



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN-LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DIFERENCIAL

PAREDES ACOSTA KLEVER MARIANO

ANGAMARCA LIMAICO CARLOS JAVIER

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

LATACUNGA - ECUADOR

Año 2011

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros:

KLEVER MARIANO PAREDES ACOSTA Y CARLOS JAVIER ANGAMARCA LIMAICO, declaramos que:

El proyecto de grado denominado “BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DIFERENCIAL” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, 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, Marzo del 2011.

Klever Paredes A.
CC. 1803403204

Carlos Angamarca L.
CC. 1002699286

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros:

KLEVER MARIANO PAREDES ACOSTA.

CARLOS JAVIER ANGAMARCA LIMAICO.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DIFERENCIAL”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Marzo del 2011.

Klever Paredes A.

CC. 1803403204

Carlos Angamarca L.

CC. 1002699286

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo ha sido desarrollado por los señores KLEVER MARIANO PAREDES ACOSTA – CARLOS JAVIER ANGAMARCA LIMAICO, bajo nuestra dirección y supervisión, y cumpliendo con los reglamentos establecidos.

ING. JUAN CASTRO

DIRECTOR

ING. GUIDO TORRES

CODIRECTOR

DEDICATORIA

Como un homenaje eterno a mi adorada esposa Soledad Sandoval por su abnegación, amor y sacrificio, a mis padres Víctor y Martha a mis hermanos que son mi fortaleza quienes a través del tiempo supieron brindarme todo el aliento moral para la culminación de mis estudios, que se ven reflejados en el presente trabajo; ya que sin su constante apoyo no hubiera alcanzado mi anhelado título.

Klever Mariano Paredes Acosta

En reconocimiento a todo el apoyo brindado a través de mis estudios y con la promesa de seguir siempre adelante, dedico todo mi esfuerzo que está plasmado en este proyecto: a mis padres Eduardo y Elena, que me enseñaron el valor y la fortaleza en un solo abrazo, a Dylan mi hijo que es mi aliento de superación, a mi gran amor Gabriela que es uno de los pilares importantes en mi vida, mi esposa, mis hermanos porque cada uno de ustedes son la palabra de aliento o alegría que he necesitado, a Klever amigo y compañero por su entusiasmo y empeño para lograr nuestro objetivo, gracias.

El apoyo y motivación fueron y serán los pilares fundamentales para cumplir logros como el que ofrezco en este documento.

Carlos Javier Angamarca Limaico

AGRADECIMIENTO

A Dios quien fue mi sustento espiritual para seguir adelante. El más sincero agradecimiento al Ejército Ecuatoriano y en particular a la Escuela Politécnica Del Ejército y la Facultad de Energía y Mecánica por brindarme la oportunidad de especializarme en una carrera técnica en el área de Mecánica Automotriz e incorporarme como Tecnólogo de la República y de esta manera contribuir en forma eficiente para el progreso y desarrollo tecnológico de sus instituciones.

A los Srs. Ing. Juan Castro, Ing. Guido Torres por su valioso aporte en la dirección de esta tesis.

K. M. P. A.

A mis padres: Eduardo y Elena, por su apoyo, amor, y comprensión, a mis hermanos, quienes me apoyaron y siempre confiaron en mí en todo momento para llegar a cumplir mis objetivos. Y en especial agradecer en primer lugar al Dios todo poderoso que nos ha conservado con vida, con salud, que nos dio inteligencia, y nos ha guiado y cuidado hasta hoy.

A mi hijo Dylan, esa personita que me hace sentir el hombre más orgullo del mundo y que hace grande a mi corazón, a mi esposa Gabriela por su comprensión y tolerancia, a la Institución Militar por la oportunidad que me ha brindado en la superación científica, a la Escuela Politécnica del Ejército por brindarnos su luz de su conocimiento, que pronto darán sus máximos exquisitos frutos.

A mis profesores Ing. Juan Castro, e Ing. Guido Torres por su valiosa orientación en la realización de este proyecto.

C. J. A. L.

CONTENIDO

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
Declaración de responsabilidad	ii
Autorización	iii
Certificación	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Contenido	vii
Resumen	ix
Presentación	xi

I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Tipos de diferencial	2
1.2 El diferencial	21
1.3 Constitución del mecanismo diferencial	21
1.4 Funcionamiento de los mecanismos	23
1.5 Funcionamiento de operación	24
1.6 Bloqueo del diferencial	26
1.7 Trabajos en el mecanismo diferencial	33
1.8 Lubricación en el mecanismo diferencial	41
1.9 Cálculos del mecanismo diferencial	51

II.- CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL DIFERENCIAL

2.1 Parámetros de la construcción	55
2.2 Selección de materiales y perfiles	55
2.3 Determinación de pesos y cargas	56

2.4 Medidas del banco didáctico	56
2.5 Diseño del banco	59
<u>III.- MOTOR ELÉCTRICO</u>	
3.1 Selección del motor eléctrico	60
3.2 Conexión del circuito eléctrico	63
3.3 Sistema de potencia de transmisión	64
<u>IV.- CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL PROYECTO</u>	
4.1 Ensamble del sistema diferencial	66
4.2 Ensamblaje del banco didáctico	73
<u>V.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO</u>	
5.1 Funcionamiento del sistema de transmisión en línea recta	75
5.2 Funcionamiento del sistema de transmisión en curva	77
5.3 Funcionamiento del sistema de lubricación	79
5.4 Períodos de limpieza y mantenimiento	82
5.5 Precauciones y normas de seguridad	85
<u>VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	
6.1 Conclusiones	89
6.2 Recomendaciones	91
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	93
<u>ANEXOS</u>	94

RESUMEN

A lo largo del presente trabajo de investigación que trata sobre el desarrollo de funcionamiento relacionados con el tema.

“BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DIFERENCIAL”

El presente texto consta con información que ayudará para las prácticas relacionadas con la simulación didáctica de funcionamiento que abarca este proyecto.

La información presentada más las prácticas ayudaran a los estudiantes a tener una mejor comprensión del sistema del diferencial, para que así se tenga resultados satisfactorios al momento de recibir las respectivas clases en lo que a mecánica de patio se refiere.

ABSTRACT

Throughout the present research work dealing with the performance development related to the subject.

"BANK DIFFERENTIAL EDUCATIONAL SYSTEM"

This text contains information that will help for practices related to teaching simulation operation covered by this project.

The information presented practices to help students gain a better understanding of the differential system, so that is a successful outcome at the time of the respective classes as a backyard mechanics are concerned.

PRESENTACIÓN

Para nuestro propósito de equipar el laboratorio de mecánica de patio con equipos didácticos que permitan una enseñanza clara y de manera práctica sea optado por realizar una maqueta didáctica que permita la visualización de las partes internas y el funcionamiento del diferencial, ya sea en funcionamiento o en estado estático lo cual se lo realiza con la ayuda de partes transparente en la carcasa que no interrumpen la visibilidad de los diferentes elementos que la integran.

Previa a una investigación hemos palpado la necesidad de implementar dicho trabajo para el beneficio de los estudiantes a fin de que aprovechen al máximo del contenido teórico-práctico que enmarca el presente trabajo como un preámbulo de conocimientos generales en lo que a mecánica y en especial al sistema del diferencial se refiere.

Además previa la observación se comprobó la necesidad no solo del laboratorio de mecánica de patio la implementación de este trabajo sino de la carrera en Mecánica Automotriz de contar con este equipo de enseñanza-aprendizaje que será de vital ayuda para jóvenes e individuos de toda edad y sexo que deseen alcanzar las metas propuestas en esta especialidad.

CAPÍTULO I

1.1 EL DIFERENCIAL¹

El diferencial reduce la velocidad de rotación transmitida desde la transmisión e incrementa la fuerza de movimiento, así como también distribuye la fuerza de movimiento en la dirección izquierda y derecha transmitiendo este movimiento a las ruedas. También cuando el vehículo está girando, el diferencial absorbe las diferencias de rotación del movimiento de las ruedas izquierdas y derechas, haciendo esto posible que el vehículo gire fácilmente.

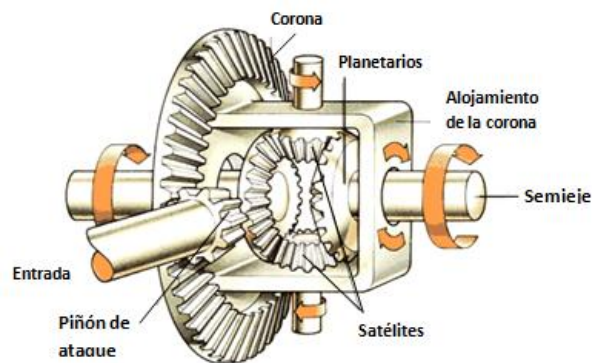


Fig. 1.1 Diferencial

Cuando entra en una curva, los engranajes de los semiejes giran a velocidades distintas. Lo pueden hacer porque los piñones pueden girar en sus ejes permitiendo que uno de los semiejes gire con más rapidez que el otro. Cuando se marcha en línea recta no hay movimiento relativos entre los semiejes y los piñones, de forma que todos ellos y la caja del diferencial giran a la misma velocidad.

¹Conocimientos Básicos del Automóvil

1.2 TIPOS DE DIFERENCIAL

1.2.1 Diferenciales abiertos²

Son los diferenciales convencionales. Están compuestos por dos planetarias y dos, tres o cuatro satélites. Estos planetarios giran a través de los satélites. Este tipo de diferencial no es adecuado para el 4x4, ya que en el caso de circular por terrenos con poca adherencia, el diferencial enviara la fuerza al eje con menos o sin adherencia. Los diferenciales abiertos son los más comunes en los vehículos y son estándar en la mayoría. El diferencial abierto es un sistema de engranajes que mantiene la misma cantidad de presión en las caras de los engranajes que operan cada uno de los semiejes (a las ruedas). Entonces, cuando una rueda gira más rápido que la otra, como por ejemplo en un viraje, la presión en ella es mantenida (de modo que se aplica más potencia al lado que rueda más rápido).

En condiciones de tracción pobre, como en la arena o el barro, es la peor posible aplicación de potencia, porque cuando una de las ruedas pierde tracción, patina. Dado que la presión es la misma en cada uno de los semiejes, poco o ningún torque está disponible en el lado que no está patinando (y que puede tener tracción).

Un diferencial abierto típico mantendrá constante la suma de las rpm en un par de semiejes (en relación a las rpm del cardan). Por ejemplo, cuando una rueda no está girando (0 rpm). La otra está girando al doble de rpm a que lo hará si ambas ruedas estuvieran girando a la misma velocidad en relación al cardan. En un giro en que no hay ruedas patinando, un diferencial abierto permitirá a la rueda del exterior girar más rápido que en una línea recta y a la rueda interior hacerlo más lento.

² GM CLUB tipos de diferenciales

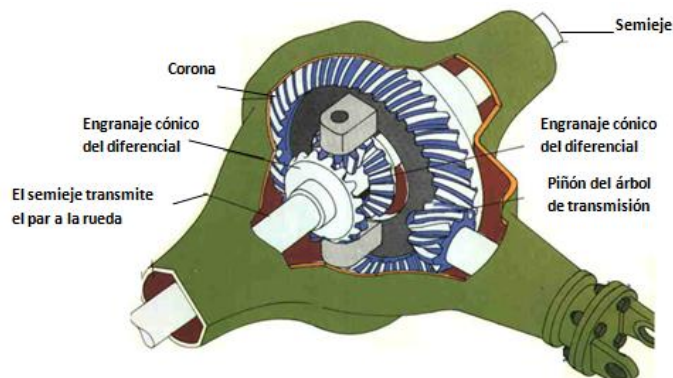


Fig. 2.1 Diferencial abierto

1.2.2 Diferenciales autoblocantes³

Este tipo de diferenciales se utiliza en los vehículos 4x4 o 4x2 modernos. Su funcionamiento se realiza mediante discos de fricción (similares a los discos de embrague). Estos discos tienen una determinada precarga en su posición estática y solo se liberan al emprender un giro. Esta precarga es reducida ya que debe liberarse fácilmente en cada giro que realizamos. En caso de circular por caminos con poca adherencia o en el caso de que uno de nuestros neumáticos se encuentre en el aire, la fuerza escapa por el neumático que más libre se encuentre perdiendo casi la totalidad de la potencia.

La necesidad de este dispositivo se explica por el hecho de que al dar una curva, las ruedas interiores recorren un espacio menor que las situadas en el lado exterior, puesto que las primeras describen una circunferencia de menor radio que las segundas. El diferencial reparte el esfuerzo de giro de la transmisión entre los semiejes de cada rueda, actuando como un mecanismo de balanza, esta característica de funcionamiento supone

³ MECÁNICA Virtual

la solución para el adecuado reparto del par motor entre ambas ruedas motrices cuando el vehículo describe una curva, pero a la vez se manifiesta como un serio inconveniente cuando una de las dos ruedas pierde su adherencia con el suelo total o parcialmente.

Distancia A < Distancia B

0A: RPM de rueda interior < 0B: RPM de rueda exterior

RPM: Revoluciones por minuto

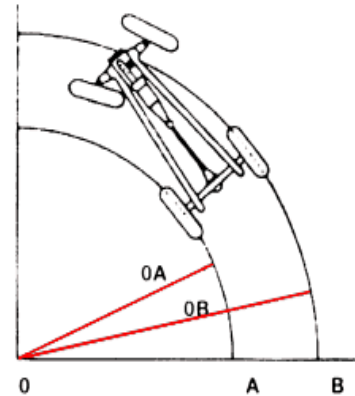


Fig.2.2 Esquema del diferencial y su función

En estas circunstancias, cuando una de las dos ruedas del eje motriz rueda momentáneamente sobre una superficie deslizante (hielo, barro, etc.), o bien se levanta en el aire (a consecuencia de un bache o durante el trazado de una curva a alta velocidad), la característica de balanza del diferencial da a lugar que el par motor se concentre en la rueda cuya adherencia se ha reducido. Esta rueda tiende a embalsarse, absorbiendo todo el par, mientras que la opuesta permanece inmóvil, lo que se traduce en pérdida de tracción del coche.

El diferencial autoblocante tiene como objetivo resolver este importante problema de pérdida de tracción.

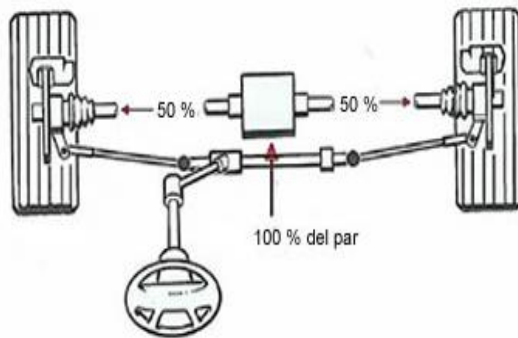


Fig.2.3 Reparto de tracción entre las ruedas

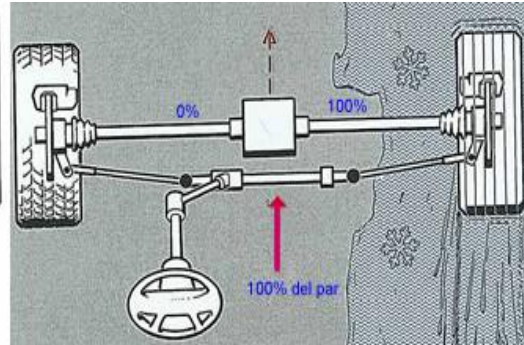


Fig.2.4 Reparto de tracción con suelo deslizante

1.2.2.1 Tipos de diferenciales autoblocantes

A. Diferenciales de deslizamiento limitado

- Diferenciales autoblocantes mecánicos
- Diferencial autoblocante por discos de fricción
- Diferencial viscoso o Ferguson

B. Diferenciales Torsen

C. Diferenciales de deslizamiento controlado (embragues multidisco)

- Sistema Haldex

A. Diferenciales de deslizamiento limitado (LSD - Limited Slip Differential)

- **Diferenciales autoblocantes mecánicos**

Estos diferenciales se suelen montar en vehículos de tracción trasera, de gran potencia, ya que son susceptibles de perder adherencia durante aceleraciones fuertes en una de las ruedas, siendo necesario el enclavamiento de este a determinado valor, para evitar un deslizamiento excesivo que generaría un sobre viraje. Mediante la adopción de este, se mejora la transmisión de esfuerzo, a la vez que evita un patinaje continuo de la rueda con menos adherencia y sus consecuencias para la estabilidad.

De entre los diversos tipos de diferenciales autoblocantes que existen (por conos de fricción, por discos de fricción, por acople lateral estriado), sin duda el más utilizado y posiblemente el más eficaz es el "Thornton Powr-Lok", llamado también "de discos de fricción". Los piñones satélites planetarios son análogos a los de un diferencial convencional. Cada piñón planetario se acopla sobre sendos bujes estriados, que a su vez encajan sobre cada una de las dos mitades de la caja diferencial. Entre cada mitad de la caja y el buje estriado correspondiente existe un embrague compuesto por discos de fricción y arandelas elásticas de acero. Los discos de fricción, interpuestos entre el disco de presión y la pared de la carcasa, van intercaladas de forma que las que tienen dentado exterior, engranan en unas ranuras de la carcasa, y las que llevan dentado interior, engranan con los planetarios.

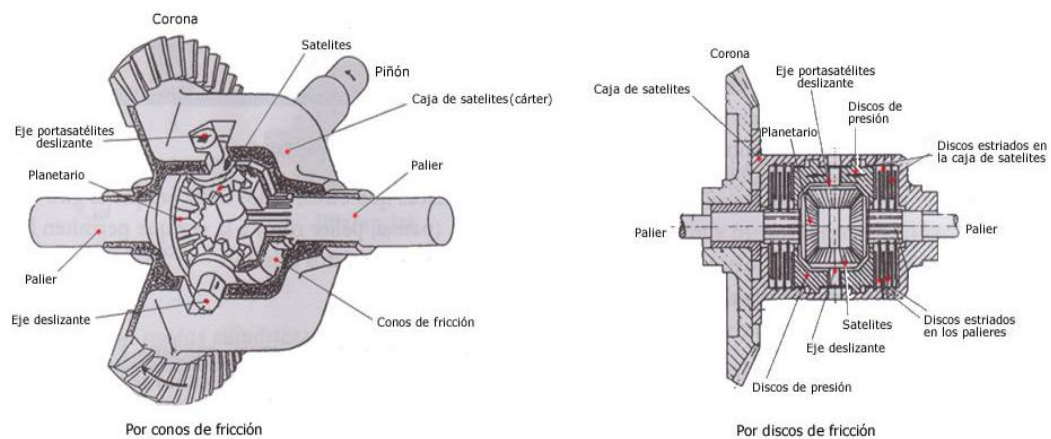


Fig.2.5 Diferencial por conos de fricción y por discos de fricción

- **Diferencial autoblocante por discos de fricción**

Con estos diferenciales se consiguen mejorar las siguientes condiciones de marcha del vehículo:

- Se evita, en gran parte, que una rueda patine al arrancar o durante la marcha con mala adherencia de la calzada.

- Se evita igualmente que una rueda patine al saltar por encima de desigualdades de la calzada.
- Se elimina el peligro de patinar al conducir a altas velocidades con una adherencia a la calzada distinta en las ruedas motrices, lo que vale, principalmente para vehículos de gran potencia.
- Se mejoran las características de marcha invernal (nieve, hielo, etc.).
- El diferencial autoblocante de láminas funciona de modo automático, sin intervención alguna del conductor.

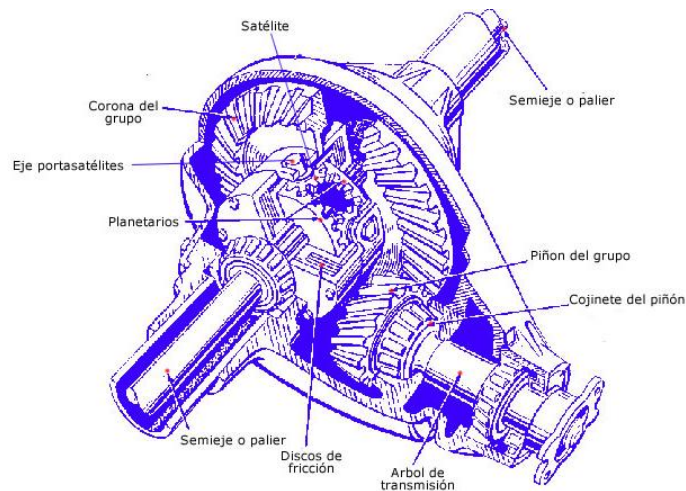


Fig.2.6 Estructura interna diferencial por discos de fricción

Estos diferenciales tienen un valor de bloqueo, según el tipo de vehículo, entre aprox. 25% y 75%. El efecto de bloqueo se refiere a la fricción interna de los dos paquetes de discos dispuestos en el cárter del diferencial, en régimen de dependencia del par de apriete. El par pasa de piñón cónico de ataque a la corona (grupo piñón-corona), y de ahí al cárter del diferencial autoblocante, a través de los dos discos de empuje (presión) a los dos ejes porta satélites, de estos a los satélites, pasando a los piñones planetarios y de aquí a los palieres (semiejes).

- **Diferencial viscoso o Ferguson**

Este diferencial autoblocante suele utilizarse como diferencial central en vehículos con tracción a las 4 ruedas. Está constituido por una carcasa solidaria al árbol de transmisión que encierra unos discos, de los cuales, unos están unidos a la carcasa y otros al portadiscos solidario al eje de salida, los discos de ambas series van intercalados y con hendiduras y taladros, a través de los cuales puede pasar el aceite silicona mezclado con un 20% de aire, que llena todo el conjunto.

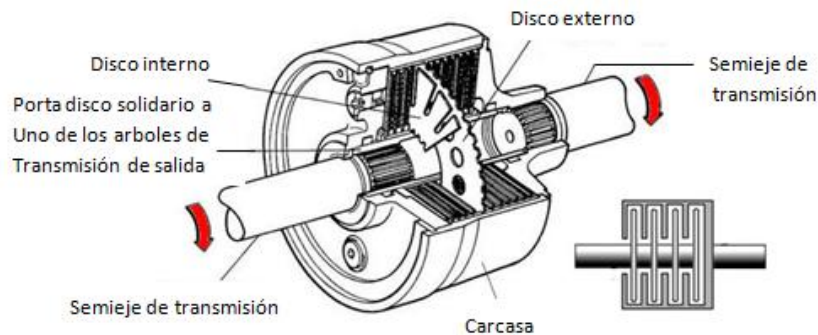


Fig.2.7 Esquema interno de un disco acoplador

Una parte del conjunto es solidaria a las ruedas de un eje y la otra a las ruedas de otro eje. En marcha recta las ruedas traseras se ven arrastradas por las del tren que recibe la tracción a través de su contacto con el suelo, generándose una pequeña aportación de par a través del aceite silicona.

Cuando uno de los ejes pierde tracción el deslizamiento que se genera entre los discos alternos hace aumentar la temperatura y presión en el aceite silicona que los envuelve, aumentando las fuerzas de cizalla dura, arrastrando los discos conductores a los conducidos, consiguiéndose un giro solidario entre ambos. El momento de actuación lo determina el número de discos, los taladros y el aire que tengan mezclado, no recibiendo en funcionamiento normal nada más que una pequeña parte

del par a través de él, apenas un 10%. Este diferencial es el más usado cuando a un vehículo de tracción delantera se le añade la trasera como complemento ante una pérdida de tracción del tren delantero, momento en el que el bloqueo del mismo genera el desvío de par al otro tren.

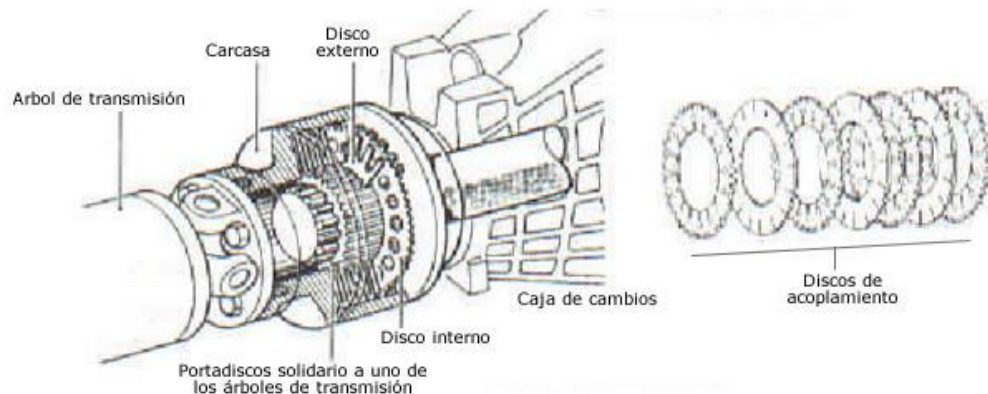


Fig.2.8 Posición del disco acoplador en la transmisión

El problema que se presenta con este diferencial es que la tracción a las 4 ruedas no es permanente y hay un cierto retraso desde que empieza a perder tracción uno de los ejes del vehículo y el acoplador viscoso empieza a transmitir el par de tracción al otro eje. Puesto que el líquido viscoso que hay dentro del disco acoplador no es un medio fijo de transmisión, la tracción a las 4 ruedas no es fija ni constante.

El uso del disco acoplador como diferencial central puede ser menos eficaz que el sistema Torsen, pero es ciertamente el más barato, así que podemos encontrarlo en muchos coches de serie con tracción total 4WD.

- Ventaja: Barato y compacto
- Desventaja: es tracción total 4WD solo cuando hay una diferencia de tracción entre ejes debido a suelo deslizante. Se comporta normalmente como un tracción a dos ruedas 2WD.

Una alternativa para el visco acoplador es cuando se utiliza junto con un diferencial convencional (como central) haciendo el primero las veces de diferencial autoblocante es decir bloquear la transmisión a las 4 ruedas cuando hay una diferencia de velocidad entre ambos ejes del vehículo. Con este tipo de transmisión lo que conseguimos es que el vehículo sea tracción a las 4 ruedas (4WD) constantemente y no solo a ratos (perdida de tracción en unos de los ejes) como el anterior.

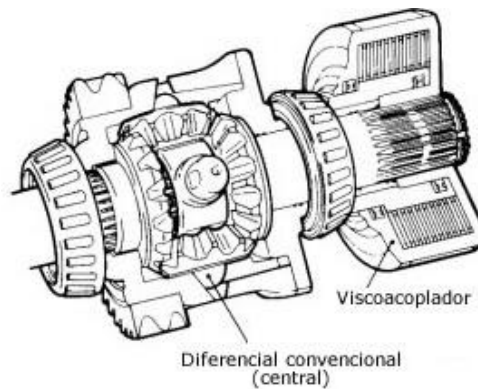


Fig.2.9 Unión de un diferencial convencional con un disco acoplador

El visco-embrague (visco acoplador) también se puede usar en el diferencial delantero o trasero (eje). Para ello se une el sistema de acoplamiento viscoso a la carcasa de un diferencial convencional.

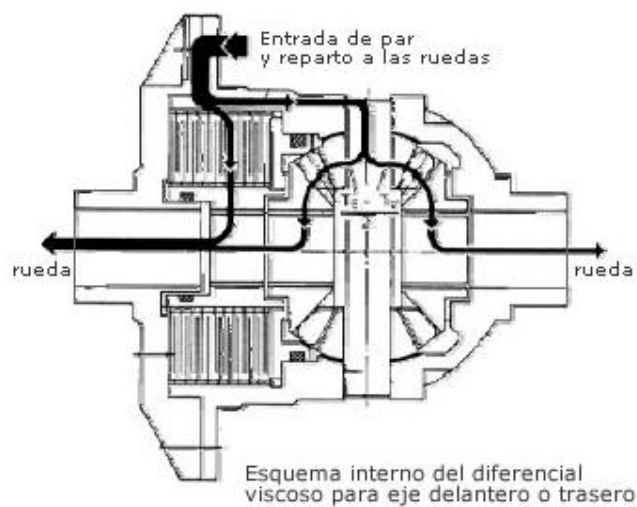


Fig.2.10 Esquema interno del diferencial viscoso para eje delantero o trasero

B. Diferencial Torsen

Su nombre procede de las palabras inglesas Torque Sensitive, que en español quieren decir sensible al par, es un tipo de diferencial cuya peculiaridad radica en que reparte la fuerza que procede del motor a las ruedas de forma independiente a la velocidad rotatoria de cada uno de los dos árboles o semiejes de transmisión que parten de él. Su gran virtud es que puede transmitir, en una curva, más par a la rueda que menos gira, en contraposición al resto de diferenciales.

En cualquier diferencial autoblocante, ya sea convencional o viscoso, el reparto de fuerza entre los dos semiejes se realiza siempre de forma proporcional a su velocidad de giro, sin embargo el diferencial Torsen puede repartir la fuerza del motor a cada semieje en función de la resistencia que oponga cada rueda al giro, pero al mismo tiempo permite que la rueda interior en una curva gire menos que la exterior, aunque esta última reciba menos par.

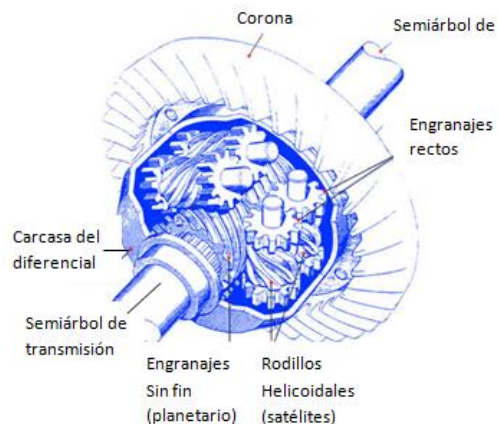


Fig.2.11 Vista en corte de un diferencial Torsen

Funcionamiento: Basa su funcionamiento en la combinación de una serie de engranajes convencionales y helicoidales, se utilizan tres pares de ruedas helicoidales que engranan a través de dientes rectos situados en sus extremos. El aumento de la fricción se produce porque las ruedas

helicoidales funcionan como un mecanismo de tornillo sinfín: el punto de contacto entre los dientes se desplaza sobre una línea recta a lo largo del propio diente, el grado de resistencia se determina precisamente por el ángulo de la hélice de estas ruedas helicoidales

Si lo comparamos con un diferencial convencional, en un Torsen se sustituyen los satélites convencionales por tres pares de engranajes helicoidales, engranados dos a dos por piñones de dientes rectos en sus extremos. Los planetarios en este caso son tornillos sin fin, con los cuales engrana cada uno de los engranajes helicoidales.

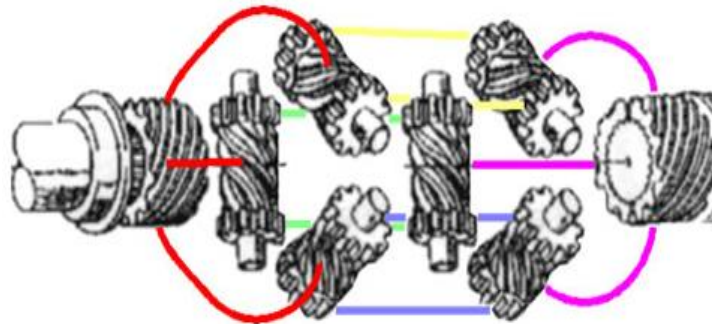


Fig.2.12 Engranajes internos del Torsen

Hay varias versiones de diferenciales Torsen, su constitución interna cambia según el modelo.

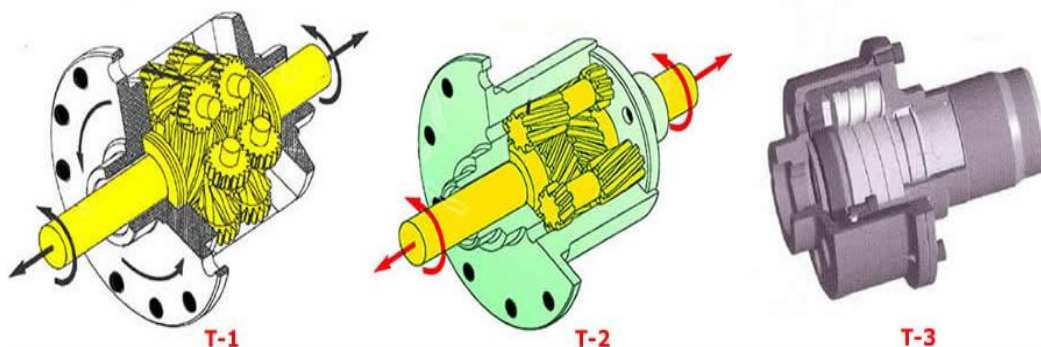


Fig.2.13 Diferentes modelos de diferenciales Torsen

Ventajas de la utilización del diferencial Torsen:

- Altos niveles de confort, porque el efecto bloqueante del diferencial Torsen se genera de forma netamente mecánica, hallándose continuamente en ataque y reaccionando sin escalonamientos.
- Se mantiene siempre la direccionalidad del vehículo.
- Siempre que los pares de fricción de las ruedas sean suficientes, el diferencial Torsen trabaja de modo completamente imperceptible.
- No puede haber manejos equivocados, porque el diferencial Torsen trabaja de forma automática.
- El diferencial Torsen funciona ampliamente exento de desgaste.

Conclusión: El diferencial Torsen, nos va a permitir un reparto preciso y exacto del par motor a las 4 ruedas cuando la transmisión está exenta de deslizamiento, pero lo volverá poco ágil, si queremos trabajar con cierto deslizamiento. Puede usarse como diferencial central, delantero o trasero indistintamente. No interfiere en el funcionamiento del ABS. Los vehículos que lo equipan **no pueden ser remolcados** bajo riesgo de avería de la transmisión

- Ventajas: respuesta rápida ante pérdidas de tracción, tracción constante a las 4 ruedas.
- Inconvenientes: muy caro y muy rígido en su funcionamiento no permite controlarlo.

C. Diferenciales de deslizamiento controlado (embragues multidisco)

• **Sistema Haldex:** Este sistema entra dentro de los llamados embragues o acopladores multidisco se diferencia del visco acoplador en los materiales de los elementos rozantes, el líquido usado, y el mecanismo de control presentando, por lo demás la constitución es

parecida. Consiste en un paquete de discos conductores y conducidos salvo que ahora los discos transfieren el movimiento entre ellos por fricción, y en un sistema hidráulico que los presiona de igual modo que un embrague convencional. Este sistema mejora en el sentido en que se puede mandar par según la presión ejercida sobre los discos, no requiriendo un deslizamiento entre ellos para que actúe, lo que permite, controlar el reparto no en función de la diferencia de velocidad de giro.

Es muy útil, porque se puede generar repartos de par a uno y otro eje en función del uso que pretendamos del vehículo, cambiando este reparto sobre la marcha, pudiendo derivar mas par al tren trasero o delantero en función de cada momento, mediante una gestión electrónica que contempla las exigencias del conductor, así como el deslizamiento en alguno de los ejes. El control del acoplamiento puede ser más o menos elaborado, encareciendo la realización según se haga este, debiendo ser muy preciso para permitir repartos continuos de par entre ambos ejes.

Es de considerar que la presión sobre los discos debe permitir el paso de par desde 0 al 100%, por lo que para la correcta aplicación de la presión debe tenerse en cuenta en cada momento, si la diferencia de giro entre ambos trenes es la normal en una curva o se debe a un deslizamiento de una rueda.

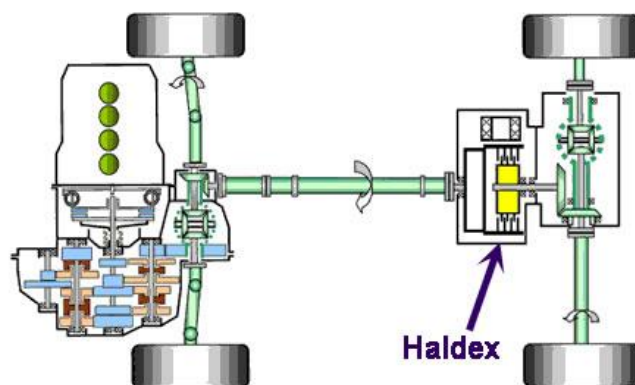


Fig.2.14 Sistema Haldex

Funcionamiento: Si las ruedas deslizan por encima de un cierto límite, se produce una diferencia de giro con relación a las traseras. Esa diferencia de giro acciona una bomba hidráulica que presiona un juego de discos conectado al motor, con otro conectado a las ruedas traseras. A medida que aumenta la presión entre los discos, aumenta la fuerza que reciben las ruedas posteriores. En condiciones extremas puede suceder que las ruedas traseras sean las únicas que transmitan motricidad. El principio de funcionamiento de este embrague se basa en un conjunto de discos que conectan el árbol de transmisión con el diferencial trasero. Estos discos reciben una presión de aceite, a través del sistema de auto bombeo, la cual regula la cantidad de par a transmitir al eje posterior. Si el tren anterior y el posterior giran al mismo par, no se produce ningún efecto y el coche se comporta como una tracción delantera normal; si ocurre un desfase, se genera una presión de aceite que, conducida hacia el pistón de accionamiento, comprime los discos produciendo la conexión entre ambos ejes.

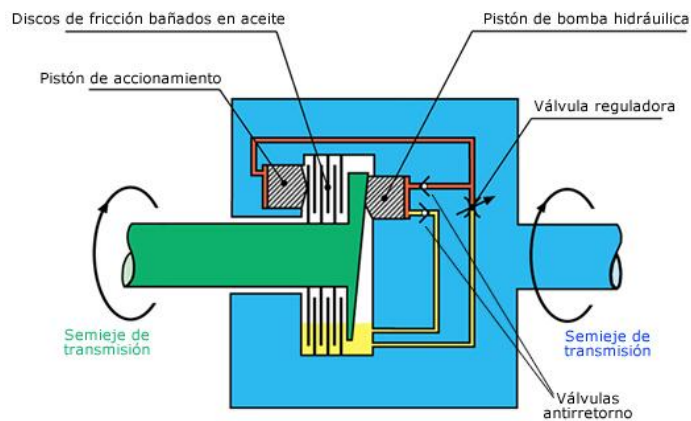


Fig.2.15 Esquema de funcionamiento de un acoplador Haldex

Pero lo fundamental es la válvula reguladora que, controlada por la centralita electrónica, determina el grado de actuación del embrague Haldex una vez que se genera presión en el circuito hidráulico: si la válvula está cerrada, la eficiencia es máxima y el bloqueo, total; si está

abierta un tercio, deja refluir parte del aceite hacia el depósito del sistema, permitiendo un resbalamiento limitado y un reparto de par variable entre ambos ejes; si está totalmente abierta, no hay presión sobre el émbolo principal, el aceite refluye directamente y el tren trasero permanece desconectado.

El sistema Haldex no produce efectos de resistencia en maniobras de aparcamiento, admite circular con neumáticos desiguales (con la rueda de emergencia, por ejemplo), permite el remolcado del coche con un eje levantado sin crear tensiones internas y, por si fuera poco, combina su efecto con los demás sistemas de seguridad (ABS, EDS o ESP), lo que significa un control absoluto de los movimientos de las ruedas respecto al suelo.

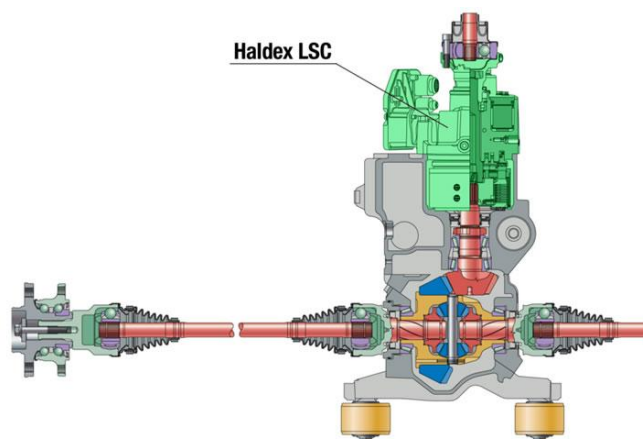


Fig.2.16 Ubicación del Sistema Haldex

En el sistema AWD, la potencia se distribuye entre las ruedas delanteras y traseras a través de un embrague multidisco húmedo (Haldex). La función de este sistema se divide en tres componentes principales:

- Una bomba hidráulica que es accionada por la diferencia de velocidad entre los ejes
- Un embrague multidisco húmedo
- Una válvula de control con electrónica

1.2.3 Diferenciales autoblocantes mecánicos

Actúan mediante un par de engranajes tipo perro. Estos engranajes se encuentran permanentemente bloqueados y solo desacoplan en maniobras de giro. Esto nos da un gran incremento del rendimiento en trayectos fuera de ruta. Se recomienda para vehículos que circulen mayormente fuera de ruta y solo para ser aplicados en el eje trasero. En el caso de circular por superficies duras y emprender un giro, el mismo se desacopla emitiendo un cierto ruido y en algunos casos de manera algo brusca.

Este tipo de dispositivo, bastante más sencillo y también más barato. Se caracteriza porque tiene una capacidad de bloqueo del 100%. Es decir, impide que el diferencial mande el 100% del par que recibe, a la rueda que patina, concentrando por tanto, toda la fuerza en la rueda que sí tracciona. Su efectividad es bastante alta, sobre todo en terreno duro como la roca, siendo ideal para la práctica de trial y rutas extremas.

A diferencia del bloqueo LSD, el diferencial autoblocante 100% sí se hace sentir de alguna manera, en una conducción normal sobre asfalto, ya que a diferencia de lo que piensa mucha gente, los diferenciales autoblocantes de este tipo, no es que bloqueen cuando detectan las pérdidas de tracción, sino que normalmente van siempre bloqueados en circulación.

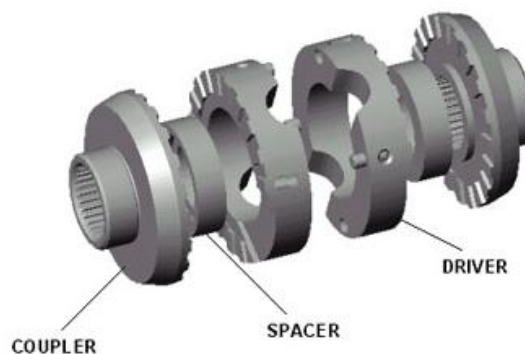


Fig.2.17 Bloqueo Lock Right

Lo bueno:

- Especialmente apto para pruebas de trial, especialidad en “roca”.
- Precio económico.
- Relativamente fácil de montar en el diferencial.
- Bajo mantenimiento.

Lo menos bueno:

- No podemos desconectarlo a voluntad.
- Interfiere un poco en conducción sobre asfalto (sobre todo en mojado).
- Dificulta maniobras en paredes laterales deslizantes (barro, nieve).

1.2.4 Diferenciales bloqueables manualmente⁴

Utilizan un diferencial abierto con un mecanismo que bloquea, a voluntad, los satélites logrando de esta forma un eje rígido (ambas ruedas giran a la misma velocidad). En la posición de desbloqueo, no incide en lo más mínimo en el manejo en ruta, ciudad, etc. Este tipo de bloqueos de diferencial solo estaba disponible en vehículos de guerra, tractores y camiones y su costo es muy elevado.

Tiene la particularidad de que el conductor puede decidir cuándo bloquear el diferencial simplemente pulsando un botón en el salpicadero. Ningún vehículo trae de serie este accesorio, pero hay varias marcas de accesorios que comercializan bloqueos de diferencial.

⁴ Patanes4x4.com

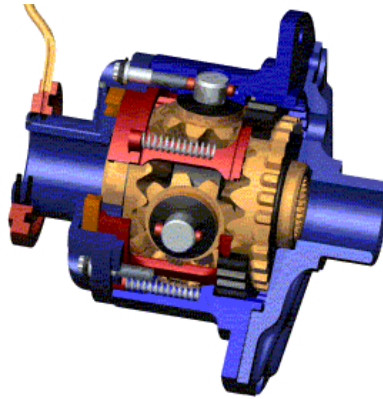


Fig.2.18 Bloqueo de Diferencial en acción, de la marca australiana ARB.

La más usada es el bloqueo de la marca australiana ARB, que se compone de los siguientes componentes: compresor de aire, mangueras aire, interruptores y mecanismos de bloqueo de diferencial.

El principio de funcionamiento básico es el siguiente: nosotros podemos decidir cuándo conectar el bloqueo y se hace mediante la pulsación de un interruptor que se instala en el salpicadero y pone en marcha el compresor. Una vez realizado esto, elegimos el diferencial a bloquear (se pueden poner un bloqueo por diferencial) pulsando el botón correspondiente. Esta acción hará que el aire a presión circule por una manguera especial y una vez llegue al diferencial, mueva el mecanismo del bloqueo. Se consigue por tanto que ambas ruedas del mismo eje, reciban la misma cantidad de par motor y evitamos el efecto diferencial, que como sabemos, es contraproducente en algunas maniobras en off-road. No hay que olvidarse que una vez superada la trialera, hay que desconectar el bloqueo inmediatamente, ya que si no fuera así, podríamos provocar grandes daños en la transmisión.

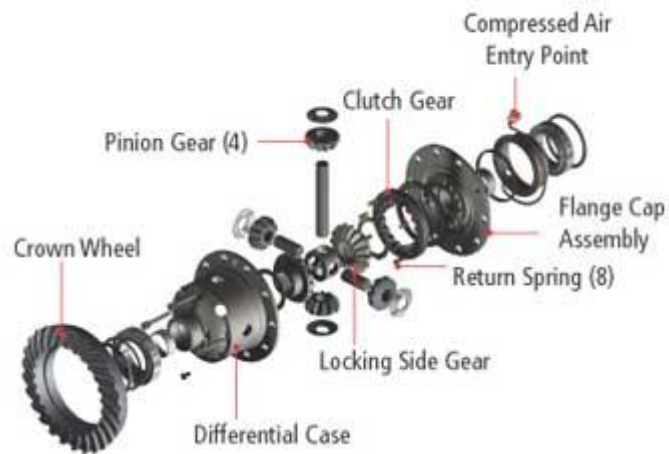


Fig.2.19 Conjunto de Bloqueo de Diferencial de ARB.

El uso del bloqueo del diferencial delantero, debe ser más cuidadoso si cabe, ya que los elementos que componen este eje, suelen ser más débiles. Es conveniente por tanto usarlo lo menos posible, si puede ser con las ruedas rectas y buscar la forma de reforzar las homocinéticas, con el correspondiente kit.

Además permite el bloqueo y desbloqueo manual, en caso de que se produzca una avería en el sistema de vacío, gracias a un pequeño mando situado en el bloqueador del diferencial, solo se debe conectar cuando las circunstancias del terreno, así lo precise.

Lo bueno:

- Permite decidir cuándo bloquear o desbloquear el diferencial.
- Ideal para uso intensivo off-road.
- Si es ARB, nos aprovechamos del compresor para otras funciones.
- No interfiere en la conducción “normal” sobre asfalto, si está desconectado.

Lo menos bueno:

- Coste de adquisición alto.
- Necesita mantenimiento minucioso.
- Propenso a algunos problemas debido a su alta sofisticación.

1.3 CONSTITUCIÓN DEL MECANISMO DIFERENCIAL⁵

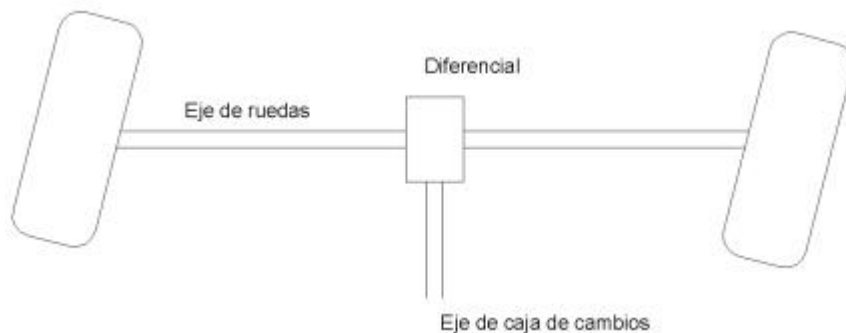


Fig.3.1 Constitución del mecanismo diferencial

1.3.1 Despiece del diferencial

Constituido así el mecanismo, cuando la corona empieza a girar impulsada por el piñón de ataque, arrastra con ella a la caja del diferencial (B), que en su giro voltea a los satélites (C) y (D) que, actuado como cuñas, arrastran a su vez a los planetarios (E) y (F), los cuales transmiten el movimiento a las ruedas haciéndolas girar en el mismo sentido y con igual velocidad mientras el vehículo marche en línea recta; pero cuando toma una curva, la rueda interior ofrece más resistencia al giro que la exterior (al tener que recorrer distancias desiguales) y, por ello, los satélites (C) y (D) rodarán un poco sobre uno de los planetarios (el

⁵ TodoMECANICA

correspondiente a la rueda interior) multiplicando el giro en el otro (el de la rueda exterior). De esta manera, lo que pierde en giro una rueda lo gana la otra, ajustándose automáticamente el giro de cada una de ellas al recorrido que le corresponda efectuar en cada curva. Igualmente, las diferencias de trayectoria en línea recta, debidas a diferencias de la presión de inflado de los neumáticos, irregularidades del terreno, etc., son absorbidas por el diferencial.

- A. Planetarios
- B. Caja de satélites
- C. Semipalier
- D. Corona
- E. Satélite
- F. Piñón de ataque

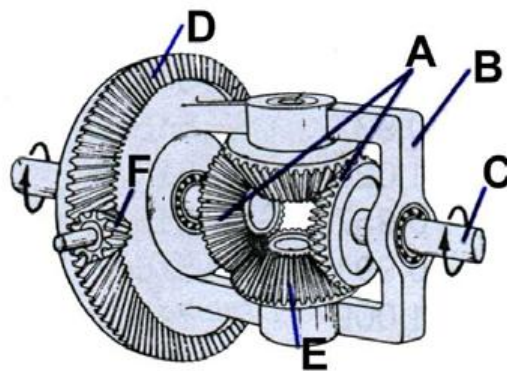


Fig.3.1 Partes del diferencial

1.3.2 Estructura de un puente trasero rígido

En la Figura se muestra el despiece de un puente trasero de tipo convencional (rígido), en el cual los palieres o semiejes (9) quedan alojados en las trompetas (6), apoyándose por su extremo interior en el conjunto diferencial (5), del cual recibe el movimiento, mientras que por el extremo exterior se apoyan en la trompeta por medio del rodamiento (8). A la caja del diferencial (5) se fija la corona (4), que recibe movimiento del piñón de ataque (3), alojado en la carcasa del diferencial, apoyado sobre ella por medio de los cojinetes (1) y (7).

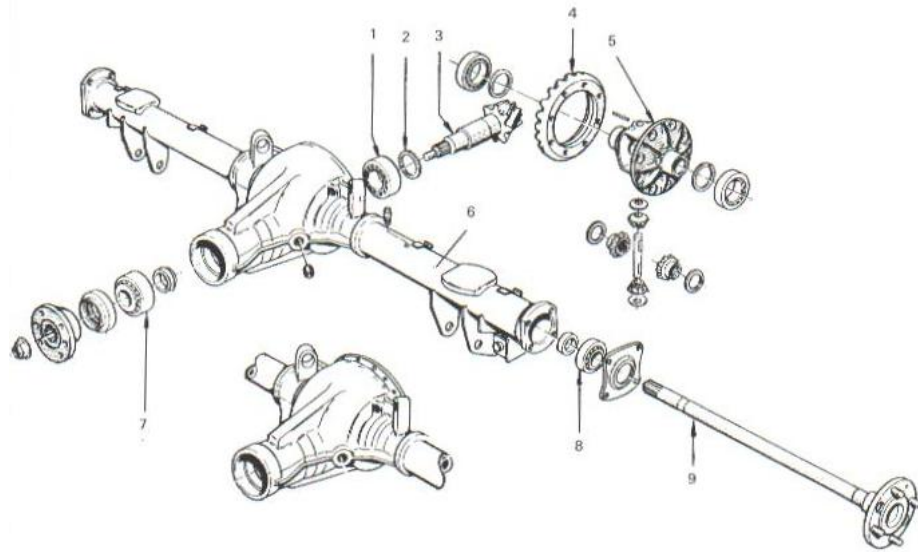


Fig.3.2 Despiece del puente trasero.

- | | |
|--------------------------|----------------|
| 1.- cojinetes | 6.- trompetas |
| 2.- retenedor | 7.- cojinetes |
| 3.- piñón de ataque | 8.- rodamiento |
| 4.- corona | 9.- semiejes |
| 5.- conjunto diferencial | |

1.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS MECANISMOS⁶

El diferencial va colocado detrás de la caja de cambio, y consta de los siguientes elementos.

- **Un piñón de ataque** cónico colocado al final del eje secundario de la caja de cambios y que engrana sobre la corona.

⁶ El tractor.pdf

- Una gran **corona** cónica que está unida a la **caja de satélites**.
- Dos piñones cónicos, llamados **planetarios**, situados en el interior de la caja de satélites, engranados con los satélites, y unidos a los semipalieres que transmiten el movimiento a la reducción final.
- Dos o cuatro piñones cónicos, llamados **satélites**, engranados con los planetarios, situados en el interior de la caja de satélites, con sus ejes de giro unidos a la caja.

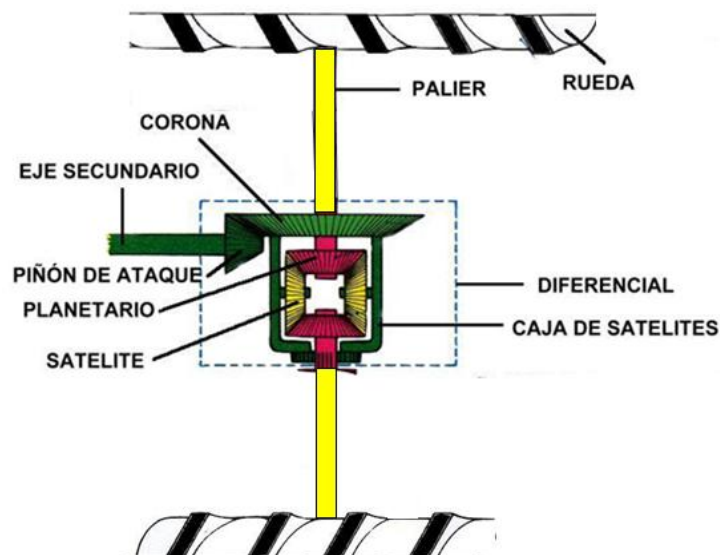


Fig.4.1 Mecanismos del diferencial

1.5 FUNCIONAMIENTO DE OPERACIÓN

El diferencial funciona de la siguiente forma:

- Cuando el vehículo va en línea recta el eje secundario de la caja de cambios mueve el piñón de ataque, éste la corona, y ésta arrastra la caja de satélites que está unida solidariamente a ella. Los ejes de los satélites al estar unidos a la caja giran arrastrando a los

planetarios, y por tanto, a través de los semipalieres y la reducción final, hacen girar las ruedas. Los planetarios giran en el mismo sentido y velocidad que la corona mientras el vehículo marcha en línea recta.

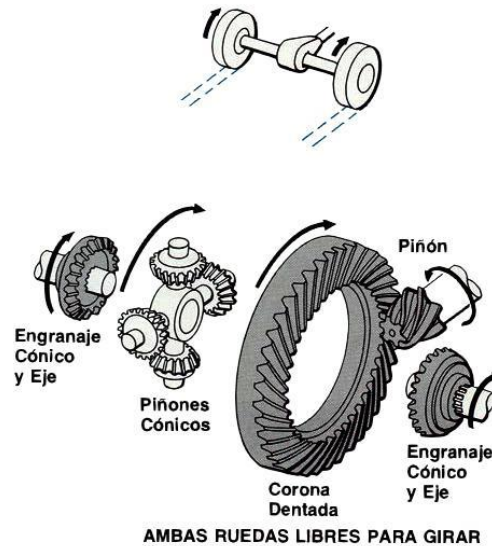


Fig.5.1 Diferencial línea recta

- Cuando el vehículo toma una curva, la rueda interior ofrece más resistencia al giro que la exterior, ya que ésta última no puede moverse a la misma velocidad por tener que recorrer un camino mayor. Al quedar frenada la rueda, frena también el movimiento de su planetario correspondiente y entonces los satélites tienden a rodar sobre él, multiplicando el giro en la otra rueda. De esta forma, lo que pierde en giro una rueda lo gana en la otra, ajustándose sí automáticamente el giro en cada una de ellas por la acción compensatoria de los satélites. Cuando con el freno individual se frena una rueda, ésta se detiene totalmente y automáticamente la otra pasa a dar el doble de vueltas.

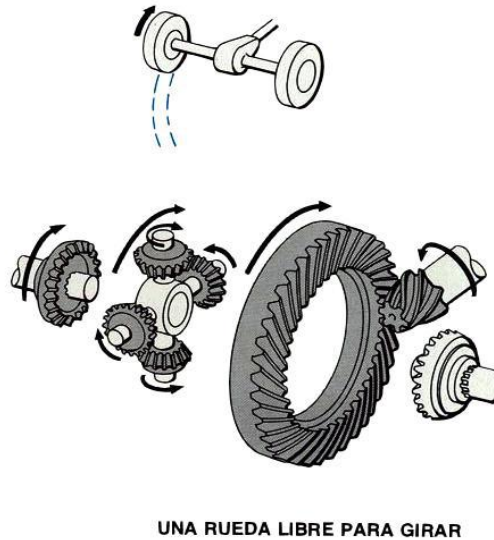


Fig.5.2 Diferencial en curva

Los vehículos con tracción en las ruedas delanteras y traseras, llevan dos diferenciales, el principal inconveniente del diferencial es que si una rueda pierde adherencia con el suelo, gira con velocidad doble que la corona, mientras que la otra se queda inmóvil. Este caso puede darse en zonas con hielo, barro, etc. Para solucionar este problema, los vehículos llevan un mecanismo de **bloqueo del diferencial**, que permite anular su función y obliga a las dos ruedas a ir a la misma velocidad. Este bloqueo debe utilizarse únicamente para resolver ese tipo de situaciones pues en otro caso puede originar averías en el diferencial y hasta el vuelco del vehículo si éste intenta girar.

1.6 BLOQUEO DEL DIFERENCIAL⁷

Si la rueda de un costado caía en el vacío y la otra del otro eje del mismo costado en un charco de barro, el vehículo fuera incapaz, por sí solo, de salir de semejante obstáculo. El sistema que ha resultado más sencillo y

⁷ Manual del mecánico 4X4 Miguel de Castro

efectivo para resolver este defecto ha consistido en la creación de un dispositivo mediante el cual se pudiera acceder a frenar y bloquear el semieje de la parte en la que se produciría el deslizamiento. Al ser superior el patinamiento que presentaba así la rueda que no tenía adherencia todo el par generado pasaba directamente a la rueda que se apoyaba bien sobre el firme, de modo que el bloqueo del diferencial resultaba suficiente para salvar el obstáculo desde la misma rueda que tenía adherencia.

1.6.1. Funcionamiento

El extremo del semieje o palier (1) se halla colocado normalmente en la caja del diferencial (2), en esta parte va provisto de un manguito de sujeción (3) que puede ser comprimido por medio de un tubo de mando (4) cuando éste se desplaza en el sentido de la flecha.

Al comprimirse el manguito ejerce una función de freno sobre el semieje que prácticamente lo paraliza hasta el punto de ofrecer mayor resistencia que el semieje contrario, el cual pasa a accionar la rueda que tiene más adherencia con todo el valor de par transmitido desde la caja de cambios en aquel momento.

El accionamiento del manguito de sujeción se efectúa enviando presión hidráulica a un cilindro receptor (5) a través de un conducto de entrada (6) este cilindro acciona la palanca de deslizamiento (7) por medio de lo cual se desplaza la posición del tubo de mando (4) este sistema es susceptible de ajuste por medio de tornillo de reglaje (8).

El líquido utilizado para mantener la presión hidráulica necesaria para mantener es el mismo que se utiliza en los circuitos de freno.

Para la aplicación de este sistema el conductor precisa saber seleccionar el lado del eje tractor al que le conviene esta tracción y, por lo mismo, el bloqueo del semieje, función que se realiza inmediatamente que se

acciona el mando correspondiente. Sin embargo es necesario que el vehículo se encuentre parado y no puede preverse el bloqueo durante la marcha.

- 1.- Planetario
- 2.- Corona
- 3.- Dentado
- 4.- Manguera de enclavamiento
- 5.- Estriado del palier
- 6.- Semiejes o palier

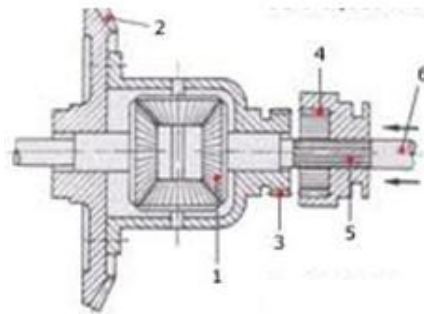


Fig. 1.6.1. Funcionamiento del diferencial de bloqueo manual.

También se han construido diseños de diferenciales blocantes accionados por sistemas mecánicos que actúan en el mismo mecanismo diferencial.

1.6.2. Diferenciales autoblocantes

En los vehículos todo terreno los sistemas más utilizados actualmente son aquellos en los que el bloqueo del diferencial se produce de una forma automática, en cuanto una de las ruedas presenta señales de patinamiento, por encima de ciertos previstos niveles que van más allá del deslizamiento lógico y esperando al descubrir una curva.

Existen varios tipos de diseños de diferenciales, los principales tenemos:

- Tipo Ferguson.
- Tipo Nospin.
- Tipo Torsen.

1.6.2.1. Tipo ferguson

Estos diferenciales van provistos de unos discos de embrague o de fricción mediante los cuales se limita de una forma inmediata y automática la diferencia de giro que puede ocasionarse entre dos ruedas del mismo eje cuando existe un patinamiento por encima del que puede esperarse al descubrir una curva.

Cuando el giro de la rueda supera estos valores, el mecanismo regula el envío de mayor par aquella rueda que tiene menor adherencia y que se encuentra precisamente en mejores condiciones para aprovecharlo. Todo ello se efectúa dentro de determinados límites, en las curvas, el funcionamiento del diferencial no queda afectado y sólo entra en servicio cuando el patinamiento alcanza en el giro de los satélites un valor elevado.

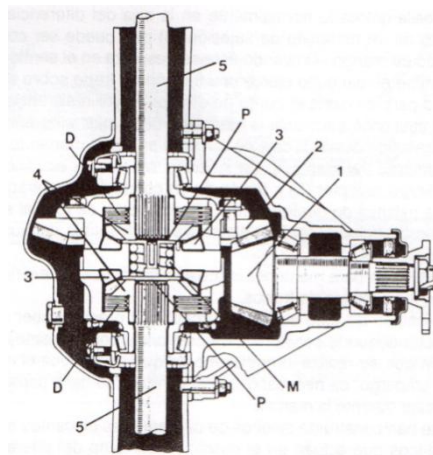


Fig. 1.6.2.1. Diferencial tipo Ferguson.

En la figura podemos observar un diferencial autoblocante, 1 el piñón de ataque, 2 la corona, dos elementos básicos de cualquier diferencial. Los satélites (3) engranan sobre los planetarios (4) a los que van fijados los semiejes (5) desde los cuales se manda la tracción a cada una de las ruedas.

La originalidad del sistema se advierte al considerar la presencia del muelle interno (M) que se apoya sobre dos platos (P) que se enfrentan a

los planetarios. A demás resulta de suma importancia la presencia de los discos de fricción (D) que efectúan el trabajo de un embrague cuando se establece un deslizamiento excesivo de una de las ruedas con respecto a la otra.

1.6.2.1.1 Funcionamiento del embrague

Cumple la misión, de frenar el giro del planetario con tanta mayor eficacia cuanto mayor sea su facilidad de giro. Cuando esto ocurre, la transmisión del par se efectúa por igual a la rueda de buena adherencia como a la que patina, de modo que el vehículo dispone de adherencia suficiente para salir del bache que hace que el diferencial tenga inconvenientes de aportación y reparto de par.

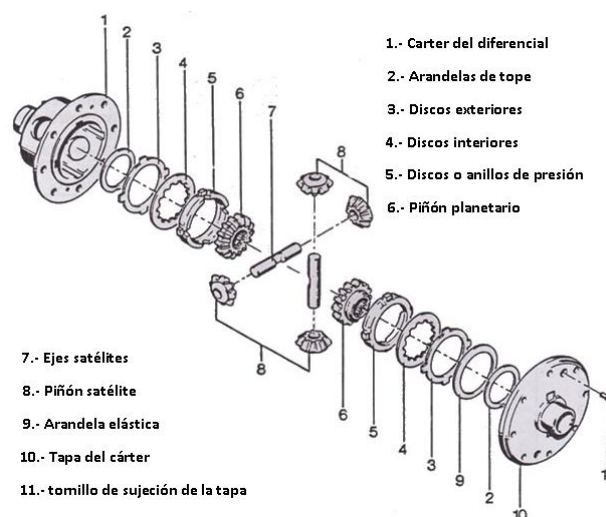


Fig.1.6.2.2. Despiece del diferencial autoblocante tipo ferguson.

1.6.2.2 Tipo Nospin

Este tipo de diferencial es el que trabaja por medio de un mecanismo de salto y deslizamiento, sistema especialmente apto cuando el vehículo ha de transportar, habitualmente, una gran carga. En 1 tenemos la caja de satélites junto a la cual se alojan dos cuerpos de engranajes (2) con una pieza de arrastre central (3). Existen además, dos muelles (4) que se

encuentran comprimidos en sus respectivas cajas (5) sujetas por un retenedor (6) los cuales actúan en forma de embrague.

1.6.2.2.1 Funcionamiento

En condiciones normales de funcionamiento, los cuerpos de engrane se hallan unidos a la caja de satélites de la forma que se puede apreciar en la figura. De esta manera los dientes de engrane se hallan acoplados. El par transmitido a cada uno de los planetarios y, consecuentemente a las ruedas, es el mismo a cada una de ellas, tal como muestran las flechas (7) ahora tenemos que el diferencial está funcionando de la misma forma que si se tratara de un diferencial tradicional.

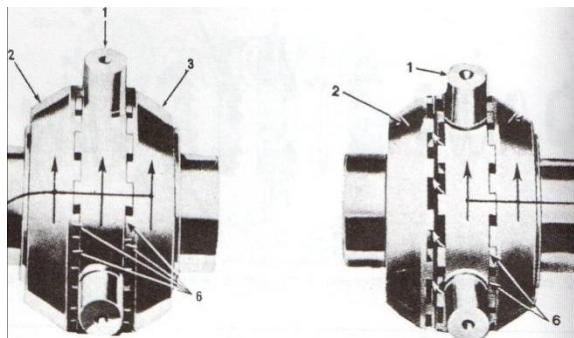


Fig.1.6.2.2.1. Diferencial autoblocante tipo nospin

En la siguiente figura se puede ver la reacción que se aprecia en el mecanismo cuando la rueda de la izquierda, por ejemplo, pierde adherencia y existe aceleración de su semieje como consecuencia de una mayor aplicación de par a través de los satélites. Como en el caso del diferencial autoblocante a base de embrague de discos. También aquí la acción de los satélites se aplica sobre el planetario que está girando a mayor velocidad y con ello se produce un aflojamiento de la fuerza con la que la caja de engrane se aplica sobre el mecanismo de la caja de satélites. En estas condiciones el par se transmite sobre la rueda que

ofrece más resistente al contrario que ocurre en los diferenciales tradicionales.

Si nos fijamos en la figura que los dientes (6) se mantienen sujetos a la parte derecha de la figura por lo que la transmisión del par hacia la rueda derecha queda asegurada. Si el patinamiento se produjera en la rueda derecha la aplicación del mecanismo pasaría automáticamente a la rueda izquierda.

1.6.2.3. Tipo Torsen

A diferencia de los diferenciales autoblocantes descritos hasta este momento, el Torsen no espera a que una rueda patine ostensiblemente para mandar de inmediato una buena parte del par a la rueda que ofrece mayor resistencia, sino que permanentemente controla el par dado a cada rueda según su mejor adherencia sobre el terreno de ahí que se le suele dar el nombre de “Diferencial Inteligente”.

Las ventajas que representa este control permanente del par son enormes a la hora de la utilización práctica, por ejemplo los autoblocantes estudiados anteriormente, el mecanismo no entra en acción hasta que una de las ruedas pierda un considerable valor de adherencia y adquiera un grado de patinamiento importante, lo que ya mucho antes puede significar una situación de peligro y descontrol del vehículo, por el contrario, el Torsen controla siempre el deslizamiento y lo corrige de una manera automática y rápida evitando todo derrapaje en alguna de las ruedas que controla.

1.6.2.3.1. Funcionamiento

Obsérvese que consta de tres pares de satélites que se engranan entre sí dos a dos. Además cada uno de los satélites se aplica sobre un anillo dentado a tornillo sinfín al que se sujeta el extremo de cada uno de los semiejes. Cuando la transmisión se efectúa en condiciones de no haber

deslizamiento, todo el conjunto forma como un bloque que permite el reparto equitativo del par para cada rueda.

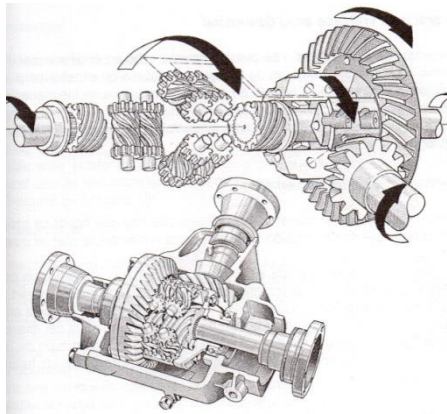


Fig. 1.6.2.3.1. Diferencial autoblocante tipo torsen

Sin embargo, cuando se presenta deslizamiento por parte de una de las ruedas del eje, el satélite que se intenta acelerar manda a su satélite gemelo el impulso y éste se ve obligado a aplicar mayor par a la rueda que no patina. Esta es en líneas muy generales, el funcionamiento de este tipo de diferencial.

1.7 TRABAJOS EN EL MECANISMO DIFERENCIAL

El perfecto engrane del piñón cónico con la corona constituye la condición previa para que el funcionamiento sea silencioso y para que quede garantizada una larga vida del mecanismo diferencial. Puesto que el piñón y la corona vienen marcados por las casa constructoras. Llevan marcado un número de emparejamiento (ρ) que en el piñón marcado en la cara frontal y en la corona arriba o en el lado de la brida R y T son medidas de construcción. Con estas tolerancias es como ruedan entre sí las ruedas de modo más silencioso posible. Por esta razón al montar el piñón y la corona hay que tener estas tolerancias r y t . En la corona viene marcada la tolerancia t y el juego entre flancos de los dientes.

La diferencia r viene dada en la parte frontal del piñón cónico, además de esto se señalan los dientes del piñón y de corona entre los cuales fue medido el juego entre flancos señalados.

Cualquier cambio de la distancia entre las ruedas lleva consigo como consecuencia una variación del juego de flancos y de cabeza, por lo cual las ruedas no podrán funcionar correctamente entre sí. También una desviación lateral de las ruedas hace variar el juego de flancos, por esa razón sobre todo en la corona después de fijarla a la caja del diferencial hay que proceder a comprobarla mediante un comparador cuanto a posible desviación lateral y periférica.

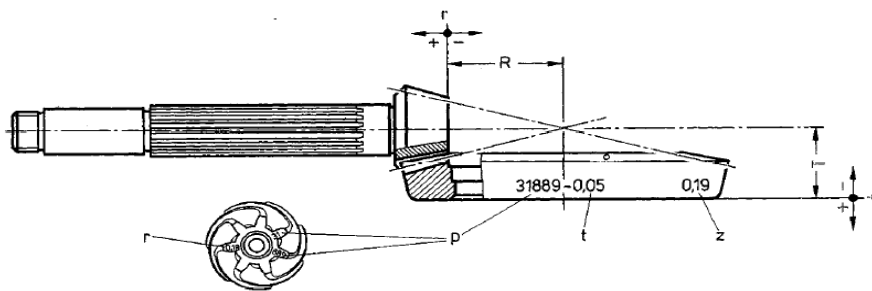


Fig. 1.7.1 Engrane perfecto del piñón con la corona

P = número de emparejamiento

T = cota de construcción desde el eje del piñón cónico hasta el lado dorsal de la corona

t = tolerancia de T

R = cota de construcción desde el eje de la corona hasta la cara frontal del piñón cónico

r = tolerancia de R

z = juego del flanco de los dientes

Las causas más frecuentes de averías en el diferencial pueden deberse a un mal acoplamiento de los engranajes ya sea por desgaste de los dientes o por adquisición de un juego excesivo. También la rotura de alguna pieza menor del conjunto, tal como un pasador, al mezclarse con el aceite y pasar a las zonas rodantes, que puede dar lugar a serias averías

Cuando se ha desmontado un mecanismo diferencial lo primero que se considera es, si el ajuste entre el piñón de ataque y la corona es correcto, un mal ajuste de este sentido producirá un roce excesivo que determinará, además de un ruido excesivo, un menor rendimiento del mecanismo, además de ser un peligro por la posible rotura de dientes.

El juego entre los dientes no debe de ser tan pequeño que éstos se claven en los huecos, ni tan grande que produzca ruido y choques entre ellos. El juego entre los dientes se mide por el claro que queda entre el diente y el hueco, como podemos observar en la figura.

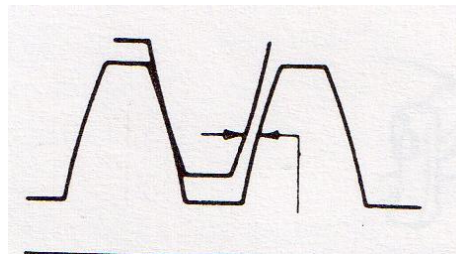
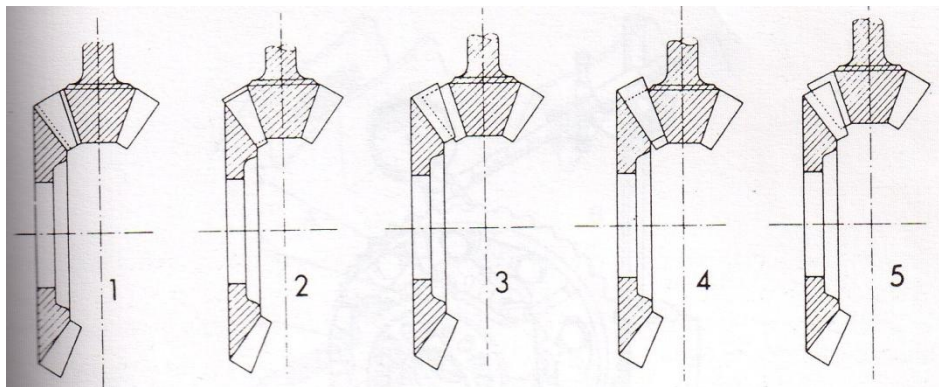


Fig. 1.7.2. Juego entre los dientes

Por otra parte, la superficie de contacto entre los dientes mientras el mecanismo está en funcionamiento, deben ser lo más amplias posible y situadas de tal forma que la resistencia a la rotura y al desgaste ofrecida por los dientes sea máxima.

Esto se logra en una posición relativa determinada entre el piñón y la corona: si el piñón de ataque se encuentra más cerca o más lejos del eje de la corona o si la corona está más lejos o más cerca del eje del piñón en ambos casos se produce un funcionamiento incorrecto en la manera de engranar los dientes de las dos piezas. El funcionamiento es, defectuoso pues produce ruido y una exagerada absorción de potencia.

Si nos fijamos en la figura podemos observar cinco ejemplos de posibles acercamientos entre piñón y corona entre los cuales solamente la posición número 1 es la correcta.



1, correcta. 2, corona demasiado cerca del piñón. 3, corona demasiado lejos. 4, piñón retrasado. 5, piñón adelantado.

Fig. 1.7.3. Posiciones del piñón con respecto a la corona.

Para conocer el correcto acoplamiento del piñón y corona no solo basta con observar. Es necesario, efectuar una serie de comprobaciones que revisten la mayor importancia para localizar defectos de ruidos y vibraciones de este mecanismo, las operaciones a realizar serán las siguientes:

1. Control del alabeo de la corona.
2. Control del juego de los dientes.
3. Control del engrane entre corona y piñón.
4. Control del juego entre dientes de los planetarios.

1.7.1 Control del alabeo de la corona

En esta operación es necesario disponer de un comparador con un soporte que puede fijarse fácilmente en los orificios del soporte del diferencial como nos podemos fijar en la figura.

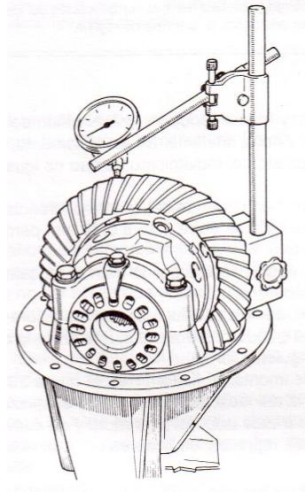


Fig. 1.7.1.1. Control del alabeo de la corona

Una vez realizado el montaje del comparador se hace girar la corona y se comprueba si existe defecto de alabeo o descentrado en el giro de la corona. Cuando la diferencia del alabeo en las indicaciones del comparador está por encima de 0,10mm puede decirse que la corona está en mal estado y hay que cambiarla. Sin embargo, el valor exacto hasta el que una corona puede utilizarse lo acostumbra a dar el fabricante en su manual de taller y a la cifra indicada debemos atenernos.

1.7.2. Control del juego de los dientes

Se mide también haciendo uso de un comparador, el cual se monta de la misma forma que podemos observar en la figura.

En esta posición, y manteniendo inmóvil el piñón de ataque, se hace mover la corona hacia atrás y hacia delante. En este momento, el reloj

indicador nos dará referencia de la amplitud del movimiento, lo que es igual al juego entre dientes.

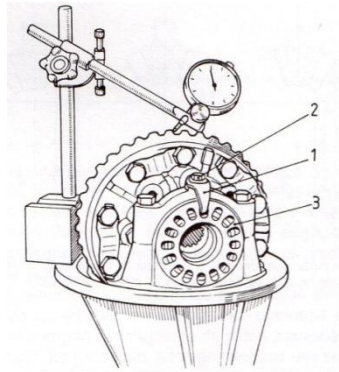


Fig. 1.7.2.1. Juego entre dientes

El juego admitido también depende del tipo del diferencial y se proporciona en el manual de taller. Suele hallarse entre 0,15 a 0,30mm pero hay que asegurarse con el manual. Esta comparación debe hacerse por lo menos en cuatro puntos diferentes de la circunferencia de la corona.

Si el juego entre los dientes resulta fuera de los valores establecidos por el manual del fabricante, se puede proceder al ajuste entre la corona y el piñón de ataque, actuando de la siguiente forma:

Se comienza por desmontar el fijador (1), sacando su tornillo (2), esta pieza impide a la arandela de reglaje (3) su desplazamiento. Existen dos arandelas de reglaje, una a cada lado del diferencial y en ambas hay que realizar la misma operación. Una vez retirados los fijadores podremos actuar sobre las arandelas de reglaje.

Apretando por igual ambas arandelas (una por la derecha y la otra por la izquierda), con un mismo número de vueltas o movimiento (generalmente basta con un cuarto de vuelta), podremos conseguir acercar o separar la corona del piñón de ataque hasta conseguir el valor del juego de los dientes adecuado.

1.7.3. Control del engrane entre corona y piñón

Lo que se trata ahora de comprobar es el lugar donde los dientes del piñón engranan con los dientes de la corona. La zona de ataque debe hallarse en el centro de los dientes. De no ser así es que el conjunto no está bien ajustado, veamos cómo se lleva a cabo esta comprobación y la manera de realizar su ajuste.

Podemos tener una buena guía de la forma de acoplarse ambas piezas si se comprueba por la huella del diente el lugar correcto en donde se produce el contacto entre los dientes del piñón y corona.

Para ello se procede a pintar con minio grupos de dientes en tres zonas diferentes y opuestas. Luego se hace girar la corona y cuando los dientes del piñón pisen las zonas pintadas dejarán sus huellas sobre los dientes, ahora tendremos que analizar el resultado.

Si notamos en la figura, vemos que se especifican las condiciones que deben darse para dar un resultado correcto. El dibujo A muestra la forma correcta que debe darse observar en la huella del diente, si es así no hace falta actuar.

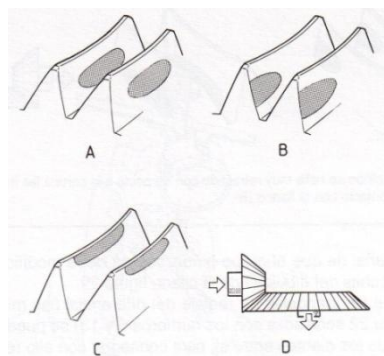


Fig. 1.7.3.1. Control del engrane entre corona y piñón

Pero si la posición de la huella resulta como se indica en B o bien como se indica en C, será señal de que el grupo piñón/corona debe modificarse de la forma que indican las flechas del dibujo D de la citada figura.

Por medio de las arandelas de reglaje del diferencial, se puede conseguir modificar la presión de los dientes entre sí, para conseguir con ello retirar ligeramente la corona y/o adelantar la posición del piñón.

También puede ocurrir que las huellas obtenidas en los dientes se encuentren, poco más o menos, de la forma que se aprecia en la figura.

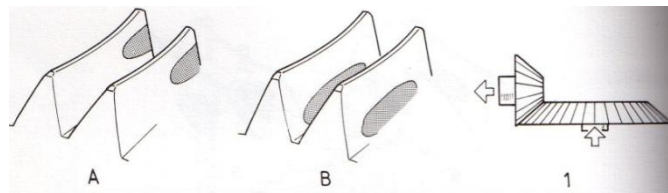


Fig. 1.7.3.2. Control del engrane entre corona y piñón

En estos casos se indica que el piñón de ataque se encuentra demasiado retrasado con respecto a la corona de la forma que se indica en el esquema 1. En este caso se tendrá que actuar del mismo modo que indican las flechas.

1.7.4. Control del juego entre dientes de los planetarios.

La operación se lleva a cabo con la ayuda de un comparador como se muestra en la figura, sosteniendo uno de los planetarios apretar en el otro para sacarle todo el juego posible. Las indicaciones del reloj del comparador deben hallarse dentro de los valores indicados en el manual de taller, entre 0,15 a 0,35 según los casos.

Por el mismo procedimiento se puede medir también el juego de los dientes de los satélites.

Si los valores obtenidos en el juego de estas piezas, es superior al establecido por el manual de taller se tiene que proceder al desmontaje del mecanismo diferencial y a la sustitución de las arandelas de reglaje además de su reacondicionamiento general.

1.8 LUBRICACIÓN EN EL MECANISMO DIFERENCIAL⁸

La transmisión por engranajes principalmente las que están sometidas a un gran esfuerzo y funcionamiento de gran velocidad tiene que tener un lubricado adecuado para poder contribuir y conservar sus propiedades mecánicas durante el uso, garantizando un funcionamiento eficiente y una larga vida útil del mecanismo.

La principal propiedad que caracteriza a estos aceites, es la que su comportamiento de extrema presión E.P tiene que ser suficiente para cumplir las exigencias del engranaje hipoidal, para que éste se ubique lo más bajo posible, en la reducción final del diferencial utilizando los engranajes hipoidales.

1.8.1 Engranajes hipoidales

Si bien este tipo de engranaje ofrece un funcionamiento silencioso y de movimiento suave, sus dientes provocan sobre la película de aceite altas presiones que tienden a romperla, siendo necesario un aceite con la viscosidad adecuada y aditivos de E.P. que soporten este tipo de trabajo, ya que el deslizamiento entre sus dientes durante la rodadura es más severo que en cualquier otro tipo de engranajes. La línea de lubricantes Hipoidal satisface tales exigencias que está compuesta por dos productos, el Hipoidal 80W-90 y el Hipoidal 85W-140. Ambos cumplen con el nivel de calidad API GL-5.

1.8.2 Aditivos de extrema presión E.P.

Como aditivos de E.P. se denomina aquellos productos químicos capaces de evitar el contacto destructivo metal-metal, una vez que ha desaparecido la película clásica del lubricante de una lubricación

⁸ Lubricantes y lubricación aplicada José Benlloch María.

hidrodinámica. Cuando esto ocurre, se dice que llegamos a una “lubricación límite”.

Esencialmente, todos los aditivos E.P. deberán tener uno o más elementos o funciones, tales como azufre, cloro, fósforo o sales carboxílicas, capaces de reaccionar químicamente con la superficie del metal bajo condiciones de lubricación límite.

1.8.3 Regímenes de lubricación de los engranajes

Hay que distinguir dos tipos:

1.8.3.1 Lubricación de película gruesa (hidrodinámico)

Donde las condiciones de velocidad-carga-temperatura y viscosidad son tales que la película de lubricante permanece entre los dientes sin romperse. Por tanto el aceite lleva íntegramente toda la carga.

- Por ello la característica más importante en este caso es la viscosidad.

1.8.3.2. Lubricación límite.

Esta se inicia cuando las condiciones anteriores son tales que la película de aceite no es capaz de separar por completo las superficies de los dientes.

- Cuando prevalecen estas condiciones esporádicamente: Las maneras grasas o polares resultan eficaces.
- Cuando se presentan continuas cargas que favorecen la lubricación límite:
- Deben utilizarse aditivos químicos de E.P.

1.8.4 Propiedades de los lubricantes para engranajes hipoides

Expondremos las propiedades que se exigen a los lubricantes en función de su servicio y aplicación los cuales son:

1. Altas propiedades E.P.
2. Estabilidad a la oxidación alta temperatura.
3. No corrosivo.
4. Antiherrumbre.
5. Bajo punto de congelación.
6. Propiedades antiespuma.

1.8.4.1. Altas propiedades E.P.

Que determinen la capacidad que poseen los lubricantes de evitar el rozamiento, el desgaste y los fenómenos destructivos de rayado y desprendimiento de material en las superficies rozantes.

1.8.4.2 Estabilidad a la oxidación alta temperatura

La oxidación está influenciada en los siguientes parámetros: Temperatura-oxígeno-tiempo-impurezas químicas en el aceite y catalizadores.

El aceite atraviesa por una serie compleja de reacciones de oxidación, pero la más clara es la llamada de radicales libres, donde la auto-oxidación se forma en tres fases: iniciación, propagación y fase final.

Los antioxidantes son aditivos que se emplean para reducir estos efectos nocivos de la oxidación del aceite. Estos son sustancias capaces de retardar o impedir la fijación de oxígeno libre sobre los compuestos auto-oxidables.

1.8.4.3 No corrosivo

Se aplica a los productos que protegen los metales no ferrosos, susceptibles a la corrosión presentes en los engranajes o mecanismo susceptible a los ataques de contaminantes ácidos presentes en el lubricante.

1.8.4.4 Antiherrumbre

El término antiherrumbre se usa para designar a los productos que protegen las superficies ferrosas contra la formación de óxidos, formando una película protectora, gracias a fenómenos de absorción que hacen que sus moléculas queden fuertemente ligadas al metal, separándose del aceite.

1.8.4.5 Bajo punto de congelación

Cuando un aceite se le somete a temperaturas bajas, sufre un cambio notable en su estado físico consistente en una congelación total. Esto es debido al alineamiento natural de los hidrocarburos que componen la masa de aceite, provocando la cristalización a bajas temperaturas de la parafina presente en los lubricantes, formando masas gelatinosas.

Para obtener aceite de bajo punto de congelación hay que eliminar estos productos y esto se obtiene en la unidad de desparafinado.

1.8.4.6 Propiedades antiespuma

El aceite produce espuma superficial por agitación enérgica con el aire u otro gas, constituida por un elevado número de burbujas de distintos tamaños.

La presencia de espuma resulta siempre perjudicial en la lubricación, ya que puede dar lugar a los siguientes inconvenientes: fallos en la lubricación del engranaje, aceleración del proceso de oxidación de los aceites, derrames en el depósito, etc.

1.8.5 Requisitos del aceite de engranajes

La fricción es cosa inherente a la interacción física entre objetos y la fricción siempre produce desgaste. Las superficies de los dientes de los engranajes están sujetas a la fricción debida al deslizamiento y rodaduras. Mayores cargas en las superficies de los dientes de los engranajes, y mayores velocidades de deslizamiento, producirán más fricción y más calor. Por estas razones, los aceites de engranajes necesitan satisfacer las siguientes condiciones:

- Viscosidad apropiada
- Habilidad para soportar la carga
- Resistencia al calor y a la oxidación

1.8.6 Lubricante para engranajes hipoidales

Estos aceites se pueden clasificar según los siguientes criterios:

- a) Por su viscosidad.
- b) Por los aditivos empleados.
- c) Por los servicios que cumplen.
- d) Por las especificaciones que satisfacen.

1.8.6.1 La viscosidad

La viscosidad es la propiedad más importante de los fluidos. Esta es la resistencia que ejercen los fluidos al ser deformado cuando este se aplica un mínimo de esfuerzo cortante. La viscosidad de un fluido depende de su temperatura. Es por eso que en los líquidos a mayor temperatura la viscosidad disminuye.

1.8.6.1.2 La viscosidad SAE

La Sociedad de Ingenieros de Automotores de EE.UU. (SAE) clasificó a los aceites según su viscosidad adoptando como temperatura de referencia 100 grado centígrado y manteniendo la viscosidad en centistoke (cst). Es la característica más importante para la elección de los aceites y se define como la resistencia de un líquido a fluir.

La viscosidad se valora según los métodos usados para su determinación, y las unidades, en orden decreciente a su exactitud, son:

1.8.6.1.3 Viscosidad dinámica o absoluta

La unidad de viscosidad absoluta es el *poise*, que se define como la viscosidad de un fluido que opone determinada fuerza al deslizamiento de una superficie sobre otra a velocidad y distancia determinadas. Corrientemente se emplea el *centipoise*, que es la centésima parte del poise y equivale a la viscosidad absoluta del agua.

1.8.6.1.4 Viscosidad cinemática

Es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del líquido. La unidad es el *stoque* (St), aunque prácticamente se emplea el *centistoke*, que equivale a la centésima parte de aquel y es aproximadamente la viscosidad cinemática del agua a 20 °C.

1.8.6.1.5 Viscosidad relativa

En la práctica, la medición de la viscosidad se hace en aparatos denominados *viscosímetros*, en los cuales se determina el tiempo que tarda en vaciarse un volumen fijo de aceite a determinada temperatura y por un tubo de diámetro conocido. La viscosidad mide la resistencia a fluir de un líquido. El lubricante es más fluido en caliente y más viscoso en frío.

1.8.6.2 Por los aditivos empleados

Existen principalmente tres tipos de aditivos:

- a) Basados en la combinación de: Naftenato de plomo – azufre activo, con y sin cloro.
- b) Los que contienen: zinc – cloro – azufre y fosforo.
- c) El que predomina actualmente: azufre y fósforo (mejor estabilidad térmica).

1.8.6.3 Viscosidad SAE

Por los servicios que cumplen. Esta especificación sirve para clasificar al aceite según el grado de viscosidad, para lo cual se realizan básicamente dos pruebas: la primera mide la viscosidad a baja temperatura (por ejemplo, 0°, -10°, -20°, etc., tomaremos un **aceite 80-W90**) manteniendo una viscosidad constante, se ve hasta que temperatura aguanta el aceite y recibe una clasificación "en frío", esta es el primer número que aparece en el aceite, ósea el número que va acompañado de una "W" por Winter (Invierno). Un aceite 0W esta medido a -35°C. Hay que recordar que en frío el aceite tiende a ponerse más espeso, efecto que uno no busca por que por ejemplo, al hacer andar el auto en frío puede que los mecanismos no lubriquen bien y tengan un mayor desgaste. Un aceite con menor grado fluirá mejor a menores temperaturas.

La segunda fija la temperatura del aceite en 100°C y mide su viscosidad, dependiendo del rango en el que se encuentre recibe una clasificación (ejemplo: 40, 45, 50, 60, etc.), ósea, mientras más alta sea la clasificación quiere decir que mantendrá su viscosidad a mayores temperaturas. Un aceite con una clasificación "en caliente" baja, puede romper los enlaces moleculares de la película de aceite (haciéndolo muy delgado) a altas temperaturas no protegiendo los mecanismos adecuadamente

produciendo desgaste de los engranajes. Las dos pruebas forman la clasificación del aceite: 0W-40, 10W-60, 10W-40, etc.

Es importante tener claro que estamos hablando de aceites Multigrados (que tienen un rango, ósea entre 10W y 60), es decir que mantienen sus propiedades en un rango mayor de temperaturas. Por eso es, que lo ideal es que el "Rango" entre el primer número y el segundo sea lo más grande posible, es decir que se comporte bien a bajas temperaturas y también a altas.

Tabla 1.1 Clasificación del las medidas del aceite en frío y en caliente

FLUIDEZ EN FRÍO	VISCOSIDAD EN CALIENTE
0W	SAE 60
5W	SAE 50
10W	SAE 40
15W	SAE 30
20W	SAE 20
25W	

En cuanto al aceite para engranajes o aceite para transmisiones, la clasificación S.A.E. se basa en la viscosidad, estableciendo cinco números S.A.E.

Tabla 1.2 Grados de viscosidad medidos en cst a 100°C para transmisiones establecidos por SAE.

Grado SAE	Viscosidad Cinemática cst @ 100°C
70W	4,1
75W	4,1
80W	7,0
85W	11,0
90	13,5
140	24,0
250	41,0

1.8.7 Clasificación de acuerdo a su calidad y aplicación

Por las especificaciones que satisfacen.- La API (Instituto Americano del Petróleo) ha establecido clasificaciones de aceite de engranajes que los dividen según su aplicación. Sin embargo, el criterio principal para la clasificación del aceite de engranaje es por el tipo de engranajes en el que se usara. Por ejemplo, engranaje lipoide, engranaje cónico, etc. También, es de especial importancia las características de E.P que se requieren del aceite de engranajes.

Los aceites del engranaje (G.L.) son clasificados por API, por ejemplo, la mayoría de las cajas de engranajes modernas requieren un aceite GL4, y GL5. (Dependiendo el tipo de trabajo a realizar el mecanismo de engranajes.

La clasificación A.P.I. actual contiene seis designaciones, estableciendo la calidad para un servicio específico.

API-GL-1: aceites para las condiciones ligeras. Servicio característico de ejes con engranajes cónicos o helicoidales y transmisiones manuales en condiciones suaves que pueden trabajar con aceite mineral puro refinado. Pueden llevar aditivos antioxidantes, Antiherrumbre, antiespumantes y depresores del punto de congelación.

API-GL-2: aceites para las condiciones moderadas. Servicio característico de ejes con engranajes cónicos que trabajan en condiciones de carga, temperatura y velocidad superiores al API-GL-1.

API-GL-3: aceites para las condiciones moderadas. Servicio típico de transmisiones manuales y ejes con engranajes cónicos, en condiciones moderadamente severas de velocidad y carga.

API-GL-4: aceites para varias condiciones. Servicio característico de engranajes, particularmente hipoides, trabajando a alta velocidad a carga baja, y baja velocidad con cargas elevadas. Protegen contra el rayado las superficies en contacto.

API-GL-5: aceites para las condiciones severas. Servicio típico de engranajes hipoides trabajando a alta velocidad, carga de choque; alta velocidad a baja carga y baja velocidad con cargas elevadas. Aseguran mejor protección de las superficies en contacto que el servicio API-GL-4.

API-GL-6: aceites para las condiciones muy pesadas. Servicio característico de engranajes, específicamente los hipoides con deslizamiento limitado en condiciones de alta velocidad con altas cargas y rendimientos. Su utilización es típica en diferenciales en los que es frecuente el uso del sistema de bloqueo de ambos palieres. Protegen de manera óptima contra el rayado de superficies.

1.9 CÁLCULOS DEL MECANISMO DIFERENCIAL

1.9.1. Relación de transmisión en el puente trasero

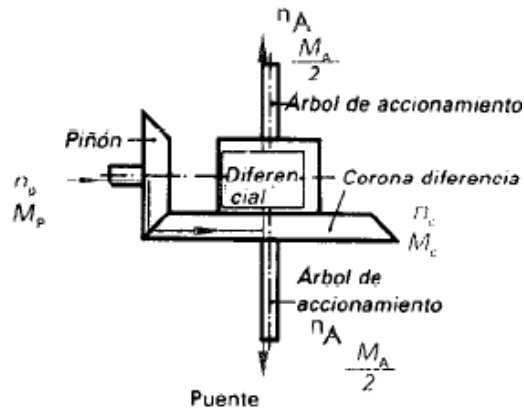


Fig. 1.9.1. Relación de transmisión en el puente trasero

En el mecanismo diferencial se encuentra una relación de transmisión de las revoluciones y del momento de giro.

El puente trasero o mecanismo diferencial puede estar constituido como árbol trasero de accionamiento en las transmisiones normales o tracción trasera y como árbol delantero de accionamiento en la tracción delantera.

Para el puente se emplea principalmente piñones, la transmisión por piñones se calcula con la misma fórmula de los engranajes de ruedas rectas.

La revolución de transmisión del puente trasero es la existente entre las revoluciones del piñón de ataque y las de la corona del diferencial.

El piñón de ataque y la corona del diferencial transmiten al puente las revoluciones y el par de giro. Las primeras se reducen y el segundo se aumentan.

1.9.1.1 Notaciones⁹

n_p = Revoluciones del piñón [1/min]

n_c = Revoluciones de la corona del diferencial [1/min]

n_A = Revoluciones del árbol de accionamiento

z_p = Número de dientes del piñón

i_{dif} = Relación de transmisión del puente

M_p = Par del piñón [Nm]

M_c = Par de la corona del diferencial [Nm]

M_A = Par del árbol de accionamiento [Nm]

z_c = Número de dientes de la corona del diferencial.

Observación $n_c \triangleq n_A$ y $M_c \triangleq M_A$

1.9.2 Formulas de la relación de transmisión en el puente

$$i_{dif} = \frac{\text{Número de revoluciones del piñón}}{\text{Número de revoluciones de la corona del dif}}$$

$$i_{dif} = \frac{n_p}{n_A(n_c)} \quad \text{Ec.8.1}$$

$$i_{dif} = \frac{\text{Número de dientes de la corona diferencial}}{\text{Número de dientes del piñón}}$$

$$i_{dif} = \frac{z_c}{z_p} \quad \text{Ec.8.2}$$

1.9.3 Transmisión de las revoluciones en el puente trasero

$$M_p \cdot n_p = M_c \cdot n_c (\text{bzw. } M_A \cdot n_A) \quad \text{Ec.8.3}$$

$$\frac{n_p}{n_c(n_A)} = \frac{M_c(M_A)}{M_p} = i_{dif}$$

⁹ Matemática aplicada de la GTZ.

Por lo tanto.

$$i_{dif} = \frac{n_p}{n_c(n_A)} \quad \text{Ec.8.4}$$

$$n_c \cdot n_A = \frac{n_p}{i_{dif}} \cdot \frac{1}{\min} \quad \text{Ec.8.5}$$

1.9.4 Transmisión del par de giro en el puente trasero

$$\frac{n_p}{n_c(n_A)} = \frac{M_c(M_A)}{M_p} = i_{dif}$$

Por lo tanto.

$$i_{dif} = \frac{M_c(M_A)}{M_p}$$

$$M_c \cdot (M_A) = M_p \cdot i_{dif} [Nm] \quad \text{Ec.8.6}$$

NOTA: La relación de transmisión en el puente trasero suele ser de 3,5: 1 a 6: 1 y en los camiones llega hasta 10: 1.

1.9.5 Cálculo de la relación de transmisión

Datos:

Número de dientes de la corona = 33

Número de dientes del piñón = 8

$$i_{dif} = \frac{\text{Número de dientes de la corona diferencial}}{\text{Número de dientes del piñón}}$$

$$i_{dif} = \frac{z_c}{z_p}$$

$$i_{dif} = \frac{33}{8}$$

$$i_{dif} = 4,1 : 1$$

Cálculo de las revoluciones en el puente.

$$n_p = 59 \text{ rpm}$$

$$i_{dif} = 4,1 : 1$$

$$n_A = ?$$

$$n_c \cdot n_A = \frac{n_p}{i_{dif}} = \frac{1}{\text{min}}$$

$$n_c \cdot n_A = \frac{59}{4,1} = \frac{1}{\text{min}}$$

$$n_A = 14.39 \text{ rpm}$$

Transmisión del par de giro en el puente

$$1\text{HP} = 745 \text{ Watts}$$

$$i_{dif} = 4,1 : 1$$

$$1000 \text{ W} = 1000 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ KW}$$

$$M_p = 745[\text{Nm}]$$

$$M_c \cdot (M_A) = M_p \cdot i_{dif}[\text{Nm}]$$

$$M_c \cdot (M_A) = 745 \cdot 4,1[\text{Nm}]$$

$$M_c \cdot (M_A) = 3054,5[\text{Nm}]$$

CAPÍTULO II

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL DIFERENCIAL

2.1 PARÁMETROS DE LA CONSTRUCCIÓN

El banco didáctico permite realizar pruebas y demostraciones de funcionamiento de forma similar a la operación en el vehículo.

El banco de pruebas simula el funcionamiento del diferencial en el vehículo mediante un motor eléctrico (monofásico) de 1HP, con 1700 RPM de salida, capaz de brindar la suficiente potencia y mover los respectivos engranajes del diferencial.

Las partes que constan de material acrílico transparente tienen como finalidad mostrar de una forma visual, tanto el desplazamiento como la forma de operación de los respectivos engranajes, esto se lo realizo a bajas revoluciones para una mejor visualización.

2.2 SELECCIÓN DE MATERIALES Y PERFILES

Siendo el banco didáctico, un instrumento estático al que se acoplan el diferencial y el motor eléctrico, las cargas mecánicas que soporta no son elevadas, por lo tanto se utilizo el siguiente material.

- TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO DE $1\frac{1}{4}$ para la estructura de soporte de los elementos.
- Pernos de diferente medida para la sujeción.
- Materiales fundibles, tales como: electrodos 6011, lijas, pintura.
- Poleas de 3 y 16 pulgadas con las respectivas bandas, para obtener el movimiento del diferencial.
- Palanca de freno de mano con sus respectivos cables
- Garruchas para obtener desplazamiento del banco.

2.3 DETERMINACIÓN DE PESOS Y CARGAS

El peso de los materiales utilizados es:

- | | |
|----------------------|---------|
| ➤ Diferencial | 100lbs. |
| ➤ Motor eléctrico | 8lbs. |
| ➤ Chumacera | 2lbs. |
| ➤ Poleas 16plgs. (2) | 3lbs. |
| ➤ Poleas 3plgs. (2) | 1lbs. |
| ➤ Mesa completa | 45lbs. |

2.4 MEDIDAS DEL BANCO DIDÁCTICO

2.4.1 Proceso de construcción

Elección de máquinas-herramientas y herramientas manuales

Las máquinas herramientas empleadas para la construcción del banco son:

- Soldadora de arco
- Máquina esmeriladora

Las herramientas manuales utilizadas son:

- Rayador
- Fluxómetro
- Sierra de mano
- Limas
- Brocas
- Escuadra metálica
- Taladro
- Soplete

2.4.2 Proceso de trazado, corte y taladro

Trazado

Las medidas determinadas en el esquema (**Ver anexo N-º 1**), son trasladadas al perfil utilizando el fluxómetro y la escuadra, marcando con un rayador las líneas de desbaste, así como los centros para taladrar los orificios.



Foto N-º 2.1 Trazado de las medidas

Corte

Sujetando el perfil al tornillo de banco, se procede al corte siguiendo las líneas de desbaste marcadas, utilizando una sierra de mano.



Foto N-º 2.2 Corte del tubo

Taladrado

Utilizando la taladradora de pedestal y manual, se perforaron los agujeros con una broca de 3/4, y 5/16 en los sitios marcados.



Foto N-º 2.3 Taladrado de agujeros

2.4.3 Proceso de soldadura

Una vez cortado y preparado el material, se procedió a unir las partes utilizando un equipo de soldadura por arco eléctrico, mediante el uso de material de aportación denominado electrodo, configurando así el banco para el montaje de los elementos.



Foto N-º 2.4 Soldadura de tubos

2.4.4 Acabados y pintura

Terminado el proceso de soldadura, se realiza el esmerilado de las partes unidas, para retirar la escoria y el exceso. Luego se lija y se pinta para dar protección contra la corrosión y a la vez con un buen acabado mejora la presentación.

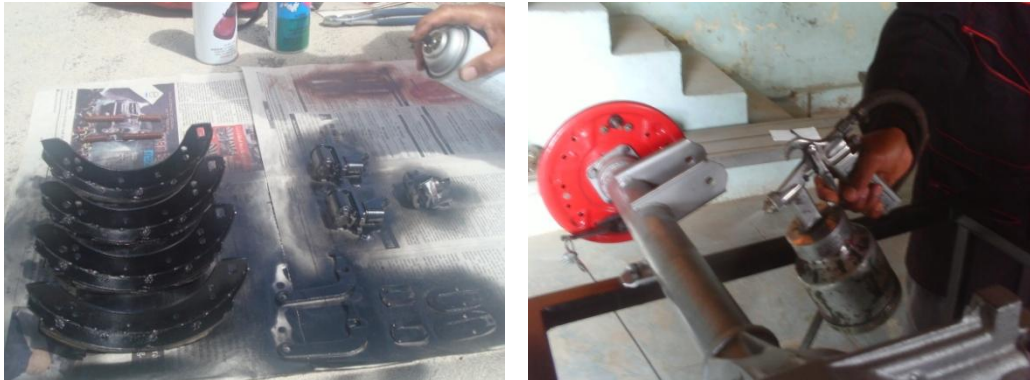


Foto N-º 2.5 Pintura de los elementos del sistema

2.5 GRAFICO DEL BANCO DE SOPORTE

Ver Anexo N-º 1

CAPÍTULO III

MOTOR ELÉCTRICO

3.1 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO¹⁰

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

3.1.1 Clasificación por su alimentación eléctrica.

Fundamentos de operación del motor eléctrico:

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

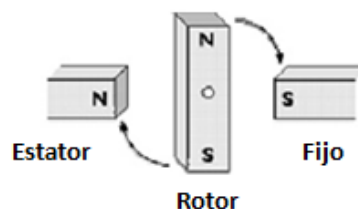


Fig. 3.1 Generación del movimiento de rotación en un motor eléctrico.

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor, al pasar una corriente a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, este ejerce una fuerza mecánica o fuerza electromotriz (f.e.m.), sobre el conductor.

¹⁰ www.scribd.com/manualdemotoreseléctricos

3.1.2 Características del motor eléctrico.

Se utilizó un motor eléctrico monofásico (1 fase) de corriente alterna que es un tipo de motor más usado en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías normales.

Las principales características del motor eléctrico son:

- **Potencia:** Es la rapidez con la que se realiza un trabajo, en física la potencia es igual a trabajo/tiempo, la unidad de medida es el joule por segundo, y se denomina watt (W), Sin embargo estas unidades tienen el inconveniente de ser demasiado pequeñas, por lo tanto se usa el (KW) y el caballo de fuerza (HP) que se define como:

$$1KW = 1000W = 1HP$$

- **Voltaje:** También llamada tensión eléctrica o diferencia de potencial existe entre dos puntos, y es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva de un punto a otro, el voltaje empleado es de 110v.
- **Corriente eléctrica (i):** Es la rapidez del flujo de carga (Q) que pasa por un punto (P) en un conductor eléctrico en un tiempo (t) determinado. La unidad de corriente eléctrica es el amperaje (A) que representa un flujo de carga con la rapidez de un coulomb por segundo, al pasar por cualquier punto.
- **Revoluciones por minuto (rpm):** Las rpm o velocidad angular se define como la cantidad de vueltas completas que da el motor en el lapso de un minuto el símbolo de la velocidad angular es omega o simplemente las letras (R.P.M.), las rpm de salida del motor es de 1700 rpm.

3.1.3 Partes fundamentales de un motor eléctrico

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, estos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes.

Nota. No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.

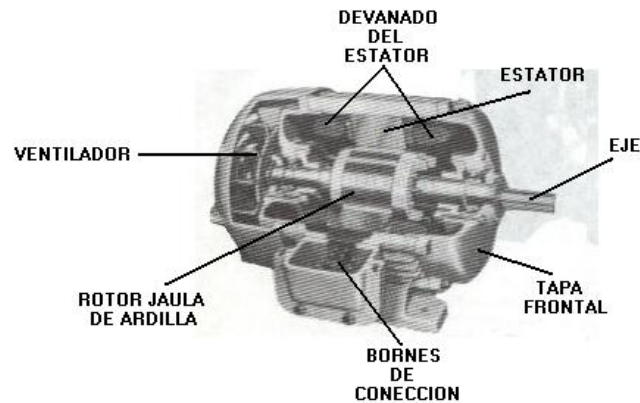


Fig.3.2 Partes de un motor de C.A

- **Estator:** El estator es un elemento que opera como base, que permite que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero magnéticamente. Existen dos tipos de estatores.
 - a) Estator de polos salientes
 - b) Estator rasurado

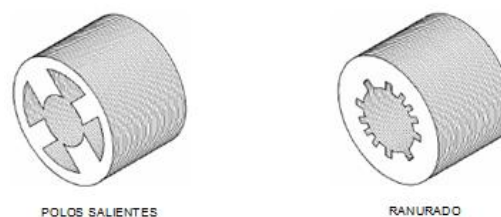


Fig. 3.3 Tipos de estatores

El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio, que tiene la habilidad de permitir que pase a través de ella el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos. Los polos de un motor siempre son pares (2, 4, 6, 8, etc.), por ello lo mínimo que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur).

- **Rotor:** El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete.

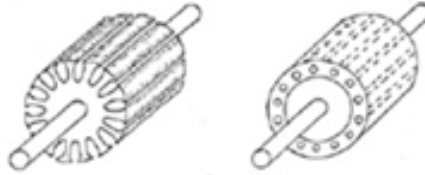


Fig.3.4 Tipos de rotor.

- **Carcasa:** La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación.
- **Base:** La base es el lugar donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor.
- **Tapas:** Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.
- **Cojinetes:** Los cojinetes o rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos y reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia.

3.2 CONEXIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

El circuito eléctrico emplea un motor eléctrico monofásico de corriente alterna y de 1HP, con 1700 RPM de salida, un pulsador para darle arranque, un interruptor, enchufe y cable #12 lo necesario.

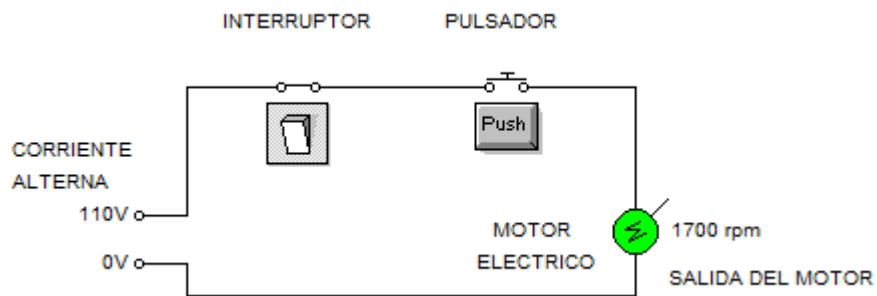


Fig. 2.1 Conexión del circuito eléctrico

3.3 SISTEMA DE POTENCIA DE TRANSMISIÓN

Para el funcionamiento de potencia de nuestro diferencial en el banco didáctico hemos utilizado un sistema de poleas, bandas, ejes, y chumacera, para poder reducir las rpm del motor eléctrico que es de 1700rpm, hasta poder llegar a 59rpm así mediante el cálculo respectivo obtenemos los siguientes valores.

3.3.1 Calculo de las RPM

Nomenclatura:

$D1 =$ diámetro de la polea conductora

$n1 =$ rpm de la polea conductora

$D2 =$ diámetro de la polea conducida

$n2 =$ rpm de la polea conducida

$D3 =$ diámetro de la polea conductora

$n3 =$ rpm de la polea conductora

$D4 =$ diámetro de la polea conducida

$n4 =$ rpm de la polea conducida

Ecuación:

$$n4 = n1 \cdot \frac{d1}{d2} \cdot \frac{d3}{d4}$$

Ec.3.1

Datos:

$$d1 = 76 \text{ mm}$$

$$n1 = 1700 \text{ rpm}$$

$$d2 = 406 \text{ mm}$$

$$d3 = 76 \text{ mm}$$

$$d4 = 406 \text{ mm}$$

$$n4 = ?$$

$$n4 = n1 \frac{d1}{d2} \cdot \frac{d3}{d4}$$

$$n4 = 1700 \text{ rpm} \cdot \frac{76 \text{ mm}}{406 \text{ mm}} \cdot \frac{76 \text{ mm}}{406 \text{ mm}} = 59 \text{ rpm}$$

3.3.2 Sistema de potencia, mediante poleas de una transmisión compuesta

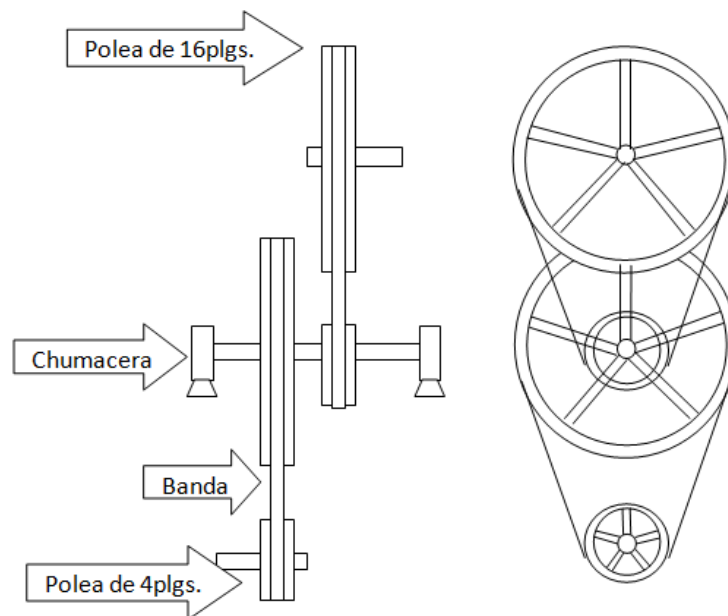


Fig.3.1 Sistema de potencia por poleas

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL PROYECTO

4.1 Ensamble del sistema diferencial ¹¹

Aplicar suficiente aceite de engranaje hipoidal a cada parte deslizante y rotativa.

- a) Instalar las arandelas de empuje adecuadas en los engranajes laterales (planetarios).
- b) Instale los planetarios con las arandelas de empuje, luego los satélites, las arandelas de empuje del piñón y el eje del piñón en la caja del diferencial.

Alinear el agujero del eje del piñón en el agujero de la caja del diferencial.

- c) Comprobar el contragolpe del engranaje lateral mientras sostiene el engranaje de piñón con la caja.

Contragolpe estándar: 0.05 - 0.20 mm (0.0020 - 0.0079Pulg.)

Si el contragolpe está fuera del estándar, seleccionar las arandelas de empuje de la misma medida para los lados derecho e izquierdo para regular hasta que el contragolpe esté dentro del estándar.



¹¹ Manual Diferencial Toyota

d) Instalar el pasador de fijación.

Usando un martillo y un punzón, colocar el pasador de fijación a través de la caja y el agujero del eje del piñón.

Remachar el agujero del pasador (en la caja del diferencial) ligeramente.



4.1.1 Instalación de la corona en la caja del diferencial

a) Limpiar la superficie de la caja del diferencial donde está en contacto con la corona, limpiar la superficie de contacto de la corona con solvente.



b) Luego colocar la corona en la caja del diferencial y alinee las marcas de la corona con las de la caja del diferencial.



c) Instale y apriete uniformemente los pernos poco a poco.

Torque: 985 kg-cm (71 lb-pie, 97 N-m)

4.1.2 Instalar el rodamiento lateral

a) Usando una prensa, colocar los rodamientos laterales en la caja del diferencial.



4.1.3 Comprobar el descentramiento de la corona

- a) Instalar la caja del diferencial dentro del porta diferencial y apriete las tuercas de las chaquetas de tal forma que no haya juego libre en los rodamientos.
- b) Comprobar el descentramiento de la corona.



Descentramiento máximo: 0.10 mm (0.0039Pulg)

4.1.4 Instalar el rodamiento posterior del piñón impulsor

- a) Instalar la arandela en el piñón impulsor con el extremo biselado hacia el engranaje del piñón.
- b) Usando una prensa, colocar la arandela y el nuevo rodamiento posterior en el piñón impulsor.



4.1.5 Regular provisionalmente la precarga del piñón impulsor

- a) Instale las partes siguientes:
 - Piñón impulsor
 - Rodamiento delantero



NOTA: Ensamblar el espaciador, el retenedor y el sello de aceite después ajustar el contacto del engranaje de acuerdo al patrón.

- b) Instale el reborde compañero de la parte posterior previamente engrasado con su respectivo sello de aceite.



- c) Regular la precarga del piñón impulsor apretando la tuerca del reborde compañero.



IMPORTANTE: Como no hay espaciador, apriete espacio teniendo cuidado de no apretar demasiado.

4.1.6 Instalar la tapa del diferencial en el portador

- a) Colocar las guías exteriores de los rodamientos. Asegurarse que las guías no están intercambiadas.
- b) Instale la caja en el portador. Asegurarse que hay contragolpe entre la corona y el piñón impulsor.



4.1.7 Instalar las tapas de los rodamientos

- a) Alinear las marcas de acoplamiento de la tapa y el portador. Introducir los dos pernos de la tapa del rodamiento y darles dos ó tres vueltas y presione hacia abajo la tapa con la mano.



4.1.8 Regular la precarga del rodamiento lateral

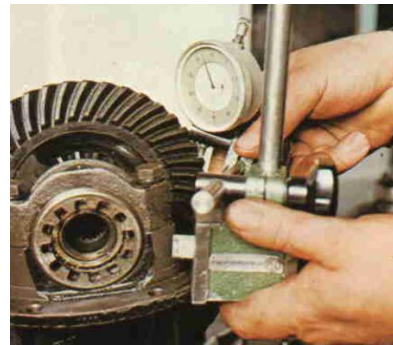
- a) Apretar los cuatro pernos de las tapas de los rodamientos al torque especificado, luego aflojarlo hasta que puedan ser girados a mano.

Torque: 800 kg-cm (58 lb-pie, 78 N-m)



- b) Usando un indicador de esfera, regular el contragolpe de la corona hasta que se encuentre dentro de las especificaciones.

0.13 - 0.18 mm (**0.0051 - 0.0071Plg.**)



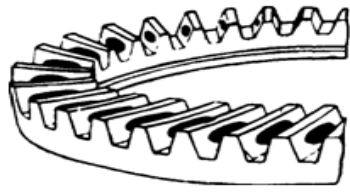
NOTA: El contragolpe es regulado girando las tuercas de ajuste derecha e izquierda en igual cantidad. Medir el contragolpe en tres ó más lugares alrededor de la circunferencia de la corona.

4.1.9 Inspeccionar el contacto de los dientes entre la corona y el piñón impulsor

- a) Cubra con minio u óxido de plomo tres ó cuatro dientes en tres posiciones diferentes de la corona.
- b) Sostenga firmemente el reborde compañero y gire la corona en ambas direcciones.

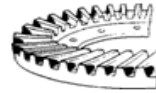
c) Inspeccione el diente patrón.

CONTACTO CORRECTO E INCORRECTO DEL DIENTE



Contacto correcto

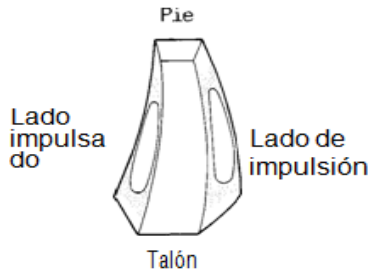
Contacto de talón



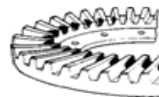
Contacto de cara



Seleccionar una arandela de ajuste para que efectúe el acercamiento del piñón impulsor a la corona.



Contacto de pie



Contacto de flanco



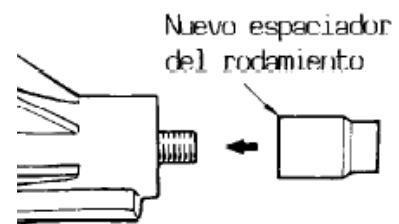
Seleccionar una arandela de ajuste para que efectúe el alejamiento del piñón impulsor de la corona.

Si el contacto del diente es incorrecto, seleccionar una arandela para regular la posición del piñón impulsor y volver a instalarlo.

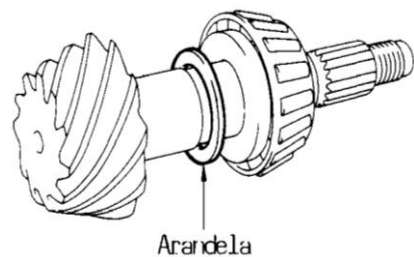
NOTA: En el caso de contacto de cara y contacto de flanco, la regulación puede ser posible dentro del contragolpe estándar de la corona.

4.1.10 Instalar un nuevo espaciador y rodamiento delantero

a) Instale un nuevo espaciador de rodamientos en el eje.



b) Instale el rodamiento delantero en el eje.



4.1.11 Instalar el retenedor de aceite y un nuevo sello

- a) Colocar el nuevo sello de aceite como se muestra.

Profundidad de penetración del sello de aceite: 1.0 mm (0.039Plg.)



4.1.12 Instalar el reborde compañero

- a) Instalar el reborde compañero
- b) Cubrir la rosca de la nueva tuerca con grasa, apriete la tuerca.
- c) Punzar la tuerca del piñón impulsor.



4.1.13 Instalar la tapa de la corona

- a) Instalamos el empaque en la base de la corona con silicona en ambos lados.
- b) Colocamos la tapa de la corona de tal manera que se encuentre bien centrada con los agujeros para poder ajustar los pernos.
- c) Finalmente ponemos aceite 80 W-90



4.2 ENSAMBLAJE DEL BANCO DIDÁCTICO

Previa a la terminación del banco, se procedió al montaje del conjunto diferencial utilizando pernos de 5/16 x 2 en cada eje señalado así como también en el eje que sale al cardan en el cual se colocó un tope para poder nivelarlo, haciendo el ajuste necesario, enseguida se colocó la polea de 16` Plgs.



Foto N-º 4.1 Montaje del diferencial con polea

Luego se colocó el motor eléctrico en su base con su respectiva polea de 3` Plgs. Para lo cual se utilizó pernos de 5/16 x 1 aquí también se procedió a asegurar en su lugar el pulsador como el interruptor de corriente.



Foto N-º 4.2 Montaje del motor eléctrico con polea

Finalmente se monto la chumacera en la base previamente engrasada, mediante pernos de 7/16, junto a esta se coloco las dos poleas restante de 3 y 4Plgs. respectivamente, como ultimo se procede a instalar, templar y asegurar las bandas.



Foto N-º 4.3 Montaje de la chumacera, con sus dos poleas

Terminado todo este proceso se realizo las pruebas respectivas y necesarias de todo el conjunto, para poder determinar su funcionamiento.

Ver Anexo N-º 2

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN EN LÍNEA RECTA¹²

1.- Línea Recta Dado que las ruedas derecha e izquierda giran a la misma velocidad, la caja del diferencial, los engranajes laterales, los engranajes de piñón, la arandela de empuje, las placas retenedoras del embrague y el resorte de compresión giran juntos como una unidad, como un diferencial común.



Fig. 5.1 Circulación en línea recta

Cuando un automóvil describe una línea recta, las ruedas de ambos lados dan todos los mismos números de vueltas.

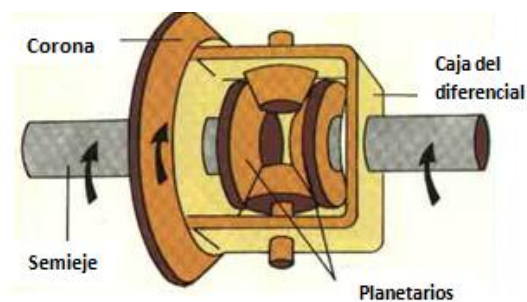


Fig. 5.2 Funcionamiento en línea recta

¹² Árbol de transmisión, diferencial.pdf

La caja gira con la corona, los satélites, que no giran sobre sus ejes, arrastran los planetarios y con ellos los semiejes.

El flujo de fuerza en este caso se muestra abajo:

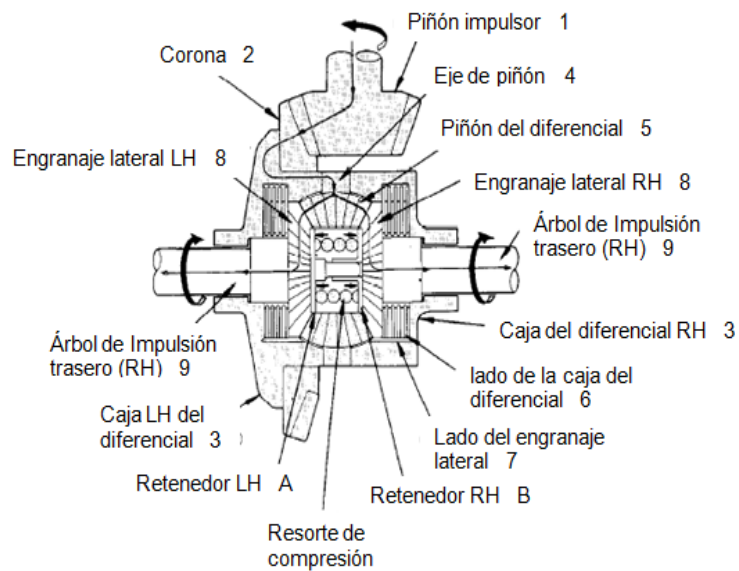
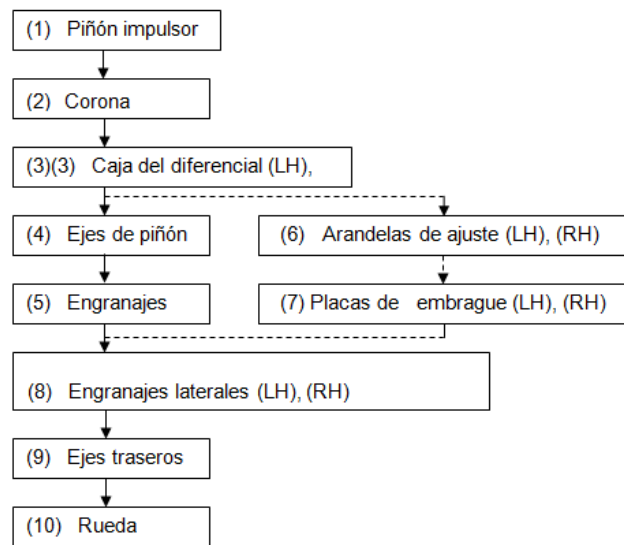


Fig. 5.3 Flujo de fuerza de los engranajes en línea recta

5.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN EN CURVA

2.- **En una Curva** Si se produce una gran diferencia entre las ruedas derecha e izquierda cuando giran (como por ejemplo cuando el vehículo está dando una curva) se produce la respectiva diferencia entre los engranajes laterales (8), (8) que giran. Esta diferencia resultaría en el deslizamiento entre las arandelas de empuje (6) y las placas del embrague (7). Sin embargo, dado que son empujadas juntas por los resortes de compresión (Á), se crea el torque de fricción (*) entre las arandelas de empuje (6) y las placas de embrague (7), (ello es, entre sus superficies, las cuales están en contacto directo con cada una). Así mismo, cuando el vehículo gira a la izquierda ó a la derecha, ocurre un pequeño deslizamiento entre las arandelas de empuje (6) y las placas del embrague. Esto trata de mantener la diferencia las velocidades de rotación y los engranajes laterales tan pequeña como posible.



Fig. 5.4 Circulación en curva

Al tomar una curva, las ruedas interiores efectúan menor recorrido que las exteriores, el diferencial les permite ir a distintas revoluciones.

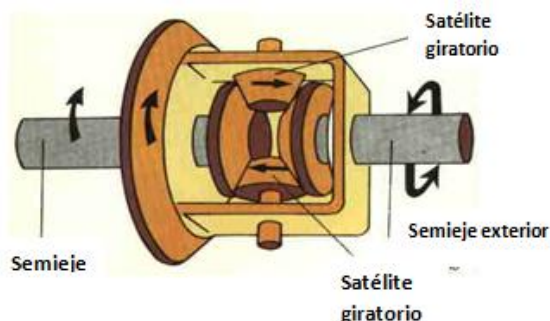


Fig. 5.5 Flujo de fuerza de los engranajes en curva

Cuando el planetario interior gira menos que la corona, el planetario exterior, movido por los satélites, giran más rápido.

El flujo de la fuerza en este caso se muestra abajo:

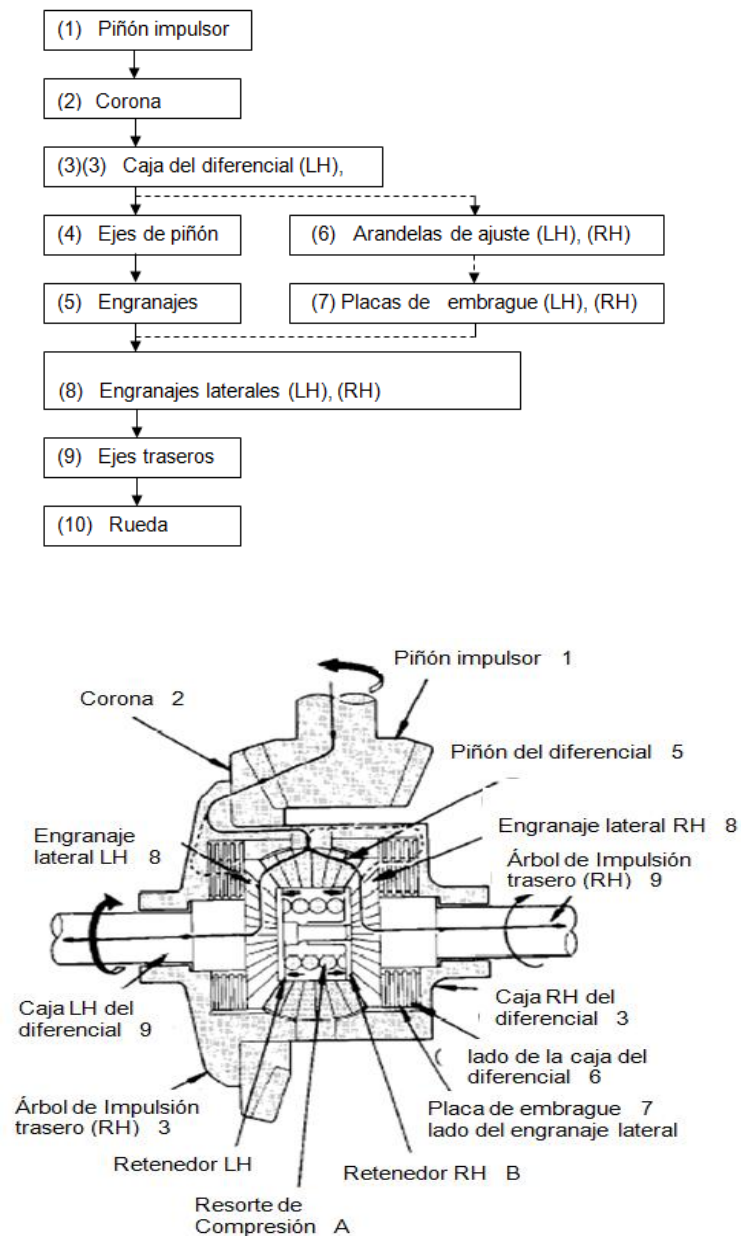


Fig. 5.6 Flujo de fuerza de los engranajes en curva

5.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN¹³

Muchos fabricantes no especifican un intervalo de cambio del lubricante en el diferencial del eje trasero. Pero dudamos que el lubricante lipoide puesto en la fábrica dure 16.000 km (10.000 millas). Aunque el primer pasó es relativamente simple, los fabricantes no han facilitado esta tarea. Siempre existe un tapón para la lubricación, que se quita para mirar el nivel de lubricante. El lubricante debe llegar hasta aproximadamente 1,27 cm (1/2") del borde.

➤ **Lubricación de los engranajes:** Al someter a esfuerzos a un conjunto de engranajes, en presencia de un entorno corrosivo, el proceso de corrosión se acelera, en presencia de una falla superficial esta podría desarrollarse con mayor rapidez de lo que se esperaría. La grieta crecerá cuando la pieza sea sometida reiteradamente a esfuerzos cíclicos (rodeada de este entorno corrosivo).

La picadura y posterior descascarado de la superficie (falla superficial), puede iniciarse cerca de la zona o en la zona misma de "rodamiento puro del engranaje", puede darse que el material dentro del área de contacto posea alguna imperfección alojada encima o por debajo de la superficie. Superficies duras y más lisas resisten mejor a la falla por picadura.

El lubricante en este sentido resulta perjudicial, ya que una vez que se forma una grieta se llena de aceite, al acercarse el diente y apretar, la grieta se cierra a presión debajo, oprimiendo el fluido atrapado en la grieta. La presión del fluido crea un esfuerzo o tensión en la punta de la grieta, generando un crecimiento rápido en los extremos.

Un lubricante de viscosidad elevada encuentra dificultades, ya que al fluir lentamente, se demora en llenar la grieta, esto retrasa la falla por picadura. Un lubricante de baja viscosidad entra con facilidad en la

¹³ 0608Diferencial-Darwin.pdf

grieta, elevando a niveles de riesgo la posibilidad cierta de una falla catastrófica a corto plazo. El desempeño del lubricante va a depender de la velocidad, de la carga, de la geometría del engranaje y de la viscosidad.

Tres factores se vinculan para que este acometido sea exitoso.

Todos deben lubricarse a fin de evitar fallas prematuras como el desgaste adhesivo o abrasivo.

- a) Es importante controlar la temperatura de la interfaz de acoplamiento para reducir ralladuras y raspaduras en los dientes.
 - b) El lubricante también debe eliminar calor, además de separar las superficies de metal, reduciendo fricción y desgaste.
 - c) Debe suministrar suficiente lubricante para transferir calor de fricción hacia el entorno y no permitir temperaturas excesivas en el acoplamiento.
- **Lubricación límite:** ocurre cuando el engranaje funciona a baja velocidad, operaciones frecuentes de partidas – paradas, cambios de dirección, se dan condiciones de película de aceite muy delgada, puede ocurrir contacto de metal con metal, si hay presencia de agua en el aceite este degrada el aceite empeorando la situación interior, provocando alto desgaste de metales.
Bajo estas circunstancias la película de aceite puede variar entre 5 a 200 micrones.
- **Lubricación Hidrodinámica:** producto de la velocidad los mecanismos se separan, el aceite fluye veloz, se enfría y la película aumenta, puede llegar a 200 micrones llegando a ser plena.
- **Lubricación Elasto Hidrodinámica:** funciona por contacto al paso, los elementos en contacto se deforman elásticamente para agrandar la superficie de contacto, donde la película de aceite generalmente es menor a un micrón.

Las altas presiones de contacto pueden llegar hasta 500.000 PSI, convirtiendo al aceite en un sólido Si existe humedad este factor de operación se complica disminuyendo la protección requerida.

Para los engranajes en configuración Hipoidal no es tan claro si ocurre esta forma de contacto en los dientes, pero si se da en los elementos rodantes que sirven de guía a los ejes. La forma de lubricarse de estos engranajes sería Hidrodinámica. En este proceso de roce se interpone una película límite de aceite, esta recibe toda la energía que se produce por contacto deslizante puro en la raíz y en la punta del diente, la alta presión en la línea de paso debido a contacto puro de rodamiento (contacto combinado de deslizamiento y rodamiento) la alta temperatura alcanzada en este proceso hace que el aceite llegue a niveles extremos de operación, luego debe ser evacuado con rapidez a un ambiente de cárter para transferir su energía calórica al medio ambiente, de paso evacuar vapores por el respiradero de la caja diferencial.

❖ **Factores que apuran el envejecimiento del aceite, ocurre de la siguiente manera:**

- ✓ Fatiga del aceite por la alta temperatura de trabajo.
- ✓ Fatiga del aceite por aireación.
- ✓ Fatiga del aceite por ingreso de agua – polvo (sellos, respiradero).
- ✓ Fatiga del aceite por contacto con excesiva partículas de hierro.
- ✓ Fatiga por su naturaleza de trabajo mecánico, cambios bruscos de temperatura, batido constante, sometido a esfuerzo de corte.

Finalmente estos mas otros factores que alteran la propiedad original del fluido, lo convierten en algo parecido a “Lodo”, cambian de color, adopta un olor característico que en nada se parece al producto cuando es nuevo.

Este nuevo ambiente de lubricación, marcado por un deterioro progresivo del fluido, desgastan los rodamientos, se desalinean los engranajes, luego pueden llegar incluso a romperse.

5.4 PERÍODOS DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

5.4.1 El Mantenimiento Preventivo¹⁴ Es el conjunto de Inspecciones, Intervenciones y Mejoras que se realizan en un equipo para evitar su parada intempestiva debido a un fallo.

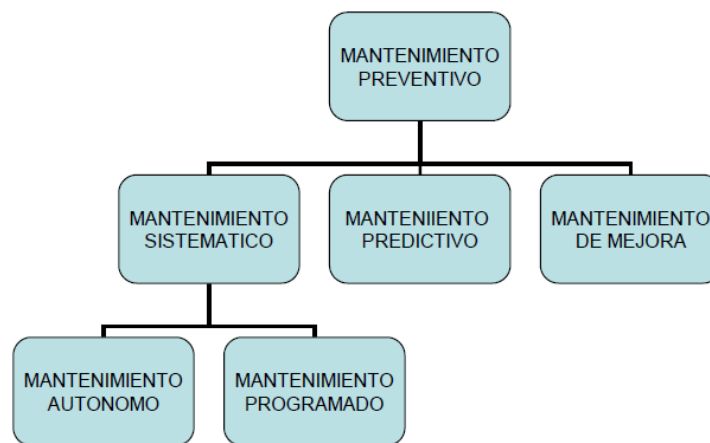


Fig. 5.7 Cuadro de mantenimiento

5.4.2 El Mantenimiento Sistemático: Es el conjunto de acciones programadas en el tiempo que se realizan en un equipo para evitar la avería, consta de dos tipos:

➤ Mantenimiento autónomo:

Es el primer nivel de Intervención, conjunto de acciones elementales diarias o semanales realizadas por el conductor.

- Limpieza
- Revisión nivel del fluido

¹⁴ Mantenimiento Preventivo. Mariano Domínguez PDF

- Lubricación
- Engrase
- Ajustes

➤ Mantenimiento programado:

Conjunto de acciones preventivas planificadas realizadas por el personal de mantenimiento. (Se suelen realizar tres Planes o Programas)

- Plan Anual
- Plan Mensual
- Plan Semanal

5.4.3 El Mantenimiento Predictivo: Consiste en observar de forma continua un parámetro del sistema sin tener que desmontarlo, se puede obtener una imagen muy exacta del grado de deterioro a través de ese parámetro. El objetivo es planificar mejor el Mantenimiento Preventivo para ahorrar costos. Algunas de las técnicas más empleadas:

- Análisis visual
- Análisis de Vibraciones
- Termografía
- Análisis de lubricantes
- Ultrasonidos

5.4.4 El Mantenimiento de Mejora

Consiste en detectar los posibles defectos en el sistema para elaborar un **Plan de Mejora** con el objeto de aumentar la Disponibilidad, la Fiabilidad y la Calidad de los sistemas de producción.

➤ Consta de las siguientes fases

A partir de la información contenida en el Historial de Averías del Equipo se pueden obtener las máquinas u órganos más problemáticos o con más fallos.

Aplicar el **ciclo PDCA** al plan de Mejora

- **Plan:** Planificar Acciones correctivas
- **Do:** Llevarlas a Cabo
- **Check:** Comprobar que se han realizado y analizar causas de desviaciones
- **Act:** Actuar en caso de desviaciones con Mejoras

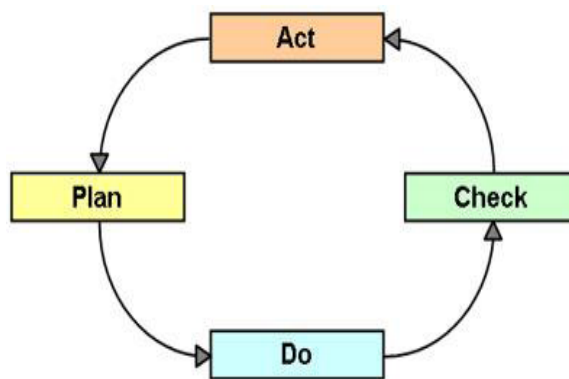
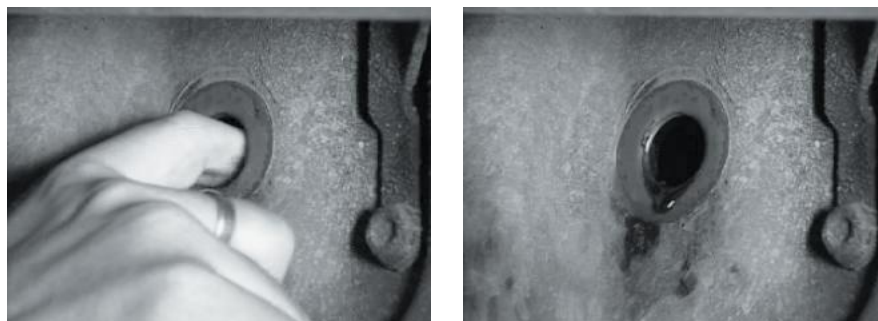


Fig. 5.8 Ciclo PDCA

5.4.5 Controlar el nivel de aceite del diferencial

Si el aceite esta en el fondo del agujero de inspección, y comienza a venir hacia afuera de la unidad, entonces volver a colocar el tapón porque la unidad está llena de lubricante y al nivel correcto. Si el aceite no se sale de la unidad, usar un lubricante recomendado para llenar la unidad al nivel correcto y después reinstalar el tapón.



Fotos 5.1 Control de nivel de aceite del diferencial

5.4.6 Resolviendo problemas

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
El diferencial rasca	Pistas defectuosas o sucias	Sustituirlas o limpiarlas, tanto de corona como de tornillo
El diferencial da tropezones	Diferencial sucio. Partículas de polvo en su interior	Limpiarlo. Si el problema no se soluciona cambiarlas por nuevas
Zapatatas apretadas pero las ruedas deslizan	Diferencial suelto	Apretarlo correctamente. Es aconsejable aflojar un poco las zapatas
El coche gira muy poco y tiende a trompear	diferencial muy apretado	Aflojarlo ligeramente
El diferencial funciona pero en algunos casos se pone duro	Corona deformada. Los soportes de los rodamientos tienen holgura	Cambiar la corona por nueva
El diferencial se afloja continuamente	Conjunto tornillo-rosca ineficiente. Rosca desgastada	Cambiar el tornillo

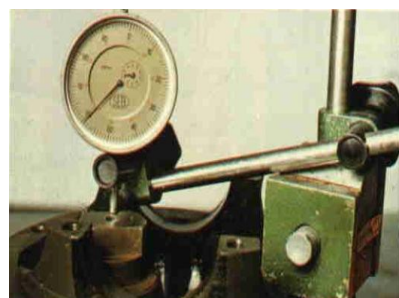
5.5 PRECAUCIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD

➤ Preparación de las herramientas e instrumentos de medida

Antes de empezar el trabajo, asegurarse de que todas las herramientas y los instrumentos de mediciones necesarios sean disponibles.

○ Herramientas especiales de mantenimiento

Utilizar las herramientas especiales de mantenimiento cuando sea necesario.



- **Control pérdidas de aceite**

Controlar dónde hay pérdidas de aceite y luego efectuar las reparaciones necesarias.



- **Remoción de los componentes**

Mientras que se corrige un problema, tratar también de establecer sus causas. Empezar el trabajo sólo después de que se hayan establecido qué componentes o conjuntos deben quitarse y desmontarse para ser reparados o sustituidos. Después de haber quitado un componente, tapar todo los orificios y las lumbreras para evitar que entren impurezas.



- **En el desmontaje**

Si el procedimiento de desmontaje es difícil, si se necesita desmontar muchas partes, se aconseja marcar los componentes (de manera que no se dañen y que no cambien de apariencia) para identificarlos y facilitar el montaje.

- **Control durante la remoción o el desmontaje**

Cuando se quitan unos componentes, cada uno de ellos debe controlarse con cuidado para detectar funcionamientos incorrectos, deformaciones, daños y otros problemas.



- **Disposición y Limpieza de los componentes**

Todos los componentes desmontados deben disponerse con cuidado para el remontaje.

Asegurarse de separar, o identificar, los componentes que se deben sustituir de aquellos que se pueden reutilizar. • Todos los componentes que se pueden reutilizar, deben limpiarse con cuidado y según un método apropiado.



- **Para el Remontaje**

Los valores estándar, como el par y ciertos ajustes, deben observarse estrictamente durante el remontaje de todos los componentes.

En caso de remoción, los siguientes componentes deben sustituirse con unos nuevos:

- Sellos de aceite
- Juntas
- O-ring
- Arandelas de seguridad
- Chavetas
- Tuercas de Nylon

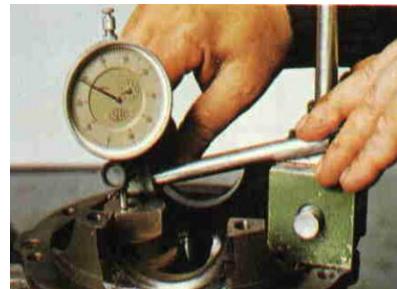
Según la posición:

- Silicón y juntas, o ambas, deben aplicarse en las posiciones especificadas. Cuando se aplica silicón, los componentes deben instalarse antes de que se endurezca para evitar pérdidas.



- Los componentes móviles deben ser lubricados con aceite.
- El aceite o la grasa específicos deben aplicarse en las posiciones prescritas (como los sellos de aceite).

- **Ajuste** Utilizar instrumentos de medición y comprobadores adecuados durante los ajustes.



- **Componentes de caucho**

Evitar que gasolina o aceite caigan sobre los componentes de goma (retenedores).



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El conjunto diferencial, antes de que se acoplara al banco era defectuoso en su funcionamiento, habiendo sido necesario el cambio, reemplazo, reparación y mantenimiento de determinadas partes.
- El presente proyecto realizado sirve fundamentalmente para profundizar conocimientos del conjunto diferencial.
- Además se ha facilitado de material didáctico a la Facultad de Mecánica automotriz, ayudando de esta manera al mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.
- El uso del banco didáctico es importante, ya que nos brinda un adiestramiento básico del conjunto diferencial.
- El accionamiento del diferencial para el proceso de su simulación se utiliza un motor eléctrico de 1.5 HP, con una capacidad de salida de 1700PRM, suficiente como para lograr el respectivo movimiento.
- En el momento de accionar el freno de mano a un solo tambor obtenemos variantes de velocidad en los dos ejes, mediante los cuales podemos simular el giro en curva, y observamos el incremento de RPM en el lado que no está frenado.

- La relación de transmisión obtenida a la salida es mínima ya que es reducida por las poleas, para una mejor observación de los engranajes.

RECOMENDACIONES

- El banco didáctico del diferencial requiere de inspecciones y mantenimiento a ser realizados por el encargado del laboratorio y/o los señores alumnos que realicen las respectivas practicas, a fin de conservar su eficiencia y prevenir fallas de sus componentes.
- Se debe tener en cuenta que el diferencial requiere de una cierta cantidad de aceite para su funcionamiento, revise el nivel del lubricante y complételo si es el caso.
- Antes de poner en funcionamiento el diferencial se debe revisar que no exista ningún objeto sobre las bandas de transmisión ya que pueden romperse y ocasionar accidentes.
- Se recomienda utilizar herramientas adecuadas para la remoción e instalación de los distintos elementos, de no hacerlo así puede ocasionar daños en los mismos.
- Antes de realizar el desarmado, armado, comprobaciones se debe limpiar cuidadosamente las piezas, cualquier partícula extraña puede ocasionar daños en los elementos lo que conlleva a las averías.
- Se debe lubricar bien los elementos deslizantes con grasa o aceite según el caso de acuerdo al lugar en que va a funcionar y al tipo de elemento al cual pertenece.
- En el momento del funcionamiento se debe tener cuidado tanto con las poleas como las bandas, ya que sin la debida precaución puede ocasionar accidentes.

- Tener cuidado de no revolucionar el motor eléctrico pues podría ocasionar daños en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Tecnología del automóvil de la GTZ.

Matemática aplicada de la GTZ.

El tractor.pdf.

Manual del mecánico 4x4 Miguel de Castro.

Lubricantes y lubricación aplicada José Benlloch María 621.89 B456I

Manual de diferencial Toyota.

Mecánica del automóvil. J.M. Alonso.

Árbol de transmisión diferencial pdf.

0608Diferencial-Darwin.pdf.

Mantenimiento Preventivo. Mariano Domínguez pdf.

www.conocimientosbásicosdelautomovil

www.gmclubtipodediferenciales

www.mecanicavirtual.com

www.patanes4x4.com

www.todomecanica.com

www.scribd.com

ANEXOS

Latacunga, Marzo del 2011

AUTORES

KLEVER PAREDES

CARLOS ANGAMARCA

ING. JUAN CASTRO

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

DR. EDUARDO VASQUEZ A.

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO