

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**



## **SEDE LATACUNGA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE  
TRACCIÓN TOTAL (4WD) CON ACCIONAMIENTO  
AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AUTOMOTRIZ**

**DIEGO XAVIER MONTESDEOCA FUENTES  
GONZALO JAVIER PIZARRO VILLACIS**

**LATACUNGA, SEPTIEMBRE 2009**

# **ESCUELA POLITÉCNICA EL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Diego Xavier Montesdeoca Fuentes  
Gonzalo Javier Pizarro Villacis

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE TRACCIÓN TOTAL (4WD) CON ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales d terceros, conforme las citas de constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Septiembre del 2009

-----  
Diego Xavier Montesdeoca Fuentes  
CI.- 1002742615

-----  
Gonzalo Javier Pizarro Villacis  
CI.- 1003329487

# **ESCUELA POLITÉCNICA EL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Diego Xavier Montesdeoca Fuentes.  
Gonzalo Javier Pizarro Villacis.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE TRACCIÓN TOTAL (4WD) CON ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Septiembre 2009

-----  
Diego Xavier Montesdeoca Fuentes  
CI.- 1002742615

-----  
Gonzalo Javier Pizarro Villacis  
CI.- 1003329487

# **ESCUELA POLITÉCNICA EL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE TRACCIÓN TOTAL (4WD) CON ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO” fue desarrollado por Diego Xavier Montesdeoca Fuentes y Gonzalo Javier Pizarro Villacis, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Latacunga, Septiembre 2009

-----

Ing. Germán Erazo.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

-----

Ing. Juan Castro.  
CODIRECTOR DEL PROYECTO

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto lo dedico a toda mi familia, de manera especial a mis padres Anita y Jorge, que con su ejemplo de superación, son mis guías en el convivir diario, a mis hermanos Ivan y Ximena que con su paciencia, comprensión, y profundo amor son los que comparten mis anhelos y esperanzas día a día.*

*Gracias Dios por permitirme vivir y ser un hombre lleno de metas y muchos sueños....*

**DIEGO MONTESDEOCA**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres:*

- *Gonzalo y Pilar porque con su amor, apoyo y confianza me han inculcado valores para ser una persona de bien con la capacidad de cumplir sus objetivos, gracias a ellos que en todo momento ya sea malo o bueno siempre han estado ahí ofreciéndome lo mejor de ellos siendo mas que padres amigos inseparables.*

*A mi esposa:*

- *Diana porque siempre a estado ahí dándome su amor y su apoyo y porque me han ensañado que la la felicidad familiar se logra con amor respeto y confianza.*

*A mi hijo:*

- *Gonzalito porque es mi inspiración para continuar y porque con su alegría no importa cuál sea la situación siempre me hace sentir feliz.*

*A mis hermanos:*

- *Christian y Diana porque a pesar de ser mayores siempre han sido mis compañeros de aventuras además que ellos siempre han sido un ejemplo para mí.*

*A mis amigos:*

- *Por ser como mis hermanos con los cuales he compartido la mayor parte de mis aventuras y que se que con ellos podre contar siempre.*

*A Dios:*

- *por haberme acompañado durante toda la vida por siempre protegerme y llevarme por el bien además le agradezco de haberme dado todo lo maravilloso que ahora tengo.*

**GONZALO PIZARRO**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado.*

*A nuestros Padres y Hermanos, por su amor, apoyo y dedicación incondicional.*

*A nuestros Profesores y de manera especial al Ing. Germán Erazo y al Ing. Juan Castro, por su ayuda y guía en el desarrollo de presente proyecto.*

*Finalmente queremos agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible la culminación de este proyecto y que nos las mencionamos, **GRACIAS A TODOS.***

## RESUMEN

El presente proyecto se enfoca al diseño y construcción de un simulador de tracción total (4WD) con accionamiento automático de un vehículo todo terreno, cuyo principal propósito es facilitar la comprensión de éste sistema haciendo que la capacitación de docentes y alumnos sea más sencilla.

El simulador tiene una interfaz de usuario muy amigable, segura y sencilla de operar ya que se lo hace mediante el software LabVIEW, comandando todas sus funciones desde una computadora portátil.

El capítulo I, se refiere a la introducción y funcionamiento del sistema, en el que se detallan los componentes mecánicos que lo constituyen como son la caja de transferencia, diferenciales, árboles de transmisión entre otros.

El capítulo II, trata los elementos y componentes electrónicos que forman parte de del sistema 4WD con accionamiento automático como son sensores, módulos y microcontroladores, detallando sus funciones y aplicaciones.

En el capítulo III, se realiza el diseño y construcción del simulador, selección de componentes mecánicos y electrónicos, sus fundamentos, características y la razón de su utilización entre los cuales encontramos la caja de transferencia, diferenciales, sistemas complementarios, software, microcontroladores entre otros.

El capítulo IV, se refiere al montaje y acoplamiento de los componentes que conforman el simulador, se analiza su operación, se realizan pruebas de funcionamiento y se analiza los resultados obtenidos.

Se adjunta además una guía de montaje y desmontaje de la caja de transferencia, un manual de usuario para la utilización del simulador y diagramas para la detección de fallas.

## PRESENTACIÓN

El presente proyecto aplica las distintas áreas del conocimiento adquiridas en el trascurso del estudio de la carrera, diseñando, construyendo y simulando un sistema de alta tecnología que usan la mayoría de vehículos todo terreno de gama alta en la actualidad, enfocándose a la tracción de las ruedas que actúa automáticamente bajo las diferentes condiciones de manejo.

Con la ejecución de este proyecto se procura poner en alto el nombre de la institución con un tema de importancia, usando los conocimientos, la tecnología y medios que la escuela pone a nuestra disposición y aprovechándolos de la manera más adecuada para el éxito en su ejecución.

En la actualidad reglamentos a nivel mundial sobre seguridad activa y pasiva en vehículos de pasajeros se han hecho muy exigentes, han obligado a las empresas automotrices crear nuevos sistemas que brinden seguridad sobre cualquier terreno este es el caso de los vehículos 4x4 que a pesar de rodar por caminos en muy mal estado mantienen siempre la seguridad total de sus ocupantes con sistemas de tracción y tren de rodaje totalmente confiables.

Se toma de referencia para el proyecto el sistema 4x4 con accionamiento automático que la empresa FORD implementa en sus vehículos, en este caso de una FORD EXPLORER ya que su funcionamiento es similar al de los demás vehículos que circulan diariamente por nuestro país.

La realización de este proyecto es muy importante, ya que el estudio de éste tema logrará una mejor comprensión del funcionamiento y componentes del sistema, que como futuros ingenieros debemos comprender en su totalidad, para poder desenvolvemos en nuestro campo profesional.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA 4WD Y SUS VARIANTES TECNOLÓGICAS EN LA ACTUALIDAD CON CONTROL ELECTRÓNICO DE TRACCIÓN TOTAL AUTOMÁTICA.

### 1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS TRACCIÓN TOTAL:

En un vehículo convencional, son dos de las ruedas que reciben el par motor a través de la caja cambios y en su aplicación al suelo propulsan al vehículo. Las otras dos ruedas son arrastradas y únicamente ejercen otra función al frenar, o si son las delanteras, dirigen la trayectoria del vehículo. En otros casos, los vehículos están dotados de un sistema llamado de propulsión o tracción total, mediante el cual pueden hacerse motrices las cuatro ruedas, que simultáneamente propulsan al vehículo.

Generalmente, el movimiento es llevado desde la caja de cambios a cada uno de los ejes motrices a través de un diferencial central (figura 1.1) que adapta el giro de cada tren a las condiciones de, marcha del vehículo.

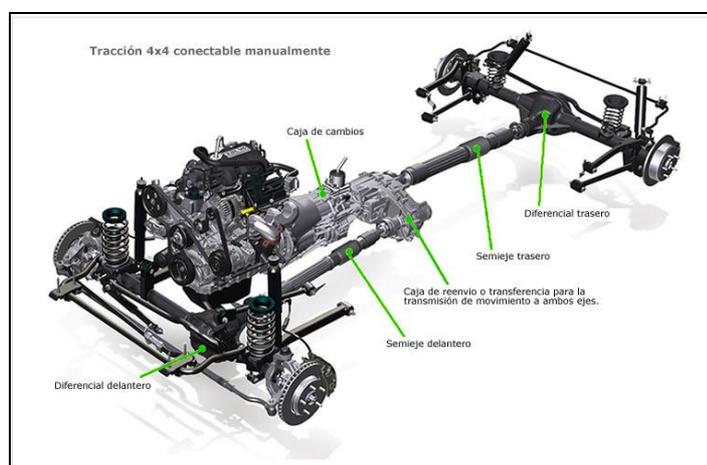


Figura 1.1 Tracción 4x4 manual.

La ventaja fundamental que presenta un sistema de propulsión a las cuatro ruedas estriba en que el par motor se reparte entre los dos ejes, de manera que cada rueda recibe la cuarta parte, lo que permite que la fuerza de tracción aplicada a cada una de ellas no llegue a superar nunca a la fuerza de adherencia del neumático, aun en pavimentos deslizantes, casi en cualquier circunstancia. Del mismo modo, el comportamiento en curva de un automóvil con cuatro ruedas motrices es sensiblemente mejor.

### 1.1.1 FUNDAMENTOS FÍSICOS:

La figura 1.2 muestra las aplicaciones de las fuerza de tracción  $T$  y centrífugo  $C$  comparativas entre vehículos de tracción delantera solamente y de tracción a las cuatro ruedas. El círculo encierra estas fuerzas es el correspondiente a la máxima adherencia del neumático, a partir de la cual, se produce patinando.

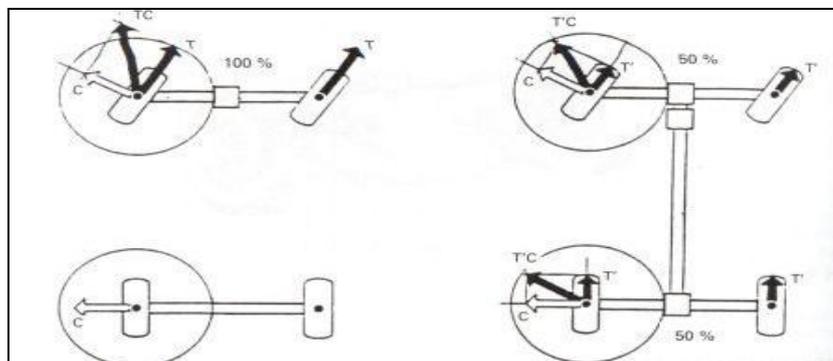


Figura 1.2 Fuerzas involucradas.

Como puede observarse en la figura 1.2, para valores de adherencia similares (círculos iguales), en los vehículos con transmisión a las cuatro ruedas, al disponer de menor par en cada una de ellas, nos encontramos mas adentro del círculo de adherencias (menor pérdida de tracción) y, además, son las cuatro ruedas quienes contrarrestan la fuerza centrífuga en curva, lo que implica que este tipo de vehículos disponga de mejor capacidad de tracción y estabilidad, que otro con un solo eje motriz. Estas cualidades se hacen más patentes cuando el estado de adherencia del piso va degradándose (lluvia, barro, nieve, etc.), o cuando se ha de circular por caminos en mal estado, pisos deslizantes, etc.

## 1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE PROPULSIÓN TOTAL.

### 1.2.1 TRANSMISIÓN PERMANENTE A UN EJE CON CONEXIÓN MANUAL A OTRO.

En este tipo de vehículos, la transmisión se realiza de la manera convencional a uno de los ejes (delantero o trasero), que dispone de esta manera una tracción permanente, mientras que el otro eje puede ser conectado a tracción a voluntad del conductor o de una manera automática. La figura 1.3 muestra la configuración de un vehículo de tracción delantera permanente a la que puede añadirse la propulsión trasera eventualmente. Ello se logra en este caso de forma manual, cuando el vehículo acciona la palanca de mando adicional, situado junto a la palanca de cambio convencional.

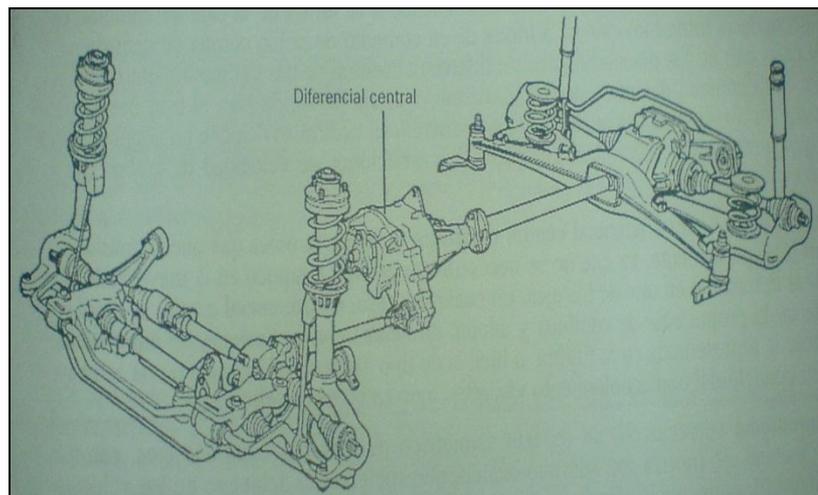
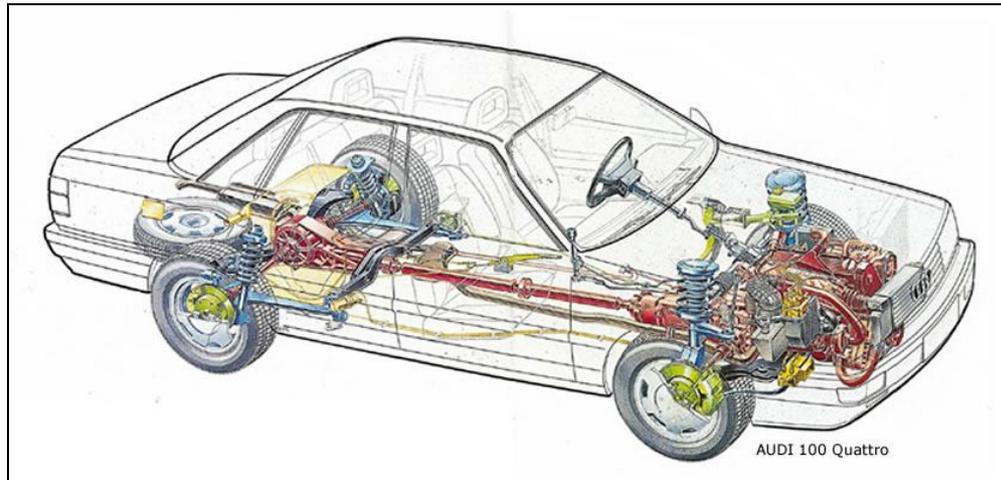


Figura 1.3 Tracción de conexión manual.

### 1.2.2 TRANSMISIÓN 4X4 PERMANENTE.

En este apartado los vehículos dotados de una transmisión integral permanente, con repartición proporcional del par motor a los trenes delanteros y trasero, que realiza generalmente un diferencial central que compensa las diferencias de velocidad de los dos ejes en curva. La Figura 1.4 muestra la implantación de componentes en este tipo de vehículos con motor y caja en la parte trasera.



**Figura 1.4 AUDI tracción total permanente**

El diferencial central recibe el movimiento de la salida de la caja de cambios, enviándolo a su vez a ambos trenes.

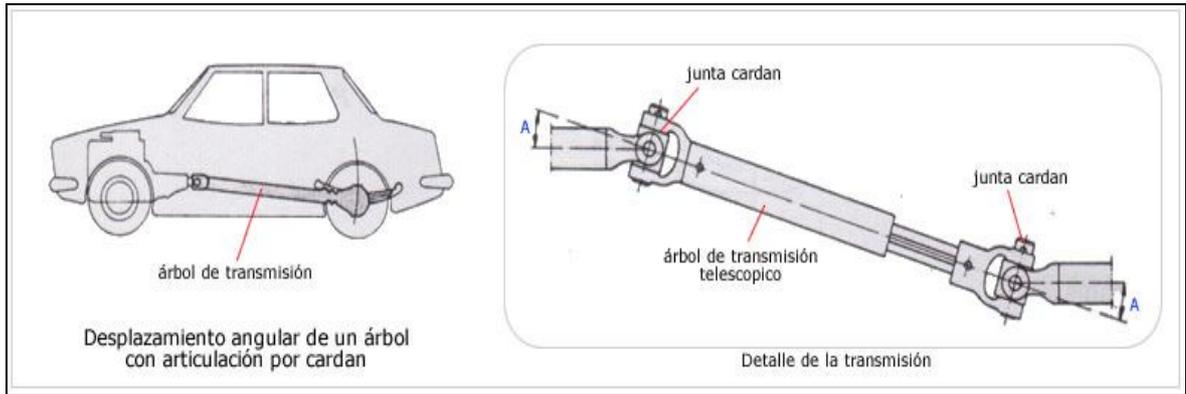
Cuando aparecen pérdidas de tracción, el diferencial se puede bloquear, bien mecánicamente o por medios eléctricos. En otras aplicaciones, es de tipo autoblocante; pero en estos casos, cada uno de los planetarios se une al correspondiente árbol de transmisión para llevar el par a cada uno de los trenes.

El funcionamiento es idéntico al de los diferenciales convencionales. Las diferencias de velocidad de los dos trenes son compensadas por el diferencial central.

## **1.3 COMPONENTES**

### **1.3.1 ARBOLES DE TRANSMISIÓN**

Son los encargados de transmitir la fuerza desde la caja de velocidades hasta el diferencial, y permitir que el diferencial cambie de posición con respecto a la caja de velocidades cuando el vehículo se encuentra en movimiento, de acuerdo con las condiciones de la carretera y el volumen de la carga (figura 1.5).



**Figura 1.5 Árbol de transmisión.**

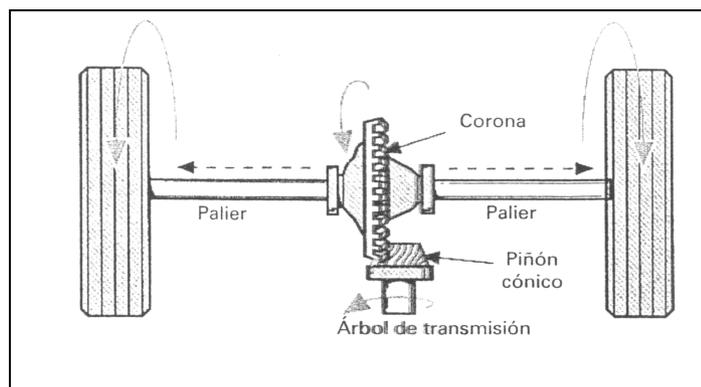
Es un tubo liviano hueco hecho de acero al carbón de gran resistencia contra la torsión y el doblado, es normalmente un tubo de una sola pieza con dos juntas, una en cada extremo.

Algunas veces se utiliza árboles de dos piezas y tres juntas, con un rodamiento central.

### 1.3.2 ÁRBOL DE IMPULSIÓN

Es el encargado de transmitir la fuerza desde el engranaje del diferencial a las ruedas. Tienen un mecanismo que absorbe los cambios de longitud de los ejes de acuerdo a los movimientos de las ruedas (25 - 50 mm).

Tienen la capacidad de mantener el mismo ángulo de operación mientras que las ruedas delanteras son viradas (20 \* 40) (figura 1.6)



**Figura 1.6 Árbol de impulsión.**

### 1.3.3 JUNTAS UNIVERSALES

El propósito es de absorber los cambios angulares entre caja y diferencial, también se encargan de transmitir suavemente la fuerza de la caja al diferencial y sin ruido, es de construcción simple.

Las variaciones de las velocidades angulares son eliminadas mediante las uniones universales, situadas en los extremos. El eje impulsor e impulsado está ubicado en paralelo para evitar las variaciones de velocidad de rotación y torque (figura 1.7 y 1.8)

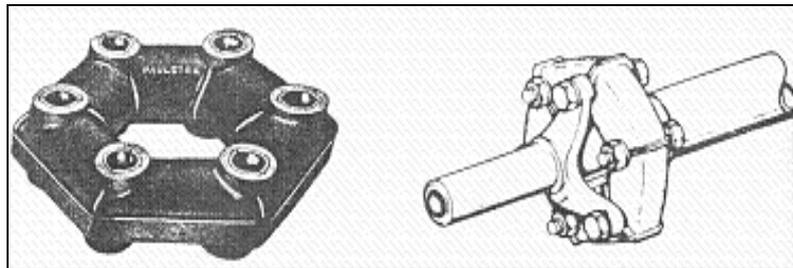


Figura 1.7 Junta universal.

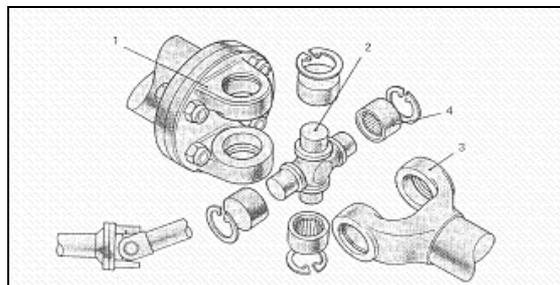


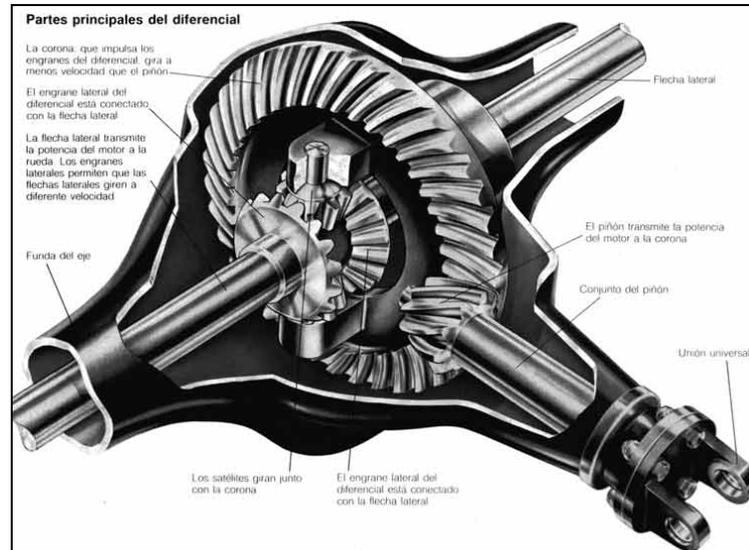
Figura 1.8 Junta universal desarmada.

### 1.3.4 EL DIFERENCIAL

Este componente cumple con las siguientes funciones:

- Transmiten el par motor del eje de transmisión a los ejes motores y a las ruedas traseras.
- Transmiten el par motor a un ángulo de 90°, proporcionan una reducción de engranes entre el piñón propulsor y los ejes motores.
- Dividen el par motor de la transmisión entre las dos ruedas.

- Permiten que, al tomar las curvas, las ruedas motrices giren a diferentes velocidades.
- Sostienen la carrocería, los ejes motores y el diferencial.
- Proporcionan los medios de fijación del sistema de suspensión, ensambles de frenos y ruedas motrices



**Figura 1.9 Diferencial en corte.**

**1.3.4.1 BRIDA DEL PIÑÓN DEL DIFERENCIAL:** Acopla el eje de la transmisión al piñón del diferencial.

**1.3.4.2 PIÑÓN DE LA TRANSMISIÓN:** Transmite el par motor del eje de la transmisión al engrane corona del diferencial.

**1.3.4.3 ENGRANE CORONA:** Transmite el par motor del piñón propulsor a la caja o soporte del diferencial.



**Figura 1.10 Piñón corona diferencial.**

**1.3.4.4 CAJA O SOPORTE DEL DIFERENCIAL:** Transmite el par motor del engrane corona a la flecha de planetarios; contiene la flecha de planetarios, los engranes planetarios y los engranes laterales del eje.



**Figura 1.11** Soporte del diferencial

**1.3.4.5 COJINETES LATERALES DE LA CAJA O SOPORTE DEL DIFERENCIAL:** Soportan la caja o soporte del diferencial en la carcasa del eje trasero.

**1.3.4.6 FLECHA DE PLANETARIOS:** Transmite el par motor de la caja o soporte del diferencial a los engranes planetarios.

**1.3.4.7 ENGRANES PLANETARIOS:** Transmiten el par motor de los engranes planetarios a los engranes laterales del eje; permiten que los engranes del eje giren a velocidades diferentes en virajes.

**1.3.4.8 ENGRANES SATÉLITES:** Transmiten el par motor de los engranes planetarios a los ejes motores.

**1.3.4.9 EJES MOTORES:** Transmiten el par motor de los engranes laterales del eje a las ruedas motrices.

**1.3.4.10 CARCASA DEL EJE TRASERO:** Soporta y contiene el ensamble del diferencial y los ejes motores y soporta además el chasis.



**Figura 1.12 El diferencial.**

## **1.4 CAJA DE TRANSFERENCIA - CAMBIOS MANUALES.**

### **1.4.1 INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN:**

La tracción total es la mas utilizada en vehículos todoterreno (offroad) que les permite circular por terrenos accidentados; si la ruedas de uno de los ejes pierde tracción, se puede trasladar la fuerza impulsora al otro eje de forma manual mediante una palanca.

“Hasta hace poco tiempo, este tipo de vehículos utilizaban en exclusiva la propulsión del tren trasero con conexión manual del tren delantero; pero actualmente se emplea también la transmisión integral permanente con diferencial central o con viscoacoplador”.<sup>1</sup>

Sin embargo, lo que es común a cualquier vehículo todoterreno es la caja de transferencia o reductora.

La reductora va acoplada a la caja de cambios, con salida para doble transmisión a ambos trenes. Esta caja es accionada por una palanca adicional situada al lado de la palanca de cambios y puede transmitir, según su posición, el movimiento a los dos ejes o solamente al trasero. La relación de marchas mas larga es la de "normal" o de carretera y la "corta" o reductora selecciona una desmultiplicación que oscila generalmente entre 2 y 3 a 1.

---

<sup>1</sup> Dani, M. (2008, Enero 1). <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones-4x4.htm>

Los piñones de la caja reductora van dispuestos en pares de engranajes de forma que, cuando se utiliza la transmisión total, se reduce el giro de las ruedas para obtener un mayor par de tracción en las mismas.

La función de la caja reductora o de transferencia es los vehículos todo-terreno es multiplicar el par de salida de la caja de cambios, para coronar fuertes pendientes, avanzar lentamente por terrenos muy accidentados, etc.

De la caja de transferencia sale el par a las transmisiones delantera y trasera. Esta transmisión puede hacerse a través de piñones o cadena.

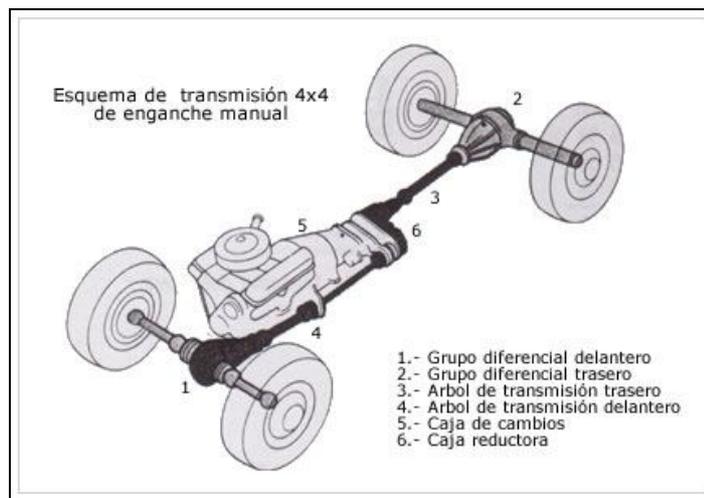


Figura 1.13 Transmisión 4x4

#### 1.4.2 CAJA DE TRANSFERENCIA

El transfer es una caja de cambios de tres piezas en aluminio. Transfiere la fuerza desde la transmisión hasta el eje posterior y cuando es accionado también en el eje delantero. La unidad está lubricada por una bomba de aceite que envía el flujo de aceite a través de las perforaciones en el eje de salida.

La bomba gira con el eje de salida y permite el desplazamiento del vehículo a las velocidades máximas permitidas en la carretera para distancias largas sin perder contacto con los ejes delantero y posterior.

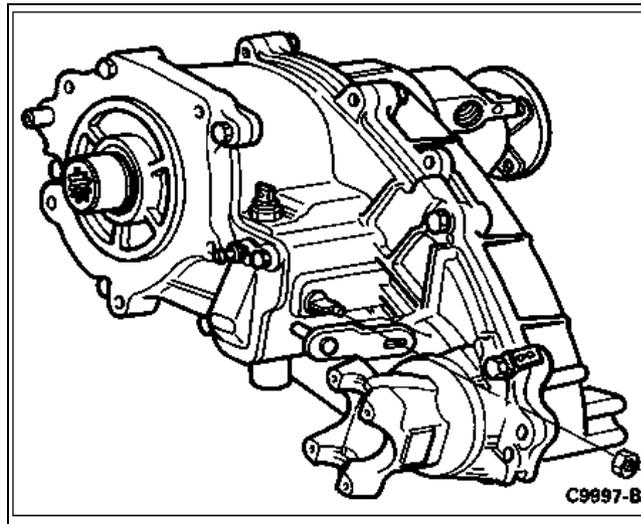


Figura 1.14 Caja de transferencia Ford.

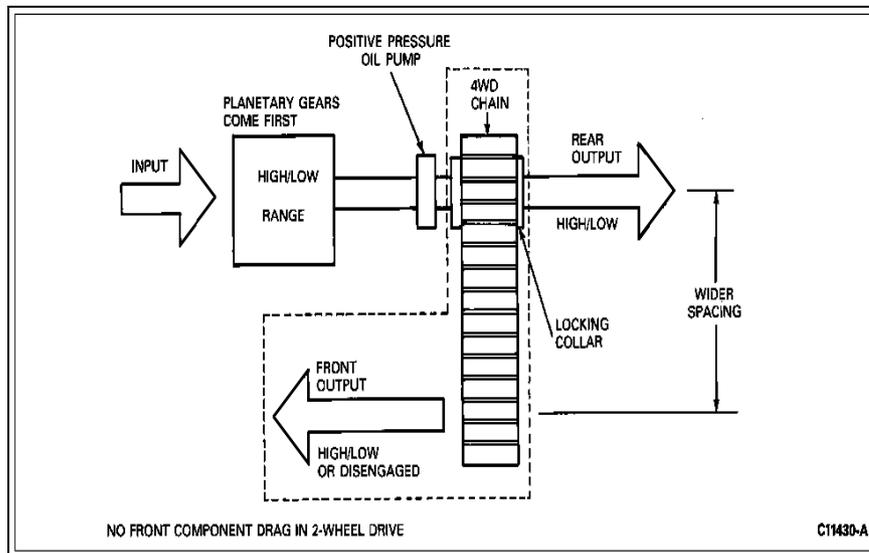


Figura 1.15 Esquema 2WD.

### 1.4.3 OPERACIÓN MECÁNICA

En los modelos 4x2, el torque de la transmisión es transferido al eje frontal de entrada el cual a su turno guía al eje de salida que a su vez guía al eje posterior.

El cambio de 2w – 4W es efectuado cuando la horquilla de 2w y 4w mueve el collar de seguridad para engranar los dientes de la rueda de la cadena en las ranuras del eje de salida. El diente da la vuelta la cadena la cual gira el eje de salida y por lo tanto da movimiento delantero.

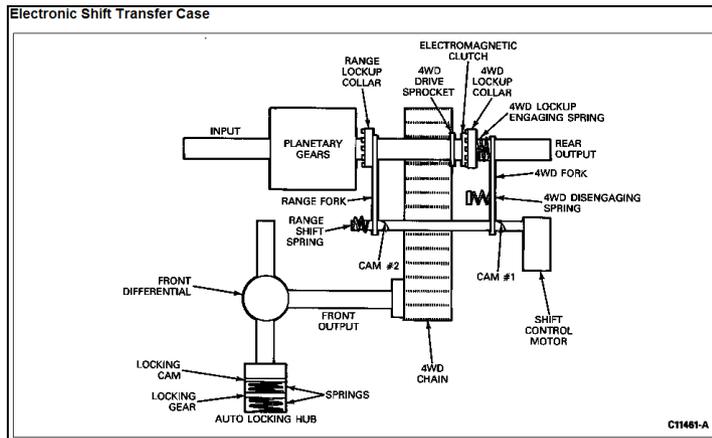


Figura 1.16 Esquema de cambios.

La palanca de alta y baja es ejecutada cuando la horquilla de alta y baja mueve el collar de seguridad para aprisionar el juego de satélites al eje de salida.

El torque para el eje de salida es entonces transmitido a través del planetario central el cual da movimiento a los satélites, y estos ahora son unidos al eje de salida y le dan una reducción.

### 1.4.3.1 NEUTRO

Cuando la palanca está en neutro, no se transmite ninguna fuerza ni al eje delantero ni al eje posterior. Todos los satélites giran libremente con el eje de entrada y la cadena flota libremente sobre el eje de salida. (Figura 1.17)

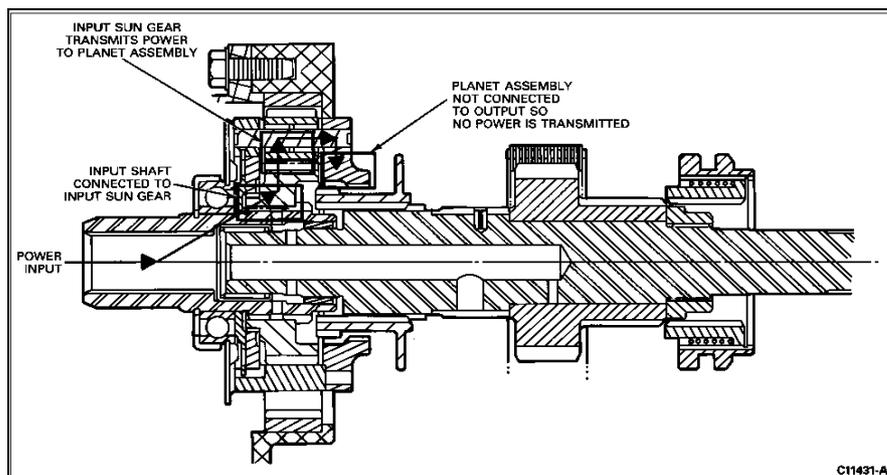


Figura 1.17 Esquema posición neutro.

La siguiente ilustración (Figura 1.18) muestra en corte la disposición de los engranajes en el planetario. En el centro junto al eje de entrada esta el planetario.

Éste forma una malla con los 4 satélites que giran a su alrededor, en giro el porta satélites se une a otro cabio llamado corona.

Mientras el planetario gira, el porta satélites también lo hace. Si el eje de salida esta asegurando al porta satélites (como si fuera una marcha baja), el porta satélites “camina” dentro de la corona brindando una reducción de cambio.

Si el eje de salida esta asegurado al planetario (como un cambio alto) el eje de salida y de entrada giran como una sola unidad.

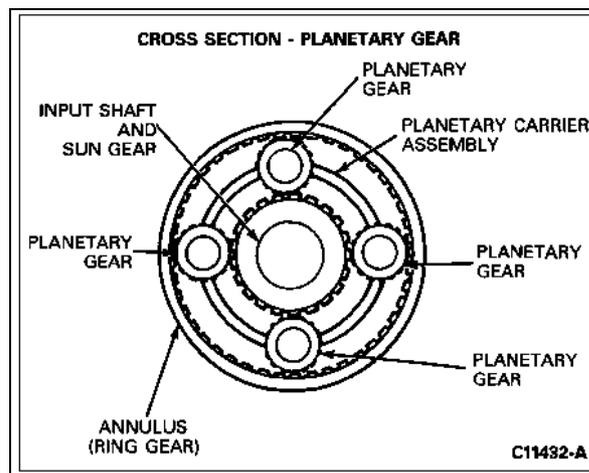


Figura 1.18 Disposición de engranajes.

#### 1.4.3.2 PIÑÓN DE MOVIMIENTO - ALTO RANGO.

Cuando se escoge el control 2H, la reducción central dentro del porta satélites se desliza hacia delante, poniendo el transfer dentro de una velocidad alta (conducción directa). El árbol de entrada y el árbol posterior de salida son bloqueados, esto resulta en conducción directa hacia árbol de tracción posterior, además la cadena es desengranada por lo tanto ningún componente de 4wd gira. (Figura 1.19)

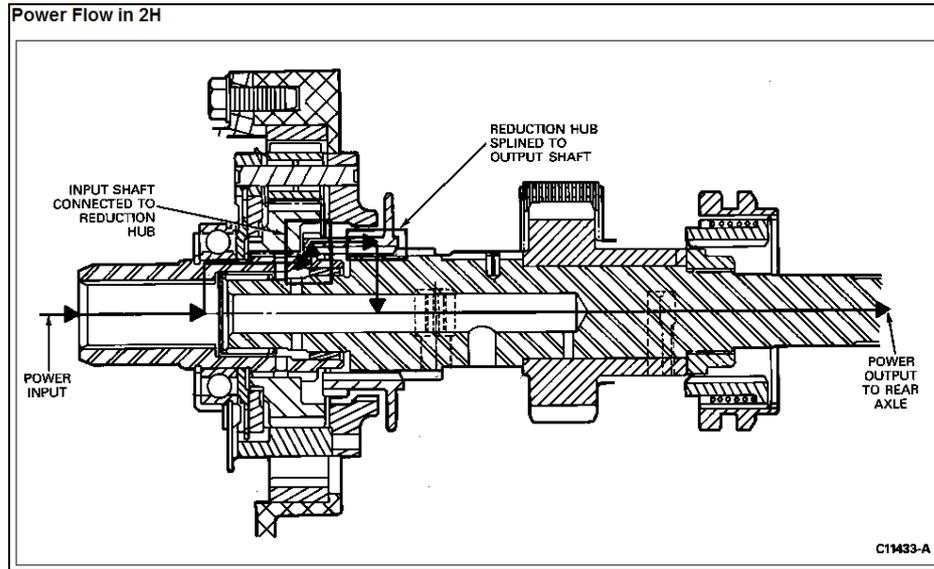


Figura 1.19 Esquema en posición 2H

### 1.4.3.3 PIÑÓN DE MOVIMIENTO - ESCALA ALTA

En el piñón de movimiento de alto rango (4H), el ensamblaje giratorio permanece donde estuvo en la palanca 2H. La acción de la palanca causa que el piñón de 4 velocidades se asegure al diente y se mueva hacia atrás, asegurando a la cadena de transmisión al eje posterior de salida. Ahora, los dos ejes están siendo movidos en el rango alto. (Figura 1.20)

La fuerza fluye en 4H

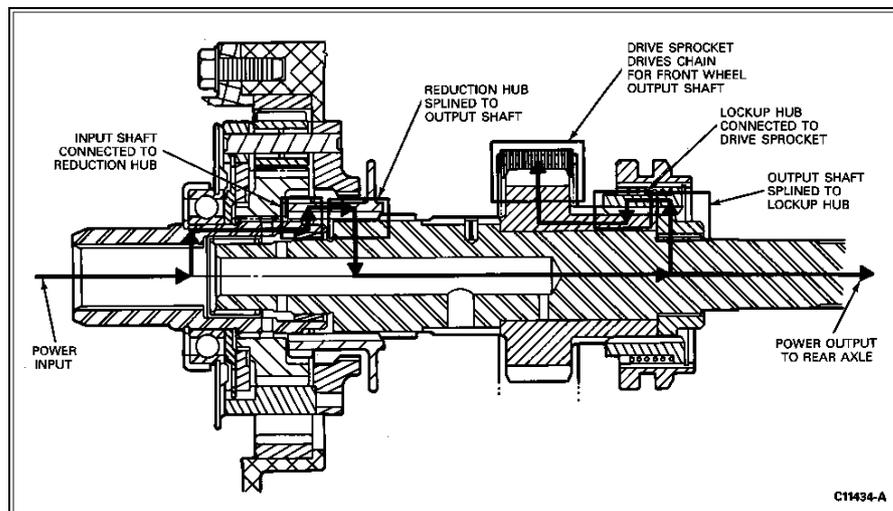


Figura 1.20 Esquema en posición 4H.



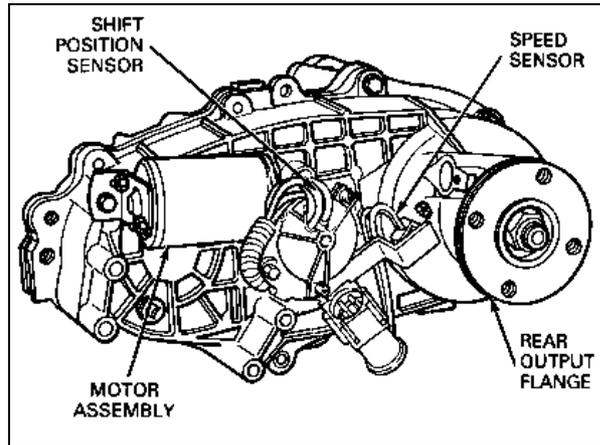


Figura 1.22 Caja de transferencia electrónica.

## 1.5.2 OPERACIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.

### 1.5.2.1 CUBOS DE SEGURIDAD.

Hay dos tipos de cubos delanteros disponibles para vehículos 4x4

- Manual (libre funcionamiento) que requiere el conductor para bajarse del auto para poner o quitar el seguro.
- Seguro automático (el cual se asegura automáticamente cuando el eje empieza a girar)

El manual (libre funcionamiento) de los cubos se caracterizan por los sellos que previenen la entrada de polvo y sucio y son muy sencillos para manejar. Los cubos de seguro automático usan la rotación del eje central para mover una leva que asegura y desasegura el cubo. Asegurar los cubos puede ser una acción segura en cualquier momento, y puede dejarse en la posición de seguro todo el tiempo si se desea.

En los vehículos equipados con una caja de cambios manual y cubos con seguro manual de baja escala pueden ser seleccionados cuando los cubos delanteros del vehículo están sin seguro. Esto es útil para distancias cortas si es muy baja la escala, el engranaje de la marcha más lenta (pero no 4x4) no es necesario.

En 4x4, los cubos delanteros están con seguro (sea automática o manualmente). Como resultado, las ruedas delanteras no están muy libres para girar independientemente.

Los ejes de empuje delantero y posterior también están asegurados y deben girar como si fuera uno solo. Qué va a pasar cuando el vehículo gira? Es una pregunta muy importante.

En 4x4, justo como en 4x2, cada rueda delantera gira más que la rueda posterior de su respectivo lado. Pero esta vez, las ruedas delanteras no están libres para girar independientemente de las ruedas posteriores. Están unidas a la transmisión por medio de la caja de cambios y el eje delantero.<sup>2</sup>

#### **1.5.2.2 PUNTOS DE POSIBLE DERRAPE, 4X4**

A pesar de la diferencia entre las ruedas delanteras interiores y exteriores que están compensadas por un diferencial delantero, una corriente giratoria de aire ocurrirá.

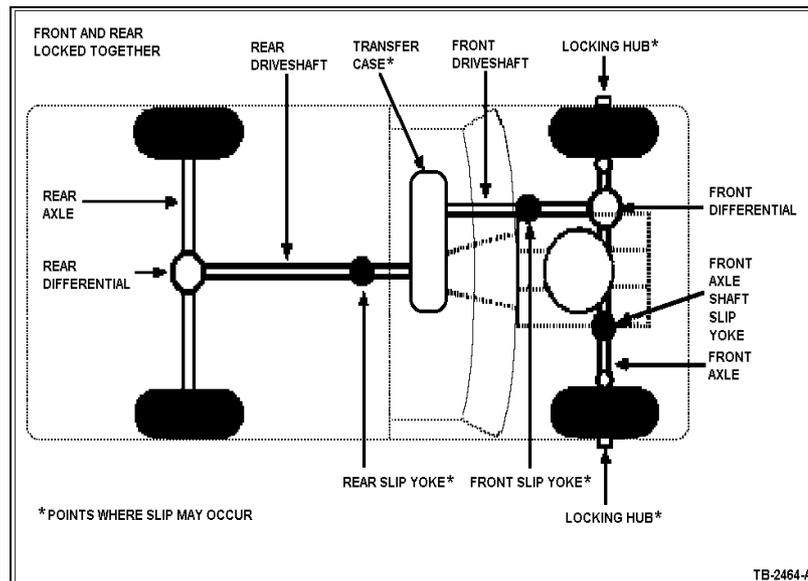
En cualquier momento un componente se desliza más que otro, habrá una corriente giratoria o directa de aire la misma que deberá estar libre.

La tracción en la 4 ruedas en un 4x4 provee una tracción incrementada y un rendimiento en situaciones inesperadas y cuando se conduce sobre hielo o nieve.

No está diseñado para una operación de superficies secas y cuando la tracción es buena. No es adecuado en carreteras secas pavimentadas o en parqueamientos secos. Es ésta diferencia, donde la tracción en las 4 ruedas debería y no debería ser usada, ya que nos da la respuesta a lo que deja libre la corriente rotatoria de aire.

---

<sup>2</sup> FORD MOTOR COMPANY. (1994). Manual de Servicio Técnico. Dearborn Michigan



**Figura 1.23 Puntos de posible derrape.**

Cuando un 4x4 es conducido fuera del camino en la tracción en las 4 ruedas, las ruedas están en contacto con el polvo, la arena y a veces con el lodo. Es probable también que el vehículo se precipite por los baches. A menudo, bajo estas condiciones suele ocurrir las corrientes de aire. Si así ocurre, el polvo, la arena y el lodo harán que las ruedas se resbalen un poco, limitando la corriente de aire.

La tensión es algo que también debe ser tomada en cuenta cuando las ruedas van a pasar por algún bache. La nieve y el hielo también harán que las ruedas se resbalen y se limite la corriente de aire.

Cuando al operar un vehículo de tracción a las 4 ruedas en un pavimento seco y duro, aún ahí se produce la corriente de aire y es fácilmente liberada. Cuando la corriente de aire se vuelve lo suficientemente grande, el conductor sentirá que el vehículo da saltos. Esto es causado por el derrape de las ruedas delanteras y posteriores mientras se libera la corriente de aire. Cualquiera de las ruedas que tenga la tracción mínima será aquella que derrape.

Mientras más apretado sea el giro o más grande la tracción, más grande será el golpeteo. Es esta corriente giratoria de aire la que causa muchos reclamos de parte de los propietarios concerniente al rendimiento de sus 4x4.

### 1.5.2.3 DIFERENCIAS DE RODAMIENTO DEBIDO AL TAMAÑO Y PRESIÓN DE INFLADO.

Es importante recordar el efecto del tamaño de los neumáticos, la forma de inflado, el desgaste y la carga. La siguiente ilustración (Figura 1.23) muestra que los neumáticos aún levemente diferentes en tamaño, ruedan distancias diferentes en cada revolución.

El mismo efecto es verdadero para los neumáticos que son del mismo tamaño, pero inflados o cargados de diferente forma. La operación de un 4x4 con tracción de las 4 ruedas con neumáticos de diferente tamaño o inflación producirá una forma de manejo un tanto raro, aún cuando la forma de manejo sea totalmente en línea recta. Si el vehículo está siendo manejado en tracción a las 4 ruedas o en seco, pavimento seco, el conductor notará y puede experimentar efectos de saltos mientras las ruedas delanteras y posteriores liberan la corriente rotatoria de aire.

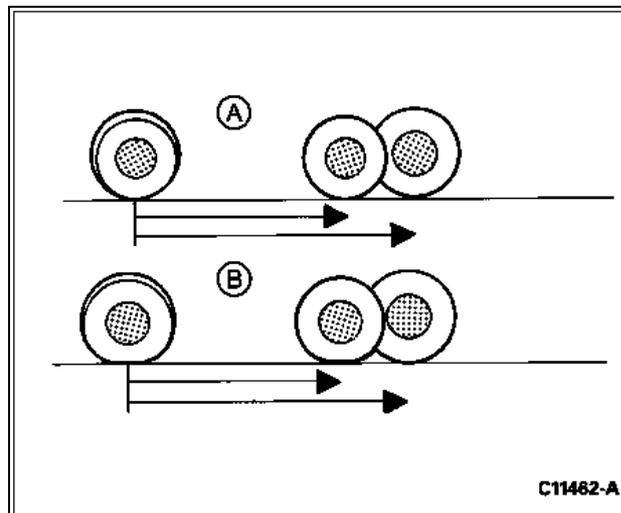


Figura 1.24 Esquema diferencia en neumáticos

### 1.5.2.4 MANEJO DEFECTUOSO DE UN 4X4.

“El manejo defectuoso hace que se produzcan saltos. Eso puede causar retrasos en el engranaje de la tracción 4x4. Los vehículos con caja de cambio electrónica permiten un engranaje desde tracción 4x2 hasta tracción 4x4 y viceversa en el disco. El vehículo debe ser detenido y la transmisión automática debe ser puesta

en neutro o el embrague de transmisión manual debe ser quitado la presión con el propósito de engranar desde 4H a 4L o viceversa.”<sup>3</sup>

#### **1.5.2.5 RETRASO EN EL ENGRANAJE DE TRACCIÓN A LAS 4 RUEDAS**

Un retraso o una falla para el engranaje de la tracción a las 4 ruedas puede ser el resultado de un manejo defectuoso o de las temperaturas demasiado frías. En la tracción a las 4 ruedas, la corriente de aire rotatoria puede desarrollarse, especialmente si el vehículo es manejado en superficies secas o en giros apretados.

El conductor puede seleccionar la tracción a las dos ruedas, pero el piñón no toma su lugar a pesar de que la señal de tracción de las 4 ruedas desaparece. También, si la caja de cambios es tan grande no engrana, los cubos permanecen asegurados y el vehículo permanece en tracción a las 4 ruedas. Si la corriente rotativa de aire es severa en la caja de cambios, aún el retroceder no puede liberarlo.

Con el propósito de regresar a la tracción a las 2 ruedas bajo estas condiciones, pueden suceder dos cosas. Primero, Si la caja de cambios no engrana de inmediato, el vehículo tendrá que ser manejado en posición de tracción a las 4 ruedas hasta que la corriente de aire sea disminuida. Segundo, cuando se produce el engranaje, el conductor tendrá que detener el vehículo y manejar en línea recta en reversa por lo menos 10 pies hasta sacar el seguro de los cubos.

#### **NOTA:**

Para determinar si el manejo defectuoso está causando retraso en el engranaje en la posición de tracción a las dos ruedas, levantar el vehículo con el gato hidráulico de manera que las ruedas queden libres para rotar. Esto debería

---

<sup>3</sup> FORD MOTOR COMPANY. (1994). Manual de Servicio Técnico. Dearborn Michigan

liberar del manejo defectuoso si el caso es así, y la caja de cambios completará el engranaje si es que hay problema.

**NOTA:**

Los vehículos varían en términos de cuan apretados estén. Algunos vehículos tienen mucho que dar en el sistema. La suavidad en la suspensión y los montajes permitirán absorber más corrientes rotativas de aire antes que afecte su rendimiento. Si ocurre el manejo defectuoso, el sistema regulará como una banda de caucho gigante hasta que los neumáticos empiecen a resbalar. Un ajuste del vehículo indicará lo más pronto la corriente rotativa de aire, generalmente al tener muchos ruidos.

### **1.5.3 OPERACIÓN DE LA CAJA ELECTRÓNICA**

La caja electrónica está equipada con un embrague magnético, similar al embrague de un compresor de aire acondicionado, el cual está localizado en el interior de la caja de cambios adyacente al collar o cadena de 2w-4w. El embrague es usado para girar el sistema de manejo delantero desde cero a velocidad del vehículo en milisegundos. Esta operación permite que el cambio de 2H a 4H sea hecho a una velocidad ya enlistada en la guía del propietario. El giro engrana la parte delantera de los cubos. Cuando los ejes de entrada y salida del transfer alcanzan la velocidad sincronizada, el resorte de carga del collar de la caja engrana mecánicamente con el eje principal del cubo y con los dientes de la cadena de transmisión, el embrague magnético es desactivado. Los cambios entre 4H y 4L solo pueden ocurrir cuando los conmutadores de seguridad de la transmisión se cierran. La velocidad del vehículo también debe estar especificada dentro de los límites determinados por el sensor de velocidad de la caja de cambios. (3mph ó menos)

Cuando el operador selecciona la combinación de manejo a través del botón de control, un motor eléctrico gira un eje helicoidal el cual está unido a la horquilla de los engranajes 2W-4W altas y bajas, las cuales están montadas en los



identificados como 4x4 y de alcance bajo, dos lámparas indicadoras que están localizadas en el grupo de instrumentos.”<sup>4</sup>

Cuando cualquiera de los dos conmutadores del panel de control de instrumentos no tienen presión, lo primero que sucede es que el módulo de control electrónico recibe la entrada desde el sensor del transfer para verificar que la posición de la caja esté en (2H, 4H o 4L). Luego, el módulo electrónico de control observa la velocidad del sensor en la posición de parqueo o en neutro, la posición del pedal del embrague (dependiendo del tipo de transmisión).

Si todas las condiciones son correctas para permitir que el piñón deseado, el módulo electrónico de control le comunicará al motor eléctrico para ejecutar el cambio. Luego que el cambio ha sido hecho y el motor eléctrico está apagado, el módulo de control mira de nuevo la posición del sensor para asegurarse que el cambio haya sido realizado.

Finalmente, la luz indicadora y la luz del botón en el panel de control esté iluminada por una señal desde el módulo electrónico de control indicando que la función deseada se ha cumplido.

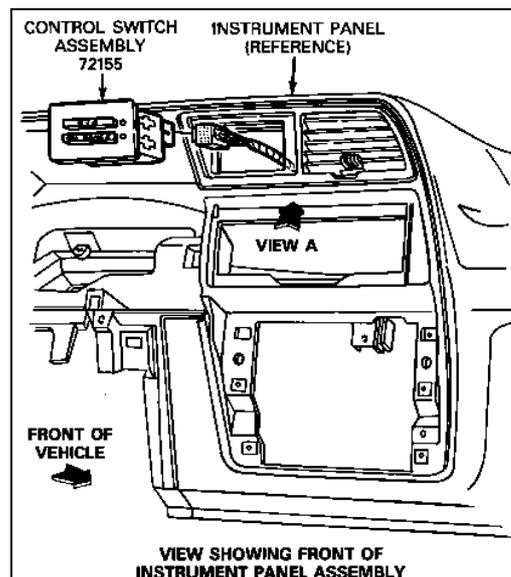


Figura 1.26 Panel de instrumentos.

<sup>4</sup> FORD MOTOR COMPANY. (1994). Manual de Servicio Técnico. Dearborn Michigan

### 1.5.6 ENGRANAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO

El engranaje del motor eléctrico, montado externamente en la parte posterior de la caja de transferencia, guía un eje rotatorio helicoidal el cual mueve la horquilla del engranaje 2W-4W y la horquilla del engranaje de reducción 4H-4L hasta la posición seleccionada de manejo del vehículo.

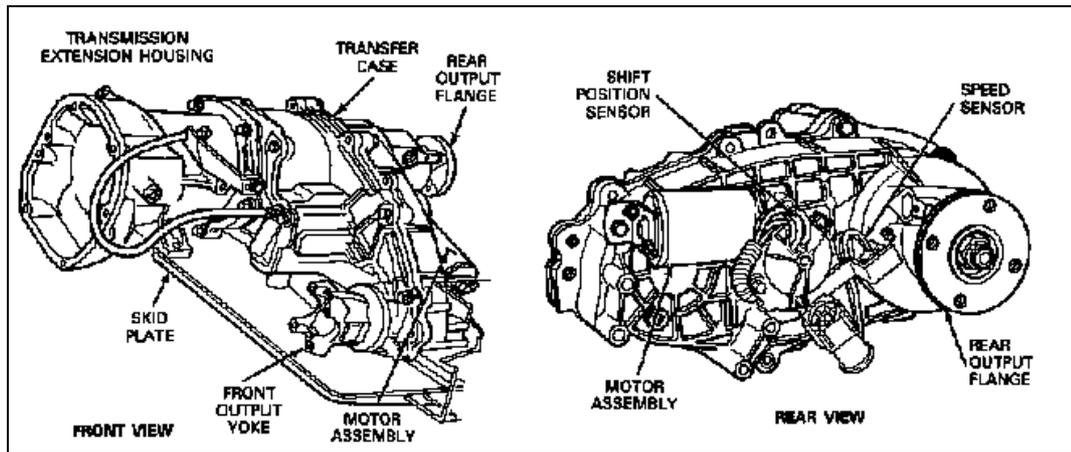


Figura 1.27 Componentes del transfer vista frontal y posterior.

### 1.5.7 MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL

El módulo de control electrónico controla la operación de la caja de cambios en respuesta a la entrada del sensor de velocidad, el interruptor de arranque neutral o el interruptor con seguro del embrague y el engranaje eléctrico del motor a través de la actuación del conductor con el botón de control del interruptor.

### 1.5.8 INTERRUPTOR DE ARRANQUE NEUTRAL

El interruptor de arranque neutral está localizado al lado izquierdo de las transmisiones neutrales. En los vehículos equipados con transmisión automática y cajas de cambio electrónica, la transmisión automática debe ser ubicada en neutro con el vehículo detenido con el objeto de engranar de 4H a 4L o de 4L a 4H.

### 1.5.9 SENSOR DE VELOCIDAD

El sensor de velocidad, montado en la caja de cambios informa al módulo de control electrónico que la velocidad del vehículo es de 3 millas por hora o menos de tal manera que el engranaje de los piñones puede ocurrir.

### 1.5.10 ARNÉS DE LA CAJA DE CAMBIOS

El arnés de alimentación de la caja de cambios eléctrica contiene 10 alambres que llevan una variedad de información a y desde el módulo de control electrónico.

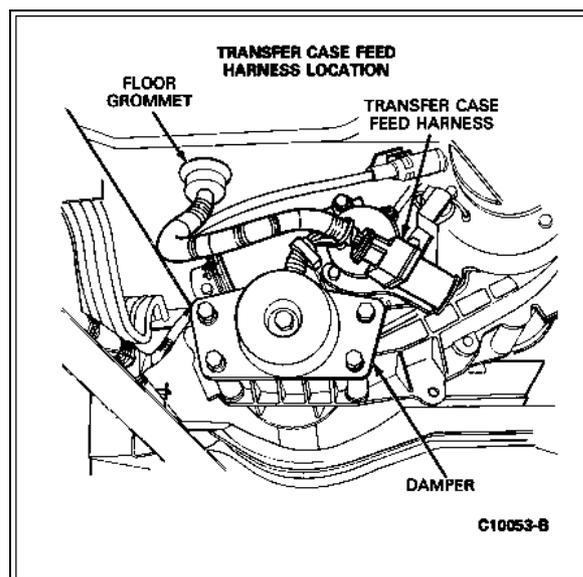


Figura 1.28 Arnés caja de transferencia.

## 1.6 CAJA DE TRANSFERENCIA – TRACCIÓN 4 RUEDAS AUTOMÁTICO

“El sistema A4WD es un cambio electrónico que permite al conductor escoger entre tres diferentes modos de 4X4. El operador puede cambiar entre el modo A4WD y 4WD High a cualquier velocidad. Para acoplar o desacoplar el rango de bajas la velocidad del vehículo debe ser inferior a 5 km/h, el pedal del freno sin presionar y la transmisión en neutro”.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> FORD MOTOR COMPANY. (1999). Manual de Servicio Técnico. Dearborn Michigan

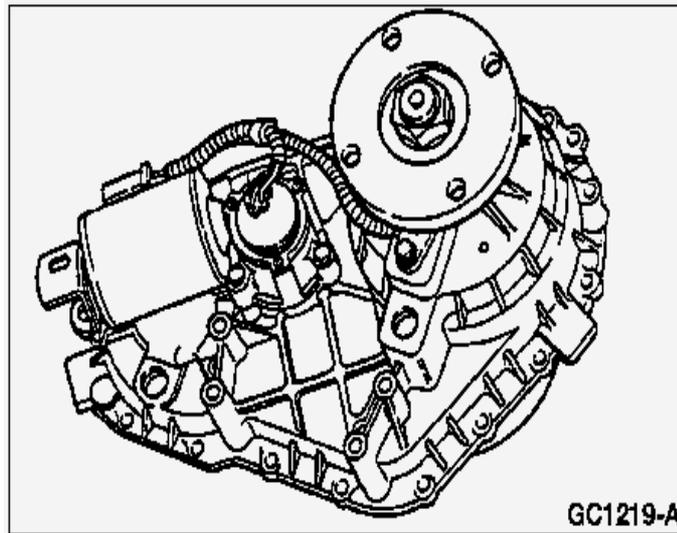


Figura 1.29 Caja de transferencia FORD EXPLORER

Los sensores de velocidad frontales y traseros de los árboles de transmisión son montados en la caja de transferencia y detectan la velocidad de los mismos. Estas señales son usadas por el modulo electrónico genérico (GEM) para controlar las operaciones de A4WD.

La señal de salida de la posición del estrangulador es dada al GEM a través del PCM. Esta señal es usada por el GEM controlando el embrague de A4WD.

El plato de cambio de sentido del motor, una parte integral del motor de cambios eléctricos informa al GEM sobre la posición de la caja de transferencia.

Los sensores TR digitales son localizados en el lado LH de la transmisión, estos sensores informan al GEM cuando la transmisión esta en la posición neutral.

El motor eléctrico es montado externamente en la parte posterior del transfer. Éste maneja una cámara rotatoria la cual mueve la horquilla de selección de rango dentro del transfer entre los modos altos (A4WD,4HIGH) y las posiciones de bajo rango. El motor de cabios 4x4 usa un pequeño modulo que contiene dos relays los cuales, bajo el control de la GEM permite cambios entre rangos altos (A4WD, 4HIGH) y el modo 4LOW.

El relay del estado del embrague es usado para activar el embrague A4WD dentro de la caja de transferencia.

### **1.6.1 FUNCIONES DEL SISTEMA**

Los sensores de efecto hall monitorean la velocidad de los árboles de entrada y salida.

En el sistema A4WD, la GEM varía el torque enviado controlando el embrague del transfer. Bajo condiciones de parada o crucero. El GEM activa el embrague del transfer al mínimo de su factor de trabajo (porcentaje de tiempo que el embrague es activado), lo cual es permitido por una leve diferencia en el giro entre los árboles delantero y posterior, lo cual normalmente ocurre cuando se circula por una esquina y pavimento seco.

Bajo cualquiera de las siguientes condiciones, el GEM incrementará su factor de trabajo para prevenir o controlar el deslizamiento.

- Deslizamiento es detectado (usando sensores de efecto hall)
- Aceleración brusca (posición del estrangulador)

#### **Parámetros de entrada:**

- Conmutador del freno (ON/OFF)
- Conmutador del modo 4WD
- Sensor digital del rango de la transmisión
- Accionamiento del embrague (transmisiones manuales)
- Señal de velocidad del vehículo (transmitido desde el módulo ABS)
- Sensor de velocidad de árboles de transmisión (delantero/posterior)
- Información de la posición del estrangulador dado por el PCM
- Posiciones de entrada de contacto A,B,C,D.

### **Parámetros de salida:**

- Señal al relay del estado de embrague del transfer (pulsos de señal modulada, negativo para encenderlo, positivo para apagarlo)
- Indicador tablero A4WD (tierra cuando se activa, abierto circuito cuando se desactiva)
- Salidas del relay del motor eléctrico del transfer.

Cambios entre A4WD y 4x4HIGH pueden ser hechos a cualquier velocidad. Se enlista abajo las entradas y salidas necesarias para ejecutar el cambio entre estos modos.

### **Parámetros de Entrada:**

- Conmutador del modo 4WD
- Señal de velocidad del vehículo
- Sensor de velocidad de árboles de transmisión (delantero/posterior)
- Información de la posición del estrangulador

### **Parámetros de salida:**

- Señal al relay del estado de embrague del transfer (pulsos de señal modulada, negativo para encenderlo, positivo para apagarlo)
- Indicador tablero 4x4 HIGH (tierra cuando se activa, abierto circuito cuando se desactiva)

Cuando se cambia dentro o fuera de un rango LOW, el GEM requiere que la velocidad del vehículo sea inferior a 5km/h, que el freno sea aplicado, y la transmisión se encuentre en neutro.

**Parámetros de entrada:**

- Conmutador del freno (ON/OFF)
- Conmutador del modo 4WD
- Sensor digital del rango de la transmisión (tierra cuando la transmisión esta en neutro, abierto el circuito cuando no esta activada)
- Accionamiento del embrague (transmisiones manuales)
- Señal de velocidad del vehículo (transmitido desde el módulo ABS)
- Sensor de velocidad de árboles de transmisión (delantero/posterior)
- Información de la posición del estrangulador dado por el PCM
- Posiciones de entrada de contacto A,B,C,D.

**Parámetros de salida:**

- Señal al relay del estado de embrague del transfer (pulsos de señal modulada, negativo para encenderlo, positivo para apagarlo)
- Indicador tablero 4LOW (tierra cuando se activa, abierto circuito cuando se desactiva)
- Salidas del relay del motor eléctrico del transfer.

## CAPÍTULO II

### ELEMENTOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

#### 2.1 SENSORES EN EL AUTOMÓVIL

##### 2.1.1 INTRODUCCIÓN:

Los automóviles actuales tienen una cantidad importante de sensores (de 60 a 70 sensores en algunos casos). Estos sensores son necesarios para la gestión electrónica del automóvil y son utilizados por las unidades de control (centralitas) que gestionan el funcionamiento del motor, así como la seguridad y el confort del vehículo.

##### 2.1.2 DEFINICIÓN:

“El sensor (también llamado sonda o transmisor) convierte una magnitud física (temperatura, revoluciones del motor, etc.) o química (gases de escape, calidad de aire, etc.) que generalmente no son señales eléctricas, en una magnitud eléctrica que pueda ser entendida por la unidad de control. La señal eléctrica de salida del sensor no es considerada solo como una corriente o una tensión, sino también se consideran las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la fase o asimismo la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos "resistencia", "capacidad" e "inductancia".

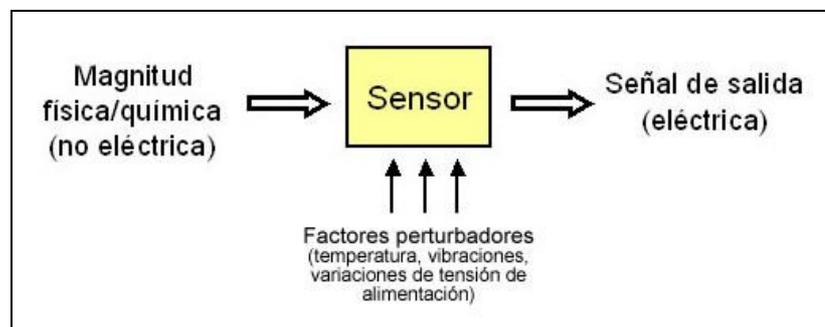


Figura 2.1 Función del sensor.

El sensor se puede presentar como un "sensor elemental" o un "sensor integrado" este ultimo estaría compuesto del sensor propiamente dicho mas la parte que trataría las señales para hacerlas comprensibles por la unidad de control.

La parte que trata las señales generadas por el sensor (considerada como circuitos de adaptación), se encarga en general de dar a las señales de los sensores la forma normalizada necesaria para ser interpretada por la unidad de control".<sup>6</sup>

Existen un gran número de circuitos de adaptación integrados, a la medida de los sensores y ajustados a los vehículos respectivos

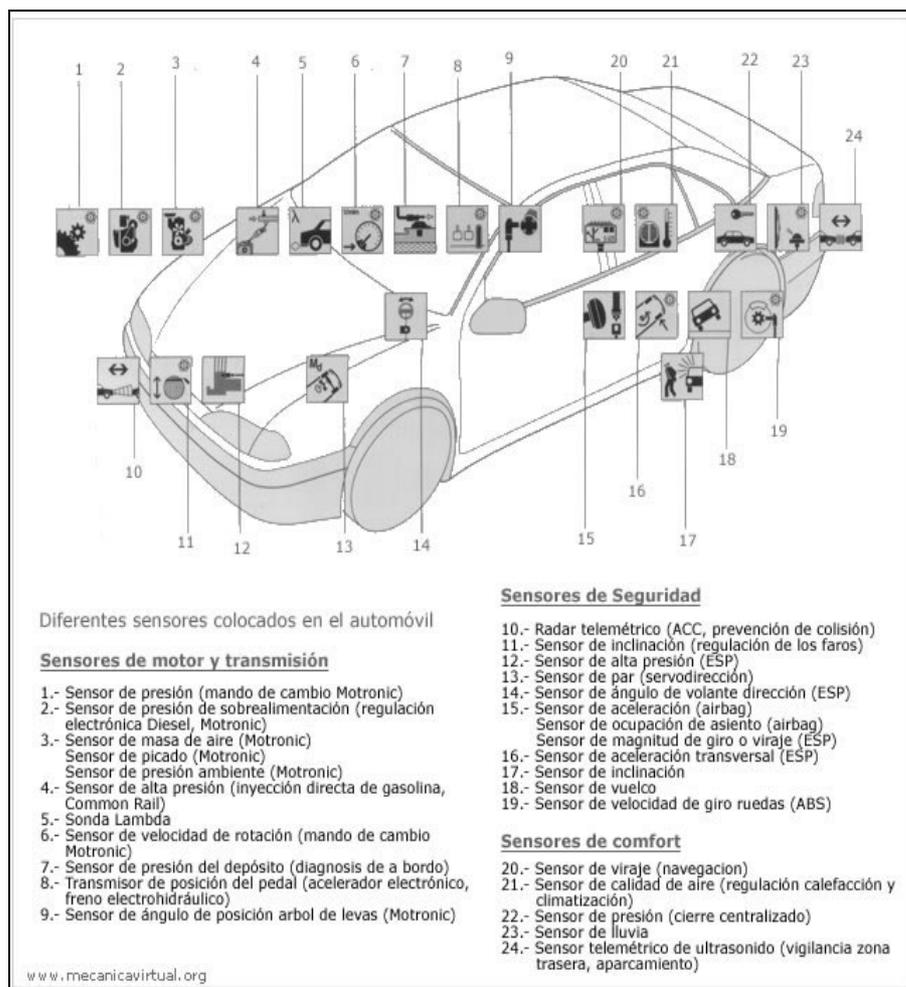


Figura 2.2 Esquema sensores de un vehículo.

<sup>6</sup> KEN LAYNE. (1999). Manual de Electrónica y Electricidad Automotrices. Editorial PRENTICE-HALL HISPANO AMÉRICA SA.

### **2.1.3 CLASIFICACIÓN:**

Los sensores para automóviles pueden clasificarse teniendo en cuenta distintas características como son:

#### **2.1.3.1 SEGÚN FUNCIÓN Y APLICACIÓN:**

Según esta característica los sensores se dividen en:

- Sensores funcionales, destinados principalmente a tareas de mando y regulación
- Sensores para fines de seguridad y aseguramiento (protección antirrobo)
- Sensores para la vigilancia del vehículo (diagnosis de a bordo, magnitudes de consumo y desgaste) y para la información del conductor y de los pasajeros.

#### **2.1.3.2 SEGÚN LA SEÑAL DE SALIDA:**

Teniendo en cuenta esta característica los sensores se pueden dividir en:

- Los que proporcionan una señal analógica (ejemplo: la que proporciona el caudalímetro o medidor de caudal de aire aspirado, la presión del turbo, la temperatura del motor etc.)
- Los que proporcionan una señal digital (ejemplo: señales de conmutación como la conexión/desconexión de un elemento o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall)
- Los que proporcionan señales pulsatorias (ejemplo: sensores inductivos con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia)

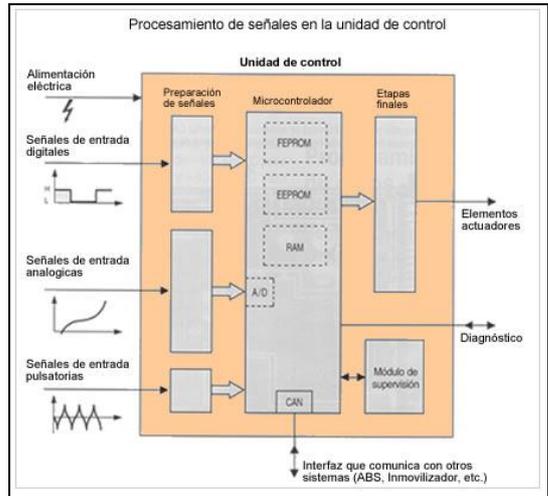


Figura 2.3 Procesamiento de señales unidad de control.

## 2.1.4 PARTICULARIDADES DE LOS SENSORES DEL AUTOMÓVIL

A diferencia de los sensores convencionales, los utilizados en el sector del automóvil están diseñados para responder a las duras exigencias que se dan en el funcionamiento de los vehículos a motor, teniendo en cuenta una serie de factores como son los que se ven en la figura 2.4.

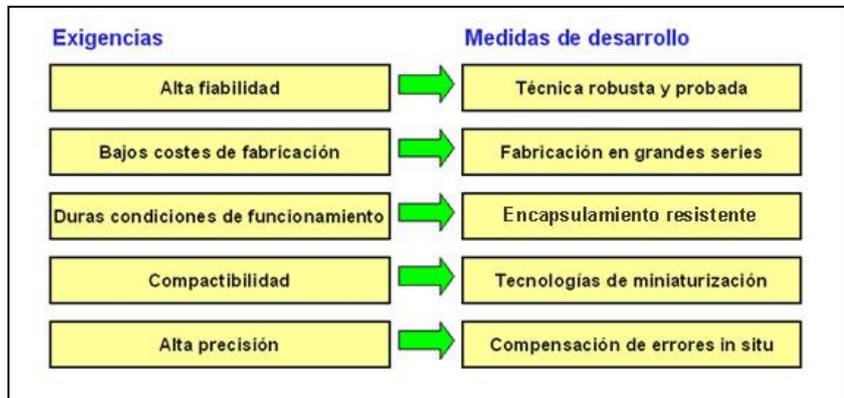


Figura 2.4 Factores de diseño sensores.

### 2.1.4.1 ALTA FIABILIDAD

Con arreglo a sus funciones, los sensores para el sector del automóvil se pueden ordenar en tres clases de fiabilidad según su importancia:

- Dirección, frenos, protección de los pasajeros
- Motor/cadena cinemática, tren rodaje/neumáticos
- Confort, diagnóstico, información y protección contra el robo.

Las exigencias más altas en el sector del automóvil se corresponden con las que se utilizan en los sectores de la aeronáutica y astronáutica. La fiabilidad de los sensores es garantizada por técnicas de construcción que utilizan componentes y materiales sumamente seguros. Se procura la integración consecuente de los sistemas para evitar en lo posible conexiones separables y el riesgo de fallos en los mismos. Cuando es necesario, se emplean sistemas de sensores redundantes (sensores de igual función que, por razones de seguridad, efectúan mediciones paralelas).

#### **2.1.4.2 BAJOS COSTES DE FABRICACIÓN**

Los automóviles actuales poseen a menudo de 60 a 70 sensores. Comparado estos sensores con otros utilizados en otros campos, tienen un reducido coste de fabricación. Estos costes pueden llegar a ser: hasta 100 veces inferior al coste de fabricación de sensores convencionales de igual rendimiento. Como excepción están los sensores que pertenecen a nuevas tecnologías que se aplican al automóvil, los costes iniciales de estos son normalmente más altos y van luego disminuyendo progresivamente.

#### **2.1.4.3 DURAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Los sensores se hallan en puntos particularmente expuestos del vehículo. Están sometidos por tanto a cargas extremas y han de resistir toda clase de esfuerzos:

- Mecánicos (vibraciones, golpes)
- Climáticos (temperatura, humedad)
- Químicos (ejemplo: salpicaduras de agua, niebla salina, combustible, aceite motor, ácido de batería)
- Electromagnéticos (irradiaciones, impulsos parásitos procedentes de cables, sobretensiones, inversión de polaridad).

Por razones de eficacia los sensores se sitúan preferentemente en los puntos donde se quiere hacer la medición, esta disposición tiene el inconveniente de que el sensor esta mas expuesto, a interferencias de todo tipo, como las enumeradas anteriormente.

#### 2.1.4.4 ALTA PRECISIÓN

Comparada con las exigencias impuestas a los sensores de procesos industriales, la precisión requerida de los sensores del automóvil es, salvo pocas excepciones (ejemplo: sondas volumétricas de aire), mas bien modesta. Las tolerancias admisibles son en general mayor o igual a 1% del valor final del alcance de medición, particularmente teniendo en cuenta las influencias inevitables del envejecimiento.

Para garantizar la alta precisión, es suficiente de momento (hasta cierta medida) disminuir las tolerancias de fabricación y refinar las técnicas de equilibrado y compensación. Un avance importante vino con la integración híbrida o monolítica del sensor y de la electrónica de tratamiento de señales en el punto mismo de medición, hasta llegar a obtener circuitos digitales complejos tales como los convertidores analógico-digitales y los microordenadores.

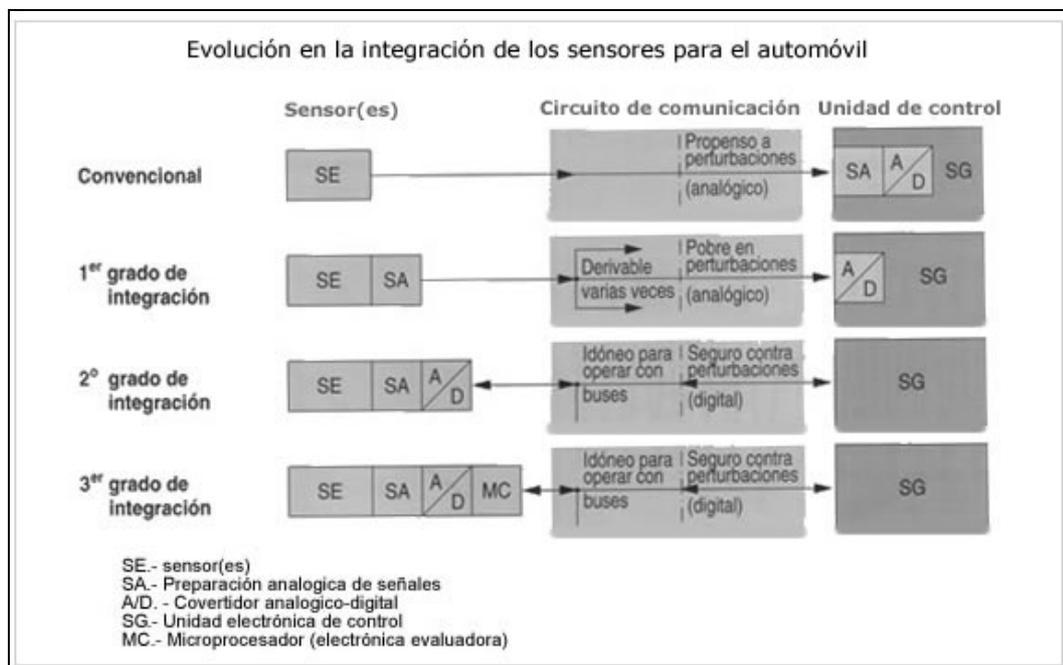


Figura 2.5 Evolución en los sensores.

Los llamados "sensores inteligentes" utilizan hasta el máximo la precisión intrínseca del sensor y ofrecen las siguientes posibilidades:

- Alivio de la unidad de control.
- Interface uniforme, flexible y compatible con el Bus.
- Utilización de los sensores por varios sistemas.
- Aprovechamiento de efectos físicos de reducida amplitud, así como de efectos de medición de alta frecuencia (amplificación y demodulación en el mismo lugar).
- Corrección de divergencias del sensor en el punto de medición, así como equilibrado y compensación comunes del sensor y de su electrónica, simplificadas y mejoradas por memorización de las informaciones correspondientes en una memoria PROM.

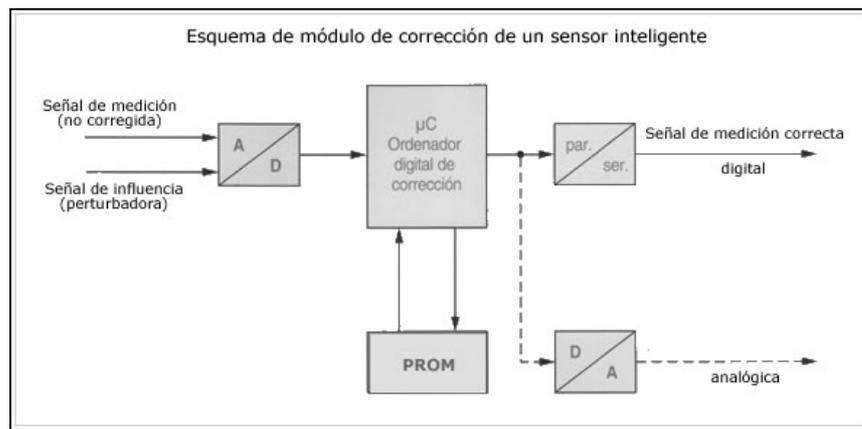


Figura 2.6 Esquema de módulo de corrección de un sensor

## 2.1.5 SENSORES DE VELOCIDAD DE ROTACIÓN

### 2.1.5.1 SENSORES DE REVOLUCIONES INDUCTIVOS

“Los sensores de revoluciones del motor (sensores de barra), también llamados transmisores de revoluciones o r.p.m, se emplean para:

- Medir el número de revoluciones del motor
- Detectar la posición del cigüeñal (posición de los pistones del motor).

El número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor. La señal de este sensor es una de las magnitudes más importantes del control electrónico del motor”.<sup>7</sup>

### Estructura y funcionamiento

El sensor está montado (separado por un entrehierro) directamente frente a una rueda de impulsos ferromagnética (figura 2.7, pos. 5). Contiene un núcleo de hierro dulce (espiga polar) (3) rodeado por un devanado (4). La espiga polar comunica con un imán permanente (1). Hay un campo magnético que se extiende sobre la espiga polar y penetra en la rueda de impulsos (5).

El flujo magnético a través de la bobina depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda de impulsos. Un diente concentra el flujo de dispersión del imán. Se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina. Por contra, un hueco debilita el flujo magnético.

Estos cambios en el flujo magnético inducen en la bobina una tensión sinusoidal de salida que es proporcional a la velocidad de las variaciones y, por tanto, al número de revoluciones (figura 2.8). La amplitud de la tensión alterna crece intensamente a medida que aumenta el número de revoluciones (pocos mV... >100 V). Existe una amplitud suficiente a partir de un número mínimo de 30 revoluciones por minuto.

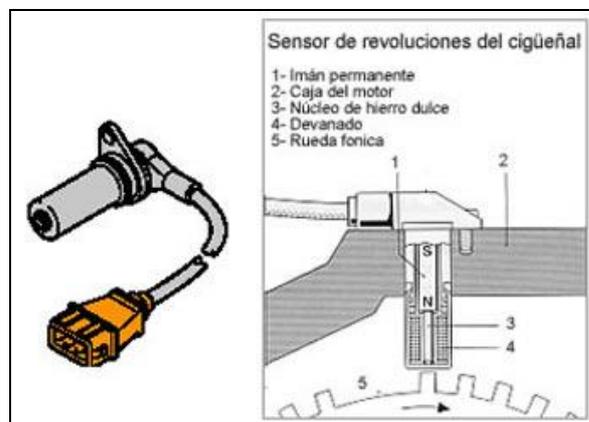


Figura 2.7 Sensor de revoluciones cigüeñal

<sup>7</sup> Dani, M. (2008, Abril 15). <http://www.mecanicavirtual.org/sensores2-modelos.htm>

El número de dientes de la rueda de impulsos depende de la aplicación. Los motores con sistemas de gestión por electroválvulas tienen ruedas de impulsos con división 60, existiendo en ellas un hueco correspondiente a dos dientes (5). Esto quiere decir que la rueda tiene  $60 - 2 = 58$  dientes. El hueco por dientes faltantes especialmente grande es una marca de referencia y está asignado a una posición definida del cigüeñal. Sirve para la sincronización de la unidad de control.

Otra ejecución de la rueda de impulsos lleva un diente por cilindro en el perímetro. Si el motor es de cuatro cilindros p.ej. hay cuatro dientes; por tanto, por cada vuelta se producen cuatro impulsos.

Los dientes y la espiga polar han de estar ajustados entre sí en su geometría. El circuito de evaluación en la unidad de control convierte la tensión sinusoidal de amplitud muy diferenciada en una tensión rectangular de amplitud constante. Esta señal se evalúa en el microcontrolador de la unidad de control.

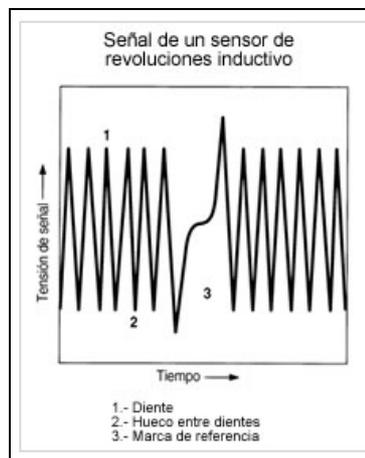


Figura 2.8 Señal del sensor

### 2.1.5.2 SENSORES DE VELOCIDAD DE GIRO DE LAS RUEDAS

De las señales de los sensores de velocidad de giro de las ruedas las unidades de control de los sistemas ABS, ASR y ESP derivan la velocidad de rotación de las ruedas (número de vueltas), para impedir el bloqueo o el patinaje de las

ruedas y asegurar así la estabilidad y dirigibilidad del vehículo. A partir de estas señales, los sistemas de navegación calculan la distancia recorrida.

### **Estructura y funcionamiento**

Sensor de velocidad de rotación pasivo (inductivo) La espiga polar del sensor inductivo de velocidad de rotación, que está rodeada de un arrollamiento, se encuentra directamente sobre la corona generadora de impulsos, fijamente unida con el cubo de rueda. La espiga polar de magnetismo dulce está unida con un imán permanente, cuyo campo magnético llega hasta la corona generadora de impulsos, penetrando en ella. A causa de la alternancia permanente entre los dientes y los entre dientes, el giro de la rueda ocasiona la variación del flujo magnético dentro de la espiga polar y, por consiguiente, también dentro del arrollamiento que la rodea. La variación del campo magnético induce en el arrollamiento una tensión alterna, que se toma en cada extremo del bobinado.

Tanto la frecuencia como la amplitud de la tensión alterna son proporcionales a la velocidad de giro de la rueda. Cuando la rueda está parada, la tensión inducida es igual a cero. La velocidad mínima mensurable depende de la forma de los dientes, del entrehierro, de la pendiente de la subida de tensión y de la sensibilidad de entrada de la unidad de control; partiendo de este parámetro se puede conocer la velocidad mínima de conexión alcanzable para la aplicación del ABS.

El sensor de velocidad de giro y la rueda de impulsión están separados por un entrehierro de aprox. 1 mm con estrechas tolerancias, para garantizar una detección eficaz de las señales. Además, una fijación firme del sensor de velocidad de giro impide que sus señales sean alteradas por vibraciones procedentes del freno de rueda.

Como las condiciones de montaje en la zona de la rueda no son siempre idénticas, existen diferentes formas de la espiga polar y distintos modos de montaje. La más difundida es la espiga polar en forma de cincel (llamada también polo plano, figura inferior a) para montaje radial, perpendicular a la corona generadora de impulsos. La espiga polar en forma de rombo (llamada también

polo en cruz, figura inferior b), para montaje axial, se encuentra en posición radial respecto a la corona generadora de impulsos.

Los dos tipos de espiga polar han de estar exactamente ajustados a la corona generadora de impulsos en su montaje. La espiga polar redonda (figura inferior c) no exige una alineación exacta con la corona generadora de impulsos; ésta, sin embargo, ha de tener un diámetro suficientemente grande o un número reducido de dientes.

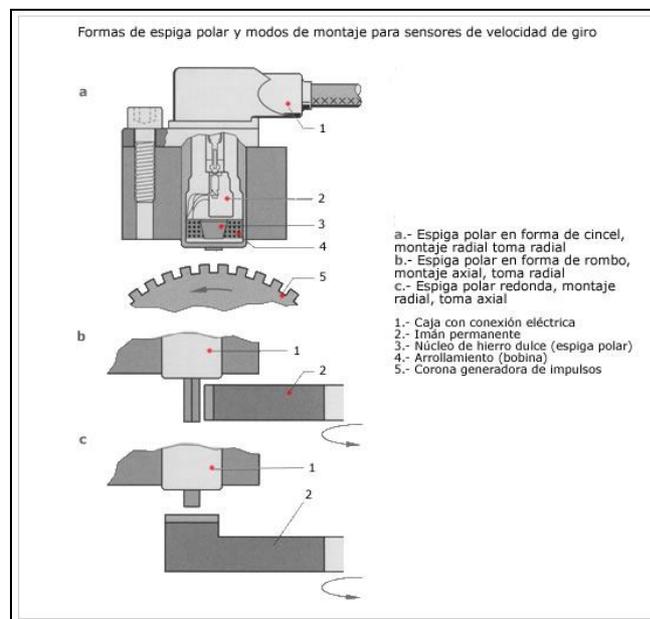


Figura 2.9 Sensor de ruedas.

## 2.2 MICROCONTROLADORES

El microcontrolador es una de las formas más básicas de un sistema con microprocesador. Aunque son mucho más pequeños que los microprocesadores personales y los grandes ordenadores, se construyen microcontroladores con los mismos elementos básicos.

En el sentido más simple, los microprocesadores producen un modelo específico basado en unas entradas y unas salidas, con las instrucciones en un programa con microprocesador.

Como la mayoría de microprocesadores, los microcontroladores son simplemente ejecutores de instrucciones de propósito general. La estrella real de un sistema con microprocesador, es un programa de instrucciones que son proporcionadas por un programador. Este programa le dice al microprocesador que realice largas secuencias de acciones muy simples para lograr tareas útiles como las pensadas por el programador.

La figura 2.10 proporciona una vista global de un sistema con microprocesador. Simplemente cambiando los tipos de dispositivos de entrada y de salida, éste diagrama de bloques podría ser el de un **microprocesador personal**, un PCM O un simple un **microcontrolador** (MCU) de cualquier modulo del auto. Los dispositivos de entrada y de salida (**E/S**) mostrados en la figura son lo típicos encontrados en un sistema con microprocesador.

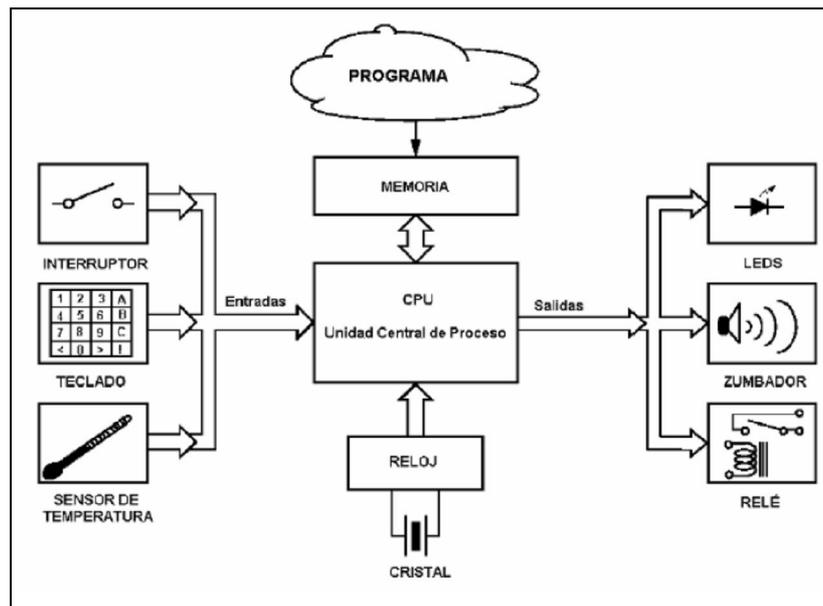


Figura 2.10 Estructura de un microcontrolador.

### 2.2.1 ENTRADAS DE UN SISTEMA CON MICROPROCESADOR.

Los dispositivos de entrada proporcionan información del mundo exterior al sistema con microprocesador. En un ordenador personal, el dispositivo de entrada más común es el teclado, igual que una máquina de escribir. Los sistemas con microprocesadores normalmente usan dispositivos de entrada mucho más

simples como interruptores o pequeños teclados, aunque los dispositivos de entrada más exóticos se encuentran en los sistemas basados en microprocesador.

Un ejemplo de un dispositivo de entrada exótico para un microprocesador es el sensor de oxígeno en un automóvil que mide la eficacia de la combustión tomando muestras en el tubo de escape.

La mayoría de entradas del microprocesador pueden procesar sólo señales de entrada **digital**, al mismo nivel de voltaje que el de la fuente de alimentación. El nivel 0 V o tierra se le llama **VSS** y el nivel positivo de la fuente de alimentación se le llama **VDD** y es típicamente de 5 Vdc.

Un nivel aproximado de 0 voltios indica una señal **lógica '0'** y un voltaje aproximadamente igual al nivel positivo de la fuente de alimentación indica una señal **lógica '1'**.

Por supuesto, el mundo real está lleno de señales analógicas o señales que son de otros niveles de voltaje. Algunos dispositivos de entrada traducen los voltajes de señal de algún otro nivel a los niveles **VDD** y **VSS**, necesarios para el microprocesador. Otros dispositivos de entrada convierten las señales analógicas en señales digitales (a valores binarios '1' y '0') para que el microprocesador los pueda entender y manipular.

Algunos microprocesadores incluyen circuitos convertidores analógicos/digitales en el mismo circuito integrado. Los **transductores** se pueden usar para traducir otras señales del mundo real a niveles de señal lógica (Ej. un sensor). Que un microprocesador puede entender y manipular.

Algunos ejemplos que incluyen transductores, como los sensores de temperatura, sensores de presión, detectores de nivel de luz y otros. Con estos transductores, casi cualquier propiedad física se puede usar como entrada a un sistema con microprocesador.

### **2.2.2 SALIDAS DE UN SISTEMA CON MICROPROCESADOR.**

Se usan dispositivos de salida para comunicar la información o acciones del sistema con microprocesador al mundo exterior. En un ordenador personal, el dispositivo de salida más común es la pantalla CRT(tubo de rayos catódicos). Los sistemas con microprocesador usan a menudo dispositivos de salida mucho más simples como los LEDs, lámparas, o zumbadores. Circuitos convertidores (a veces construidos en el mismo circuito integrado microprocesador) pueden convertir señales digitales a niveles de voltaje analógicos. Del “controlador” en microcontrolador viene del hecho de que estos pequeños sistemas con microprocesador normalmente controlan algo en comparación con un ordenador personal que normalmente procesa información. En el caso del ordenador personal, la mayoría de las salidas es de información (cualquier información en una pantalla CRT o en el papel de la impresora). Por otro lado, en un sistema con microprocesador, la mayoría de las salidas son señales de nivel lógico digital, que se usan para manejar LEDs o dispositivos eléctricos como relés o actuadores Ej Inyectores.

### **2.2.3 EL MICROCONTROLADOR**

Hasta ahora se han visto varias partes de un sistema con microprocesador. En la mitad superior de la figura 2.11 se muestra un sistema con microprocesador genérico, con una parte adjunta de contorno punteado. Esta parte, es un microcontrolador y la mitad inferior de la figura es un diagrama de bloques que muestra su estructura interior con más detalle. El cristal no se contiene dentro del microcontrolador, pero es una parte necesaria del circuito oscilador.

En algunos casos, se puede sustituir el cristal por un resonador cerámico que es más económico o un aún menos caro con un conjunto RC (resistencia-condensador).

Un **microcontrolador** puede definirse como un sistema microprocesador completo, que incluye la CPU, la memoria, un oscilador del reloj, las E/S y otros

periféricos en un solo circuito integrado. Cuando algunos de estos elementos como las E/S o la memoria no están incluidos, al circuito integrado se le llama **microprocesador**. La CPU de un ordenador personal es un microprocesador.

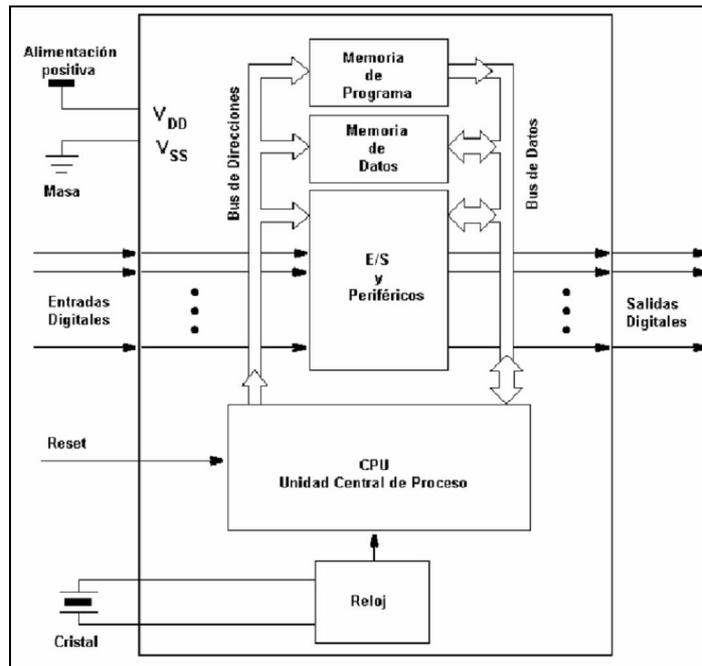


Figura 2.11 Estructura microcontrolador completo.

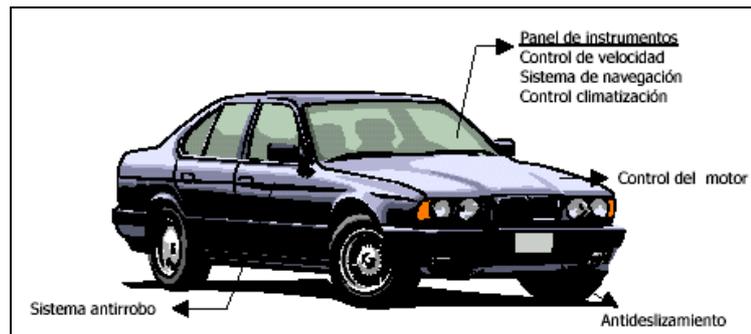
## 2.3 APLICACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES EN EL AUTOMÓVIL

“Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. Esta potenciación supondría en muchos casos un despilfarro.

En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Dentro de un auto actualmente se usan en casi todos los módulos de control de los diferentes sistemas, como son de ABS, EBD, ECU, Inmovilizador, Panel de Instrumentos etc".<sup>8</sup>



**Figura 2.12** Aplicación microcontroladores en el automóvil.

---

<sup>8</sup> Peralta, R. (2001) <http://www.tallermecánico.com>

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA 4WD CON ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA.**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE TRACCIÓN TOTAL (4WD) CON ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO”

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar y construir un banco simulador y comprobador del sistema 4WD automático para vehículos todo terreno, con el uso de los más adecuados materiales tanto eléctricos, electrónicos y mecánicos en su fabricación, haciendo viable el desarrollo de este proyecto.
- Facilitar mediante esta herramienta una mayor capacitación y comprensión del sistema a docentes y estudiantes de ingeniería.
- Diagnosticar en forma técnica el estado de los elementos del sistema 4WD, asociándolo con los problemas que frecuentemente se dan en el convivir diario de la conducción de estos vehículos.
- Aprender a relacionar los parámetros de operación del mando electrónico del sistema con las condiciones reales de manejo para la activación automática 4WD de los vehículos todo terreno.
- Colaborar al mejor entendimiento del sistema a todos los profesionales que se dedican al mantenimiento de estos vehículos en el Ecuador, haciendo del diagnostico de fallas y reparaciones de sus componentes procedimientos fáciles de realizar.

### **3.3 METAS DEL PROYECTO**

- Diseñar y Construir un proyecto de aplicación tecnológica en el plazo de 1 año.
- Promover y dar a conocer la seguridad que brinda un sistema 4wd en vehículos todo terrenos e inclusive que pueden salvar la vida de los ocupantes del vehículo.
- Actualizar los conocimientos básicos, prácticos y de talleres sobre el sistema de tracción total con accionamiento automático, mediante, la elaboración de un manual de operación para tecnificar las labores de diagnóstico, reparación y mantenimiento de dichos sistemas.
- Implementar en el Laboratorio de Autotrónica un banco de pruebas de este tipo, permitiendo así que los alumnos y profesores de la carrera de Ingeniería Automotriz puedan hacer uso de éste, como instrumento didáctico para la enseñanza.
- Realizar un documento que permita tecnificar las labores de diagnóstico, reparación, mantenimiento en los talleres especializados.
- Capacitar a los Docentes y Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército sobre el uso y operación del simulador 4wd para que así comprendan la correcta utilización, pruebas y diagnósticos que se puedan hacer en él, para posteriormente aplicarlos en cualquier tipo de vehículo que disponga de este sistema.

### **3.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Dado que en el Ecuador no existen módulos didácticos que mejoren la comprensión de éste sistema, que ayuden a los estudiantes a verificar fallas y saber como solucionarlas, que facilite a los docentes la explicación haciendo sus clases mas prácticas, se vio la necesidad de crear un módulo que solucione todos estos inconvenientes.

## **3.5 DISEÑO MECÁNICO**

### **3.5.1 SELECCIÓN DEL TRANSFER AUTOMÁTICO**

El transfer debido a la disponibilidad del componente y la información sobre el mismo ha sido tomado de una FORD EXPLORER año 99 tracción automática, ya que esta marca tiene un sistema muy completo y de alta tecnología.

La caja de transferencia es una unidad de aluminio accionada por cadena y de embrague electromagnético, consta además de un pequeño motor VCC para los cambios automáticos, también de sensores de posicionamiento y velocidad de sus respectivos ejes.



**Figura 3.1** Caja de transferencia del proyecto.

### **3.5.2 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS**

Debido a las condiciones de simulación que nuestro módulo tiene que desempeñar, se tuvo que diseñar un sistema de accionamiento complementario al convencional, consiste en frenos independientes controlados electrónicamente a través de un microcontrolador.

Los frenos escogidos son de tipo tambor, de los usados en las motocicletas, ya que son de similares características a los de un automóvil y convenientes en función y tamaño acoplándolos a nuestro módulo a escala.

A su vez consta de solenoides para la activación del freno junto con un mecanismo de palanca que fue requerido para aumentar la carrera lineal del solenoide.

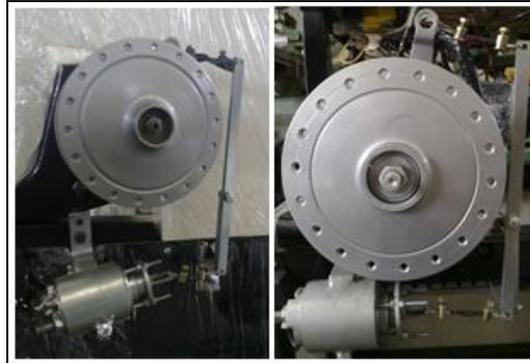


Figura 3.2 Sistema de frenos.

### 3.5.3 SELECCIÓN DE DIFERENCIALES Y EJES

Con el fin de transmitir el par motor de la caja de transferencia hacia las ruedas en este caso los frenos de tambores se escogió debido a la disponibilidad, tamaño y relación de transmisión adecuada, un diferencial de chevrolet vitara 3p clásico 1998 y otro de chevrolet trooper 3p 1985 de similares características y ambos con una relación de transmisión en piñón-corona de 9/41.

Con respecto a las flechas propulsoras se opto por la fabricación en uno de sus lados y en su contraparte se corto de las flechas originales, debido a las distancias prefijadas en el diseño, ya que se pensó en fabricar un módulo didáctico optimizando el máximo de espacio.



Figura 3.3 Fotografía diferenciales y ejes.

### 3.5.4 SELECCIÓN DE POLEAS Y BANDAS

Para la selección de la polea se tomo en cuenta la velocidad y la fuerza que necesitaría el modulo es así que tomamos en cuenta dos medidas de poleas diferentes:

- La polea del motor tiene un diámetro de 3,5''
- La polea del transfer tiene un diámetro de 5''

Para la selección de banda tomamos en cuenta la altura del centro del eje del motor eléctrico al centro del transfer automático, además se tomo en cuenta la medida de cada una de las poleas es así que se decidió colocar un banda de 31cm de diámetro la cual nos aporato un templado optimo para que la banda cumpla su función y no exista ningún problema de patinaje de la banda.



Figura 3.4 Poleas y bandas.

### 3.5.5 DISEÑO DEL PANEL DE MANDO

El panel de operaciones del módulo se realizo en el programa LabVIEW en el que se encuentran las ventanas de funcionamiento de todo el sistema. Por tal motivo el módulo se lo comandará de manera didáctica, práctica y sencilla por medio de una computadora personal.

**LabVIEW** es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y Linux. La versión actual 8.6, liberada en Agosto de 2008, cuenta también con soporte para Windows Vista.

“Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida. Un lema tradicional de LabVIEW es: *"La potencia está en el Software"*, que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más patente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.”<sup>9</sup>

Se muestran a continuación las ventanas del programa que comanda al módulo.-

**Ventana 1.-** (figura 3.5) encontramos el título del proyecto e instrucciones, botones de función entre ellos uno que nos direcciona a la ventana 2.



**Figura 3.5 Inicio del programa.**

<sup>9</sup> Wales, Jimmy. Sanger, Larry (2009, Agosto 14). La Enciclopedia Libre. Huntsville, Alabama, US.

**Ventana 2.-** (figura 3.6) Encontramos el menú principal donde están todas las funciones del módulo con sus correspondientes botones de operaciones, hay cuadros de diálogo, y gráficas para una mejor comprensión.



Figura 3.6 Menú principal del programa.

**Ventana 3.-** (figura 3.7) En ésta encontramos la simulación automática de 4x4, tiene diferentes condiciones de conducción, cuadro de diálogo, y graficas para una mejor comprensión.

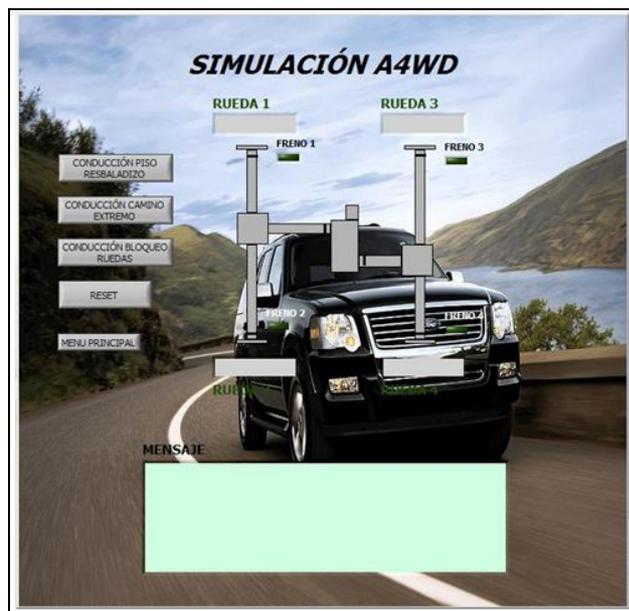
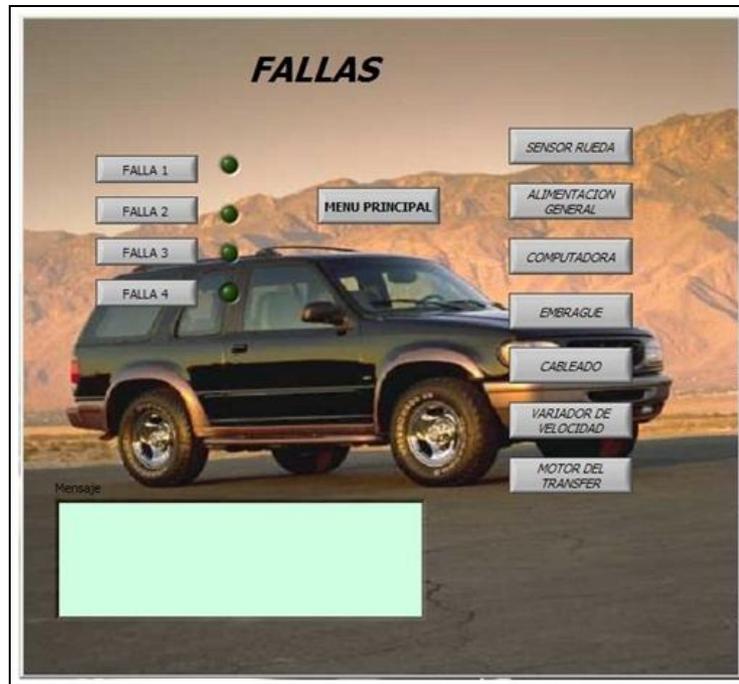


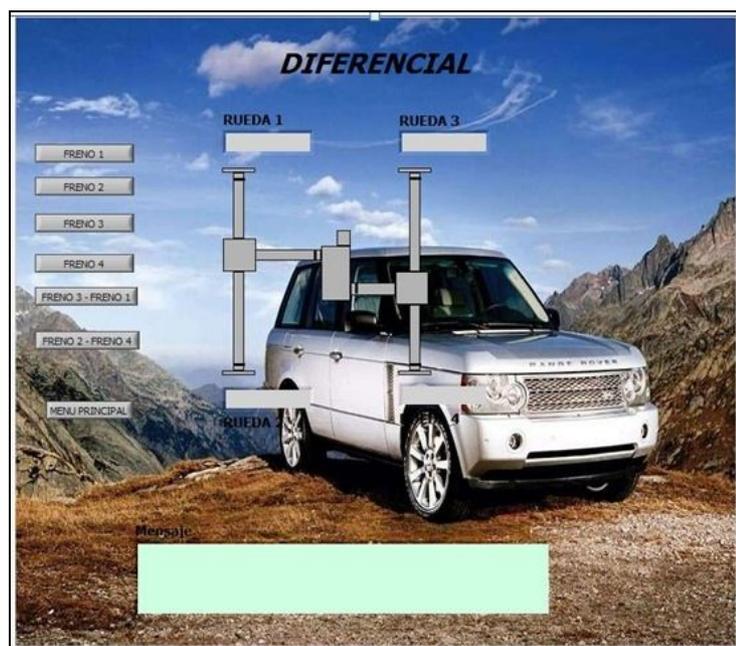
Figura 3.7 Simulación A4WD

**Ventana 4.-** (figura 3.8) encontramos la simulación de fallas, tienes 4 opciones de fallas y 7 opciones de respuestas, constan además de un cuadro de diálogo.



**Figura 3.8 Simulación de fallas.**

**Ventana 5.-** (figura 3.9) encontramos la función del diferencial, nos ayuda a comprobar su función, hay frenos manuales en cada rueda y cuadros de diálogo e información.



**Figura 3.9 Función del diferencial.**

### 3.5.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para el soporte de los componentes que conforman el módulo se determinó la necesidad de crear una estructura sólida y resistente, para lo cual se fabricó un cuadro principal formado de acero estructural cuadrado de 2 pulgadas.

Se construyó un segundo cuadro por encima del principal pensando en la protección de operarios y componentes, éste fue fabricado con marco de acero y plancha de polímero transparente y a sus lados de madera acoplándola una mesa en la que van alojados todos los componentes electrónicos y de pruebas. (figura 3.10)

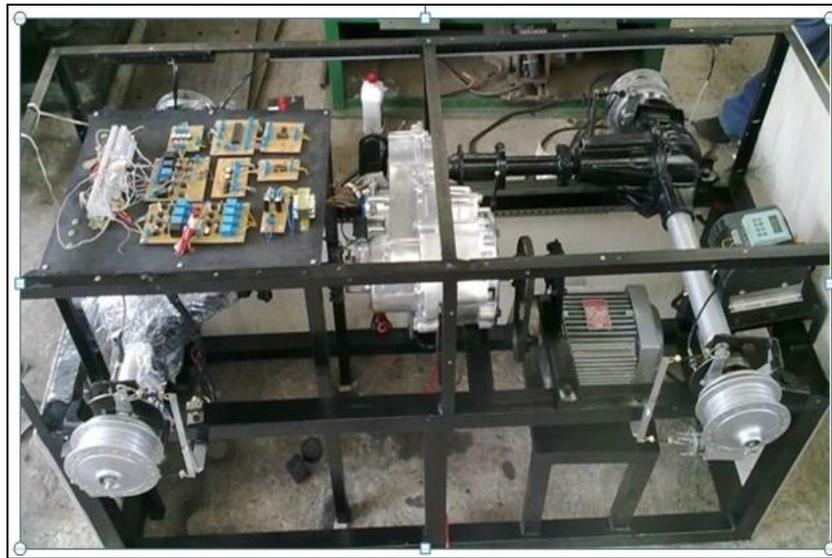


Figura 3.10 Estructura del módulo

### 3.5.7 DIMENSIONAMIENTO

(Figura 3.11) Encontramos un plano de la vista lateral de la estructura con su dimensionamiento, todas las medidas están en centímetros.

(Figura 3.12) Encontramos un plano de la vista frontal de la estructura con su dimensionamiento, todas las medidas están en centímetros.

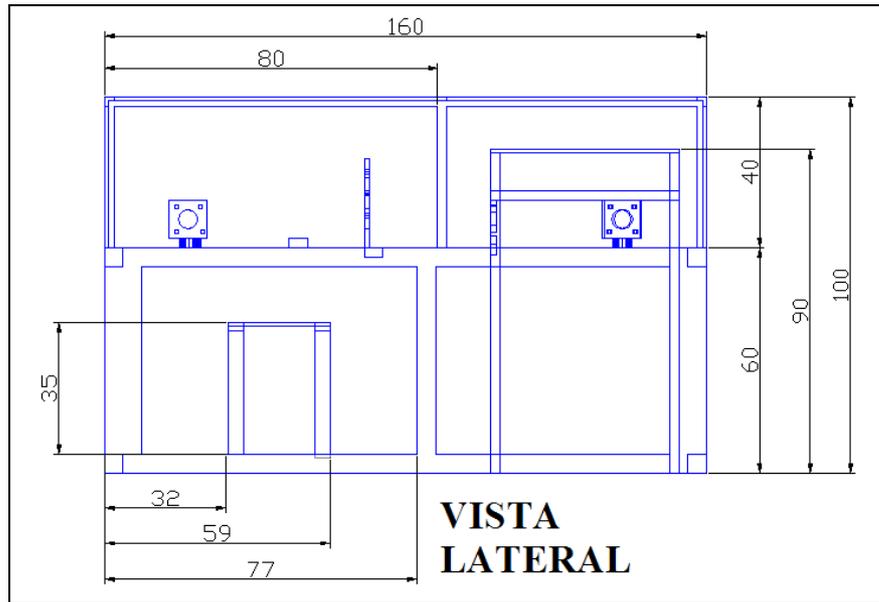


Figura 3.11 Dimensionamiento VL

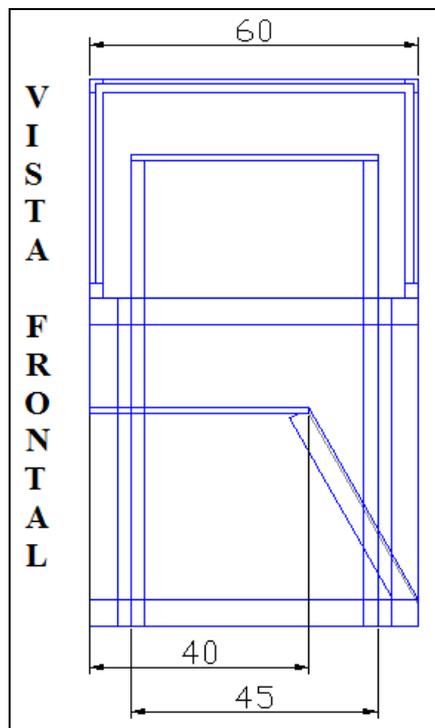


Figura 3.12 Dimensionamiento VF

(Figura 3.13) Encontramos un gráfico de la vista en 3 dimensiones de la estructura para una mejor visualización.

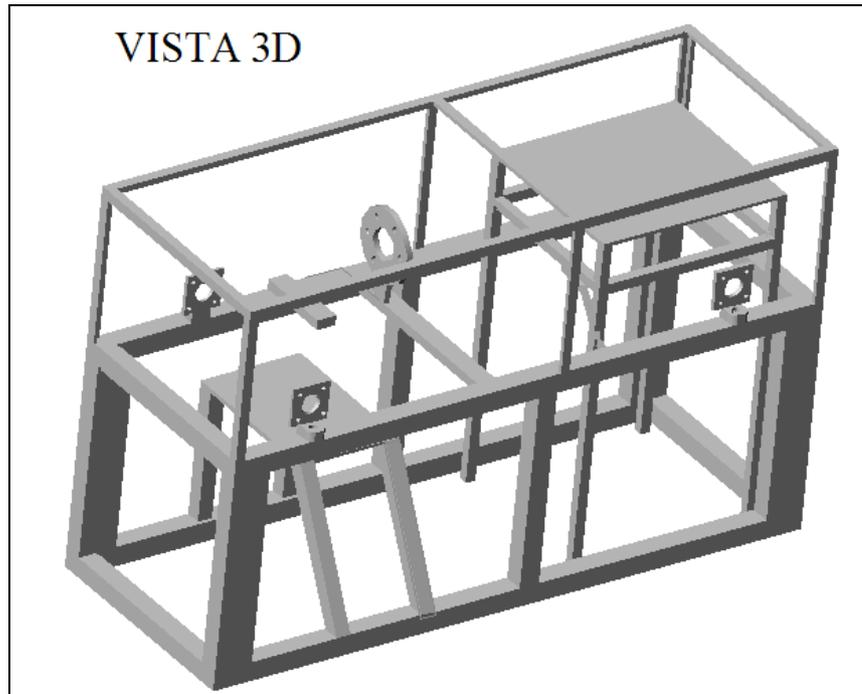


Figura 3.13 Vista 3D de la estructura.

## 3.6 DISEÑO ELECTRÓNICO.

### 3.6.1 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico (figura 3.14) fue seleccionando teniendo en cuenta parámetros como el torque, la velocidad, el factor de sobrecarga, entre otros. Que son necesarios para que todos los componentes mecánicos del módulo operen correctamente.

El motor es de la marca WEG y cuyos parámetros principales son:

- Marca: WEG
- Potencia: 2HP
- FS: 1.0
- Alimentación: 220/440 V
- Frecuencia: 60Hz



**Figura 3.14 Motor Eléctrico**

### **3.6.2 SELECCIÓN DE SENSORES**

En todos los autos actuales, la medición de las RPM en cada una de las ruedas se lo realiza mediante sensores inductivos y ruedas fónicas, en el cual la variación de frecuencia nos ayuda a los cálculos de velocidad.

Para éste módulo fue diseñado un sistema similar tomando en cuenta que no se encuentra en igual de condiciones de un auto convencional.

Se uso sensores inductivos de 3 hilos, y un disco de metal de media circunferencia para que interactúe con el campo electromagnético del sensor, con lo cual se logra funciones de sensado y de conteo. (Figura 3.15)

Se pensó en este tipo de sensores ya que mediante pruebas se obtuvo una mejor recepción de señal y libre de rebotes, lo que nos permite captar la velocidad en cada rueda de mejor manera. Además se dispone de una regulación mas precisa.

Los sensores son de 3 hilos necesitando estos de una fuente de alimentación externa de corriente continua para su polarización, esta corriente puede variar de 5 a 24 VDC, en nuestro caso son 12 Voltios.



Figura 3.15 Sensores de velocidad de las ruedas

### 3.6.3 PARÁMETROS Y SEÑALES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DEL MODULO DE CONTROL ELECTRÓNICO

Se consideró las siguientes entradas y salidas de señal para la selección de los componentes electrónicos.-

#### ENTRADAS

- Los cuatro sensores de velocidad de las ruedas (VSS).
- Los 4 sensores de posición del motor del transfer.
- En total 8 entradas Digitales

#### SALIDAS

- Un relé para cada una de las 4 fallas (salidas Digitales)
- Dos salidas para los giros de motor del transfer (Salidas Digitales)
- Una salida de 0-10 para variar RPM (Salida Analógicas)
- Una salida Digital Para stop del motor principal.
- Una salida de 12V para embrague electromagnético interno del transfer (Salida Digital)
- En total 9 salidas: 8 digitales y 1 Analógica

### 3.6.4 SELECCIÓN DEL MICRO PROCESADOR

En este proyecto se utilizo el PIC 16F877. Este micro controlador es fabricado por Microchip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877 posee varias características que hacen a este micro controlador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación:

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable: la memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).
- Set de instrucciones reducidas (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

#### 3.6.4.1 CARACTERÍSTICAS

En siguiente tabla de pueden observar las características más relevantes del dispositivo:

Tabla III-1 CARACTERÍSTICAS 16F877

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones <u>RAM</u> de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14

Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2
Pila Harware	-
Ejecución En 1 Ciclo Máquina	-

### Descripción de los puertos:

#### Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 è RA0 y AN0
- RA1 è RA1 y AN1
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+
- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5 è RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono)

#### Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 è Interrupción externa
- RB4-7 interrupción por cambio de flanco
- RB5-RB7 y RB3 è programación y debugger in circuit

### **Puerto C:**

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT
- RC1 è T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

### **Puerto D:**

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)
- Puerto E:
- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

### **Dispositivos Periféricos:**

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I<sup>2</sup>C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

### 3.6.4.2 DESCRIPCIÓN DE PINES

Tabla III-2 DESCRIPCIÓN PINES 16F877

NOMBRE PIN	# PIN	TIPO	BUFFER	DESCRIPCIÓN
OSC1/CLKIN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de <u>programación</u> o modo de control high voltaje test
Vss	12.31	P	-	Referencia de <u>tierra</u> para los pines lógicos y de I/O
Vdd	11.32	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
NC	-	-	-	No está conectado internamente
RA0/AN0	2	I/O	TL	PORTA es un puerto I/O bidireccional
RA1/AN1	3	I/O	TTL	RA0: puede ser salida analógica 0
RA2/AN2/ Vref-	4	I/O	TTL	RA1: puede ser salida analógica 1
RA3/AN3/Vref+	5	I/O	TTL	RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje
RA4/T0CKI	6	I/O	ST	RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje
RA5/SS/AN4	7	I/O	TTL	RA4: puede ser entrada de reloj el timer0. RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el <u>puerto serial</u> síncrono.
RBO/INT	33	I/O	TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas
RB1	34	I/O	TTL	RB0 puede ser pin de interrupción externo.
RB2	35	I/O	TTL	RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje
RB3/PGM	36	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB4	37	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB5	38	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST	Pin de interrupción. Reloj de programación serial
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST	
RCO/T1OSO/T1CKI	15	I/O	ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional
RC1/T1OS1/CCP2	16	I/O	ST	RCO puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1
RC2/CCP1	17	I/O	ST	RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2
RC3/SCK/SCL	18	I/O	ST	
RC4/SD1/SDA	23	I/O	ST	RC2 puede ser una entrada de captura y

<b>RC5/SD0</b>	24	I/O	ST	comparación o salida PWN  RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C  RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C  RC5 puede ser la salida de datos SPI  RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono.  RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos
<b>RC6/Tx/CK</b>	25	I/O	ST	
<b>RC7/RX/DT</b>	26	I/O	ST	
<b>RD0/PSP0</b>	19	I/O	ST/TTL	PORTD es un puerto bidireccional paralelo
<b>RD1/PSP1</b>	20	I/O	ST/TTL	
<b>RD2/PSP2</b>	21	I/O	ST/TTL	
<b>RD3/PSP3</b>	22	I/O	ST/TTL	
<b>RD4/PSP4</b>	27	I/O	ST/TTL	
<b>RD5/PSP5</b>	28	I/O	ST/TTL	
<b>RD6/PSP6</b>	29	I/O	ST/TTL	
<b>RD7/PSP7</b>	30	I/O	ST/TTL	
<b>RE0/RD/AN5</b>	8	I/O	ST/TTL	PORTE es un puerto I/O bidireccional  RE0: puede ser control de <u>lectura</u> para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5  RE1: puede ser <u>escritura</u> de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6  RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.
<b>RE1/WR/AN</b>	9	I/O	ST/TTL	
<b>RE2/CS/AN7</b>				

Se considero este PIC ya que cumplirá las siguientes aplicaciones de control y comunicación:

- Comunicar la computadora con todo el sistema.
- Censar cuatro sensores de velocidad de las ruedas (VSS).
- Censar 4 sensores de posición del motor del transfer.
- Controlar y enviar 4 fallas.
- Controlar los giros de motor del transfer tanto horarios como anti horarios.
- Controlar la variación de la velocidad del modulo de entrenamiento.

- Controlar la parada del motor principal cuando sea necesario.
- Activar y desactivar el embrague electromagnético.

### 3.6.5 DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRÓNICO.

En la figura 3.16 se ve el diseño del Diagrama con sus respectivas conexiones a la bornera principal. Para ver con mayor detalle el mismo diagrama diríjase a la sección ANEXO B, Diagrama Electrónico del Modulo de Control.

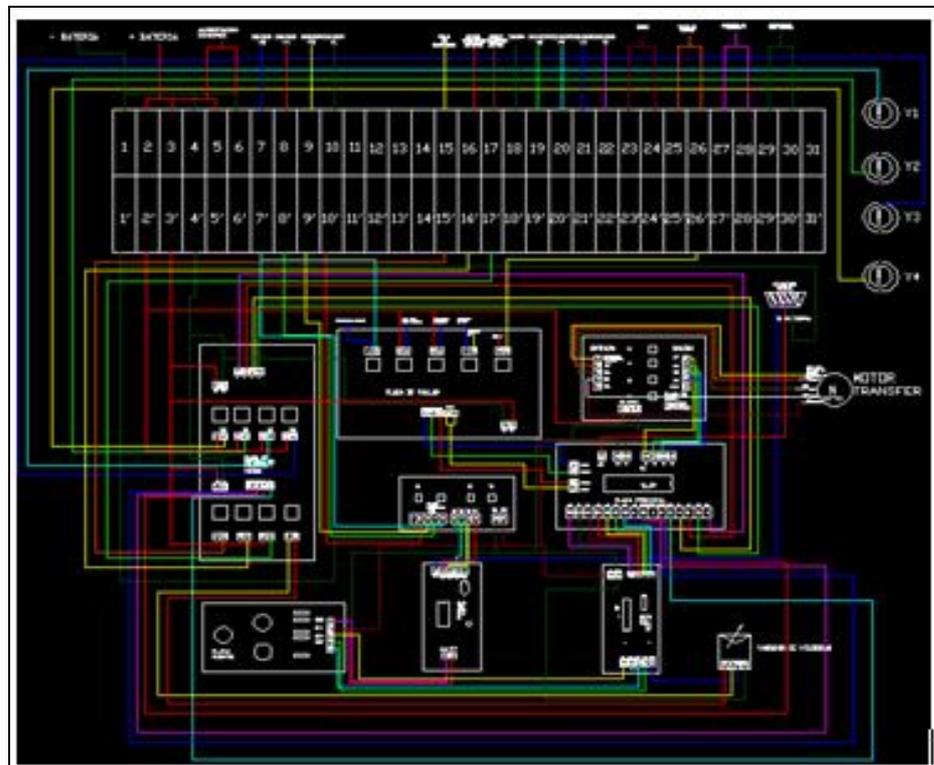


Figura 3.16 Diagrama electrónico del módulo

### 3.7 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

A continuación se detalla los costos implicados en el desarrollo del proyecto.

Tabla III-3 COSTOS

<b>Cantidad</b>	<b>Especie / Servicio</b>	<b>Valor \$</b>
1	Caja de Transferencia	750
2	Diferenciales	500
1	Sensores Motor Transfer	100
4	Manzanas de Frenos	135
1	Motor Eléctrico	200
2	Poleas	6
1	Banda	4
1	Variador de Frecuencia mas Modulo	330
1	Plancha de acrílico	75
4	Sensores Ruedas	200
2	Planchas MDF 6mm	35
	Pintura	40
	Materiales Electrónicos	100
	Materiales Mecánicos	50
	Servicio Electrónico	600
	Servicio Mecánico	400
	Tubos acero estructural	40
	Materiales de Impresión y Textos	200
	Gastos Varios	200
<b>TOTAL</b>		<b>3965</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS, FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.**

#### **4.1 MONTAJE Y ACOPLAMIENTO MECÁNICO.**

El módulo 4AWD consta de los siguientes componentes mecánicos:

- La estructura metálica
- La caja de transferencia
- Dos diferenciales
- Cuatro tambores de freno
- Dos ejes motrices
- Cuatro palancas de freno
- La banda del motor eléctrico
- 2 Poleas

Estos componentes guardan estrecha dependencia, por lo tanto el acoplamiento entre ellas debe ser lo mejor posible. El módulo fue diseñado para que los estudiantes puedan además de comprobar el funcionamiento como sistema 4WD de forma visual lo hagan palpando cada uno de sus componentes, por lo cual el módulo esta acoplado mediante juntas desarmables facilitando el desmontaje de cada elemento y permitiendo su estudio a mayor detalle dentro de la materia que correspondiese.

Esto quiere decir que todo el módulo y sus componentes son totalmente desmontables, por tal motivo se procuró obviar juntas y acoplamientos definitivos como es la soldadura y tanto ejes, frenos y la caja están unidos mediante pernos de acero.

Su acoplamiento esta distribuido de la siguiente forma (Figura 4.1):

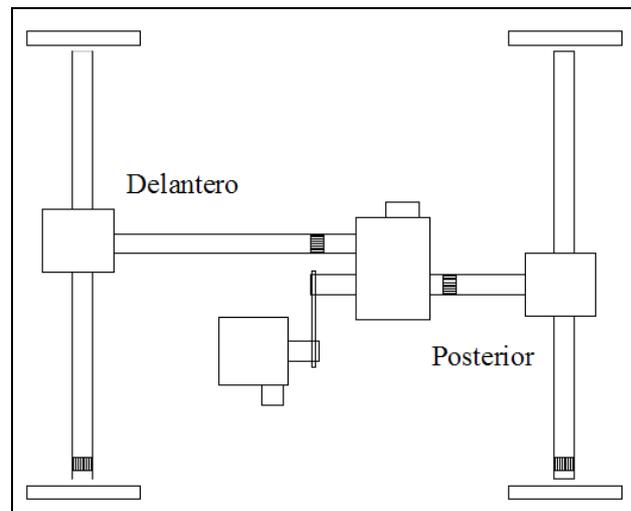
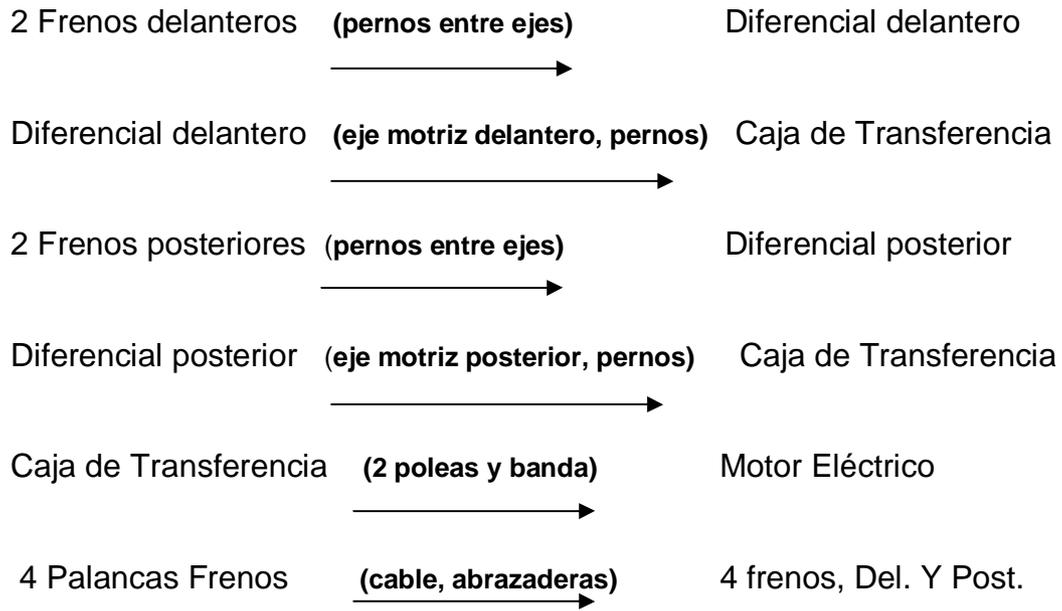


Figura 4.1 Esquema componentes mecánicos.

## 4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO ELECTRÓNICO.

El proyecto consta de 8 placas y diagramas electrónicos que se agrupan en 3 tipos que son:

- 1 FUENTE DE PODER.
- 2 PLACAS DE POTENCIA.
- 5 PLACAS DE CONTROL.

## 4.2.1 FUENTE DE PODER

La fuente de poder es encargada de brindar la energía a cada una de las placas de control y potencia a 4 diferentes niveles de energía y voltaje los cuales son: 5V, 10V, 12V.

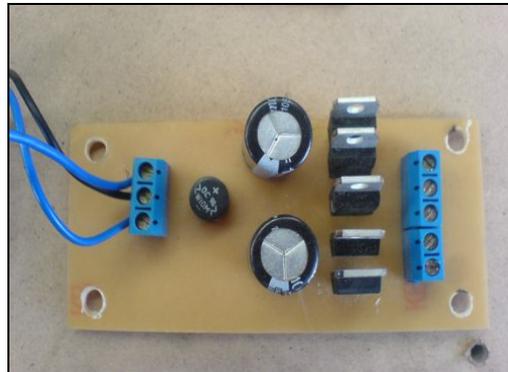


Figura 4.2 Placa fuente de poder

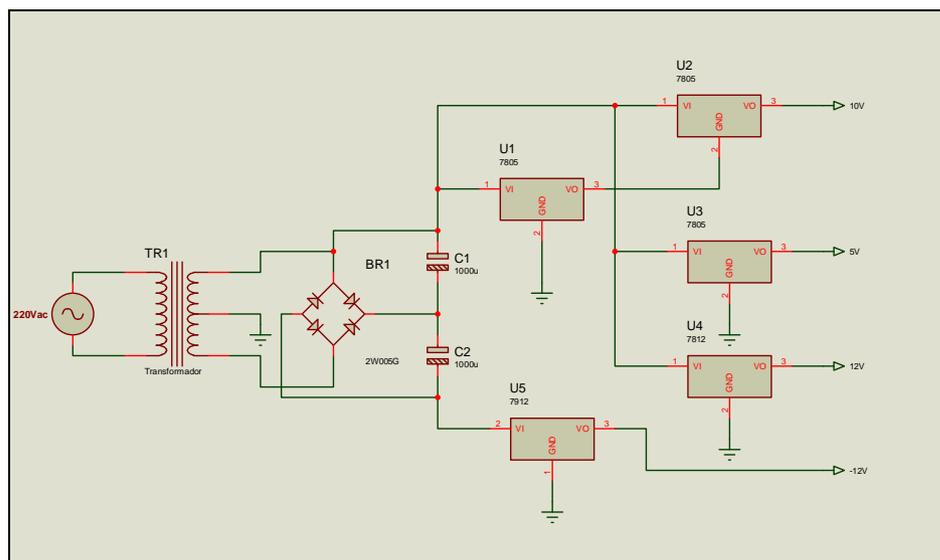


Figura 4.3 Diagrama eléctrico fuente de poder

## 4.2.2 PLACAS DE POTENCIA

### 4.2.2.1 PLACA DE POTENCIA DE TRANSFER Y FRENOS:

Esta placa tiene la función de otorgar potencia de activación a las siguientes partes tanto del transfer, frenos y variador de frecuencia:

- Embrague electromagnético.
- Motor eléctrico de transfer automático tanto para su giro horario como para su giro anti horario.
- Activación del motor eléctrico principal a través del variador de frecuencia.
- Activación de los relés de potencia de cada solenoide de frenos tanto de la rueda 1, rueda 2, rueda 3 y rueda 4.

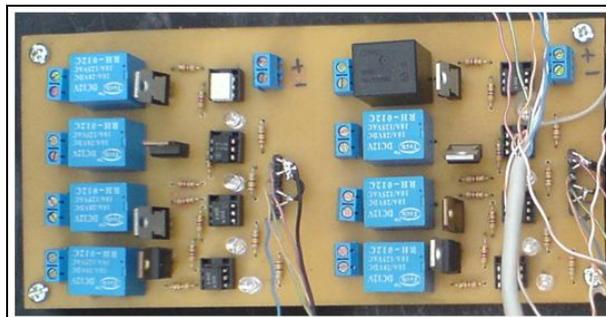


Figura 4.4 Placa de potencia transfer y frenos

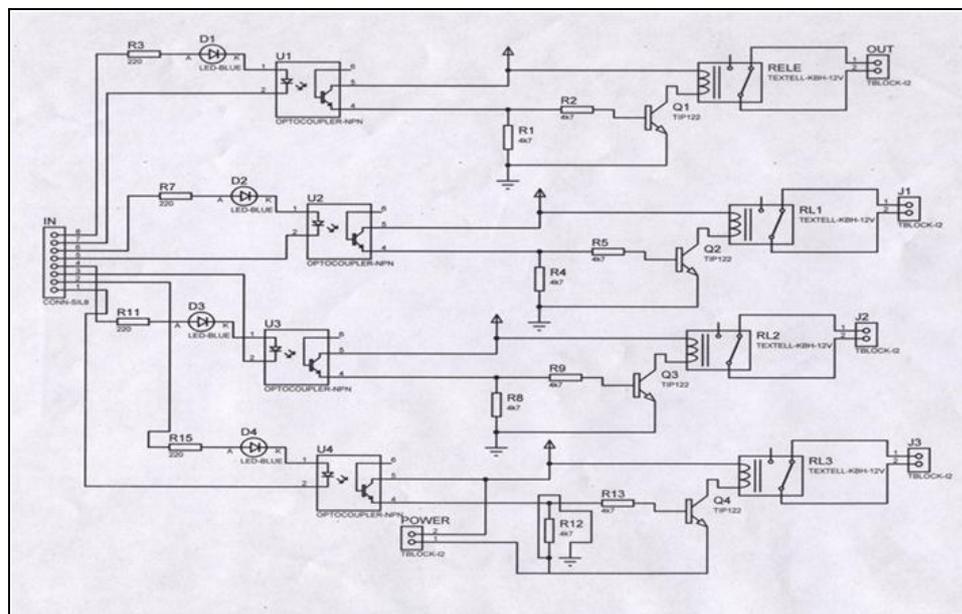


Figura 4.5 Diagrama eléctrico placa de potencia transfer y frenos

Todas estas funciones se logran cuando la placa de control principal en donde se aloja el microprocesador 16F877A le envía una señal de activación y desactivación.

#### 4.2.2.2 PLACA DE POTENCIA DE FALLAS:

Esta placa es la encargada de abrir los circuitos para simular fallas en el sistema de entrenamiento.

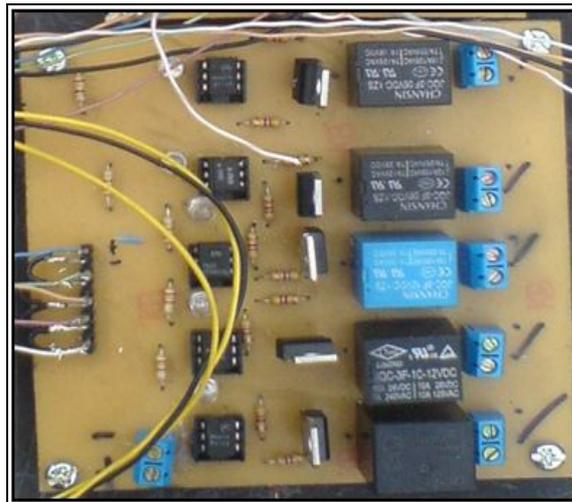


Figura 4.6 Placa de potencia de fallas

De igual manera que la placa anterior esta se comunica con la placa de control principal la cual le envía una señal de activación y de desactivación de fallas.

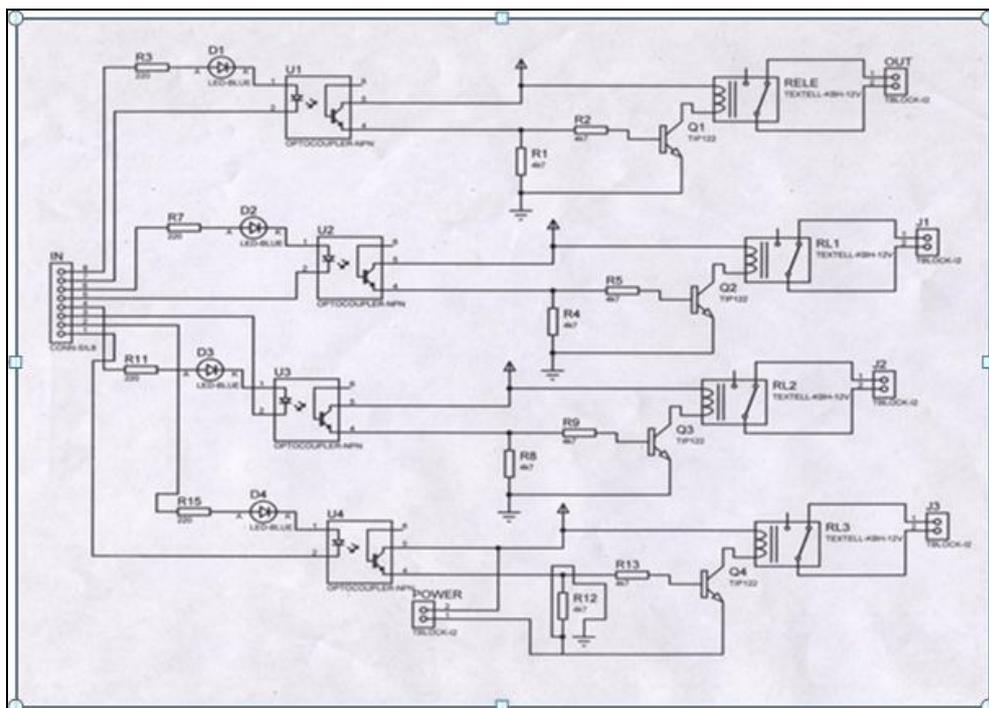


Figura 4.7 Diagrama eléctrico placa de potencia de fallas

## 4.2.3 PLACAS DE CONTROL

### 4.2.3.1 PLACA DE SEÑAL DE MOTOR DEL TRANSFER AUTOMÁTICO:

Esta placa es la encargada de censar y comunicar a la placa principal en que posición se encuentra el transfer automático ya sea que este en 2H, 4H o 4L para que así el microprocesador procese este dato para realizar las operaciones deseadas por el usuario.

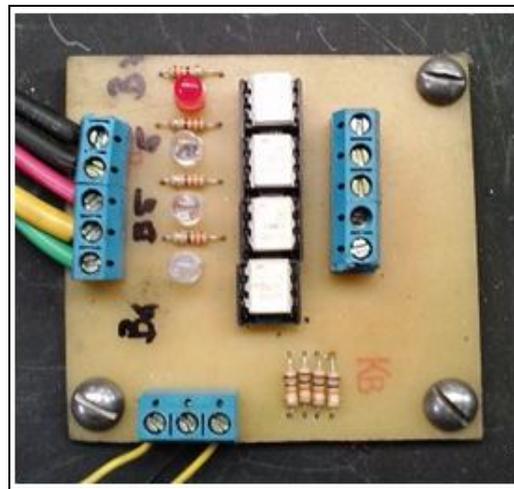


Figura 4.8 Placa de sensores de posición del transfer

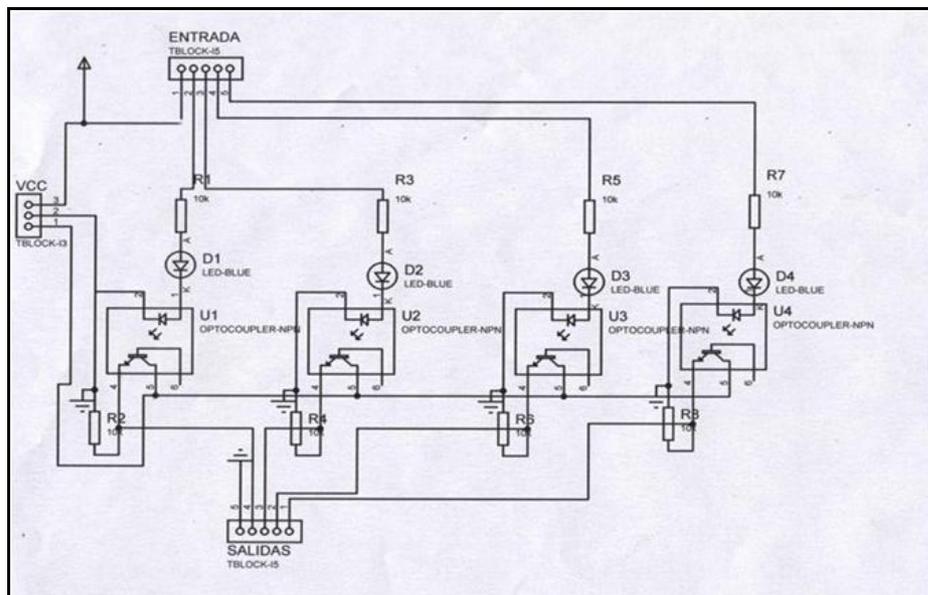


Figura 4.9 Diagrama eléctrico de placa sensores de posición del transfer

#### 4.2.3.2 PLACA DE SEÑAL DE SENSORES DE VELOCIDAD DE CADA RUEDA (VSS):

Esta placa es la encargada de recibir la velocidad de giro de cada uno de las ruedas para enviarla al micro controlador que va a procesar esta señal el cual es el 16F628A.

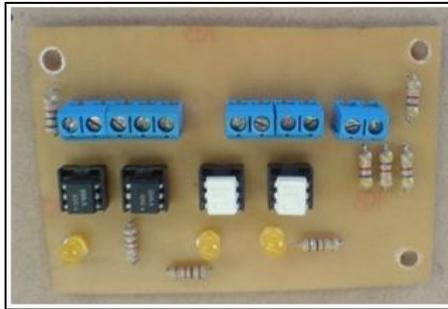


Figura 4.10 Placa de sensores de las ruedas

#### 4.2.3.3 PLACA Y DIAGRAMA DEL MICROPROCESADOR 16F628A:

Este micro controlador es el encargado en procesar la señal enviada por los sensores vss de las ruedas a su vez esta señal es enviada a la computadora para que sea usada por el programa del panel de mendo para presentar los datos de velocidades y para que sea usados estos datos para los diferentes tipos de necesidades al realizar cambios en el transfer automático.

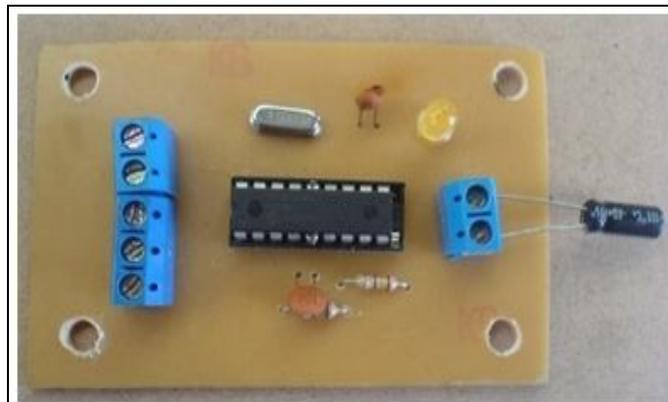


Figura 4.11 Placa del microprocesador 16F628A

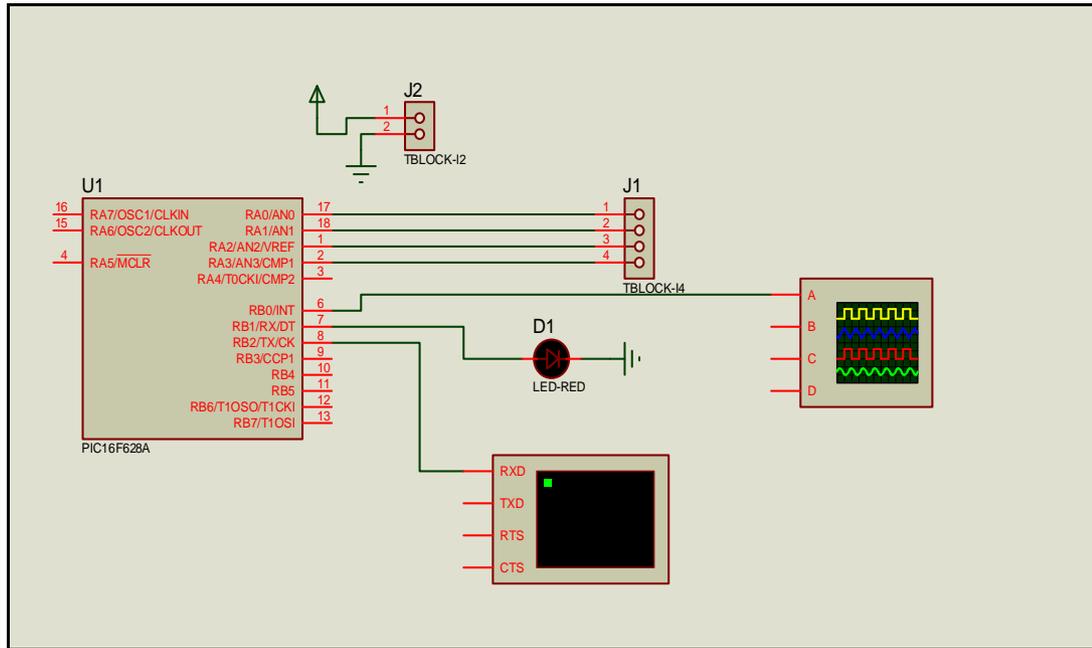


Figura 4.12 Diagrama eléctrico de placa microprocesador 16F628A

#### 4.2.3.4 PLACA DE CONTROL DE DAC 0808

El DAC0808 es un convertidor de digital a análogo monolítico 8bits. Este ofrece una escala que coloca una corriente completa en la salida en 150ns, mientras que disipa solamente 33mW con las fuentes de  $\pm 5V$ .

No se requiere ningún ajuste actual de la referencia (IREF) para la mayoría de los usos, puesto que la corriente de salida a escala completa es típicamente  $\pm 1$  LSB de 255N (IREF/256). Las exactitudes relativas son de  $\pm 0.19\%$  y aseguran 8bits y linealidades, mientras que la corriente de salida a un nivel cero es menos de  $4\mu A$ , lo que a su vez proporciona la exactitud de 8bits para  $IREF \leq 2mA$ . Esta es la corriente máxima, dictaminada por la fuente de voltaje de 10V a través del resistor de  $5K\Omega$  conectado al pin 14.

Esta placa es la encargada de convertir la señal digital enviada por el microprocesador a señal analógica para poder variar la velocidad del motor eléctrico a través del variador de frecuencia.

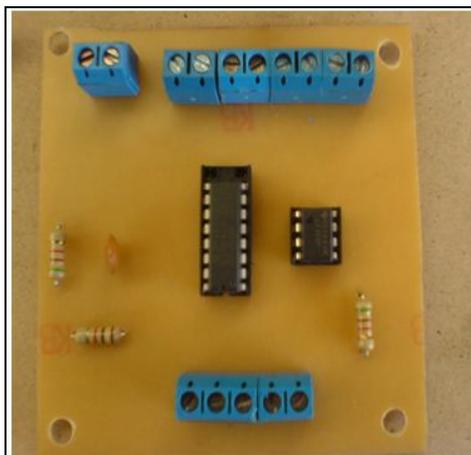


Figura 4.13 Placa de control DAC 0808

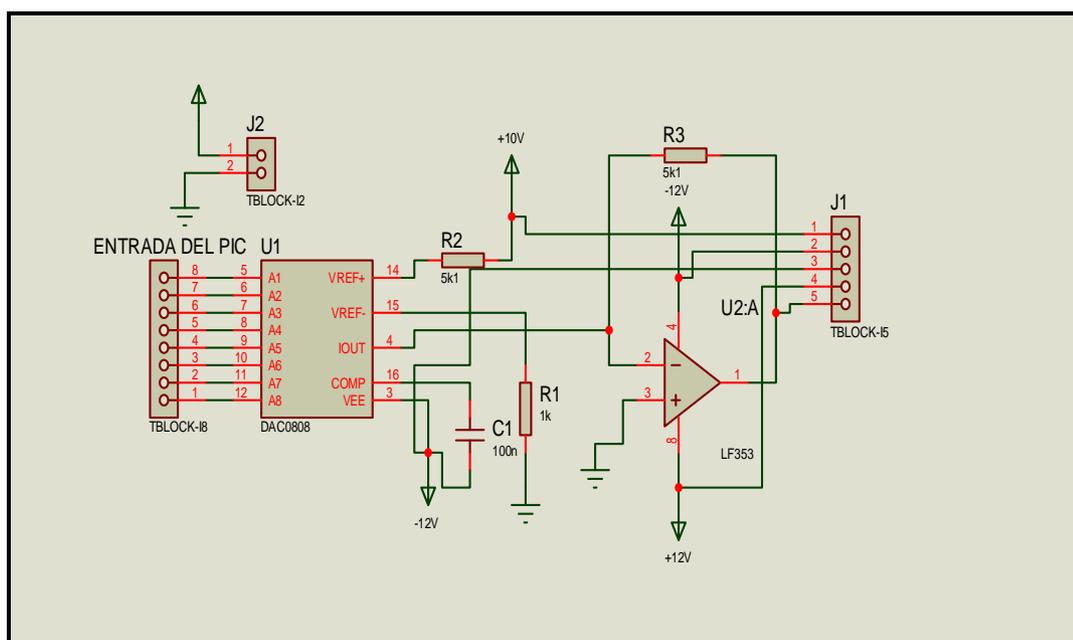


Figura 4.14 Diagrama eléctrico placa de control DAC 0808

#### 4.2.3.5 PLACA PRINCIPAL MICROPROCESADOR 16F877A

Esta placa es la principal debido a que por este procesador se envían y reciben todos los datos de las placas periféricas anteriormente mencionadas este microprocesador se encarga de comunicarse con la computadora a su vez en enviar la señales de activación a los diferentes actuadores de el sistema de entrenamiento.



proyecto, con la diferencia de que se encuentran operados y comunicados con módulos propios, el de las ruedas con el módulo del ABS y los del transfer con el GEM y estos a su vez con el PCM.

Las pruebas dentro del módulo para verificar que están funcionando correctamente se las realizan en las placas electrónicas correspondientes a cada grupo de sensores; comenzaremos con los sensores de la caja de transferencia:

#### 4.3.1 PRUEBA A LOS SENSORES DE LA CAJA DE TRANSFERENCIA

La placa que corresponde a este grupo de sensores es la siguiente: (Figura 4.17)

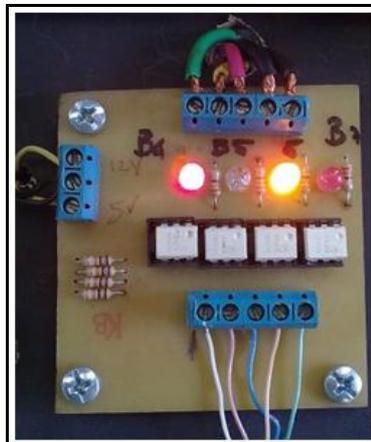


Figura 4.17 Placa sensores del transfer

Tenemos tres borneras bien definidas las cuales vamos a llamar: Bornera A la que contiene 3 cables, Bornera B la que contiene 5 cables gruesos y Bornera C la que contiene 5 cables delgados.

**La bornera A** corresponde a la alimentación del circuito, 3 cables, negro es GND, amarillo superior 12V y amarillo inferior 5V.

Con la ayuda de un multímetro en la escala adecuada podemos comprobar la llegada de tensión si corresponde a la mencionada.



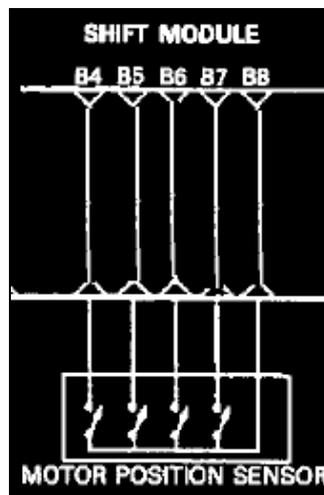
Figura 4.18 Pruebas en la alimentación

Se midió 12V y 5V con el multímetro como observamos en las figura 4.18 comprobando un estado correcto de alimentación.

**La bornera B** corresponde a las señales que llegan de los sensores de posición del transfer. Son 5 cables, uno hace de común mientras que los otros 4 corresponden a posiciones que se detallan a continuación.



Figura 4.19 Motor del transfer



4.20 Conexiones de cables

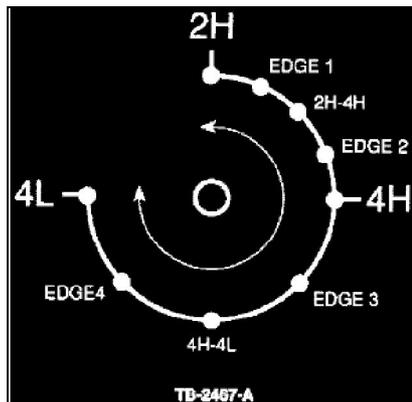


Figura 4.21 Posiciones de cambio

En la figura 4.19 vemos un disco de color azul del cual salen 5 cables estos cinco cables son los que van hacia la bornera B, la figura 4.20 muestra las posiciones que en el interior del disco azul se van obteniendo y las que nos interesa a nosotros es 2H, 4H y 4L, la figura 4.21 nos indica como están conectados en su interior estos cables y se nota claramente que uno es común, en el caso de la figura correspondería a B8.

El Cable verde en la figura 4.17 es el común alimentado con 12V el cual pasará este voltaje a los otros cables cuando hagan contacto entre si.

Las 4 posiciones en conjunto descifran un numero de 4 dígitos que contiene 0 y 1, para mayor comprensión estos dígitos los llamaremos 0 cuando hay 0voltios y 1 cuando hay 12voltios, esto nos ayudará a saber en que posición el transfer esta colocado sea 2H, 4H o 4L. Como lo apreciamos en la siguiente tabla, el color de cables corresponde a la figura 4.17

Tabla IV-1 POSICIONES SENSORES TRANSFER

Motor Posición	2H	4H	4L
<b>B4 Amarillo</b>	1 – 12V	0 – 0V	1 – 12V
<b>B5 Rosado</b>	0 – 0V	0 – 0V	1 – 12V
<b>B6 Negro</b>	1 – 12V	1 – 12V	0 – 0V
<b>B7 Negro</b>	0 – 0V	1 – 12V	0 – 0V

La posición 2H, 4H y 4L corresponden a los siguientes dígitos de izquierda a derecha en la foto: (Para mayor facilidad de visualización se instalo leds que corresponden a las 4 posiciones)

**Posición 2H** (figura 4.22)

**1-0-1-0** o lo que es lo mismo

**12v-0v-12v-0v** o lo que corresponde a

**led On – led off – led on – led off**



Figura 4.22 Posición 2H

**Posición 4H** (figura 4.23)

**0-0-1-1** o lo que es lo mismo

**0v-0v-12v-12v** o lo que corresponde a

**led Off – led off – led on – led on**



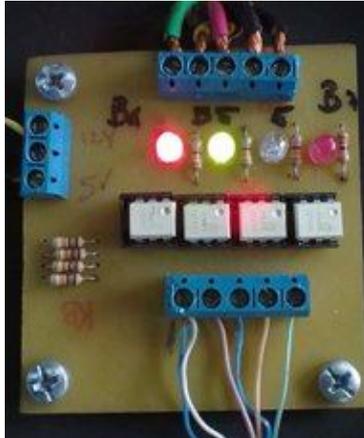
Figura 4.23 Posición 4H

**Posición 4L** (figura 4.24)

**1-1-0-0** o lo que es lo mismo

**12v-12v-0v-0v** o lo que corresponde a

**led 0n – led on – led off – led off**



**Figura 4.24 Posición 4L**

Entonces con la ayuda de un multímetro en la escala adecuada podemos medir 12V y 0V a partir del segundo pin de la bornera B (recordemos que el primero de izquierda a derecha en la figura 4.17 es el cable verde y es el común por lo tanto no lo vamos a medir)

Otra prueba simplemente consiste en visualizar los leds y comprobar que corresponden a la posición seleccionada en este caso con el código ya mencionado.

**La bornera C** corresponde a las señales ya procesadas que son enviados a la placa de control, es decir al microcontrolador que se encarga de leer el código el cual le sirve para realizar los cambios de manera adecuada. Como son señales al microcontrolador, en estas borneras vamos a medir únicamente de 0 a 5 voltios

El primer pin de izquierda a derecha en la foto corresponde a GND el cual nos ayudará a medir 0v o 5v con el multímetro en los 4 pines siguientes, estos 4 pines corresponden a las mismas 4 posiciones ya descritas en la Bornera B.

Por lo tanto para comprobar que la señal que se está enviando al Micro es la correcta se medirá voltaje en cada pin a partir del segundo, y comprobaremos con los códigos correspondientes a cada posición si son los mismos. Así como se muestra en la figura 4.25 haciendo la prueba en la posición 4L:

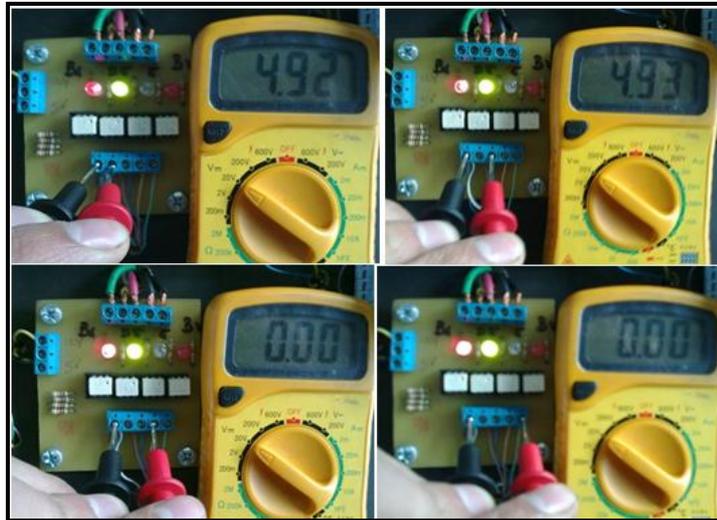


Figura 4.25 Pruebas en sensores del transfer

Tabla IV-2 MEDICIÓN V SALIDA EN 2H

PUNTO DE MEDICIÓN BORNERA C	VALOR MEDIDO
Entre Pin 1 y 2	5V
Entre Pin 1 y 3	0V
Entre Pin 1 y 4	5V
Entre Pin 1 y 5	0V

Tabla IV-3 MEDICIÓN V SALIDA EN 4H

PUNTO DE MEDICIÓN BORNERA C	VALOR MEDIDO
Entre Pin 1 y 2	0V
Entre Pin 1 y 3	0V
Entre Pin 1 y 4	5V
Entre Pin 1 y 5	5V

Tabla IV-4 MEDICIÓN V SALIDA EN 4L

PUNTO DE MEDICIÓN BORNERA C	VALOR MEDIDO
Entre Pin 1 y 2	5V
Entre Pin 1 y 3	5V
Entre Pin 1 y 4	0V
Entre Pin 1 y 5	0V

### 4.3.2 PRUEBA EN LOS SENSORES DE LAS RUEDAS

La placa que corresponde a este grupo es la siguiente: (figura 4.27)

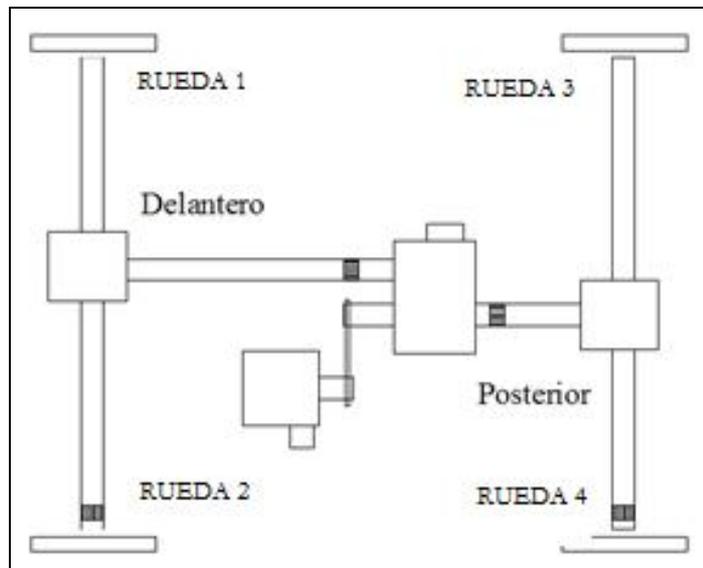


Figura 4.26 Posición de las ruedas

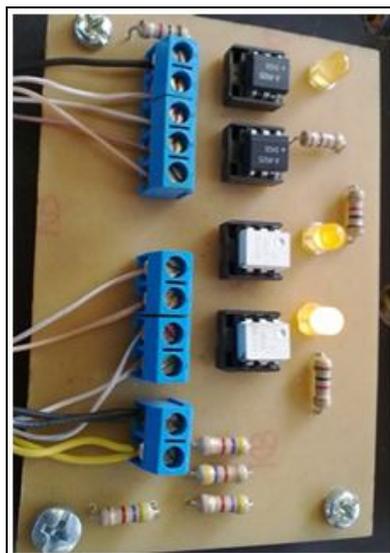


Figura 4.27 Placa sensores de ruedas

Tenemos tres borneras bien definidas, las cuales las llamaremos: Bornera A la que tiene 2 pines, Bornera B la que tiene 5 pines y Bornera C la que tiene 4 pines.

**La bornera A** corresponde a la alimentación del circuito tiene dos pines y con un multímetro podríamos medir que hay la presencia de 12V entre ellas para verificar su estado.



**Figura 4.28 Prueba alimentación**

**La bornera B** corresponde a las señales que llegan de los sensores de las 4 ruedas, tiene 5 pines siguiendo el orden de arriba hacia abajo en la figura 4.27, estos son los siguientes:

Pin 1 GND

Pin 2 Sensor de la rueda 1

Pin 3 Sensor de la rueda 3

Pin 4 Sensor de la rueda 4

Pin 5 Sensor de la rueda 2

Los sensores como se explicó en el capítulo 3 son del tipo inductivo y envían la señal cuando el campo magnético se ve interrumpido por el paso del disco de metal instalado en el eje. La señal que envía es de 0 y 12 voltios.

Por lo tanto podemos comprobar que los sensores están enviando la señal correspondiente cuando el disco de metal pasa frente a ellos, esto con la ayuda de un multímetro haciendo tierra en el Pin.

El procedimiento sería el siguiente:

- Se identifica el pin que corresponde a cada rueda
- Se conecta el multímetro entre estos pines.

- Se gira manualmente la rueda en cuestión y se coloca el sensor frente al disco.
- Se debe leer una lectura de 12V
- Se gira manualmente la misma rueda y se coloca el sensor apartada del disco.
- Se debe leer una lectura de 0V

Este procedimiento se lo realiza en cada una de las ruedas teniendo en cuenta que la rueda 4 tiene un sensor de polaridad inversa, es decir que en éste cuando el sensor este frente al disco (en campo) se leerá 0V y cuando esté apartada se leerá 12V. (Figura 4.29)

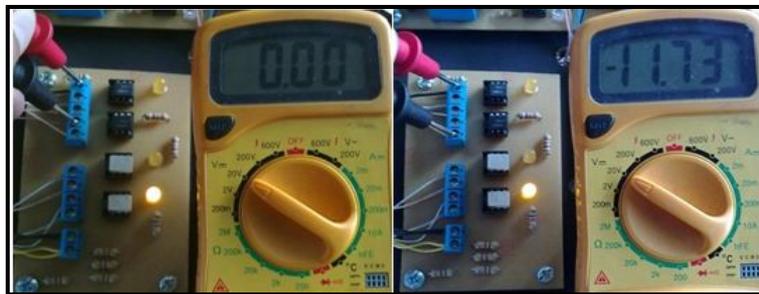


Figura 4.29 Prueba sensores de ruedas

Tabla IV-5 MEDICIÓN V ENTRADA, 4 SENSORES EN CAMPO

PUNTO DE MEDICIÓN BORNERA B	VALOR MEDIDO
Entre Pin 1 y 2	12V
Entre Pin 1 y 3	12V
Entre Pin 1 y 4	0V
Entre Pin 1 y 5	12V

**La bornera C** corresponde a las señales procesadas y enviadas al microcontrolador para el conteo de las RPM en cada una de las ruedas, tiene 4 pines y estos son los siguientes de arriba hacia abajo en la figura 4.27:

- Pin 1 Sensor rueda 4
- Pin 2 Sensor rueda 3
- Pin 3 Sensor rueda 2
- Pin 4 Sensor rueda 1

Como son señales al microcontrolador, en estas borneras vamos a medir únicamente de 0 a 5 voltios

Con la ayuda de un multímetro y siguiendo los pasos detallados en la bornera B se mide el voltaje en cada uno de los pines haciendo tierra en el pin de la bornera A, así como se muestra en la figura 4.30.



Figura 4.30 Pruebas en Sensores de Ruedas

Tabla IV-6 MEDICIÓN V SALIDA, 4 SENSORES EN CAMPO.

PUNTO DE MEDICIÓN BORNERA B	VALOR MEDIDO
Entre Pin 1 y tierra	0V
Entre Pin 2 y tierra	5V
Entre Pin 3 y tierra	5V
Entre Pin 4 y tierra	5V

De esta forma se logra comprobar el estado óptimo de cada sensor y si su señal es la correcta.

#### 4.4 TENSIONES DE OPERACIÓN.

Los componentes del módulo que dependen de tensión eléctrica para su operación son:

- Motor eléctrico principal
- Motor del transfer
- Sensores ruedas
- Variador de Frecuencia
- Modulo de Control electrónico y sus componentes

Estos elementos funcionan a distintas tensiones de operación como son: (Figura 4.31)

Motor Eléctrico Principal:	220 VCA
Variador de Frecuencia:	220 VCA
Motor Transfer:	12 VCD
Sensor Ruedas:	5 VCD
Modulo de Control electrónico:	1-5 VCD



Figura 4.31 Prueba Tensiones de Operación

## 4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Las pruebas realizadas en los sensores de las ruedas como en los del transfer fueron satisfactorias se logro captar la señal que es leída por el microcontrolador de manera eficiente permitiendo su correcto funcionamiento.
- Se logro reducir los ruidos e interferencias que afectan al correcto funcionamiento del módulo electrónico y por ende de todo el módulo.
- El módulo cumple con el objetivo fundamental de explicar el funcionamiento de este sistema debido a su interfaz amigable usando un computador personal para su operación.

- Se comprobó satisfactoriamente el funcionamiento de los diferenciales y de la caja, permitiendo una mayor comprensión del tema estudiado.
- Las tensiones de operación y su control fue optimizado debido a un correcto diseño de placas de control e instrumentación.

## CONCLUSIONES

- Se logro cumplir con el objetivo general del proyecto, construyendo un simulador de tracción total (A4WD)
- El simulador facilita la comprensión del sistema para los estudiantes de ingeniería.
- Los vehículos todo terreno tienen características en común, de entre ellas la mas generalizada es poseer una tracción en sus dos ejes anterior y posterior.
- Los vehículos con sistema A4WD permiten una capacidad de adherencia considerablemente mayor a la de un vehículo con sistema 2WD, lo que les permite desenvolverse con facilidad por terrenos abruptos, embarrados y arenosos.
- Aparte de la tracción total permanente, los todo terreno y vehículos equipados con este sistema 4WD muestran u particular diseño en numerosos apartados, siempre con miras a mejorar sus posibilidades sobre terrinos difíciles o situaciones adversas, manteniendo a la vez una fiabilidad mecánica elevad.
- El módulo 4WD con activación automática resulta ser una herramienta muy útil a la hora de entender el funcionamiento del sistema.
- Los componentes complementarios al sistema 4WD como son transmisiones, unidades de control, sensores, entre otros son estudiados de manera significativa dentro del proyecto.
- La detección de fallas de un sistema como éste, resulta fácil cuando se estudia y se conoce a profundidad su funcionamiento y componentes, el módulo nos ayuda con esta labor.
- Los componentes electrónicos como son los módulos y la unidad principal de control interactúan para el funcionamiento óptimo del sistema 4WD, por lo que se dio una visión general de cómo hay que manejarlos para su correcto uso y verificación.
- Se alcanzó todas las metas propuestas del proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

Finalizada la investigación dentro del proyecto, analizado los resultados, alcanzado las conclusiones, permiten establecer las siguientes sugerencias:

- Seguir las indicaciones de operación que se encuentra en el manual de usuario para una mejor experiencia con el modulo A4WD.
- Desconectar la alimentación general para la manipulación de componentes eléctricos y electrónicos del módulo.
- Usar las herramientas adecuadas para el montaje y desmontaje de los componentes.
- Hacer una rápida inspección visual del estado general del módulo antes de su operación.
- Conectar el módulo siempre a las tensiones especificadas para un correcto funcionamiento.
- Realizar ajustes periódicos a cada componente mecánico como uniones entre ejes y a la estructura que por vibraciones pueden deteriorarse.
- Complementar la información adquirida al hacer uso del módulo con material teórico - práctico para mejorar su comprensión.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- ALONSO PÉREZ, J M. (2002). Técnicas del automóvil. CHASIS THOMSON Editores Spain Paraninfo S.A.
- FORD MOTOR COMPANY. (1994). Manual de Servicio Técnico. Dearborn Michigan
- FORD MOTOR COMPANY. (1999). Manual de Servicio Técnico. Dearborn Michigan
- GILLIERI, S. (2000). Manual de Electrónica del Automóvil. ediciones CEAC Perú.
- GRAU, HILL, (1988) Transmisión y caja de cambios del Automóvil. 1ra edición traducida Mc. Grau – Hill. Inc.
- KEN, LAYNE. (1999). Manual de Electrónica y Electricidad Automotrices tomo 1 y 2. editorial PRENTICE–HALL HISPANO AMÉRICA SA.
- MITCHELL. (1992). Manual de Reparación de Transmisiones Automáticas y Transejes. Inc. Tomo 1. Editorial PRENTICE-HALL HISPANO AMERICA SA.
- PARERA, A. M. (1991) Electrónica Básica en Automoción. MARCOMBO BOIXAREU EDITORES Barcelona-México
- TOYOTA MOTOR CORPORATION. (2001). Manual de Entrenamiento Volumen 8, Árbol de Transmisión, Diferencial, Árbol de Propulsión y Ejes
- TOYOTA MOTOR CORPORATION. (2001). Manual de Entrenamiento Volumen 9, Transeje y Transmisión Automática
- WALES, JIMMY. SANGER, LARRY. (2009, Agosto 14). La Enciclopedia Libre. Huntsville, Alabama, US.

## **4.6 ANEXO A**

**MANUAL DE USUARIO**

Antes de Operar el Módulo asegúrese de haber leído con cuidado esta guía, tomando en cuenta todas sus consideraciones, especialmente los apartados de Notas y Precauciones.

## **PROCEDIMIENTOS DE UTILIZACIÓN DEL SIMULADOR.**

A continuación se indicara la forma de conectar y la manera de utilización del sistema de entrenamiento 4wd.

### **CONEXIÓN:**

- Instalar el software del programa LabView en la computadora que va a operar el módulo. (sección procedimientos de instalación del software)
- Conectar la computadora al modulo 4wd mediante el cable USB serial. (El modulo puede ser instalado a cualquier puerto USB de la computadora).
- Conectar el modulo a la alimentación de 12v CC de la batería mediante los cables lagartos tanto el rojo al borne positivo de la batería como el negro al borne negativo de la batería (se encarga de alimentar los frenos como el motor eléctrico del transfer).
- Conectar el modulo a la alimentación de 220v CA del tomacorriente mediante el cable rojo principal. (se encarga de alimentar tanto el motor eléctrico principal como a todas las placas de control).

### **Nota:**

Las conexiones deben ser conectadas en el orden anteriormente mencionado.

### **Precaución:**

Tomar en cuenta las normas de precaución para la conexión ya que se maneja un alto voltaje.

# PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO 4WD.

## VENTANA CARATULA:



Ventana 1 Inicio del programa

Esta ventana se abrirá al momento de abrir el programa y consta de los siguientes funciones y botones.

- **(1) Iniciar modulo 4wd:**

Este botón nos permite ingresar a la ventana de menú principal y al mismo momento encender el modulo ya que al hacer clic en este botón, el modulo se enciende en posición de transferencia 2H a la máxima velocidad.

- **(2) Botón puerto:**

Este botón nos permite seleccionar el puerto USB a ser usado además consta de una opción refresh el cual nos permite actualizar en caso de que el cable haya sido cambiado de puerto.

**NOTA:**

- Mientras no se haya seleccionado el puerto correcto el programa no funcionara.

- **(3) Botón salir:**

Este botón nos permite salir totalmente del programa.

### VENTANA DE MENÚ PRINCIPAL:

Esta ventana se abrirá al momento de hacer clic el botón de iniciar módulo 4wd que se encuentra en la ventana carátula. Por defecto esta ventana se abrirá en 2H y con el botón simulación 2H de esta ventana activada.



Ventana 2 Menú principal del programa

**Precaución:** Cuando se cambia a desde posición 2H a 4H o 4L y viceversa es imperante que se deba esperar siempre que la función se termine de completar antes de cambiar de función debido a que el mal uso de cambio de las aplicaciones pueden provocar una confusión del módulo de control y por ende el bloqueo del programa.

- **(1) Simulación 2H:**

Esta botón por defecto empieza activado al encender el modulo y en esta función el vehículo se encuentra con tracción en las 2 ruedas como cualquier vehículo.

- **(2) Simulación 4H:**

Este botón activa la simulación 4H es decir activa la simulación en las 4 ruedas en régimen alto es decir no existe ningún tipo de reducción de caja para aumentar el torque en las ruedas. Este tipo de tracción es recomendado para circular en: asfalto húmedo, lastre, o caminos empedrados.

- **(3) Velocidades de ruedas:**

En estos cuadros de información se desplegara individualmente la velocidad de cada rueda en rpm.

- **(4) Luces de información de giro:**

Estas luces nos sirven de información para saber si un tren de rodaje esta activado o rodando u otro esta desactivado.

Estos led's se muestran en verde cuando esa rueda está girando y se muestra en rojo cuando dicha rueda se encuentra detenida.

- **(5) Barra de velocidad:**

Esta barra nos permite variar la velocidad desde una velocidad máxima hasta una velocidad mínima es decir permite detener el modulo en su totalidad.

**NOTA:**

- No es recomendable detener el modulo por este método, ya que esto provoca un sobreesfuerzo del motor eléctrico lo cual lo podría deteriorar hasta llegar a su daño permanente.

- **(6) Simulación 4L:**

Al hacer clic este botón activa la simulación 4L que significa que el vehículo rueda con tracción en las 4 ruedas con baja velocidad pero con torque elevado. Este tipo de tracción es óptima para caminos en mal estado como: lodo, caminos que crucen ríos, nieve profunda, etc.

- **(7) Simulación A4WD:**

Esta botón nos re direccionara a la ventana simulación A4WD la cual nos permitirá simular 3 diferentes tipos de conducción para observar como entra en funcionamiento el sistema de cambio 4x4 automático.

- **(8) Fallas:**

Al hacer clic en este botón se nos re direccionara a la ventana fallas.

- **(9) Diferencial:**

Al hacer clic en este botón se nos re direccionara a la ventana diferencial. Esta es una aplicación especial la cual también ha sido incluido en este programa; esta aplicación nos demostrara el funcionamiento de los diferenciales.

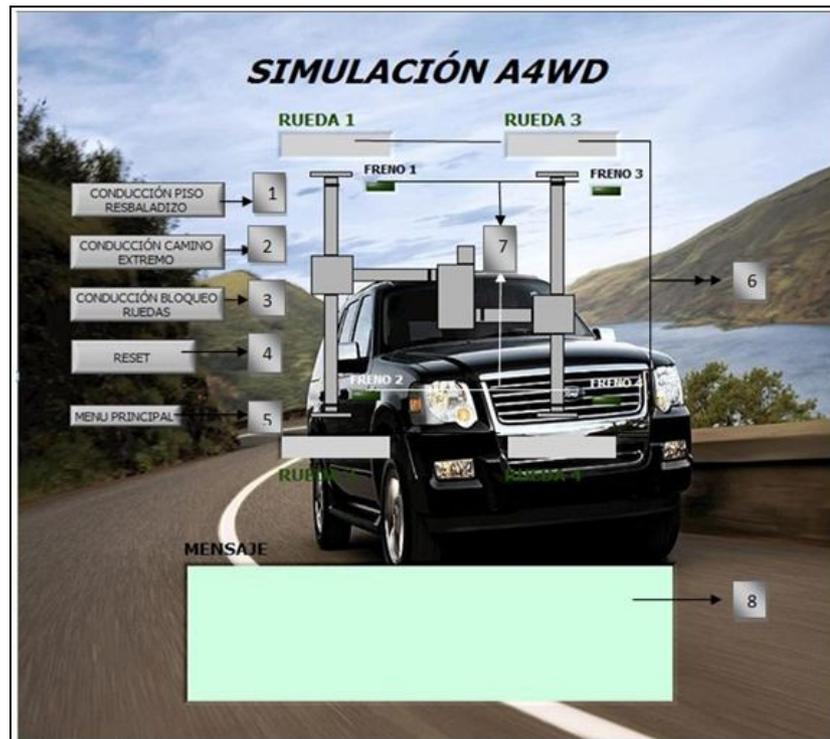
- **(10) Mensajes de información:**

Esta ventana mostrara mensajes de información sobre la simulación que estamos accionando.

- **(11) Apagar modulo:**

Este botón apaga el módulo y nos re direcciona a la ventana de carátula.

## **VENTANA DE SIMULACIÓN A4WD**



Ventana 3 Simulación A4Wd del programa

- **(1) Conducción piso resbaladizo:**

Al hacer clic en este botón se activa la simulación A4wd conducción sobre piso resbaladizo lo cual simula el paso imprevisto por superficies con poca adherencia como: agua, aceite, nieve, etc. En este momento se activa por intervalos uno de los frenos de las ruedas con tracción lo que produce una variación de velocidad que es inmediatamente censada por los vss (sensor de velocidad) en cada rueda dando así una señal a la placa de control principal el cual manda activar inmediatamente la tracción en las 4 ruedas.

- **(2) Conducción en piso extremo:**

Al hacer clic en este botón se activa la simulación A4wd conducción en piso extremo lo cual simula la conducción sobre caminos lastrados, fangosos, nevados, etc.

En este momento se activa por intervalos uno de los frenos de las ruedas con tracción lo que produce una variación de velocidad que es inmediatamente censada por los vss (sensor de velocidad) en cada rueda dando así una señal a la placa de control principal el cual manda activar inmediatamente la tracción en las 4 ruedas.

- **(3) Bloqueo de ruedas:**

Al hacer clic en este botón se activa la simulación A4wd bloqueo de rueda el cual simula en caso de que el vehículo se quede atrapado en algún tipo de zanja el cual no permite que las ruedas giren normalmente y permanezcan semi bloqueadas.

En este momento se activan los dos frenos de las ruedas con tracción lo que produce una variación de velocidad que es inmediatamente censada por los vss (sensor de velocidad) en cada rueda dando así una señal a la placa de control principal el cual manda activar inmediatamente la tracción en las 4 ruedas.

- **(4) Reset:**

Este botón permite restear la simulación A4wd a la condición de inicio que era 2H.

- **(5) Menú principal:**

Al hacer clic en este botón se nos re direccionara a la ventana de menú principal.

- **(6) Velocidades de ruedas:**

En estos cuadros de información se desplegara individualmente la velocidad de cada rueda en rpm.

- **(7) Luces de información de giro:**

Estas luces nos sirven de información para saber si un tren de rodaje esta activado o rodando u otro esta desactivado.

Estos led's se muestran en verde cuando esa rueda está girando y se muestra en rojo cuando dicha rueda se encuentra detenida.

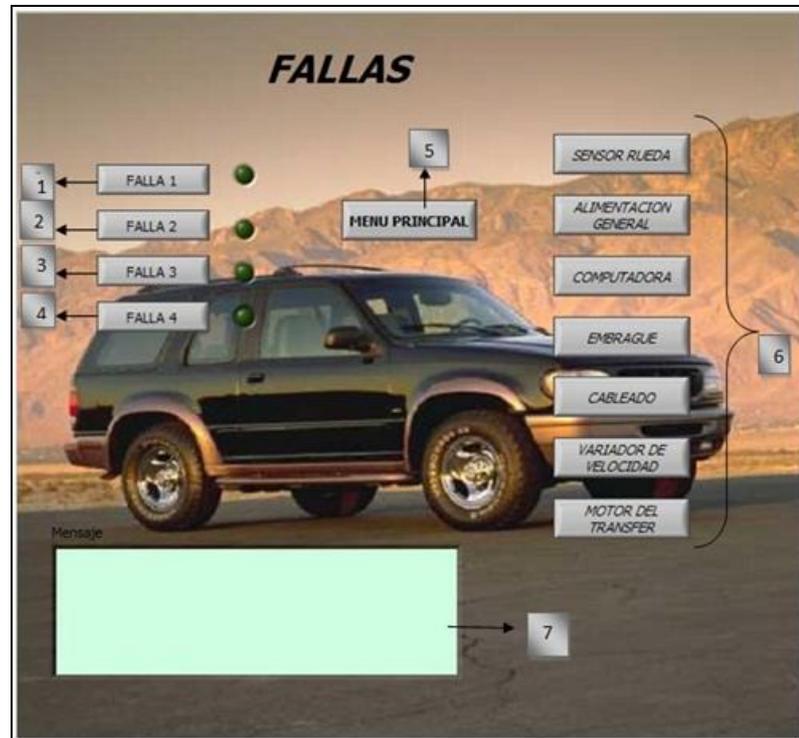
- **(8) Mensajes de información:**

Esta ventana mostrara mensajes de información sobre la simulación que estamos accionando.

**NOTAS:**

- El módulo simulación A4wd siempre se inicia en 2H
- Cada simulación se produce individualmente y solamente pueden ser activadas una a la vez para terminar con esa simulación se deberá presionar el botón de Reset antes de ingresar otra simulación.
- Es imperante que el botón Reset se puede presionar solamente cuando la función seleccionada se haya terminado de procesar y no antes.
- Para regresar al menú principal siempre se deberá presionar primero el botón Reset.

## VENTANA FALLAS



Ventana 4 Simulación fallas del programa

Esta ventana contiene 4 fallas en los botones 1, 2, 3 y 4 las cuales activan fallas simuladas las cuales deben ser determinadas tomando en cuenta las medidas y los parámetros a ser escritos a continuación.

Cabe recalcar también que existen 7 diferentes respuestas de las cuales solamente 4 serán correctas.

Al ingresar la falla el modulo se apagara hasta que la falla sea detecta de correctamente.

- **(1) Falla 1:**

Esta simulación de falla activa la apertura del circuito de alimentación de uno de los sensores de velocidad lo cual provocara que un sensor de funcionar.

- **(2) Falla 2:**

Esta simulación de falla activa la apertura del circuito del motor del transfer el cual nos permitirá detectar una falta de continuidad en el cableado de alimentación del motor transfer.

- **(3) Falla 3:**

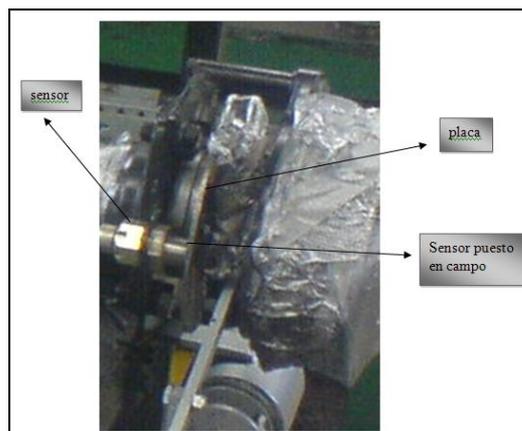
Esta simulación de falla activa la apertura del circuito del embrague electromagnético del transfer el cual nos permitirá detectar una falta de continuidad en el cableado de alimentación del embrague del transfer automático.

- **(4) Falla 4:**

Esta simulación activa una falla en el variador de velocidad abriendo el circuito de comunicación entre la computadora y el variador; el cual funciona con 10 voltios permitiéndonos así medir una falta de voltaje en su respectivo punto de medición.

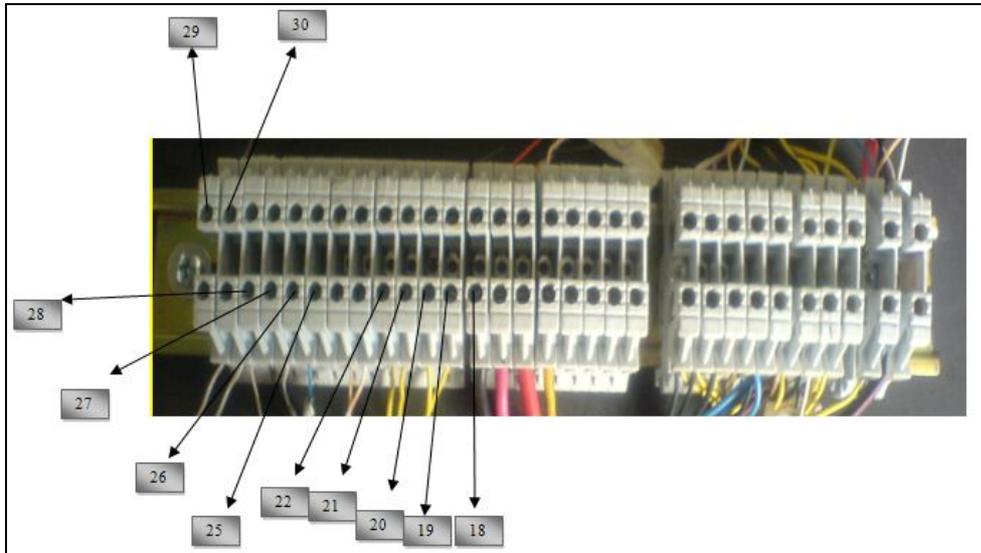
**Procedimiento para detectar las fallas:**

- ✓ Poner cada uno los sensores de velocidad en campo como se muestra en el gráfico 1, a excepción del sensor de la rueda 3 que debe estar fuera del campo.



**Gráfico 1 Sensor en campo**

- ✓ En el grafico 2 se muestran los puntos en donde se podrán medir ya sean valores de voltaje o de continuidad (dependiendo el caso).



**Grafico 2 Bornera principal puntos de medición de fallas**

- **Puertos Para Medición Para Fallas**

- ✓ **18 = Tierra**
- ✓ **19 = Señal Sensor VSS Rueda 2**
- ✓ **20 = Señal Sensor VSS Rueda 4**
- ✓ **21 = Señal Sensor VSS Rueda 3**
- ✓ **22 = Señal Sensor VSS Rueda 1**
- ✓ **23 y 24 = Sin uso.**
- ✓ **25 y 26 = Colocar el multímetro y medir voltaje entre estos puntos para Tomar Señal de Voltaje de Señal al Variador de Frecuencia.**
- ✓ **27 y 28 = Colocar el multímetro y medir continuidad entre estos puntos Para tomar señal de Funcionamiento del Embrague.**
- ✓ **29 y 30 = Colocar el multímetro y medir continuidad entre estos puntos Para tomar señal del motor del transfer.**
- ✓ Referirse a la sección 4.3.2 para ver voltajes de operación de los sensores VSS

- ✓ El voltaje señal del Variador de Frecuencia debe ser 10 V caso contrario este esta defectuoso.
- ✓ Tanto el motor del transfer como el embrague siempre deben tener continuidad caso contrario esta el circuito abierto o esta el elemento defectuoso.
- ✓ Luego de haber determinado la falla se deberá dar un clic en el botón el cual se crea que es la falla y si es correcta el modulo empezara otra vez a funcionar caso contrario permanecerá apagado.

- **(5) Menú principal:**

Al hacer clic en este botón se nos re direccionara a la ventana de menú principal.

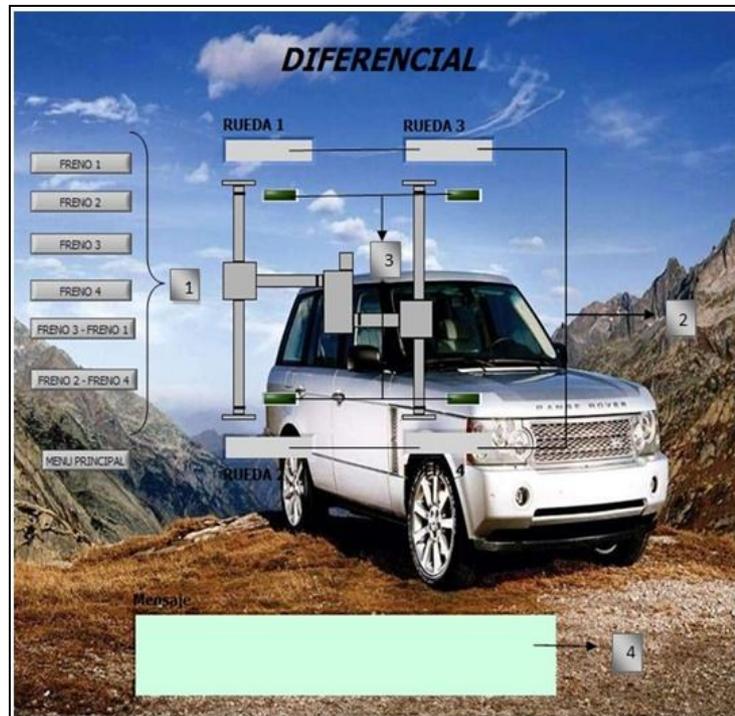
- **(6) Opciones de falla:**

Son las 7diferentes posibles soluciones a la falla ingresada por lo tanto solo 4 corresponden a fallas verdaderas.

- **(7) Mensajes de información:**

Esta ventana mostrara mensajes de información sobre la simulación que estamos accionando.

## DIFERENCIAL



Ventana 5 Simulación del diferencial

- **(1) Selección de frenos:**

Al hacer clic en cualquiera de estos botones activará el freno que le corresponda con lo cual se frenará una de las ruedas (dependiendo el caso) y nos permitirá observar la diferencia de velocidad en cada rueda y la función del diferencial.

- **(2) Velocidades de ruedas:**

En estos cuadros de información se desplegará individualmente la velocidad de cada rueda en rpm.

- **(3) Luces de información de giro:**

Estas luces nos sirven de información para saber si un tren de rodaje está activado o rodando u otro está desactivado.

Estos led's se muestran en verde cuando esa rueda está girando y se muestra en rojo cuando dicha rueda se encuentra detenida.

- **(4) Mensajes de información:**

Esta ventana mostrara mensajes de información sobre la simulación que estamos accionando.

- **Menú principal:**

Al hacer clic en este botón se nos re direccionara a la ventana de menú principal.

## **4.6.1 ANEXO B**

**DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL MÓDULO DE CONTROL**

## **4.6.2 ANEXO C**

**CONEXIONES DE COMPONENTES DEL MÓDULO DE CONTROL**

Para visualizar ubicación y diagrama eléctrico referirse a plano anexo 5.5

## **PLACA DE POTENCIA DE TRANSFER Y FRENOS**

**1** = + de Batería  
**2** = Relé de Activación de Embrague  
**3** = + de Batería  
**4** = Giro Motor de Transfer Horario  
**5** = + de Batería  
**6** = Giro Motor de Transfer Anti hora  
**7** = Pin 6 del Variador  
**8** = Pin 3 del Variador  
**9** = + de Batería  
**10** = + Relé Freno Y4  
**11** = + de Batería  
**12** = + Relé Freno Y2  
**13** = + de Batería  
**14** = + Relé Freno Y1

**15** = + de Batería  
**16** = + Relé Freno Y3  
**17** = + de Batería  
**18** = - de Batería  
**19** = + de Batería  
**20** = - de Batería  
**21** = Y4 de la Placa Principal  
**22** = Y2 de la Placa Principal  
**23** = Y1 de la Placa Principal  
**24** = Y3 de la Placa Principal  
**25** = Embrague de la Placa Principal  
**26** = Anti horario de la Placa Principal  
**27** = Horario de la Placa Principal  
**28** = Motor de la Placa Principal

## **PLACA DE FALLAS**

### **ENTRADAS**

**1** = Relé Falla Sensor  
**2** = Sensor Y2  
**3** = + de Batería  
**4** = Relé Falla Motor Transfer  
**5** = + de Batería  
**6** = Relé Falla Embrague  
**7** = Salida de 10v del DAC (PIN 9)  
**8** = Variador Pin 9  
**9** = 10 v de Fuente  
**10** = Pin numero 26' de la bornera

**11** = Tierra  
**12** = + de Batería

### **SALIDAS**

**13** = Falla 1 Placa Principal  
**14** = Falla 2 Placa Principal  
**15** = Falla 3 Placa Principal  
**16** = Falla 4 Placa Principal  
**17** = Falla 4 Placa Principal

## **PLACA DE SEÑAL DE MOTOR DEL TRANSFER AUTOMATICO**

### **ENTRADAS**

**1** = Cable común de Sensores (Amarillo/Blanco) del Motor del Transfer

**2** = B7 (Naranja) Motor Transfer  
**3** = B6 (Café) Motor Transfer  
**4** = B5 (Blanco) Motor Transfer  
**5** = B4 (Purpura) Motor Transfer

9 = B4 Placa Principal

**SALIDAS**

6 = B7 Placa Principal  
7 = B6 Placa Principal  
8 = B5 Placa Principal

10 = Tierra  
11 = 12 V  
12 = Tierra  
13 = 5 V

**PLACA DE SEÑAL DE SENSORES DE VELOCIDAD DE CADA RUEDA (VSS)**

**ENTRADA**

1 = Tierra  
2 = Sensor Y1  
3 = Sensor Y3  
4 = Sensor Y4  
5 = Sensor Y2

**SALIDAS**

6 = Sensor Y1  
7 = Sensor Y3  
8 = Sensor Y4  
9 = Sensor Y2  
10 = Tierra  
11 = 5V

**PLACA DEL MICROPROCESADOR 16F628A**

**ENTRADA**

1 = Sensor Y1 Salida Placa VSS  
2 = Sensor Y3 Salida Placa VSS  
3 = Sensor Y4 Salida Placa VSS  
4 = Sensor Y2 Salida Placa VSS

**SALIDA**

5 = TX Pin 2 de puerto serial  
6 = 5V  
7 = Tierra

**PLACA DE CONTROL DE DAC 0808**

**SALIDAS**

1 = A8 de la Placa Principal  
2 = A7 de la Placa Principal

3 = A6 de la Placa Principal  
4 = A5 de la Placa Principal

<b>5 =</b> A4 de la Placa Principal	<b>ENTRADAS</b>
<b>6 =</b> A3 de la Placa Principal	<b>10 =</b> 12 V
<b>7 =</b> A2 de la Placa Principal	<b>11 =</b> -12 V
<b>8 =</b> A1 de la Placa Principal	<b>12 =</b> -12 V
	<b>13 =</b> 10 V
<b>9 =</b> Salida de 10 V al Variador de Velocidad Pin 9	<b>14 =</b> Tierra
	<b>15 =</b> 5 V

### **PLACA PRINCIPAL MICROPROCESADOR 16F877A**

<b>1 =</b> Y4 Activación Freno	<b>15 =</b> A7 (DAC 0808)
<b>2 =</b> Y3 Activación Freno	<b>16 =</b> A8 (DAC 0808)
<b>3 =</b> Y2 Activación Freno	<b>17 =</b> Falla 4
<b>4 =</b> Y1 Activación Freno	<b>18 =</b> Falla 3
<b>5 =</b> Motor	<b>19 =</b> Falla 2
<b>6 =</b> Embrague	<b>20 =</b> Falla 1
<b>7 =</b> Anti horario	<b>21 =</b> RX Pin 3 Puerto Serial
<b>8 =</b> Horario	<b>22 =</b> Tierra
<b>9 =</b> A1 (DAC 0808)	<b>23 =</b> 5V
<b>10 =</b> A2 (DAC 0808)	<b>24 =</b> B7 Salida Señal Transfer
<b>11 =</b> A3 (DAC 0808)	<b>25 =</b> B6 Salida Señal Transfer
<b>12 =</b> A4 (DAC 0808)	<b>26 =</b> B5 Salida Señal Transfer
<b>13 =</b> A5 (DAC 0808)	<b>27 =</b> B4 Salida Señal Transfer
<b>14 =</b> A6 (DAC 0808)	

### **PLACA FUENTE**

<b>1 =</b> TIERRA
<b>2 =</b> 5V
<b>3 =</b> 10 V
<b>4 =</b> 12 V
<b>5 =</b> - 12 V

### **BORNERA**

#### **Entradas**

## **4.6.3 ANEXO D**

**CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR.**

A continuación se enumeran las características del simulador:

- Voltaje de alimentación 12v CD (batería) y 220v CA.
- Caja de transferencia automática marca Ford de 3 posiciones 4H, 4L y 2H.
- Variador de velocidad Sinamic G110 de 2HP y 220v.
- Motor Eléctrico WEG de 2HP y de 1750 RPM.
- Conexión a computadora para su control mediante cable serial USB y con interfaz del programa Labview de National Instrument.
- Convertidor Digital/Analógico DAC 0808.
- Micro controlador de 16 pines 16F628A.
- Micro controlador de 40 pines 16F877A.
- Dos diferenciales mecánicos con relación de cono corona de 9:41.
- 4 Solenoides de 12v para frenado de ruedas.
- Frenos de tambor en cada una de la ruedas.
- Regleta de Borneras para medir voltajes de operación y para la detección de las fallas programadas.
- Aplicación Diferencial para observar funcionamiento de los diferenciales.
- Aplicación Fallas para introducir fallas de funcionamiento.
- Aplicación de paso a cada relación ya sea 4H,4L y 2H así como también una aplicación que demuestra el funcionamiento automático del transfer dependiendo de las circunstancias de manejo.
- Detección automática del puerto al que esta conectado el cable USB.
- Interfaz fácil de usar y didáctica para un entendimiento mas fácil del usuario.
- Modulo de color blanco con Negro en parte lateral e inferior y con protección de platico en la parte superior transparente para una visualización optima del funcionamiento del transfer.

## **4.6.4 ANEXO E**

**PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.**



## **4.6.5 ANEXO F**

**MANTENIMIENTO DEL SISTEMA A4WD.**

- Procurar tener la batería en carga óptima para el uso del módulo A4WD
- Verificar periódicamente los niveles de aceite en los 3 componentes mecánicos como son: diferencial posterior, diferencial delantero y caja de transferencia.
- Regular periódicamente con la ayuda de un calibrador de láminas el espacio entre los sensores de las ruedas y sus respectivos discos, para lograr una lectura de señal adecuada. (Espacio recomendado 0.8mm a 1.5mm)
- Realizar ajustes de todas las uniones mecánicas en las que intervengan pernos y tuercas, con herramienta adecuada.
- Realizar ajustes periódicamente de todos los tornillos que sujetan las paredes del módulo, en este caso las planchas de madera y las de acrílico, que por vibraciones en el uso del módulo tienden aflojarse.
- Limpiar la estructura para evitar la corrosión y deterioro de la pintura, para lo cual nos valemos de paños y escobillas.
- Procurar mantener los componentes electrónicos que forman las placas de control, libre de impurezas y polvo, para lo cual nos valemos de una escobilla para su limpieza.

## **4.6.6 ANEXO G**

**PRECAUCIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD.**

Debido a que el módulo A4WD maneja tensiones de operación para su funcionamiento y tiene componentes mecánicos en movimiento es necesario detallar unas recomendaciones de seguridad para la protección de las personas que operan el módulo:

- Operar el simulador tomando en cuenta todas las instrucciones de su funcionamiento detalladas en la sección Manual de Usuario.
- Manejar únicamente las tensiones de operación especificadas en la sección de procedimientos de utilización del simulador y la sección de tensiones de operación.
- Si las paredes de acrílico y madera no se encuentran sujetas adecuadamente a la estructura abstenerse de su utilización, hasta realizar los ajustes pertinentes.
- En funcionamiento procurar no colocarse junto a las ruedas ya que por su movimiento pueden generar algún percance.

## **4.6.7 ANEXO H**

**GUÍA DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE LA CAJA DE  
TRANSFERENCIA**

En la figura 1 se ve la Caja de Transferencia electrónica en desmontaje:

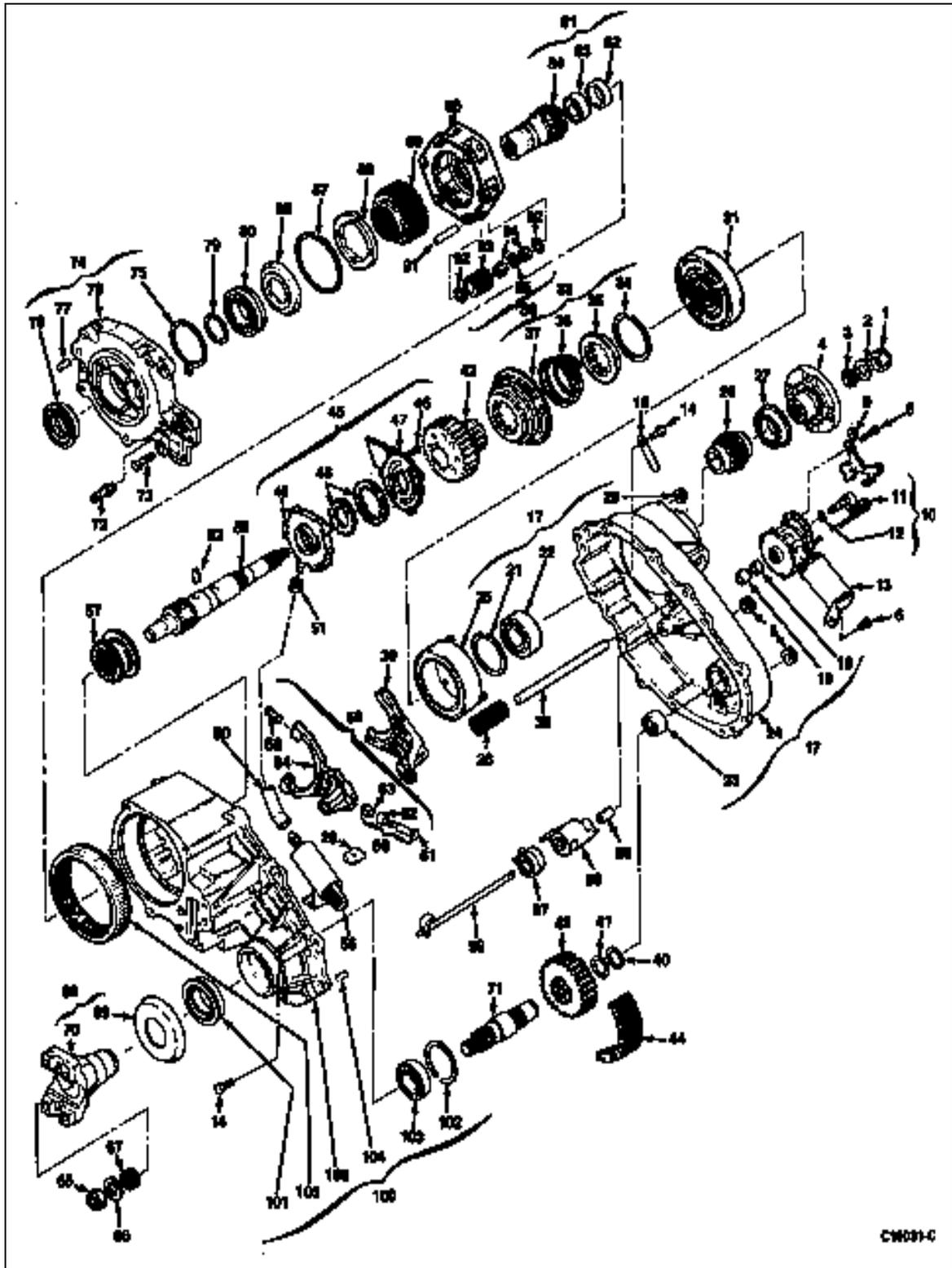


Ilustración 1 Vista caja de transferencia desmontaje

ítem	Número de repuesto	Descripción
------	--------------------	-------------

1	7045	Tuerca, métrica (1)
2		Arandela (1)
3		Sello, aceite (1)
4		Brida, compañera (1)
5		Tapón, tubo (1/2 – 14) (No en servicio como se indica n el índice 17) (2)
6		Perno, cabeza hexagonal (1)
7		Perno, cabeza hexagonal (3)
8		Abrazadera, sensor de velocidad y cableado arnés (1)
9		Sensor, asimétrico (1)
10		Sensor, velocidad (1)
11		Anillo en O (1)
12		Motor asimétrico (1)
13		Perno cabeza hexagonal (M10 x 1.5 x 30.0) (9)
14		Letrero, identificación (1)
15		Cubierta asimétrica, caja de cambios (1)
16		Sello, aceite (1)
17		Cojinete, lubricador (1)
18		Tuerca, hexagonal (3)
19		Anillo, cierre (1)
20		Cojinete anular (1)
21		Cojinete de aguja (1)
22		Tapa de la caja de cambios (1)
23		Bobina del embrague (1)
24		Piñón de la velocidad (1)
25		Sello de aceite (1)
26		Resorte de retorno (1)
27		Imán (1)
28		Alojamiento del embrague (1)
29		Enganche de 2W – 4W (1)
30		Anillo de cierre (1)
31		Cubo de enganche (1)
32		Resorte de retorno (1)
33		Collar de enganche (1)
34		Eje riel (1)
35		Horquilla de enganche (1)
36		Anillo de enganche (1)
37		Espaciador (1)
38		Diente del engranaje (24 T) (1)
39		Diente de engranaje (24 T) (1)
40		Cadena de distribución (1)
41		Bomba (1)
42		Tornillo T20 (M5) (4)
43		Tapa de la bomba (1)
44		Juego de piñones de la bomba (1)
45		Alojamiento de la bomba (1)
46		Manguera de acoplamiento (1)
47		Abrazadera de la manguera (1)
48		Eje del ensamblaje posterior de salida y resorte del eje (1)
49		Eje del resorte (1)
50		Eje posterior (1)
51		Filtro de aceite (1)
52		Cubo de reducción (1)
53		Horquilla del engranaje frontal (2)
54		Horquilla del engranaje de reducción (1)

55		Eje del rodillo y retenedor (1)
56		Eje (1)
57		Retenedor (1)
58		Horquilla del eje de reducción (1)
59		Tuerca milimétrica (1)
60		Arandela (1)
61		Sello de aceite (1)
62		Brida (1)
63		Eje frontal de salida (1)
64		Ventilación (1)
65		Perno cabeza hexagonal (M10 x 1.5 x30.0) (6)
66		Adaptador frontal (1)
67		Anillo de enganche (1)
68		Sello de aceite (19)
69		Espiral del eje (1)
70		Adaptador frontal (1)
71		Anillo de retención (1)
72		Cojinete anular (1)
73		Eje de salida (1)
74		Cojinete de mango (1)
75		Cojinete aguja (1)
76		Eje de entrada (1)
77		Arandela de presión (1)
78		Soporte (completo) (1)
79		Anillo de retención (1)
80		Plato de presión (1)
81		Piñón fijo (1)
82		Soporte giratorio (1)
83		Eje del piñón giratorio (6)
84		Arandela de presión del piñón (12)
85		Piñón de engranaje (6)
86		Cojinete, agujas del piñón (168)
87		Espaciador de la agujas del piñón (6)
88		Leva, engranaje eléctrico (1)
89		Resorte de torsión (1)
90		Espaciador (1)
91		Eje del engranaje (1)
92		Carcasa de la caja de cambios (1)
93		Sello de aceite (1)
94		Anillo de enganche (1)
95		Cojinete anular (1)
97		Eje pasador (1)
98		Resorte del piñón (1)
99		Caja de cambios (1)

A continuación siga los siguientes pasos:

## DESMONTAJE

- (1) Retire la caja de transferencia del Módulo y colóquela en una mesa o banco de pruebas.
- (1) Drene el aceite de la caja en algún recipiente limpio. A través del DRAIN PUG como se ve en la ilustración 2.
- (2) Usando la llave adecuada retire la tuerca posterior, luego la arandela. (Ilustración 2)
- (3) Retirar los Pernos del sensor de Velocidad, abrazadera del conector.
- (4) Retirar el sensor de velocidad si se requiere.

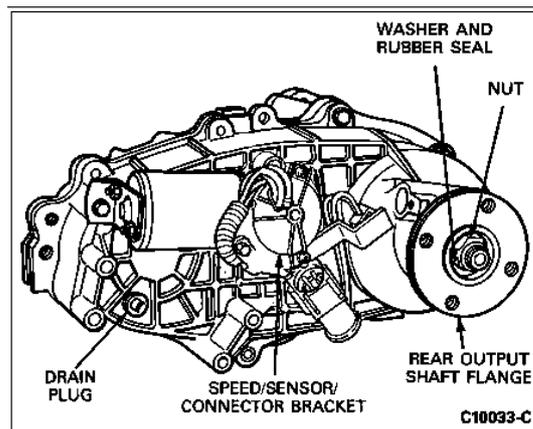


Ilustración 2 Vista posterior del transfer

- (5) Retirar el resto de los pernos del motor a la parte posterior de la cubierta y retirar el motor. Note la posición del eje triangular que se extiende desde la parte posterior de la cubierta y la ranura triangular en el motor. (ilustración 3)
- (6) Retirar todas las huellas de sellante del empaque de las superficies de la parte posterior de la cubierta y la parte frontal de ensamblaje del motor. (ilustración 3)

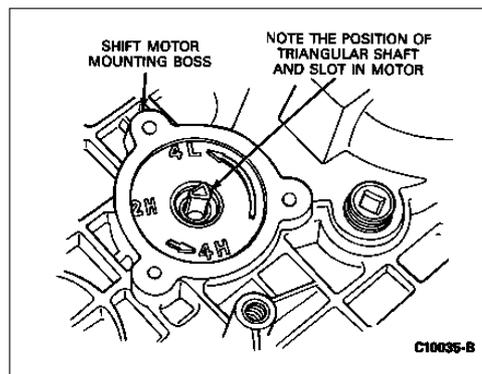


Ilustración 3 Posición triangular de cambios

### PRECAUCIÓN

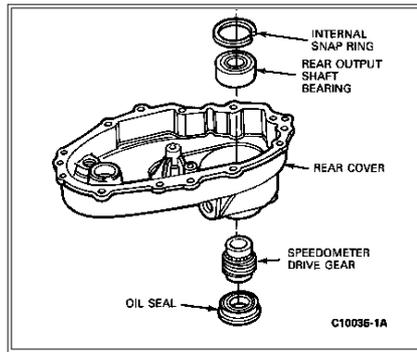
El motor es chequeado como un ensamblaje completo. No retire los tornillos que aseguran la parte posterior de la cubierta con el compartimiento del engranaje del motor

- (7) Retirar los 9 pernos que retienen la carcasa delantera a la cubierta posterior. Inserte una barra de  $\frac{1}{2}$  pulgada entre la palanca de los núcleos y separe la carcasa frontal de la tapa posterior. Retire todas las huellas del sellante del empaque de las superficies frontales de la caja y de la tapa posterior.

### PRECAUCIÓN

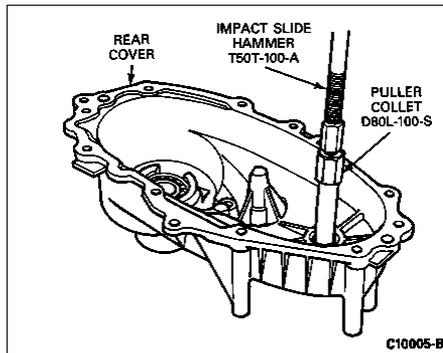
Al quitar el sellante, sea cuidadoso para no dañar las superficies de aluminio de la carcasa.

- (8) Si la palanca del velocímetro es reemplazada, primero retire el eje posterior de salida el sello de aceite al presionar y jalar la parte curvada del sello de aceite. Retire y descarte el sello de aceite. Retire el piñón de del velocímetro.
- (9) Si se requiere reemplazar el eje del cojinete de salida, retire el anillo de presión que retiene el cojinete en su sitio. Desde la parte exterior de la carcasa saque el cojinete usando el plato D80L-630-A o su equivalente. (Ilustración 4)



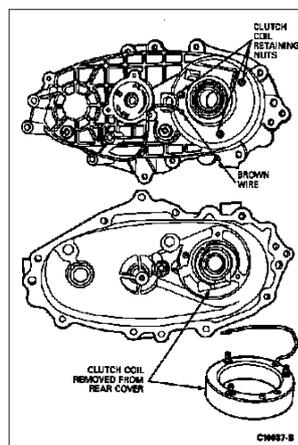
**Ilustración 4** Desmontaje sellos, cojinetes

- (10) Si es necesario, retire la caja del eje del cojinete de aguja de la cubierta posterior con la llave adecuada y un martillo de impacto deslizante



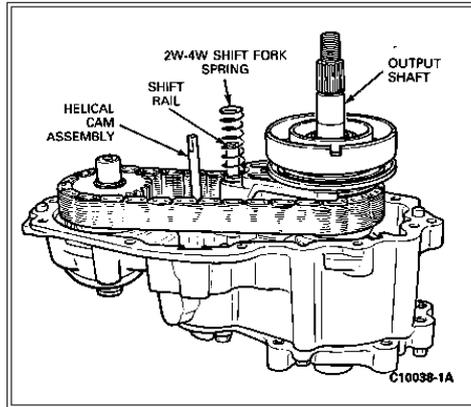
**Ilustración 5** Desmontaje caja, eje del cojinete

- (11) Retire las tres tuercas que retienen el ensamblaje del embrague a la tapa posterior. Jale el ensamblaje, a lo largo con los anillo O y el alambre café, de la tapa. (Ilustración 6)



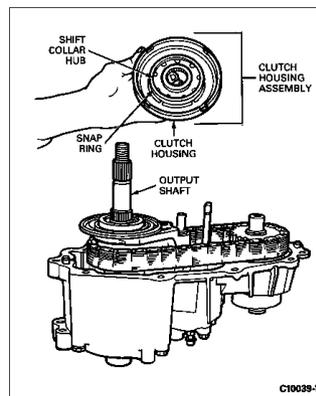
**Ilustración 6** Desmontaje embrague

- (12) Retire la horquilla y el resorte 2W-4W del núcleo en la horquilla.  
(Ilustración 7)



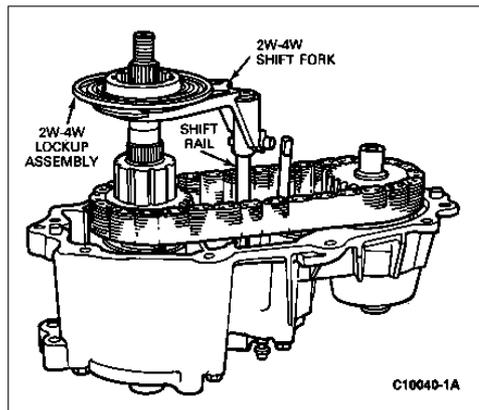
**Ilustración 7 Desmontaje horquilla y resorte**

- (13) Retire el ensamblaje de alojamiento del embrague del eje de salida.  
(Ilustración 8)



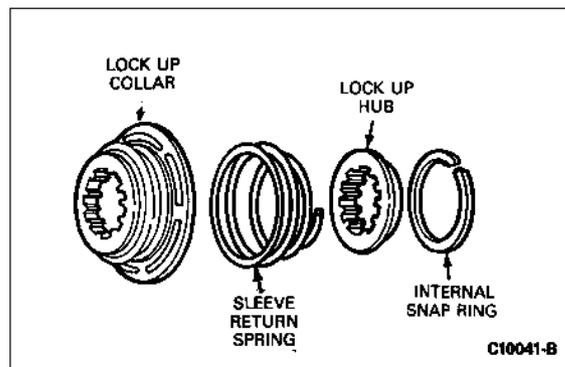
**Ilustración 8 Desmontaje alojamiento embrague**

- (14) Retire el ensamblaje 2W-4W y la horquilla 2W-4W como un solo ensamblaje. Retire la horquilla del ensamblaje. (Ilustración 9)
- (15) Saque el riel del engranaje. (Ilustración 9)



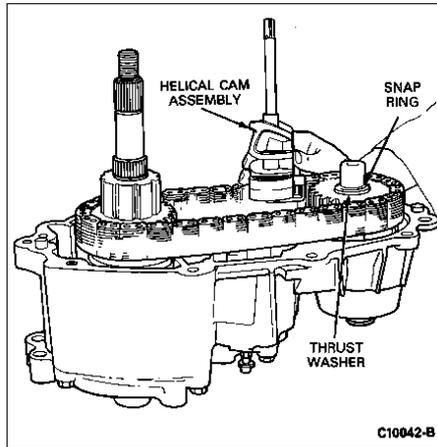
**Ilustración 9** Desmontaje riel del engranaje

- (16) Si se requiere desmontar el ensamblaje 2W-4W, retire el anillo de presión interno y hale el cubo y la manga con el anillo de retorno del collar de seguro. (Ilustración 10)



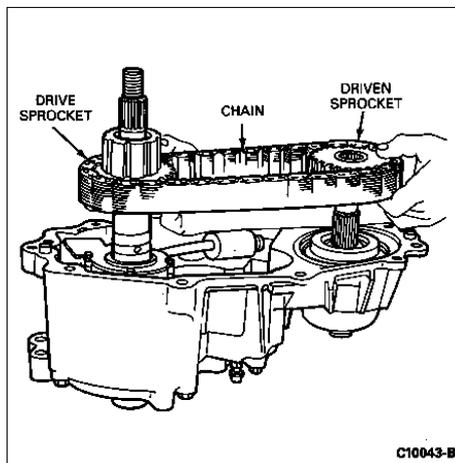
**Ilustración 10** Ensamblaje 2W-4W

- (17) Retire el ensamblaje de levas helicoidales de la parte frontal de la caja. Si se requiere, retire la leva helicoidal, el resorte de torsión y la manga desde el eje.
- (18) Retire el anillo de presión externo y empuje la arandela que retiene el piñón del eje de salida frontal. (Ilustración 11)



**Ilustración 11 Desmontaje levas helicoidales**

- (19) Retire la cadena, el piñón, el otro piñón como un solo conjunto. (Ilustración 12)



**Ilustración 12 Desmontaje cadena**

- (20) Primero, retire el imán de la ranura en la parte frontal de la base de la caja. Segundo, retire el eje de salida y la bomba de aceite como un solo ensamblaje. (Ilustración 13)

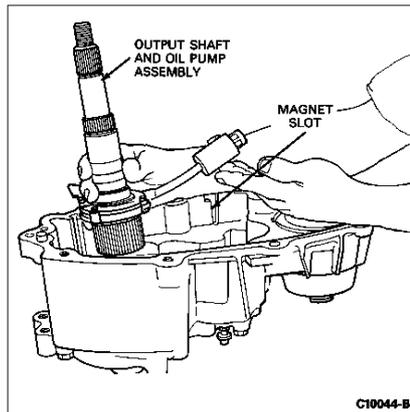


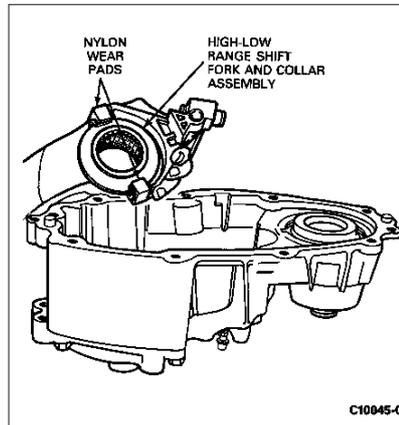
Ilustración 13 Desmontaje eje de salida

- (21) Si es necesario, gire el ensamblaje de la bomba para alinear la guía de la cubierta al eje posterior de salida y hale el ensamblaje de la bomba recto hacia fuera.

### PRECAUCIÓN

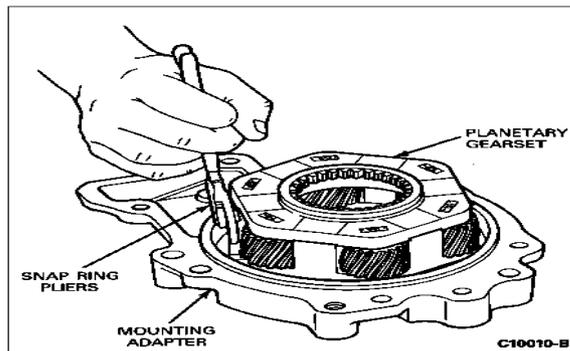
Si hay resistencia para retirar, no use la fuerza para desmontar la bomba; inicie de nuevo.

- (22) Si es necesario reemplazar el pin de la bomba de aceite, realice lo siguiente:
- Mida y grabe la altura del pin (sosteniéndolo desde afuera) el diámetro del eje de salida. Esta información será necesaria durante la instalación.
  - Retire el pin del eje de salida.
- (23) Retire el eje frontal de salida.
- (24) Retire la horquilla de rango alto-bajo y el collar como un solo ensamblaje. (Ilustración 14)



**Ilustración 14 Desmontaje horquilla**

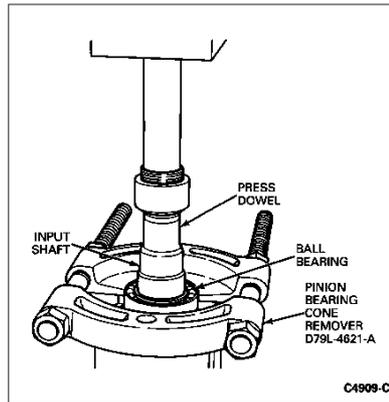
- (25) Gire la caja frontal de nuevo y retire los 6 pernos que sostienen el adaptador a la caja frontal. Retire el adaptador del montaje, el eje de entrada y los piñones giratorios como un solo ensamblaje.
- (26) Expanda las lengüetas del resorte de presión grande en el adaptador del montaje. Con el eje de entrada contra un banco empuje el adaptador hacia abajo y deslice el adaptador fuera del cojinete de bola. Levante el eje de entrada y los piñones giratorios del adaptador. (Ilustración 15)



**Ilustración 15 Desmontaje conjunto engranes planetarios**

- (27) Si es necesario, retire el sello de aceite del adaptador de montaje halando la lengüeta curvada del sello de aceite.
- (28) Retire el anillo interno de presión del soporte giratorio y separe los piñones giratorios del eje de entrada en el ensamblaje.

- (29) Retire el resorte de presión del eje de entrada. Ponga el eje del ensamblaje en una entenalla y retire el cojinete de bola con el removedor de piñones o su equivalente. Retire la arandela de presión, empuje el plato y los piñones fijos fuera del eje.



**Ilustración 16 Desmontaje piñones**

- (30) Inspeccione el casquillo y la aguja del cojinete en el extremo del eje ya sea por desgaste o por daños.

NOTA.

Bajo el uso normal, la aguja del cojinete y el casquillo no deberían ser reemplazados. Si el reemplazo es necesario, el casquillo y el cojinete de aguja deben ser reemplazados en conjunto.

- (31) Si el reemplazo del cojinete de aguja y el casquillo es necesario, presione el cojinete y el casquillo hacia fuera de la siguiente manera. (Ilustración 17)
- a. Ubique el eje en el plato de apoyo o su equivalente y use el reemplazador de cojinete de piñón cónico como un espaciador.
  - b. Inserte el removedor de cojinetes en el eje de entrada, de esta manera está apoyándose en la parte superior de la caja del cojinete.

## **4.6.8 ANEXO I**

**4.6.9 ARTÍCULO – REVISTA ESPEL**

**ÍNDICE:**

<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iii</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>viii</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>INTRODUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA 4WD Y SUS VARIANTES TECNOLÓGICAS EN LA ACTUALIDAD CON CONTROL ELECTRÓNICO DE TRACCIÓN TOTAL AUTOMÁTICA. ....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>1.1 Introducción a los sistemas tracción total: .....</b>	<b>- 10 -</b>
1.1.1 Fundamentos Físicos: .....	- 11 -
<b>1.2 Tipos de Sistemas de Propulsión Total. ....</b>	<b>- 12 -</b>
1.2.1 Transmisión permanente a un eje con conexión manual a otro.....	- 12 -
1.2.2 Transmisión 4x4 permanente.....	- 12 -
<b>1.3 Componentes .....</b>	<b>- 13 -</b>
1.3.1 Árboles de Transmisión.....	- 13 -
1.3.2 Árbol de Impulsión .....	- 14 -
1.3.3 Juntas Universales.....	- 15 -
1.3.4 El Diferencial.....	- 15 -
<b>1.4 Caja De Transferencia - Cambios Manuales.....</b>	<b>- 18 -</b>
1.4.1 Introducción Y Descripción:.....	- 18 -
1.4.2 Caja de transferencia .....	- 19 -
1.4.3 Operación Mecánica.....	- 20 -
<b>1.5 Caja De Transferencia – Cambios Automáticos .....</b>	<b>- 24 -</b>
1.5.1 Introducción.....	- 24 -
1.5.2 Operación En Las Cuatro Ruedas. ....	- 25 -
1.5.3 Operación De La Caja Electrónica.....	- 30 -
1.5.4 Sistema De Control Electrónico De La Caja .....	- 31 -
1.5.5 Sistema De Control Del Conmutador.....	- 31 -
1.5.6 Engranaje Del Motor Eléctrico .....	- 33 -

1.5.7	Modulo Electrónico De Control.....	- 33 -
1.5.8	Interruptor De Arranque Neutral .....	- 33 -
1.5.9	Sensor De Velocidad.....	- 34 -
1.5.10	ARNÉS De La Caja De Cambios .....	- 34 -
<b>1.6</b>	<b>Caja De Transferencia – Tracción 4 Ruedas Automático .....</b>	<b>- 34 -</b>
1.6.1	Funciones Del Sistema .....	- 36 -
<b>CAPITULO II.....</b>		<b>- 39 -</b>
<b>ELEMENTOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....</b>		<b>- 39 -</b>
<b>2.1</b>	<b>Sensores en el automóvil .....</b>	<b>- 39 -</b>
2.1.1	Introducción: .....	- 39 -
2.1.2	Definición: .....	- 39 -
2.1.3	Clasificación: .....	- 41 -
2.1.4	Particularidades de los sensores del automóvil.....	- 42 -
2.1.5	Sensores de velocidad de rotación .....	- 45 -
<b>2.2</b>	<b>Microcontroladores .....</b>	<b>- 49 -</b>
2.2.1	Entradas de un sistema con microprocesador.....	- 50 -
2.2.2	Salidas de un sistema con microprocesador. ....	- 52 -
2.2.3	El microcontrolador .....	- 52 -
<b>2.3</b>	<b>Aplicación de los microcontroladores en el automóvil.....</b>	<b>- 53 -</b>
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>- 55 -</b>
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA 4WD CON ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA.....</b>		<b>- 55 -</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo general .....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>3.3</b>	<b>Metas del proyecto .....</b>	<b>- 56 -</b>
<b>3.4</b>	<b>Planteamiento del problema. ....</b>	<b>- 56 -</b>
<b>3.5</b>	<b>Diseño mecánico .....</b>	<b>- 57 -</b>
3.5.1	Selección del transfer automático .....	- 57 -
3.5.2	Determinación del sistema de frenos .....	- 57 -
3.5.3	Selección de diferenciales y ejes.....	- 58 -
3.5.4	Selección de poleas y bandas.....	- 59 -
3.5.5	Diseño del panel de mando.....	- 59 -

3.5.6	Diseño de la estructura .....	- 63 -
3.5.7	Dimensionamiento .....	- 63 -
<b>3.6</b>	<b>Diseño electrónico.....</b>	<b>- 65 -</b>
3.6.1	Selección del motor eléctrico.....	- 65 -
3.6.2	Selección de sensores.....	- 66 -
3.6.3	Parámetros y señales a considerar en el diseño del modulo de control electrónico.....	- 67 -
3.6.4	Selección del micro procesador .....	- 68 -
3.6.5	Diseño del diagrama electrónico.....	- 73 -
<b>3.7</b>	<b>Análisis de factibilidad económica.....</b>	<b>- 73 -</b>
 <b>CAPITULO IV .....</b>		<b>- 75 -</b>
<b>CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS, FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....</b>		<b>- 75 -</b>
<b>4.1</b>	<b>Montaje y acoplamiento mecánico.....</b>	<b>- 75 -</b>
<b>4.2</b>	<b>Construcción del módulo electrónico.....</b>	<b>- 76 -</b>
4.2.1	Fuente de poder.....	- 77 -
4.2.2	Placas de potencia .....	- 77 -
4.2.3	Placas de control .....	- 80 -
<b>4.3</b>	<b>Pruebas en sensores.....</b>	<b>- 84 -</b>
4.3.1	Prueba a los sensores de la caja de transferencia.....	- 85 -
4.3.2	Prueba en los sensores de las ruedas .....	- 91 -
<b>4.4</b>	<b>Tensiones de operación. ....</b>	<b>- 94 -</b>
<b>4.5</b>	<b>Análisis de resultados. ....</b>	<b>- 95 -</b>
 <b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>- 97 -</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>- 98 -</b>
<b>Referencias BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>- 99 -</b>
 <b>ANEXO A.....</b>		<b>- 100 -</b>
<b>MANUAL DE USUARIO .....</b>		<b>- 100 -</b>
<b>ANEXO B.....</b>		<b>- 115 -</b>
<b>DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL MÓDULO DE CONTROL.....</b>		<b>- 115 -</b>
<b>ANEXO C.....</b>		<b>- 116 -</b>
<b>CONEXIONES DE COMPONENTES DEL MÓDULO DE CONTROL .....</b>		<b>- 116 -</b>
<b>ANEXO D.....</b>		<b>- 121 -</b>

<b>CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR.....</b>	<b>- 121 -</b>
<b>ANEXO E.....</b>	<b>- 123 -</b>
<b>PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.....</b>	<b>- 123 -</b>
<b>ANEXO F.....</b>	<b>- 125 -</b>
<b>MANTENIMIENTO DEL SISTEMA A4WD.....</b>	<b>- 125 -</b>
<b>ANEXO G.....</b>	<b>- 127 -</b>
<b>PRECAUCIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD.....</b>	<b>- 127 -</b>
<b>ANEXO H.....</b>	<b>- 129 -</b>
<b>GUÍA DE MONTAJE Y DESMONTAJE CAJA DE TRANSFERENCIA .....</b>	<b>- 129 -</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>- 129 -</b>
<b>ARTÍCULO –REVISTA ESPEL.....</b>	<b>- 129 -</b>

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS**

Figura 1.1 Tracción 4x4 manual. ....	10 -
Figura 1.2 Fuerzas involucradas. ....	11 -
Figura 1.3 Tracción de conexión manual. ....	12 -
Figura 1.4 AUDI tracción total permanente ....	13 -
Figura 1.5 Árbol de transmisión. ....	14 -
Figura 1.6 Árbol de impulsión. ....	14 -
Figura 1.7 Junta universal. ....	15 -
Figura 1.8 Junta universal desarmada. ....	15 -
Figura 1.9 Diferencial en corte. ....	16 -
Figura 1.10 Piñón corona diferencial. ....	16 -
Figura 1.11 Soporte del diferencial ....	17 -
Figura 1.12 El diferencial. ....	18 -
Figura 1.13 Transmisión 4x4 ....	19 -
Figura 1.14 Caja de transferencia Ford. ....	20 -
Figura 1.15 Esquema 2WD. ....	20 -
Figura 1.16 Esquema de cambios. ....	21 -
Figura 1.17 Esquema posición neutral. ....	21 -
Figura 1.18 Disposición de engranajes. ....	22 -
Figura 1.19 Esquema en posición 2H. ....	23 -
Figura 1.20 Esquema en posición 4H. ....	23 -
Figura 1.21 Esquema en posición 4L. ....	24 -
Figura 1.22 Caja de transferencia electrónica. ....	25 -
Figura 1.23 Puntos de posible derrape. ....	27 -
Figura 1.24 Esquema diferencia en neumáticos. ....	28 -
Figura 1.25 Esquema de cambios en la caja de transferencia. ....	31 -
Figura 1.26 Panel de instrumentos. ....	32 -
Figura 1.27 Componentes del transfer vista frontal y posterior. ....	33 -
Figura 1.28 Arnés caja de transferencia. ....	34 -
Figura 1.29 Caja de transferencia FORD EXPLORER ....	35 -
Figura 2.1 Función del sensor. ....	39 -
Figura 2.2 Esquema sensores de un vehículo. ....	40 -
Figura 2.3 Procesamiento de señales unidad de control. ....	42 -
Figura 2.4 Factores de diseño sensores. ....	42 -
Figura 2.5 Evolución en los sensores. ....	44 -
Figura 2.6 Esquema de módulo de corrección de un sensor. ....	45 -
Figura 2.7 Sensor de revoluciones cigüeñal ....	46 -
Figura 2.8 Señal del sensor ....	47 -
Figura 2.9 Sensor de ruedas. ....	49 -
Figura 2.10 Estructura de un microcontrolador. ....	50 -
Figura 2.11 Estructura microcontrolador completo. ....	53 -
Figura 2.12 Aplicación microcontroladores en el automóvil. ....	54 -
Figura 3.1 Caja de transferencia del proyecto. ....	57 -
Figura 3.2 Sistema de frenos. ....	58 -
Figura 3.3 Fotografía diferenciales y ejes. ....	58 -
Figura 3.4 Poleas y bandas. ....	59 -
Figura 3.5 Inicio del programa. ....	60 -
Figura 3.6 Menú principal del programa. ....	61 -
Figura 3.7 Simulación A4WD ....	61 -

Figura 3.8 Simulación de fallas.....	- 62 -
Figura 3.9 Función del diferencial. ....	- 62 -
Figura 3.10 Estructura del módulo.....	- 63 -
Figura 3.11 Dimensionamiento VL.....	- 64 -
Figura 3.12 Dimensionamiento VF.....	- 64 -
Figura 3.13 Vista 3D de la estructura.....	- 65 -
Figura 3.14 Motor Eléctrico.....	- 66 -
Figura 3.15 Sensores de velocidad de las ruedas .....	- 67 -
Figura 3.16 Diagrama electrónico del módulo .....	- 73 -
Figura 4.1 Esquema componentes mecánicos. ....	- 76 -
Figura 4.2 Placa fuente de poder.....	- 77 -
Figura 4.3 Diagrama eléctrico fuente de poder.....	- 77 -
Figura 4.4 Placa de potencia transfer y frenos.....	- 78 -
Figura 4.5 Diagrama eléctrico placa de potencia transfer y frenos.....	- 78 -
Figura 4.6 Placa de potencia de fallas .....	- 79 -
Figura 4.7 Diagrama eléctrico placa de potencia de fallas .....	- 79 -
Figura 4.8 Placa de sensores de posición del transfer .....	- 80 -
Figura 4.9 Diagrama eléctrico de placa sensores de posición del transfer .....	- 80 -
Figura 4.10 Placa de sensores de las ruedas .....	- 81 -
Figura 4.11 Placa del microprocesador 16F628A.....	- 81 -
Figura 4.12 Diagrama eléctrico de placa microprocesador 16F628A.....	- 82 -
Figura 4.13 Placa de control DAC 0808 .....	- 83 -
Figura 4.14 Diagrama eléctrico placa de control DAC 0808 .....	- 83 -
Figura 4.15 Placa microprocesador 16F877A .....	- 84 -
Figura 4.16 Diagrama eléctrico placa microprocesador 16F877A .....	- 84 -
Figura 4.17 Placa sensores del transfer .....	- 85 -
Figura 4.18 Pruebas en la alimentación.....	- 86 -
Figura 4.19 Motor del transfer .....	- 86 -
Figura 4.20 Conexiones de cables.....	- 86 -
Figura 4.21 Posiciones de cambio.....	- 87 -
Figura 4.22 Posición 2H .....	- 88 -
Figura 4.23 Posición 4H .....	- 88 -
Figura 4.24 Posición 4L.....	- 89 -
Figura 4.25 Pruebas en sensores del transfer.....	- 90 -
Figura 4.26 Posición de las ruedas .....	- 91 -
Figura 4.27 Placa sensores de ruedas.....	- 91 -
Figura 4.28 Prueba alimentación .....	- 92 -
Figura 4.29 Prueba sensores de ruedas.....	- 93 -
Figura 4.30 Pruebas en Sensores de Ruedas.....	- 94 -
Figura 4.31 Prueba Tensiones de Operación .....	- 95 -
Tabla III-1 CARACTERÍSTICAS 16F877 .....	- 68 -
Tabla III-2 DESCRIPCIÓN PINES 16F877 .....	- 71 -
Tabla III-3 COSTOS .....	- 74 -
Tabla IV-1 POSICIONES SENSORES TRANSFER.....	- 87 -
Tabla IV-2 MEDICIÓN V SALIDA EN 2H.....	- 90 -
Tabla IV-3 MEDICIÓN V SALIDA EN 4H.....	- 90 -
Tabla IV-4 MEDICIÓN V SALIDA EN 4L .....	- 90 -

Tabla IV-5 MEDICIÓN V ENTRADA, 4 SENSORES EN CAMPO.....	- 93 -
Tabla IV-6 MEDICIÓN V SALIDA, 4 SENSORES EN CAMPO.....	- 94 -