

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ**



**TRABAJO DE APLICACIÓN**

**DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN  
ASISTIDO ``EPS`` EXTRACTADOS DE LAS FALLAS ELECTROMECAICAS  
DEL VEHICULO SUZUKI WAGON R+**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**POR: NELSON OVIDIO MAMANI LLANQUICHOQUE**

LA PAZ -BOLIVIA

2015

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a dios por razón de fe, por cuidarme en la salud, por ayudarme a levantarme en los malos momentos y por todo su apoyo espiritual durante mi vida estudiantil en la carrera de mecánica automotriz UMSA.

Un agradecimiento especial a mi padre Ladislao Mamani y mi madre Juana Llanquichoque, por darme su apoyo moral, psicológico, económico y por no haber perdido en ningún momento la confianza que aportaron en mí.

También a la carrera de Mecánica Automotriz de la Facultad de Tecnología-UMSA por abrirme las puertas del conocimiento y a si también al plantel docente de la carrera de Mecánica Automotriz quienes me transmitieron sus conocimientos.

Agradecer también a mis amigos por acompañarme a vencer semestre tras semestre mis materias y por ultimo agradezco al personal de almacenes que nos acompañaron en la realización de la maqueta funcional que corresponde al trabajo de aplicación.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo aplicativo va dedicado con mucho cariño a mis padres Ladislao Mamani y Juana Llanquichoque principalmente por confiar en mí y por ser una razón de apoyo durante mi vida universitaria,

Este trabajo también va dedicado a mis compañeros y amigos de la carrera de Mecánica Automotriz de la Facultad de Tecnología - UMSA por acompañarme en toda mi gestión universitaria.

## RESUMEN

Las innovaciones tecnológicas en la actualidad han ido mejorando en la comodidad, la menor contaminación y ofrecer las mejores prestaciones. Lo cual en particular en esta parte del trabajo aplicativo se señalara el sistema de dirección asistido eléctrico, la cual consta de un sensor de torsión, módulo de control P/S y el motor eléctrico.

Al margen de los componentes del sistema EPS y enfocándonos más en el diagnóstico y mantenimiento del EPS, primeramente se da la hipótesis de que en la ciudad de la paz no hay un buen diagnóstico y mantenimiento estratégico para este tipo de sistema, ya que por lo cual nos generamos la siguiente interrogante:

¿Cómo realizar los diagnósticos y el mantenimiento correspondiente del sistema de dirección EPS?

El trabajo aplicativo pretende **desarrollar el diagnósticos y mantenimiento del sistema de dirección asistido ``EPS`` extractados de las fallas electromecánicas del vehículo Suzuki WAGON R+**, para lo cual con la ayuda de los diagramas de flujo se diagnostica la parte eléctrica y también se realiza una comparación de los valores extractados de la maqueta funcional, además se realiza el método de Ishikawa y Pareto para diagnosticar la parte electromecánico de sistema EPS.

En la parte de MANTENIMIENTO se tomara en cuenta el mantenimiento correctivo en primer lugar y esto se realizara a partir de los datos que nos proporciona el diagrama de Ishikawa. No obstante se realiza el plan de mantenimiento que es el producto de los análisis de diagrama de Pareto y finalmente también se toma en cuenta las influencias que tiene los otros tipos de mantenimiento dentro del plan de mantenimiento.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO

DEDICATORI

RESUMEN

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ANTECEDENTES .....	1
3	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	2
3.1	Identificación del problema .....	2
3.2	Planteamiento de problema .....	3
4	JUSTIFICACIÓN.....	3
5	OBJETIVOS .....	3
5.1	Objetivo general.....	3
5.2	Objetivo específico.....	3
6	MARCO TEÓRICO.....	4
6.1	Sistema de dirección .....	4
6.1.1	Descripción.....	4
6.1.2	Misión de la dirección .....	5
6.1.3	Cualidades que debe reunir toda dirección .....	5
6.1.3.1	Seguridad.....	6
6.1.3.2	Suavidad .....	6
6.1.3.3	Precisión .....	6
6.1.3.4	Irreversibilidad .....	7
6.1.4	Elementos del sistema de dirección.....	7
6.1.4.1	Volante y árbol de dirección .....	7
6.1.4.2	Caja y engranajes dirección.....	7
6.1.4.3	Palancas y barras de dirección .....	8
6.1.5	Relación de transmisión de la dirección, recorrido de las ruedas en las curvas.....	8
6.1.5.1	Relación de transmisión de la dirección.....	8
6.1.5.2	Recorrido de las ruedas en las curvas. ....	9
6.1.6	Angulo de convergencia, convergencia.....	11
6.1.6.1	Angulo de convergencia.....	11

6.1.6.2	Convergencia.....	11
6.2	Sistema de dirección asistido eléctricamente EPS.....	12
6.2.1	Partes de un sistema de dirección asistido eléctricamente EPS.....	14
6.2.1.1	Motor eléctrico.....	15
6.2.1.2	Reductor –eje volante.....	16
6.2.1.3	Sensor de par de dirección.....	17
6.2.1.4	Captador de temperatura.....	18
6.2.1.5	Módulo de control electrónico de la dirección EPS.....	18
6.2.2	Testigo luminoso de averías.....	19
6.2.3	Información del régimen del motor.....	19
6.2.4	Información de la velocidad del vehículo.....	20
6.2.5	Funcionamiento.....	20
6.3	Diagnóstico y mantenimiento aplicable al sistema de dirección asistido eléctricamente EPS	21
6.3.1	Puntos básicos sobre la localización y reparación de averías aplicables a la dirección EPS	21
6.3.2	Cómo enfocar la localización y reparación de averías.....	21
6.3.2.1	La valoración debe ir respaldada por la lógica y por hechos.....	21
6.3.2.2	Procedimiento de localización y reparación de averías.....	22
6.3.2.2.1	Fase 1: Verificar y reproducir los síntomas.....	22
6.3.2.2.1.1	¿En qué consiste el cuestionario de diagnóstico?.....	23
6.3.2.2.2	Fase 2: Determinar si constituye un funcionamiento incorrecto o no.....	23
6.3.2.2.3	Fase 3: Evaluar la causa del funcionamiento incorrecto.....	23
6.3.2.2.4	Fase 4: Inspeccionar el área sospechosa y determinar la causa.....	24
6.3.2.2.5	Fase 5: Prevención frente a la reparación.....	24
6.3.3	Diagrama de ISHIKAWA aplicado al diagnóstico de la dirección EPS.....	25
6.3.3.1	Diagrama de ISHIKAWA.....	25
6.3.3.1.1	Causa.....	26
6.3.3.1.2	Procedimiento.....	26
6.3.3.1.3	Causas y espinas.....	27
6.3.4	Diagrama de PARETO aplicado al diagnóstico del sistema de dirección asistido eléctricamente EPS.....	27

6.3.4.1	Diagrama de PARETO .....	27
6.3.5	Mantenimiento aplicado a la dirección EPS.....	28
6.3.5.1	Tipos de mantenimiento .....	28
6.3.5.1.1	Según la especialidad de tarea.....	29
6.3.5.1.2	Según su peligrosidad .....	29
6.3.5.1.3	Según la naturaleza de las tareas a realizar .....	29
6.3.5.1.3.1	Mantenimiento correctivo.....	29
6.3.5.1.3.2	Mantenimiento preventivo.....	30
6.3.5.1.3.3	Mantenimiento conductivo. ....	30
6.3.5.1.3.4	Mantenimiento predictivo.....	30
6.3.5.1.3.5	Mantenimiento cero horas.....	31
6.3.5.1.3.6	Mantenimiento modificativo.....	31
7	MARCO PRÁCTICO.....	31
7.1	Diagnóstico del sistema de dirección asistido eléctrico EPS en la marca SUZUKI WAGON R+ .....	31
7.1.1	Diagnostico.....	31
7.1.2	Precauciones para el diagnóstico de averías. ....	32
7.1.3	Diagnóstico a bordo .....	32
7.1.4	Inspección de DTC .....	33
7.1.4.1	Inspección de la DTC sin la herramienta de exploración. ....	33
7.1.4.2	Borrado de la DTC sin la herramienta de exploración Suzuki. ....	33
7.1.4.3	Inspección de DTC con la herramienta de exploración Suzuki.....	34
7.1.4.4	Borrado de DTC con la herramienta de exploración Suzuki.....	35
7.1.5	Inspección de la EPS de Suzuki WAGON R+ mediante diagramas de flujos.....	36
7.1.5.1	Inspección del sistema .....	37
7.1.5.2	NO enciende la MIL. ....	39
7.1.5.3	La MIL destella.....	41
7.1.5.4	MIL permanece encendida después del arranque.....	42
7.1.5.5	El módulo de control P/S no puede comunicarse por el circuito de datos en serie. 43	
7.1.6	Inspección de los diferentes DTC del sistema EPS .....	44
7.1.6.1	Diagnóstico de falla del sensor de torque.....	44

7.1.6.2	DTC C1114 Avería del circuito de alimentación eléctrica de 5V del sensor de torsión	45
7.1.6.3	DTC C1116 Avería del circuito de alimentación eléctrica de 8V del sensor de torsión	46
7.1.6.4	DTC C1121/C1123/C1124 Averías del circuito VSS .....	46
7.1.6.5	DTC C1122 Averías del circuito de señal de velocidad del motor de combustión	47
7.1.6.6	DTC C1141/C1142/C1143/C1144/C1145 Averías del circuito del motor.....	48
7.1.6.7	DTC C1151 Averías del circuito del embrague. ....	49
7.1.6.8	DTC C1153 Averías del circuito de alimentación eléctrica del módulo de control P/S.	50
7.1.6.9	DTC C1152/C1154/C1155 Averías del módulo de control P/S.....	50
7.1.7	Prueba de tensión de los diferentes conectores (A, B y C). ....	50
7.1.8	Pruebas de resistencia en el Motor y embragúé .....	51
7.1.9	Pruebas de tensión del Sensor de torsión.....	52
7.2	Diagnóstico de maqueta funcional con sistema de dirección EPS de Suzuki WAGON R+	52
7.2.1	Partes originales de la maqueta funcional EPS de Suzuki WAGON R+. ....	52
7.2.1.1	Estructura, tijerales, amortiguador y la caja de dirección, .....	52
7.2.1.2	Volante y Columna de dirección.....	53
7.2.1.3	Motor eléctrico y embrague .....	53
7.2.1.4	Módulo de control P/S .....	53
7.2.1.5	Sensor de torsión .....	55
7.2.1.6	Señal la ECM (adaptada con un generador de pulsos).....	55
7.2.2	Valores tomados con el multímetro en la maqueta funcional EPS Suzuki WAGON R+.	56
7.2.2.1	Pruebas para el motor eléctrico según la tabla 4.....	56
7.2.2.2	Prueba de voltaje para los tres conectores según la tabla 3.....	57
7.2.2.3	Diagrama eléctrico de la maqueta funcional EPS.....	61
7.2.3	Comparación de los valores de tensión y resistencia tomados en la maqueta funcional con respecto de las tabla 3 y tabla 4 del fabricante.....	62
7.3	Diagnóstico de fallas electromecánicas del sistema de dirección asistida EPS y análisis de las causas más posibles que ocasionan los efectos de falla, usando método ISHIKAWA-PARETO	63
7.3.1	Dirección dura (con la luz testigo encendido).....	65

7.3.2	Dirección dura (sin luz testigo encendido).....	67
7.3.3	Inestabilidad .....	69
7.3.4	El automóvil tira a un lado durante la circulación normal .....	72
7.3.5	Sacudidas del volante.....	74
7.3.6	Falta de asistencia .....	77
7.3.7	Ruido o traqueteo al girar el volante .....	79
7.3.8	Asistencia únicamente a un lado de giro .....	80
7.4	Mantenimiento del sistema de dirección EPS en los vehículos Suzuki WAGON R+ .....	80
7.4.1	Mantenimiento correctivo del sistema de dirección EPS .....	80
7.4.1.1	Gestión de herramientas para el mantenimiento correctivo. ....	83
7.4.2	Plan de mantenimiento preventivo para le dirección EPS.....	84
7.4.2.1	Gestión de herramienta para el plan de mantenimiento preventivo.....	86
7.4.2.2	Gestión de repuestos de la columna de dirección P/S.....	86
7.4.2.2.1	Tiempo de importación.....	87
7.4.2.2.2	Tipo de proveedor.....	87
7.4.2.3	Influencias del mantenimiento conductivo sobre el plan de mantenimiento preventivo. ....	87
7.4.2.4	Influencias del mantenimiento predictivo sobre el plan de mantenimiento preventivo. ....	88
7.4.2.5	Evitar el mantenimiento modificativo del sistema de dirección EPS.....	88
8	EVALUACIÓN .....	89
9	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	91
9.1	Conclusiones.....	91
9.2	Recomendaciones .....	92
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	<b>ANEXOS 1</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Misión de la dirección.....	5
Figura 2.Relación de transmisión de la dirección .....	9
Figura 3. Recorridos diferentes de las ruedas.....	10
Figura 4. Angulo de viraje en las dos ruedas .....	11
Figura 5.Convergencia .....	12
Figura 6. Sistema de dirección asistido eléctricamente.....	14
Figura 7. Partes clásica de un sistema de dirección .....	14
Figura 8. Partes nuevas del sistema de dirección EPS .....	15
Figura 9. Motor eléctrico de una EPS .....	16
Figura 10. Partes de una EP .....	16
Figura 11.Reductor –eje volante .....	17
Figura 12.Sensor de par de dirección .....	18
Figura 13. Funcionamiento del EPS.....	20
Figura 14. Valoración y verificación de las fallas.....	22
Figura 15. Cinco fases para localización y reparación de averías.....	22
Figura 16. Diagrama de ISHICAWA (espina de pez).....	25
Figura 17. Diagrama de PARETO .....	28
Figura 18. Luz testigo de avería MIL.....	33
Figura 19. Acoplador del Monitor.....	34
Figura 20. Herramienta de exploración Suzuki.....	35
Figura 21. Diagrama del cableado.....	36
Figura 22.Estructura de la maqueta funcional EPS.....	53
Figura 23. Volante y columna de dirección. ....	53
Figura 24. Motor eléctrico y embrague. ....	53
Figura 25. Módulo de control P/S .....	54
Figura 26. Conector (A) .....	54
Figura 27. Conector (B) .....	54
Figura 28. Conector (C) .....	55
Figura 29. Sensor de torsión.....	55
Figura 30. Generador de pulsos.....	56
Figura 31. Diagrama eléctrico de la EPS de la maqueta funcional .....	61
Figura 32. Diagrama de Pareto -dirección dura con la MIL encendida .....	66
Figura 33. Porcentaje de las causas más comunes para la dirección dura con la MIL encendida.....	66

Figura 34. Diagrama de Pareto - dirección dura sin la MIL encendida .....	68
Figura 35. Porcentaje de las causas más comunes para la dirección dura sin la MIL encendida.....	69
Figura 36. Diagrama de Pareto-Dirección Inestable .....	71
Figura 37. Porcentaje de las causas más comunes para la dirección inestable.....	71
Figura 38. Diagrama de Pareto del vehículo tira a un lado en conducción normal.....	73
Figura 39. Porcentaje de las causas más comunes del vehículo tira a un lado en conducción normal .....	74
Figura 40. Diagrama de Pareto de sacudidas del volante .....	76
Figura 41. Porcentaje de las causas más comunes de sacudidas del volante .....	77
Figura 42 . diagrama de pareteo de falte de asistencia.....	78
Figura 43. Causas más comunes de falte de asistencia .....	79
Figura 44. Porcentaje de las causas más comunes de traqueteo o ruido del volante al girarlo .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Control de estabilidad para diferentes marcas.....	13
Tabla 2. Interrogantes para el buen diagnostico de averias.....	23
Tabla 3.Valores de voltajes para el sistema de dirección EPS Suzuki WAGON R+.....	51
Tabla 4.Valores de resistencia del motor EPS Suzuki WAGON R+ .....	51
Tabla 5. Valores de voltaje para el sensor de torsión Suzuki WAGON R+.....	52
Tabla 6. Pruebas del motor eléctrico .....	57
Tabla 7.Pruebas de voltaje la maqueta funcional EPS .....	61
Tabla 8. Comparación de valores de tensión maqueta-fabricante .....	62
Tabla 9. Comparación de valores de voltaje del motor eléctrico. ....	63
Tabla 10. Encuesta sobre la dirección dura con la MIL encendida.....	65
Tabla 11. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la dirección dura con la MIL encendida .....	65
Tabla 12. Causas más comunes para la dirección dura con la mil encendida .....	66
Tabla 13. Encuetas sobre la dirección dura sin la MIL encendida.....	67
Tabla 14. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la dirección dura sin la MIL encendida .....	68
Tabla 15. Causas más comunes para la dirección dura sin la MIL encendida .....	68
Tabla 16. Encuesta sobre la dirección inestable.....	70
Tabla 17.Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la dirección inestable.....	70

Tabla 18. Causas más comunes para la dirección inestable .....	71
Tabla 19. Encuesta sobre el vehículo tira a un lado en la conducción normal .....	72
Tabla 20. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de cuando el vehículo tira a un lado en conducción normal .....	73
Tabla 21. Causas más comunes del vehículo tira a un lado en condiciones normales .....	74
Tabla 22. Encuesta sobre sacudidas del volante .....	75
Tabla 23. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de sacudidas del volante .....	75
Tabla 24. Causas más comunes de sacudidas del volante .....	76
Tabla 25. Encuesta sobre falta de asistencia .....	78
Tabla 26. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de falta de asistencia .....	78
Tabla 27. Causas más comunes de falta de asistencia .....	79
Tabla 28. Encuesta sobre ruido o traqueteo al girar el volante .....	80
Tabla 29. Diagrama de Ishikawa de la asistencia de únicamente a un lado .....	80
Tabla 30. Correcciones inmediatas para la dirección dura con la MIL encendida .....	81
Tabla 31. Correcciones inmediatas de la dirección dura sin la MIL encendida .....	81
Tabla 32. Correcciones inmediatas la dirección inestable .....	82
Tabla 33. Correcciones inmediatas del automóvil tira a un lado en circulación normal .....	82
Tabla 34. Correcciones inmediatas de sacudidas de volante .....	82
Tabla 35. Correcciones inmediatas de falta de asistencia .....	83
Tabla 36. Correcciones inmediatas de ruido o traqueteo al girar el volante .....	83
Tabla 37. Correcciones inmediatas de la asistencia de únicamente a un lado .....	83
Tabla 38. Herramientas básicas para mantenimiento correctivo del sistema EPS .....	84
Tabla 39. Plan de mantenimiento a corto plazo .....	85
Tabla 40. Plan de mantenimiento a largo plazo .....	86
Tabla 41. Evaluación de la tabla 8. ....	90
Tabla 42. Evaluación de la tabla. ....	90

## ÍNDICE DE DIAGRAMA DE FLUJOS

Diagrama de flujo 1. Inspección del sistema de dirección EPS .....	37
Diagrama de flujo 2. Inspección del circuito MIL (no se enciende MIL).....	39
Diagrama de flujo 3. Inspección del circuito MIL (Destella MIL) .....	41
Diagrama de flujo 4. Inspección del circuito MIL (MIL permanece encendido).....	42
Diagrama de flujo 5. El módulo de la EPS no se comunica por el circuito de datos en serie .....	43
Diagrama de flujo 6. Diagnóstico de falla del sensor de torque.....	44
Diagrama de flujo 7. Inspección del circuito de alimentación de 5V del sensor de torsión.....	45
Diagrama de flujo 8. Inspección de alimentación 8V del sensor de torsión .....	46
Diagrama de flujo 9. Inspección del circuito VSS .....	46
Diagrama de flujo 10. Inspección de la señal del RPM del motor de combustión.....	47
Diagrama de flujo 11. Inspección del circuito del motor eléctrico. ....	48
Diagrama de flujo 12. Inspección de circuito del embrague .....	49
Diagrama de flujo 13. Inspección del circuito del módulo de control P/S.....	50

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS DE ISHIKAWA

Diagrama de ISHIKAWA 1. Dirección dura con la MIL encendida .....	65
Diagrama de ISHIKAWA 2. Dirección dura sin la MIL encendida .....	67
Diagrama de ISHIKAWA 3. Dirección inestable .....	69
Diagrama de ISHIKAWA 4. El automonil tira a un lado en la circulación normal .....	72
Diagrama de ISHIKAWA 5. Sacudidas del volante .....	74
Diagrama de ISHIKAWA 6. Falte de asistencia.....	77
Diagrama de ISHIKAWA 7. Ruido o traqueteo al girar el volante.....	79

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

### **A**

ABS: Sistema de frenos antibloqueo (Anti-lock Brake System)

ALDL: enlace de diagnóstico de línea de armado (Assembly Line Diag. Link)

### **B**

B/Bl: cable color negro/azul (black/blue)

B/R: cable color negro/rojo (black/red)

B/W: cable color negro/blanco (black/white)

B: cable color Negro (black)

B+: Voltaje positivo de la batería (Battery Positive Voltage)

Bl: cable color azul (blue)

Br: cable color café (brown)

### **C**

CPU: Unidad Central de Procesamiento (Central Processing Unit)

### **D**

DC: Corriente continua (Direct Current)

DLC: Conector de enlace de datos (Data Link Connector)

DTC: Código de diagnóstico de averías (Diagnostic Trouble Code )

### **E**

ECM: Módulo de control del motor (Engine Control Module)

EPS: Dirección asistida eléctrica (Electrical Power Steering)

### **L**

LH: A la izquierda (left Hand)

### **M**

M: motor eléctrico

MIL: Luz indicadora de avería (Malfunction Indicator Lamp)

### **O**

OBD: Sistema de diagnóstico a bordo (Función de autodiagnóstico)(On-Board Diagnostic System)

OFF: posición de apagado

ON: posición de encendido

## **P**

P/S: Dirección asistida (Power Steering)

P: cable color lila (purple)

## **R**

R: cable color rojo (red)

RH: A la derecha (Right Hand)

RPM: revoluciones por minuto

## **S**

SDL: enlace de datos en serie (Serial Data Link)

## **V**

V/G: cable color violeta/gris (violet/grey)

V/W: cable color violeta/blanco (violet/white)

V: violeta (violet)

V: Voltios

VSS: Sensor de velocidad del vehículo (Vehicle Speed Sensor)

## **W**

W/G: cable color blanco/gris (White/grey)

W: cable color blanco (white)

## **Y**

Y: cable color Amarillo (yellow)

## **1 INTRODUCCIÓN**

En los tiempos actuales, se han introducido en el mundo de la industria automotriz, una variedad de innovaciones tecnológicas en las cuales se usan en esencia diversidad de fuentes de energía que han dado un nuevo concepto del automóvil a nivel de prestación, confort, seguridad, precisión y otros aspectos que benefician en gran medida la comodidad y seguridad del conductor, ocupantes y cargas dentro del automóvil.

Las exigencias de facilidad de manejo y seguridad se han hecho mayores al aumentar las velocidades de los automóviles modernos, puesto que circulando a velocidades elevadas un fallo de dirección suele ser fatal para el automóvil y sus ocupantes, entonces la dirección constituye un campo muy importante cuando se habla de seguridad, ergonomía y placer de manejar.

Los esfuerzos de los técnicos y constructores de automóviles han dado como fruto de la dirección asistida electrónicamente, EPS (electrical powered steering) por sus siglas en inglés, representa un gran avance en la tecnología automotriz que permite un control más preciso y con menos esfuerzo para el conductor, con relación a un sistema convencional, pero estos órganos de coche, para su funcionamiento sea perfecto, debe mantenerse correctamente ajustado dentro de unas precisiones y condiciones establecidas, siendo tarea del mecánico de automóviles el mantenimiento de estas condiciones y su reajuste cuando sea necesario.

El sistema de dirección asistida eléctricamente, es un sistema innovador y que está de moda especialmente en los vehículos de gama liviana, lo cual requiere un mantenimiento muy preciso y con conocimiento complementario en el campo de la electrónica automotriz, a la par de una rigurosa precisión del reglaje de los ángulos de alineación de las ruedas y el mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, y overhaul del sistema de dirección.

## **2 ANTECEDENTES**

EPS básicamente se conoce con el nombre de "control de estabilidad" o con sus siglas en alemán (elektronisches Stabilitäts program) "programa electrónico de estabilidad" Es un sistema que ayuda al conductor en la conducción sobre carreteras difíciles y en situaciones

críticas mediante el empleo de sensores electrónicos, conjuntos mecánicos y un software combinado entre ellos se consigue la mayor seguridad y una buena estabilidad sobre la impredecible calzada.

El sistema de dirección asistido eléctricamente EPS y el mantenimiento que se realiza en este sistema, generalmente van relacionados con los antecedentes históricos tanto en el aspecto de su diseño, construcción, implementación al mercado, los estudios de fallas que presenta este innovador sistema y los mantenimientos rigurosos ha tenido y que puede tener este sistema.

Una referencia muy importante en el campo del mantenimiento del sistema de dirección asistido eléctricamente son las versiones y estudios realizados de HYUNDAI MOTORS sobre este tipo de sistemas de dirección la cual indica de que según estudios realizados este sistema tiene una garantía de 90 mil kilómetros a 130 mil kilómetros de recorrido y el sistema prácticamente empieza a fallar, motivos de insatisfacción de los usuarios por este tipo de sistema. Pero HYUNDAI MOTORS propuso dar una columna de dirección asistida electrónicamente como sinónimo de garantía.

### **3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

#### **3.1 Identificación del problema**

Los usuarios de vehículos con dirección servoasistida P/S en la ciudad de la Paz y en especial los taxistas se vieron con los casos graves de que sus vehículos dejaron de ser suaves con relación al giro del volante o que el volante es suave en un sentido de giro y en la otra es dura y entre otros tipos de averías.

Los repuestos para los sistemas de dirección asistida eléctrica EPS son escasos en la ciudad de La Paz, por tal motivo es el usuario quien decide de que modifiquen su sistema de dirección EPS por una convencional. No obstante, por el motivo de esta toma de decisiones por parte del usuario, es porque no tiene el conocimiento del diagnóstico o mantenimiento del sistema de dirección EPS o no sabe muy bien dónde acudir.

### **3.2 Planteamiento de problema**

¿Cómo realizar los diagnósticos y el mantenimiento correspondiente del sistema de dirección EPS?

## **4 JUSTIFICACIÓN**

El sistema de dirección servoasistido P/S eléctrico no pasa su vida útil de un cierto kilometraje y algunas usuarios de la ciudad de la Paz que adquirieron vehículos con este tipo de sistema tienen quejas y que muchas veces no les queda más que decidir por mantenimiento modificativo el cual solo consta de una adaptación de componentes simples y sin ningún tipo de asistencia (es decir deja de ser servo asistido).

El trabajo aplicativo pretende desarrollar los diagnósticos y mantenimiento del sistema de dirección EPS, ya que con este conjunto de trabajos correctivos y sistemáticos se eliminara mantenimiento modificativo del sistema de dirección y además se tratara de aumentar la vida útil de este sistema que realmente da una buena estabilidad.

Con el diagnóstico y el mantenimiento el beneficiario directo será el usuario del vehículo (en especial los señores choferes taxistas de la ciudad de La Paz).

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

- Desarrollar el diagnósticos y mantenimiento del sistema de dirección asistido ``EPS`` extractados de las fallas electromecánicas del vehículo Suzuki WAGON R+

### **5.2 Objetivo específico**

- Diagnosticar y borrar los (DTC) códigos de diagnóstico de averías mediante con los destellos producentes de la MIL (luz EPS) y por medio de la herramienta exploración Suzuki.
- Inspeccionar el circuito de alimentación, el circuito de la MIL (luz EPS) y de los diferentes códigos de averías (DTC) mediante diagramas de flujos.

- Extraer del manual de Suzuki WAGON R+ la tabla de valores de tensión y resistencia del sistema de dirección EPS simultáneamente compararlos con los valores de la maqueta funcional.
- Diagnosticar las fallas electromecánicas del sistema de dirección EPS mediante diagramas de ISHIKAWA, no obstante extraer las causas más comunes mediante el diagrama de PARETO.
- Desarrollar el mantenimiento correctivo y plan de mantenimiento preventivo extractados de Ishikawa y Pareto respectivamente aplicados al sistema de dirección asistido eléctrico EPS.
- Identificar las influencias de los diferentes tipos de mantenimiento (conductivo, predictivo y modificativo) sobre el plan de mantenimiento preventivo.

## **6 MARCO TEÓRICO**

### **6.1 Sistema de dirección**

#### **6.1.1 Descripción<sup>1</sup>**

El propósito del sistema dirección es permitir al conductor controlar la dirección del vehículo girando las ruedas delanteras.

Esto se hace por medio del volante de dirección que transmite la rotación del timón a los engranajes de dirección, los engranajes de dirección que incrementan la fuerza rotacional del volante de dirección para transmitir un mayor torque a la articulación del engranaje de dirección que transmite el movimiento hacia las ruedas delanteras.

La configuración del sistema de dirección depende del diseño del vehículo (el tren propulsor y el sistema de suspensión usado, dependiendo si es un vehículo de pasajeros, vehículo comercial, etc.) actualmente los de tipo piñón cremallera y bolas re circulantes son los más usados

---

<sup>1</sup> TEAM-TOYOTA MOTORS CORPORATION (s.f.) Sistema de dirección, Japón, p. 3.

### 6.1.2 Misión de la dirección<sup>2</sup>

El conjunto que componen la dirección tienen la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor. Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzos en la orientación de las ruedas, el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples, o de un servomecanismo de asistencia, para los vehículos de gama especial o para vehículos pesados.

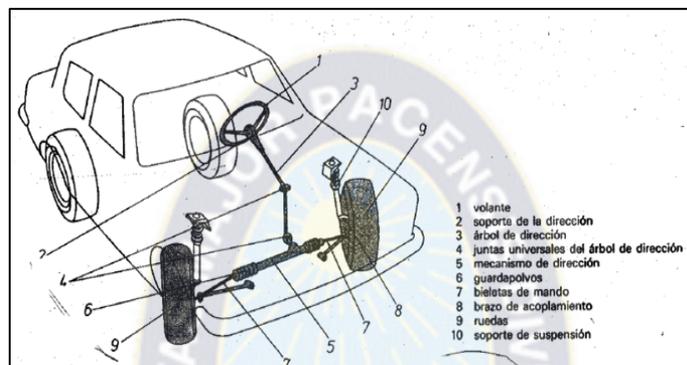


Figura 1. Misión de la dirección

### 6.1.3 Cualidades que debe reunir toda dirección<sup>3</sup>

Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo, ya que de ella depende la seguridad en carretera, debe reunir una serie de cualidades que proporcionen al conductor, durante la marcha del mismo, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción. Estas cualidades son las siguientes:

- Seguridad
- Suavidad
- Precisión
- Irreversibilidad

<sup>2</sup> (Sanz Gonzales, 2000) estudio de la dirección, España, p.122.

<sup>3</sup> (Sanz Gonzales, 2000) estudio de la dirección, España, p.122-123

### **6.1.3.1 Seguridad**

La seguridad depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados y del entrenamiento efectuado.

### **6.1.3.2 Suavidad**

La suavidad se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase.

La dureza de la conducción hace que sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar unos neumáticos inadecuados o mal inflado, por un avance o salida exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices y por estar el eje o chasis de formado.

### **6.1.3.3 Precisión**

La precisión se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es dura por excesivo ataque (mal reglaje) o pequeñas desmultiplicaciones (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de la desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa. La falta de precisión puede ser por las siguientes causas:

- Por excesivo juego en los órganos de dirección
- Por alabeo de las ruedas que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y no debe exceder de 2 a 3 mm.
- Por el desgaste desigual de los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender y descender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas del reglaje.
- El desequilibrio en las ruedas, que es el principal causante del shimmy que consiste en una serie de movimiento oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
- Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo a un lado.

#### **6.1.3.4 Irreversibilidad**

La irreversibilidad consiste en que el volante debe mandar el giro a las ruedas pero, por el contrario las oscilaciones que toman estas, a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeñas

#### **6.1.4 Elementos del sistema de dirección<sup>4</sup>**

La orientación deseada de las ruedas se consigue mediante un conjunto de elementos que transmite el movimiento de giro del volante a las ruedas. Los elementos se clasifican en:

- Volante y árbol de transmisión
- Caja y engranajes de dirección
- Palancas y barras de dirección

##### **6.1.4.1 Volante y árbol de dirección**

El volante constituye el órgano de mando del sistema de dirección.

Cuando el vehículo circule en línea recta, debe verse sin dificultad el tablero del vehículo.

La columna de dirección debe ser ajustable en la altura y en la profundidad para adaptarse a las condiciones físicas de cada conductor.

##### **6.1.4.2 Caja y engranajes dirección**

El engranaje del sistema de dirección es el mecanismo cuya función principal es transformar el movimiento lineal de izquierda a derecha o viceversa, del brazo de dirección y con ello las orientaciones de las ruedas.

Además de esta misión, el engranaje de dirección debe transformar el pequeño esfuerzo realizado por el conductor en otra mayor dimensión, a través del efecto desmultiplicador adecuado. También ha de mantener fijas la orientación de las ruedas a pesar de las irregularidades del terreno.

---

<sup>4</sup> (Adriano Cebrian, 2011) Mecánica y Entrenamiento simples del automóvil, España

### 6.1.4.3 Palancas y barras de dirección

Es la timonería de dirección. Su disposición depende, en gran medida, del fabricante. Estos elementos transmiten a las ruedas el movimiento obtenido en el engranaje de dirección. Las palancas, o brazos de acoplamiento, llevan un cierto ángulo de inclinación para que su prolongación coincida sobre el centro del eje trasero y así asegurar una mayor estabilidad y un buen giro. La unión de las dos ruedas se realiza mediante una barra de acoplamiento que, al producirse el desplazamiento lateral de una de ellas, hace que el movimiento en las dos ruedas sea simultáneo y conjugado.

### 6.1.5 Relación de transmisión de la dirección, recorrido de las ruedas en las curvas.<sup>5</sup>

#### 6.1.5.1 Relación de transmisión de la dirección

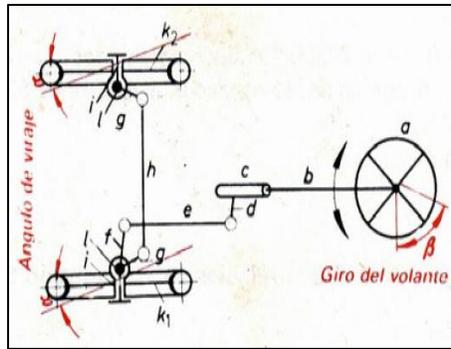
En la dirección por las manguetas del eje se da a las ruedas  $k$  que giran en las manguetas  $i$ , la orden de que viren alrededor de los pivotes de mangueta  $l$ . El giro del volante  $a$  se transmite mediante el husillo de dirección  $b$  al engranaje de dirección (mecanismo de dirección)  $c$  en el cual, el movimiento giratorio se transforma en basculante (de viraje) de la palanca del mecanismo de dirección  $d$ . A través de la biela longitudinal  $e$  y la biela de mando  $f$ , que esta unida solidariamente a la mangueta  $i$ , se ruedan las ruedas delanteras  $k_1$ . La otra rueda  $k_2$ , se vira con la ayuda de la palanca de mando  $g$  y la barra de acoplamiento  $h$  de este modo el sistema de dirección transforma el movimiento de giro del volante en cierto Angulo  $\beta$  en otro de viraje  $\alpha$  de las ruedas dirigidas.

La relación de transmisión de la dirección es la que existe entre el Angulo de giro  $\beta$  del volante y el correspondiente de viraje  $\alpha$  de la rueda dirigida  $k_1$ .

En la dirección la relación de transmisión es su reducción (a más despacio) puesto que un giro grande del volante resulta un solo pequeño de viraje de las ruedas dirigidas. Esta reducción (desmultiplicación) se logra mediante el mecanismo de dirección y las barras articuladas (palancas)

---

<sup>5</sup> (Kindler, H.; Kinast, H., SOCIEDAD ALEMANA COOPERACION TECNICA (GTZ), 1986), Matemática Aplicada para las Técnicas del Automóvil, España



**Figura 2. Relación de transmisión de la dirección**

La relación de transmisión de la dirección se lo logra calcular mediante la siguiente ecuación:

$$i_D = \frac{\beta}{\alpha} \quad [-] \quad (1.)$$

Dónde:

$i_D$ : Relación de transmisión de la dirección [-]

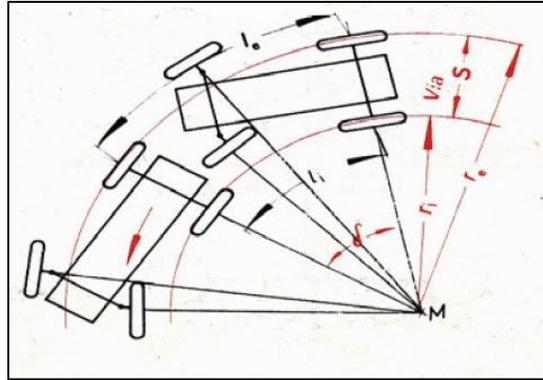
$\beta$ : Angulo de giro del volante [°]

$\alpha$  : Angulo de viraje de las ruedas delanteras [°]

### 6.1.5.2 Recorrido de las ruedas en las curvas.

En las curvas las ruedas de la parte de fuera (exterior) hacen un mayor recorrido que la parte de dentro (parte interior).

El resultado de esto es que las ruedas de fuera giran más deprisa que las de dentro en las curvas (en las ruedas motrices es necesario el diferencial). El radio  $r_e$  de la trayectoria de las ruedas exteriores a la curva es mayor que el radio  $r_i$  de las interiores en el valor de  $S$  que es el ancho entre ruedas o vía.



**Figura 3. Recorridos diferentes de las ruedas**

Con los valores de las longitudes recorridas por las ruedas exteriores o las interiores, las formulas quedan así:

$$l_e = \frac{r_e \cdot \pi \cdot \delta}{180^\circ} \quad (2.)$$

$$l_i = \frac{r_i \cdot \pi \cdot \delta}{180^\circ} \quad (3.)$$

$$S = r_e - r_i \quad (4.)$$

Dónde:

$l_e$  : Longitud recorrida por las ruedas exteriores [m]

$l_i$  : Longitud recorrida por las ruedas interiores [m]

$r_e$  : Radio de la trayectoria de las ruedas exteriores [m]

$r_i$  : Radio de la trayectoria de las ruedas interiores [m]

$S$  : Ancho entre ruedas o vía [m]

$\delta$  : Angulo de arco recorrido [°]

## 6.1.6 Angulo de convergencia, convergencia<sup>6</sup>

### 6.1.6.1 Angulo de convergencia

Al tomar una curva de la rueda interior ha de estar más virada que la exterior.

La diferencia entre ángulos de viraje  $\alpha_i$  y  $\alpha_e$  de las ruedas delanteras se denomina Angulo de convergencia

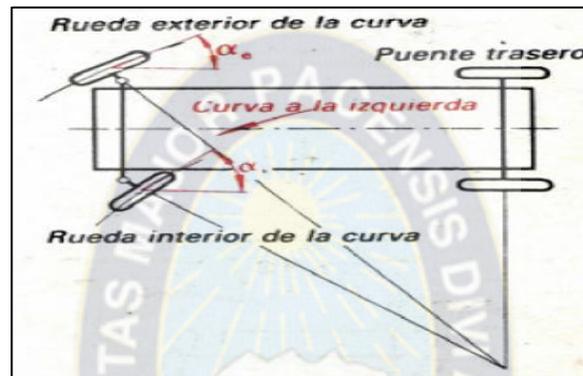


Figura 4. Angulo de viraje en las dos ruedas

$$\gamma = \alpha_i - \alpha_e \quad (5.)$$

Dónde:

$\gamma$  : Angulo de convergencia [°]

$\alpha_i$  : Angulo de viraje de la rueda interior en la curva [°]

$\alpha_e$  : Angulo de viraje de la rueda exterior en la curva [°]

### 6.1.6.2 Convergencia

En la posición recta, las ruedas delanteras no quedan paralelas sino, generalmente, algo metidas hacia dentro por delante (en algunos vehículos van también inclinadas hacia fuera).

<sup>6</sup> (Kindler, H.; Kinast, H., SOCIEDAD ALEMANA COOPERACION TECNICA (GTZ), 1986), Matemática Aplicada para las Técnicas del Automóvil, España

Esa diferencia de paralelismo de las ruedas delanteras se denomina convergencia. Gracias a ella, el varillaje de dirección y los neumáticos se mantienen en tensión y se disminuye la tendencia a vibrar de las ruedas delanteras.

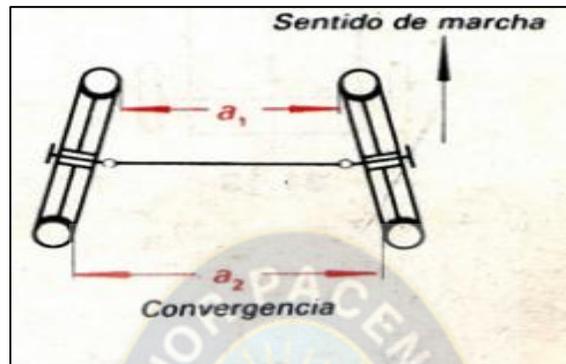


Figura 5. Convergencia

$$c = a_2 - a_1$$

(6.)

Dónde:

$c$  : Convergencia

$a_2$  : Distancia entre llantas por detrás a media altura de la rueda [mm]

$a_1$  : Distancia entre llantas por delante a media altura de la rueda [mm]

## 6.2 Sistema de dirección asistido eléctricamente EPS<sup>7</sup>

La nueva tecnología que se está utilizando es la dirección asistida eléctricamente: Se cambia el motor hidráulico por uno eléctrico que se acciona solo en los momentos necesarios reduciendo el consumo de gasolina. Dirección asistida eléctrica, qué es y cómo funciona

<sup>7</sup> (Castro, 2012), <http://www.guioteca.com/mecanica-automotriz/direccion-asistida-electrica-que-es-y-como-funciona/>

La EPS o dirección asistida eléctricamente tiene como componentes principales un sensor de par montado en el eje del volante, un motor eléctrico acoplado al eje de dirección y un computador que monitorea el funcionamiento y acciona el motor eléctrico. En el momento que se gira el volante, el sensor capta el torque del giro o la fuerza que se le aplica, la que es recibida por el computador de la dirección, el cual acciona el motor eléctrico que ayuda a girar el eje de la cremallera de dirección.

La nueva servodirección EPS no solamente reduce el consumo de combustible en aproximadamente 0,1 litro a los 100 kilómetros, sino que, además, ofrece la posibilidad de elegir entre dos características de regulación. Pulsando la tecla Sport, el reglaje es más deportivo. Esta modalidad también implica una modificación de la línea característica del pedal electrónico del acelerador, que así responde de modo más espontáneo.

El control de estabilidad o como se conoce por sus siglas “ESP” es un sistema de ayuda al conductor que consiste en mantener el vehículo en la trayectoria deseada en los momentos que se pierde el control de éste. Mayormente se conoce con el nombre de “control de estabilidad” o con las siglas en alemán “EPS”, “Elektronisches Stabilitäts-Program” (programa electrónico de estabilidad), pero cada fabricante utiliza su propio nombre<sup>8</sup>:

Alfa Romeo	ASR
Peugeot:	CDS- Controle Dynamique Stabilité
Volvo:	DSA- Dynamic Stability Assistance
Grupo VAG:	ESBS- Electronic Stability Braking System
Jaguar:	ESC- Electronic Stability Control.
Porsche:	PSM- Porsche Stability Management.
Fiat:	VDC- Vehicule Dinamic Control.
Mitsubishi:	MASC

**Tabla 1. Control de estabilidad para diferentes marcas**

La eficacia del control de estabilidad está limitada por la velocidad del vehículo y la adherencia disponible; si la velocidad pasa de un cierto límite para la adherencia dada, el control de estabilidad no puede hacer nada. (Juan Carlos Barrera S. año 2006)

<sup>8</sup> (Barrera S., 2006), <http://www.aficionadosalamecanica.com/direccion-asistida-electrica-y-control-de-estabilidad.ppt>



**Figura 6. Sistema de dirección asistido eléctricamente**

### **6.2.1 Partes de un sistema de dirección asistido eléctricamente EPS<sup>9</sup>**

La caja del sistema de dirección asistido eléctricamente se compone de una parte clásica, cuerpo, piñón, cremallera, empujador, fijador, bieletas y rotulas. Se compone además de una nueva parte, motor eléctrico, engranaje con tornillo sinfín y corona captadora del par con un circuito eléctrico integrado.



**Figura 7. Partes clásica de un sistema de dirección**

<sup>9</sup> (Reyes E., 2012) , <http://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>,p.38-48.



**Figura 8. Partes nuevas del sistema de dirección EPS**

#### **6.2.1.1 Motor eléctrico**

El motor es eléctrico alimentado a través de un módulo de control electrónico de dirección.

La asistencia es variable en función de la velocidad del vehículo y que además la asistencia igualmente está en función al retorno del volante lo cual ayuda también al Angulo de avance. El motor eléctrico gira en ambos sentidos lo cual permite girar al lado derecho de la calzada y también a la izquierda, al margen de todo esto las velocidades del motor de combustión interna también es un indicador para que trabaje el motor eléctrico y dando así la asistencia correspondiente.



**Figura 9. Motor eléctrico de una EPS**

Las partes que componen básicamente un motor eléctrico están compuestas por cuatro escobillas, dos pares de polos de imán fijo y rotor los cuales son el inductor e inducido respectivamente. Generalmente estos son los componentes primordiales que transforman la energía eléctrica en energía mecánica la cual sería la asistencia correspondiente del sistema de dirección EPS.



**Figura 10. Partes de una EP**

#### **6.2.1.2 Reductor –eje volante**

Este conjunto formado por piñón cremallera la cual de la una desmultiplicación adicional del motor eléctrico



**Figura 11.Reductor –eje volante**

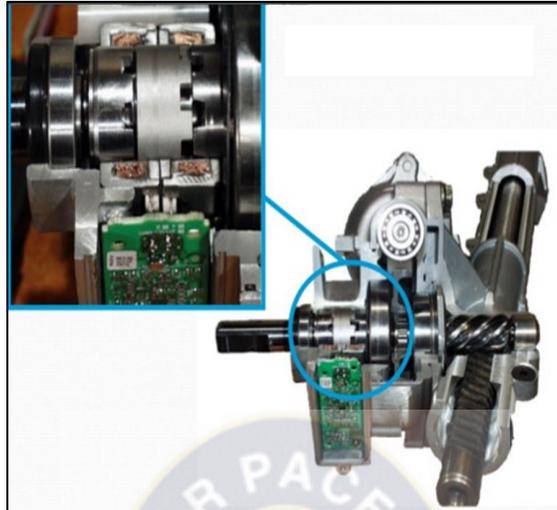
### **6.2.1.3 Sensor de par de dirección**

El sensor de par de dirección tiene la misión de cuantificar el grado de esfuerzo que se está realizando en cada instante por parte del conductor, con este dato se proporcionara la asistencia que deberá proporcionar el sistema según los para metros establecidos en el procesador actualmente la mayoría de las marcas especial atención en este sensor pues la correcta utilización de este elimina le necesidad del sensor de posición del volante

El par de mando a la dirección se mide con la ayuda del sensor de par de dirección directamente en el piñón de dirección. El sensor de par de dirección puede trabajar de varias maneras según el principio magnetoresistivo, resistencia por contacto, o también de forma óptica, con el principio lumínico resistivo.

Está configurado de forma doble (redundante) para establecer el mayor nivel de la fiabilidad posible

El sensor de par de dirección acopla a la columna y la caja de dirección a través de una barra de torsión



**Figura 12. Sensor de par de dirección**

#### **6.2.1.4 Captador de temperatura**

La caja de dirección integra un captador de temperatura. Permite al módulo de control electrónico de la dirección conocer el estado térmico del conjunto de la dirección. A partir de esta información el módulo de control electrónico de la dirección puede reducir la temperatura y de forma progresiva el nivel de asistencia, ya con el fin de proteger el sistema.

#### **6.2.1.5 Módulo de control electrónico de la dirección EPS**

La unidad de control electrónico para la dirección asistida generalmente va fijada directamente al motor eléctrico y al sensor de par, con lo cual se suprime el cableado complejo hacia los componentes de la servodirección.

Basándose en las señales de entrada, tales como:

- La señal del régimen del motor
- El par de dirección
- La señal de velocidad de marcha vehículo
- En otros casos la señal de la llave y el sensor del ángulo de dirección

La unidad de control electrónico de dirección calcula las necesidades momentáneas de servoasistencia para la dirección calcula la intensidad de corriente excitadora y excita correspondientemente al motor eléctrico de asistencia.

La unidad de control tiene integrado un sensor térmico ya mencionado para detectar la temperatura por encima de los 100 grados centígrados se reduce de esta forma continua la servoasistencia para la dirección.

Si la servoasistencia a la dirección cae por debajo de un valor de 60%, el testigo luminoso para la dirección asistida se enciende por amarillo y se inscribe una avería en la memoria

### **6.2.2 Testigo luminoso de averías**

El testigo luminoso se encuentra en la unidad indicadora del cuadro de instrumentos. Se utiliza para avisar sobre funciones anormales o fallos en la dirección asistida eléctricamente.

En algunas marcas el testigo luminoso puede adoptar dos diferentes colores para indicar funciones anormales: si se enciende en amarillo, significa un aviso de menor importancia. Si el testigo luminoso se enciende en color rojo hay que acudir de inmediato al taller.

Al conectar el encendido, el testigo se enciende, porque el sistema de la dirección asistido eléctricamente lleva un círculo de auto chequeo. Solo a partir del momento en que llega la señal procedente de la unidad de control para la dirección asistida, según la cual el sistema trabaja de forma correcta, es cuando el testigo se apaga. Este ciclo de autochequeo tarda unos dos segundos. El testigo se apaga de inmediato en cuanto se arranca el motor.

### **6.2.3 Información del régimen del motor<sup>10</sup>**

Esta información se utiliza para saber si el motor de combustión interna esta encendida o no, según sea el caso el sistema de dirección también se enciende o no respectivamente el caso mencionado.

---

<sup>10</sup> (Reyes E., 2012), <http://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>

La puesta en función del motor de combustión interna es una condición obligatoria para que la asistencia sea operacional, esta información es comunicada por el módulo de control ECM del motor.

#### 6.2.4 Información de la velocidad del vehículo<sup>11</sup>

Esta información se utiliza para adaptar el nivel de asistencia a la velocidad del vehículo. Esta información es de vital importancia para mostrar el nivel de esfuerzo y la mayor estabilidad que puede ofrecer este sistema. La asistencia de puede ver claramente en dos etapas de velocidad del vehículo:

- Velocidad baja o nula la asistencia es muy importante ya que a bajas velocidades el vehículo al tomar una curva o al realizar una destreza para el parqueo el volante tiene que ser de forma relativamente suave.
- Velocidad en aumento o alta, asistencia disminuya progresivamente hasta ser mínima y es cuando se observa que el volante se vuelve más dura y probándonos la mayor estabilidad posible

#### 6.2.5 Funcionamiento<sup>12</sup>

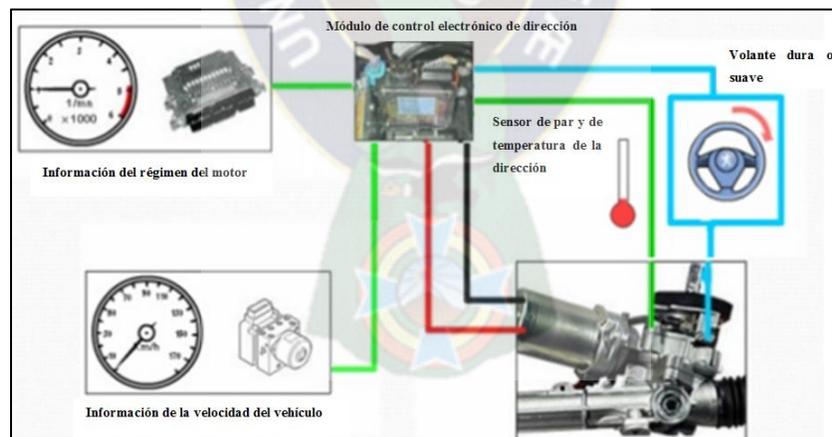


Figura 13. Funcionamiento del EPS

<sup>11</sup> (Reyes E., 2012), <http://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>

<sup>12</sup> (Reyes E., 2012), <http://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>

### **6.3 Diagnóstico y mantenimiento aplicable al sistema de dirección asistido eléctricamente EPS**

#### **6.3.1 Puntos básicos sobre la localización y reparación de averías aplicables a la dirección EPS<sup>13</sup>**

#### **6.3.2 Cómo enfocar la localización y reparación de averías**

Los puntos más importantes para la localización y reparación de averías son los siguientes:

- Identificar correctamente los síntomas del funcionamiento incorrecto.

Cuando localice y repare averías, es importante identificar correctamente los síntomas que el conductor indique.

- Trabajar de manera eficiente para determinar la causa probable a fin de localizar la causa verdadera.

Para llevar a cabo una localización y reparación de averías de manera correcta y rápida, se requiere un trabajo sistemático.

##### **6.3.2.1 La valoración debe ir respaldada por la lógica y por hechos**

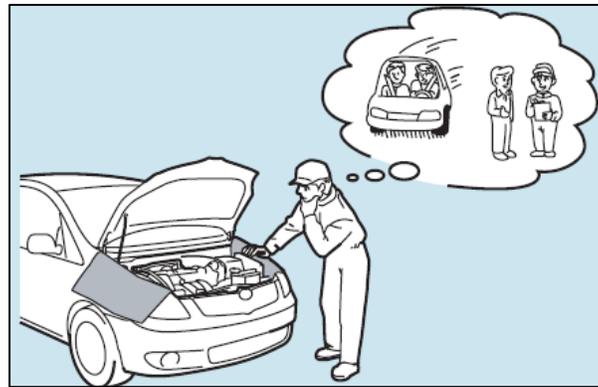
Cuando evalúe la causa, un técnico no debe confiar en su sexto sentido sin ninguna prueba lógica.

Formular la pregunta “¿por qué?” es de suma importancia. Cuando un técnico realiza valoraciones acerca de la causa, debe comprobar si existen hechos que fundamenten esa valoración o no.

Para localizar y reparar la verdadera causa, el técnico debe adoptar el hábito de seguir la relación causa-efecto de cada elemento mediante la observación del ciclo siguiente: valorar y verificar, valorar y verificar.

---

<sup>13</sup> (TOYOTA MOTORS CORPORATION, All right reserved, 2003), Técnico superior de diagnóstico, p.2-5.

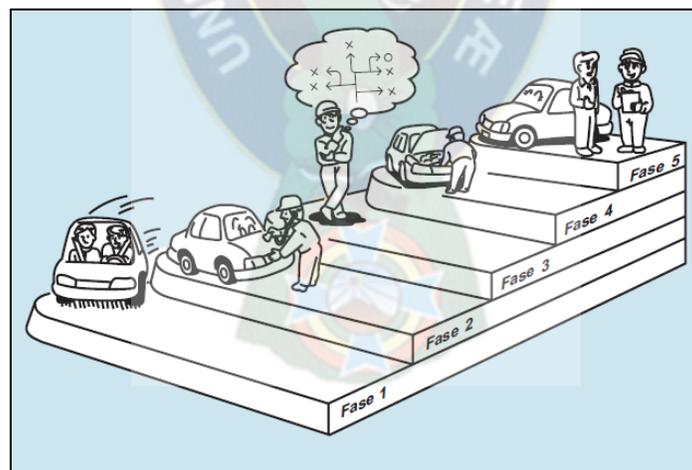


**Figura 14. Valoración y verificación de las fallas**

### **6.3.2.2 Procedimiento de localización y reparación de averías**

El procedimiento de localización y reparación de averías consta principalmente de cinco fases. Cuando un técnico localiza y repara una avería y no sigue el procedimiento apropiado, el funcionamiento incorrecto podría complicarse y el técnico podría terminar realizando una reparación no pertinente debido a una evaluación incorrecta.

Para evitar que esto suceda, el técnico debería conocer las cinco fases a aplicar durante la localización y reparación de averías.



**Figura 15. Cinco fases para localización y reparación de averías.**

#### **6.3.2.2.1 Fase 1: Verificar y reproducir los síntomas**

Verificar y reproducir los síntomas es el primer paso para la localización y reparación de averías. El elemento más importante en la localización y reparación de averías es observar

objetivamente el funcionamiento incorrecto (síntomas) que el cliente indica y realizar una valoración apropiada sin partir de ideas preconcebidas.

Cuando localice y repare averías, el primer paso es reproducir los síntomas que señale el cliente y observarlos

#### **6.3.2.2.1.1 ¿En qué consiste el cuestionario de diagnóstico?**

Para reproducir los síntomas, pregunte al cliente acerca de las condiciones en las que se producen.

<b>Preguntas de diagnóstico</b>	<b>Cuestionario específico</b>
¿Qué?	Síntomas del funcionamiento incorrecto a fin de reproducir los síntomas.
¿Cuándo?	Fecha, hora y frecuencia del funcionamiento incorrecto
¿Dónde?	Estado de la carretera, etc.
¿En qué condiciones?	Condiciones de conducción, climatológicas
Qué ocurre	Cómo se aprecian los síntomas

**Tabla 2. Interrogantes para el buen diagnóstico de averías**

#### **6.3.2.2.2 Fase 2: Determinar si constituye un funcionamiento incorrecto o no**

Cuando un cliente presenta una queja por alguna anomalía, puede tratarse de varios casos. No todos los síntomas están relacionados con funcionamientos incorrectos, sino que pueden ser características inherentes de ese vehículo. Si un técnico repara un vehículo que no presenta ningún funcionamiento incorrecto, no sólo estará malgastando valioso tiempo, sino que perderá la confianza del cliente.

¿En qué consiste un funcionamiento incorrecto?

Una condición anómala que se produce en una parte determinada del equipo, provocando un funcionamiento defectuoso.

#### **6.3.2.2.3 Fase 3: Evaluar la causa del funcionamiento incorrecto**

La evaluación de la causa del funcionamiento incorrecto debería realizarse de manera sistemática basándose en el síntoma de funcionamiento incorrecto que el técnico ha confirmado.

Para evaluar de manera precisa la causa del funcionamiento Incorrecto

- Si el funcionamiento incorrecto se ha producido varias veces, ¿existe un denominador común entre dichas apariciones?
- ¿Existe algún hábito del cliente que pueda influenciar el funcionamiento del vehículo?
- ¿Cuál fue la causa de un funcionamiento incorrecto similar reparado en el pasado?
- ¿Hubo algún elemento precursor al funcionamiento incorrecto en el historial de reparación pasado?

De este modo, la valoración de la causa deberá enfocarse desde una perspectiva más amplia.

#### **6.3.2.2.4 Fase 4: Inspeccionar el área sospechosa y determinar la causa**

La localización y reparación de averías es un proceso repetitivo de paso a paso que busca identificar la causa verdadera de un funcionamiento incorrecto a partir de unos hechos (datos) obtenidos a través de la verificación (inspección).

Puntos importantes en la inspección

- Inspeccione el elemento sistemáticamente a partir de las funciones del vehículo, su construcción y funcionamiento.
- Comenzando con una inspección del funcionamiento de los sistemas, acote la causa progresivamente hasta inspeccionar piezas individuales.
- Utilice un probador para la inspección siempre que sea posible (las cifras serán útiles para su estudio).

#### **6.3.2.2.5 Fase 5: Prevención frente a la reparación**

Una reparación se completa no sólo cuando se elimina el funcionamiento incorrecto, sino cuando también se elimina la posibilidad de una repetición.

Puntos importantes para evitar una nueva aparición

¿Se trata de una aparición individual o la causa hay que buscarla en otra pieza?

¿Se debe a la vida útil de la pieza?

¿Se debe a un mantenimiento inadecuado?

¿Se debe a una manipulación o manejo no apropiado?

¿Se debe a condiciones de uso incorrectas?

### 6.3.3 Diagrama de ISHIKAWA aplicado al diagnóstico de la dirección EPS<sup>14</sup>

#### 6.3.3.1 Diagrama de ISHICAWA

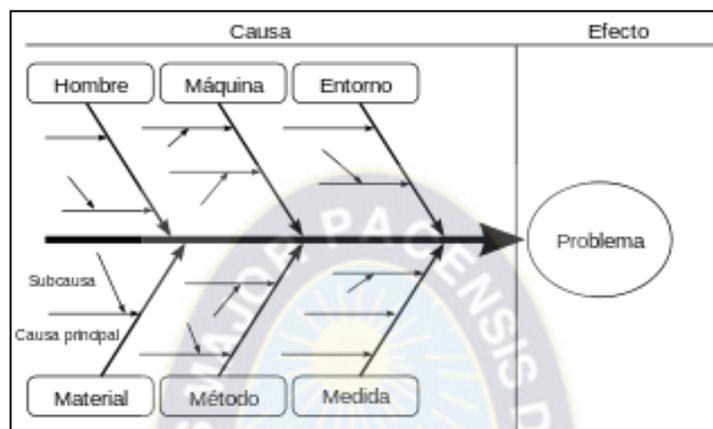


Figura 16. Diagrama de ISHICAWA (espina de pez)

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de Grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez. Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas o *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control.

<sup>14</sup> (Wikipedia, 2015), [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)

### **6.3.3.1.1 Causa**

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos como la salud, calidad de productos y servicios, fenómenos sociales, organización, etc. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas -como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo.

### **6.3.3.1.2 Procedimiento**

Para empezar, se decide qué característica de calidad, salida o efecto se quiere examinar y continuar con los siguientes pasos:

1. Hacer un diagrama en blanco.
2. Escribir de forma concisa el problema o efecto.
3. Escribir las categorías que se consideren apropiadas al problema: máquina, mano de obra, materiales, métodos, son las más comunes y se aplican en muchos procesos.
4. Realizar una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
5. Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces.  
¿Por qué no se dispone de tiempo necesario?  
¿Por qué no se dispone de tiempo para estudiar las características de cada producto?.
6. Empezar por enfocar las variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

### **6.3.3.1.3 Causas y espinas**

Para crear y organizar las espinas de un diagrama, hay que considerar lo siguiente:

1. Todas las espinas deben ser causas posibles.
2. Todas las causas deben ser presentadas en las vías que indiquen cómo se relacionan con el problema.
3. La disposición de las espinas debe reflejar las relaciones entre las causa.

### **6.3.4 Diagrama de PARETO aplicado al diagnóstico del sistema de dirección asistido eléctricamente EPS**

#### **6.3.4.1 Diagrama de PARETO<sup>15</sup>**

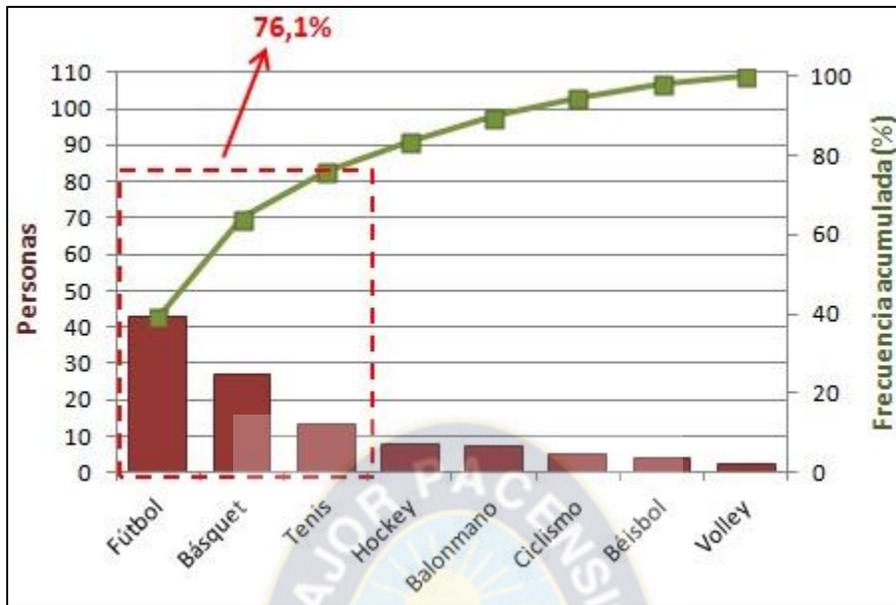
El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades. Con el uso de Excel se puede construir fácilmente un Diagrama de Pareto según se detalla en el artículo Cómo hacer un Diagrama de Pareto con Excel.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

---

<sup>15</sup> (Wikipedia, 2015), [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Pareto](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pareto)



**Figura 17. Diagrama de PARETO**

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos y rebotes internos del pronosticado.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla.

### **6.3.5 Mantenimiento aplicado a la dirección EPS**

#### **6.3.5.1 Tipos de mantenimiento<sup>16</sup>**

Los tipos de mantenimiento se pueden clasificar por diferentes aspectos, las cuales serán mencionadas:

- Según la especialidad de tarea
- Según su peligrosidad
- Según la naturaleza de la tareas a realizar

<sup>16</sup> (Garcia, 2014), <https://www.youtube.com/watch?v=yTMId3P-6Wk>

#### **6.3.5.1.1 Según la especialidad de tarea**

- Mantenimiento mecánico
- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento de instrumentación

#### **6.3.5.1.2 Según su peligrosidad**

Estas se clasifican de acuerdo al permiso de trabajo y son las siguientes:

- Mantenimiento sin permiso de trabajo
- Mantenimiento con permiso de trabajo

#### **6.3.5.1.3 Según la naturaleza de las tareas a realizar**

Según la naturaleza de las tareas a realizar se clasifican en los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento conductivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento cero horas.
- Mantenimiento modificativo.

##### **6.3.5.1.3.1 Mantenimiento correctivo.**

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos, normalmente estas tareas son comunicadas al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

En la mayoría de los casos, la detección del problema se realiza de una manera rápida y eficaz con el fin de que este no pase a mayores, ya que en muchas instalaciones resulta conveniente minimizar o tratar de evitar este tipo de intervenciones.

#### **6.3.5.1.3.2 Mantenimiento preventivo.**

Es el conjunto de tareas de mantenimiento que tienen por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, para ello se programan revisiones e intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

Este tipo de mantenimiento suele tener un carácter sistemático, es decir se intervienen aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

#### **6.3.5.1.3.3 Mantenimiento conductivo.**

Es un conjunto de tareas de mantenimiento básico de un equipo realizado por el operador el conductor del vehículo mismo.

Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, ajuste de parámetros) para los que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve.

El mantenimiento conductivo mejora el conocimiento de los operadores sobre las máquinas que operan y les ayuda a entender que las máquinas y su cuidado no solo es cuestión del departamento de mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento es la base de TPM (total productive maintenance, mantenimiento total productivo), y en muchas instalaciones convierte en una actividad imprescindible para la mejora de resultados.

#### **6.3.5.1.3.4 Mantenimiento predictivo.**

Es el conjunto de tareas que persiguen conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables. Representativas de tal estado y su operatividad.

Para aplicar este tipo de tareas de mantenimiento, es necesario identificar variables físico químicas (composición, temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea identificativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

Este tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y a veces de fuerte conocimiento matemático, físico y técnico.

#### **6.3.5.1.3.5 Mantenimiento cero horas.**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes que aparezcan ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo han disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva.

La aplicación de este conjunto de tareas tiene como objetivo dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir como si fuera nuevo.

En estas revisiones se sustituyen o se reacondicionan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

#### **6.3.5.1.3.6 Mantenimiento modificativo.**

Consiste en modificar la instalación para evitar que sucedan determinadas averías.

¿Es realmente mantenimiento?

En muchas instalaciones, para conseguir los objetivos de disponibilidad y fiabilidad, es imprescindible modificar la instalación para corregir o mejorar un diseño.

## **7 MARCO PRÁCTICO**

### **7.1 Diagnóstico del sistema de dirección asistido eléctrico EPS en la marca SUZUKI WAGON R+**

#### **7.1.1 Diagnostico**

El sistema P/S de este vehículo está controlado por el módulo de control P/S. El módulo de control P/S tiene un sistema de diagnóstico a bordo que detecta un mal funcionamiento de este sistema.

Para el diagnóstico de averías, asegúrese de entender totalmente las generalidades del sistema de diagnóstico a bordo de cada punto en las precauciones para el diagnóstico de averías y ejecute el diagnóstico de acuerdo con el diagrama de flujo de inspección del sistema.

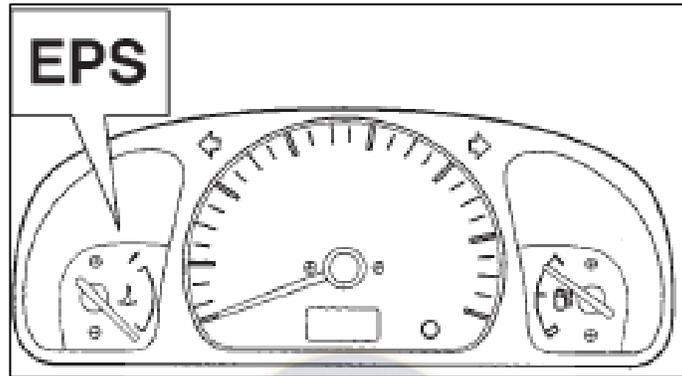
### **7.1.2 Precauciones para el diagnóstico de averías.**

- Anote el DTC indicado en primer lugar.
- Cuando se producen dos o más averías, sus DTC aparecen una vez empezando por el código de número más bajo y hacia arriba.
- Indica DTC C1122 (patrón de destello: 22) (fallo de señal de velocidad de motor) cuando el interruptor de encendido está en ON y el motor no funciona pero la indicación cambia a una normal cuando arranca el motor; significa que no hay nada anormal.
- Como se memoriza el DTC en la memoria de respaldo del módulo de control P/S, asegúrese de borrar la memoria después de la reparación realizando el procedimiento descrito en el borrado de DTC.
- Si hay múltiple número de DTC y sólo uno de ellos es un DTC actual, la luz “EPS” permanece encendida después de arrancar el motor. Por lo tanto, no es posible identificar ninguno de ellos como actual o antiguo. (El uso de una herramienta de exploración SUZUKI permite identificarlos.)

### **7.1.3 Diagnóstico a bordo**

El módulo de control P/S realiza un diagnóstico a bordo (autodiagnóstico) del sistema y hace funcionar la luz “EPS” (luz indicadora de mal funcionamiento (MIL)) de la siguiente forma.

- Se enciende MIL (luz “EPS”) cuando se gira el interruptor de encendido a la posición ON (con el motor parado) sea cual sea el estado del sistema P/S. Esto es sólo a los efectos de inspeccionar la bombilla de MIL (luz “EPS”) y su circuito.
- Si las áreas controladas por el módulo de control P/S están libres de averías después del arranque del motor (con el motor en marcha), se apaga la MIL (luz “EPS”).
- Cuando el módulo de control P/S detecta que se produjo una avería en las áreas, la MIL (luz “EPS”) se enciende cuando el motor está en marcha para avisarle al conductor que se ha producido un problema y al mismo tiempo memoriza el lugar exacto de la avería en la memoria de respaldo del módulo de control P/S



**Figura 18. Luz testigo de avería MIL**

#### **7.1.4 Inspección de DTC**

##### **7.1.4.1 Inspección de la DTC sin la herramienta de exploración.**

- 1) Compruebe que la MIL (luz “EPS”) se enciende cuando gire el interruptor de encendido a ON. (Si no se enciende, vaya al diagrama de flujo 1)
- 2) Coloque tacos en las ruedas, mueva la palanca de cambios a punto muerto y levante completamente el freno de estacionamiento.
- 3) Arranque el motor.
- 4) Utilice el cable de servicio para hacer puente entre el terminal del interruptor de diagnóstico y el terminal a tierra del acoplador monitor.
- 5) Confirme los DTC con el patrón de destellos de la MIL (luz “EPS”). (Consulte el cuadro de DTC.) Si no puede indicar el patrón de destellos de DTC, vaya al diagrama de flujo 1
- 6) Después de completar la inspección, gire el interruptor de encendido a OFF y desconecte el cable de servicio del acoplador del monitor.

##### **7.1.4.2 Borrado de la DTC sin la herramienta de exploración Suzuki.**

- 1) Gire el interruptor de encendido a ON y espere 2 segundos o más.
- 2) Utilice el cable de servicio y repita el ciclo de hacer puente y abrir la conexión entre el terminal del interruptor de diagnóstico y el terminal a tierra del acoplador monitor 5 veces con intervalos de 1 segundo.

3) Realice la inspección de DTC y compruebe que aparece el DTC de normal (patrón de destello: 12) y ningún DTC de avería.



**Figura 19. Acoplador del Monitor**

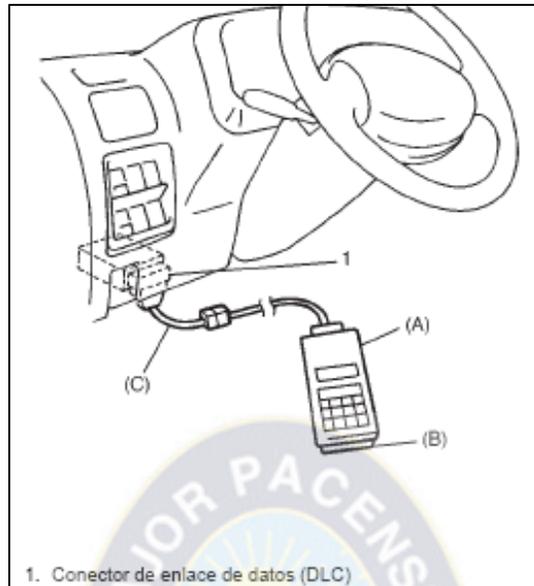
#### **7.1.4.3 Inspección de DTC con la herramienta de exploración Suzuki**

- 1) Gire el interruptor de encendido a OFF.
- 2) Después de instalar el cartucho, conéctelo en el conector de enlace de datos (DLC) que está debajo del tablero de instrumentos del lado del conductor.

#### **Herramienta especial**

- (A): Scanner automotriz
- (B): Cartucho para memoria masiva
- (C): Conector OBD II

- 3) Gire el interruptor de encendido a ON.
- 4) Confirme los DTC de acuerdo a las instrucciones que aparecen en la herramienta de exploración SUZUKI e imprima o anote los números. Para más detalles, refiérase al manual de instrucciones de la herramienta de exploración SUZUKI.
- 5) Después de completar la inspección, gire el interruptor de encendido a OFF y desconecte la herramienta de exploración SUZUKI del conector de enlace de datos (DLC).

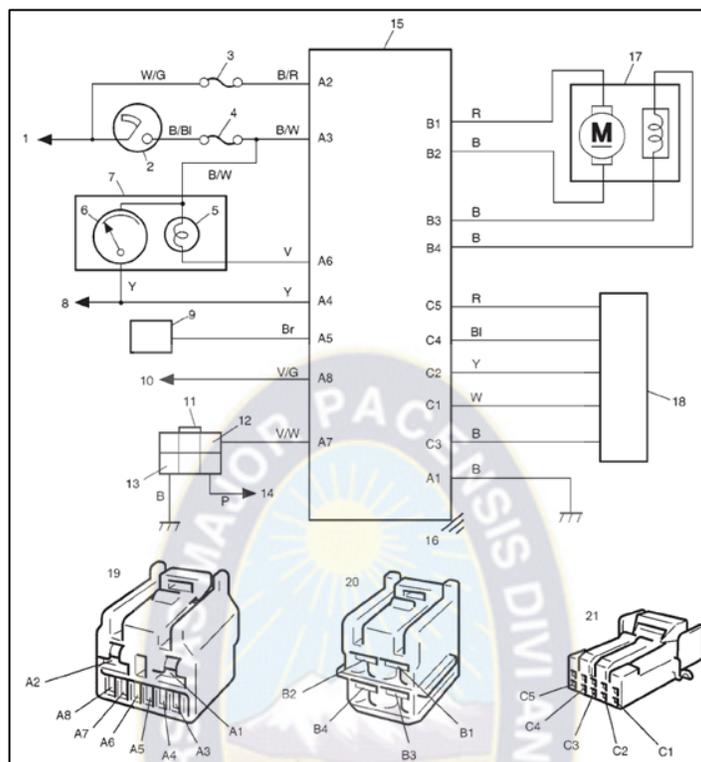


**Figura 20. Herramienta de exploración Suzuki**

#### **7.1.4.4 Borrado de DTC con la herramienta de exploración Suzuki**

- 1) Gire el interruptor de encendido a OFF.
- 2) Después de instalar el cartucho, conéctelo en el conector de enlace de datos (DLC) que está debajo del tablero de instrumentos del lado del conductor.
- 3) Gire el interruptor de encendido a ON.
- 4) Borre los DTC de acuerdo a las instrucciones que aparecen en la herramienta de exploración Suzuki. Para más detalles, refiérase al manual de instrucciones de la herramienta de exploración Suzuki.
- 5) Después de completar la inspección, gire el interruptor de encendido a OFF y desconecte la herramienta de exploración Suzuki del conector de enlace de datos (DLC).

## 7.1.5 Inspección de la EPS de Suzuki WAGON R+ mediante diagramas de flujos

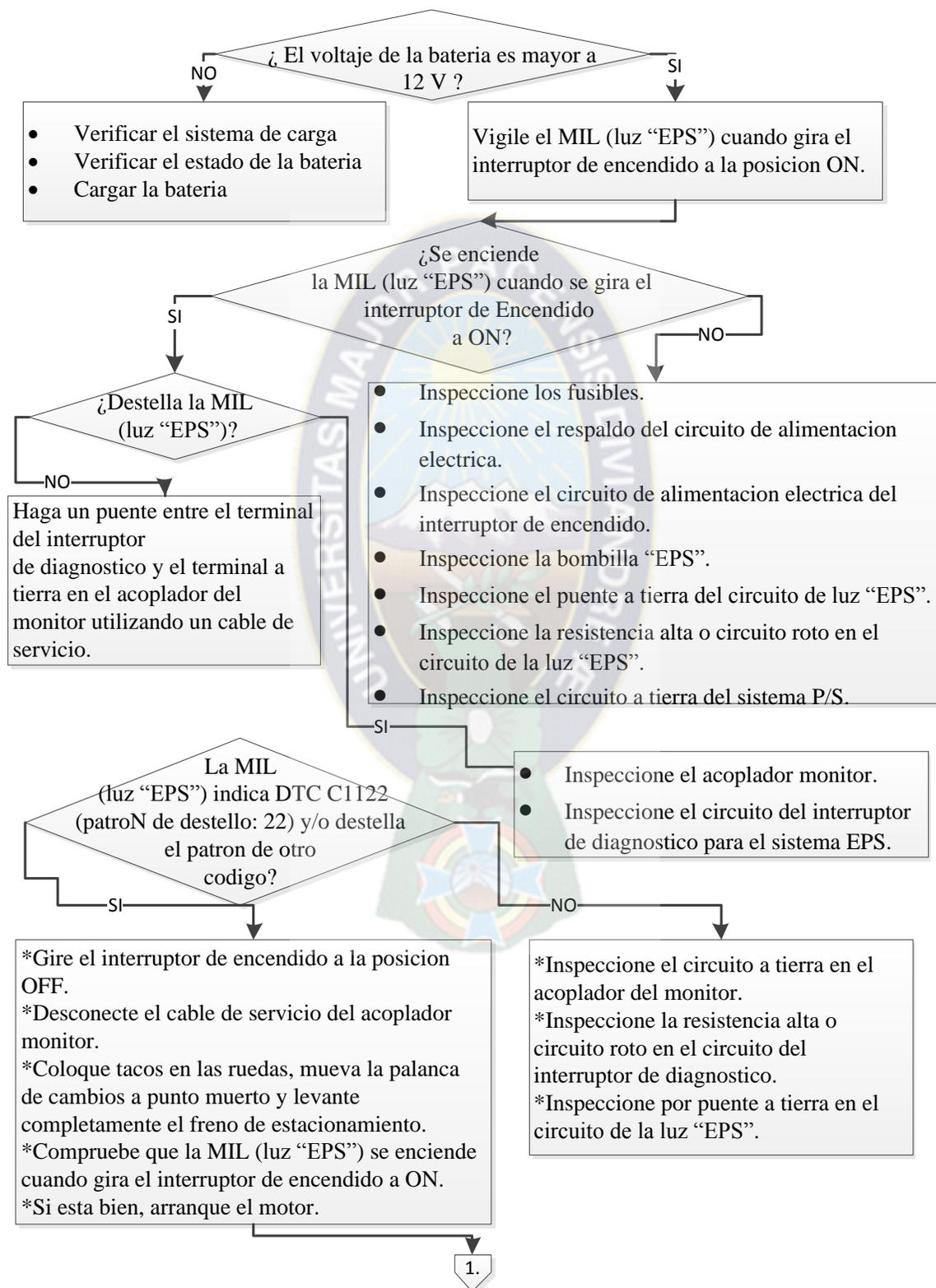


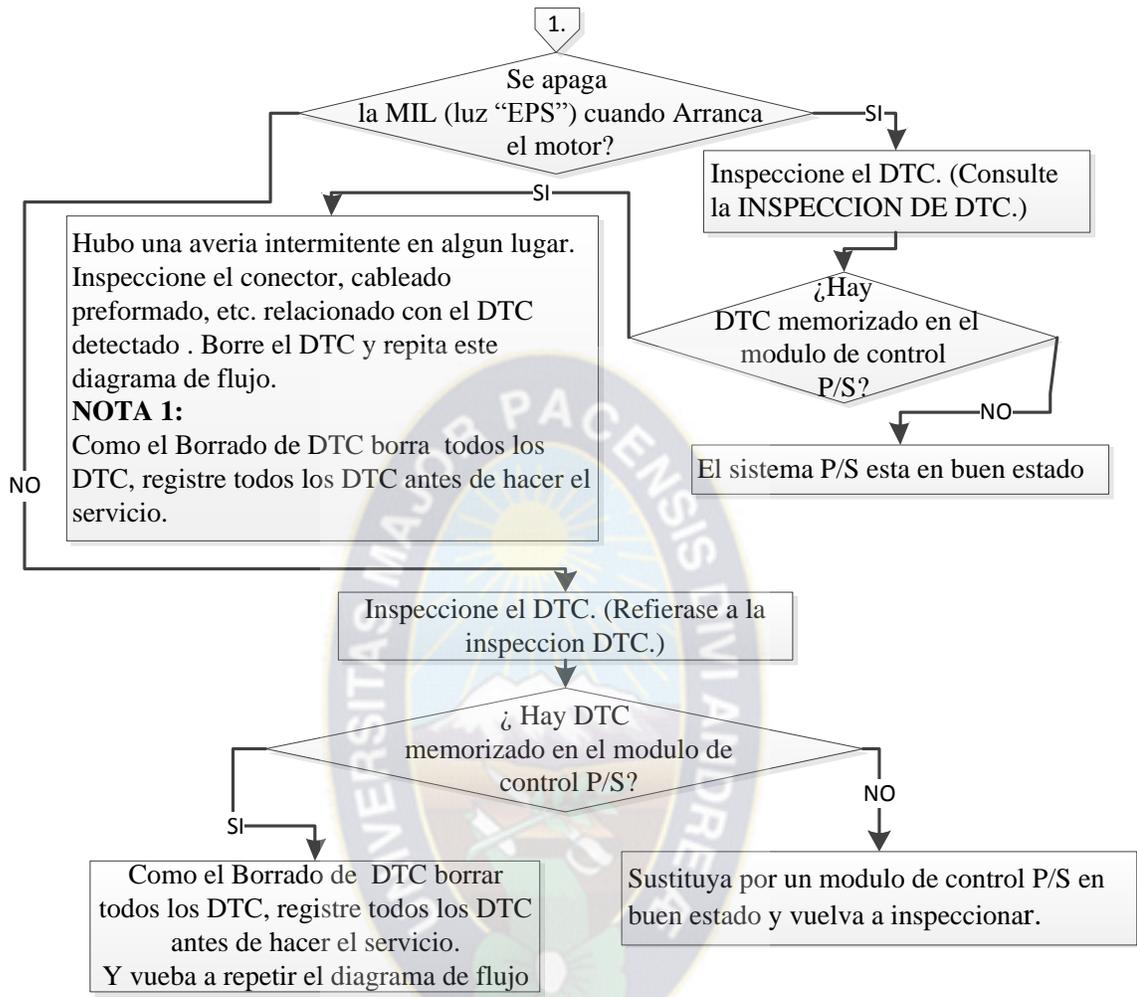
**Figura 21. Diagrama del cableado**

1. Al fusible principal
2. Interruptor de encendido
3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
5. Luz indicadora de mal funcionamiento (MIL) (Luz "EPS")
6. Velocímetro
7. Medidor combinado
15. Módulo de control P /S
16. Tierra del cuerpo del módulo de control P /S
17. Motor y embrague
18. Sensor de torsión
19. Conector "A"
20. Conector "B"
21. Conector "C"
8. Al sensor de velocidad del vehículo (VSS)
9. ECM
10. Conector de enlace de datos (DLC)
11. Acoplador del monitor
12. Terminal del interruptor de diagnóstico (para el sistema P / S)
13. Terminal a tierra
14. Al módulo de control ABS (si está instalado)

### 7.1.5.1 Inspección del sistema

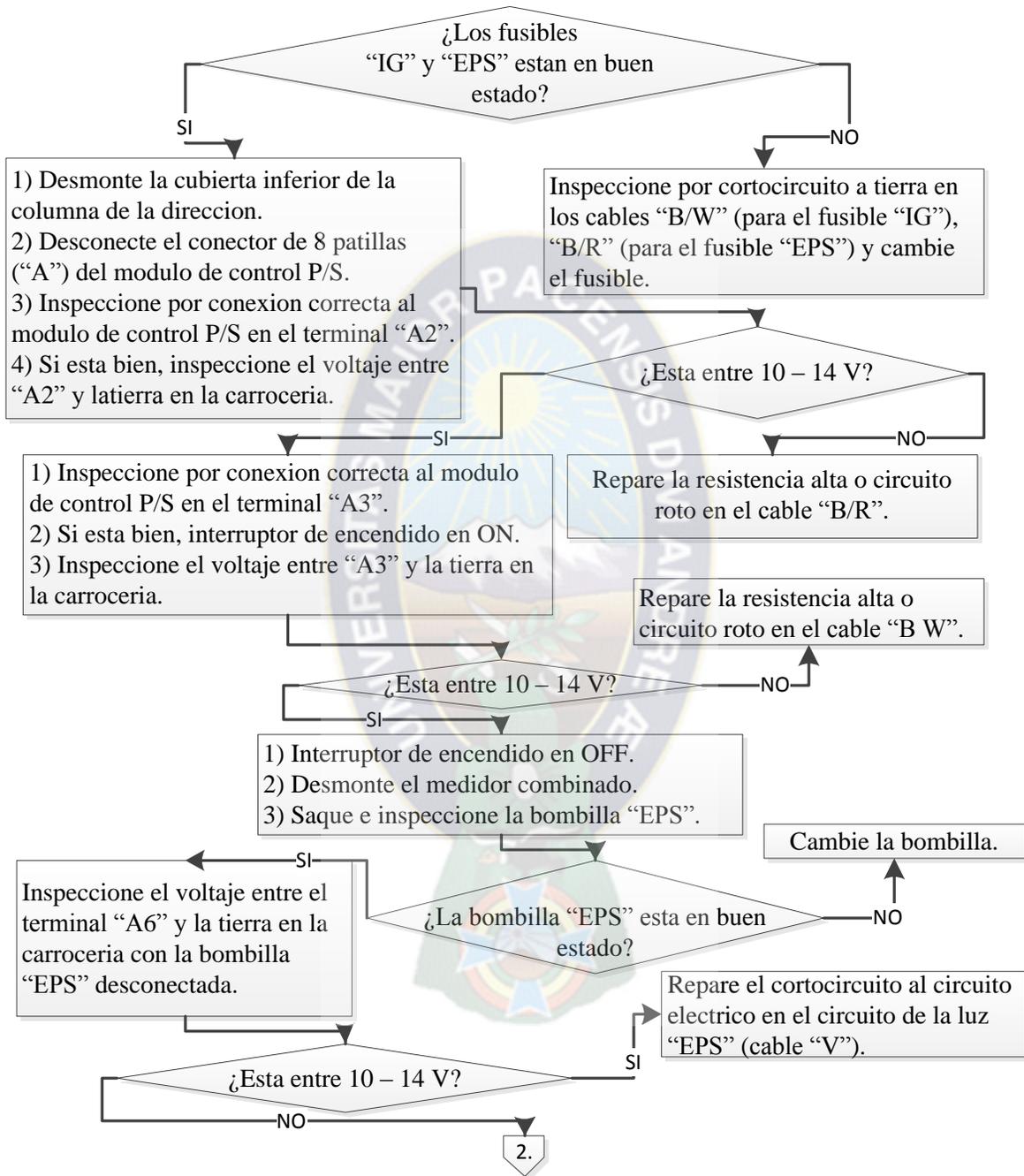
Diagrama de flujo 1. Inspección del sistema de dirección EPS





### 7.1.5.2 NO enciende la MIL.

Diagrama de flujo 2. Inspección del circuito MIL (no se enciende MIL)



2.

- 1) Instale la bombilla "EPS" y el medidor combinado.
- 2) Inspeccione por conexión correcta al módulo de control P/S en el terminal "A6".
- 3) Si esta bien, haga puente entre el terminal "A6" y la tierra en la carrocería con el conector "A" desconectado.

¿Se enciende la luz "EPS" con el interruptor de encendido en ON?

SI

NO

- 1) Compruebe que el módulo de control P/S está firmemente instalado en el conjunto de la columna de la dirección (inspeccione por tierra en la carrocería del módulo de control P/S).
- 2) Si esta bien, inspeccione la resistencia entre el terminal "A1" y la tierra en la carrocería

Repare la resistencia alta o circuito roto en la luz "EPS" (cable "V").

Sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.

¿Es la resistencia de 1  $\Omega$  o menos?

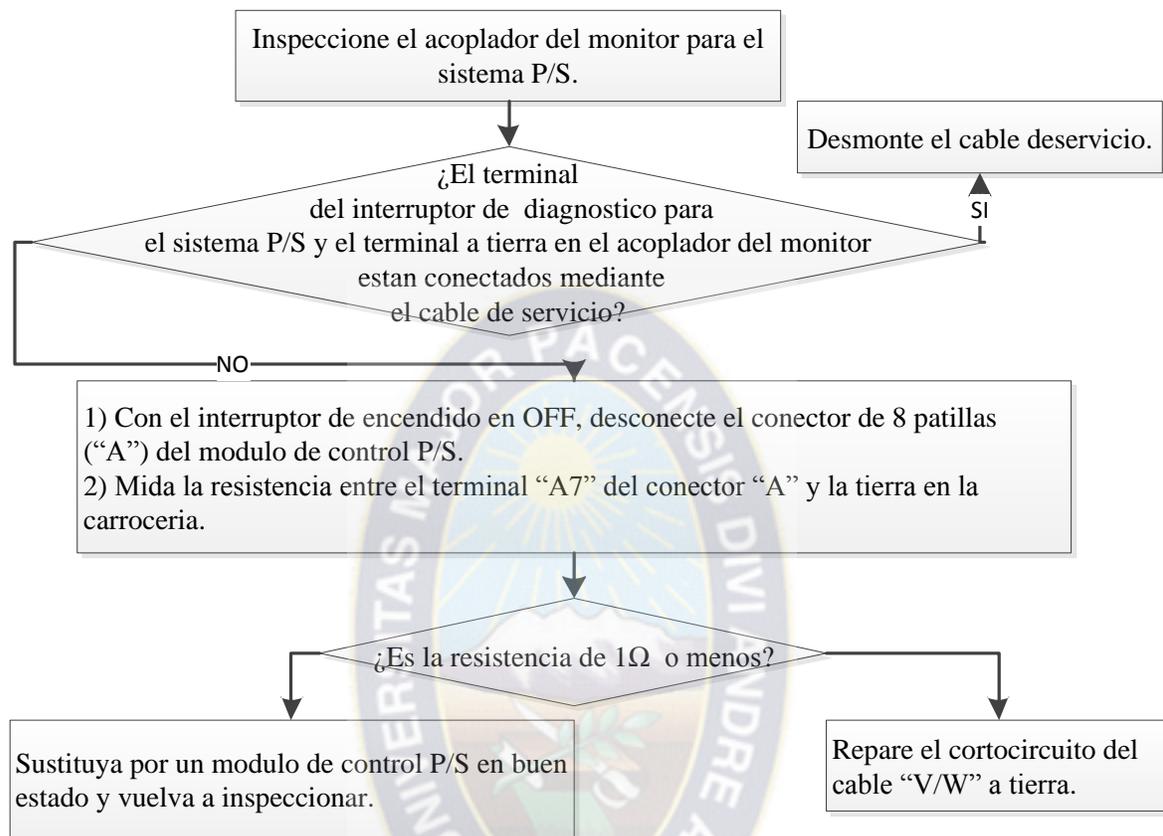
SI

NO

Repare el circuito a tierra en mal estado (cable "B").

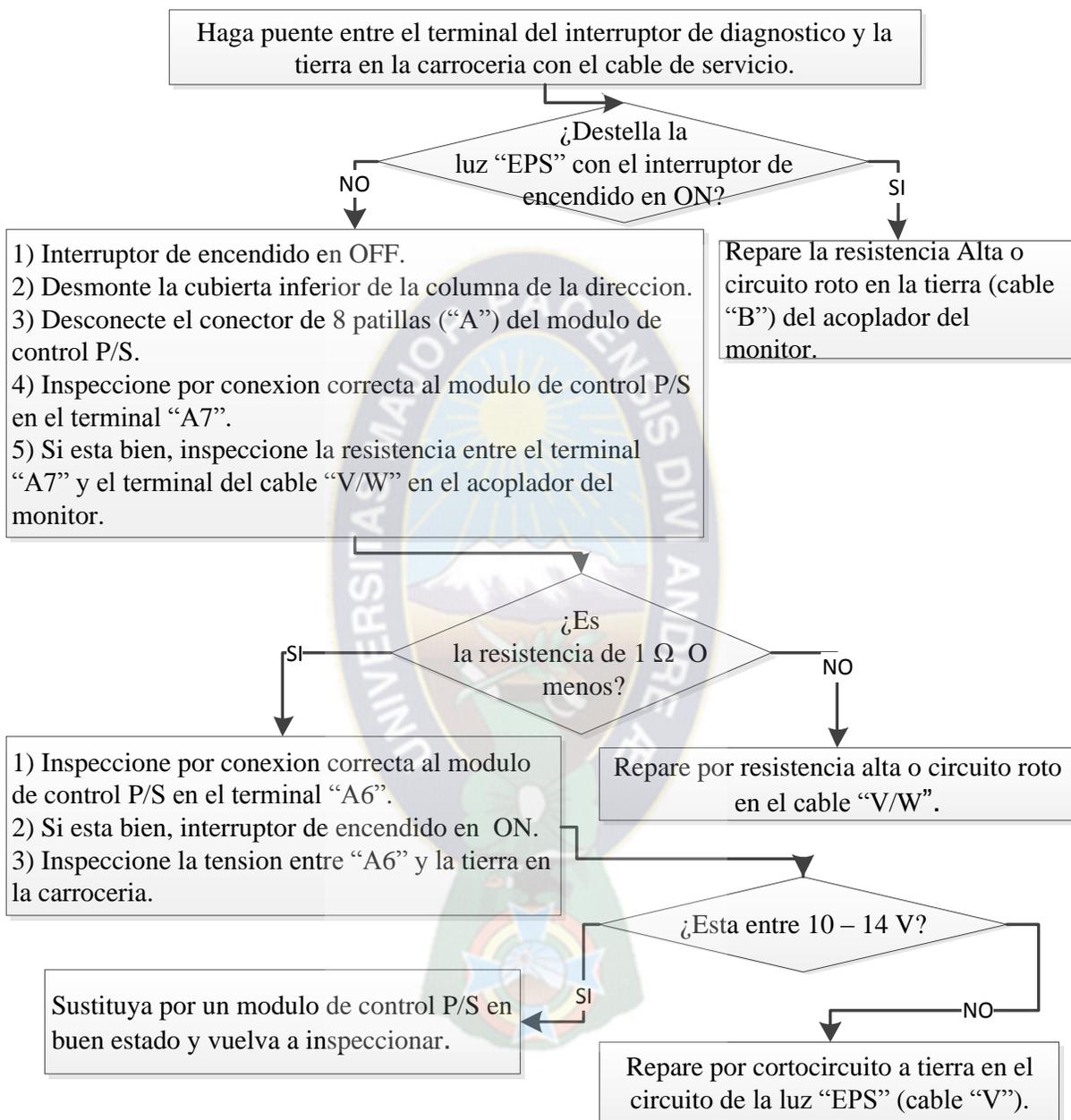
### 7.1.5.3 La MIL destella

#### Diagrama de flujo 3. Inspección del circuito MIL (Destella MIL)



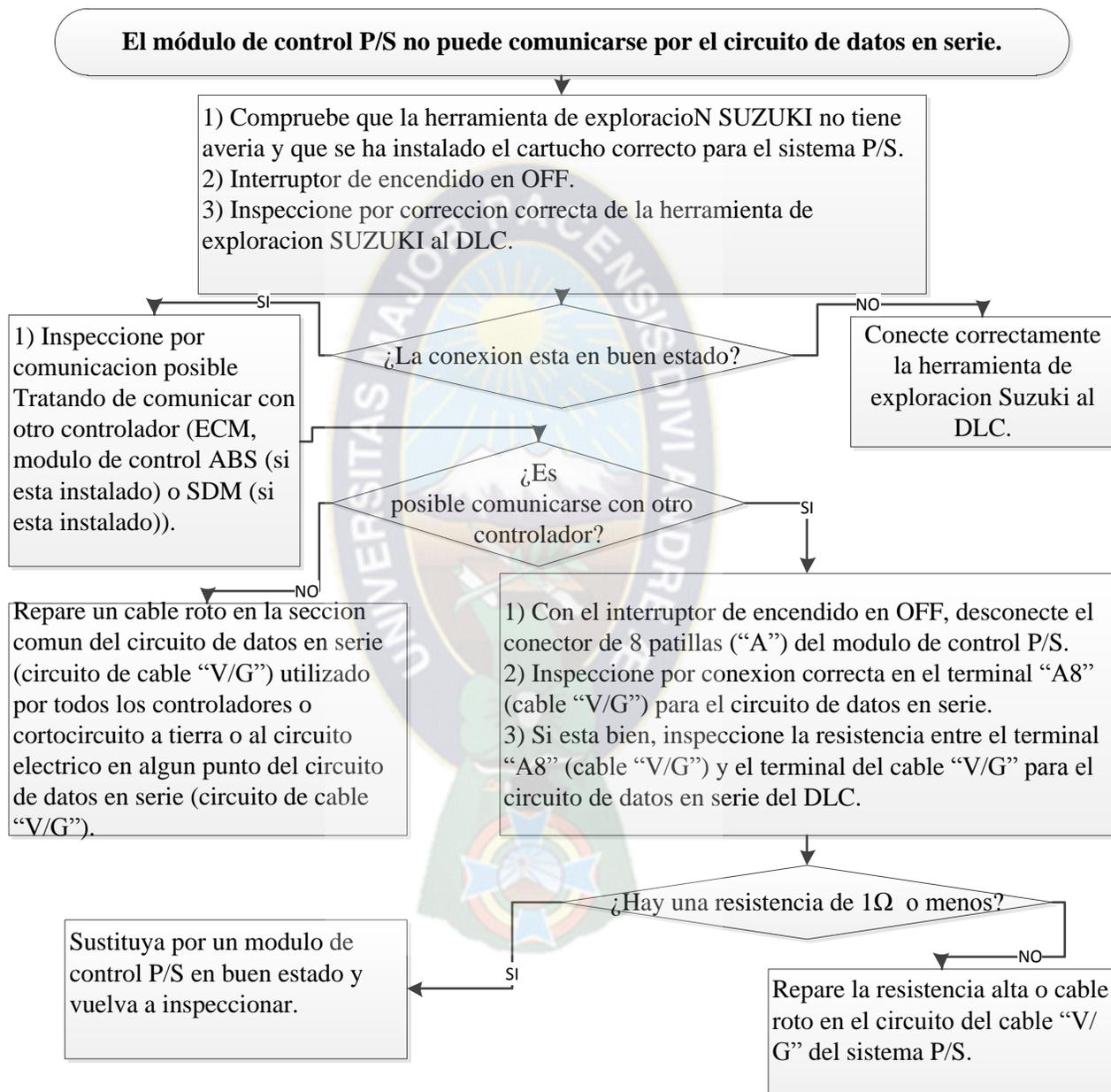
#### 7.1.5.4 MIL permanece encendida después del arranque

Diagrama de flujo 4. Inspección del circuito MIL (MIL permanece encendido)



**7.1.5.5 El módulo de control P/S no puede comunicarse por el circuito de datos en serie.**

**Diagrama de flujo 5. El módulo de la EPS no se comunica por el circuito de datos en serie**



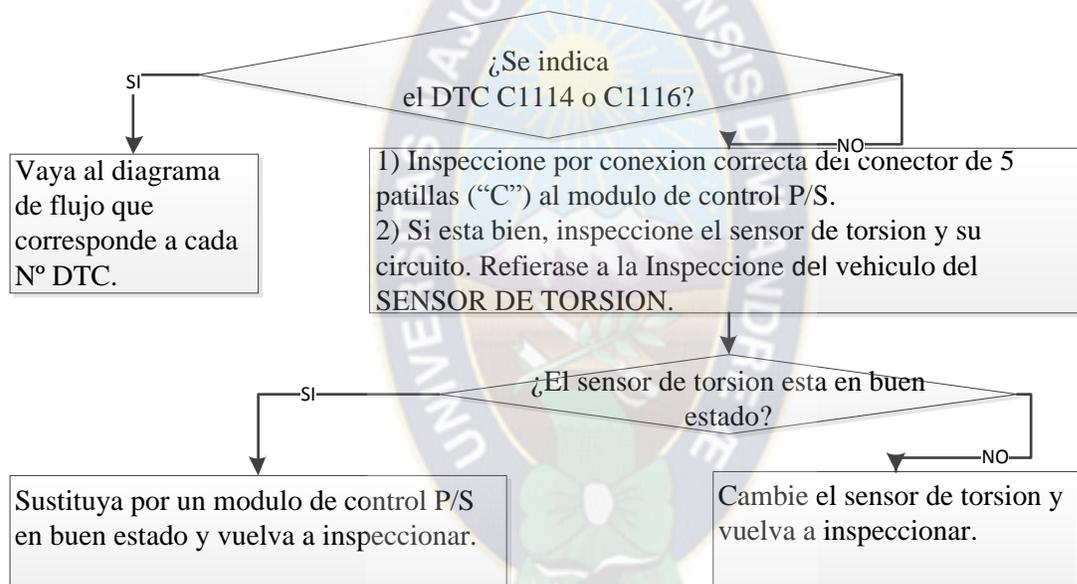
## 7.1.6 Inspección de los diferentes DTC del sistema EPS

### 7.1.6.1 Diagnóstico de falla del sensor de torque

Los códigos de diagnósticos de averías DTC del sensor de torsión son las siguientes:

- DTC C1111 avería del circuito principal del sensor de torsión.
- DTC C1113 avería del circuito principal y secundario del sensor de torsión
- DTC C1115 avería del circuito secundario del sensor torsión.

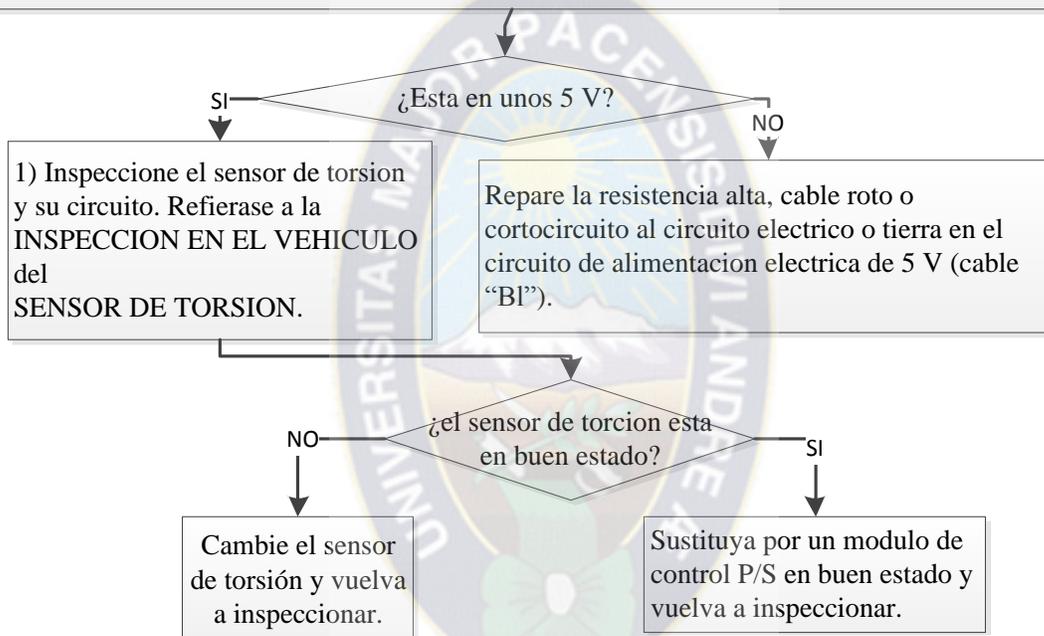
#### Diagrama de flujo 6. Diagnóstico de falla del sensor de torque



### 7.1.6.2 DTC C1114 Avería del circuito de alimentación eléctrica de 5V del sensor de torsión

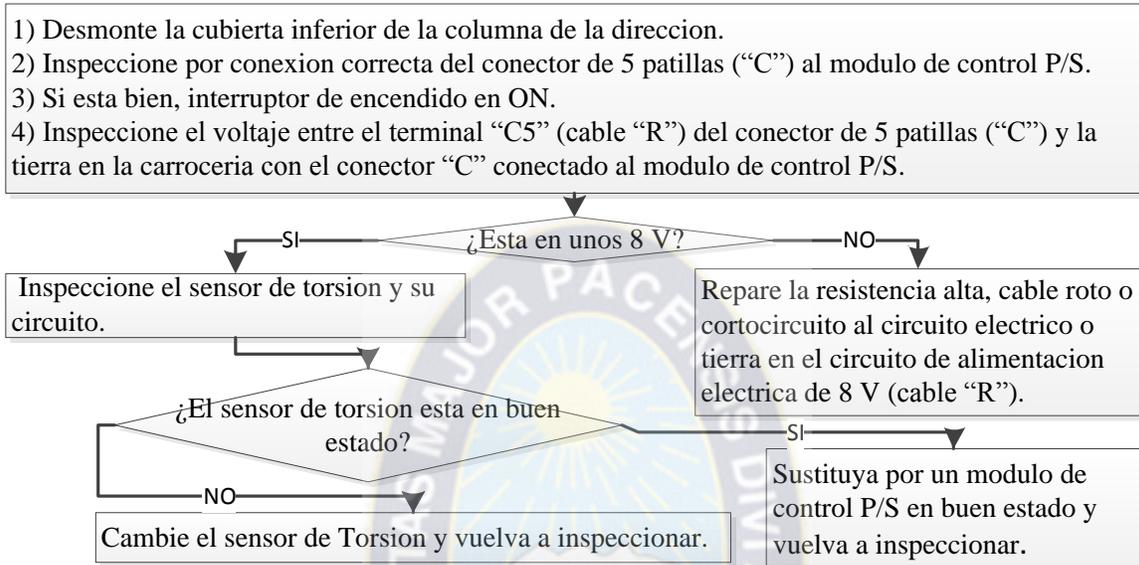
#### Diagrama de flujo 7. Inspección del circuito de alimentación de 5V del sensor de torsión

- 1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección.
- 2) Inspeccione por conexión correcta del conector de 5 patillas ("C") al módulo de control P/S.
- 3) Si está bien, interruptor de encendido en ON.
- 4) Inspeccione el voltaje entre el terminal "C4" (cable "BI") del conector de 5 patillas ("C") y la tierra en la carrocería con el conector "C" conectado al Módulo de control P/S.



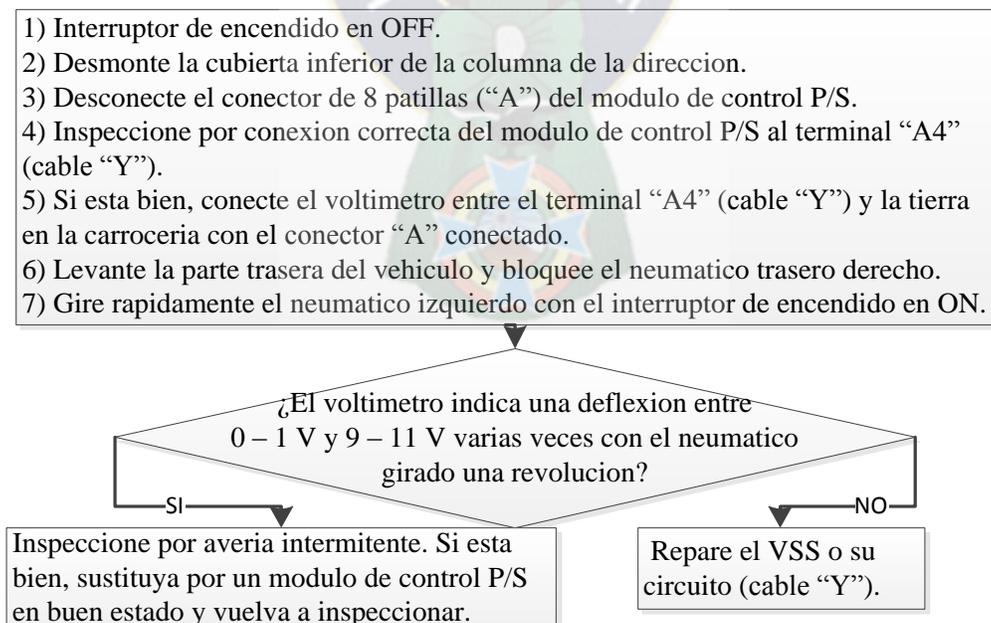
### 7.1.6.3 DTC C1116 Avería del circuito de alimentación eléctrica de 8V del sensor de torsión

#### Diagrama de flujo 8. Inspección de alimentación 8V del sensor de torsión



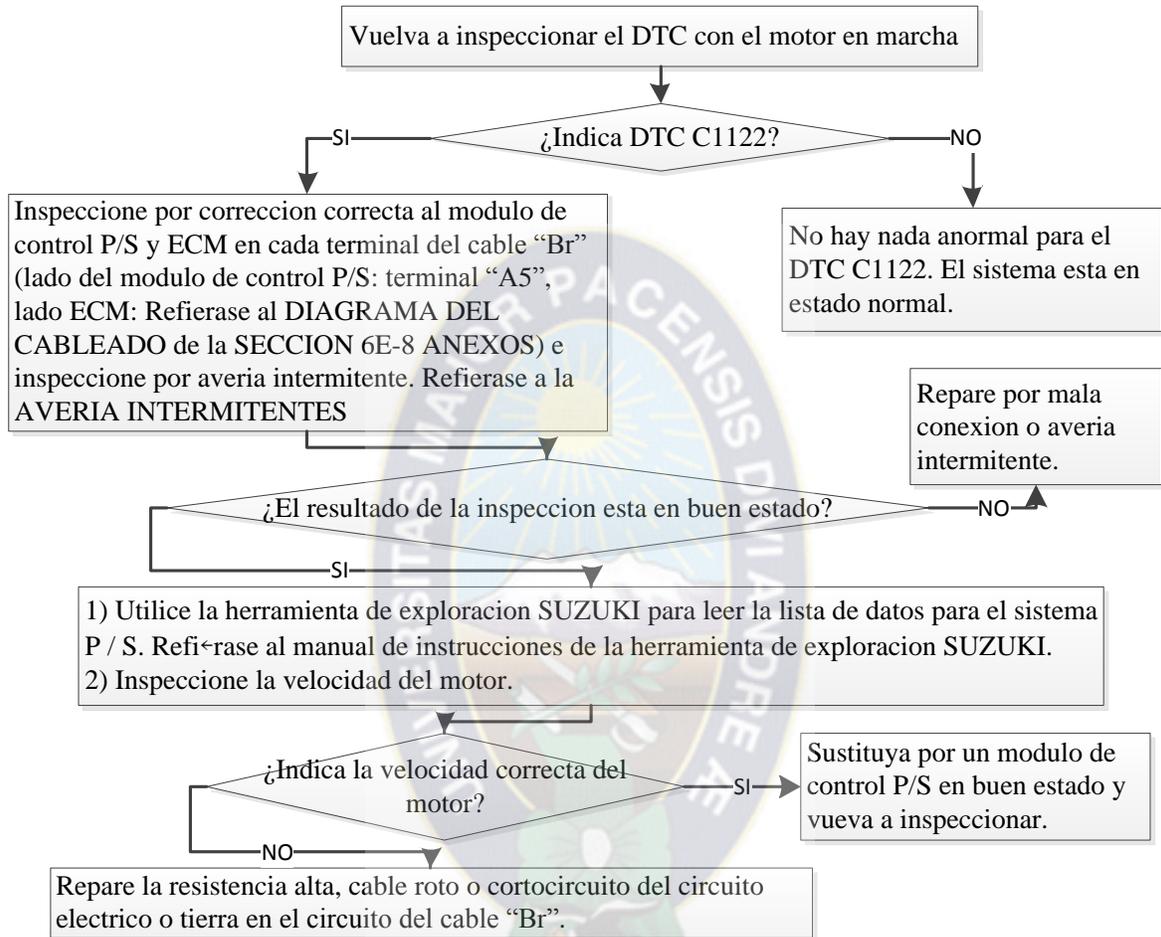
### 7.1.6.4 DTC C1121/C1123/C1124 Averías del circuito VSS

#### Diagrama de flujo 9. Inspección del circuito VSS



### 7.1.6.5 DTC C1122 Averías del circuito de señal de velocidad del motor de combustión

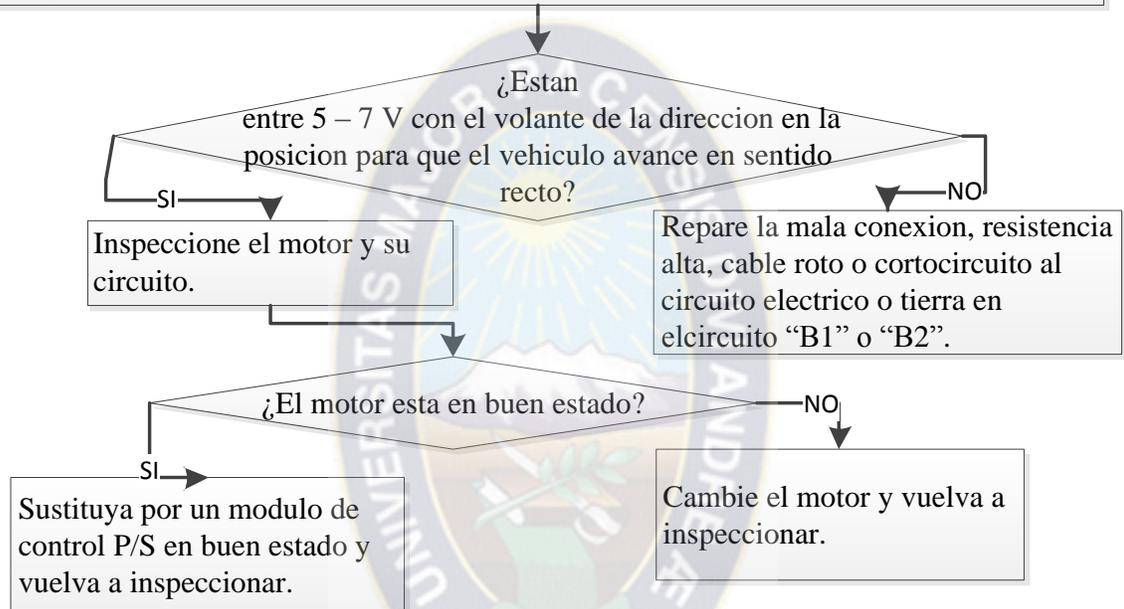
Diagrama de flujo 10. Inspección de la señal del RPM del motor de combustión



### 7.1.6.6 DTC C1141/C1142/C1143/C1144/C1145 Averías del circuito del motor.

#### Diagrama de flujo 11. Inspección del circuito del motor eléctrico.

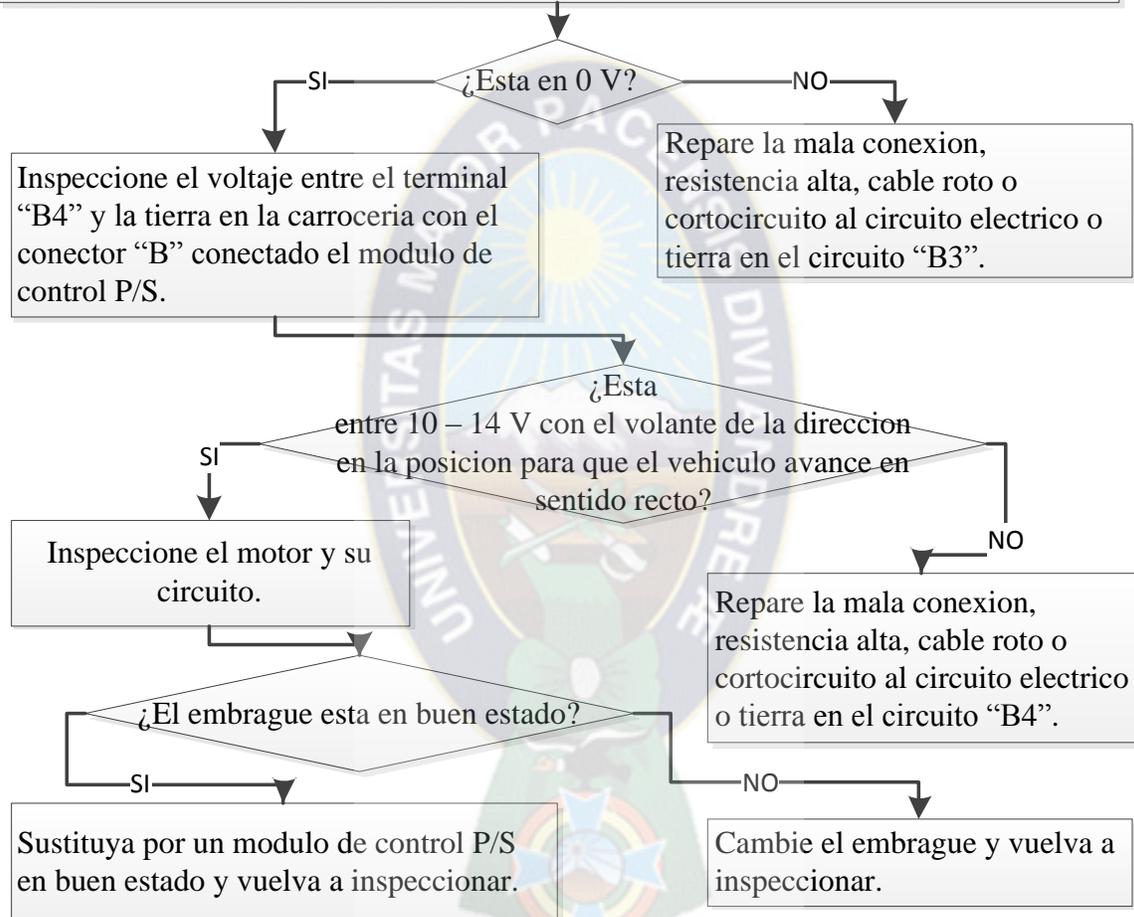
- 1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la direccion.
- 2) Inspeccione por conexion correcta del conector de 4 patillas ("B") al modulo de control P/S.
- 3) Si esta bien, arranque el motor.
- 4) Inspeccione el voltaje entre el terminal "B1" y la tierra en la carroceria y el terminal "B2" y la tierra en la carroceria con el conector "B" conectado al modulo de control P/S.



### 7.1.6.7 DTC C1151 Averías del circuito del embrague.

#### Diagrama de flujo 12. Inspección de circuito del embrague

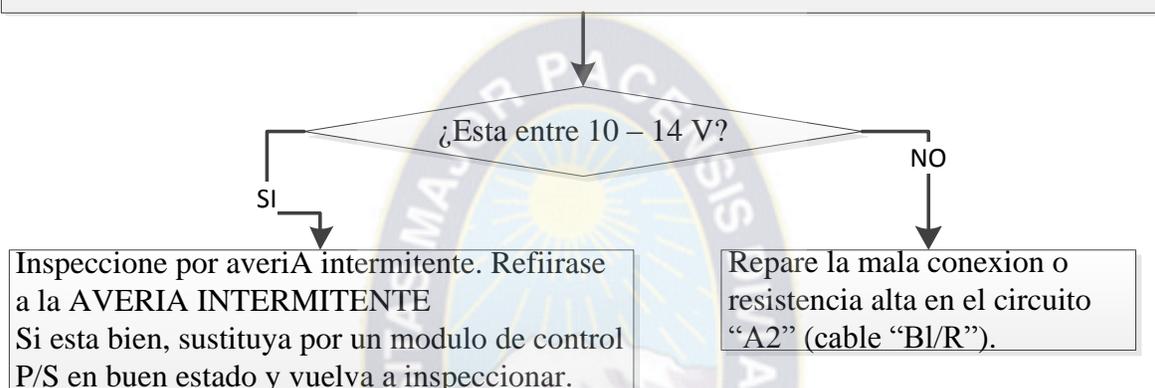
- 1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección.
- 2) Inspeccione por conexión correcta del conector de 4 patillas ("B") al módulo de control P/S.
- 3) Si está bien arranque el motor.
- 4) Inspeccione el voltaje entre el terminal "B3" y la tierra en la carrocería con el conector "B" conectado al módulo de control P/S.



### 7.1.6.8 DTC C1153 Averías del circuito de alimentación eléctrica del módulo de control P/S.

#### Diagrama de flujo 13. Inspección del circuito del módulo de control P/S

- 1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección.
- 2) Inspeccione por conexión correcta al módulo de control P/S en el terminal “A2” (cable “BI/R”).
- 3) Si esta bien, inspeccione el voltaje entre el terminal “A2” y la tierra en la carrocería con el conector “A” conectado al módulo de control P/S.



### 7.1.6.9 DTC C1152/C1154/C1155 Averías del módulo de control P/S.

Sustituya de forma directa por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.

### 7.1.7 Prueba de tensión de los diferentes conectores (A, B y C).

La siguiente tabla es extractada de los manuales de Suzuki WGON R+ con la finalidad de hacer las pruebas con el multímetro en las unidades de voltaje.

Nº Terminal	Circuito	Voltaje normal (V)	Condición
A1	Tierra	-	-
A2	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S de la batería	10-14v	Interruptor de encendido en ON
A3	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S del interruptor de encendido	10-14v	Interruptor de encendido en ON
A4	VSS	Deflexión 0-1v 9-11v	Interruptor de encendido en ON Se hace girar rápidamente el neumático trasero izquierdo con el neumático derecho bloqueado
A5	Señal de velocidad del motor	Aprox. 1v	Ralentí del motor

A6	Luz "EPS"	0-2v 10-14v	MIL encendida MIL apagada
A7	Terminal del interruptor de diagnóstico	Aprox.5v	Interruptor de encendido en ON
A8	Herramienta de exploración SUZUKI	-	-
B1	Salida de motor 2	5-7v	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
B2	Salida de motor 1	5-7v	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
B3	Salida de embrague 2	0v	-
B4	Salida de embrague 1	10-14v	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
C1	Sensor de torsión (principal)	Aprox2.5v	Interruptor de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto Inspeccione el voltaje entre los terminales "C1" y "C3".
C2	Sensor de torsión (secundario)	Aprox2.5v	Interruptor de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto Inspeccione el voltaje entre los terminales "C2" y "C3".
C3	Sensor de torsión (tierra)	0v	-
C4	Alimentación eléctrica de 5 V para el sensor de torsión	Aprox.5v	Interruptor de encendido en ON Inspeccione el voltaje entre los terminales "C4" y "C3".
C5	Alimentación eléctrica de 8 V para el sensor de torsión	Aprox.8v	Interruptor de encendido en ON

**Tabla 3. Valores de voltajes para el sistema de dirección EPS Suzuki WAGON R+**

### 7.1.8 Pruebas de resistencia en el Motor y embragué

Inspección de resistencia y continuidad para el motor y embrague

Pruebas	Valores
"B1" y "B2" (Para el motor)	Aprox. 1 $\Omega$
"B3" y "B4" (Para el embrague)	Aprox. 12 $\Omega$ (a 20°C)
"B1" y tierra de la carrocería	No hay continuidad
"B3" y tierra de la carrocería	No hay continuidad

**Tabla 4. Valores de resistencia del motor EPS Suzuki WAGON R+**

### 7.1.9 Pruebas de tensión del Sensor de torsión.

	Volante de la dirección girado completamente a la izquierda	Volante de la dirección en posición recta	Volante de la dirección girado completamente a la derecha Volante de la dirección girado completamente a la derecha
Sensor principal (“C1” – “C3”)	Aprox. 1,5 V	Aprox. 2,5 V	Aprox. 4 V
Sensor secundario (“C2” – “C3”)	Aprox. 1,5 V	Aprox. 2,5 V	Aprox. 4 V

**Tabla 5. Valores de voltaje para el sensor de torsión Suzuki WAGON R+**

## 7.2 Diagnóstico de maqueta funcional con sistema de dirección EPS de Suzuki WAGON R+

### 7.2.1 Partes originales de la maqueta funcional EPS de Suzuki WAGON R+.

La maqueta funcional fue construida y adaptada en la carrera de mecánica automotriz, con el objeto de tomar pruebas de voltaje y resistencia y así también para demostrar que realmente funciona.

Los componentes del sistema de dirección EPS plasmado en la maqueta funcional son las siguientes:

- Estructura, tijerales, amortiguador y la caja de dirección,
- Volante y Columna de dirección
- Motor eléctrico
- Módulo de control P/S
- Sensor de torsión
- Señal la ECM (adaptada con un generador de pulsos)
- Señal de la VSS (No existe, se tiene la condición de que está parado)

#### 7.2.1.1 Estructura, tijerales, amortiguador y la caja de dirección,

Está construida de acero con perfil cuadrado de 20 \* 20 mm, esta echa con soldadura eléctrica.



**Figura 22. Estructura de la maqueta funcional EPS.**

### **7.2.1.2 Volante y Columna de dirección**

Esta es la parte primordial de todo el sistema el cual está compuesto por las partes originales que tiene un sistema de dirección con asistencia eléctrica.



**Figura 23. Volante y columna de dirección.**

### **7.2.1.3 Motor eléctrico y embrague**

Dentro del motor está el embrague, la cual acopla la asistencia de parte del motor eléctrico.



**Figura 24. Motor eléctrico y embrague.**

### **7.2.1.4 Módulo de control P/S**

El módulo de control P/S tiene tres conectores (conector A, conector B y conector C)



**Figura 25. Módulo de control P/S**

El conector A tiene terminales que le llegan de la batería, del interruptor de encendido, de la MIL, ECM, VSS, conector de enlace de datos (DLC), acoplador de monitor y tierra de la carrocería.



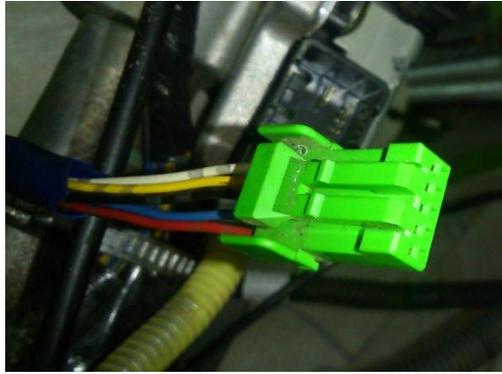
**Figura 26. Conector (A)**

El conector B tiene terminales hacia el motor y embrague.



**Figura 27. Conector (B)**

Conector C que va directamente al sensor de torsión que es de tipo potenciómetro.



**Figura 28. Conector (C)**

### **7.2.1.5 Sensor de torsión**

Internamente lleva la barra de torsión y los respectivos sensores de tipo potenciómetro un principal y otro secundario



**Figura 29. Sensor de torsión**

### **7.2.1.6 Señal la ECM (adaptada con un generador de pulsos)**

La maqueta funcional no tiene ECM. Pero se diseñó un circuito eléctrico simulador de pulsos la cual se adaptó para fines didácticos y demostrativos en la maqueta. Ya que sin la señal es prácticamente imposible simular que el motor eléctrico asista.



Figura 30. Generador de pulsos.

## 7.2.2 Valores tomados con el multímetro en la maqueta funcional EPS Suzuki WAGON R+.

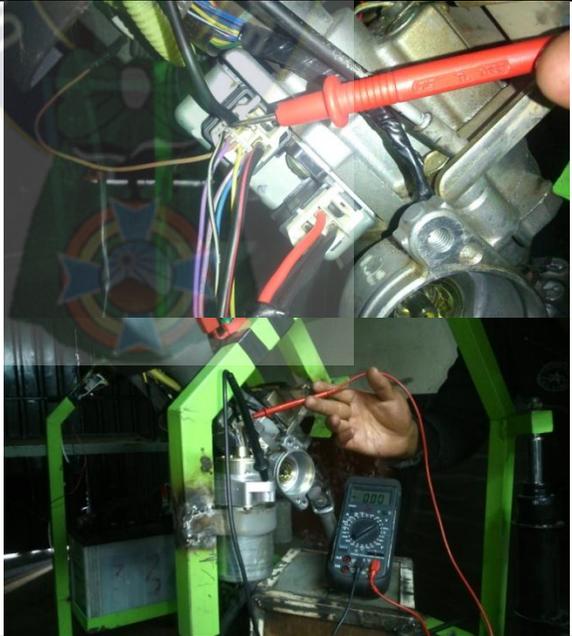
### 7.2.2.1 Pruebas para el motor eléctrico según la tabla 4.

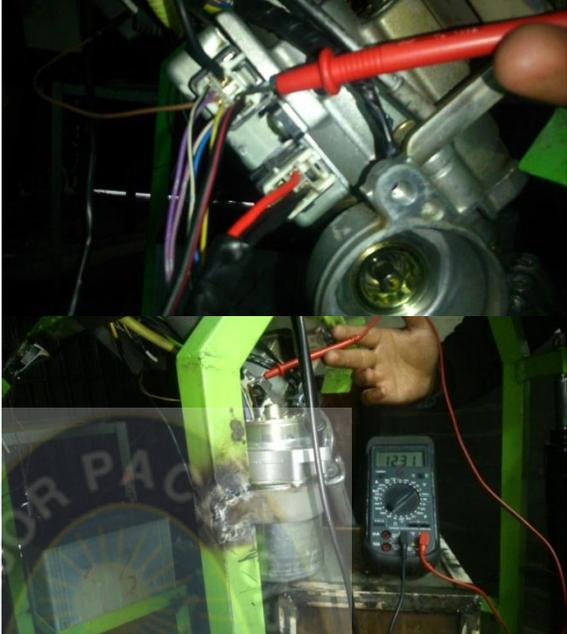
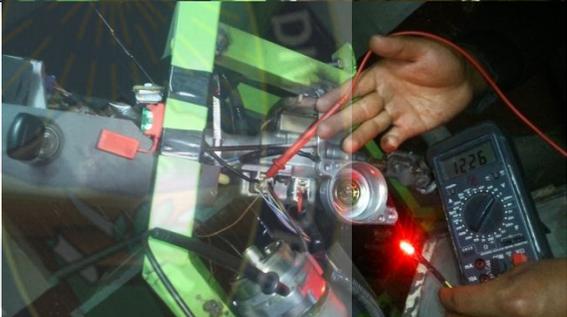
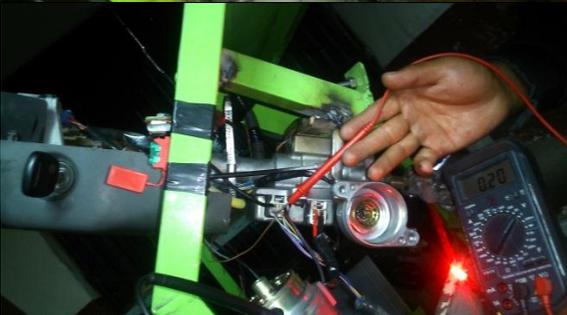
Pruebas	Valores
“B1” y “B2” (Para el motor)	Aprox. 1 $\Omega$ 
“B3” y “B4” (Para el embrague)	Aprox. 12 $\Omega$ (a 20°C) 
“B1” y tierra de la carrocería	No hay continuidad

	
<p>“B3” y tierra de la carrocería</p>	<p>No hay continuidad</p> 

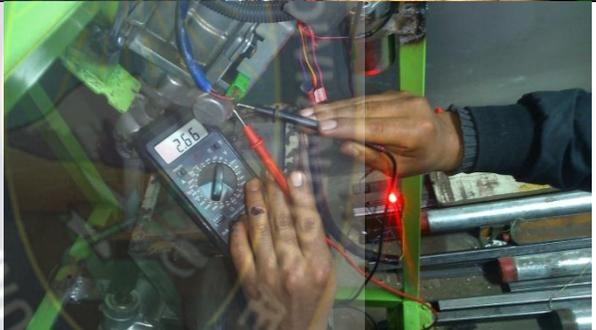
**Tabla 6. Pruebas del motor eléctrico**

**7.2.2.2 Prueba de voltaje para los tres conectores según la tabla 3.**

N° Terminal	Voltaje normal (V)	Pruebas realizadas
A1	-	

A2	10-14v	
A3	10-14v	
A4	Deflexión 0-1v 9-11v	
A5	Aprox. 1v	
A6	0-2v 10-14v	

A7	Aprox.5v	
A8	-	
B1	5-7v	
B2	5-7v	
B3	0v	

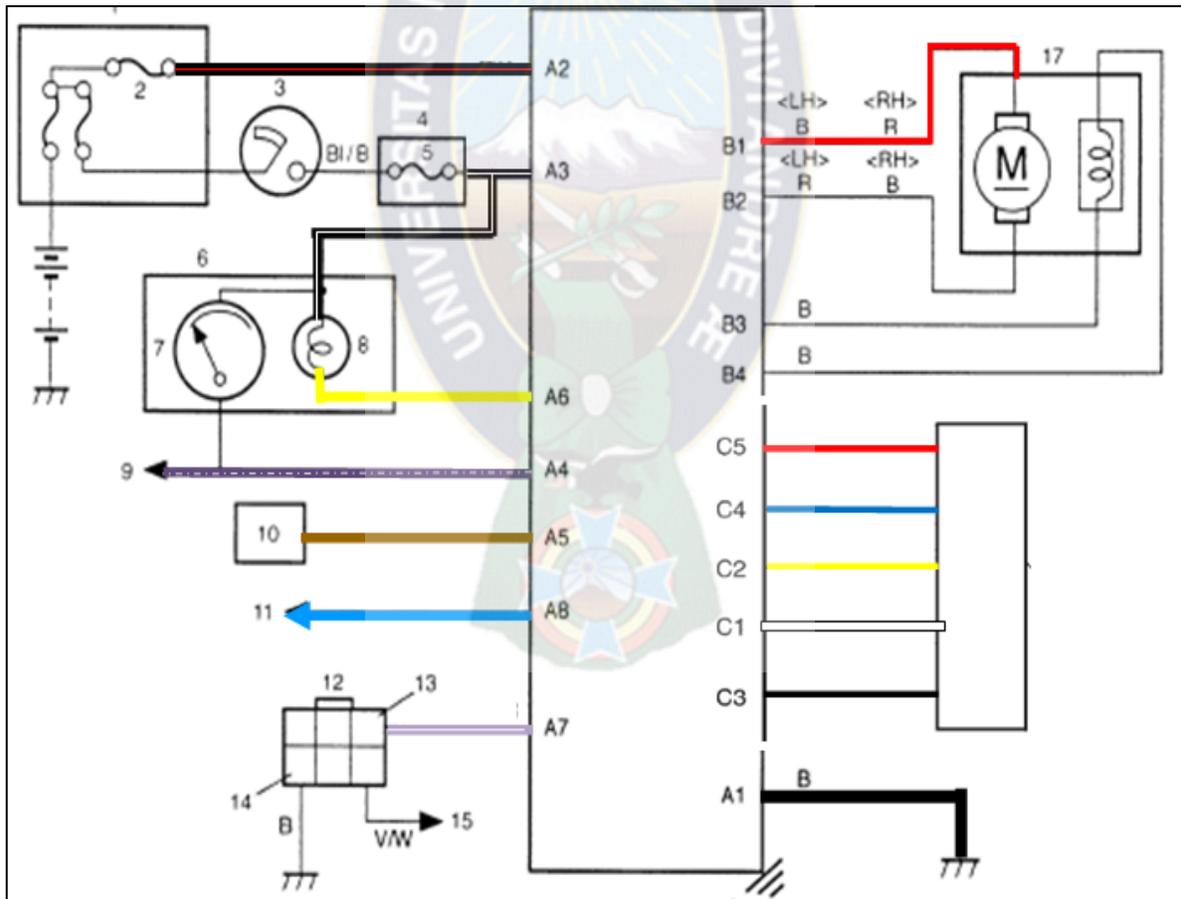
B4	10-14v	
C1	Aprox.2.5v	
C2	Aprox.2.5v	
C3	0v	
C4	Aprox.5v	

C5	Aprox. 8v	
----	-----------	--

**Tabla 7. Pruebas de voltaje la maqueta funcional EPS**

### 7.2.2.3 Diagrama eléctrico de la maqueta funcional EPS

A diferencia de lo que se mostró en la figura 21 este tiene las características específicas del sistema que está plasmado en la maqueta. En este diagrama se muestra los colores de manera real ya que no hay simbologías de abreviación en ingles



**Figura 31. Diagrama eléctrico de la EPS de la maqueta funcional**

### 7.2.3 Comparación de los valores de tensión y resistencia tomados en la maqueta funcional con respecto de las tabla 3 y tabla 4 del fabricante.

Los valores tomados en la maqueta no tienen similitud con los valores del fabricante en algunos casos y es porque se tiene una hipótesis clara de que se trata de una adaptación (generador de pulsos) la cual está en lugar de la ECM. Y no se está usando las señales de la VSS por que se tiene la condición de estaría con velocidad cero.

La comparación se lo realizara mediante la siguiente tabla de valores de tensión de los diferentes terminales del sistema de dirección con asistencia eléctrica.

Nº Terminal	Circuito	Voltaje fabricante	Voltaje tomado de la maqueta funcional
A1	Tierra	-	0v
A2	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S de la batería	10-14v	12.31V
A3	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S del interruptor de encendido	10-14v	12.26V
A4	VSS	Deflexión 0-1v 9-11v	No se lo realizo .por que el vehículo esta con velocidad 0
A5	Señal de velocidad del motor	Aprox. 1v	0V
A6	Luz “EPS”	0-2v 10-14v	0.2V con MIL encendida MIL apagada
A7	Terminal del interruptor de diagnóstico	Aprox.5v	4.36V
A8	Herramienta de exploración SUZUKI	-	0.1V
B1	Salida de motor 2	5-7v	5.96V
B2	Salida de motor 1	5-7v	5.96V
B3	Salida de embrague 2	0v	0V
B4	Salida de embrague 1	10-14v	0.1V
C1	Sensor de torsión (principal)	Aprox2.5v	2.50V
C2	Sensor de torsión (secundario)	Aprox2.5v	2.50V
C3	Sensor de torsión (tierra)	0v	0V
C4	Alimentación eléctrica de 5 V para el sensor de torsión	Aprox.5v	5V
C5	Alimentación eléctrica de 8 V para el sensor de torsión	Aprox.8v	8.8V

**Tabla 8. Comparación de valores de tensión maqueta-fabricante**

La comparación también se lo realizara con los valores de resistencia del motor eléctrico.

Pruebas	Valores del fabricante	Valores de la maqueta
“B1” y “B2” (Para el motor)	Aprox. 1 $\Omega$	1.0 $\Omega$
“B3” y “B4” (Para el embrague)	Aprox. 12 $\Omega$ (a 20°C)	12.0 $\Omega$ (a 16°C)
“B1” y tierra de la carrocería	No hay continuidad	No hay continuidad
“B3” y tierra de la carrocería	No hay continuidad	No hay continuidad

**Tabla 9. Comparación de valores de voltaje del motor eléctrico.**

### **7.3 Diagnóstico de fallas electromecánicas del sistema de dirección asistida EPS y análisis de las causas más posibles que ocasionan los efectos de falla, usando método ISHIKAWA-PARETO**

Para realizar un buen diagnóstico del sistema de dirección asistido eléctricamente EPS vamos a recurrir a los conocimientos de los principios de ISHIKAWA causa-efecto, partiendo del efecto (falla visual o física de la dirección asistida eléctricamente) y luego mencionaremos las posibles causas que ocasionan este efecto.

Seguidamente aplicamos el principio de PARETO (80/20) el cual nos ayudara a identificar con mayor facilidad cuáles son las causas que más frecuentes que ocasionan el correspondiente efecto.

Ya teniendo en mente el principio de PARETO, diremos que tenemos una falla del sistema de dirección asistida EPS con varias causas, entonces se puede decir que con tan solo detectar unas cuantas causas, pero que estas son las más frecuentes nos llevaría a solucionar el problema de manera que no tengamos que estar analizando todas las causas el cual nos demorara más tiempo.

Para este propósito se realiza una encuesta de grupo de compañeros y amistades (25 personas) de la carrera de mecánica automotriz sobre el conocimiento de las causas que traen consigo el efecto (fallas mecánicas y electrónicas del sistema P/S). Donde cada una de las causas son analizadas por los principios básicos de ISHIKAWA y PARETO.

La encuesta a los compañeros relacionados con la carrera de mecánica automotriz se ven reflejadas en las tablas que emplearemos en el diagrama de PARETO los cuales responden responde SI o NO y este dato son las frecuencias lo cual nos sirve para el porcentaje y porcentaje acumulado.

La finalidad de esto consiste en mostrar y categorizar las causas más comunes, el cual se mostrara en una gráfica de torta. Entonces para este propósito se mencionara los pasos que se deberá seguir:

Paso N° 1: Se realiza una tabla causa y efecto, la cual está relacionado con el diagrama de ISHIKAWA.

Paso N° 2: Se realiza una tabla de encuesta. La cual nos sirve para realizar el diagrama de PARETO.

Paso N° 3: Se realiza una tabla de PARETO en el cual esta los categorizado la frecuencia que se realiza en le encuesta y con esto se consigue el porcentaje y porcentaje acumulado.

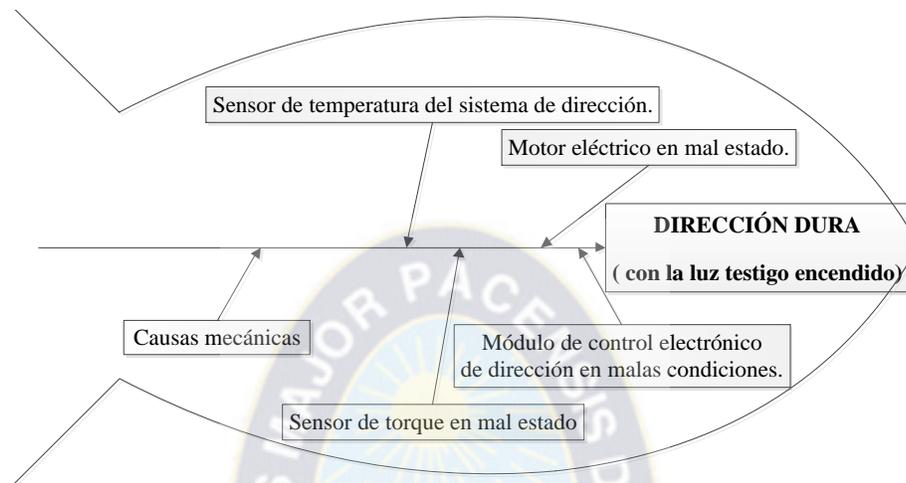
Paso N° 4: Se realiza el diagrama de PARETO. El cual refleja las causas más probables que traen consigo las fallas del sistema de dirección.

Paso N° 5: Plasmar en una gráfica las causas de las fallas más probables según la categorización.

### 7.3.1 Dirección dura (con la luz testigo encendido)

#### Paso N°1

#### Diagrama de ISHIKAWA 1. Dirección dura con la MIL encendida



#### Paso N°2:

TABLA DE ENCUESTA	
Causas	Frecuencia
Motor eléctrico en mal estado.	20
Módulo de control electrónico de dirección en malas condiciones.	15
Sensor de torque en mal estado	20
Sensor de temperatura del sistema de dirección.	15
Causas mecánicas	20

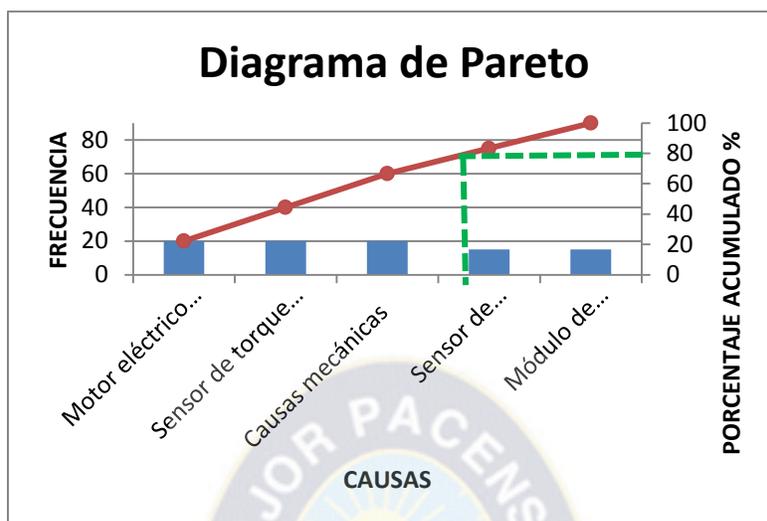
Tabla 10. Encuesta sobre la dirección dura con la MIL encendida

#### Paso N°3:

PARETO			
Causas	Frecuencia	Porcentaje $P_n\%$	Porcentaje acumulado $A_n\%$
Motor eléctrico en mal estado.	20	22.22	22.22
Sensor de torque en mal estado	20	22.22	44.44
Causas mecánicas	20	22.22	66.66
Sensor de temperatura del sistema de dirección.	15	16.67	83.33
Módulo de control electrónico de dirección en malas condiciones.	15	16.67	100
<b>TOTAL</b>	90		

Tabla 11. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la dirección dura con la MIL encendida

**Paso N°4**

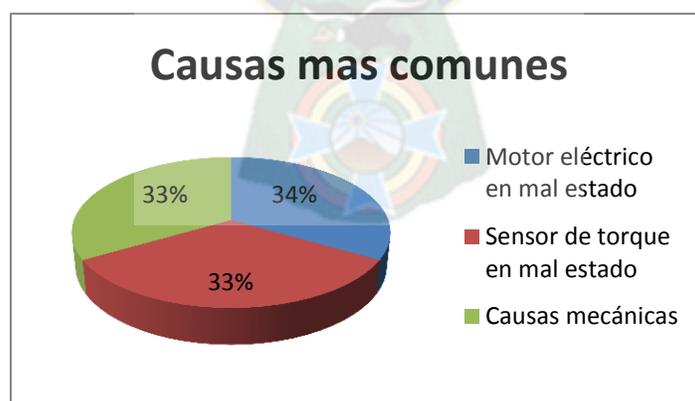


**Figura 32. Diagrama de Pareto -dirección dura con la MIL encendida**

**Paso N°5:**

<b>EXTRACTO DEL DIAGRAMA DE PARETO</b>	
<b>Causas más comunes</b>	<b>Frecuencia de encuesta</b>
Motor eléctrico en mal estado	20
Sensor de torque en mal estado	20
Causas mecánicas	20

**Tabla 12. Causas más comunes para la dirección dura con la mil encendida**

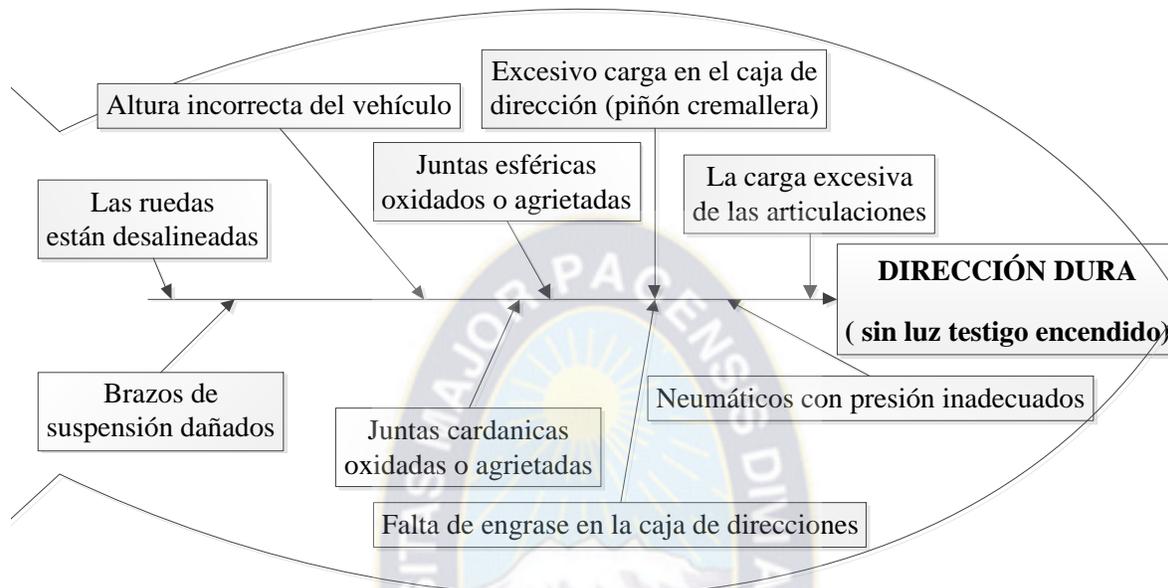


**Figura 33. Porcentaje de las causas más comunes para la dirección dura con la MIL encendida**

### 7.3.2 Dirección dura (sin luz testigo encendido)

Paso N° 1:

Diagrama de ISHIKAWA 2. Dirección dura sin la MIL encendida



Paso N°2:

TABLA DE ENCUESTA	
Causas	La frecuencia
Neumáticos con presión inadecuados	20
La carga excesiva de las articulaciones	10
Falta de engrase en la caja de direcciones	14
Excesivo carga en el caja de dirección (piñón cremallera)	7
Juntas esféricas oxidados o agrietadas	5
Juntas cardánicas oxidadas o agrietadas	4
Brazos de suspensión dañados	2
Altura incorrecta del vehículo	2
Las ruedas están desalineadas	23

Tabla 13. Encuestas sobre la dirección dura sin la MIL encendida

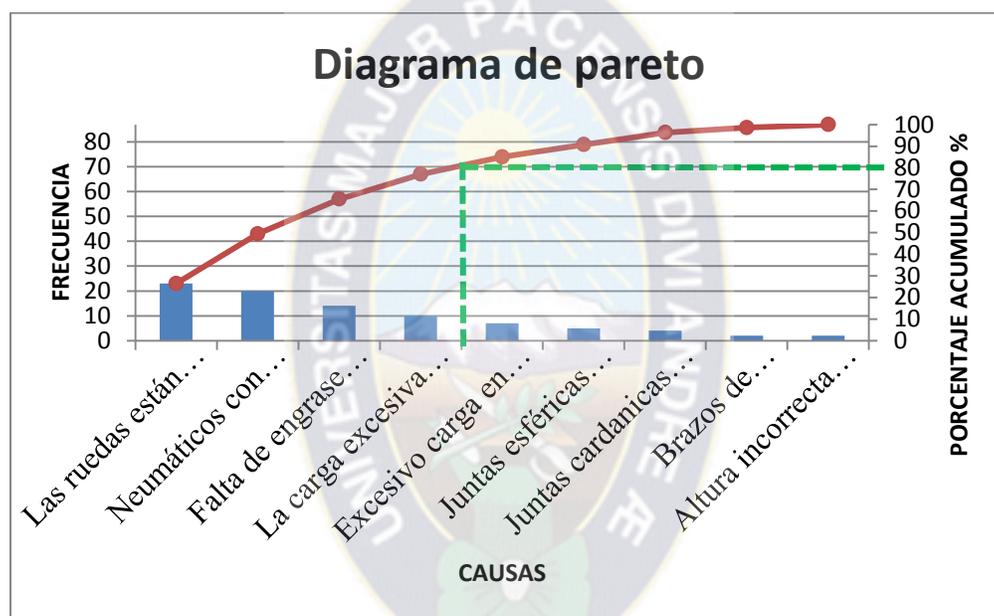
Pasó N° 3

PARETO			
Causas	La frecuencia	Porcentaje $P_n\%$	Porcentaje acumulado $A_n\%$
Las ruedas están desalineadas	23	26.4%	26.4%
Neumáticos con presión inadecuados	20	23%	49.4%
Falta de engrase en la caja de direcciones	14	16.1%	65.5%

La carga excesiva de las articulaciones	10	11.5%	77%
Excesivo carga en el caja de dirección (piñón cremallera)	7	8.0%	85%
Juntas esféricas oxidados o agrietadas	5	5.7%	90.7%
Juntas cardanicas oxidadas o agrietadas	4	5.6%	96.3%
Brazos de suspensión dañados	2	2.3%	98.6%
Altura incorrecta del vehículo	2	2.3%	100.9%
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>		

**Tabla 14. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la dirección dura sin la MIL encendida**

**Paso N°4:**

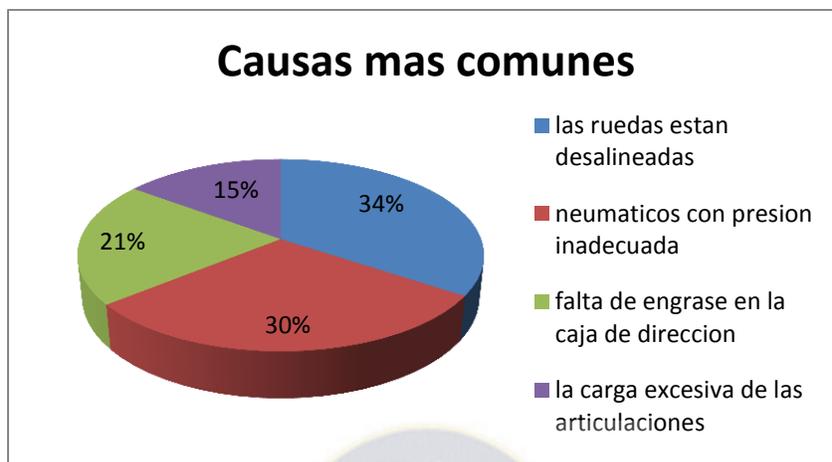


**Figura 34. Diagrama de Pareto - dirección dura sin la MIL encendida**

**Paso N°5:**

<b>EXTRACTO DEL DIAGRAMA DE PARETO</b>	
<b>Causas más comunes</b>	<b>Frecuencia de encuesta</b>
las ruedas están desalineadas	23
neumáticos con presión inadecuada	20
falta de engrase en la caja de dirección	14
la carga excesiva de las articulaciones	10

**Tabla 15. Causas más comunes para la dirección dura sin la MIL encendida**

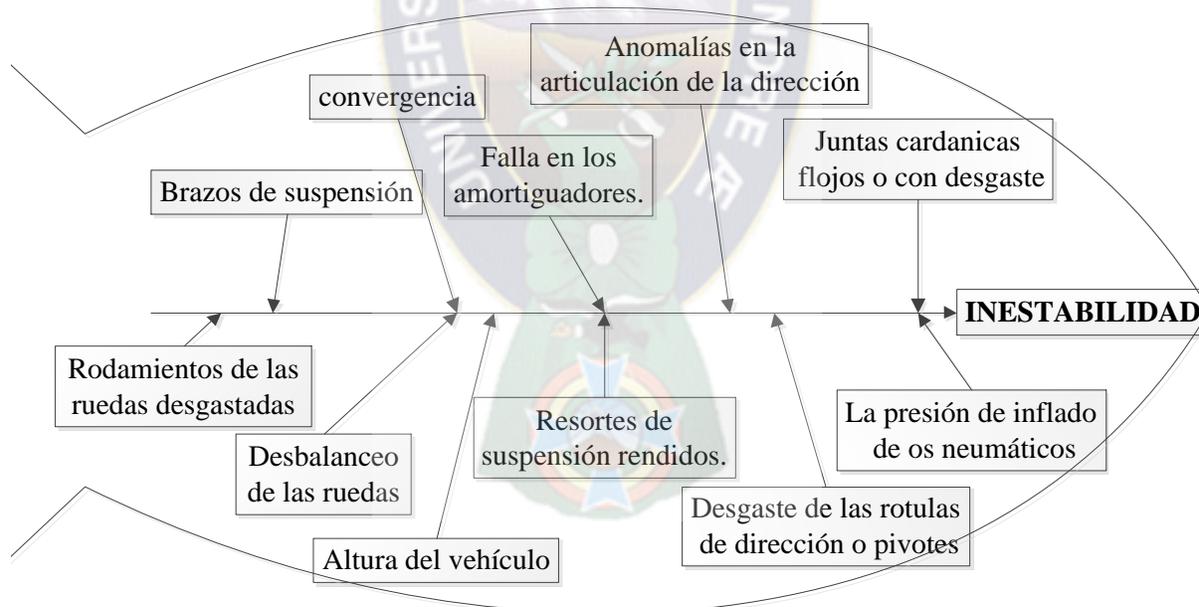


**Figura 35. Porcentaje de las causas más comunes para la dirección dura sin la MIL encendida**

### 7.3.3 Inestabilidad

#### Paso N°1

#### Diagrama de ISHIKAWA 3. Dirección inestable



#### Paso N°2:

TABLA DE ENCUESTA	
Causa	La frecuencia
La presión de inflado de los neumáticos	10
Juntas cardanicas flojos o con desgaste	1

Anomalías en la articulación de la dirección	10
Rodamientos de las ruedas desgastadas	15
Desgaste de las rotulas de dirección o pivotes	13
Brazos de suspensión	7
Falla en los amortiguadores.	5
Resortes de suspensión rendidos.	4
Altura del vehículo	2
Convergencia	20
Desbalanceo de las ruedas	20

**Tabla 16. Encuesta sobre la dirección inestable**

**Paso N°3:**

PARETO			
Causas	La frecuencia	Porcentaje $P_n\%$	Porcentaje acumulado $A_n\%$
Desbalanceo de las ruedas	20	17.09	17.09
Convergencia	20	17.09	34.18
Rodamientos de las ruedas desgastadas	15	12.82	47
Desgaste de las rotulas de dirección o pivotes	13	11.11	58.11
Juntas cardanicas flojos o con desgaste	11	9.40	67.40
La presión de inflado de los neumáticos	10	8.54	76.05
Anomalías en la articulación de la dirección	10	8.54	84.59
Brazos de suspensión	7	5.98	90.57
Falla en los amortiguadores.	5	4.27	94.84
Resortes de suspensión rendidos.	4	3.42	98.26
Altura del vehículo	2	1.70	99.96
<b>TOTAL</b>	117		

**Tabla 17. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la dirección inestable**

Paso N°4:

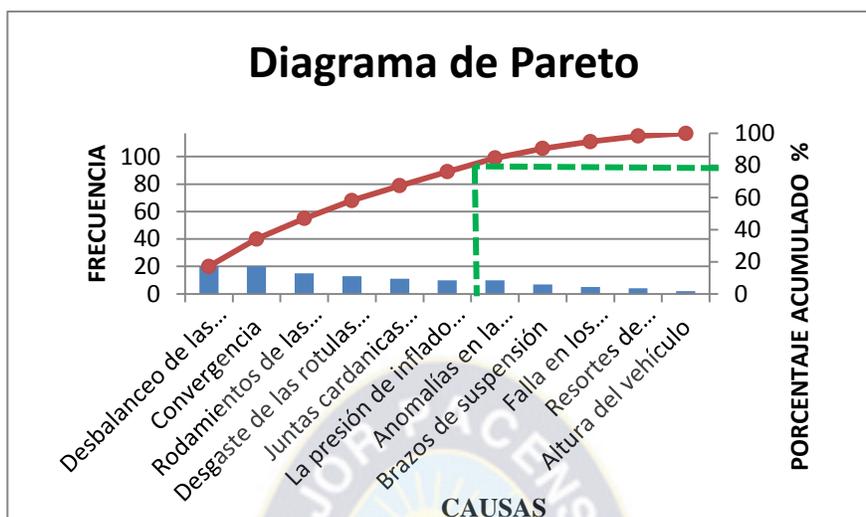


Figura 36. Diagrama de Pareto-Dirección Inestable

Paso N°5:

EXTRACTO DEL DIAGRAMA DE PARETO	
Causas más comunes	Frecuencia de encuesta
Desbalanceo de las ruedas	20
Convergencia	20
Rodamiento de las ruedas desgastadas	15
Desgaste de las rotulas de dirección o pivotes	13
Juntas cardanicas flojos o con desgaste	11
La presión de inflado de los Neumáticos	10

Tabla 18. Causas más comunes para la dirección inestable

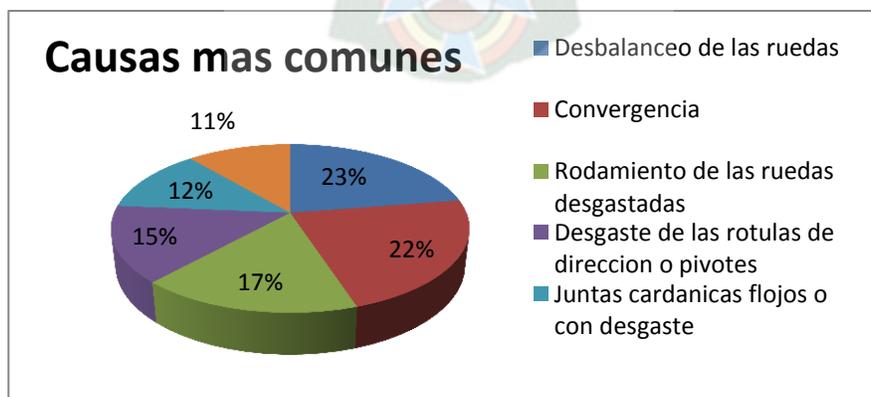
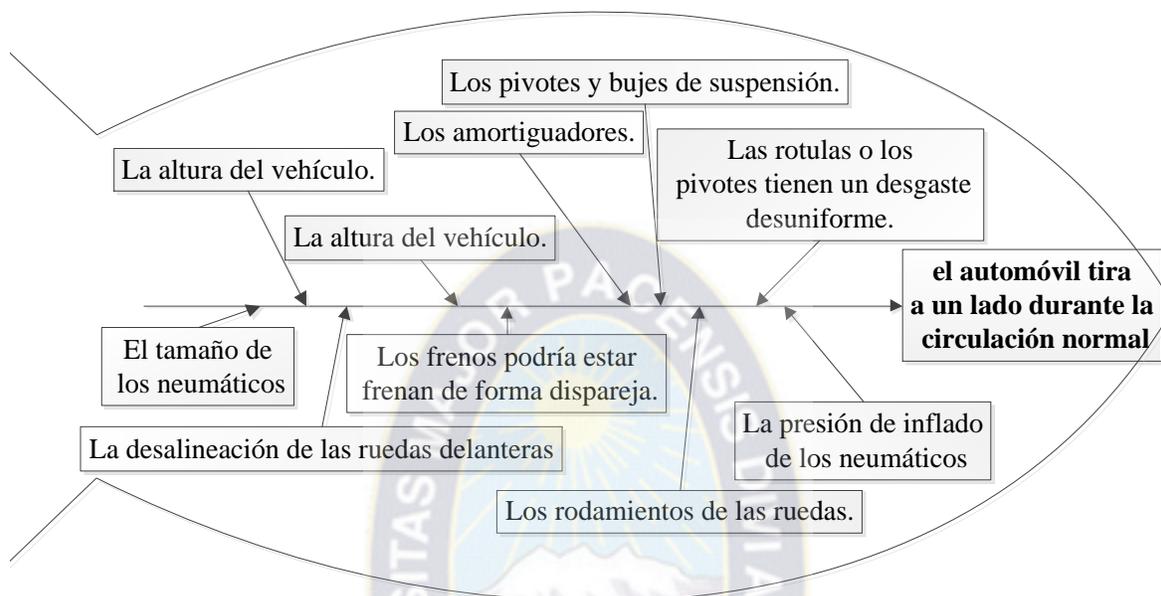


Figura 37. Porcentaje de las causas más comunes para la dirección inestable

### 7.3.4 El automóvil tira a un lado durante la circulación normal

Paso N°1:

Diagrama de ISHIKAWA 4. El automonil tira a un lado en la circulacion normal



Paso N°2:

TABLA DE ENCUESTA	
Causa	frecuencia
El tamaño de los neumáticos	10
La presión de inflado de los neumáticos	15
Los frenos podría estar frenan de forma dispareja.	5
Las rotulas o los pivotes tienen un desgaste desuniforme.	3
Los rodamientos de las ruedas.	15
Los pivotes y bujes de suspensión.	10
Los amortiguadores.	2
La altura del vehículo.	3
La rodada	7
La desalineación de las ruedas delanteras	15

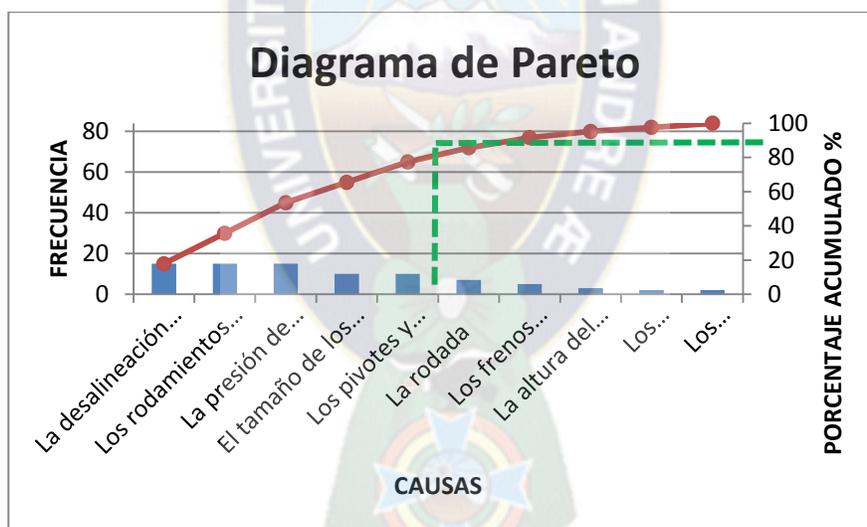
Tabla 19. Encuesta sobre el vehículo tira a un lado en la conducción normal

**Paso N°3:**

<b>PARETO</b>			
<b>Causa</b>	<b>frecuencia</b>	<b>Porcentaje <math>P_n\%</math></b>	<b>Porcentaje acumulado <math>A_n\%</math></b>
La desalineación de las ruedas delanteras	15	17.85	17.85
Los rodamientos de las ruedas.	15	17.85	35.70
La presión de inflado de los neumáticos	15	17.85	53.55
El tamaño de los neumáticos	10	11.90	65.45
Los pivotes y bujes de suspensión.	10	11.90	77.35
La rodada	7	8.33	85.68
Los frenos podría estar frenan de forma dispareja.	5	5.95	91.63
La altura del vehículo.	3	3.57	95.20
Los amortiguadores.	2	2.38	97.58
Los amortiguadores.	2	2.38	99.96
<b>TOTAL</b>	84		

**Tabla 20.** Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de cuando el vehículo tira a un lado en conducción normal

**Paso N°4:**



**Figura 38.** Diagrama de Pareto del vehículo tira a un lado en conducción normal

**Paso N°5:**

<b>EXTRACTO DEL DIAGRAMA DE PARETO</b>	
<b>Causas más comunes</b>	<b>Frecuencia de encuesta</b>
La desalineación de las ruedas delanteras.	15
Los rodamientos de las ruedas.	15

La presión de inflado de los neumáticos.	15
El tamaño de los neumáticos.	10
Los pivotes y bujes de suspensión.	10

Tabla 21. Causas más comunes del vehículo tira a un lado en condiciones normales

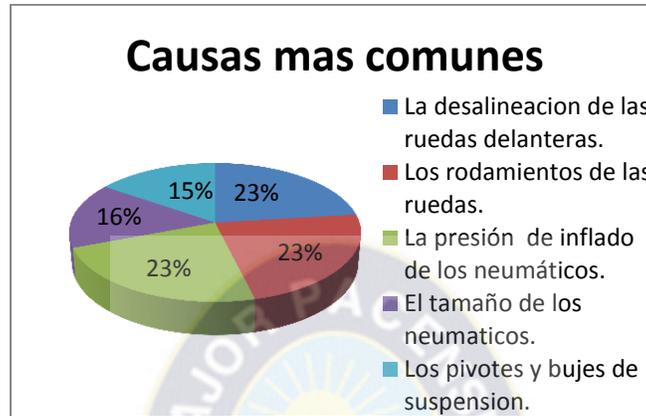
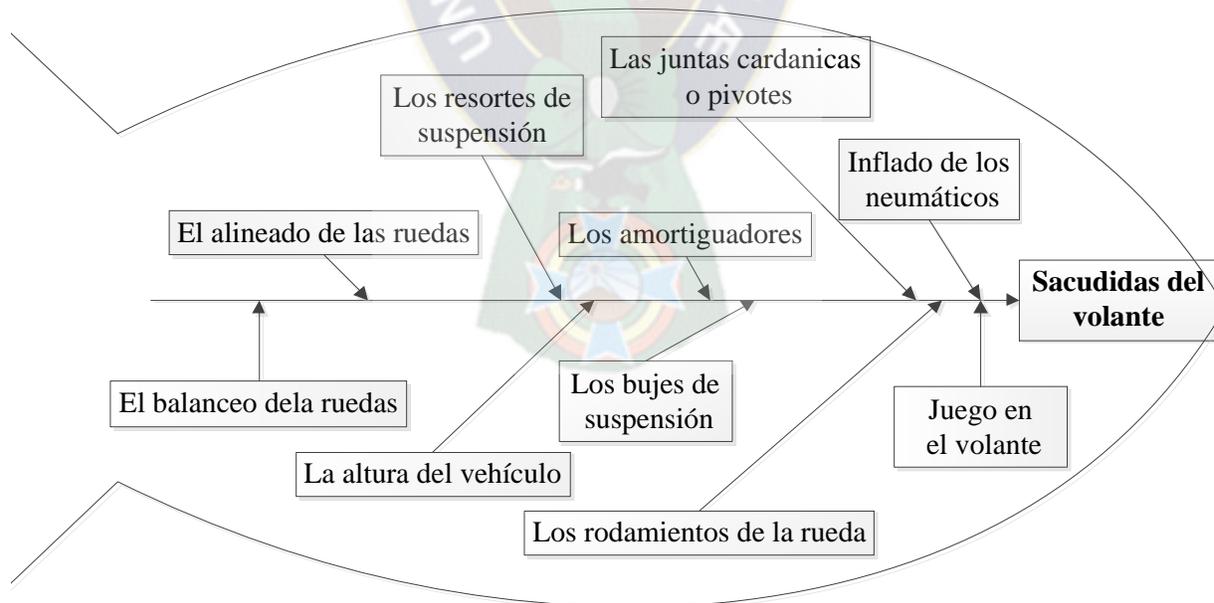


Figura 39. Porcentaje de las causas más comunes del vehículo tira a un lado en conducción normal

### 7.3.5 Sacudidas del volante

Paso N°1:

Diagrama de ISHIKAWA 5. Sacudidas del volante



Paso N°2:

<b>TABLA DE ENCUESTA</b>	
<b>Causa</b>	<b>frecuencia</b>
Inflado de los neumáticos	10
Juego en el volante	23
Los rodamientos de la rueda	20
Las juntas cardanicas o pivotes	20
Los bujes de suspensión	10
Los amortiguadores	5
Los resortes de suspensión	3
La altura del vehículo	4
El balanceo dela ruedas	10
El alineado de las ruedas	10

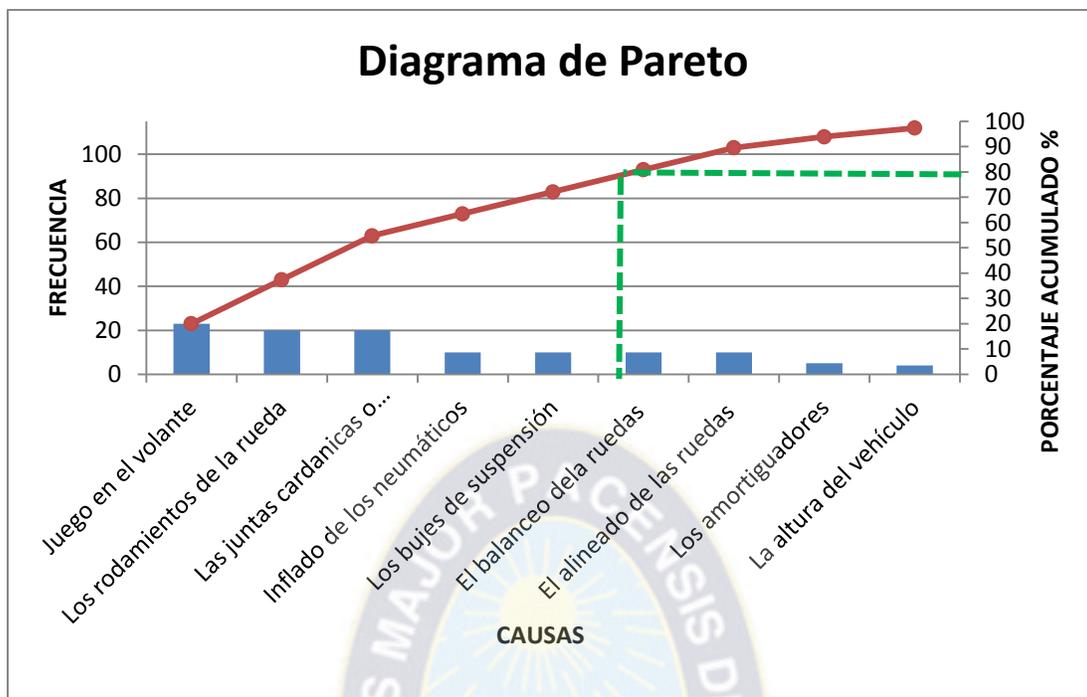
**Tabla 22. Encueta sobre sacudidas del volante**

Paso N°3:

<b>PARETO</b>			
<b>Causa</b>	<b>frecuencia</b>	<b>Porcentaje <math>P_n\%</math></b>	<b>Porcentaje acumulado <math>A_n\%</math></b>
Juego en el volante	23	20	20
Los rodamientos de la rueda	20	17.39	37.39
Las juntas cardanicas o pivotes	20	17.39	54.78
Inflado de los neumáticos	10	8.69	63.47
Los bujes de suspensión	10	8.69	72.16
El balanceo dela ruedas	10	8.69	80.85
El alineado de las ruedas	10	8.69	89.54
Los amortiguadores	5	4.35	93.89
La altura del vehículo	4	3.48	97.37
Los resortes de suspensión	3	2.61	99.98
<b>TOTAL</b>	115		

**Tabla 23.Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de sacudidas del volante**

Paso N°4:



**Figura 40. Diagrama de Pareto de sacudidas del volante**

**Paso N°5:**

<b>EXTRACTO DEL DIAGRAMA DE PARETO</b>	
<b>Causas más comunes</b>	<b>Frecuencia de encuesta</b>
Juego en el volante	23
Los rodamientos de la rueda	20
Las juntas cardánicas o pivotes	20
Inflado de los neumáticos	10
Los bujes de suspensión	10

**Tabla 24. Causas más comunes de sacudidas del volante**

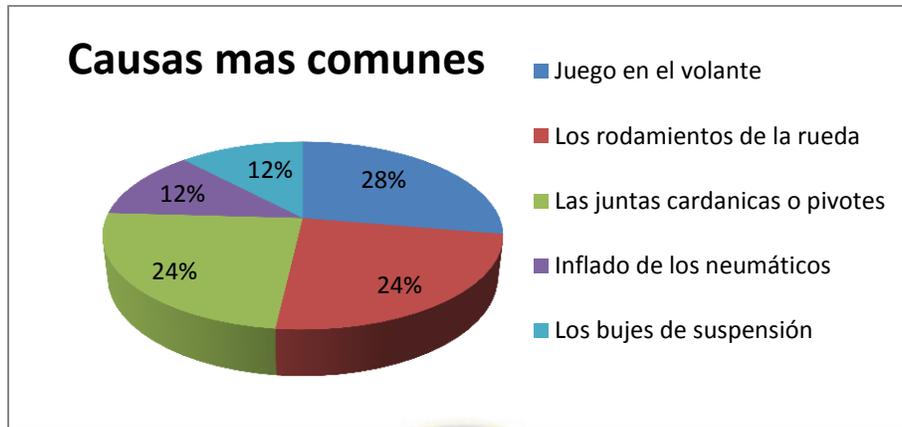
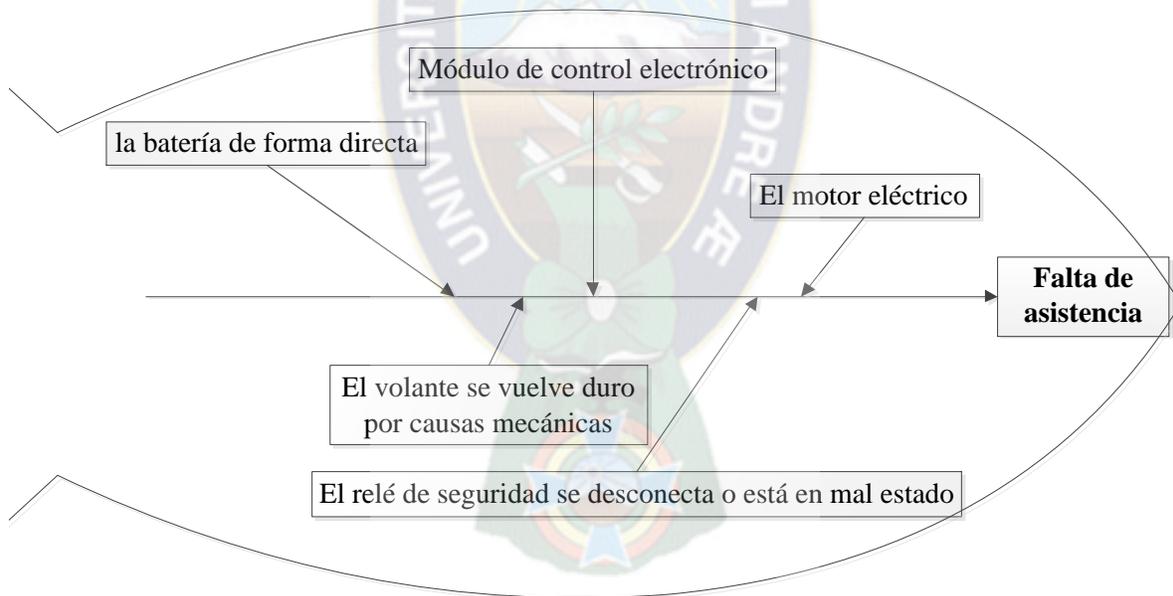


Figura 41. Porcentaje de las causas más comunes de sacudidas del volante

### 7.3.6 Falta de asistencia

Paso N°1:

Diagrama de ISHIKAWA 6. Falte de asistencia



Paso N°2:

<b>TABLA DE ENCUESTA</b>	
<b>Causas</b>	<b>Frecuencia</b>
El relé de seguridad se desconecta o está en mal estado	5
El motor eléctrico	6
El volante se vuelve duro por causas	15

mecánicas	
la batería de forma directa	20
Módulo de control electrónico	10

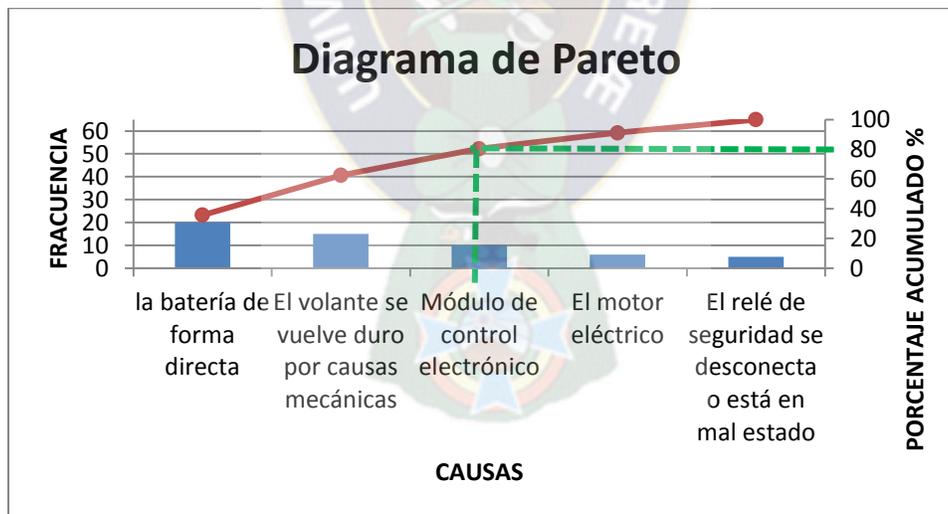
**Tabla 25. Encuesta sobre falta de asistencia**

**Paso N°3**

<b>PARETO</b>			
<b>Causa</b>	<b>frecuencia</b>	<b>Porcentaje <math>P_n\%</math></b>	<b>Porcentaje acumulado <math>A_n\%</math></b>
la batería de forma directa	20	35.71	35.71
El volante se vuelve duro por causas mecánicas	15	26.78	62.49
Módulo de control electrónico	10	17.85	80.34
El motor eléctrico	6	10.71	91.05
El relé de seguridad se desconecta o está en mal estado	5	8.93	99.98
<b>TOTAL</b>	56	99.98	

**Tabla 26. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de falta de asistencia**

**Paso N°4:**



**Figura 42 . diagrama de pareteo de falte de asistencia**

Paso N°5:

EXTRACTO DEL DIAGRAMA DE PARETO	
Causas más comunes	Frecuencia de encuesta
la batería de forma directa	20
El volante se vuelve duro por causas mecánicas	15
Módulo de control electrónico	10

Tabla 27. Causas más comunes de falta de asistencia

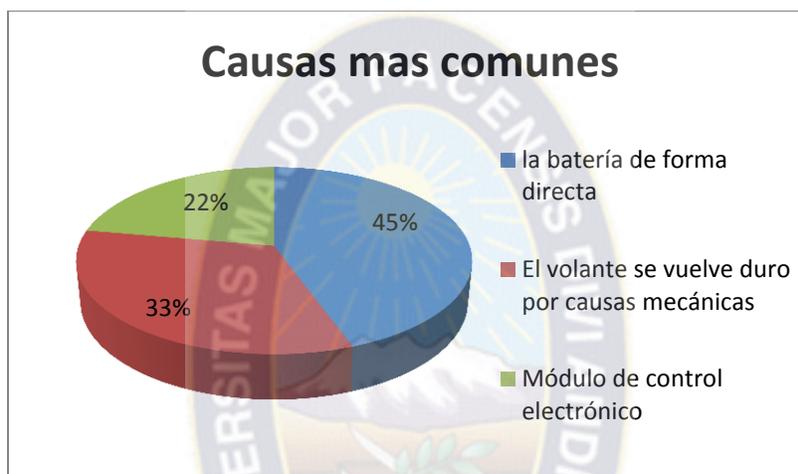
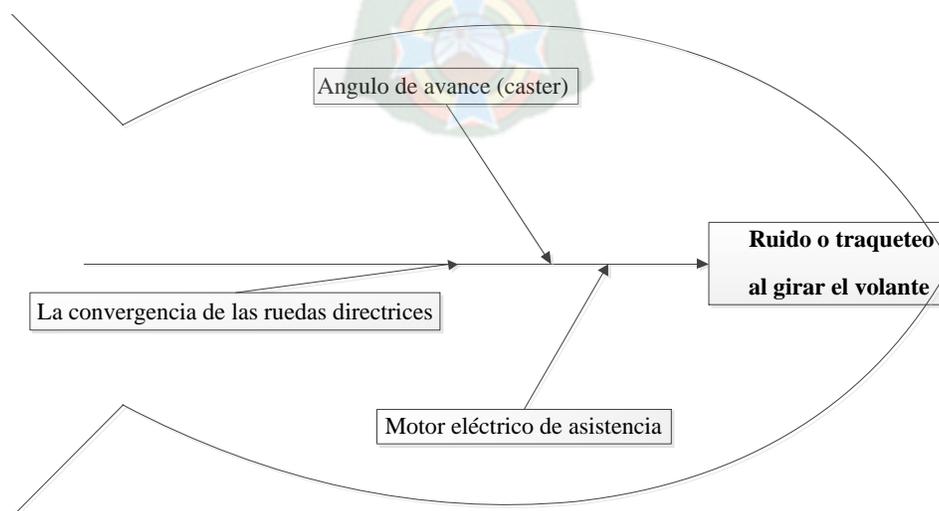


Figura 43. Causas más comunes de falta de asistencia

### 7.3.7 Ruido o traqueteo al girar el volante

Paso N°1:

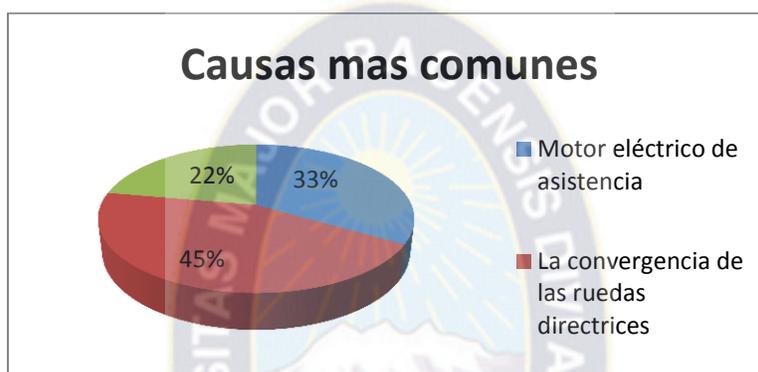
Diagrama de ISHIKAWA 7. Ruido o traqueteo al girar el volante



**Paso N°2:**

<b>TABLA DE ENCUESTA</b>	
<b>Causas</b>	<b>Frecuencia</b>
Motor eléctrico de asistencia	15
La convergencia de las ruedas directrices	20
Angulo de avance (caster)	10

**Tabla 28. Encuesta sobre ruido o traqueteo al girar el volante**



**Figura 44. Porcentaje de las causas más comunes de traqueteo o ruido del volante al girarlo**

**7.3.8 Asistencia únicamente a un lado de giro**

<b>ISHICAWA</b>	
<b>Efectos</b>	<b>Causas</b>
<b>ASISTENCIA ÚNICAMENTE A UN LADO DE GIRO</b>	La convergencia de las ruedas directrices
	El motor de asistencia eléctrica
	El módulo de control electrónico P/S
	Angulo de avance

**Tabla 29. Diagrama de Ishikawa de la asistencia de únicamente a un lado**

**7.4 Mantenimiento del sistema de dirección EPS en los vehículos Suzuki WAGON R+**

**7.4.1 Mantenimiento correctivo del sistema de dirección EPS**

El mantenimiento correctivo aplicado en el sistema EPS se lo realizará a partir de los diagramas de ISHIKAWA realizadas anteriormente, de la cual se extractara las causas que dan como resultado el efecto (la cual llegaría a ser la avería principal o el síntoma principal

que el sistema de dirección manifiesta). No obstante el mantenimiento a realizarse va relacionado de forma muy directa con las acciones inmediatas a tomar.

En las tablas siguientes se mostraran las acciones que se deberán de tomar de manera inmediata, este tipo de mantenimiento tiene la finalidad de que el sistema no pierda la fiabilidad y las prestaciones que le caracteriza la misma.

<b>DIRECCIÓN DURA (con la luz testigo encendido)</b>	
<b>Causas</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
Motor eléctrico en mal estado.	Cambiar
Módulo de control electrónico de dirección en malas condiciones.	Cambiar
Sensor de torsión en mal estado.	Cambiar
Causas mecánicas	Inspección de la minuciosa de las diferentes partes mecánicas y reparar.

**Tabla 30. Correcciones inmediatas para la dirección dura con la MIL encendida**

<b>DIRECCIÓN DURA ( sin luz testigo encendido)</b>	
<b>Causas</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
Neumáticos con presión inadecuados	Inflar neumáticos a presión especificada
La carga excesiva de las articulaciones	Corrección de las articulaciones
Falta de engrase en la caja de direcciones	Engrasar la caja de dirección.
Excesivo carga en el caja de dirección (piñón cremallera)	Darle el torque especificado de la caja de dirección
Juntas esféricas oxidados o agrietadas	Cambiar
Juntas cardanicas oxidadas o agrietadas	Cambiar
Brazos de suspensión dañados	Cambiar
Altura incorrecta del vehículo	Reparar
Las ruedas están desalineadas	Alinear las ruedas.

**Tabla 31. Correcciones inmediatas de la dirección dura sin la MIL encendida**

<b>INESTABILIDAD</b>	
<b>Causa</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
La presión de inflado de os neumáticos	Inflar a presión especificada
Juntas cardanicas flojos o con desgaste	cambiar
Anomalías en la articulación de la dirección	Cambiar las juntas o articulaciones
Rodamientos de las ruedas desgastadas	Reemplazar por otros en buen estado
Desgaste de las rotulas de dirección o	Cambiar

pivotes	
Brazos de suspensión	Cambiar
Falla en los amortiguadores.	Repara o cambiar
Resortes de suspensión rendidos.	Cambiar
Altura del vehículo	Reparar
convergencia	Regular

**Tabla 32. Correcciones inmediatas la dirección inestable**

<b>El automóvil tira a un lado durante la circulación normal</b>	
<b>Causa</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
El tamaño de los neumáticos	Cambiar
La presión de inflado de los neumáticos	Inflar a la presión indicada
Los frenos podría estar frenan de forma dispareja.	Reparar
Las rotulas o los pivotes tienen un desgaste desuniforme.	Cambiar
Los rodamientos de las ruedas.	Cambiar
Los pivotes y bujes de suspensión.	Cambiar
Los amortiguadores.	Repara o cambiar
La altura del vehículo.	Reparar
La rodada	Reparar
La desalineación de las ruedas delanteras	Repara

**Tabla 33. Correcciones inmediatas del automóvil tira a un lado en circulación normal**

<b>sacudidas del volante</b>	
<b>Causa</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
Inflado de los neumáticos	Inflar a la presión especificada
Juego en el volante	Repara
Los rodamientos de la rueda	Cambiar
Las juntas cardanicas o pivotes	Cambiar
Los bujes de suspensión	Cambiar
Los amortiguadores	Reparar o cambiar
Los resortes de suspensión	Cambiar
La altura del vehículo	Reparar
El balanceo dela ruedas	Regular.
El alineado de las ruedas	Regular

**Tabla 34. Correcciones inmediatas de sacudidas de volante**

<b>falta de asistencia</b>	
<b>Causas</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
El relé de seguridad se desconecta o está en mal estado	Cambiar
El motor eléctrico	Cambiar
El volante se vuelve duro por causas mecánicas	Reparar
la batería de forma directa	Cargar
Módulo de control electrónico	cambiar

**Tabla 35. Correcciones inmediatas de falta de asistencia**

<b>Ruido o traqueteo al girar el volante</b>	
<b>Causas</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
Motor eléctrico de asistencia	Cambiar
La convergencia de las ruedas directrices	Alinear según las especificaciones
Angulo de avance (castor)	Regular o modificar

**Tabla 36. Correcciones inmediatas de ruido o traqueteo al girar el volante**

<b>Asistencia únicamente a un lado de giro</b>	
<b>causas</b>	<b>Correcciones inmediatas</b>
la convergencia de las ruedas directrices	Alinear
El módulo de control electrónico de la dirección	Cambiar
Motor eléctrico	cambiar
Angulo de avance	Reparar o cambiar piezas

**Tabla 37. Correcciones inmediatas de la asistencia de únicamente a un lado**

#### 7.4.1.1 Gestión de herramientas para el mantenimiento correctivo.

Para efectuar el mantenimiento correctivo del sistema de dirección EPS se usaran la herramienta básica y los más primordiales.

<b>Cantidad</b>	<b>Tipo de herramienta</b>
1	Herramienta de exploración
1 juego	Llaves de ojo y boca
1 Juego	Llaves de copa 10mm-22mm
3 u	Alicates chaveteras
2 u	destornilladores
1u	Herramienta especial

1 Kit	Extractor de rodamientos
1 Kit	Compresora y accesorios
1u	Herramienta para medir la presión del neumático
1 equipo	Balaceadora de ruedas
1 equipo	Alineadora de ruedas
1 Kit	Multímetro automotriz
1u	Torquimetro
1 equipo	Deslalladora
1 kit	Extractor de rotulas
1 Kit	Extractor de air bag (opcional)

**Tabla 38. Herramientas básicas para mantenimiento correctivo del sistema EPS**

#### 7.4.2 Plan de mantenimiento preventivo para le dirección EPS

El plan de mantenimiento preventivo está basado en los diagnósticos eléctricos, los diagnósticos de las fallas electromecánicas del sistema de dirección EPS y de los resultados de causas más comunes que fue obtenida del diagrama de Pareto, lo cual nos permitirá sacar el plan de mantenimiento preventivo, que este tiene la finalidad de que el sistema tenga una vida útil más prolongada y que nos de prestaciones de la mejor manera posible, no obstante no descartamos los otros tipos de mantenimiento, ya que en este plan mantenimiento preventivo se verán reflejado algunos de ellos.

Para la elaboración del plan de mantenimiento nos abocaremos a extractar las causas más comunes del análisis del diagrama de Pareto, a partir de estas causas más comunes desarrollaremos una tabla que contiene todo el plan de mantenimiento preventivo programado.

Los colores nos indican las acciones que se deben tomar en cuenta.

i	inspección
r	regular
c	cambio de repuesto
i,c	inspección y cambio de repuesto
rer	Repuesto en espera al reemplazo

PLAN DE MANTENIMIENTO MENSUAL o CADA 1500 Km															
	meses	kilometraje	causas más comunes												
			motor eléctrico	sensor de torsión	módulo de control P/S	alineación de ruedas	presión de neumáticos	engrase caja de dirección	inspección de juntas cardánicas	balanceo de ruedas	convergencia	rodamientos de las ruedas	rotulas de dirección	bujes de suspensión	juego del volante
1 Año	Enero	1500 Km													
	Febrero	3000 Km													
	Marzo	4500 Km						i					i		
	Abril	6000 Km												i	
	Mayo	7500 Km							i						
	Junio	9000 Km					i	i		r				i	
	Julio	10500 Km													
	Agosto	12000 Km													i
	Septiembre	13500 Km							i					i	
	Octubre	15000 Km								i					
	Noviembre	16500 Km													
	Diciembre	18000 Km				i	i	c	i		r	i	i	i	i
2 Años	Enero	19500 Km													
	Febrero	21000 Km													
	Marzo	22500 Km						i	i					i	
	Abril	24000 Km													i
	Mayo	25500 Km													
	Junio	27000 Km					i		i		r	c	c	c	i
	Julio	28500 Km													
	Agosto	30000 Km								i					i
	Septiembre	31500 Km							i						i
	Octubre	33000 Km													
	Noviembre	34500 Km													
	Diciembre	36000 Km				i	i	c	i		r	i	i	i	i
3 Años	Enero	37500 Km								i					
	Febrero	39000 Km													
	Marzo	40500 Km							i						i
	Abril	42000 Km													i
	Mayo	43500 Km													
	Junio	45000 Km					i		i	i	r				i
	Julio	46500 Km													
	Agosto	48000 Km													i
	Septiembre	49500 Km							i						i
	Octubre	51000 Km													
	Noviembre	52500 Km									i				
	Diciembre	54000 Km				i	i	c	i		r	i,c	i,c	i,c	i

Tabla 39. Plan de mantenimiento a corto plazo

PLAN DE MANTENIMIENTO ANULA o CADA 18000 Km															
meses	kilometraje	causas más comunes													
		motor eléctrico	sensor de torsión	módulo de control P/S	alineación de ruedas	presión de neumáticos	engrase caja de dirección	juntas cardánicas	balanceo de ruedas	convergencia	rodamientos de las ruedas	rotulas de dirección	bujes de suspensión	juego del volante	batería
1 años	18000 Km				i	i	c	i	i	r	i	c	c	i	i
2 años	36000 Km				i	i	c	i	i	r	c	c	c	i	i
3 años	54000 Km				i	i	c	c	i	r	i	c	c	i	i
4 años	72000 Km				i	i	c	i	i	r	c	c	c	i	c
5 años	90000 Km	rer	rer	rer	i	i	c	i	i	r	i	c	c	c	i
6 años	108000 Km				i	i	c	c	i	r	c	c	c	i	i
7 años	126000 Km				i	i	c	i	i	r	i	c	c	i	i
8 años	144000 Km				i	i	c	i	i	r	c	c	c	i	c
9 años	162000 Km				i	i	c	c	i	r	i	c	c	i	i
10 años	180000 Km	rer	rer	rer	i	i	c	i	i	r	c	c	c	c	i
11 años	198000 Km				i	i	c	i	i	r	i	c	c	i	i
12 años	216000 Km				i	i	c	c	i	r	c	c	c	i	c
13 años	234000 Km				i	i	c	i	i	r	i	c	c	i	i
14 años	252000 Km				i	i	c	i	i	r	c	c	c	i	i
15 años	270000 Km	rer	rer	rer	i	i	c	c	i	r	i	c	c	c	i

**Tabla 40. Plan de mantenimiento a largo plazo**

#### 7.4.2.1 Gestión de herramienta para el plan de mantenimiento preventivo.

Las herramientas que se usaran son de manera similar que en el mantenimiento correctivo (Tabla 36.), la diferencia es que se lo aplicara de forma programada cada tipo de herramienta y en función al tipo a la especialidad y la frecuencia de uso.

#### 7.4.2.2 Gestión de repuestos de la columna de dirección P/S

Los repuestos serán adquiridos de manera directa de las importaciones o comprados de los proveedores extranjeros, los primordiales repuestos de este sistema son el motor eléctrico, sensor de torsión, módulo de control P/S o en todo caso toda la columna de dirección.

La adquisición de estos repuestos estará en función al tiempo de importación y el tipo de proveedor

#### **7.4.2.2.1 Tiempo de importación**

El costo de importaciones de cualquier tipo de repuesto o insumo esta función al tiempo que demora en llegar al lugar destinado. El costo de importación es inversamente proporcional al tiempo de importación del repuesto que en este caso será en caso particular, los repuestos del sistema de dirección asistido eléctrico EPS Suzuki WAGON R+. Los repuestos se adquieren de en kit completo (volante de dirección EPS) o por separado como ser: Modulo de control P/S, sensor de torsión y motor eléctrico.

Los repuestos se adquieren mediante el internet o también o también mediante teléfono celular en caso de ser cliente fijo.

#### **7.4.2.2.2 Tipo de proveedor**

El costo también está en función de la oferta y demanda que existe en la adquisición de los repuestos genuinos del sistema de dirección con asistencia eléctrica P/S. En el campo de proveedores de repuestos, los repuestos son caros en algunos proveedores y en otros son baratos.

Para obtener un repuesto genuino Suzuki se sugeriría tener varios contactos de proveedores de repuestos en el extranjero.

#### **7.4.2.3 Influencias del mantenimiento conductivo sobre el plan de mantenimiento preventivo.**

El conjunto de tareas de mantenimiento los tiene que realizar preferentemente por el operador o el conductor del vehículo. Las cuales son unas tareas básicas para que en posteriores evitemos cualquier tipo de causas.

El inflado de los neumáticos y también inspección del estado de la banda de rodadura tiene que ser verificado de manera periódica por el usuario, ya que este es el que más aporta para que reduzca las prestaciones del sistema de dirección asistido eléctricamente EPS.

Los pequeños ajustes de pernos en el sistema de dirección se los tiene que realizar y el estado de los fuelles de dirección para que no le entre polvo a la caja de dirección.

#### **7.4.2.4 Influencias del mantenimiento predictivo sobre el plan de mantenimiento preventivo.**

Según los antecedentes de Hyundai, sobre el sistema de dirección asistido eléctrico EPS tiene una garantía predecible. La cual se refiere a cambiar la columna de dirección o cualquiera de sus componentes como ser: módulo de control P/S, sensor de torsión y motor eléctrico después de 90 mil kilómetros de recorrido.

En función a estos antecedentes se toma precauciones a para la adquisición de repuestos de gama eléctrica para este sistema y por tal motivo el vehículo cumplirá con su fiabilidad correspondiente sin tener que hacer paradas innecesarias a la hora de realizar los mantenimientos y demás el costo nos resultara más económico ya que el costo de importación de repuestos, viene más barato por un largo tiempo de importación de repuesto.

#### **7.4.2.5 Evitar el mantenimiento modificativo del sistema de dirección EPS.**

El sistema de dirección asistido eléctricamente tiene la deficiencia de la escasas de repuestos e incluso en modelos más recientes no es fácil encontrar un repuesto en el mercado interno. La cual generalmente suele ser la columna de dirección o todos los accesorios como ser motor eléctrico, sensor de torsión y módulo de control P/S.

Al margen de la adquisición de repuestos. Si esperamos que suceda una avería a nivel eléctrico donde la única solución será el de cambiar el módulo de control P/S y sin tener a lado un proveedor de repuesto será muy difícil hacer mantenimiento correctivo. La cual pasara a ser a través de la toma de decisiones del usuario a que su sistema de dirección tenga que ser modificado. No obstante la modificación que se hace generalmente es que su sistema de dirección sea algo convencional y de esta manera el vehículo pierde la originalidad, entonces la se tiene una idea clara que se tiene del vehículo que se somete a un mantenimiento modificativo es la devaluación.

Por tal motivo el sistema de dirección con asistencia deja de ser un sistema servo asistido a una simple sin asistencia entonces se puede decir que se hizo un mantenimiento modificativo sin perder las prestaciones de los otros sistemas.

## 8 EVALUACIÓN

El diagnóstico, las precauciones de diagnóstico y el sistema de diagnóstico abordado nos ayudan eficazmente para realizar un diagnóstico e inspección del sistema de dirección asistida eléctrica EPS de la mejor manera y sin tener una posibilidad mayor a podernos equivocar.

En el diagnóstico de la parte eléctrica se lo realizó con los procedimientos didácticos de diagramas de flujos, la cual nos permite darnos dos posibilidades en algunos casos, ya que para cada caso tenemos se tiene una alternativa diferente de solución lo cual implica una determinada acción que se lo realizara en la parte de mantenimiento.

Las pruebas que se realizaron en la maqueta funcional se lo tomaron con las herramientas multímetro automotriz. Esta última herramienta es la que nos mostró los valores verídicos y los valores que no cumplen con los valores mostrados en las tablas de valores del fabricante. No obstante gran parte de la pruebas culminaron mostrando los valores verídicos.

Los datos comparativos que se muestran en la siguiente tabla 8. Nos muestran los siguientes valores:

N° Terminal	Voltaje fabricante	Voltaje tomado de la maqueta funcional	EVALUACION
A1	-	0v	El valor indicado cumple
A2	10-14v	12.31V	El valor indicado cumple
A3	10-14v	12.26V	El valor indicado cumple
A4	Deflexión 0-1v 9-11v		No se lo realizó por que el vehículo esta con velocidad y además la maqueta no tiene un circuito simulador de la VSS
A5	Aprox. 1v	8.8V	El valor de voltaje no cumple con lo del fabricante debido a que el circuito no solo funciona con un valor oscilante 1V, entonces se lo aumento de voltaje a un voltaje oscilante de 9V
A6	0-2v 10-14v	0.2V MIL encendida MIL apagada	El valor indicado cumple
A7	Aprox.5v	4.36V	El valor indicado cumple
A8	-	0.1V	La prueba se lo desarrollo de todas

			manera el valor no cumple con las requeridas, pero hay que tomar en cuenta que no tiene el conector OBDII
B1	5-7v	5.96V	El valor indicado cumple
B2	5-7v	5.96V	El valor indicado cumple
B3	0v	0V	El valor indicado cumple
B4	10-14v	0.1V	No cumple con el valor esperado. No se sabe con claridad las causas. En las pruebas de resistencia cumple con los valores requeridos.
C1	Aprox.2.5v	2.50V	El valor indicado cumple
C2	Aprox.2.5v	2.50V	El valor indicado cumple
C3	0v	0V	El valor indicado cumple
C4	Aprox.5v	5V	El valor indicado cumple
C5	Aprox.8v	8.8V	El valor indicado cumple

**Tabla 41. evaluación de la tabla 8.**

El valor de las resistencias en el motor eléctrico cumple con los valores requeridos veamos mediante la siguiente tabla 9:

Pruebas	Valores del fabricante	Valores de la maqueta	EVALUACION
“B1” y “B2” (Para el motor)	Aprox. 1 $\Omega$	1.0 $\Omega$	El valor indicado cumple
“B3” y “B4” (Para el embrague)	Aprox. 12 $\Omega$ (a 20°C)	12.0 $\Omega$ (a 16°C)	El valor indicado cumple
“B1” y tierra de la carrocería	No hay continuidad	No hay continuidad	El valor indicado cumple
“B3” y tierra de la carrocería	No hay continuidad	No hay continuidad	El valor indicado cumple

**Tabla 42. Evaluación de la tabla.**

Los diagnósticos electromecánicos del sistema de dirección asistido eléctrico EPS se lo realizó mediante el método de Ishikawa y Pareto. Todo este procedimiento tiene el fin de filtrar las causas hasta conseguir las causas más comunes que ocasionan los diferentes tipos de averías en el sistema de dirección EPS. No obstante las causas más comunes nos sirven para realizar el plan de mantenimiento preventivo del sistema.

El mantenimiento correctivo que se realiza en el sistema de dirección está basada en las causas que surgieron en los diagramas de Ishikawa ya que para cada una de estas causas existe una determinada solución o una acción a ejecutarse.

El plan de mantenimiento preventivo aplicado al sistema de dirección EPS está basado en las causas más comunes que se filtraron a partir de los diagramas de Pareto. Entonces este plan nos ayudara a realizar a prolongar la vida útil del sistema de dirección, siguiendo una serie de tareas programadas.

## **9 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.**

### **9.1 Conclusiones**

Para realizar el diagnóstico de sistema de dirección por medio de la luz indicadora de mal funcionamiento y mediante la herramienta de exploración Suzuki son las formas más cómodas de realizar el diagnóstico y esto está demostrado con los usos actuales en los diferentes talleres de nuestro entorno.

En los diagramas de flujos se observa claramente que las inspecciones que hay que realizarlas son las más completas y por tal motivo hay que realizarlas al pie de la letra cada inspección y verificar los valores correspondientes a cada.

Los valores tomados en la maqueta funcional cumplieron satisfactoriamente con gran parte de las pruebas con relación del manual de reparación de Suzuki WAGON R+ y los que no cumplieron se deben principalmente a que el circuito generador de pulsos que está en remplazo de la ECM del motor nos manda señales con voltajes oscilantes mayores a los que están en el manual y cabe recalcar que la maqueta no cuenta con los conectores OBDII ni tampoco con el acoplador del monitor que sirve para mostrar los destellos producentes de la MIL

En el diagnóstico de la parte electromecánico se observa que pro el método de Ishikawa Pareto, hay algunas variables que quisiéramos que nos salgan pero no nos salen y esto es debido a que se tomó diferentes tipos de criterios de las personas que fueron encuestados. No obstante las causas más comunes que nos salen son debido al grado de conocimiento y experiencia que tiene cada una de las personas encuestadas (personas que trabajan en el área automotriz y compañeros de la carrera de mecánica automotriz).

El mantenimiento correctivo del sistema de dirección EPS se lo realiza tiene que realizar cada que se presente de manera imprevista la avería y mayormente tiene que suceder en la parte mecánica.

El plan de mantenimiento se lo va a realizar de acuerdo a las causas más comunes, ya que estas son las que hay realizarlas de manera programada. Todo esto se lo realiza con el fin de asegurarle una vida útil más prolongada al sistema. No obstante el plan de mantenimiento también ayuda a que la adquisición del repuesto de la columna de dirección se lo realizara de manera preventiva y así mantenerlo en repuesto en espera a ser reemplazado, cuando el sistema lo requiera se lo reemplaza, sin tener que perder la fiabilidad del sistema y también tener una buena prestación de la misma.

## **9.2 Recomendaciones**

Para realizar un diagnóstico de del sistema de dirección con la ayuda de la luz indicadora de mal funcionamiento del sistema de dirección EPS se sugiere tener muy en cuenta los cogidos de los destellos producentes, en el mejor de los casos memorizarse los intervalos de códigos de destellos. No obstante es necesario también saber el borrado de la DTC sin la ayuda de la herramienta de exploración Suzuki ya que muchas veces no es posible contar con esta herramienta tan sofisticada, debido a que no es fácil la adquisición de la misma.

Por otro lado si se cuenta con una herramienta de exploración Suzuki se recomienda saber muy bien la manipulación de la herramienta de exploración y tener un dominio de lectura en inglés, esto se debe a que la herramienta bien en texto en inglés.

Para determinar las causas más comunes mediante el método Pareto se recomienda usar paquetes de Excel y saber el dominio de la misma. Ya que en este caso pasa a ser una herramienta poderosa al hacer procedimiento de filtrado de las causas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adriano Cebrian, J. A. (2011). *mecanica y entrenamiento simple del automovil*. España: Ministerio del interior.
- Alonzo Perez, J. M. (2008). *Tecnicas del automovil CHASIS* (8ª Edicion ed.). Madrid, España: paraninfo.
- Arias Paz, M. (2006). *Manual de Automoviles, 56ª Edicion* (56ª Edicion ed.). Madrid, España: Cie-Dossat.
- Barrera S., J. C. (Octubre de 2006). *aficionado a la mecnicna*. Recuperado el 25 de Octubre de 2015, de [www.aficionadosalamecanica.com](http://www.aficionadosalamecanica.com):  
<http://www.aficionadosalamecanica.com/direccion-asistida-electrica-y-control-de-estabilidad.ppt>
- Castro, R. (25 de Octubre de 2012). *guioteca*. Recuperado el 02 de Noviembre de 2015, de [www.guioteca.com](http://www.guioteca.com): <http://www.guioteca.com/mecanica-automotriz/direccion-asistida-electrica-que-es-y-como-funciona/>
- Diaz Ramirez, A. C. (11 de abril de 2010). *SlideShare*. Recuperado el 30 de noviembre de 2015, de [slideshare.net](http://es.slideshare.net): <http://es.slideshare.net/ancadira/poblacin-y-muestra-3691707>
- Garcia, S. (19 de Marzo de 2014). *you tube*. Recuperado el 3 de noviembre de 2015, de [www.youtube.com](http://www.youtube.com): <https://www.youtube.com/watch?v=yTMld3P-6Wk>
- Kindler, H.; Kinast, H., SOCIEDAD ALEMANA COOPERACION TECNICA (GTZ). (1986). *Matematica Aplicada para las Tecnicas del Automovil* (1ª de la 8ª Alemana ed.). (J. Compani Bueno, Ed., & B. J. Compani, Trad.) Barcelona, España: Revete S.A.
- MAGYAR SUZUKI CORPORATION. (1999). *SERVICE MANUAL*. JAPON.
- malaboran. (8 de abril de 2008). *maralboran*. Recuperado el 30 de noviembre de 2015, de [maralboran.org](http://maralboran.org): [http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Tipos\\_de\\_muestreos](http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Tipos_de_muestreos)
- Reyes E., E. A. (18 de Agosto de 2012). *slide share*. Recuperado el 28 de septiembre de 2015, de [slideshare.net](http://es.slideshare.net): <http://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>
- Sanz Gonzales, A. (2000). *Tecnologia de Automocion* (2ª Edicion ed.). Barcelona, España: Edebe.
- TEAM-TOYOTA MOTORS CORPORATION. (s.f.). Sistema de Direccion. *manual de entrenamiento TOYOTA, Volimen 2*.
- TOYOTA MOTORS CORPORATION. (s.f.). Direccion. *MAニュアル de entrenamiento* .
- TOYOTA MOTORS CORPORATION, All right reserved. (2003). *tecnico superior de diagnostico*. japan: S.E.

Wigodski, J. (14 de julio de 2010). *Metodología de la investigación*. Recuperado el 29 de noviembre de 2015, de metodologiaeninvestigacion.blogspot.com:  
<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

Wikipedia. (9 de Noviembre de 2015). *Wikipedia*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015, de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Pareto](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pareto)

Wikipedia. (11 de Noviembre de 2015). *Wikipedia*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015, de es.wikipedia.org: [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)



# **Anexos 1**

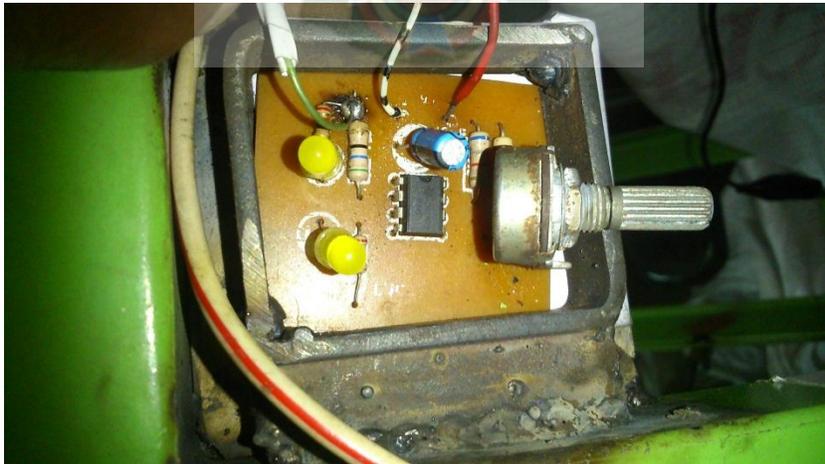
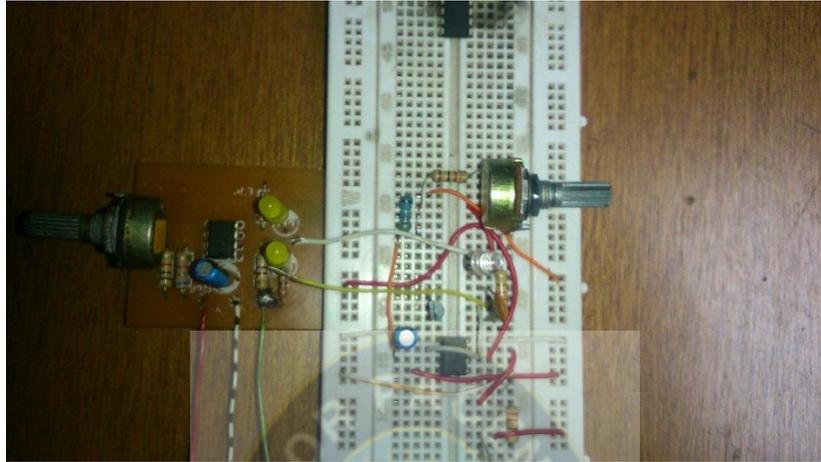
**RESPECTO DE LA MAQUETA FUNCIONAL**



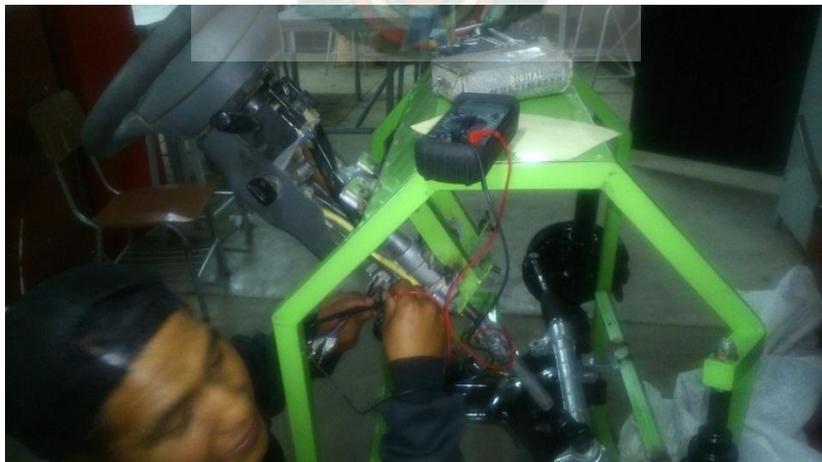
**Figuras de la etapa constructiva de la maqueta funcional.**



## Etapas de construcción del simulador de pulsos.



**Etapas de pruebas realizadas con el Multímetro.**



# **Anexos 2**

**RESPECTO AL MANUAL**



TAPA DEL MANUAL DE REPARACIONES SUZUKI WAGON R+

**SUZUKI**

**Wagon R<sup>+</sup>**

**SERVICE MANUAL  
SUPPLEMENTARY SERVICE MANUAL  
WIRING DIAGRAM MANUAL**

***RB310/RB413/RB413D***

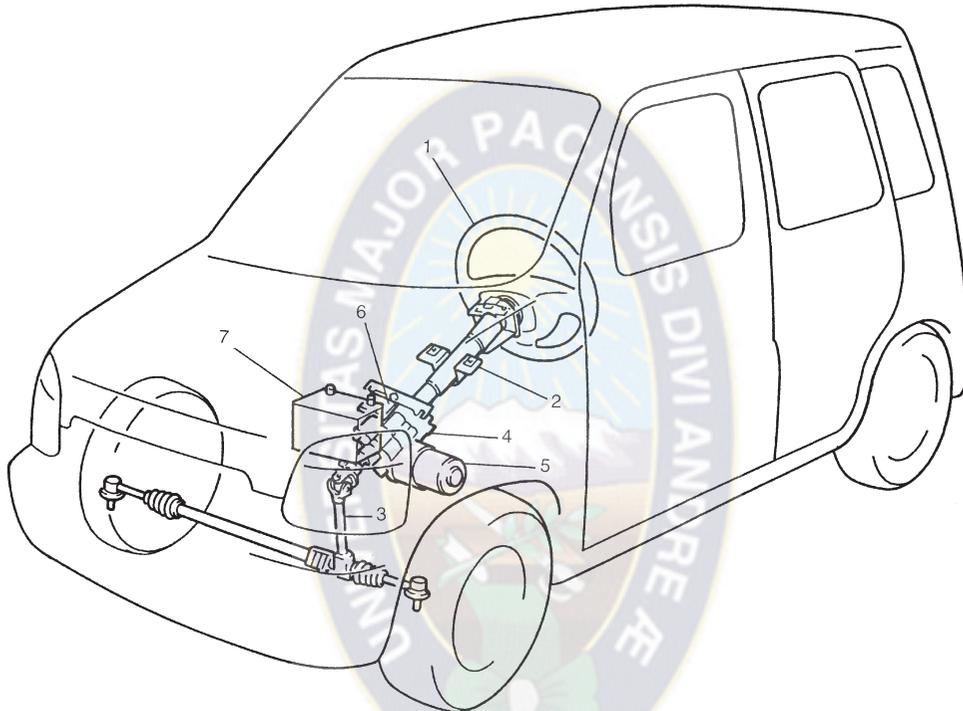
## GENERAL DESCRIPTION

This electrical power steering (EPS) system consists of a P/S control module, a torque sensor and a motor assembly (with clutch incorporated) installed to the steering column.

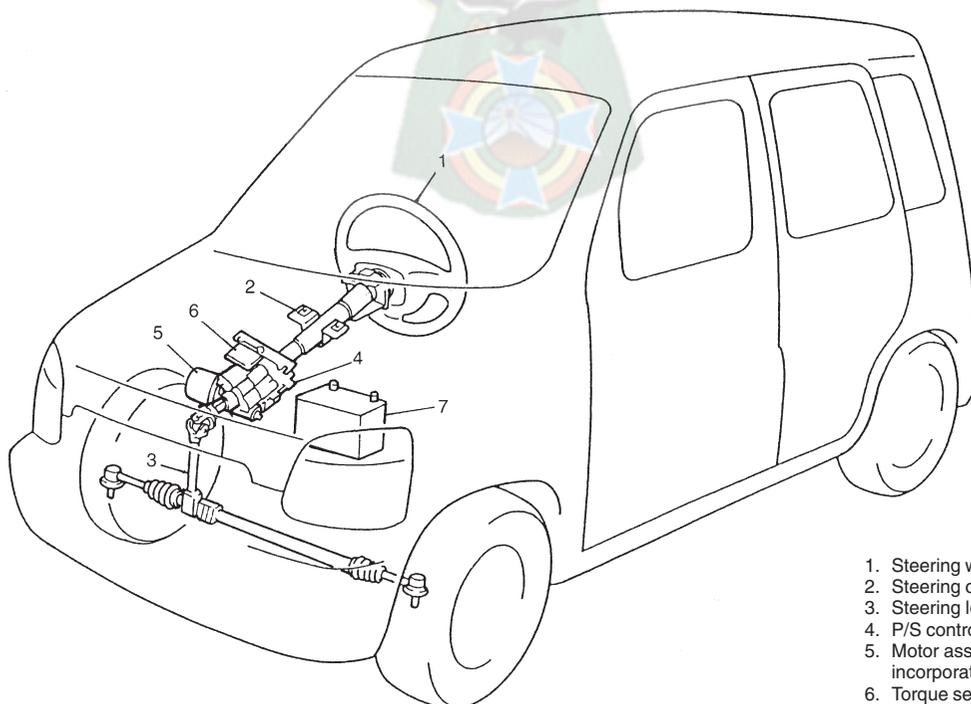
In this system, the P/S control module determines the level and direction of the assist force for the steering wheel according to the signals from the torque sensor and the vehicle speed, runs the motor so as to assist operation of the steering wheel.

## COMPONENTS

[LH]

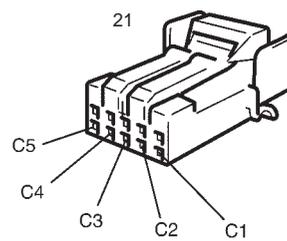
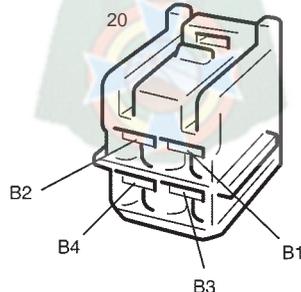
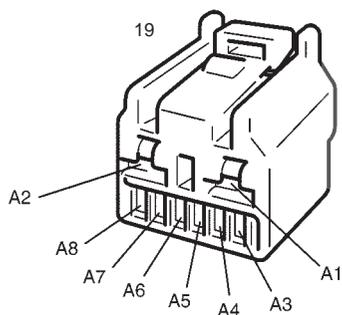
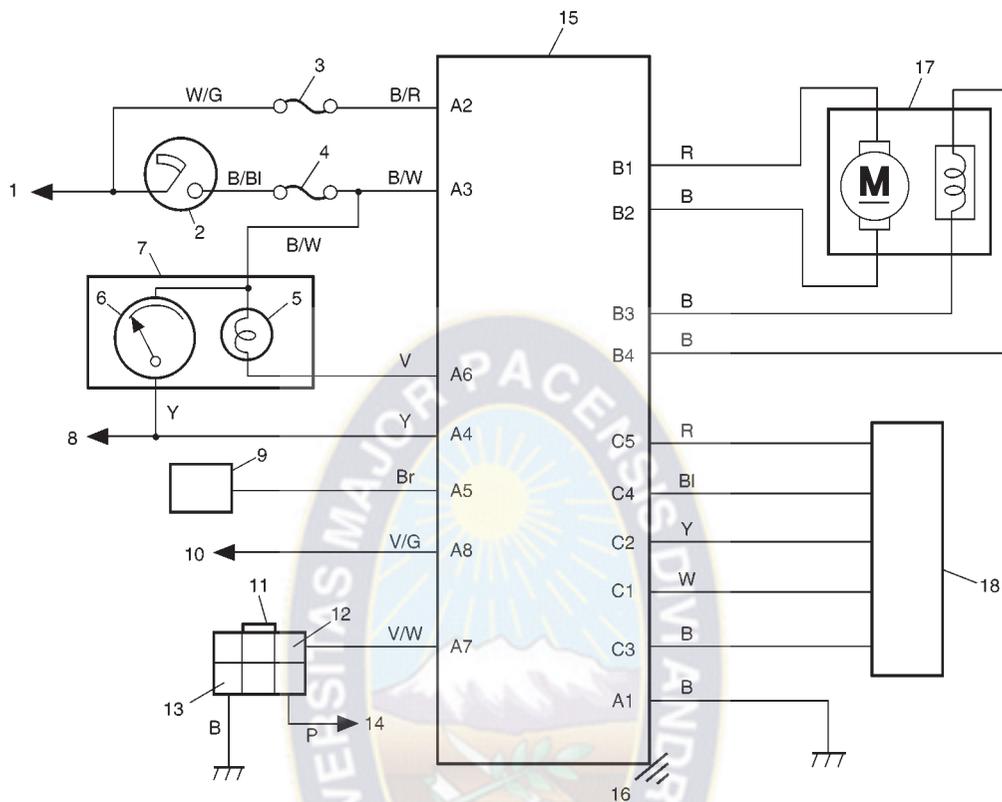


[RH]



1. Steering wheel
2. Steering column assembly
3. Steering lower shaft
4. P/S control module
5. Motor assembly (with clutch incorporated)
6. Torque sensor
7. Battery

# DIAGRAMA DEL CABLEADO



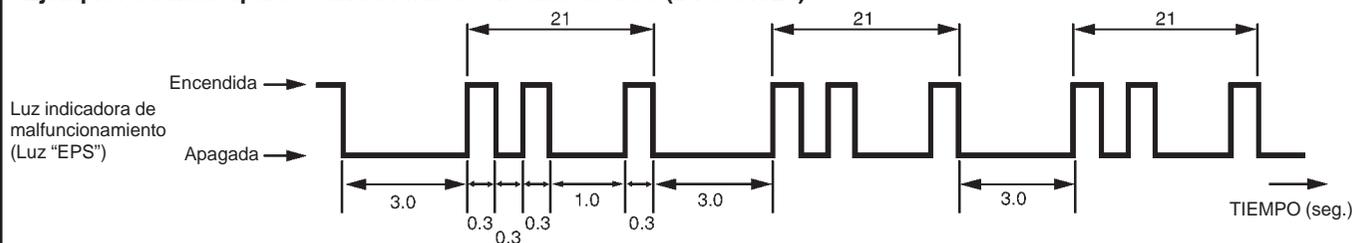
- 1. Al fusible principal
- 2. Interruptor de encendido
- 3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
- 4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
- 5. Luz indicadora de mal funcionamiento (MIL) (Luz "EPS")
- 6. Velocímetro
- 7. Medidor combinado

- 8. Al sensor de velocidad del vehículo (VSS)
- 9. ECM
- 10. Conector de enlace de datos (DLC)
- 11. Acoplador del monitor
- 12. Terminal del interruptor de diagnóstico (para el sistema P/S)
- 13. Terminal a tierra
- 14. Al módulo de control ABS (si está instalado)

- 15. Módulo de control P/S
- 16. Tierra del cuerpo del módulo de control P/S
- 17. Motor y embrague
- 18. Sensor de torsión
- 19. Conector "A"
- 20. Conector "B"
- 21. Conector "C"

# CUADRO DE DTC

Ejemplo: Cuando aparece una avería de circuito de VSS (DTC C1121)



DTC	Patrón de destellos de la luz "EPS"		PUNTO DE DIAGNOSTICO	DIAGNOSTICO
	Nº	Modelo		
—	12		Normal	Este código aparece cuando no se identifica ningún otro código.
C1111	11		Sensor de torsión	
C1113	13			
C1114	14			
C1115	15			
C1116	16			
C1121	21		Señal VSS	
C1123	23		Señal de velocidad del motor	
C1124	24			
C1122	22			
C1141	41			
C1142	42			
C1143	43		Motor	
C1144	44			
C1145	45			
C1151	51			
C1152	52		Módulo de control P/S	
C1154	54			
C1155	55			
C1153	53		Alimentación eléctrica del módulo de control P/S	

Nº. TERMINAL	CIRCUITO	VOLTAJE NORMAL	CONDICION
A1	Tierra	–	–
A2	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S de la batería	10 – 14 V	Interruptor de encendido en ON
A3	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S del interruptor de encendido	10 – 14 V	Interruptor de encendido en ON
A4	VSS	Se repite la deflexión del indicador entre 0 – 1 V y 9 – 11 V	Interruptor de encendido en ON Se hace girar rápidamente el neumático trasero izquierdo con el neumático derecho bloqueado
A5	Señal de velocidad del motor	Aprox. 1 V	Ralentí del motor
A6	Luz "EPS"	0 – 2 V	Ralentí del motor Luz "EPS" encendida
		10 – 14 V	Ralentí del motor Luz "EPS" apagada
A7	Terminal del interruptor de diagnóstico	Aprox. 5 V	Interruptor de encendido en ON
A8	Herramienta de exploración SUZUKI	–	–
B1	Salida de motor 2	5 – 7 V	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
B2	Salida de motor 1	5 – 7 V	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
B3	Salida de embrague 2	0 V	–
B4	Salida de embrague 1	10 – 14 V	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
C1	Sensor de torsión (principal)	Aprox. 2,5 V	Interruptor de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto Inspeccione el voltaje entre los terminales "C1" y "C3".
C2	Sensor de torsión (secundario)	Aprox. 2,5 V	Interruptor de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto Inspeccione el voltaje entre los terminales "C2" y "C3".
C3	Sensor de torsión (tierra)	0 V	–
C4	Alimentación eléctrica de 5 V para el sensor de torsión	Aprox. 5 V	Interruptor de encendido en ON Inspeccione el voltaje entre los terminales "C4" y "C3".
C5	Alimentación eléctrica de 8 V para el sensor de torsión	Aprox. 8 V	Interruptor de encendido en ON

## SERVICIO EN EL VEHICULO

### MODULO DE CONTROL P/S

#### DESMONTAJE

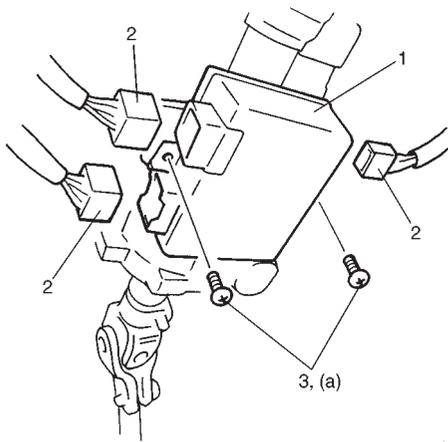
- 1) Desconecte el cable negativo de la batería.
- 2) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección.
- 3) Desconecte los acopladores del módulo de control P/S.
- 4) Desmonte el módulo de control P/S del conjunto de la columna de la dirección.

#### INSTALACION

Invierta el procedimiento de desmontaje para la instalación.

#### Par de apriete

(a): 3 N·m (0,3 kg-m)

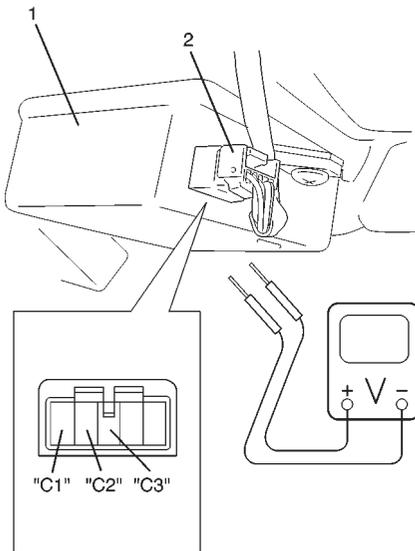


1. Módulo de control P/S
2. Acoplador
3. Tornillo

### SENSOR DE TORSION

#### INSPECCION EN EL VEHICULO

- 1) Desmonte la columna inferior de la columna de la dirección.
- 2) Gire el interruptor de encendido a la posición ON.
- 3) Inspeccione el voltaje entre terminales del conector del sensor de torsión conectándolo al módulo de control P/S y sin que funcione el motor.



1. Módulo de control P/S
2. Conector "C"

	Volante de la dirección girado completamente a la izquierda	Volante de la dirección en posición recta	Volante de la dirección girado completamente a la derecha
Sensor principal ("C1" – "C3")	Aprox. 1,5 V	Aprox. 2,5 V	Aprox. 4 V
Sensor secundario ("C2" – "C3")	Aprox. 1,5 V	Aprox. 2,5 V	Aprox. 4 V

Si el resultado de la inspección no es satisfactorio, reemplace el conjunto de la columna de la dirección.