



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**REACONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS
AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO**

Orlando Antonio Medina Flores

Asesorado por el M.A. Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, marzo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REACONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS
AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ORLANDO ANTONIO MEDINA FLORES

ASESORADO POR EL M.A. ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova |
| VOCAL V | Br. Henry Fernando Duarte García |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

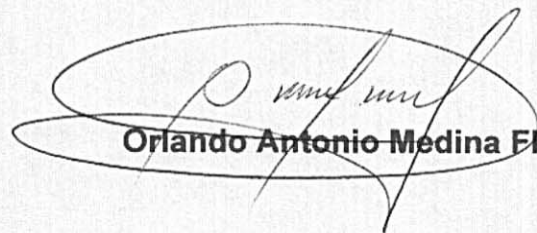
| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.) |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera |
| EXAMINADOR | Ing. Roberto Guzmán Ortíz |
| EXAMINADOR | Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REACONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 17 de noviembre de 2015.



Orlando Antonio Medina Flores

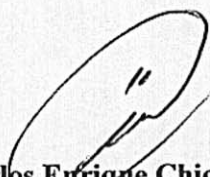
Guatemala 23 de febrero del 2,016

Ingeniero
Roberto Guzmán Ortiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero Roberto Guzmán

Le saludo atentamente informándole que se procedió con la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado **RECONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO**, desarrollado por el estudiante **Orlando Antonio Medina Flores** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Colegiado 6965
Asesor

Ma. Ing. Carlos E. Chicol C.
COL. No. 6965



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.092.2016

El Coordinador del Área Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **REACONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO**, desarrollado por el estudiante **Orlando Antonio Medina Flores** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Área de Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero 2016



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.109.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **REACONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO**, del estudiante **Orlando Antonio Medina Flores**, carné No. **1983-17991** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



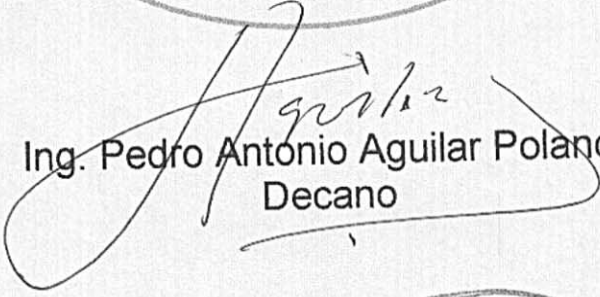
Guatemala, marzo de 2016

/aej



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **REACONDICIONAMIENTO DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS, UTILIZANDO EL PROCESO DE METALIZACIÓN EN FRÍO**, presentado por el estudiante universitario: **Orlando Antonio Medina Flores**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2016



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por permitir vivir hasta este día, por haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad. ¡Soy ingeniero!

Virgen María

Por haber intercedido por mí ante tu hijo para la culminación de mi carrera profesional. Muchas gracias virgencita.

Mis padres

Maximiliano Medina Vanegas y Hilda Mercedes Flores de Medina, por darme la vida y enseñarme a luchar hasta el final. Por todo el esfuerzo que hicieron por mí, porque me han dado la mejor herencia que es el estudio. Este triunfo también es de ustedes. Los amo.

Mi esposa

Maritza Sandoval López de Medina, por todos los momentos de desvelo, por tu ayuda, paciencia, gran amor y apoyo, porque ha sido un esfuerzo mutuo. Te amo mi mujer virtuosa.

Mis hermanos y familia

Lesbia, Mirna, Max y Ericka Medina Flores, por llenar mi vida de grandes momentos, que hemos compartido.

Mis abuelos

Florentín Medina Sandoval (q. e. p. d.), Teresa Vanegas Sandoval (q. e. p. d.), Silvestre Flores Godoy (q. e. p. d.) y Romelia Martínez Sandoval (q. e. p. d.), quienes con su amor y bendiciones me apoyaron a lo largo de mi vida, además de haberme dado unos excelentes padres.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Guatemala | Por enseñarme el valor de nacer y vivir en un país tan hermoso. |
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por brindarme la oportunidad de estudiar y formar parte de esta casa de estudios superiores. |
| Facultad de Ingeniería | Por aceptarme como miembro de esta gran Facultad. |
| Mi asesor y amigo | M.A. Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera, por su amistad incondicional, apoyo y experiencia para la realización de mi trabajo de graduación. |
| Taller de Ingeniería Técnica Industrial | Por permitirme realizar mi trabajo de graduación en sus instalaciones. |
| Personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería | Ing. Murphy Paíz, Inga. Anabella Córdova, Ing. Hugo Rivera, M.A. Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez, Ing. Ismael Veliz, Ing. Roberto Guzmán, M.A. Byron Giovanni Palacios, M.A. Ing. Víctor Ruiz. |

Mis amigos

En especial al Ing. Carlos Snell Chicol Morales, por ser un excelente compañero, amigo y por motivarme a seguir adelante. Ing. Carlos Enríquez, por tu gran apoyo incondicional. Brian Chicol, Ing. Leonel Chicol, Ing. Helmunt Chicol, Ing. Jorge Tampán, Ángel Vettorazi, Paulo Vargas, por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré, a la gran familia de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional, a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón, donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**Grupo de oración María
Auxiliadora Ministerio de
Niños**

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XI |
| OBJETIVOS..... | XIII |
| INTRODUCCIÓN | XV |
| | |
| 1. CAJA DE CAMBIOS..... | 1 |
| 1.1. Descripción de operación | 2 |
| 1.2. Relación de cambios | 3 |
| 1.3. Tipos de cajas de cambios | 4 |
| | |
| 2. CAJA DE CAMBIOS MECÁNICA..... | 5 |
| 2.1. Descripción de la caja mecánica | 6 |
| 2.2. Principios de operación | 7 |
| 2.3. Relación de cambios | 10 |
| | |
| 3. CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA | 13 |
| 3.1. Descripción de la caja automática | 13 |
| 3.2. Principios de operación | 14 |
| 3.2.1. Engranajes epicíclicos | 15 |
| 3.2.2. Engranajes compuestos | 16 |
| 3.3. Sistema hidráulico de operación..... | 17 |
| 3.3.1. Bomba hidráulica | 20 |
| 3.3.2. Turbina | 21 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.4. | Relaciones de cambios en cajas automáticas..... | 24 |
| 3.4.1. | Primera..... | 29 |
| 3.4.2. | Segunda..... | 29 |
| 3.4.3. | Tercera..... | 30 |
| 3.4.4. | Cuarta..... | 31 |
| 3.4.5. | Reversa..... | 32 |
| 3.5. | Mantenimiento y fluido hidráulico..... | 33 |
| 3.5.1. | Filtro..... | 34 |
| 3.5.2. | Empaque de aceitera..... | 35 |
| 3.5.3. | Lubricante..... | 36 |
| 3.6. | Ventajas de operación..... | 38 |
| 4. | METALIZACIÓN EN FRÍO..... | 39 |
| 4.1. | Descripción de la metalización en frío..... | 39 |
| 4.2. | Descripción de los procesos de metalización en frío..... | 40 |
| 5. | TIPOS DE DESGASTE DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS..... | 43 |
| 5.1. | Por fricción..... | 43 |
| 5.2. | Por temperatura..... | 44 |
| 6. | PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS..... | 45 |
| 6.1. | Material del cual están construidas las boquillas de las turbinas..... | 46 |
| 6.2. | Selección del material de aporte..... | 47 |
| 6.3. | Preparación de la superficie a reacondicionar..... | 50 |
| 6.4. | Aplicación del material de aporte..... | 52 |
| 6.5. | Maquinado de la boquilla..... | 54 |

| | |
|-----------------------|----|
| CONCLUSIONES | 57 |
| RECOMENDACIONES | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 61 |
| ANEXOS..... | 63 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Caja de cambios I..... | 2 |
| 2. | Caja de cambios II..... | 5 |
| 3. | Sistema de potencia..... | 7 |
| 4. | Esquema del embrague | 8 |
| 5. | Transmisión de dos relaciones..... | 9 |
| 6. | Caja automática | 14 |
| 7. | Engranajes compuestos de una caja automática | 17 |
| 8. | Sistema hidráulico de operación de una caja automática | 18 |
| 9. | Esquema y funcionamiento de un embrague hidráulico..... | 20 |
| 10. | Bomba hidráulica de una caja automática..... | 21 |
| 11. | Funcionamiento interno del convertidor par I | 23 |
| 12. | Funcionamiento interno del convertidor par II | 23 |
| 13. | Palanca selectora de una caja automática..... | 26 |
| 14. | Tren epicicloidal de una caja automática | 28 |
| 15. | Filtros de aceites para cajas automáticas | 35 |
| 16. | Empaque de aceitera de una caja automática | 36 |
| 17. | Descripción del proceso de metalización en frío | 40 |
| 18. | Proceso de metalización en frío | 41 |
| 19. | Proceso de reconstrucción en la boquilla de la turbina | 46 |
| 20. | Material del cual están fabricadas las boquillas | 47 |
| 21. | Limpieza de la pieza a reacondicionar | 51 |
| 22. | Preparación de la pieza a reacondicionar | 52 |
| 23. | Pieza dentada lista para aplicación de material | 52 |

| | | |
|-----|---|----|
| 24. | Pieza con material de aporte | 54 |
| 25. | Boquilla reacondicionada de la turbina de una caja automática | 55 |

TABLAS

| | | |
|----|---|----|
| I. | Relaciones entrada salida caja manual | 10 |
|----|---|----|

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|-------------------------|
| °C | Grados centígrados |
| °F | Grados Fahrenheit |
| m | Metro |
| mm | Milímetro |
| nm | Nanómetro |
| % | Porcentaje |
| RPM | Revoluciones por minuto |

GLOSARIO

| | |
|---------------------|--|
| ATF | Lubricante que posee aditivos que son capaces de mejorar su estabilidad a la oxidación, inhibir la corrosión y reducir la formación de espuma. |
| Corrosión | Ataque destructivo de un metal por agentes químicos, electroquímicos o por el mismo ambiente. |
| Eje | Pieza que se utiliza como centro de un cuerpo giratorio y sirve como sostén del movimiento rotacional. |
| Fatiga | Daño que sufre una pieza por su uso constante. |
| Fisuras | Fracturas que tiene una pieza. |
| Fricción | Frotar un cuerpo con otro, lo cual produce un desgaste. |
| Metalización | Hacer que un cuerpo metálico se adhiera a otro, ya sea de su misma composición química o no, con el objetivo de reacondicionar la pieza. |

| | |
|--------------------|--|
| Mecanizado | Proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o abrasión. |
| Pulverizar | Reducir a polvo un metal sólido. |
| Rectificado | Operación mecánica que consiste en afinar la superficie de piezas. |
| Refrentado | Operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza en el plano perpendicular al eje de giro. |
| Sopleteado | Manejo y uso correcto del soplete. |

RESUMEN

En la ingeniería es de importancia la restauración de piezas mecánicas a precios económicos, para mantener los equipos en condiciones estables para su buen desempeño.

En la realización del presente trabajo de graduación, se da una explicación detallada de los componentes de una transmisión automática y las funciones de cada una de ellas. Adicionalmente, se realizó un análisis para la restauración de boquillas en turbinas de cajas automáticas con el sistema Rototec 1A, el cual consiste en la aplicación de rocío metálico con una pistola oxiacetilénica que llena de polvo metálico la pieza dañada.

A continuación se realiza una descripción del método de metalización en frío, que consiste en la aplicación de un rocío metálico con un equipo de metalización que aporta el material base. Luego se aplica un material de recubrimiento hasta alcanzar una medida mayor a la original y la aplicación de un aislante en un ambiente libre de contaminación, el cual va a permitir que tenga una mayor adherencia del material de aporte y una vida útil más prolongada.

Entre las ventajas que tiene este sistema están que es de fácil aplicación, económico y proporciona características de mayor resistencia a la tensión y corrosión, lo cual representa durabilidad en las reparaciones y permite garantizar que las boquillas de las turbinas de cajas automáticas no sufran deformaciones y desgaste.

OBJETIVOS

General

Proponer un método para el reacondicionamiento de boquillas para turbinas en cajas automáticas, utilizando el proceso de metalización en frío.

Específicos

1. Conocer el funcionamiento de la caja de cambios automotriz y tipos de cajas de transmisión que existen.
2. Determinar la importancia de las turbinas en las cajas de transmisión automática.
3. Establecer los tipos de desgaste sufrido en las boquillas de turbinas de las cajas de transmisión automática.
4. Realizar el reacondicionamiento de las boquillas de turbinas en transmisiones de cajas automáticas.

INTRODUCCIÓN

La metalización en frío es un proceso que consiste en la aplicación de un material metálico en forma de polvo, conocido como material de aporte, que es usado para el reacondicionamiento de piezas como boquillas de turbinas en cajas automáticas. Se usa como base el sistema Rototec 1, el cual consiste en la aplicación de un material base y un material para recubrimiento, combinándolos con acetileno y oxígeno para su aplicación. De esta manera se obtiene una mayor resistencia a la deformación y al desgaste, adicionalmente proporciona reducción de tiempos en las reparaciones de cajas automáticas y bajos costos en su reconstrucción.

Con el método de rocío metálico, que es usado en una amplia gama de restauraciones, se obtiene buena resistencia al desgaste, por medio de la aplicación de capas de aleaciones de metales. Con esto se garantiza que la pieza no sufrirá deformaciones, sin importar el punto donde se aplique la reconstrucción.

Para la correcta aplicación de este procedimiento, es necesario conocer las diferentes aleaciones que existen para elegir el material adecuado, el cual depende de la pieza a restaurar y el tipo de trabajo que desempeña.

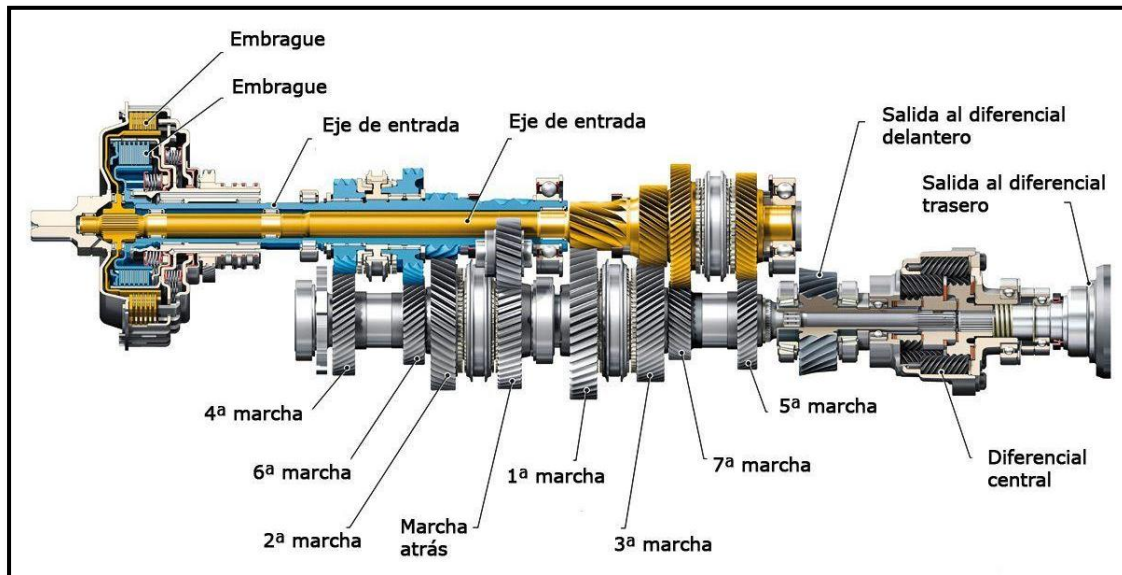
1. CAJA DE CAMBIOS

El ingenio humano y la necesidad de obtener energía tomada de diversas fuentes para desarrollar trabajos, el diseño y la aplicación de los mecanismos para aprovechar dicha energía empuja al ser humano en un desarrollo de ideas, como los molinos de viento utilizados en Holanda para secar los campos, los molinos de granos propulsados por viento o agua tomada del cauce de los ríos. Incluso algunos de los diseños más interesantes son los planteados por Leonardo da Vinci (Italia, 15 de abril de 1452–2 de mayo de 1519), de donde se tomaron ideas para muchos diseños actuales.

El manejar la energía con los medios disponibles fue el mayor reto para todo sistema de transmisión en la época, así como el sistema de potencia basado en una caldera de agua, que para ejecutar un trabajo a bajas velocidades libera poco vapor y para mayores velocidades libera una cantidad superior, es fácil de entender si se compara con un tren de vapor. El problema es que dicho sistema tenía como limitante las pendientes, subirlo era lo más difícil y bajarlas no presentaba problema alguno para el sistema de potencia, pero sí para el sistema de frenos. El poder manejar o controlar la potencia a las necesidades de conducción presentaba siempre un problema.

La necesidad de dar propulsión a los sistemas de ruedas en un vehículo y transformarlo en un automóvil era lo más buscado por los inventores de su momento, ingenieros mecánicos, aficionados o simples inventores investigaban la fórmula idónea que fuera primordialmente funcional, sin importar el consumo de combustible, ya que la eficiencia no era un tema muy tratado en esos días. Poco a poco se fueron dando los avances y los inventos aparecieron uno a uno.

Figura 1. **Caja de cambios I**



Fuente: *Mecánica y Motores*.

<http://www.mecanicaymotores.com/imagenes/galerias/funcionamiento-caja-cambios.jpg>.

Consulta: 13 de noviembre de 2015.

1.1. Descripción de operación

Toda caja de cambios tiene como objetivo primordial el control y transmisión de la potencia proveniente del motor hacia el eje y este a las ruedas de tracción. La teoría es simple y se ha mantenido así hasta la actualidad, claro está que algunos fabricantes han presentado diseños más elaborados con mejoras e innovaciones propias, pero al final se alcanza el mismo objetivo.

Esta operación se basa en la relación de radios entre engranes, en otras palabras, la cantidad de vueltas que puede dar el engrane conductor y su relación con las que da el engrane conducido. Es tan sencillo como pensar en

cuántas vueltas puede dar una rueda con un radio determinado para cubrir una distancia fija y cuántas vueltas necesitará dar otra rueda con radio diferente para cubrir la misma distancia. Como analogía se puede considerar el sistema de cambios de una bicicleta, en el que se posee de uno a tres engranes en el eje central de los pedales y un grupo de seis engranes acoplados al eje central de la rueda trasera. Conforme se cambia de engranes, tanto en el conjunto de pedales como en el eje trasero, se obtienen diferentes relaciones y la presión o fuerza que se debe aplicar para mantener la velocidad varía.

Se puede seleccionar la relación dependiendo de la inclinación o condición del terreno. Así como se seleccionan las relaciones en una bicicleta, también es posible seleccionarlas en los automóviles y el sistema mecánico encargado de efectuarlos es la caja de cambios, la cual posee características diferentes y especiales dependiendo del diseño interno.

1.2. Relación de cambios

Por lo general, se piensa que las transmisiones de los automóviles poseen cambios, pero algunos dirán que no, que son diferentes relaciones; ambas premisas son válidas ya que se efectúa un cambio de relación entre los engranes.

Se les ha denominado velocidades, ya que en cada una de ellas el automóvil es capaz de alcanzar una velocidad determinada, pero la velocidad es sacrificada por la potencia que está disponible para ser utilizada en cada relación. Es decir, a bajas velocidades de avance, 1ª y 2ª, la potencia es erogada en menor tiempo y se alcanza las velocidades de avance deseadas rápidamente, a diferencia de 3ª o 4ª, en las cuales al automóvil responde más lentamente al querer aumentar su velocidad de avance. Realmente se está

haciendo un cambio de relaciones de vueltas entre el engranaje conductor y el conducido.

1.3. Tipos de cajas de cambios

Por su forma de operar se pueden considerar tres tipos básicos de transmisiones: mecánicas o manuales, automáticas y continuas variablemente. Cada una de ellas posee características especiales.

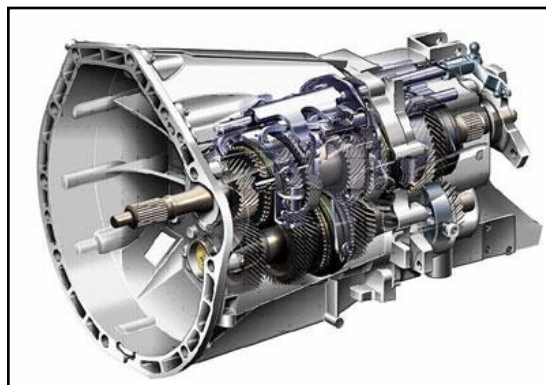
- **Mecánicas o manuales:** son las transmisiones más utilizadas en los vehículos automotores, no importando si son motocicletas, autos particulares, de pasajeros, servicio pesado o agrícolas. Posee un número determinado de relaciones fijas, los cuales pueden ser seleccionadas a criterio del conductor.
- **Automáticas:** son las transmisiones que poco a poco han ganado terreno, poseen un número determinado de relaciones, pero son seleccionadas por un sistema de control mecánico-electrónico. El sistema de control mecánico está basado en la presión del fluido hidráulico y, conforme este cambia, también cambia de relación. El sistema electrónico analiza varias variables para decidir la relación adecuada para cada condición de manejo. También pueden ser seleccionadas por el conductor, pero por el poco conocimiento del funcionamiento de las mismas, muy pocos conductores lo hacen.
- **Continuamente variables:** un diseño relativamente nuevo en la industria automotriz, pero que por sus características se presenta como la nueva y más confiable alternativa. No posee relaciones fijas, las mismas varían continuamente según las condiciones de conducción.

2. CAJA DE CAMBIOS MECÁNICA

En todo automóvil, el corazón y centro real de trabajo es la caja de cambios, la cual realmente es una transmisión en virtud de su trabajo que es transmitir y controlar la potencia desde el motor hacia el eje de tracción. Está conformada por un conjunto de engranes, ejes, sistemas de varillas y palancas. Cada uno de estos elementos permite manejar la potencia erogada por los motores y llevarla hacia las ruedas en el eje de tracción.

Esto se logra mediante las diferentes relaciones de desmultiplicación obtenidas en el cambio, más la del grupo de salida en el diferencial. El sistema de transmisión proporciona las diferentes relaciones de engranes o engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas.

Figura 2. **Caja de cambios II**



Fuente: *Mecánica y Motores*. <http://businessline.biz/wp-content/uploads/2015/10/guero31.jpg>.

Consulta: 13 de noviembre de 2015.

2.1. Descripción de la caja mecánica

Las cajas de cambio son un sistema que transforma la velocidad producida en la mecánica para adaptarlo a la velocidad que se desea obtener en las ruedas. De esta manera, en un mismo vehículo se puede circular a diferente velocidad aunque la mecánica funcione al mismo régimen de giro. Esto es posible gracias a que la caja de cambios se intercala entre el motor y las ruedas.

La caja de cambios está constituida por una serie de ruedas dentadas dispuestas en tres árboles:

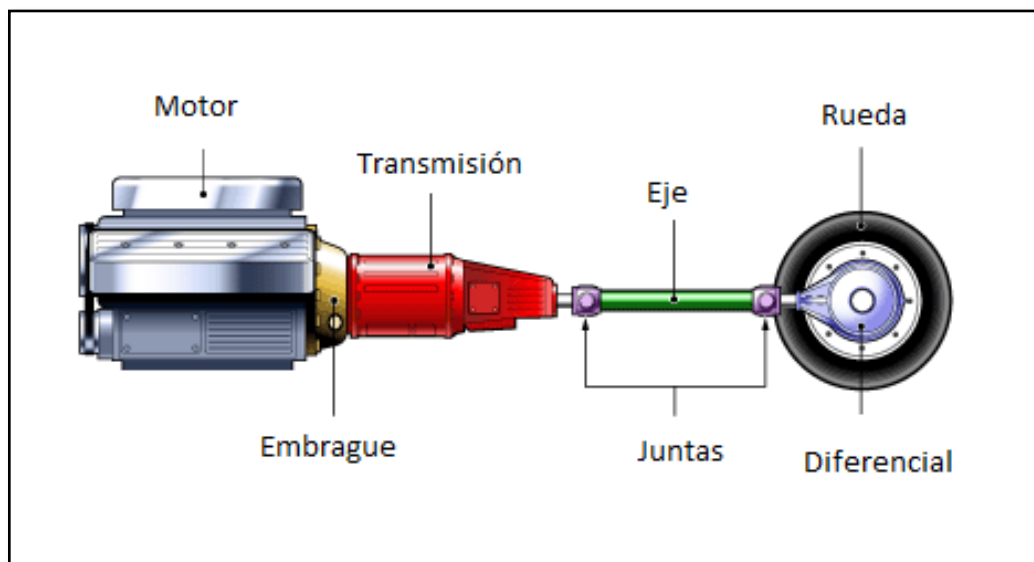
- **Árbol primario:** recibe el movimiento a la misma velocidad de giro que el motor. Habitualmente lleva un único piñón conductor en las cajas longitudinales para tracción trasera o delantera. En las transversales lleva varios piñones conductores. Gira en el mismo sentido que el motor.
- **Árbol intermedio o intermediario:** es el árbol opuesto o contra-eje. Consta de un piñón corona conducido que engrana con el árbol primario y de varios piñones, gira en el sentido opuesto al motor.
- **Árbol secundario:** en las cajas transversales no existe. Consta de varios engranajes conducidos que están montados sueltos en el árbol, pero que pueden ser solidarios con el mismo mediante un sistema de desplazables. Gira en el mismo sentido que el motor y en sentido inverso en las cajas transversales.

- El eje de marcha atrás lleva un piñón que se interpone entre los árboles intermedio y secundario en las longitudinales, o primario y secundario en las transversales para invertir el sentido de giro habitual del árbol secundario.

2.2. Principios de operación

Los vehículos necesitan de una transmisión para manejar la potencia erogada por el motor, dirigirla hasta el eje de transmisión y posterior a las ruedas, el arreglo normal para un vehículo con tracción en el eje trasero es como se indica en la figura 3.

Figura 3. Sistema de potencia

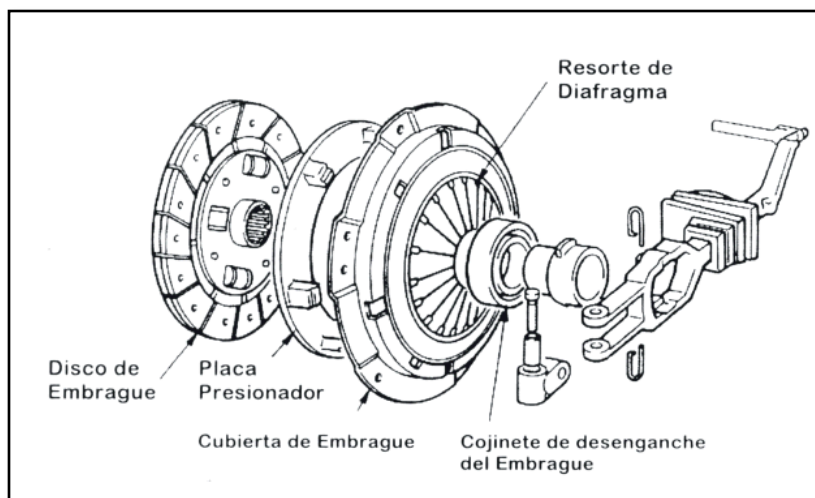


Fuente: *Transmisiones mecánicas*. <http://s.hswstatic.com/gif/transmission-diagram.gif>. Consulta: 13 de noviembre de 2015.

El eje de entrada a la transmisión gira a la misma velocidad que el motor, razón por la cual se utiliza el embrague (figura 5). Al entrar en operación, este desacopla la salida del motor con la entrada de la transmisión y permite ejecutar los cambios de relaciones.

Este es un conjunto totalmente mecánico, conformado por canasta o cubierta, disco de embrague y horquilla de accionamiento.

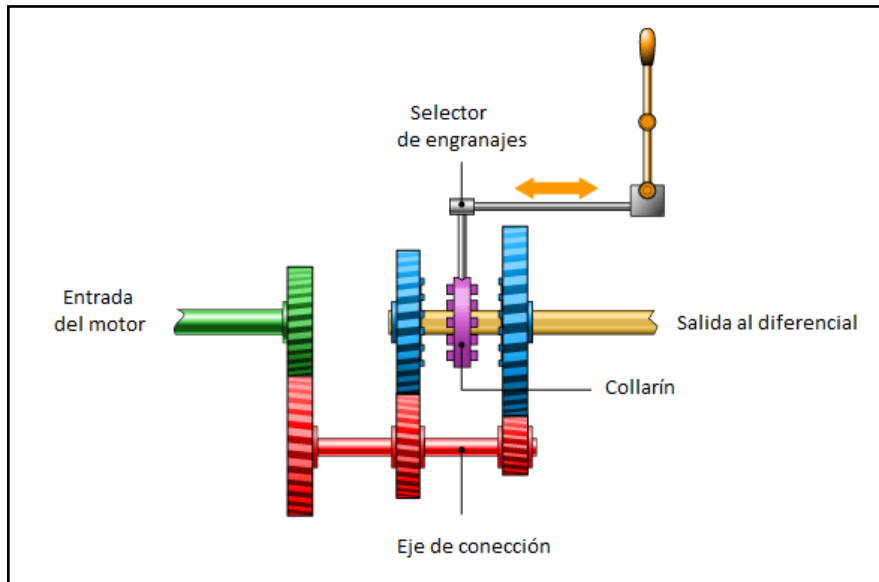
Figura 4. **Esquema del embrague**



Fuente: *Transmisiones mecánicas*. [http:// www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/33/config-tp-resorte-diafragma_2.gif](http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/33/config-tp-resorte-diafragma_2.gif). Consulta: 13 de noviembre de 2015.

Para entender el funcionamiento básico de una transmisión manual, se tomará como ejemplo una de dos relaciones. Si se pone atención a los diagramas siguientes, se logrará entender su teoría y principio de operación.

Figura 5. Transmisión de dos relaciones



Fuente: *Transmisiones mecánicas*. [http:// auto.howstuffworks.com/transmission2.htm](http://auto.howstuffworks.com/transmission2.htm). Consulta: 13 de noviembre de 2015.

El eje de entrada sale del sistema de engrane y tiene las mismas revoluciones que el motor, sin el embrague no sería posible operar el motor sin que el automóvil esté en movimiento.

El eje de conexión y los engranes del mismo funcionan como una pieza única, giran a una misma cantidad de revoluciones por minuto. El eje de entrada del motor y el de conexión se encuentran conectados por medio de engranes con una relación fija, esto quiere decir que al desacoplar el embrague, los dos ejes giran recibiendo la potencia erogada por el motor.

El collarín que se encuentra montado sobre el eje de salida y es libre de moverse entre los dos engranes adyacentes, está conectado por medio de estrías y hace que gire como una pieza única con el eje de salida.

2.3. Relación de cambios

Las transmisiones mecánicas poseen relaciones que el conductor decide cuál conectar y cuánto tiempo mantenerla conectada. Las relaciones son realmente tomadas entre el o los engranes del eje de conexión y el eje de salida. Estas relaciones, como se explicó anteriormente, son de giro, es decir la relación existente entre la velocidad angular de los engranes acoplados.

Dependiendo de la aplicación de la transmisión, las relaciones cambian, así como cambian de un fabricante a otro, todo está en el diseño. Para tener una idea, en la tabla I se presenta un esquema de relaciones típicas. Una clasificación elemental de los mismos sería la siguiente.

Tabla I. **Relaciones entrada salida caja manual**

| Posición | Relación | RPM en el eje de salida, con el motor a 3 000 rpm |
|----------------|----------|---|
| 1 ^a | 2,315:1 | 1 295 |
| 2 ^a | 1,568:1 | 1 913 |
| 3 ^a | 1,195:1 | 2 510 |
| 4 ^a | 1,000:1 | 3 000 |
| 5 ^a | 0,915:1 | 3 278 |

Fuente: *Relación de cambios*. <http://auto.howstuffworks.com/transmission1.htm>. Consulta: 13 de noviembre de 2015.

Como se observa en la tabla I, las relaciones están dadas a revoluciones por minuto fijas, con un valor aproximado en la salida del motor y valor fijo en el eje de salida de la transmisión hacia las ruedas. Es de notar que al estar en primera posición, el motor otorga mayor torque, ya que puede estar más próximo a su punto óptimo de trabajo.

3. CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Con el desarrollo y evolución de las transmisiones para automóviles se buscaba facilidad, sencillez y comodidad al manejar. En sus inicios era algo complicado el ejecutar los cambios en las transmisiones mecánicas, bombear dos veces el embrague, la presión en el mismo pedal, la fuerza a ser aplicada para el cambio de relación y decidir la más adecuada para cada condición de manejo. Todo en conjunto impulsó a los fabricantes a buscar una forma más sencilla de efectuar los cambios por parte de los conductores y, al mismo tiempo, se les facilitara la conducción, logrando comodidad y confort.

3.1. Descripción de la caja automática

Al conducir un automóvil con transmisión automática, se pueden percibir dos grandes diferencias con las transmisiones mecánicas.

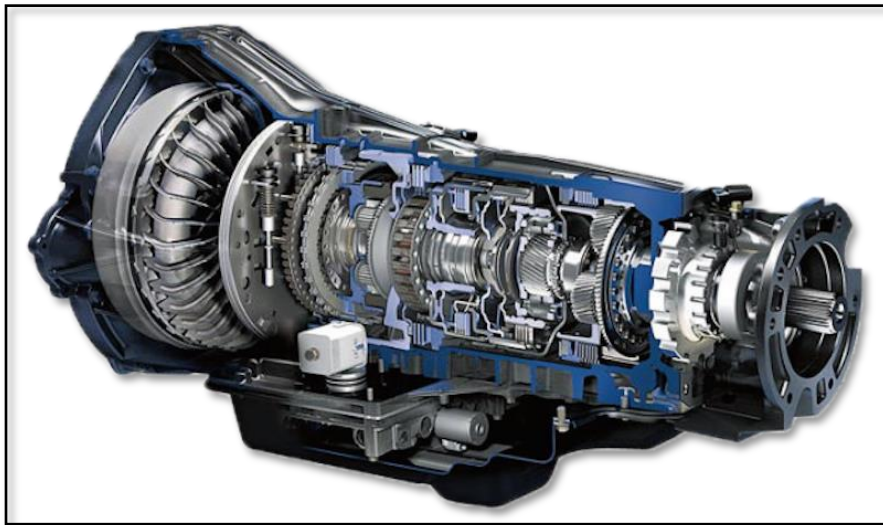
- Ausencia de un pedal de embrague.
- Al conectar la transmisión en posición D o directo, todo se vuelve automático.

La transmisión automática posee el convertidor de torque y la transmisión mecánica el embrague, ambos cumplen exactamente el mismo objetivo de transmitir la potencia del motor a la transmisión, cada uno lo hace de forma diferente.

La clave que hace la diferencia entre transmisiones automáticas y transmisiones mecánicas radica en la forma de conectar y desconectar los

diferentes juegos de engranajes en el eje de salida. Para obtener la relación deseada en cada condición de manejo, en la transmisión mecánica es seleccionado por el conductor, mientras que en la transmisión automática un set de engranajes epicíclicos hace posible lo anterior en forma automática, silenciosa y eficiente.

Figura 6. **Caja automática**



Fuente: *Transmisiones automáticas*. [http:// memolira.com/wp-content/uploads/2014/12/caja-atomatica-tradicional.png](http://memolira.com/wp-content/uploads/2014/12/caja-atomatica-tradicional.png). Consulta: 13 de noviembre de 2015.

3.2. Principios de operación

Al observar el interior de una transmisión automática, se encuentra una gran cantidad de piezas móviles y estáticas colocadas de forma muy ingeniosa dentro de un espacio reducido. Algunas de las piezas son:

- Un set de engranajes epicíclicos.
- Un set de bandas de freno para bloquear partes del juego de engranes.
- Un set de tres embragues húmedos para bloquear otras partes en el juego de engranes.
- Un funcional sistema hidráulico para el control de los embragues y las bandas de freno.
- Una bomba hidráulica para mover el fluido dentro de la transmisión y por todas las partes móviles de esta.

El centro de trabajo real de la transmisión automática es el juego de engranajes epicíclicos, que en realidad son dos, muy bien empaquetados en un conjunto como un solo componente. Los demás elementos ayudan al set epicíclico para hacer su trabajo y así obtener las diferentes relaciones.

3.2.1. Engranajes epicíclicos

Un engranaje planetario o epicicloide es un sistema de engranajes, o tren de engranajes, consistente en uno o más engranajes externos, o planetas, que rotan sobre un engranaje central, o sol. Los trenes de engranajes planetarios son importantes para las transmisiones mecánicas por:

- Su robustez
- Sus posibilidades de relaciones de transmisión
- No tener elementos mecánicos que se desplacen, evitando roturas
- Las múltiples posibilidades de sus diferentes combinaciones
- Sus medidas, al ser mínimas, reducen el volumen del mecanismo

Se utilizan de muy diversas maneras, por ejemplo, es el diferencial de casi todos los coches de motor y cambio transversal; también es el engranaje común en las cajas de cambio automáticas con un convertidor hidráulico de par.

Todo set de engranajes epicíclicos consta de tres elementos o componentes básicos:

- Engranaje solar
- Engranajes planetarios y su soporte
- Engranaje de anillo

Cada uno de estos elementos puede trabajar como conductor, conducido o bien estar estacionario, la diferente combinación de los mismos proporciona las relaciones de salida.

3.2.2. Engranajes compuestos

En las transmisiones que utilizan el set de engranes doble, se le denomina set compuesto, el cual se ve como un sistema simple, pero, en realidad y como se indicara anteriormente, son dos en uno. Está conformado por un engranaje de anillo, dos engranes solares y dos juegos de engranajes planetarios.

Los trenes de engranajes compuestos son aquellos donde la transmisión se obtiene de la combinación en serie de parejas de engranes. La relación de un tren de engranajes compuestos se puede determinar como el producto de las relaciones de transmisión de los pares de engranajes en contacto.

Figura 7. **Engranajes compuestos de una caja automática**



Fuente: *Transmisiones automáticas*. [http:// auto.howstuffworks.com/automatic-transmission4.htm](http://auto.howstuffworks.com/automatic-transmission4.htm). Consulta: 15 de noviembre de 2015.

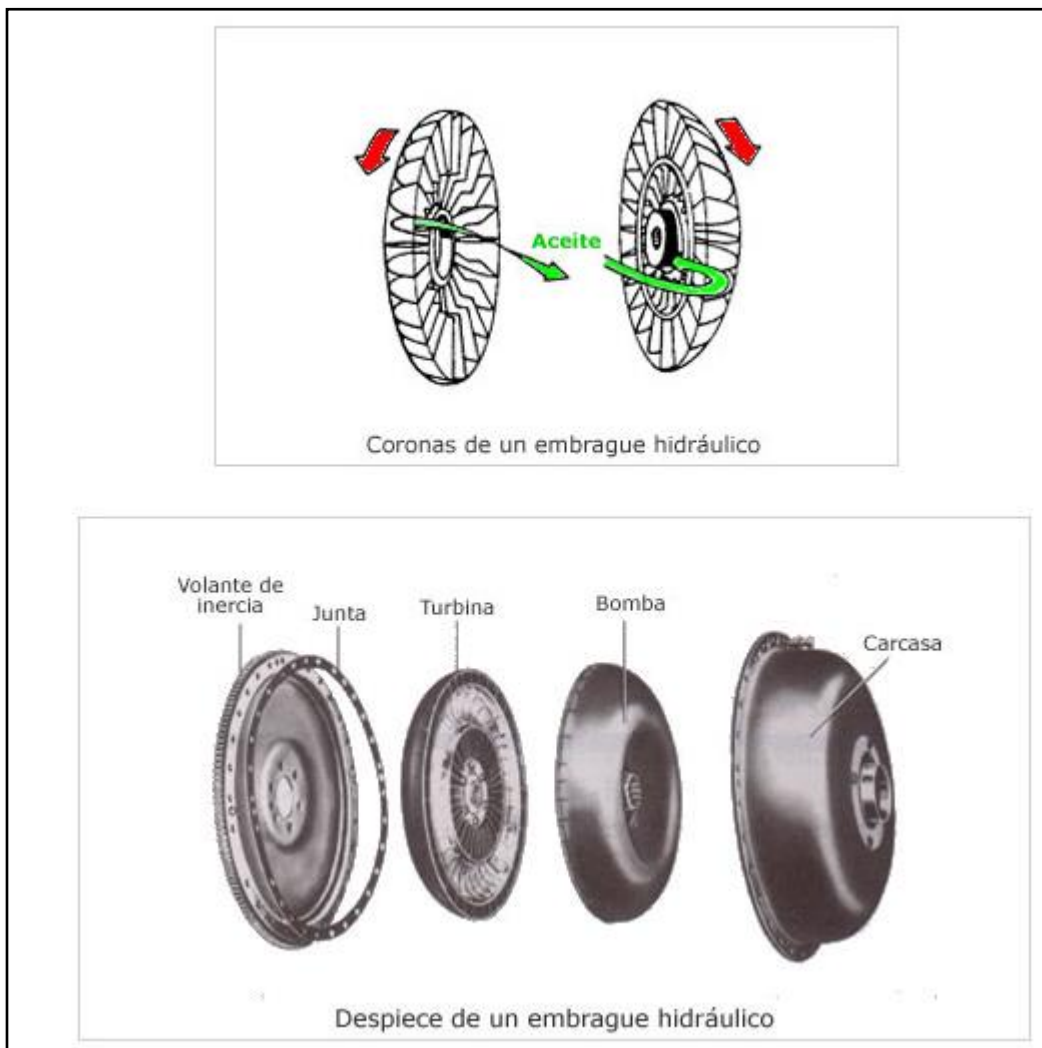
3.3. Sistema hidráulico de operación

Funciona por medio de presión aplicada sobre un aceite hidráulico y este la transmite a las diferentes partes de la transmisión necesarias para operar apropiadamente. Por ejemplo, hay algunas operaciones que se toman como simples en las transmisiones automáticas, pero realmente son muy complejas y el sistema hidráulico es el que logra cumplir con todas ellas. Para tener en perspectiva, a continuación se presentan ciertas operaciones.

El sistema está constituido: por dos coronas giratorias, bomba y turbina, que están provistas de unos tabiques planos, llamados alabes. Una de ellas, llamada rotor conductor, va unida al árbol motor por medio de tornillos y constituye la bomba centrífuga; la otra, unida al primario de la caja de cambios

con giro libre en el volante, constituye la turbina o corona arrastrada. Ambas coronas van alojadas en una carcasa estanca y están separadas por un pequeño espacio para que no se produzca rozamiento entre ellas.

Figura 8. **Sistema hidráulico de operación de una caja automática**



Fuente: *Sistema hidráulico transmisiones automáticas*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>. Consulta: 15 de noviembre de 2015.

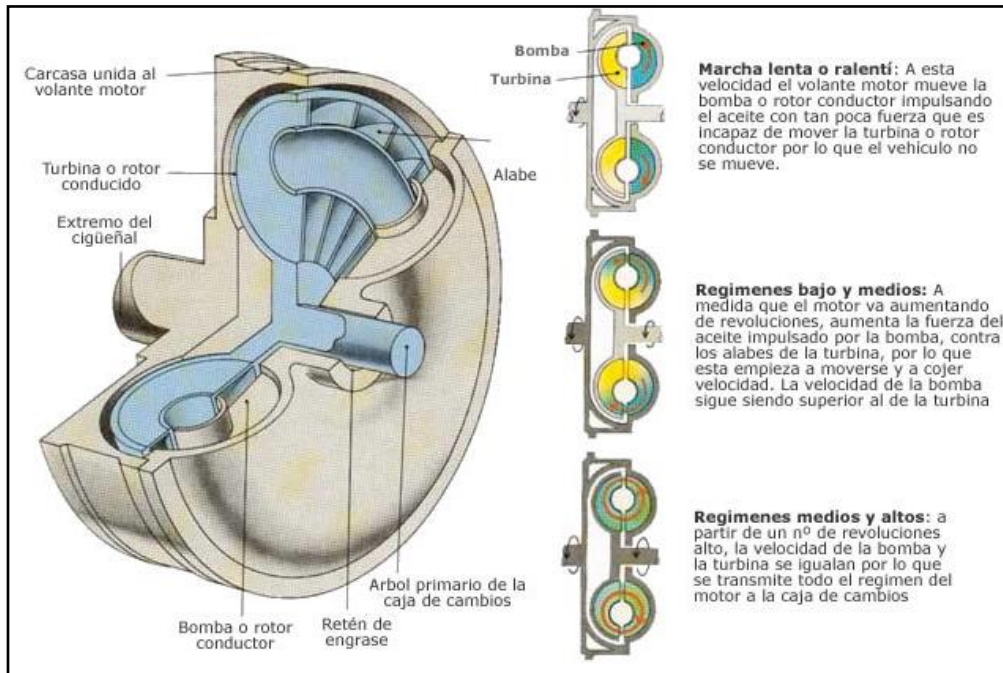
Cuando el motor gira, el aceite contenido en la carcasa es impulsado por la bomba, proyectándose por su periferia hacia la turbina, en cuyos alabes incide paralelamente al eje. Dicho aceite es arrastrado por la propia rotación de la bomba o rotor conductor, formándose así un torbellino.

La energía cinética del aceite que choca contra los alabes de la turbina produce en ella una fuerza que tiende a hacerla girar. Cuando el motor gira, la energía cinética del aceite es pequeña y la fuerza transmitida a la turbina es insuficiente para vencer el par resistente. En estas condiciones, hay un resbalamiento total entre bomba y turbina, con lo que la turbina permanece inmóvil. El aceite resbala por los alabes de la turbina y es devuelto desde el centro de esta al centro de la bomba, en donde es impulsado nuevamente a la periferia para seguir el ciclo.

A medida que aumentan las revoluciones del motor, el torbellino de aceite se va haciendo más consistente, incidiendo con más fuerza sobre los alabes de la turbina. Esta acción vence al par resistente y hace girar la turbina, mientras se verifica un resbalamiento de aceite entre bomba y turbina, que supone el acoplamiento progresivo del embrague.

El par motor se transmite íntegro a la transmisión de embrague, cualquiera que sea el par resistente y, de esta forma, aunque se acelere rápidamente desde ralentí, el movimiento del vehículo se produce progresivamente, existiendo un resbalamiento que disminuye a medida que la fuerza cinética va venciendo al par resistente. Al subir una pendiente, la velocidad del vehículo disminuye por aumentar el par resistente, pero el motor continúa desarrollando su par máximo a costa de un mayor resbalamiento, con lo que se puede mantener más tiempo la directa sin peligro de que el motor se caliente.

Figura 9. Esquema y funcionamiento de un embrague hidráulico



Fuente: *Sistema hidráulico transmisiones automáticas*. <http://>

www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm. Consulta: 15 de noviembre de 2015.

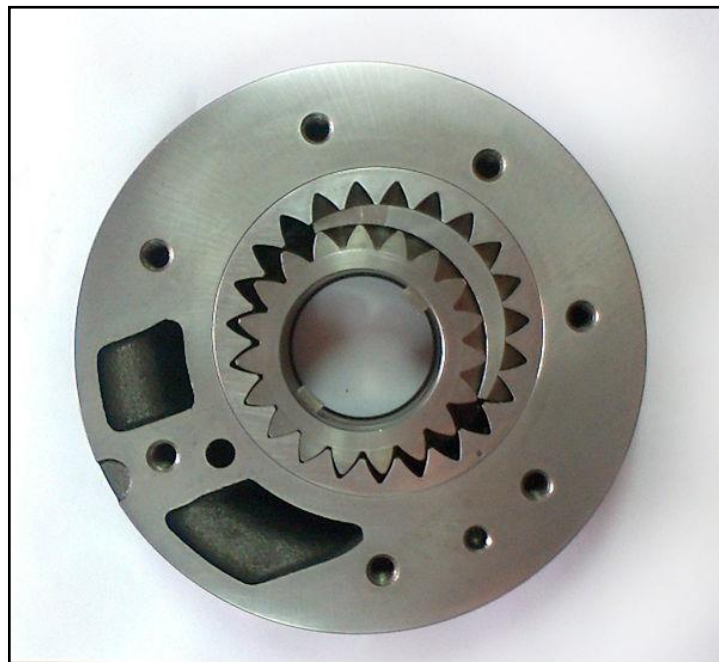
3.3.1. Bomba hidráulica

La transmisión automática tiene muchos componentes, pero el más importante es la bomba de aceite, ya que suministra un caudal de aceite que viaja a través de la transmisión para lubricar los engranes y otros componentes. La bomba está ubicada en el cuerpo de la caja donde encastra el convertidor de par.

Normalmente, es una bomba de engrane ubicada en el cuerpo de la transmisión, aspira el fluido hidráulico desde el fondo de la misma a través de un filtro, el cual retiene material gastado de los discos de embrague y cualquier

partícula de metal gastado. El fluido succionado es impulsado dentro de la transmisión para lubricar todas las partes móviles y, a su vez, alimentar al convertidor de potencia.

Figura 10. **Bomba hidráulica de una caja automática**



Fuente: *Sistema hidráulico transmisiones automáticas*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>. Consulta: 15 de noviembre de 2015.

3.3.2. Turbina

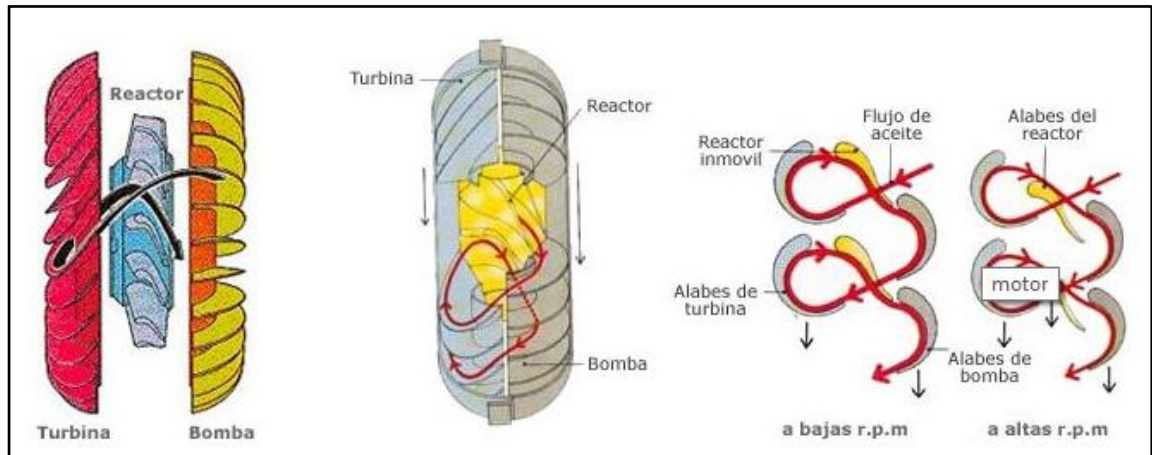
El elemento conducido se llama turbina y va acoplada a la caja de cambios. La bomba dirige aceite presurizado contra la turbina para hacerla girar. La turbina está conectada a una flecha, para transferirle potencia a la transmisión, tiene como misión recibir el aceite enviado por la bomba. La turbina

gira en conjunto con el eje de salida, ya que estos están unidos en un mismo eje.

Forman parte de los componentes del convertidor por las partes que constituyen un convertidor de par. Se destacan dos componentes que interactúan entre sí, produciendo la conexión y acoplamiento del motor de combustión interna y la transmisión de un equipo. Estos son:

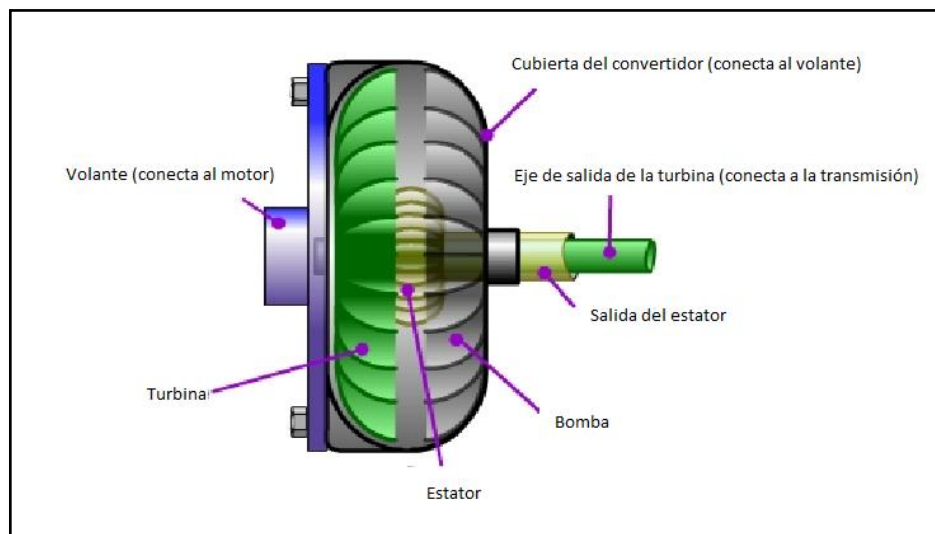
- Bomba: también conocida como impelente. Este elemento tiene paletas que se encargan de impulsar el aceite a la turbina. Se considera el elemento conductor, debido a que es el que recibe el movimiento del motor, al que está unido, e impulsa el aceite contra él. La bomba está fijada al volante del motor y la turbina está fijada al eje de entrada de la transmisión. Cuando se arranca el motor, la bomba comienza a girar y empuja el aceite desde su centro hacia el borde exterior.
- Estator: el convertidor de par incluye un tercer elemento que viene a mejorar las condiciones de funcionamiento en la circulación del aceite, se trata del estator. Tiene como misión redirigir el aceite ocupado por la turbina y entregarlo a la bomba, este cambia de dirección el flujo de aceite permite aumentar el impulso del aceite. Dentro del estator se encuentra un cojinete de un solo sentido, lo que permite que este solo gire en un determinado sentido. El estator se usa para redirigir el flujo de la turbina de regreso hacia la parte de la bomba, para completar el flujo de aceite. Está montado sobre un mecanismo de rueda libre que le permite desplazarse libremente cuando los elementos del convertidor giran a una velocidad aproximadamente igual.

Figura 11. **Funcionamiento interno del convertidor par I**



Fuente: *Sistema hidráulico transmisiones automáticas*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>. Consulta: 15 de noviembre de 2015.

Figura 12. **Funcionamiento interno del convertidor par II**



Fuente: *Transmisiones automáticas*. <http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/towing/towing-capacity/information/torque-converter2.htm>. Consulta: 15 de noviembre de 2015.

3.4. Relaciones de cambios en cajas automáticas

Así como en las transmisiones mecánicas existe un número determinado de relaciones que pueden obtenerse, en las transmisiones automáticas ocurre lo mismo. La diferencia radica en que el sistema de control de la transmisión automática es el que selecciona las relaciones apropiadas para cada condición de manejo. El sistema epicíclico doble y un juego de bandas permiten obtener cada relación.

El conjunto de un cambio automático consta de 4 componentes mecánicos principales:

- El convertidor de par, que en el momento del arranque del vehículo reduce las revoluciones del motor hacia el primario o entrada al cambio, ganando en la misma proporción par motor, para ir las igualando progresivamente mientras el vehículo alcanza una mayor velocidad, hasta que el par del motor y el del primario se igualan cuando las velocidades son las mismas.
- Los engranajes que constituyen las velocidades son generalmente conjuntos de trenes epicicloidales que se acoplan y desacoplan con frenos y embragues de discos múltiples accionados por presión hidráulica.
- El conjunto, o caja de válvulas hidráulicas, que selecciona los diferentes frenos y embragues, para ir cambiando las velocidades.
- La bomba hidráulica que suministra la presión para accionar los frenos y embragues, así como para el convertidor.

El momento de decisión para saber cuándo se pasa de una velocidad a otra depende de 2 parámetros:

- La posición del pedal acelerador, es decir la carga motor que demanda el conductor al vehículo en cuesta arriba, descenso, número de pasajeros o de carga.
- La velocidad del vehículo.

Esto permitirá a la transmisión cambiar a relaciones más largas más tarde y a mayor régimen motor cuando circule cuesta arriba, respecto de cuando circule cuesta abajo.

La mayoría de las transmisiones automáticas permiten seleccionar mecánicamente entre un conjunto de rangos de marchas, que como mínimo comprenden el siguiente orden:

- P o estacionamiento, en la que no hay transmisión de fuerza, además, bloquea el eje de salida de la transmisión mecánicamente.
- R o reversa, para marcha atrás.
- N o neutro, en la cual no hay transmisión de fuerza, equivale al punto muerto de un cambio manual.
- D o directo, marcha hacia adelante, en la cual entran todas las desmultiplicaciones, desde la primera hasta la cuarta, quinta o más según el fabricante.

Figura 13. **Palanca selectora de una caja automática**



Fuente: *Sistema hidráulico de transmisiones automáticas*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios8.htm>. Consulta: 15 de noviembre de 2015.

Además de estas 4 posiciones, son frecuentes:

- S, de funcionamiento similar a la posición D, pero con cambios más rápidos, bruscos y a unas revoluciones mayores.
- L, para impedir que entren las marchas más largas, sólo primera y segunda, en caso de fuertes pendientes, además, permite retener al bajar las mismas pendientes. En algunos fabricantes se sustituye la L por 3, 2 o 1 dependiendo del fabricante en las cuales se obliga a mantener como máximo la desmultiplicación mayor. Cabe destacar que en Venezuela se llama, de modo coloquial, a lo anterior L3, L2 y L1, respectivamente.
- M o manual, suele encontrarse al lado de la posición D, en la cual los movimientos de la palanca, marcados con + y con -, permiten subir y

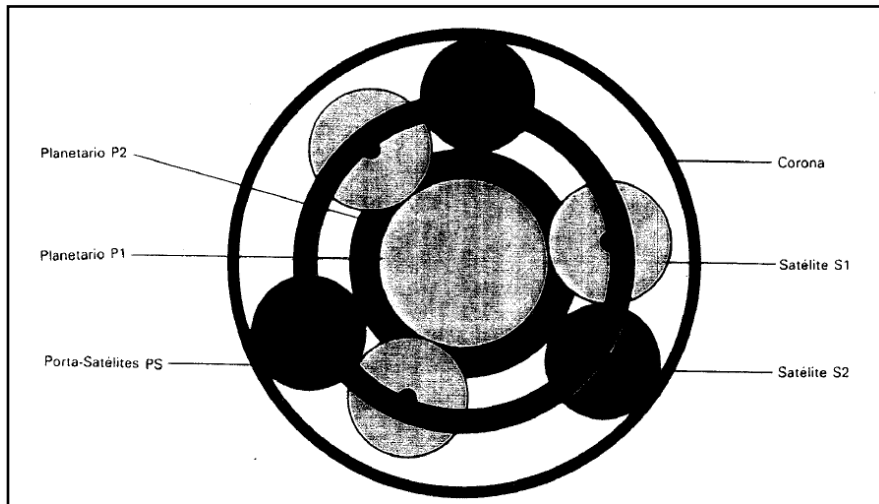
bajar de marchas a voluntad. Con esta hay además posibilidad de retención en los descensos.

- W, no es muy común y menos como posición. Se puede encontrar como un funcionamiento especial de la posición D, en la cual la salida y los cambios de marcha se realizan de forma más suave para evitar que las ruedas patinen cuando el suelo tiene con escaso agarre.

Para analizar el cambio de velocidades de una transmisión automática, se analizan los elementos de funcionamiento dependiendo de la velocidad que se engrane, partiendo de una transmisión automática de tren epicicloidal, la cual está formada por los siguientes elementos:

- Una corona
- Un planetario P1
- Un planetario P2
- Un portasatélites PS
- Un satélite S1
- Un satélite S2

Figura 14. Tren epicycloidal de una caja automática



Fuente: MAZAGAZ PILAR, Guillermo. *Manual Tecnologías de Máquinas de Transmisiones Automáticas*. Cuarto curso ingeniero industrial. p. 13.

Con este tren epicycloidal, los frenos y embragues correspondientes se puede formar una transmisión automática de 4 marchas adelante y una marcha atrás.

Los elementos motor de entrada de movimiento o entrada de potencial pueden realizarse por:

- El planetario de diámetro menor P1
- El planetario de diámetro mayor P2
- El portasatélites PS

3.4.1. Primera

En la primera velocidad se tiene la siguiente configuración de elementos:

- Elemento motor: planetario P1
- Elemento de reacción: portasatélites PS
- Elemento de salida: corona

Según esta configuración, el tren epicicloidal se comporta de tal forma que el planetario P1 arrastra al satélite S1, este a su vez está engranado con el satélite S2 al que arrastra, moviendo a la corona. Así, de esta forma el sentido del giro del elemento motor y el elemento de salida es el mismo.

Para conseguir el comportamiento de los distintos elementos de esta configuración, es necesario que los componentes de mando del tren epicicloidal sean los siguientes.

- El accionamiento de embrague E1 hace que el planetario P1 se encuentre acoplado a la turbina del convertidor.
- El portasatélites se encuentra bloqueado para girar en un sentido gracias a la rueda libre.
- La existencia de la rueda libre permite la transmisión del par motor hacia la salida, pero no a la inversa, es decir, no existe freno de motor.

3.4.2. Segunda

La segunda velocidad se consigue con la siguiente configuración de elementos:

- Elemento motor: planetario P1
- Elemento de reacción: planetario P2
- Elemento de salida: corona

Según esta configuración, el tren epicicloidal se comporta de forma tal que el planetario P2 se encuentra inmovilizado. El planetario P1 arrastra al satélite S1. Este a su vez está acoplado con el satélite S2 al que arrastra, girando el portasatélites PS alrededor del planetario P2, moviendo la corona. Así, de la misma velocidad, el sentido de giro del elemento motor y el elemento de salida es el mismo.

Para conseguir el comportamiento de los distintos elementos de esta configuración, es necesario que los componentes de mando del tren epicicloidal sean los siguientes.

- El accionamiento del embrague E1 hace que el planetario p1 se encuentre acoplado a la turbina del convertidor.
- El planetario P2 se encuentra inmovilizado por el efecto del accionamiento del freno F2.

3.4.3. Tercera

La tercera velocidad se consigue con la siguiente configuración de elementos:

- Elemento motor: planetarios P1 y P2
- Elemento de reacción: satélites S1 y S2
- Elemento de salida: corona

Según esta configuración, el tren epicycloidal se comporta de forma tal que el planetario P1 hace girar el satélite S1. El planetario P2 hace girar el satélite S2. Como ambos planetarios giran en el mismo sentido y los satélites S1 y S2 están acoplados, al girar estos en el mismo sentido se anulan sus rotaciones, provocando el bloqueo del tren epicycloidal. Así, el elemento de salida gira a la misma velocidad a la que gira el motor. El sentido de giro del motor y de los elementos de salida es el mismo.

Para obtener el comportamiento de los distintos elementos de esta configuración, es necesario que los componentes de mando del tren epicycloidal sean los siguientes:

- El accionamiento del embrague E1 hace que el planetario P1 se encuentre acoplado a la turbina del convertidor.
- El accionamiento del embrague E2 hace que el planetario P2 se encuentre acoplado a la turbina del convertidor.

3.4.4. Cuarta

La cuarta velocidad hidráulica se obtiene con la siguiente configuración de elementos:

- Elemento motor: portasatélites PS
- Elemento de reacción: planetario P2
- Elemento de salida: corona

Según esta configuración, el tren epicycloidal se comporta de forma tal que el planetario P2 se encuentra inmovilizado. Al girar el portasatélites arrastra al satélite S2 haciendo girar la corona. Es fácil comprobar que se

produce una multiplicación del número de revoluciones en la corona. El sentido de giro del motor y del elemento de salida es el mismo.

Para obtener el comportamiento de los distintos elementos de esta configuración, es necesario que los componentes de mando del tren epicicloidal sean los siguientes:

- El accionamiento del embrague E3 hace que el portasatélites PS se encuentre acoplado al impulsor del convertidor.
- El accionamiento del freno F2 hace que el planetario P2 no esté girando.

3.4.5. Reversa

La marcha atrás se obtiene con la siguiente configuración de elementos:

- Elemento motor: planetario P2
- Elemento de reacción: portasatélites PS
- Elemento de salida: corona

Según esta configuración, el tren epicicloidal se comporta de forma tal que el portasatélites se encuentra sin movimiento. El planetario P2 arrastra al satélite S2, haciendo girar la corona. En esta velocidad, el sentido de giro del motor y el elemento de salida son distintos. Para obtener el comportamiento de los distintos elementos de esta configuración, es necesario que los componentes de mando del tren epicicloidal sean los siguientes:

- El accionamiento del embrague hace que el planetario P2 se encuentre acoplado a la turbina del convertidor.

- El accionamiento del freno F1 hace que el portasatélites esté sin movimiento.

3.5. Mantenimiento y fluido hidráulico

En condiciones normales de funcionamiento, la caja automática no debe consumir aceite. Si el nivel está bajo, indica por lo general una pérdida, por ello debe revisarse las juntas y los retenedores del eje de transmisión para encontrar por donde se pierde el aceite de la caja automática. El mantenimiento de una transmisión automática es indispensable para su buen funcionamiento y larga vida útil, consiste en el cambio periódico de lubricante, filtro y empaque de aceitera.

Para que la caja automática funcione adecuadamente, el nivel del fluido tiene que ser el óptimo, si el nivel del lubricante es demasiado bajo, lógicamente los componentes de la caja automática van a desgastarse prematuramente por la falta de lubricación, el roce metal con metal, y además consecuentemente se dañará por la temperatura generada por la fricción y si el nivel es demasiado alto, el aceite puede ser expulsado de la caja.

El nivel del lubricante en la caja automática debe ser comprobado cuando el vehículo está en funcionamiento y el indicador este en la posición de neutro. Luego, verificar si el aceite está en buen estado o ha perdido sus propiedades de lubricación. La verificación por medio del olor es una buena alternativa, pero la del papel secante es mejor. Debe aplicarse, por medio de la varilla sobre el papel, una pequeña muestra y esperar unos 30 segundos aproximadamente, luego se debe examinar la muestra, si el aceite es de color rosa, rojo o hasta de un color marrón claro indica que el aceite para caja automática se encuentra en

buen estado. Pero, si la mancha que se ha expandido es de color marrón oscuro, indica que debe cambiarse el aceite.

Si el lubricante para cajas automáticas posee un aspecto lechoso amarronado, es probable que esté contaminando con el líquido refrigerante del radiador, ya que este es el encargado de disminuir la temperatura del aceite.

Si el aceite está lleno de burbujas o espuma, entonces probablemente la caja automática esté demasiado llena con lubricante, otro motivo puede ser que el aceite para cajas automáticas colocado no sea el correcto o se produzca un venteo dentro de la caja automática. También, debe cambiarse el filtro de aceite para eliminar los elementos contaminantes que se encuentran en él, además, un filtro de caja automática obstruido puede ocasionar una baja presión.

Es siempre recomendable utilizar lubricantes ATF que cumplan las normas especificadas por el fabricante. El tipo de aceite para cajas automáticas también puede estar indicado en la tapa de llenado. Por lo tanto, antes de adquirir un aceite se recomienda leer el manual del fabricante. Hay diferentes tipos de lubricantes disponibles: sintéticos, semisintéticos o minerales.

3.5.1. Filtro

Elemento colocado en el circuito de lubricación, que sirve para recoger las impurezas que están en suspensión en el aceite y que pueden ocasionar daños en las piezas engrasadas. Se fabrican con papel a base de celulosa, algodón y materiales sintéticos.

Figura 15. **Filtros de aceites para cajas automáticas**



Fuente: *Filtros para transmisiones automáticas.*

http://www.naikontuning.com/diccionario_tuning/f.php. Consulta: 16 de febrero de 2016.

3.5.2. Empaque de aceitera

Como la aceitera debe limpiarse de cualquier residuo pesado que se encuentre en ella, así como partículas de desgaste que al acumularse forma un material pastoso, el empaque que hace el sello entre esta y la estructura de la transmisión se daña, por lo que es necesario reemplazarlo por uno nuevo y así evitar fugas del fluido.

Se debe colocar un empaque del material que recomienda el fabricante y evitar la utilización de siliconas como sustituto.

Figura 16. **Empaque de aceitera de una caja automática**



Fuente: *Empaques para transmisiones automáticas*. http://lh4.ggpht.com/v9T4Lj7GUDo/Tq8lOmoaUKI/AAAAAAAAACEQ/ACT6wQcTw28/P1050395_thumb1.jpg?imgmax=800. Consulta: 16 de febrero de 2016.

3.5.3. Lubricante

Si el olor de un aceite ATF es a quemado y su apariencia es amarronada, el fluido está degradado y no proporciona una lubricación adecuada en la caja automática. Si fue oportuno, puede que haya encontrado el problema antes de que se dañe su transmisión, pero lo más frecuente es que la caja se haya dañado.

En comparación con el lubricante del motor, el aceite ATF se encuentra en un ámbito poco perjudicial. No hay combustible ni tampoco su condensación se pone en contacto con el aceite y tampoco hay hollín. Los únicos contaminantes físicos que el lubricante ATF puede tener son las partículas de los discos que se producen por el desgaste de los mismos, generado por la fricción, como engranajes y rodamientos que también se encuentran dentro de la caja automática.

La gran mayoría de las cajas automáticas tienen un filtro interno para que el aceite ATF se mantenga limpio. Algunos funcionan de forma óptima pero lamentablemente otros no y permiten que los residuos continúen circulando por la caja automática, acelerando su desgaste. Únicamente el cambio del aceite para cajas automáticas puede eliminar la circulación de estas impurezas. Las cajas automáticas pueden crear una gran fricción y justamente la fricción genera calor. Es por ello que el aceite para cajas automáticas está refrigerando y lubricando dentro del convertidor de torsión y es bombeado a través de conductos de medición y circuitos hidráulicos. Cada vez que la transmisión cambia de velocidad, el embrague genera aún más calor que debe ser eliminado por el aceite para cajas automáticas. Cuanto mayor es la carga sobre la transmisión, más calor se genera y más se calienta el lubricante ATF.

La mayoría de los lubricantes para cajas automáticas puede soportar las temperaturas convencionales de funcionamiento que oscilan en los 200 °F para recorrer miles de kilómetros. Pero si la temperatura se incrementa por arriba de los 220 °F entonces el líquido se descompone rápidamente y el lubricante deja de cumplir su función. Si el aceite ATF está en un ámbito de arriba de los 300 °F, la vida útil del lubricante se reduce a cientos de kilómetros en vez de miles y por arriba de los 400 °F el aceite deja de servir en media hora.

El aceite ATF posee aditivos que son capaces de mejorar su estabilidad a la oxidación, inhibir la corrosión y reducir la formación de espuma. Pero tiene la desventaja de que con el transcurso del tiempo los aditivos pueden ir degradándose y hasta llegar a resultar perjudiciales en el fluido, empeorando así la capacidad de lubricación y la viscosidad del aceite para cajas automáticas. Por tal motivo, es recomendable cambiar el aceite ATF cada 24 mil kilómetros máximo.

3.6. Ventajas de operación

Es una transmisión relativamente fácil de operar, por carecer de embrague no es necesaria la sincronización en la utilización del mismo, como sucede en la transmisión mecánica. Todos los cambios de relación se hacen automáticamente controlados por el sistema electrónico y el programa instalado por el fabricante.

Es muy cómoda para utilizar en la ciudad donde se hacen paradas y arranques frecuentemente, ya que el conductor se olvida de seleccionar una relación. A pesar de ser automática la selección de relaciones, el conductor también puede elegir manualmente una relación inmediata inferior para utilizar el motor como freno en una pendiente negativa o sostener la misma en pendientes positivas, pero, debe tenerse mucho cuidado en no sobrerrevolucionar el motor para evitar daños al mismo o a la transmisión como tal. En este tipo de transmisión se sacrifica un poco el consumo de combustible a cambio de la comodidad de conducción.

4. METALIZACIÓN EN FRÍO

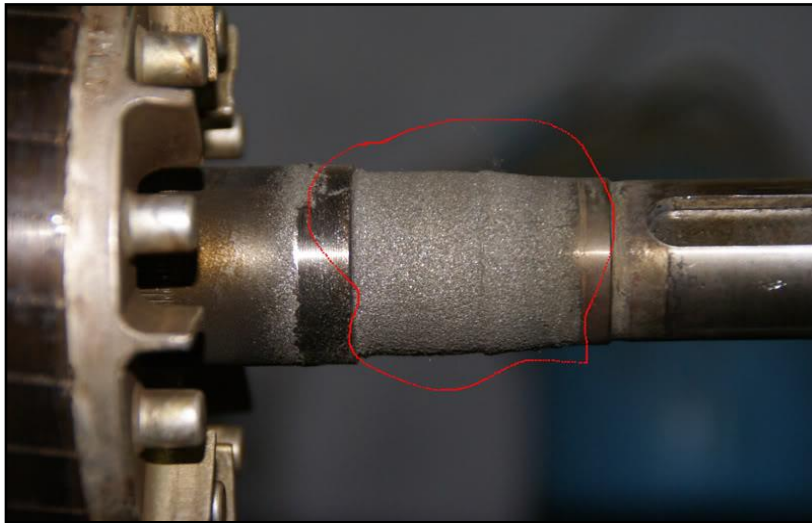
La metalización en frío consiste en la fundición de un metal en forma de rociado sobre la superficie de una pieza, con el fin de formar sobre ella una capa metálica protectora que defiende el metal de agentes químicos atmosféricos, la oxidación y la corrosión. Adicionalmente, provee de una capa superficial con características mecánicas superiores a las del metal base.

4.1. Descripción de la metalización en frío

La aplicación de estos materiales se realiza en forma de polvo o hilo continuo que se funden con una llama oxiacetilénica. Estas partículas se aplican a la pieza mediante un chorro de aire comprimido, también conocida como proyección térmica, que es una técnica utilizada en la fabricación y reacondicionamiento de diferentes tipos de piezas. Este proceso consiste en proyectar pequeñas partículas fundidas, semifundidas, calientes e incluso frías que se unen sucesivamente a una superficie.

El objetivo es proveer un tratamiento superficial a las piezas que van a estar sometidas a condiciones extremas de rozamiento, desgaste, calor o esfuerzos mecánicos. Su uso es muy habitual en diferentes componentes de la industria automotriz, aeronáutica, turbinas de gas y todo tipo de fábricas.

Figura 17. Descripción del proceso de metalización en frío



Fuente: *Metalización en frío procesos.*

<http://i275.photobucket.com/albums/jj313/music225/Zonametalizada.jpg>. Consulta: 8 de septiembre de 2015. Consulta: 8 de septiembre de 2015.

4.2. Descripción de los procesos de metalización en frío

El proceso de metalización en frío se utiliza en la industria para el reacondicionamiento de diferentes componentes instalados en todo tipo de maquinaria industrial utilizada en los distintos procesos de producción. Adicionalmente, se está contribuyendo con el medio ambiente al reutilizar distintas piezas con un amplio rango de aplicaciones. Las características de este sistema son: eficiente, simple, confiable y rápido de aplicar, evitando el calentamiento de la piezas, contribuyendo de esta manera a que el tiempo útil de los componentes sea más prolongado.

Este proceso fue desarrollado para lograr un cambio en el trabajo de metalización y expandir las fronteras del conocimiento teórico y práctico en el

campo de la restauración y reparaciones metálicas. Uno de los objetivos primordiales de este método es proporcionar a la industria una amplia gama de materiales y procesos para la reparación de partes usadas que han sufrido desgaste, al ser restauradas de manera tal que sean eficientes en su operación, logrando tiempos más cortos en las reparaciones y larga vida útil. Los distintos procesos de metalizado en frío aplican material de aporte a las distintas piezas de las que están construidas las máquinas que se utilizan actualmente en la industria.

Figura 18. **Proceso de metalización en frío**



Fuente: *Metalización en frío*.

<http://i275.photobucket.com/albums/jj313/music225/Zonametalizada.jpg>. Consulta: 8 de septiembre de 2015.

5. TIPOS DE DESGASTE DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS

Las boquillas de las turbinas sufren un desgaste abrasivo producido por la acción de partículas sólidas presentes en la zona de rozamiento, el deslizamiento entre superficies sólidas se caracteriza generalmente por un alto coeficiente de fricción y gran desgaste debido a las propiedades específicas de las superficies.

5.1. Por fricción

Esta fricción consiste en la interacción mecánica de un cuerpo con otro en contacto, lo cual provoca una pérdida de masa. En la superficie de la boquilla esto se produce por el contacto constante con el eje de la bomba de aceite encargada de la lubricación del sistema, como consecuencia un mal funcionamiento interno de la turbina, que es la encargada de transmitir la fuerza que produce el motor del vehículo a la caja de velocidades.

Se recomienda el cambio periódico del lubricante del sistema para evitar al máximo el desgaste de todas estas partes que conforman el mecanismo de transmisión automática y que no se transfiera adecuadamente la fuerza que produce el motor al sistema de la caja automática. Este factor también es producido por un deficiente mantenimiento de la caja de velocidades automáticas.

5.2. Por temperatura

La temperatura es otro factor importante en el desgaste de las boquillas de las turbinas, este fenómeno se origina por una repetición de ciclos de calentamiento y enfriamiento. Estos constantes ciclos originan que el metal se contraiga y se dilate, produciendo fatiga y, como consecuencia, fisuras en el metal. Esto provoca, en algunos casos, que la boquilla sufra desgaste y no se transmita adecuadamente la fuerza que produce el motor al sistema de la caja automática. Este factor también es producido por un deficiente mantenimiento de la caja automática de velocidades.

Adicionalmente, el aumento en la temperatura, generado por la fricción, produce que los lubricantes pierdan sus propiedades de viscosidad y parte de sus aditivos encargados de proteger todas las partes del sistema.

6. PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN DE BOQUILLAS EN TURBINAS PARA CAJAS AUTOMÁTICAS

El reacondicionamiento de las boquillas en turbinas para cajas automáticas consiste en restaurar la boquilla con un método que se conoce como metalización en frío, el cual consiste en la aplicación de un material de aporte que sea lo más homogéneo posible, obteniendo la dureza y tenacidad necesarios para que el material alcance un alto grado de resistencia a la rotura.

Este proceso se lleva a cabo de la siguiente manera: primero se eliminan 40 milésimas del material dañado en un torno y se desecha toda clase de impurezas, aceites, grasas o cualquier otro material que contamine la boquilla de la turbina. Seguidamente, se aplica una capa con 30 % más de material de aporte, obteniendo de esta manera suficiente material de aporte para el proceso de maquinado.

La aplicación de este material se realiza con una pistola, presión de aire y un gas, con esta mezcla se mejora la adherencia del compuesto a la boquilla de la turbina. Posteriormente, se tornea la boquilla de la turbina para obtener la medida necesaria. Para completar el proceso se rectifica y se pule.

Figura 19. **Proceso de reconstrucción en la boquilla de la turbina**



Fuente: Taller Ingeniería Técnica Industrial.

6.1. Material del cual están construidas las boquillas de las turbinas

Las boquillas de las turbinas son fabricadas generalmente en acero con alto contenido de carbono, requieren de una dureza que otorgue resistencia al desgaste y buena tenacidad por los esfuerzos dinámicos a los que está sometido.

La dureza de los aceros varía con relación a la del hierro por diferentes procesos a los que es sometido. Esta se puede lograr mediante su aleación u otros procedimientos térmicos o químicos, entre los cuales quizá el más conocido que es el templado del acero, aplicable a aceros con alto contenido en carbono, el cual permite, cuando es superficial, conservar un núcleo tenaz en la pieza que evita fracturas frágiles. Aceros típicos con un grado de dureza superficial son los que se emplean en las herramientas de mecanizado,

denominados aceros rápidos, que contienen cantidades significativas de cromo, wolframio, molibdeno y vanadio.

Figura 20. **Material del cual están fabricadas las boquillas**



Fuente: *Material para reconstrucción de boquillas*. <http://www.cometdemexico.mx/wp-content/uploads/2014/11/boquilla-material-turbina.jpg>. Consulta: 8 de septiembre de 2015

6.2. Selección del material de aporte

Uno de los sistemas más utilizados para este revestimiento es el Rototec 1^a conocido como sistema de entrega de polvos, que es un producto fabricado por Eutectic-Castolin, su costo es bajo y con buenos resultados en la resistencia al desgaste. Es utilizado como material base.

Características principales:

- Capacidad para aplicar nuevas aleaciones pulvimetalúrgicas Proxon.

- Su operación y mantenimiento son simples. No sufre desgaste en todas sus piezas sueltas.
- Tiene un control automático que regula las cantidades de oxígeno y combustible que producen buena calidad en los revestimientos.
- Se pueden aplicar los revestimientos de aleaciones de protección contra el desgaste a temperaturas inferiores a los 500 grados centígrados, evitando la deformación de las boquillas de las turbinas.
- Una ventaja es que el operador no necesita entrenamiento especial para operar este equipo.
- Se reducen costos en mano de obra por ser de altas velocidades en la deposición y proporciona un máximo de duración de servicio en gran variedad de ambientes de desgaste.
- Se aplica con válvulas de retención de inversión de flujo para mayor seguridad.

Se selecciona el material de aporte para las boquillas de las turbinas y para obtener los mejores resultados, se debe utilizar los siguientes materiales: Proxon 21021, Proxon 21071, acetileno y oxígeno.

Este revestimiento es adecuado para superficies delgadas y es un polvo de aleaciones de un solo paso antidesgaste. Es ideal para superficies de deslizamiento como es el caso de las boquillas. No provoca deformación o cambio estructural, resistente a la corrosión, bajo coeficiente de fricción resistente a la corrosión.

- Proxon 21021

Adecuado para el revestimiento de superficies grandes y para recubrimientos delgados o gruesos. Polvo de aleación de un solo paso, antidesgaste, revestimiento de protección y reconstrucción de todo tipo de metales.

Las aplicaciones incluyen asientos de prensa, guías de deslizamiento, superficies de deslizamiento, cojinetes y corrección de errores en el mecanizado.

Proxon 21021 está compuesto por:

- Aleación en polvo de níquel-aluminio-molibdeno diseñado para producir una superficie maquinable, resistente al desgaste sirve de buje.
- Terminado por maquinado.
- Dureza: HRB 75.
- Química nominal: Ni +11 % (Al, Mo).
- ASTM C633 Adhesión: 5 000 psi.
- Temperatura máxima de servicio 1 000 °F – 540 °C

Se aplica para realizar recuperación dimensional de equipos.

- Proxon 21021

Para obtener una superficie pulida se debe aplicar por último el recubrimiento de polvo de metal Proxon 21071, que tiene las siguientes características:

- Bajo coeficiente de fricción.
- Resiste la corrosión incluso en agua salada.
- Aleación desarrollada para proyección térmica en frío.
- Adecuada para efectuar recubrimientos donde se busca un buen coeficiente de fricción metal metal, sea en seco o con lubricación.
- Mecanización excelente mediante cuchilla de corte.

Proxon 21071 está compuesto por:

- Aleación de bronce formulada para aplicaciones de aplicaciones. Los recubrimientos se pueden maquinar fácilmente con cuchillas calzadas con tungsteno.
- Dureza: HRB 60.
- Química nominal: Cu +11 % (Al, Fe).
- ASTM Adhesión: 3 000 psi.
- Temperatura máxima de servicio 370 °C.

Se aplica para la recuperación de piezas de aleación de cobre.

6.3. Preparación de la superficie a reacondicionar

Las boquillas pueden presentar fisuras de fatiga térmica y mecánica. Las fisuras y todos los residuos deben ser eliminados antes de aplicar la metalización en frío.

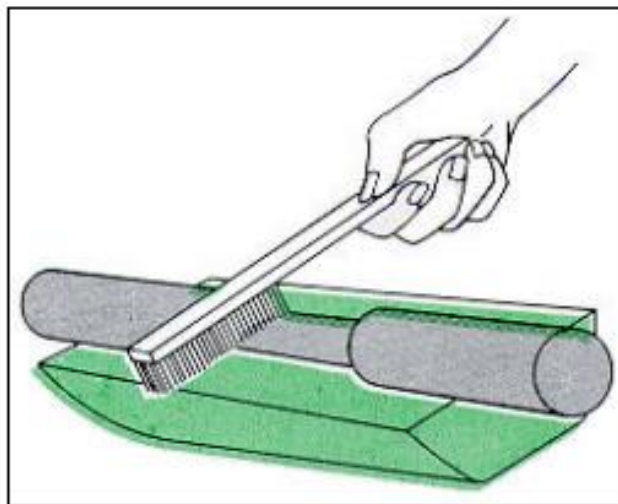
Para comprender mejor estas acciones, es necesario saber que las fisuras, grasas y residuos quedarán bajo la fusión en el momento de soldar. Estas impurezas provocarán porosidades e inclusiones corrientemente incompatibles con el reacondicionamiento de las piezas.

El estado de la superficie perfecta es una condición de suma importancia para obtener una junta de calidad. Los residuos y las grasas que producen el maquinado deben ser eliminados.

Estas piezas tienen que tener una preparación que garantice que al ser revestidas mediante aleaciones micropulverizadas se obtengan los resultados deseados de la operación.

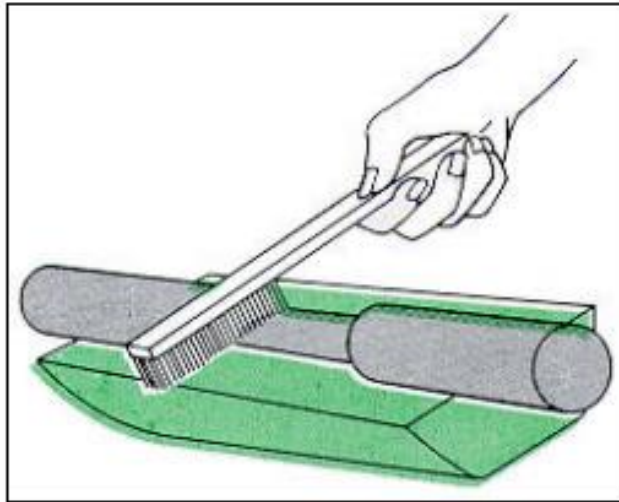
Cuando se utiliza el método de metalización en frío, las piezas deben ser previamente desengrasadas, se debe aislar adecuadamente la zona de trabajo mediante un aislante y calentar la pieza antes de realizar la preparación rugosa de la superficie, eliminando todo el material fatigado y las irregularidades provocadas por el desgaste.

Figura 21. **Limpieza de la pieza a reacondicionar**



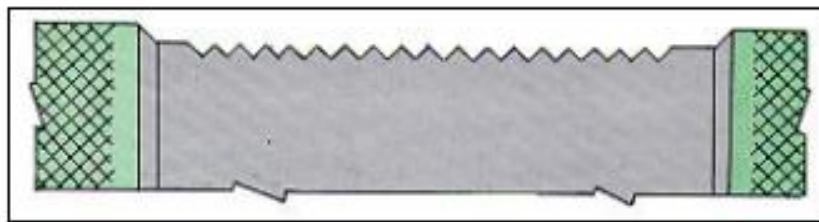
Fuente: Rototec 1A. *Manual de proceso*. p. 6.

Figura 22. **Preparación de la pieza a reacondicionar**



Fuente: Rototec 1A. *Manual de proceso*. p. 6.

Figura 23. **Pieza dentada lista para aplicación de material**



Fuente: Rototec 1A. *Manual de proceso*. p. 7.

6.4. Aplicación del material de aporte

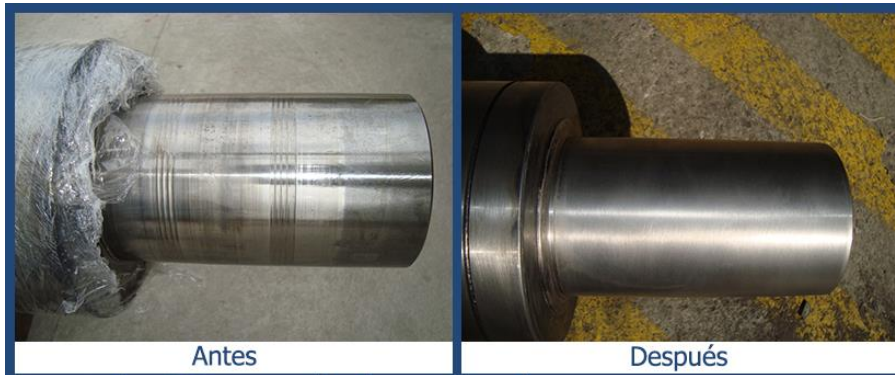
El proceso de aplicación del material de aporte a la pieza a reacondicionar, según el proceso Rototec 1A, se efectúa de la siguiente manera.

- Se calienta la pieza a trabajar a una temperatura de 100 °C.
- Se coloca el material de aporte en el equipo de metalización.
- Se aplica, como base, un material de aporte elaborado de polvo de metal compuesto de Eutectic + Castolin.
- Se aplica un recubrimiento de polvo de metal, con características que proporcionan una superficie con un acabado sin imperfecciones, tipo pulido, con un milímetro más del diámetro original.
- Al enfriar la pieza, se coloca en la máquina herramienta torno, para obtener una medida aproximada a la original de la boquilla.
- Al tener una medida aproximada a la medida original, se procede a rectificar y pulir para obtener las características originales de la boquilla.

La aplicación del material de aporte se logra mediante el equipo de metalización, que está compuesto de una pistola que inyecta a presión el Eutectic + Castolin mezclado con acetileno y oxígeno.

Durante el proceso mecanización de la boquilla se utiliza un buril de tungsteno, por la dureza del material.

Figura 24. **Pieza con material de aporte**



Fuente: Taller Ingeniería Técnica Industrial.

6.5. Maquinado de la boquilla

El proceso de rectificado permite obtener muy buenas calidades de acabado superficial y medidas con tolerancias muy estrechas, que son muy beneficios para la construcción de maquinaria y equipo de calidad.

Gracias al maquinado se obtienen medidas exactas, requeridas por el fabricante.

Figura 25. **Boquilla reacondicionada de la turbina de una caja automática**



Fuente: Taller Ingeniería Técnica Industrial.

CONCLUSIONES

1. Mientras que la caja de cambios manual se compone de pares de engranajes cilíndricos, la caja automática funciona con trenes epicicloidales en serie o paralelo que conforman las distintas relaciones de transmisión. La caja automática es un sistema que, de manera autónoma, determina la mejor relación entre los diferentes elementos, como la potencia del motor, la velocidad del vehículo, la presión sobre el acelerador y la resistencia a la marcha, entre otros.
2. La importancia de la turbina en las cajas de transmisión automática radica en que su función principal es amortiguar el acople, motor transición, es decir, amortigua a través del aceite cualquier vibración del motor antes de que pase a cualquier parte de la transmisión.
3. Las boquillas de las turbinas sufren un desgaste abrasivo producido por la acción de partículas sólidas presentes en la zona de rozamiento. El deslizamiento entre superficies sólidas se caracteriza generalmente por un alto coeficiente de fricción y gran desgaste debido a las propiedades específicas de las superficies.
4. El reacondicionamiento de boquillas en turbinas de cajas automáticas es un proceso muy efectivo, ya que se pueden dar medidas originales a las boquillas, obteniendo resultados óptimos de funcionamiento, los cuales no se obtendrían con el cambio de la misma por una usada.

RECOMENDACIONES

1. Recordar siempre que las cajas automáticas también utilizan un fluido lubricante, es de suma importancia seleccionar el fluido de transmisión adecuado y respetar sus intervalos de sustitución, para evitar desgastes o elevación en la temperatura de operación.
2. Deberán prepararse adecuadamente las boquillas de las turbinas, antes de ser aplicado el método, para que su vida útil, después de la reparación, sea la máxima posible.
3. Para hacer este tipo de reparaciones debería utilizarse un sistema de entrega de polvos, ya que con este se obtendrán mejores resultados y una mejor eficacia en la reparación.
4. Supervisar que se sigan los procedimientos descritos en los procesos de reconstrucción de boquillas en turbinas de cajas automáticas, para obtener resultados óptimos y aceptables dependiendo de los lineamientos de diseño o fabricante.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aficionados a la mecánica. *Sistema hidráulico transmisiones automáticas*. [en línea]. <<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>>. [Consulta: 15 de noviembre de 2015].
2. American Welding Society. *Welding inspection handbook*. 3a. ed. Miami, Estados Unidos de América: 2000. 273 p.
3. ASM International. *Metals handbook. Heat treating*. Ohio, Estados Unidos de América: ASM International, 2004. 2 873 p.
4. Auto howstuffworks. *Relación de cambios*. [en línea]. <<http://auto.howstuffworks.com/transmission1.htm>>. [Consulta: 13 de noviembre de 2015].
5. _____. *Transmisiones mecánicas*. [en línea]. <<http://auto.howstuffworks.com/transmission2.htm>>. [Consulta: 13 de noviembre de 2015].
6. BREISER, Boris. *Diseño de estructuras de acero*. 9a. ed. México. Limusa, 1983. 428 p.
7. Businessline. *Mecánica y Motores*. [en línea]. <<http://businessline.biz/wp-content/uploads/2015/10/guero31.jpg>>. [Consulta: 13 de noviembre de 2015].

8. CHICOL CABRERA, Carlos Enrique. *Metalización en frío como una actividad en la ingeniería de mantenimiento*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 38 p.
9. Mecánica y motores. *Mecánica y Motores*. [en línea]. <<http://www.mecanicaymotores.com/imagenes/galerias/funcionamiento-caja-cambios.jpg>>. [Consulta: 13 de noviembre de 2015].
10. Naikontuning. *Filtros para transmisiones automáticas*. [en línea]. <http://www.naikontuning.com/diccionario_tuning/f.php>. [Consulta: 16 de febrero de 2016].

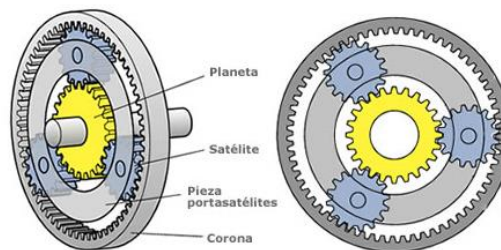
ANEXOS

Anexo 1. Engranaje planetario

También llamado "engranaje epicicloidal", son utilizados por las cajas de cambio automáticas. Estos engranajes están accionados mediante sistemas de mando normalmente hidráulicos o electrónicos que accionan frenos y embragues que controlan los movimientos de los distintos elementos de los engranajes.

La ventaja fundamental de los engranajes planetarios frente a los engranajes utilizados por las cajas de cambio manuales es que su forma es más compacta y permiten un reparto de par en distintos puntos a través de los satélites, pudiendo transmitir pares más elevados.

- En el interior (centro), el planeta gira en torno de un eje central.
- Los satélites engranan en el dentado del piñón central. Además los satélites pueden girar tanto en torno de su propio eje como también en un circuito alrededor del piñón central.
- Los satélites se alojan con sus ejes en el portasatélites
- El portasatélites inicia el movimiento rotatorio de los satélites alrededor del piñón central; con ello, lógicamente, también en torno del eje central.
- La corona engrana con su dentado interior en los satélites y encierra todo el tren epicicloidal. El eje central es también centro de giro para la corona

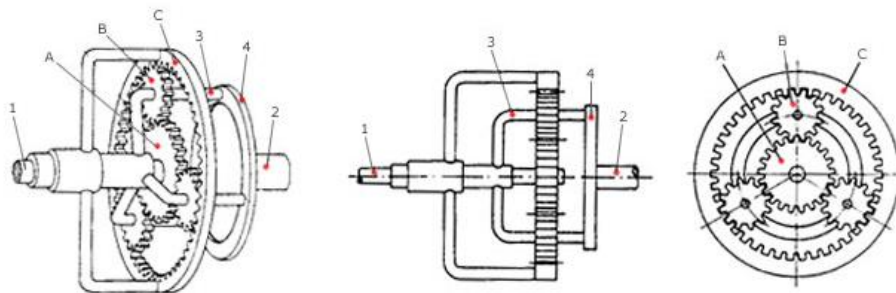


Engranaje epicicloidal

Fuente: *Cajas de cambio automáticas*. <http://www.transpart.com/7.html>. Consulta: 18 de noviembre 2015.

Anexo 2. Esquema y sección de un engranaje epicicloidial

Estos tres componentes (planeta, satélites y corona) del tren epicicloidial pueden moverse libremente sin transmitir movimiento alguno, pero si se bloquea uno de los componentes, los restantes pueden girar, transmitiéndose el movimiento con la relación de transmisión resultante según la relación existente entre sus piñones. Si se bloquean dos de los componentes, el conjunto queda bloqueado, moviéndose todo el sistema a la velocidad de rotación recibida por el motor.



- A – Engranaje central o planeta
- B – Satélites
- C – Corona
- 1 – Eje o árbol de entrada de movimiento
- 2 – Eje o árbol de salida de movimiento
- 3 – Ejes de satélites
- 4 – Placa portasatélites

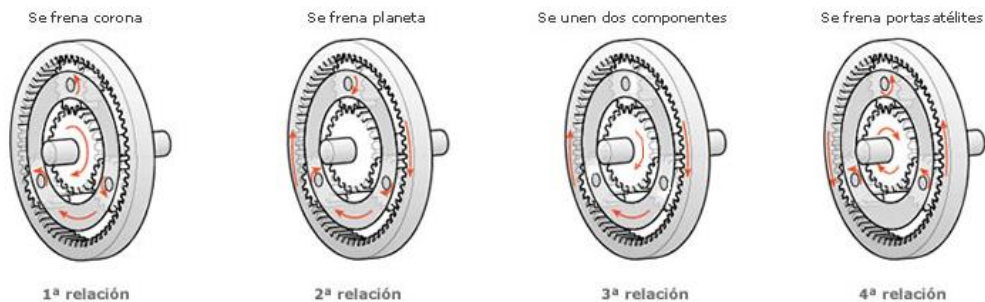
Fuente: *Cajas de cambio automáticas*. <http://www.transpart.com/7.html>.

Consulta: 18 de noviembre 2015.

Anexo 3. Relaciones de un tren epicicloidal

Las relaciones que se pueden obtener en un tren epicicloidal dependen de si ante una entrada o giro de uno de sus elementos existe otro que haga de reacción. En función de la elección del elemento que hace de entrada o que hace de reacción se obtienen cuatro relaciones distintas que se pueden identificar con tres posibles marchas y una marcha invertida. El funcionamiento de un tren epicicloidal es el siguiente:

- 1ª relación: si el movimiento entra por el planetario y se frena la corona, los satélites se ven arrastrados por su engrane con el planetario rodando por el interior de la corona fija. Esto produce el movimiento del portasatélites. El resultado es una desmultiplicación del giro de forma que el portasatélites se mueve de forma mucho más lenta que el planetario o entrada.
- 2ª relación: si el movimiento entra por la corona y se frena el planetario, los satélites se ven arrastrados rodando sobre el planetario por el movimiento de la corona. El efecto es el movimiento del portasatélites con una desmultiplicación menor que en el caso anterior.
- 3ª relación: si el movimiento entra por el planetario y, la corona o el portasatélites se hace solidario en su movimiento al planetario mediante un embrague entonces todo el conjunto gira simultáneamente produciéndose una transmisión directa girando todo el conjunto a la misma velocidad que el motor.
- 4ª relación: si el movimiento entra por el planetario y se frena el portasatélites, se provoca el giro de los planetarios sobre su propio eje y a su vez estos producen el movimiento de la corona en sentido contrario, invirtiéndose el sentido de giro y produciéndose una desmultiplicación grande



Fuente: *Cajas de cambio automáticas*. <http://www.transpart.com/7.html>. Consulta: 18 de noviembre 2015.

