALIMENTACIÓN	
C1555	MAL FUNCIONAMIENTO RELAY DE MOTOR	
C1581	NO ESCRITURA EN ECU EPS	CONTROLADO USANDO ERROR DE MAMA
C1582	PERDIDA DE INFORMACIÓN ESCRITA EN ECU EPS	CONTROLADO USANDO FALLA DE MAPA
U0129	ERROR DE COMUNICACIÓN ECU	A MAYOR DE 100 KM/H (62 MPH) DETENCIÓN DE LA ASISTENCIA
U0293	ERROR DE COMUNICACIÓN ECU HV	DETENCIÓN DE LA ASISTENCIA

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

ECU de HV: Transmite una señal de READY a la ECU de EPS para informa al sistema que está preparado para generar electricidad.

ECU de control anti patinaje: Emite las señales del sensor de velocidad a la ECU de EPS, cuando el VSC está operando, la ECU de control de anti patinaje transmite una señal de par adicional (calcula de acuerdo con las señales procedentes de los sensores con el propósito de efectuar el control cooperativo) a la ECU de EPS.

ECU de medidores: Al recibir una señal de la ECU de EPS en caso de mal funcionamiento del sistema, la ECU de medidores hace que se encienda la luz de aviso principal y transmite simultáneamente una señal de solicitud de visualización de aviso de la servodirección al visualizador de información múltiple.

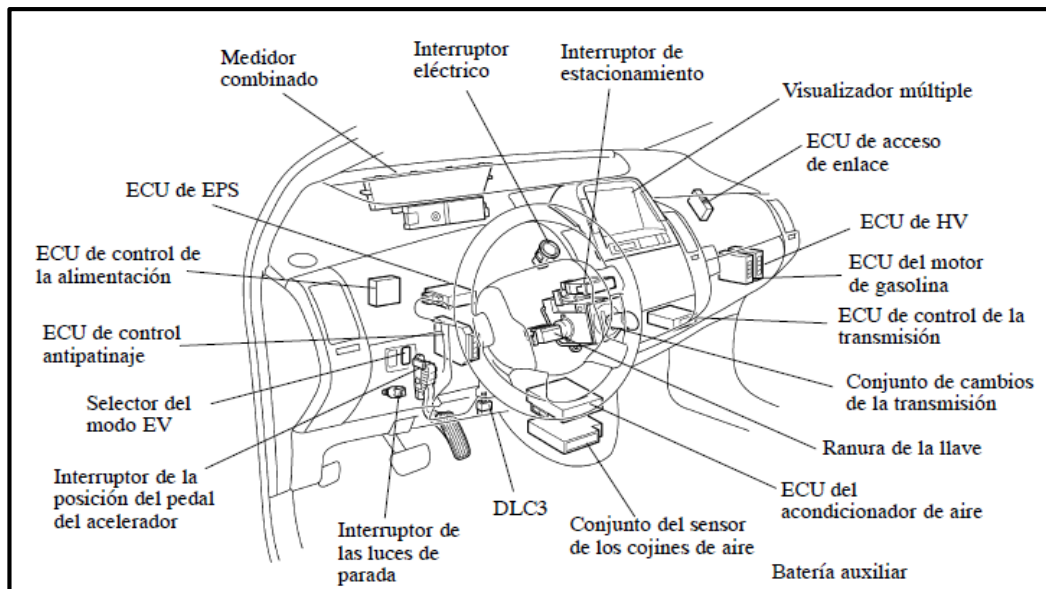


Figura 18. Figura de ubicación de unidades de control electrónico del Toyota PRIUS.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

Visualizador múltiple: visualiza la advertencia de la servo dirección en caso de mal funcionamiento del sistema.



Figura 19. Visualizador múltiple.
Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

2.5. Controles cooperativo con el sistema EPS.

Control cooperativo del VSC+ con el sistema de dirección asistida EPS, sirve para facilitar la operación de la dirección por parte del conductor dependiendo de las situaciones del vehículo y la coordinación del control cooperativo con EPS, además del control de VSC⁸.

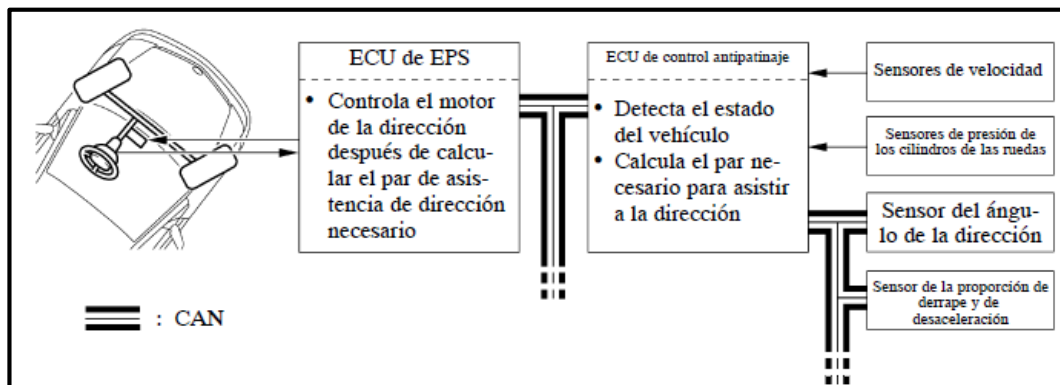


Figura 20. Funcionamiento electrónico cooperativo.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

⁸ Repair Information 25 Company

2.5.1. Operación en caso de tendencia a patinaje de las ruedas.

- Cuando las ruedas traseras pierden el agarre a la calzada, este controla la fuerza del frenado y la fuerza del motor al mismo tiempo como también el control del par de la dirección para mejorar la maniobrabilidad.
- En caso de patinaje de las ruedas delanteras el sistema controla automáticamente el par ejercido en el volante para evitar un sobre giro del conductor y causar la pérdida de control del vehículo.

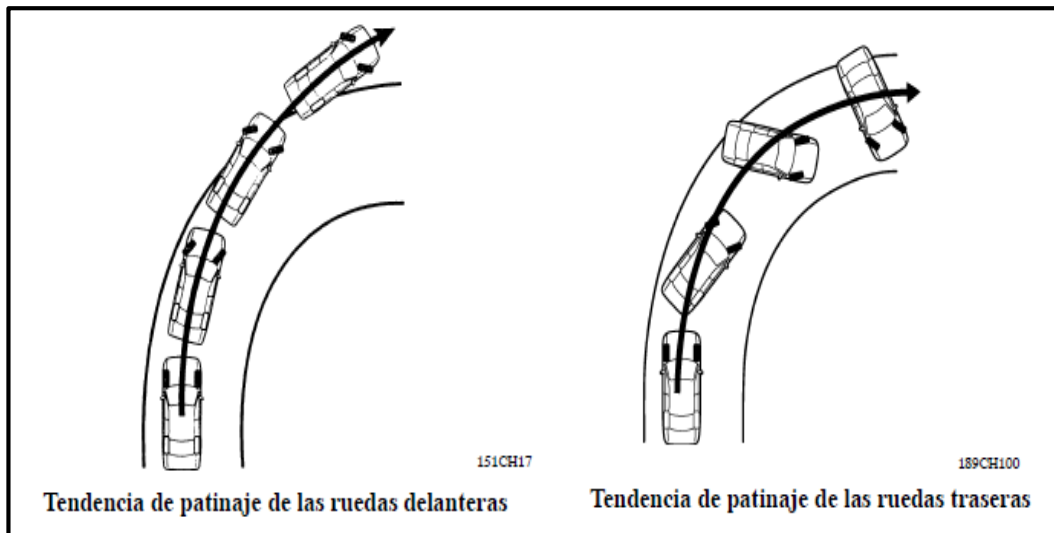


Figura 21. Tendencia de patinaje del vehículo.

Fuente: Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company.

Editado por: Byron Javier Sáenz Merchán.

CAPÍTULO III

ELEMENTOS TÉCNICOS DE PRUEBA

3.1. Análisis del sistema.

3.1.2. Equipo de diagnóstico utilizado.

Para realizar las pruebas correspondientes en el vehículo se utilizó un interfaz para poder comunicarnos por medio del conector OBD2 a los módulos incorporados en este vehículo.

La utilización del programa original de Toyota (TECHSCREAM), nos facilitó para obtener los datos correspondientes del funcionamiento y estado del sistema electrónico del vehículo que incorpora varios módulos, dentro de los módulos revisados es el del EPS en los siguientes gráficos podremos observar los datos obtenido en el vehículo.

Los pasos o procedimientos para poder realizar la comunicación entre el interfaz y el vehículo fueron los siguientes:

- Se conectó el OBD 2 al vehículo luego se procedió a enlazar.
- Se procedió a colocar los datos del vehículo tales como marca, modelo, año.
- Luego de esto se realizó la conexión en la cual se hizo un análisis general de todos los ecus y verificar que todas estén funcionando de forma normal.

- Luego de revisar que todos los sistemas funcionaran nos dirigimos al sistema a estudiar.
- Ingresamos al nuestro sistema EMPS quien es la encargada del funcionamiento de la dirección.
- Verificamos el funcionamiento de todos los sensores necesarios para el buen funcionamiento del sistema de dirección.
- Procedimos a realizar el análisis de cada uno de los parámetros en los cuales podemos notar que con cada movimiento realizado al volante todos los parámetros cambian de manera diferente, tanto en voltaje como en sensor de ángulo de giro, sensor de torque.
- Luego de esto se realizó una inspección visual en la parte inferior donde queda ubicada la cremallera de dirección en donde pudimos verificar el estado de la misma para esto se tuvo que alzar el vehículo para realizar inspección superficial en la cual se evidencio que el estado de los cauchos protectores de la cremallera se encontraba deterioradas y según nuestro manual al kilometraje con el que cuenta nuestro vehículo es necesario reemplazarlo.
- De la misma manera se revisó el estado de los terminales y articulaciones en la cual aún están en el rango en el que ya necesitan ser reemplazos.
- Cabe mencionar que se realizó una prueba y se reseteo el sensor de ángulo, también de esta forma no se realizó el proceso completo y nos dio un código de falla c1525 el cual denota que el sensor de ángulo no estaba funcionando correctamente, por ende se tuvo que volver hacer el proceso de configuración.

- Se pudo notar que cuando no fue configurado el sensor de ángulo se encendió el testigo de la falla en el panel adicional la dirección cambio rotundamente y se puso fuerte, no siendo maniobrable.
- El cual consistía en realizar movimientos al volante lo cual lo va detallando paso a paso mediante el techstream.
- Luego de haber configurado el sensor de ángulo se borró el código de falla.

En la figura 22. Se encontrara la pantalla de inicio donde se encuentra toda la información del vehículo a ser diagnosticado con el equipo Techscream.

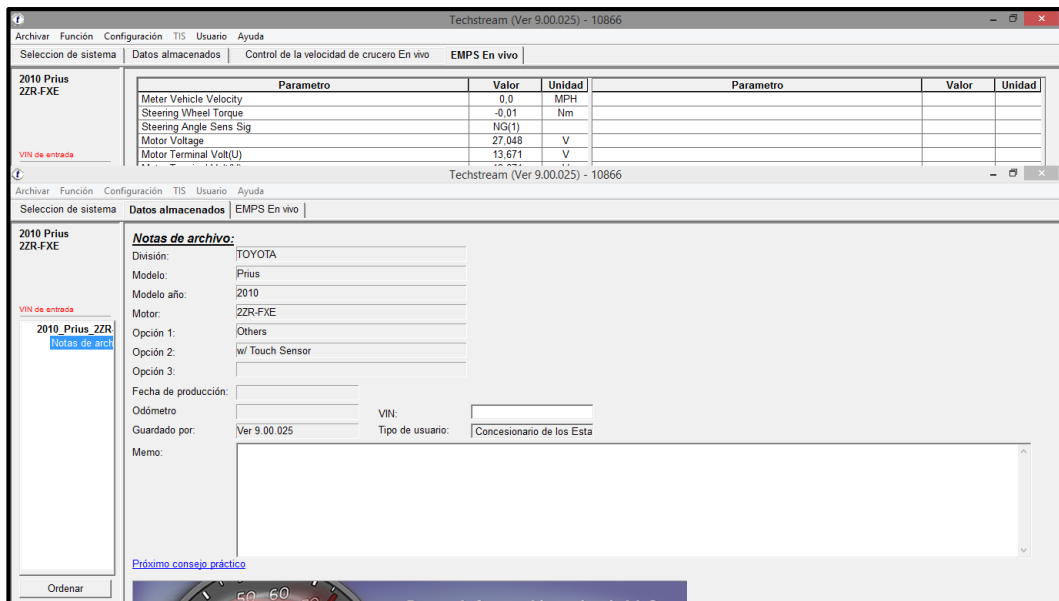


Figura 22. Pantalla de información del vehículo.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

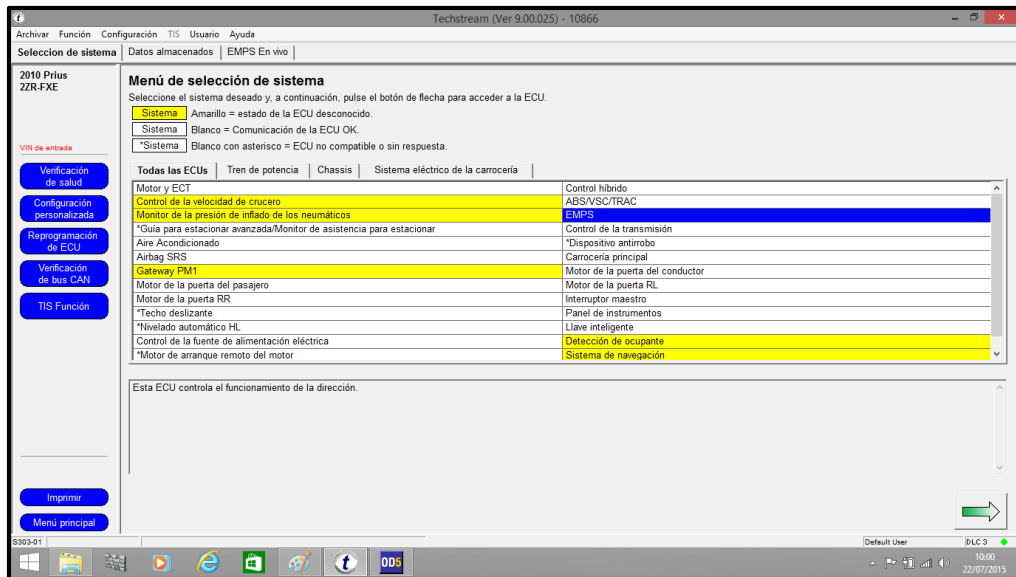


Figura 23. Pantalla de Inicio al programa.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

En la figura 23. Debemos seleccionar el modulo correspondiente a diagnosticar para obtener los principales parámetros de funcionamiento, en el cual nos indicara los valores correspondientes actuales de cada sensor o actuador funcionado.

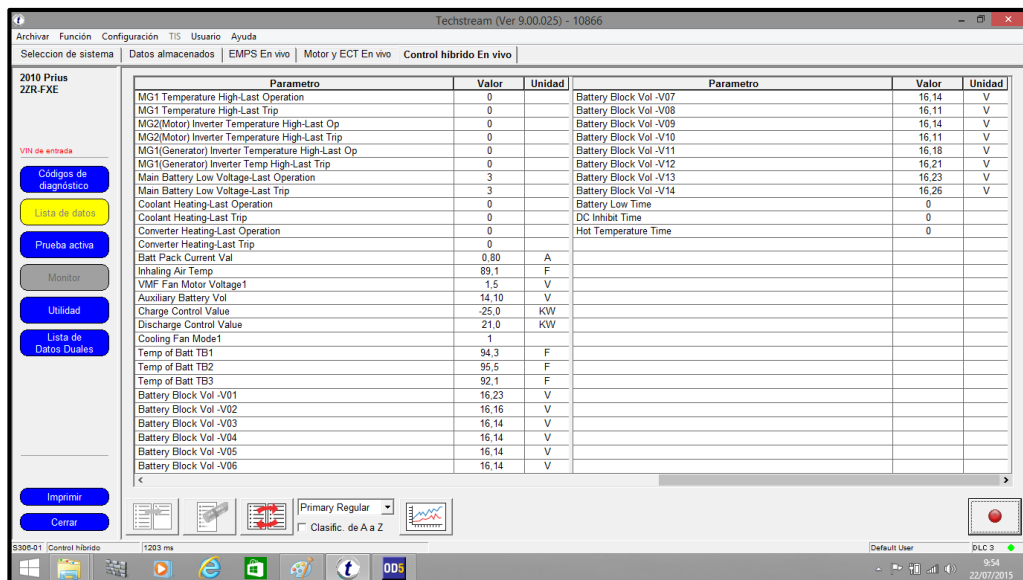


Figura 24. Parámetros generales del vehículo.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

El primer módulo seleccionado fue del sistema HV, para comprobar el funcionamiento correcto de cada componente como motor eléctrico, conjunto de baterías y sistema de refrigeración de las baterías. El mismo no presentaba ninguna falla por el cual se procedió a realizar las pruebas en el tema específico.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Meter Vehicle Velocity	0.0	MPH	The Number of DTCs	0	
Motor Actual Current	-10.13	A			
Command Value Current	-7.28	A			
Steering Angle Velocity	63	deg/s			
Thermistor Temperature	116.1	F			
PIG Power Supply	14.3810	V			
IG Power Supply	14.3219	V			
Steering Angle Sens Sig	NG(1)				
Steering Wheel Torque	1.19	Nm			
Motor Rotation Angle	233.332	deg			
Command Val Current 2	0.01	A			
PIG2 Voltage	14.357	V			
Motor Voltage	27.097	V			
Motor Terminal Volt(U)	17.248	V			
Motor Terminal Volt(V)	16.023	V			
Motor Terminal Volt(W)	14.308	V			
Torque Sensor 1 Output	2.1450	V			
Torque Sensor 2 Output	2.8470	V			
TRQ1 Zero Point Value	2.4570	V			
TRQ2 Zero Point Value	2.5155	V			
IG ON/OFF Times	0	times			
Motor Overheat Record	Unrec				
Motor Lo Power Record	Unrec				
Eng Rev Inter Record	Unrec				
Str Angle Inter Record	Rec				
Spd Sig Invalid Record	Unrec				
Battery Voltage Lo Record	0	times			
Ready Status	Ready				

Figura 25. Parámetros generales del EPS.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

En la figura 25. Se encuentran los principales parámetros de funcionamiento de los componentes que componen el sistema de EPS como ángulo de la dirección, voltaje de motor de cc, torque ejercido en el volante.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Meter Vehicle Velocity	0.0	MPH			
Steering Wheel Torque	-0.01	Nm			
Steering Angle Sens Sig	NG(1)				
Motor Voltage	27.048	V			
Motor Terminal Volt(U)	13.671	V			
Motor Terminal Volt(V)	13.671	V			
Motor Terminal Volt(W)	13.622	V			
Torque Sensor 1 Output	2.4570	V			
Torque Sensor 2 Output	2.5155	V			
Str Angle Inter Record	Rec				
Spd Sig Invalid Record	Unrec				
Battery Voltage Lo Record	0	times			

Figura 26. Parámetros del sistema EPS.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

En la figura 26. Se estableció los parámetros más importantes para poder realizar un análisis del funcionamiento correcto del sistema de dirección.

3.2. Factores de seguridad.

Es importante siempre antes de realizar cualquier tipo de trabajo en cualquier vehículo, leer los manuales de taller para poder tener un conocimiento de las seguridades básicas necesarias para empezar a realizar algún diagnostico o reparación, además de utilizar los elementos de protección personal en cada trabajo para evitar algún incidente.

3.2.1. Precauciones.

Las siguientes precauciones son las mínimas necesarias a tener en cuenta antes de realizar cualquier diagnostico o reparación del sistema de dirección del Toyota PRIUS según las precauciones prescritas en el manual de taller.

3.2.2. Precauciones con el SRS AIRBAG.

- El vehículo está equipado con un sistema de seguridad suplementario (SRS). El no llevar a cabo el servicio con las operaciones en la secuencia correcta podrían causar que los SRS se podrán desplegar de forma inesperada durante el mantenimiento esto puede causar un accidente grave.
- Antes de dar un servicio (incluida la inspección, sustitución, extracción e instalación de componentes), asegúrese de leer los avisos de precaución.

3.2.3. Precauciones para el sistema electrónico.

- Asegúrese de alinear las ruedas delanteras de forma recta al retirar o instalar el conjunto de la dirección asistida.
- Al desconectar la dirección del montaje del eje intermedio, asegúrese de colocar marcas de referencia antes de comenzar la operación.
- Después de reemplazar el conjunto de la columna de dirección, de dirección asistida o el módulo ECU EPS, desactive el ángulo de rotación valor de calibración del sensor, inicializar el sensor de ángulo de rotación, y calibrar el sensor de par cero punto.

3.2.4. Precauciones trabajando en el vehículo.

Al manipular los componentes electrónicos:

- Evitar cualquier impacto de los componentes electrónicos tales como módulos y relés. Sustituirlos por otros nuevos si se cae o se somete a un severo golpe.
- No exponga los elementos electrónicos a altas temperaturas o humedad.

- No toque los terminales del conector con el fin de evitar la deformación o mal funcionamiento debido a electricidad estática.

Al manipular los ecus dirección asistida:

- Cuando la ECU de dirección asistida ha sido reemplazado por uno nuevo, realice la reprogramación, la inicialización del valor del sensor de ángulo de rotación y del sensor par a punto cero de calibración.

Al manipular el conjunto de la columna de dirección:

- Evitar cualquier impacto en el conjunto de la columna de dirección, especialmente en el sensor de par y el motor de CC. Sustituirlos por otros nuevos si se cae o se somete a un severo golpe.
- No tire el mazo de cables al mover el conjunto de la columna de dirección.
- Cuando el conjunto de columna de dirección ha sido reemplazado, realice la reprogramación del sensor de ángulo de giro con el valor y la calibración a punto cero después de inicializar el funcionamiento.

Al desconectar y volver a conectar los conectores:

- Antes de desconectar los conectores relacionados con el sistema de dirección asistida, desconecte la alimentación de encendido (IG), centre el volante, gire el interruptor de alimentación y desconecte los conectores.
- Antes de volver a conectar los conectores relacionados con el sistema de dirección asistida, asegúrese de que el interruptor de encendido está apagado. Entonces centre el volante y gire el interruptor de encendido (IG).

- Si las operaciones anteriores no se realizan correctamente, el punto central de dirección (punto cero) podrá estar desviado, lo que puede conducir a una diferencia en el esfuerzo de la dirección entre el giro a la derecha y a la izquierda. Si hay una diferencia en el esfuerzo de la dirección entre giro de la derecha y a la izquierda, lleve a cabo la reprogramación del valor del sensor y la calibración del sensor de par a cero después de la inicialización el sensor de par en punto cero.

3.2.5. Precauciones para la comunicación CAN.

- Por medio de las líneas de comunicación que se utilizan para recibir información de la ECU de control de tracción y el ECU de control de gestión de energía, y para transmitir advertencias al medidor combinado. Cuando hay algún problema en las líneas de comunicaciones CAN, los DTC de la comunicación CAN se emiten.
- Realizar la solución de problemas de la línea de comunicación cuando se emite el DTC. Asegúrese de iniciar la solución de problemas en el sistema de dirección asistida después de confirmar que el sistema de comunicación CAN es normal.
- Con el fin de permitir la comunicación CAN, un tipo específico de cableado se utiliza para la línea CAN, el cableado utilizado por cada línea de comunicación es un par trenzado de cables que debe tener una longitud igual. Un cable de derivación no debe ser utilizado, porque los datos que se transmiten serán corrompido.

3.3. Análisis de resultados.

Los siguientes análisis se realizan mediante la comparación de los datos obtenidos mediante el equipo de diagnóstico de Toyota y con el manual de taller del vehículo PRIUS.

Se analizara los parámetros principales para el correcto funcionamiento, las pruebas se la realiza solamente con el vehículo estacionado comprobando las tres pociones básicas, posición central, giro izquierda, giro derecha.

Los datos pueden variar cuando el vehículo este en movimiento ya que toma señales de otros sensores para proporcionar el par adecuado para el movimiento de la dirección.

En las siguientes tablas se encontrara los datos obtenidos del vehículo mediante el equipo de diagnóstico en las tres posiciones principales con el volante centrado, volante con giro a la derecha y volante con giro a la izquierda en el mismo que se encontrara con el parámetro del manual de taller para poder realizar la comparación correspondiente.

Tabla con posición de volante central y comparación de parámetros de funcionamiento del EPS:

Tabla 7. Datos obtenidos vehículo volante posición central.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR VH	VALOR MT
MEDIDOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	MPH	0	0
CORRIENTE ACTUAL DEL MOTOR	A	0,03	-327,468 A 327,67
VALOR ACTUAL DE COMANDO	A	0	-327,468 A 327,67
VELOCIDAD DEL ANGULO DIRECCIÓN	DEG/S	0	-32768 A 32767
TEMPERATURA DEL TERMISTOR	F	102,9	-40°F A 302°F
ENERGÍA SUPLEMENTARIA PIG	V	14,4007	0 A 20,1531
ENERGÍA SUPLEMENTARIA IG	V	14,3219	0 A 20,1531
SEÑAL DEL ÁNGULO DIRECCIÓN		NG(1)	NG(1)

TORQUE DEL VOLANTE DIRECCIÓN	NM	-0,05	-327,68 A 7
ÁNGULO DE ROTACIÓN DEL MOTOR	DEG	32,670	0 A 1441,77
VALOR ACTUAL DE COMANDO 2	A	0,01	-327,68 A 327,67
VOLTAJE PIG2	V	14,308	9 A 16
VOLTAJE DE MOTOR	V	27,048	27
TERMINAL DE MOTOR (U)	V	13,671	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (V)	V	13,671	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (W)	V	13,622	4 A 35
SENSOR DE TORQUE 1 SALIDA	V	2,4570	2,3 A 2,7
SENSOR DE TORQUE 2 SALIDA	V	2,5155	2,3 A 2,7
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ1	V	2,457	0 A 5
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ2	V	2,5155	0 A 5
TIEMPO DE IG ON/OFF	TIEMPO	0	0
SOBRECALENTAMIENTO DE MOTOR REGISTRADO		NO	NO
BAJA ENERGÍA DE MOTOR REGISTRADO		NO	NO
VALOR VH (DATO DEL VEHÍCULO)			
VALOR MT (DATO MANUAL DE TALLER)			

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Meter Vehicle Velocity	0.0	MPH	The Number of DTCs	0	
Motor Actual Current	0.03	A			
Command Value Current	0.00	A			
Steering Angle Velocity	0	deg/s			
Thermistor Temperature	102.9	F			
PIG Power Supply	14.4007	V			
IG Power Supply	14.3219	V			
Steering Angle Sens Sig	NG(1)				
Steering Wheel Torque	-0.05	Nm			
Motor Rotation Angle	32.670	deg			
Command Val Current 2	0.01	A			
PIG2 Voltage	14.308	V			
Motor Voltage	27.048	V			
Motor Terminal Volt(U)	13.671	V			
Motor Terminal Volt(V)	13.671	V			
Motor Terminal Volt(W)	13.622	V			
Torque Sensor 1 Output	2.4570	V			
Torque Sensor 2 Output	2.5155	V			
TRQ1 Zero Point Value	2.4570	V			
TRQ2 Zero Point Value	2.5155	V			
IG ON/OFF Times	0	times			
Motor Overheat Record	Unrec				
Motor Lo Power Record	Unrec				
Eng Rev Inter Record	Unrec				
Str Angle Inter Record	Rec				
Spd Sig Invalid Record	Rec				
Battery Voltage Lo Record	0	times			
Ready Status	Ready				

Figura 27. Parámetros del sistema EPS.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

El vehículo presenta una falla como se puede observar en los datos obtenidos ya que se encuentra activo NG (1) correspondiente a una mala o incompleta programación, referente al sensor de ángulo, lo que pueda ocasionar una incorrecta posición de los puntos de referencia del sensor y provoque algún tipo de código de error.

Tabla con posición de volante giro a la derecha y comparación de parámetros de funcionamiento del EPS:

Tabla 8. Datos obtenidos vehículo volante posición derecha.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR VH	VALOR MT
MEDIDOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	MPH	0	0
CORRIENTE ACTUAL DEL MOTOR	A	-31,40	-327,468 A 327,67
VALOR ACTUAL DE COMANDO	A	-30,86	-327,468 A 327,67
VELOCIDAD DEL ANGULO DIRECCIÓN	DEG/S	-76	-32768 A 32767
TEMPERATURA DEL TERMISTOR	F	102,2	-40°F A 302°F
ENERGÍA SUPLEMENTARIA PIG	V	14,2431	0 A 20,1531
ENERGÍA SUPLEMENTARIA IG	V	14,2628	0 A 20,1531
SEÑAL DEL ÁNGULO DIRECCIÓN		NG(1)	NG(1)
TORQUE DEL VOLANTE DIRECCIÓN	NM	-2,88	-327,68 A 7
ÁNGULO DE ROTACIÓN DEL MOTOR	DEG	316,580	0 A 1441,77
VALOR ACTUAL DE COMANDO 2	A	0,01	-327,68 A 327,67
VOLTAJE PIG2	V	14,455	4 A 35
VOLTAJE DE MOTOR	V	27,097	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (U)	V	14,651	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (V)	V	13,671	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (W)	V	12,838	4 A 35
SENSOR DE TORQUE 1 SALIDA	V	2,7885	2,5 A 3,8
SENSOR DE TORQUE 2 SALIDA	V	2,4570	1,2 A 2,5

VALOR DE PUNTO ZERO TRQ1	V	2,5155	0 A 5
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ2	V	2,5155	0 A 5
TIEMPO DE IG ON/OFF	TIEMPO	0	0
SOBRECALENTAMIENTO DE MOTOR REGISTRADO		NO	NO
BAJA ENERGÍA DE MOTOR REGISTRADO		NO	NO
VALOR VH (DATO DEL VEHÍCULO)			
VALOR MT (DATO MANUAL DE TALLER)			

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Motor Vehicle Velocity	0.0	MPH	The Number of DTCs	0	
Motor Actual Current	-31.40	A			
Command Value Current	-30.86	A			
Steering Angle Velocity	-76	deg/s			
Thermistor Temperature	102.2	F			
PIG Power Supply	14.2431	V			
IG Power Supply	14.2628	V			
Steering Angle Sens Sig	NG(1)				
Steering Wheel Torque	-2.88	Nm			
Motor Rotation Angle	316.580	deg			
Command Val Current 2	0.01	A			
PIG2 Voltage	14.455	V			
Motor Voltage	27.097	V			
Motor Terminal Volt(U)	14.651	V			
Motor Terminal Volt(V)	13.671	V			
Motor Terminal Volt(W)	12.838	V			
Torque Sensor 1 Output	2.7885	V			
Torque Sensor 2 Output	2.1840	V			
TRQ1 Zero Point Value	2.4570	V			
TRQ2 Zero Point Value	2.5155	V			
IG ON/OFF Times	0	times			
Motor Overheat Record	Unrec				
Motor Lo Power Record	Unrec				
Eng Rev Inter Record	Unrec				
Str Angle Inter Record	Rec				
Spd Sig Invalid Record	Rec				
Battery Voltage Lo Record	0	times			
Ready Status	Ready				

Figura 28. Parámetros del sistema EPS.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

Al momento de realizar un giro al volante este cambia su velocidad de giro que en el sistema da el parámetro en grados/segundo, en el caso de girar hacia la derecha nos da un valor negativo, los parámetros están dados que al girar a la derecha nos dará grado negativo, volante centrado un valor cero, y giro a la izquierda cambiara su valor a un número positivo.

Tabla con posición de volante giro a la izquierda y comparación de parámetros de funcionamiento del EPS:

Tabla 9. Datos obtenidos vehículo volante posición izquierda.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR VH	VALOR MT
MEDIDOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	MPH	0	0
CORRIENTE ACTUAL DEL MOTOR	A	2,27	-327,46 A 327,67
VALOR ACTUAL DE COMANDO	A	2,11	-327,46 A 327,67
VELOCIDAD DEL ANGULO DIRECCIÓN	DEG/S	16	-32768 A 32767
TEMPERATURA DEL TERMISTOR	F	100,9	-40°F A 302°F
ENERGÍA SUPLEMENTARIA PIG	V	14,3613	0 A 20,1531
ENERGÍA SUPLEMENTARIA IG	V	4,2628	0 A 20,1531
SEÑAL DEL ÁNGULO DIRECCIÓN		OK	
TORQUE DEL VOLANTE DIRECCIÓN	NM	1,84	-327,68 A 7
ÁNGULO DE ROTACIÓN DEL MOTOR	DEG	45,034	0 A 1441,77
VALOR ACTUAL DE COMANDO 2	A	-0,11	-327,68 A 327,67
VOLTAJE PIG2	V	14,259	9 A 16
VOLTAJE DE MOTOR	V	27,048	27
TERMINAL DE MOTOR (U)	V	13,916	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (V)	V	13,573	4 A 35
TERMINAL DE MOTOR (W)	V	13,622	4 A 35
SENSOR DE TORQUE 1 SALIDA	V	2,3595	1,2 A 2,5
SENSOR DE TORQUE 2 SALIDA	V	2,5935	2,5 A 3,8
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ1	V	2,457	0 A 5
VALOR DE PUNTO ZERO TRQ2	V	2,5155	0 A 5
TIEMPO DE IG ON/OFF	TIEMPO	0	0
SOBRECALENTAMIENTO DE MOTOR REGISTRADO		NO	NO
BAJA ENERGÍA DE MOTOR REGISTRADO		NO	NO
VALOR VH (DATO DEL VEHÍCULO)			
VALOR MT (DATO MANUAL DE TALLER)			

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

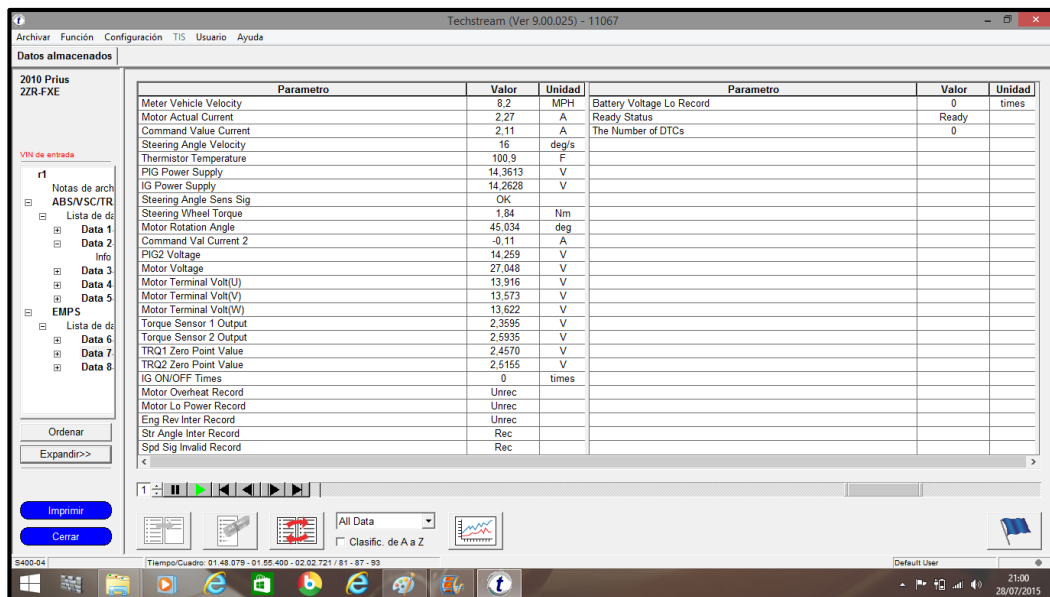


Figura 29. Parámetros del sistema EPS.

Editado: Byron Javier Sáenz Merchán.

En esta figura podemos observar que la señal del sensor de ángulo cambia de estatus a OK al realizar giros a la izquierda hay se encuentra que el sensor se encuentra incompleta su programación.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA PROPUESTA

En vista de la falta de información que escasamente se encuentra sobre el sistema de dirección asistida en nuestro medio se decidió realizar este estudio y análisis del sistema de dirección del Vehículo híbrido Toyota PRIUS, para poder realizar esta propuesta en el cual contenga todas las características de los puntos más relevantes y datos comparativos entre lo que especifica el manual y los datos obtenidos de nuestro vehículo el cual tiene un kilometraje de 95000 km.

Este estudio va enfocado para entender cómo funciona el sistema de dirección asistida electrónicamente y a su vez como es el funcionamiento en diversas situaciones de manejo y como también su comportamiento en algún tipo de emergencia. Mediante este sistema nos va a brindar un mayor confort y seguridad al momento de conducir, ya que intervienen varios sensores y módulos electrónicos y su sistema único de enlace de comunicación con los módulos del vehículo, van facilitar un manejo inteligente y confortable, como también otras acciones de conducción segura.

4.1. Características del vehículo.

Las siguientes características son del vehículo Toyota PRIUS que se encuentra en la sede Guayaquil de la Universidad Internacional del Ecuador:

- Año de fabricación: 2010.
- País de procedencia: Japón.
- Serie del motor: 2ZR4615057.
- VIN: JTDKN36U2A5124281.
- Placa: GRZ-6204.
- Tipo: Sedan.

Entre las principales características del motor a combustión son:

- 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.

Entre las principales características del motor eléctrico son:

- Fabricante Toyota Motor Corporation.
- Tipo Corriente continua de imán permanente.
- Tensión nominal de 500 V.
- Potencia máxima 82CV.
- Peso 104 kg.

Entre las principales características del grupo de baterías son:

- Fabricante energía EV Panasonic.
- Tipo batería de níquel e hidruro metálico.
- Tensión nominal 201.6 V.
- Numero de modelos 28.
- Peso 39 kg.

Entre las principales características de transmisión son:

- Tracción delantera.
- Transmisión electrónicamente controlada continua variable (E-CVT).

Ventajas del Toyota PRIUS

- Menor consumo de combustible.
- Menores emisiones contaminantes.
- Menor pago de impuesto (algunos países).
- Menores periodos de mantenimiento.
- ECO amigable con el medio ambiente.
- Gran espacio y confort para conductor y pasajeros.

4.2. Funcionamiento del sistema de dirección asistida.

La dirección asistida electrónicamente aplica la fuerza que necesita el mando de la dirección por medio del piñón de dirección y el piñón de accionamiento. El piñón de dirección transmite los pares de dirección aplicados por el conductor y el piñón de accionamiento transmite, a través de un engranaje sin fin, el par de la servo asistencia.

El motor eléctrico y la unidad de control son los encargados de que el sistema de sensores para la asistencia de la dirección vaya incorporado con el piñón de accionamiento. Con esto la funcionalidad mecánica con el volante y la cremallera pueden comunicarse para poder dirigir si se dañara la asistencia eléctrica.

Funcionamiento:

La servo asistencia empieza cuando el conductor gira el volante.

Al girar el volante la barra de torsión da vueltas tomando el sensor de ángulo la señal e envía la información a la ECU de la EPS.

El sensor de ángulo de dirección, indica sobre el ángulo momentáneo y el sensor de régimen del rotor del motor eléctrico indica sobre la velocidad.

En función del par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión interna, el ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y las curvas características implementadas en la unidad de control, ésta calcula el par de servo asistencia necesario para el caso concreto e induce correspondientemente el motor eléctrico.

El servo asistencia a la dirección se realiza a través de un segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera. Este piñón es accionado por un motor eléctrico. El motor eléctrico ataca hacia la cremallera a través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento y transmite así la fuerza de asistencia para el sistema de la dirección.

La suma compuesta por el par de giro aplicado al volante y el par de servo asistencia constituye el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera.

4.2.1. Funcionamiento de la dirección al aparcar.

El conductor gira bastante el volante para poder parquear.

La barra de torsión se retuerce. El sensor del par de dirección detecta la torsión y comunica a la unidad de control de que se está aplicando al volante un par de dirección intenso.

El sensor de ángulo de dirección avisa que hay un ángulo de dirección pronunciado y el sensor de régimen del rotor informa sobre la velocidad del mando actual de la dirección.

Antes de revisar y analizar las magnitudes correspondientes al par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo de 0 km/h, el régimen del motor de combustión, el pronunciado ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y, en función de las curvas características implementadas en la unidad de control para $v = 0$ km/h, la unidad de control determina la necesidad de aportar un intenso par de servo asistencia esta excita correspondientemente el motor eléctrico.

En las maniobras de parqueo se aporta de ese modo a la servo asistencia máxima para la dirección a través del segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera.

La suma del par aplicado al volante y el par de servo asistencia máximo viene a ser el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera en maniobras de parqueo.

4.2.2. Funcionamiento de la dirección circulando en ciudad.

El conductor mueve el volante al recorrer una curva en tráfico urbano.

La barra de torsión se retuerce. El sensor de par de dirección recepta la torsión y avisa a la unidad de control de que hay un par de dirección, de mediana intensidad, aplicado al volante de la dirección.

El sensor de ángulo de dirección avisa que hay un ángulo de dirección de mediana magnitud y el sensor de régimen del rotor informa sobre la velocidad momentánea con que se mueve el volante.

Previo análisis del par de dirección de mediana magnitud, la velocidad de marcha del vehículo de 50 km/h, el régimen del motor de combustión, un ángulo de dirección de mediana magnitud y la velocidad con que se mueve el volante, así como en función de las curvas características implementadas en la unidad de control para $v = 50$ km/h, la unidad de control determina la necesidad de aportar un par de servo asistencia de mediana magnitud y induce correspondientemente el motor eléctrico.

Al girar en una curva se produce así un servo asistencia de mediana magnitud para la dirección a través del segundo piñón, que influye paralelamente sobre la cremallera.

La adición compuesta por el par de giro inducido al volante y el par de servo asistencia de mediana magnitud viene a ser el par eficaz en la caja de la dirección para el movimiento de la cremallera al recorrer una curva en el tráfico urbano.

4.2.3. Funcionamiento de la dirección circulando en carretera.

Al cambiar de carril, el conductor gira el volante en pequeña magnitud.

La barra de torsión se retuerce. El sensor de par de dirección detecta la torsión y avisa a la unidad de control de que está aplicado un leve par de dirección en el volante.

El sensor de ángulo de dirección avisa que está dado un pequeño ángulo de dirección y el sensor de régimen del rotor avisa sobre la velocidad momentánea con que se acciona el volante.

Antes de analizar del par de dirección de baja magnitud, la velocidad de marcha del vehículo de 100 km/h, el régimen del motor de combustión, un pequeño ángulo de dirección y la velocidad con que se acciona el volante, y en función de las curvas características implementadas en la unidad de control para $v = 100$ km/h, la unidad de control determina la necesidad de aportar ya sea un par de dirección leve o no aportar ningún par de dirección, e induce correspondientemente el motor eléctrico.

Al mover la dirección circulando en autopista se realiza de esta forma la servo asistencia de baja magnitud o bien no se aporta ninguna servo asistencia a través del segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera.

La adición compuesta por el par de giro aplicado al volante y un mínimo par de servo asistencia viene a ser el par eficaz para el movimiento de la cremallera en un cambio de carril.

4.2.4. Funcionamiento de la dirección en "retro giro activo".

Si el conductor minimiza el par de dirección al circular en una curva, la barra de torsión se relaja correspondientemente.

En combinación con el descenso del par de dirección, teniendo en cuenta el ángulo de dirección y la velocidad con que se acciona el volante, el sistema

calcula una velocidad teórica para el retro giro y la compara con la velocidad de mando de la dirección. De ahí se calcula el par de retro giro.

La geometría del eje hace que se produzcan fuerzas de retro giro en las ruedas viradas. Las fricciones en el sistema de la dirección y del eje suelen hacer que las fuerzas de retro giro sean muy bajas como para poder devolver las ruedas a su posición de marcha recta.

Previo análisis del par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección y la velocidad con que se gira el volante, así como en función de las curvas características implementadas en la unidad de control, ésta calcula el par que debe aportar el motor eléctrico para el retro giro de la dirección.

El motor es inducido correspondientemente y las ruedas vuelven a la posición de marcha recta.

4.2.5. Funcionamiento corrección de marcha recta.

La corrección de marcha recta es una función que se deriva del retro giro activo. Aquí se genera un par de servo asistencia para que el vehículo vuelva a la marcha rectilínea exenta de momentos de fuerza. El sistema registra y encuentra las diferencias entre un algoritmo de corto y uno de largo plazo.

El algoritmo de largo plazo está dedicado a compensar las diferencias a largo plazo que surgen con respecto a la marcha rectilínea, por ejemplo debido al cambio de neumáticos de verano por neumáticos de invierno (usados).

El algoritmo de corto plazo corrige diferencias de duración breve. Con ello se respalda al conductor, evitando que por ejemplo tenga que contra volantea continuamente al circular habiendo viento lateral constante.

Una fuerza lateral constante, por ejemplo la del viento lateral, actúa sobre el vehículo.

El conductor tuerce un poco el volante, para mantener el vehículo en marcha recta.

Analizando el par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y actúa en función de las curvas características implementadas en la unidad de control, ésta calcula el par que debe aportar el motor eléctrico para que la marcha sea recta y no tener contratiempos.

El motor eléctrico de la dirección es inducido correspondientemente. El vehículo adopta la trayectoria de marcha recta. El conductor ya no tiene que dar contra volante.

4.3. Estado actual del vehículo.

Al realizar la inspección del sistema de la dirección asistida del vehículo encontramos las siguientes novedades:

- Desgaste en terminales de dirección.
- Desgaste en articulación de dirección.
- Guardapolvos agrietados por uso prolongado del vehículo.
- Sistema electrónico funcionando al 100%.
- No posee algún tipo de sonido al girar la dirección con el vehículo estacionado.
- Cableado no se encuentra manipulado externamente.
- Datos obtenidos con interfaz presenta problema con programación del aprendizaje del sensor de alguno no completado.



Figura 30. Vista frontal del vehículo.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

- Se procedió a eliminar todos los códigos de error que mantenía el vehículo.
- Se realizó pruebas en campo abierto en la cual constatar el correcto funcionamiento de los sensores
- En la siguiente imagen podemos notar el desgaste por uso de nuestro cauchos de cremallera para lo cual se procedió a revisar en el manual autorizados de Toyota como proceder al chequeo de las mismas dando como resultado que debían ser cambiados ya que debido a factores externos y medio de trabajo en que se desenvuelven como: (polvo, tierra, agua) ya presentaban agrietamiento y por ende no estaban realizando su funcionamiento correcto para lo cual si dejaban que impurezas entren al sistema pudiesen averiar su funcionamiento e inclusive dañarle.



Figura 31. Vista de articulación.

Autor: Byron Javier Sáenz Merchán.

- Las articulaciones por su parte presentaban una fuga mínima pero a su vez en necesario un cambio ya que este movimiento mínimo podrían verse reflejado durante una velocidad más elevada influyendo de tal forma la conducción,
- Si se revisara la alineación nos daría como resultado un juego axial y a su vez, revisando el manual de taller autorizado de Toyota en el cual se recomienda realizar el recambio de terminales y articulaciones por kilometraje actual.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se fundamentó toda la información recopilada para el desarrollo este proyecto para mejorar el conocimiento del sistema de dirección asistida electrónicamente para el vehículo Toyota PRIUS.
- Se comparó los datos obtenidos por medio de tablas comparativas y comprobamos el funcionamiento real de vehículo y el manual del fabricante.
- Se analizó los datos obtenidos del vehículo encontrándose con los parámetros de funcionamiento correctos.
- Se genera con estos proyectos las conclusiones sobre este tipo de sistema asistido con la finalidad de mejorar el acceso de información necesario para realizar trabajos futuros.

5.2. Recomendaciones.

- La interpretación correcta del manual de taller de Toyota ayudara a realizar prácticas más seguras, ya que este vehículo posee un sistema de alta voltaje que una mala manipulación podría provocar algún accidente.
- Luego de realizar una alineación de ruedas del vehículo es recomendable realizar la reprogramación del sensor de par del vehículo para su correcto funcionamiento.
- Realizar mantenimiento periódico del sistema de frenos, presión adecuada de los neumáticos, ajuste de suspensión, alineación y balanceo cada 10000 Km son necesarios para un buen funcionamiento del sistema de dirección electrónica.
- Se recomienda realizar el cambio de terminales, articulación, guardapolvos de la dirección ya que se encuentran desgastados, los mismos que en la inspección de 90000 Km recomienda a realizar la inspección de estas.
- Debemos tomar en cuenta que la manera de tomar los datos correctamente debe ser con todos los sistemas y a su vez cuando se desee borrar códigos de falla debe ser de la misma forma.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Águeda, E, “Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje”, Primera Edición, Paraninfo Ediciones, Madrid 2012.

[2] Gil, D, “Manual práctico del automóvil reparación, mantenimiento y prácticas”, MMXI/MMXII Edición, Cultural, Madrid 2012.

[3] Gonzales, T, Del Rio, G, Tena, J, Torres, B, “La dirección asistida (Circuitos de fluidos)” Primera Edición, Editex, Madrid 2011.

[4] Mitchell, “Toyota PRIUS 2010 Repair Information 25 Company”, Primera Edición, Toyota motor corporation workshop manual, Japón 2010.

[5] Ros, J, “Sistemas de seguridad y confortabilidad” Primera Edición, Paraninfo, Madrid 2011.

[6] Domínguez, E, “Sistemas de transmisión y frenado” Segunda Edición, Editex, Madrid 2011.

[7] Hatch, S, “Computerized engine controls”, Ninth Edition, Delmar, New York 2012.

[8] Gonzales, T, Del Rio, G, Tena, J, Torres, B, “Suspensión y dirección (Circuitos de fluidos)” Primera Edición, Editex, Madrid 2011.

[9] Perez, M, “Suspensión y dirección (Circuitos de fluidos)” Segunda Edición, Editex, Madrid 2011.

PAGINAS WEB

[1] <https://www.google.com.ec/maps/>.

ANEXOS

LISTA DE ABREVIACIONES.

ABREVIACIÓN	SIGNIFICADO
ECM	UNIDAD DE CONTROL DEL MOTOR
BATTERY ECU	UNIDAD DE CONTROL DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN
ECU HV	UNIDAD DE CONTROL DEL SISTEMA HIBRIDO
EPS	SERVODIRECCIÓN ELECTRÓNICA
ASM	MOTOR ASÍNCRONO
DOCH	DOBLE ÁRBOL DE LEVAS EN LA CABEZA
VVT-I	SINCRONIZACIÓN VARIABLE DE LA VÁLVULA INTELIGENTE
E-CVT	TRANSMISIÓN ELECTRÓNICAMENTE CONTROLADA CONTINUA
BEAN	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN (ORIGINAL DE TOYOTA)
VSC	CONTROL DE ESTABILIDAD DEL VEHÍCULO
AVC-LAN	LÍNEA DE COMUNICACIÓN DE AUDIO Y VIDEO (ORIGINAL TOYOTA)