

137
203



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE ALINEACIÓN DE AUTOMÓVILES

T E S I S
Que para obtener el título de
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
p r e s e n t a n
Federico Reyes Vázquez
Roberto Villalvazo Gálvez

México, D.F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la memoria de mis Padres
A la confianza de mis hermanos.

*A mi Madre,
a mi Padre
por su apoyo.*

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| I Introducción. | 3 |
| a) Sistemas integrantes de un automóvil. | 3 |
| b) Alineación y desalineación | 28 |
| c) Efectos de la desalineación en los sistemas del automóvil. | 33 |
| II Alineadores Comerciales. | 35 |
| a) Alineadores no inteligentes. | 36 |
| b) Alineadores inteligentes. | 41 |
| III Diseño Del Sistema Propuesto. | 47 |
| III.1 Descripción del sistema propuesto | 47 |
| III.2 Circuito de control central | 55 |
| III.3 Circuito de ajuste de parámetros | 70 |
| III.4 Sistema de sensado | 84 |
| a) Módulo mecánico. | 84 |
| b) Módulo transductor. | 89 |
| III.5 Circuito de interpretación | 109 |
| III.6 Circuito de audio/despliegue | 121 |
| III.7 Circuitos adicionales | 123 |
| a) Circuito de alimentación | 123 |
| b) Circuito de temporización | 125 |
| c) Circuito de restablecimiento | 130 |
| IV Conclusiones. | 132 |
| V Bibliografía. | 138 |

I INTRODUCCION

a) Sistemas integrantes de un automóvil.

Todos los automóviles recientes están formados por una gran cantidad de mangueras, cables, tubos y accesorios que forman un conjunto de mas de quince mil piezas, de las cuales aproximadamente mil quinientas se encuentran en un movimiento sincronizado y simultaneo; muchas de ellas trabajan con márgenes de tolerancia de milésimas de milímetro; ademas, un automóvil se fabrica con cerca de sesenta materiales diversos: desde cartón hasta acero.

Las partes movibles esenciales que hacen que se ponga en marcha, se detenga y de vuelta, son pocas y muy similares en cualquier automóvil. A pesar de las enormes diferencias en diseño, rendimiento y costo, la mayoría de los automóviles funcionan con los mismos principios mecánicos.

A continuación se describirán los siete sistemas que componen a un automóvil.

a.1) Motor.

El motor convierte el calor producido por la combustión de la gasolina en la energía mecánica que mueve las ruedas, aunque hay que mencionar que solo el 20% se transforma en energía motriz, el resto se pierde en los sistemas de enfriamiento y de escape.

La gasolina se quema en los cilindros cerrados que están dentro de el motor, los primeros impulsos para arrancar el motor vienen de la marcha, un motor eléctrico que recibe corriente del acumulador; la marcha esta engranada con una cremallera encajada en el volante. Cuando se prende la marcha, esta hace girar el volante, el cigüeñal gira con él y hace subir y bajar los pistones en los cilindros. Los pistones aspiran una mezcla de aire y gasolina del múltiple de admisión y del carburador.

Al mismo tiempo, el árbol de levas, accionado por el cigüeñal, abre las válvulas de admisión y escape de los cilindros en el orden correcto; el distribuidor, accionado a su vez por el árbol de levas, transmite corriente eléctrica de alto voltaje a cada bujía en el momento adecuado, y el motor arranca.

Otros componentes accionados por el cigüeñal o el árbol de levas, también empiezan a funcionar. Entre estos, encontramos: La bomba de gasolina, que mantiene el carburador lleno de combustible. La bomba de agua, quien hace circular el agua a través del motor y el radiador. El ventilador succiona aire exterior a través del radiador enfriando de esta forma el agua que esta pasando por los serpentines. La bomba del aceite hace circular el lubricante por todas las partes movibles del motor donde exista una gran fricción. Finalmente, el alternador es el encargado de abastecer de electricidad al distribuidor y a otros componentes eléctricos.

El motor es una estructura resistente compuesta de dos partes fundamentales unidas por birlos. La cabeza, que es la parte superior, contiene las válvulas y los rebajos, llamados cámaras de combustión, donde se quema la gasolina. Por lo general, las cabezas son de hierro fundido, aunque algunas se hacen de aluminio para reducir peso. Los conductos del interior de la cabeza comunican el múltiple de admisión con las válvulas de admisión y las válvulas de escape con el múltiple de escape; por otros conductos fluye el agua procedente del radiador.

La parte inferior del motor es el bloque de los cilindros. Estos son unas cavidades del bloque, dentro de las cuales suben y bajan los pistones y las bielas que transmiten potencia al cigüeñal para hacerlo girar. El cigüeñal esta sujeto a la parte inferior del bloque por varios apoyos donde se alojan los cojinetes principales.

Un recipiente de acero (carter) atornillado a la parte inferior del bloque sirve de depósito del aceite del motor y una tapa de metal troquelada cubre las válvulas que están en la cabeza.

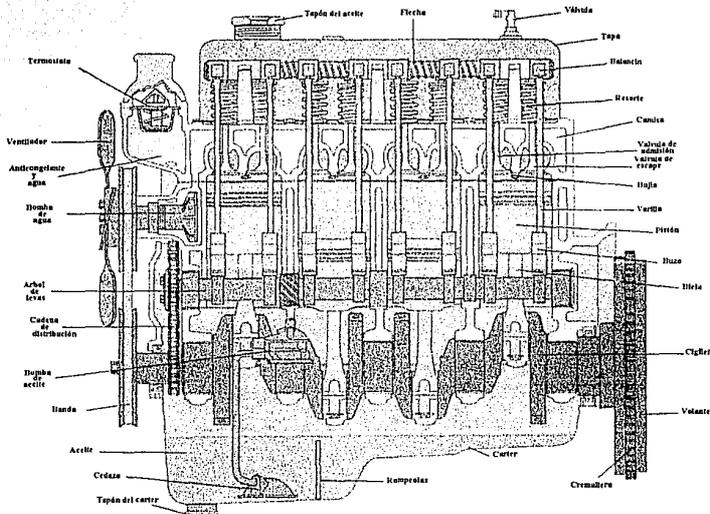


Fig. 1. Vista lateral del motor

La energía producto de la combustión de la gasolina se convierte en energía motriz dentro del motor. Los pistones, las bielas y el cigüeñal son las partes del motor que convierten la energía calorífica en energía motriz mediante lo que se conoce como un ciclo termodinámico de cuatro tiempos, a continuación se describe cada uno de ellos:

1. Tiempo de admisión. La válvula de admisión se abre, la de escape se cierra. El pistón baja y succiona la mezcla del carburador a través del múltiple de admisión. La válvula de admisión se cierra.

2. Tiempo de compresión. La válvula de admisión se cierra y el pistón sube y comprime la mezcla de aire y gasolina en la parte superior del cilindro, cerca de la bujía.
3. Tiempo de potencia. Cuando el pistón esta cerca de la parte superior del cilindro, la bujía inflama la mezcla y los gases en expansión hacen que el pistón baje en el cilindro.
4. Tiempo de escape. La válvula de escape se abre, el pistón vuelve a subir y expulsa los gases quemados que están dentro del cilindro por la lumbrera de escape.

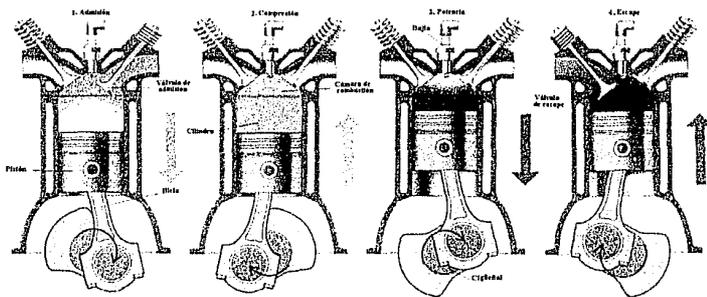
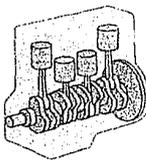


Fig. 2. Ciclo de cuatro tiempos.

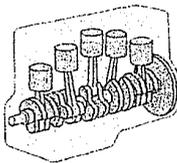
De estos cuatro tiempos, únicamente el tercero produce energía; los otros tres la absorben, ya que el pistón y las válvulas funcionan como una bomba que mueve y comprime gases, de la energía que se produce en una carrera, parte es absorbida por los otros tres pistones para sus carreras de bombeo. La fricción del motor y de la transmisión absorbe un poco más, así como las partes internas del motor y los accesorios externos (alternador, compresor del aire acondicionado y bomba de la dirección). La energía restante es la que en realidad impulsa el automóvil.

Los motores de automóvil se clasifican según el número y tamaño de los cilindros, para determinar la cilindrada del motor, la cual se mide en pulgadas cúbicas, centímetros cúbicos o litros, se calcula el volumen de aire que desplaza cada pistón, a lo largo de su carrera y, después, se multiplica por el número de cilindros. Los motores más comunes se mencionan a continuación:

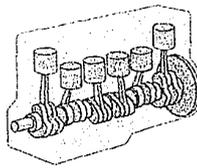
- a) Cuatro cilindros en línea. Se usan en automóviles pequeños y en algunos deportivos, la mayoría de las veces se colocan en forma transversal con tracción delantera.
- b) Seis cilindros en línea. Son más largos y pesados que los anteriores, tienen mayor potencia y funcionan con mayor suavidad, generalmente se colocan en forma vertical.
- c) Seis cilindros en "v". Son más pequeños que los anteriores, se utilizan en automóviles semicompactos, se componen de dos bancos de tres cilindros en un ángulo de sesenta grados.
- d) Ocho cilindros en "v". Son los motores que tienen el funcionamiento más suave, tienen una gran potencia por lo que también se utilizan para vehículos de carga. Están formados por dos bancos de cuatro cilindros, unidos ambos al mismo cigüeñal.
- e) Cuatro cilindros opuestos. Formados por dos bancos de dos cilindros dispuestos horizontalmente. Volkswagen popularizó este motor enfriado por aire, en el sedan.



Motor de cuatro cilindros en línea



Motor de seis cilindros en línea



Motor de seis cilindros en V

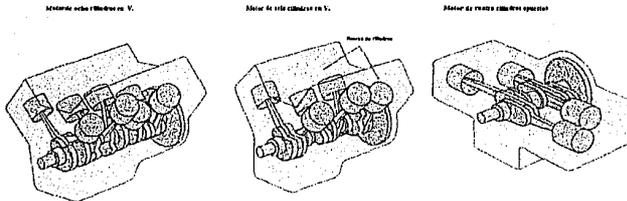


Fig. 3. Tipos de motores

a.2) Tren Propulsor.

Este sistema se encarga de transmitir la potencia desde el motor hasta las ruedas, y estas impulsan el automóvil. En el automóvil con motor delantero y tracción trasera, el motor hace girar las flechas de la transmisión que, por medio de la flecha propulsora o cardan, transmiten potencia al diferencial, que esta constituido de la siguiente manera: un engrane lateral se acopla con el extremo estriado de cada una de las dos flechas, dos engranes satélites sujetos en un engrane mayor (corona) están acoplados en forma perpendicular con los engranes laterales. El automóvil con tracción delantera o con el motor atrás, no tiene cardan, en este caso el motor mueve una transmisión combinada con el diferencial llamada transeje, que hace girar las dos flechas laterales que impulsan las ruedas. El transeje cuenta con uniones universales, que son mecanismos que permiten que la suspensión se mueva verticalmente.

Otra de las funciones de el tren propulsor es la de controlar la relación velocidad/potencia que produce el motor, de esta forma se sabe que un automóvil produce potencia útil cuando el numero de revoluciones por minuto fluctúa entre las mil y seis mil revoluciones por minuto, dependiendo de el tipo de motor; si las ruedas dieran una vuelta por cada vuelta del cigüeñal, los automóviles se desplazarían a una velocidad fluctuante entre 80 y 450 km/h, por ello la velocidad que transmite el motor a las ruedas debe reducirse por medio de engranes, los de el diferencial hacen que las ruedas giren de dos a cuatro veces mas despacio que la flecha propulsora. Por otro lado la transmisión manual o automática funciona como un multiplicador de torsión, ya que la primera y segunda velocidad desarrollan la máxima torsión a una velocidad baja, y la tercera y sucesivas velocidades según el automóvil, producen una tensión menor a mayor velocidad.

Transmisión manual: Este sistema consiste de un conjunto de engranes de diferente tamaño que se acoplan solo dos a la vez, para ofrecer la relación de velocidad/torsión requerida por el conductor al maniobrar una palanca desde el interior de el automóvil. La mayoría de las transmisiones manuales tienen de tres a cinco velocidades además de neutral y reversa. En neutral se desacoplan todos los engranes y el motor funciona sin que el automóvil se mueva.

Una parte muy importante de la transmisión manual es el clutch o embrague, que conecta el motor con la transmisión, se encarga de acoplar y desacoplar el motor con la transmisión para permitir el cambio de velocidades, o lo que es lo mismo de engranes. El clutch consiste en el volante de el motor, el disco de el clutch y el plato opresor, que está atornillado al volante y gira con el. El disco de el clutch es plano y de acero, cubierto de un material especial para permitir el acople gradual. Unos resortes de gran capacidad de carga oprimen el disco entre el volante y el plato opresor, ya fijo el disco, la potencia del motor pasa del volante a el, y de el a

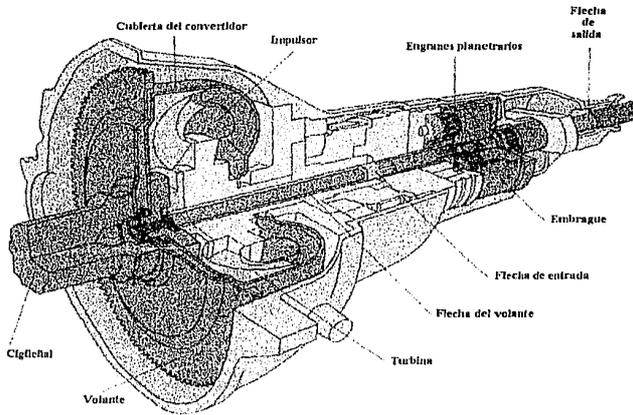


Fig. 7 . Transmisión automática.

A bajas velocidades del motor, el aceite rebota de las aspas de la turbina hacia el impulsor, y circula hacia la izquierda, al contrario de la circulación que el impulsor le da, con lo cual se absorbe algo de la torsión del motor, para anular esta pérdida, las transmisiones automáticas modernas tienen un convertidor de torsión, el cual es un acoplamiento fluido básico, pero tiene una tercera pieza, el estator, entre la turbina y el impulsor. Un embrague de un solo sentido permite que el estator gire solo hacia la derecha. En este tipo de transmisiones, dos trenes de engranes planetarios que se pueden acoplar indistintamente sin desconectar el motor de la transmisión, proporcionan tres velocidades hacia adelante y reversa. Un tren de engranes planetarios consiste en un engrane solar, un engrane con dientes internos (corona) y varios planetarios que dan vueltas entre el engrane solar y la corona, haciendo girar un portaplanetarios con forma de horquilla.

Otra parte importante dentro de la transmisión, es el cuerpo de válvulas, que recibe información de la velocidad del vehículo, la posición del acelerador y la

velocidad seleccionada. Esta formado por un complejo laberinto de conductos, válvulas y resortes que envían el aceite a presión a los pistones y los servos que aplican y sueltan las bandas y embragues para controlar los planetarios y hacer los cambios de velocidad. El aceite que se utiliza es impulsado para una circulación constante, por medio de una bomba, que lo hace pasar por el enfriador en el radiador y por toda la transmisión.

Para reducir el desgaste del motor y un mal consumo de gasolina, existe la sobremarcha, que es una transmisión auxiliar de dos velocidades que regula las rpm del motor en relación con las condiciones de manejo, esta se encuentra detrás de la transmisión principal.

a.3) Frenos, Rines y Llantas.

a.3.1) Frenos.

Los frenos son el sistema encargado de detener al automóvil, su funcionamiento se basa en el principio hidráulico de que la presión de un líquido, dentro de un sistema cerrado, es igual en todo el sistema. Dentro de un sistema de tubos y mangueras lleno de líquido de frenos, hay un cilindro maestro que se conecta al pedal del freno y a un cilindro en cada rueda. Al pisar el pedal del freno, un pistón impulsa el líquido en el cilindro maestro y lo envía con igual presión a cada cilindro de rueda, cuyos pistones empujan las pastillas o las balatas contra los discos o tambores según el caso.

a) Frenos de disco: Consiste en un disco de fierro fundido o rotor que gira con la rueda, y una pinza o mordaza montada en la suspensión delantera, que presiona las pastillas de fricción contra el disco. La mayoría de las veces este tipo de frenos se utiliza solamente en las ruedas delanteras del automóvil, ya que producen el 80% de la potencia de frenado de un automóvil, tienen la ventaja de que se enfrían rápidamente porque los discos no se encuentran cerrados, así también por la acción

centrífuga desalojan polvo y agua. Algunos frenos de disco tienen indicadores del desgaste de las pastillas, el mas común es un resorte montado en la pastilla que al gastarse, roza contra el rotor y produce un rechinido agudo. Solo en autos deportivos o muy pesados, se utiliza este tipo de frenos para las ruedas traseras.

b) Frenos de tambor: Están formados por dos zapatas semicirculares que presionan contra la superficie interna de un tambor metálico que gira con la rueda. Las zapatas están montadas en un plato de anclaje sujeto en la funda del eje trasero o en la suspensión para que no gire. Los cilindros de rueda empujan un extremo de cada zapata contra el tambor, y un pivote llamado ancla, soporta el otro extremo de la zapata.

Los frenos de disco no necesitan ajuste porque cada vez que se aplican los frenos, el pistón sale y toma una nueva posición para compensar el desgaste de las pastillas.

En los frenos de tambor, cuando las balatas se desgastan, hay que ajustar las zapatas acercándolas al tambor. El mecanismo de ajuste mas común es un tornillo pequeño que avanza al hacer girar una rueda de estrella, otros cuentan con una palanca ajustadora accionada por varilla o cable que ajusta las zapatas al frenar intermitentemente el automóvil en reversa.

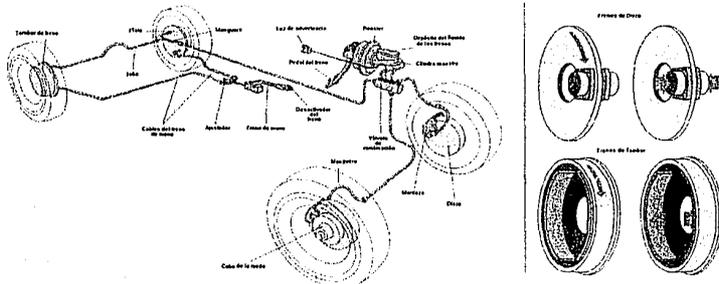


Fig. 8. Sistema de frenos.

Actualmente todos los automóviles utilizan reforzadores de vacío para producir más potencia de frenado utilizando el vacío del múltiple de admisión.

Para darle mayor seguridad al sistema de frenos, los automóviles cuentan con dos sistemas independientes. El cilindro maestro tiene dos pistones que se mueven al mismo tiempo, cada uno envía líquido a dos ruedas; una delantera y la trasera contraria en el sistema diagonal o en otros casos delanteras y traseras, siendo poco probable que los dos sistemas independientes fallen a la vez.

La tubería de frenos cuenta con una válvula de presión diferencial debajo del cilindro maestro, y hace que se encienda una luz en el tablero si alguno de los sistemas pierde presión hidráulica. También tienen una válvula dosificadora, que hace que los frenos traseros funcionen antes que los delanteros evitando que derrape el automóvil.

a.3.2) Rines.

Un rin es una pieza metálica cilíndrica que se coloca en cada uno de los extremos de los ejes de un automóvil, y en ellos se montan las llantas o neumáticos. La mayoría de los rines constan de varias piezas de acero troquelado soldadas unas con otras formando diversas estilizaciones. También existen rines de una sola pieza forjada en aleaciones de magnesio y aluminio. Todos tienen en el centro un orificio de aproximadamente dos pulgadas que embona con el cubo o maza, y de tres a seis orificios pequeños donde se colocan los birlos o tuercas para sujetar el rin.

En los cubos o mazas existen baleros o cojinetes que reducen la fricción para que las ruedas giren libremente.

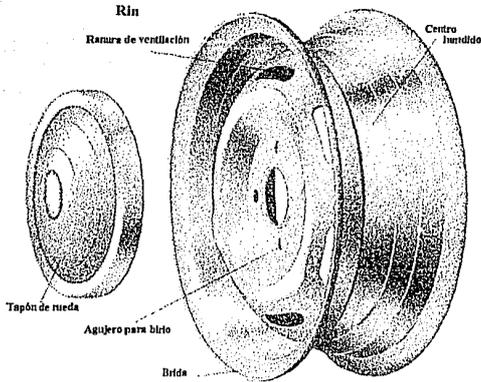


Fig. 9. . Rin de acero.

a.3.3) Llantas.

Son unos anillos de hule, inflables, que se montan en el rin. Tienen cuatro o cinco partes según el tipo de construcción: el piso, los costados, el casco interno, y las cejas. Funcionan como colchón de aire que facilita el manejo y soporta las fuerzas que se generan al acelerar, frenar y mover la dirección. Deben ser lo bastante resistentes y a la vez flexibles para amortiguar impactos. El hule debe ser lo suficientemente blando para dar tracción en pavimento mojado, pero con suficiente dureza para rodar miles de kilómetros. En general existen dos tipos de llantas; con cámara y sin cámara. En las llantas sin cámara, las cejas están conformadas para sellar herméticamente al montarla en el rin, tienen un revestimiento interior, blando, para evitar fugas de aire por los costados y el piso. Las otras tienen una cámara de hule que tiene una válvula vulcanizada que pasa por el agujero del rin, la cámara contiene el aire.

La relación entre la altura de una llanta, desde el rin hasta el piso de la llanta, y su anchura, de un costado a otro, se llama perfil o relación de aspecto de la llanta y se expresa en porcentaje.

a.4) Sistema de dirección

La presencia de un sistema de dirección en todo automóvil es debida a la necesidad de un control rápido, exacto y suave sobre el vehículo de mas de 1.5 toneladas sin exigir gran esfuerzo por parte del conductor.

Cuenta básicamente el sistema de dirección con los siguientes componentes:

- Volante.
- Columna de la dirección. Flecha de la dirección.
- Caja de la dirección.
- Varillaje de la dirección.

El volante es una palanca de radio reducido, en la cual el conductor aplica la fuerza (misma que debe ser de una magnitud pequeña) orientada a controlar la dirección del automóvil.

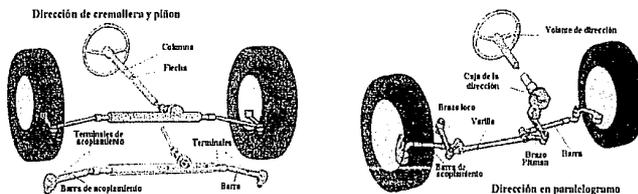


Fig. 10 . Sistema de dirección.

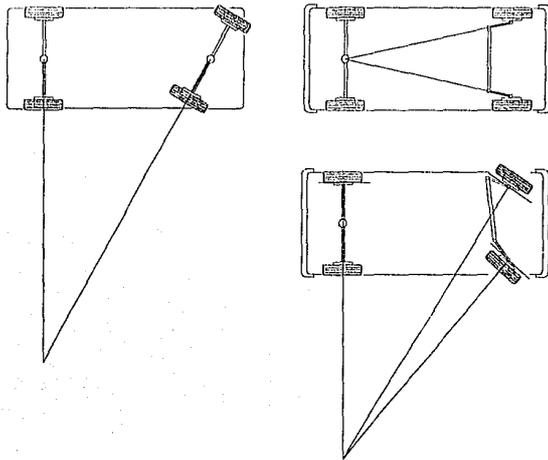
La columna de la dirección contiene a la flecha de la dirección, la cual transmite la fuerza aplicada al volante en el interior de la cabina del automóvil a la sección delantera del mismo, en la cual se ubica el resto del sistema de la dirección.

La caja de la dirección tiene como función convertir la fuerza de pequeña magnitud aplicada en el volante y transmitida a través de la flecha, en una fuerza

de gran magnitud que permita el movimiento de las ruedas venciendo la inercia del automóvil fácilmente. Además, en la caja se define la relación de dirección, que es la que nos indica el índice de desplazamiento angular del volante al desplazamiento angular de las ruedas.

Existen dos tipos de dirección comunes: la dirección manual y la dirección hidráulica. La dirección manual puede ser, a su vez, de cremallera y piñón, de sinfín y rodillo o bien de bolas circulantes. El común de éstos tres tipos de dirección manual, es que la transmisión de la fuerza se realiza mediante el acoplamiento mecánico entre la flecha y el varillaje, lo cual resulta en una relación de fuerzas desventajosa al conductor, pues requiere de mayor fuerza para aplicar al volante. La dirección hidráulica realiza la transmisión de la fuerza mediante un acoplamiento hidráulico-mecánico, lo cual reduce substancialmente la cantidad de fuerza que el conductor debe aplicar al volante. Sin embargo, éste tipo de dirección implica un componente adicional: una bomba que permita impulsar el líquido de la dirección que auxilia en el movimiento del engranaje de acoplamiento. Dicha bomba es tradicionalmente impulsada mediante el cigüeñal del motor del coche, por medio de una polea.

El varillaje de la dirección consiste en un conjunto de varillas que conectan a las llantas delanteras entre sí y a la caja de la dirección, de manera que la fuerza y movimientos transformados en ésta, son transmitidos a las ruedas por medio del varillaje. Cabe mencionar que un sistema de dirección hidráulica poco usual, aplica la presión hidráulica directamente en el varillaje y no en la caja de la dirección.



a.5) Sistema eléctrico

Es el sistema eléctrico una de las piezas medulares del automóvil moderno. Para mejor comprensión de dicha afirmación, distinguiremos los siguientes circuitos que conforman el sistema eléctrico:

- Circuito de carga
- Circuito de arranque
- Circuito de encendido (ignición)

- Circuito de luces
- Circuito de accesorios.

El circuito de carga comprende, de manera general: el acumulador, el alternador y el regulador de voltaje (sin olvidar los cables que unen todos estos componentes).

Es el acumulador una gran batería que alimenta a todos y cada uno de los demás circuitos del sistema eléctrico. Proporciona corriente de hasta 400 A (desde luego, durante períodos cortos) para hacer funcionar al motor mediante el circuito de arranque. Resulta obvio que un acumulador por sí solo no duraría proporcionando toda ésta energía de una manera autónoma. A fin de 'reponer' dicha energía que el acumulador proporciona a todo el sistema eléctrico, se le proporciona un circuito que genere dicha energía de vuelta al acumulador. Esto lo realiza mediante un generador, que es comúnmente conocido como alternador: genera corriente alterna, misma que se rectifica dentro del alternador (esto debido a las inconveniencias que en masa y volumen presenta un generador C.D.), aprovechando mediante una polea la energía motriz del cigüeñal. El regulador de voltaje, finalmente, determina los niveles de voltaje de carga del acumulador, dado que el alternador puede elevarlos cuando el motor se acelera.

El circuito de arranque está compuesto básicamente por la marcha, un solenoide o relay y el switch de encendido y arranque.

La marcha es sencillamente un motor eléctrico cuya función es proporcionar un torque inicial lo suficientemente rápido y potente para proporcionar movimiento al motor del automóvil, activando así al circuito de ignición. Es éste el circuito que mayor demanda exige del acumulador, ya que puede requerir de varios cientos de Amperes para proporcionar dicho torque. El solenoide tiene como única función proporcionar la corriente desde el acumulador hasta la marcha, cuando el switch es activado. Dicho switch tiene dos pasos: uno, para proporcionar dicha corriente al

solenoides y solamente se activa mientras el conductor gire la llave; el otro, permite el paso de corriente para el circuito de ignición, y permanece activo en una posición determinada que el conductor selecciona.

El circuito de encendido o ignición está formado por la bobina, el distribuidor y las bujías, con sus respectivos cables de interconexión. Su función radica en proporcionar la chispa que inflama la mezcla de aire y gasolina en la cámara de cada pistón del motor.

La bobina tiene la misión de incrementar el voltaje proporcionado por el circuito de carga (típicamente de 12 volts) a un nivel de hasta 40,000 volts requeridos para generar la chispa. El distribuidor realiza doble función: alternar el voltaje en el primario de la bobina mediante platinos si el sistema es convencional, o mediante transistores si el sistema es electrónico (cabe mencionar que existen también distribuidores de captador magnético, de efecto Hall, de gatillo óptico, de sensor de proximidad y de bobina magnética); la otra función del distribuidor es la proporcionar la corriente solo a la bujía cuyo pistón se encuentre en el momento adecuado de recibir la chispa (es decir, distribuye la corriente). Finalmente, son las bujías los elementos en los cuales se produce la chispa que inflamará la mezcla: al recibir del distribuidor la corriente necesaria en uno de sus electrodos, la corriente brinca al otro electrodo (conectado al negativo del acumulador mediante el cuerpo del motor) a través de una abertura previamente calibrada y produciendo así una chispa capaz de inflamar la mezcla. De esa manera, se requiere que los cables soporten tales voltajes.

El circuito de luces se constituye por: faros, luces laterales (plafones), calaveras, luz de placa de circulación posterior, luces direccionales intermitentes, flasher de cuartos y calaveras para emergencia, luces de reversa y luces de alto. Los faros deben ser capaces de proporcionar tanto luz baja como luz alta.

Finalmente, el circuito de accesorios comprende todos los instrumentos del tablero (amperímetro, temperatura, indicador de nivel de gasolina, de presión de aceite y en ocasiones velocímetro y odómetro en caso de ser eléctricos éstos), motor de los limpiadores, ventilador de la calefacción, sistema de aire acondicionado, radio, claxon, luces de tablero y cabina.

Es importante mencionar que éstos dos circuitos finales, si bien no consumen tanta energía eléctrica como los dos anteriores, pueden afectar seriamente al circuito de carga si el alternador no reabastece oportunamente al acumulador.

a.6) Sistema de carrocería y chasis

El sistema de carrocería y chasis tiene la función de integrar todos los sistemas anteriormente mencionados, protegiéndolos y ocultándolos, además de proporcionar la máxima seguridad posible a los tripulantes o pasajeros del automóvil. Existen dos tipos de sistemas de carrocería y chasis: aquel en el cual la carrocería es independiente del chasis (teniendo a su vez chasis de largueros y travesaños, y chasis de plataforma), y aquel en el cual se cuenta con una carrocería unitaria conformada por láminas delgadas de formas complejas y soldadas entre sí para proporcionar rigidez.

Es en el chasis donde descansa la carga del motor, cabina, accesorios, sistema eléctrico, carrocería, etc, mientras que el chasis descansa sobre la suspensión del automóvil y a su vez ésta sobre las llantas.

a.7) Sistema de suspensión

La suspensión, por medio de muelles o resortes y amortiguadores, soporta el peso del automóvil y su carga, amortigua los impactos del camino y mantiene las llantas en contacto con el piso.

Una muelle o resorte es un dispositivo que vuelve a tomar su forma original después de recibir una presión. En la suspensión de un automóvil, las muelles o

resortes están colocados entre el chasis y cada una de las ruedas y se comprimen y distienden para absorber las sacudidas causadas por las irregularidades del camino. Al distenderse una muelle o resorte comprimidos, rebasan su forma y posición originales hacia arriba y hacia abajo varias veces. Aunque cada compresión y cada distensión son menores que las anteriores, la oscilación podría continuar hasta el grado de causar mareos a los pasajeros.

Los amortiguadores están unidos a las muelles o resortes, para controlar el movimiento excesivo de éstos y atenuar las oscilaciones; para ello, se conecta la muelle o resorte con un cilindro parcialmente lleno con líquido especial, dentro del cual un pistón con orificios o válvulas calibradas baja o sube lentamente en respuesta a los movimientos de la muelle o resorte. Puesto que los líquidos no se pueden comprimir, el tamaño de éstas válvulas determina la velocidad a la que se desplaza el pistón, el cual, a su vez, regula la velocidad a la que oscila la muelle o resorte.

En la suspensión de los automóviles se usan muelles, resortes o barras de torsión. Las muelles de hojas consisten en hojas largas y planas que absorben los impactos por flexión. Una muelle puede consistir en una hoja mas gruesa en la parte media que en los extremos; pero casi siempre son varias hojas, cada una mas corta que la anterior, unidas con una abrazadera en el centro. Estos dos tipos de hojas refuerzan la muelle en el centro, que es donde se aplica la mayor fuerza. Los resortes son varillas a las que se da forma de espiral y que absorben los impactos al comprimirse y distenderse.

Las barras de torsión absorben los impactos al torcerse. Los resortes, en realidad, son barras de torsión con forma de espiral.

El acero para muelles o resortes recibe un tratamiento especial con calor o presión para darle más elasticidad, de modo que recupere su forma original después de recibir una presión y no se torne quebradizo por las flexiones repetidas.

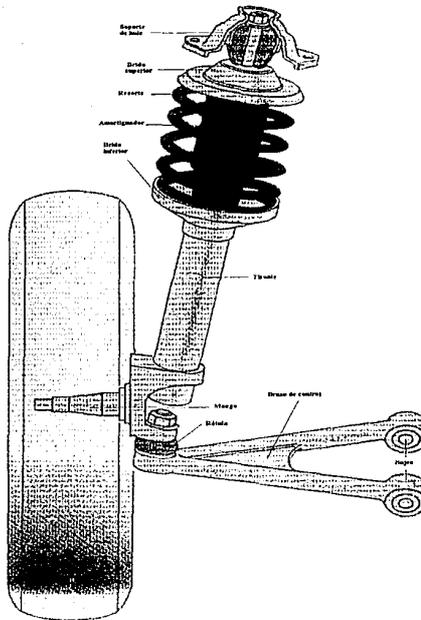


Fig. 12. Suspensión Mc Pherson.

Las ruedas delanteras deben también responder a la dirección. Las rótulas, que pueden girar en todas direcciones, dejan que las ruedas giren a izquierda o derecha y, al mismo tiempo, se muevan verticalmente. A menudo se coloca una barra estabilizadora entre las partes derecha e izquierda de la suspensión, para reducir la inclinación del automóvil en una curva.

a.7.2) Suspensión trasera

La suspensión trasera está diseñada, al igual que la delantera, para mantener las ruedas en contacto con el camino y proporcionar comodidad en el manejo; aunque ambos sistemas tienen mucho en común, difieren en diseño y disposición.

Las ruedas delanteras soportan permanentemente el peso del motor y el de las secciones delanteras de la carrocería y del chasis. Las ruedas traseras soportan cargas variables, según el número de pasajeros y la cantidad de carga. Las muelles (o resortes) traseras no se deben flexionar demasiado con carga adicional, ni deben estar demasiado rígidas sin carga. Si son muy variables las cargas que soportan, quizá se requieran amortiguadores de aire ajustables, en lugar de los comunes.

Mientras que las ruedas delanteras giran a la izquierda y derecha y se mueven verticalmente, las traseras permanecen rectas, independientemente de su movimiento vertical o de la posición del automóvil en una curva. Las ruedas traseras no tienen rótulas que les permitan girar libremente como las delanteras, sino que están fijas a las flechas laterales y sólo se mueven lateralmente.

La diferencia más importante entre las suspensiones delantera y trasera en los automóviles con tracción trasera, consiste en que la torsión del tren propulsor se transmite al camino por medio de las ruedas traseras. (La torsión es la fuerza que hace girar las ruedas e impulsa el automóvil). Esta torsión tiende a mover partes de la suspensión que deben mantenerse relativamente rígidas; para que la suspensión trasera resista esa tendencia, se colocan con precisión todas sus piezas y se montan brazos de control entre el chasis y la suspensión. En los automóviles con tracción trasera se utilizan dos tipos de suspensión trasera: suspensión integrada a la funda del eje y suspensión independiente.

Suspensión trasera integrada a la funda del eje: la principal característica de esta suspensión consiste en que la funda del eje se mueve junto con ella cuando cualquiera de las dos llantas choca con un obstáculo. El diferencial y las flechas laterales están dentro de la funda, que se mantiene fija por la suspensión trasera.

La suspensión de muelles de hojas mantiene fija la funda, resiste el empuje lateral en curvas y absorbe los impactos del camino. La suspensión de resortes

tiene brazos de control entre el chasis y la funda del eje, para fijar la funda y resistir el empuje lateral, pues los resortes solo pueden absorber fuerzas verticales.

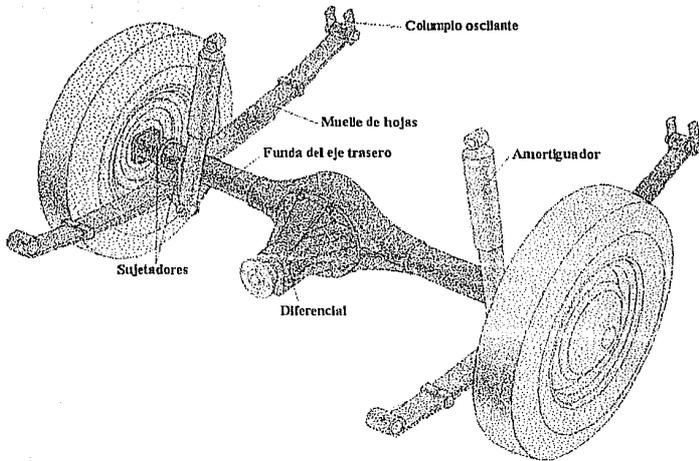


Fig. 13. Suspensión trasera integrada a la funda del eje.

Suspensión trasera independiente: igual que en el caso de la suspensión delantera independiente, la trasera independiente permite que cada rueda responda por separado a las irregularidades del camino. El eje no tiene funda, y la cubierta del diferencial está montada en el chasis, el cual absorbe en parte la torsión del tren propulsor.

Las antiguas suspensiones traseras independientes con ejes oscilantes no mantenían las ruedas perpendiculares al piso en las curvas; esto reducía el agarre de la llanta y, por el efecto de cámbor positivo (inclinación de la rueda hacia afuera en la parte superior), se producían frecuentes derrapadas y hasta volcaduras. Para evitarlo, las suspensiones modernas tienen cuatro uniones universales y diferentes

tipos de brazos de control, para mantener las ruedas casi perpendiculares al piso aún en curvas.

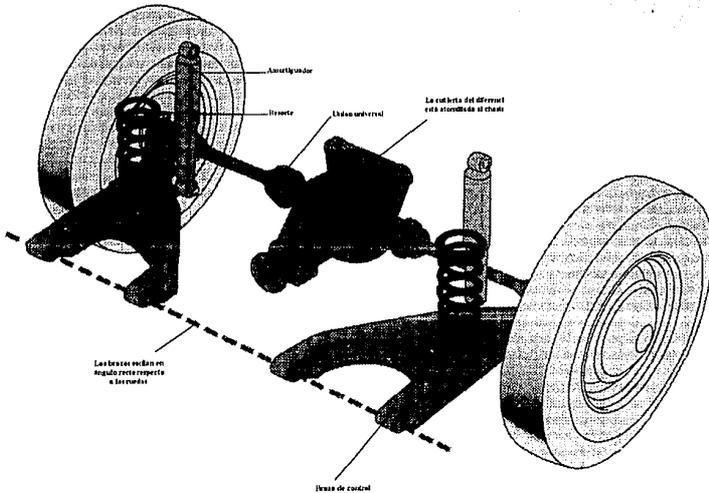


Fig. 14. Suspensión trasera independiente.

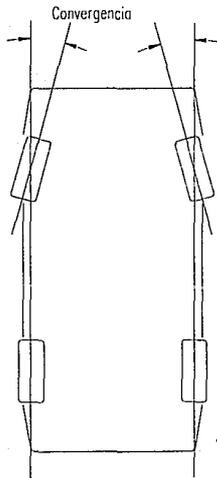
b) Alineación y Desalineación.

La alineación de un automóvil consiste en ajustar la suspensión y neumáticos de acuerdo a la geometría especificada por el fabricante. Los puntos mas importantes son convergencia, cáster y cámbor, que son determinantes para tener unas condiciones de marcha adecuadas. Desalineación es el desajuste de estos parámetros del automóvil, y producen condiciones inseguras y difíciles de manejo que provocan un desgaste irregular de los neumáticos.

Convergencia.

La convergencia es el grado de cierre o de abertura de las ruedas cuando están en la posición de marcha en línea recta. De esta forma el desajuste es el ángulo que se forma entre el plano de una rueda y el plano medio longitudinal del vehículo, dándose dos tipos de desajustes:

- TOE-IN. Este se refiere a la condición que se presenta cuando la parte delantera de los dos neumáticos anteriores esta mas cercana que la parte trasera de los mismos.
- ZERO-TOE. Se presenta cuando las ruedas delanteras se encuentran exactamente paralelas, y es esta la condición ideal para una alienación correcta.
- TOE-OUT. Es la condición contraria a toe-in, la parte delantera se encuentra mas distante que la parte trasera, en los neumáticos anteriores.



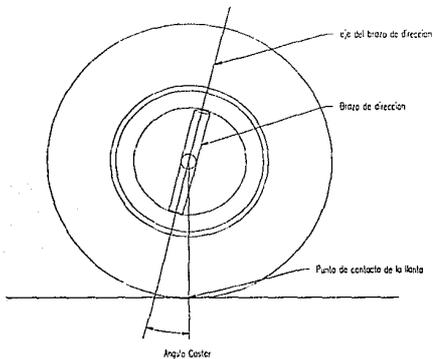
Caster.

Este es un principio físico que le brinda al automóvil un gran porcentaje de su estabilidad de manejo ,es el efecto que hace que un automóvil mantenga una trayectoria recta a cualquier velocidad y sin aplicar fuerza al volante. Consiste en establecer una distancia sobre la superficie de camino de la rueda, entre la proyección de el eje de dirección y la proyección vertical del eje de rotación de los neumáticos delanteros, como se muestra en la figura.

Si la proyección vertical del eje de rotación se encuentra detrás de la proyección de el eje del sistema de dirección , el caster sera positivo, como debe ser para una estabilidad y seguridad en el manejo. Si por otro lado las proyecciones se encuentran invertidas el caster sera negativo.

El sistema de dirección y suspensión se puede diseñar de varias formas para lograr tener caster positivo.

En la figura siguiente se representa ilustrativamente el efecto caster.



Un neumático con caster positivo tiene una tendencia a dirigirse hacia el centro del automóvil, pero esto no tiene ningún efecto ya que la rueda del lado contrario

también tendrá esta tendencia y por ello se equilibran logrando una trayectoria recta.

Si alguna de las llantas sufre un desajuste ,esto se refleja en que el automóvil tendrá una tendencia a jalarse hacia algún lado.

El cáster es un parámetro de alienación que en un 95% de los automóviles recientes se puede ajustar mediante alguna varilla o tornillo. La mayoría de las veces el desajuste se debe a el desgaste o deformación de las piezas y mecanismos relacionados con el sistema de dirección y el de suspensión, por ello para corregir la falla es necesario cambiar todo aquello que se encuentre afectado.

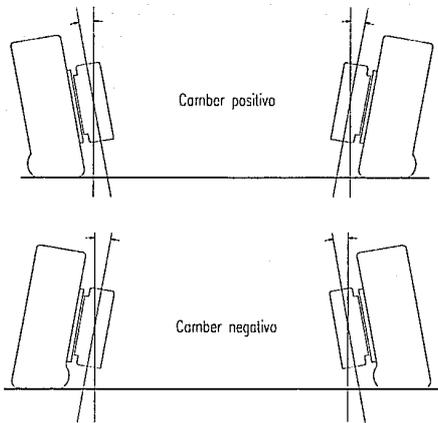
Todo cambio en el caster necesariamente afecta los otros parámetros de alienación de un automóvil, es por ello que durante la corrección de los ángulos se sugiere ajustar en primer lugar el ángulo caster si es necesario.

Después de haber dado vuelta a la dirección para tomar una curva, aparece una tendencia a conservar una trayectoria recta , o de otra forma, el esfuerzo necesario para mantener el volante durante una curva se debe al ángulo caster positivo, que esta relacionado con una estabilidad direccional en el manejo.

En algunas suspensiones, el caster no es un valor constante debido a que varia con las condiciones de carga del automóvil.

Camber.

Las ruedas delanteras de un automóvil no siempre se encuentran exactamente verticales cuando se encuentra caminando en linea recta. Si la parte superior de la rueda se encuentra mas distante del automóvil, se dice tener camber positivo, y de forma contraria si la parte inferior es la mas distante, tendrá camber negativo.



Una rueda con camber positivo tiene una tendencia de girar hacia afuera del automóvil, pero esto se cancelaría si la rueda contraria tuviera el mismo ángulo camber.

Es importante mencionar que el efecto caster tienen cierta influencia en el camber, ya que cuando una rueda se gira hacia el interior del carro, el ángulo camber se reduce, y por el contrario si se gira hacia afuera, aumenta el ángulo camber en proporción directa. Es por ello que el ángulo caster se puede medir por medio de la variación del camber al girar la rueda un número determinado de grados.

El ángulo camber también se ve afectado con la variación de la carga en el vehículo, ya que a mayor carga tenderá a hacerse negativo el ángulo en una pequeña cantidad.

El principal objetivo de el fabricante al determinar los ángulos adecuados de la geometría del vehículo es crear y mantener la estabilidad direccional, facilidad en el manejo, máximo confort y duración de los neumáticos.

c)Efectos de la Desalineación.

- **DESVIACION.** Es la tendencia de un vehículo de dirigirse hacia la derecha o izquierda cuando el conductor trata de mantener una trayectoria recta en una superficie uniforme. El conductor tiene que estar haciendo un esfuerzo continuo para mantener un control del automóvil.
- **VIBRACION.** Es un movimiento oscilatorio en las ruedas frontales a baja velocidad, el volante se vuelve violento e incontrolable. Este efecto se hace mas apreciable después de pasar por un borde en el camino, surgiendo un movimiento oscilatorio y creciente que solo desaparece si el automóvil se detiene.
- **RUEDA LIBRE.** Es un efecto vibratorio que surge a altas velocidades, se puede apreciar en el volante y en todo el automóvil. Lentamente daña a todos los sistemas del automóvil, ya que afloja y desgasta piezas.
- **CHILLIDO DE NEUMATICOS.** Cuando el vehículo da una vuelta a alta velocidad aparece entre el neumático y el pavimento un deslizamiento que provoca un chillido, si se tiene una correcta alineación, sera pequeño, pero si no es así, el chillido sera fuerte y aparecerá a velocidad normal. Los neumaticos sufren un desgaste prematuro y aparecen movimientos extraños en el volante.
- Una presión de inflado incorrecta en los neumaticos modificara el efecto de deslizamiento en las llantas del automóvil.
- **VOLANTE DURO.** Cuando las ruedas delanteras del automóvil se levantan del piso, el esfuerzo necesario para mover el volante es muy pequeño. Cuando el vehículo va en operación en una avenida, aparecen algunas fuerzas adicionales que incrementan el esfuerzo normal necesario para girar el volante. En la mayoría de las veces este incremento se debe a un desajuste en los ángulos de alineación. Esto no esta relacionado con el esfuerzo que se requiere para girar el volante cuando el

vehículo esta estacionado, ya que esto depende de las condiciones de diseño del automóvil y de la fuerza del conductor.

- **VOLANTE LIBRE.** Es el efecto que produce una sensación de inseguridad, ya que el movimiento del volante no produce una respuesta eficaz en las ruedas. Esto se debe a un desajuste en la geometría especificada por los ángulos de alineación del automóvil. Produce un desgaste irregular y prematuro de los neumáticos.

- **GOLPETEO.** Este efecto aparece cuando el conductor percibe en el volante, las imperfecciones como depresiones y bordes que existen en el pavimento. Este efecto existe en todos los automóviles, pero varía dependiendo de el correcto ajuste de los ángulos de alineación y de el tamaño de la superficie de contacto de los neumáticos utilizados. Los daños que causa son variables, pero en general produce un desgaste en el sistema de dirección del automóvil.

II. ALINEADORES COMERCIALES.

Mientras que la mayoría de los alineadores existentes hoy día pueden diferir mucho en apariencia, están basados para su diseño en las mismas fórmulas básicas de medición de los factores de desalineación, previamente discutidos.

Las mayores diferencias se pueden atribuir a los siguientes factores:

- Qué tan completo sea el equipo: ¿Está dedicado a medir un parámetro en particular? ¿Qué tantos parámetros es capaz de registrar?
- Qué método de medición emplea el equipo: Los métodos seleccionados por un fabricante pueden diferir de los de otro, por lo que el equipo necesariamente será distinto.
- Compatibilidad con otros equipos: Existen equipos modulares que si bien no son completos individualmente, lo son al integrar cada uno con otros independientes.
- Portabilidad del equipo: Aunque es difícil de encontrar actualmente en el mercado, existen equipos ligeros y compactos fáciles de transportar.

Otra gran diferencia entre los equipos de alineación, es aquella que se refiere a el tipo de información que presenta al operador, y que puede proporcionar datos o bien un procedimiento a seguir. De acuerdo con esto, tenemos entonces:

- a) *Alineadores No Inteligentes.*
- b) *Alineadores Inteligentes.*

Son los alineadores no inteligentes, aquellos que únicamente registran una lectura, y corresponde al operador interpretar qué tipo de lectura se está realizando y qué tipo de ajuste se debe hacer.

Los alineadores inteligentes, por el contrario, procesan la información registrada, y además de presentarla al operador, toman la decisión de los pasos a seguir para corregir las imperfecciones detectadas en la alineación del automóvil, convirtiendo

así el proceso de alineación en una secuencia automatizada en la cual el error humano es limitado, al restringir la acción del operador simplemente a colocar el equipo de sensado en las llantas del automóvil, y ajustar los mecanismos del mismo de acuerdo como el equipo lo indique.

Son tres los métodos de medición de alineación empleados comúnmente, a saber:

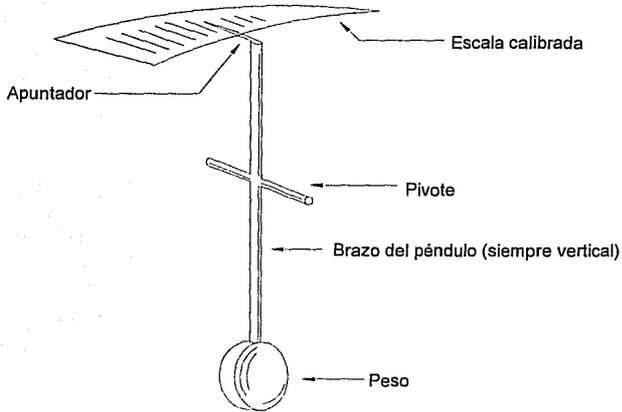
- ⇒ Medición por ángulos.
- ⇒ Medición por giros.
- ⇒ Mediciones por líneas de trayectoria.

a) Alineadores No Inteligentes.

La medición de alineación de llantas con el método de ángulos empleando sistemas no inteligentes, se realiza con cualquiera de los siguientes implementos:

- Plomada o péndulo.
- Nivel de burbuja.
- Transportador

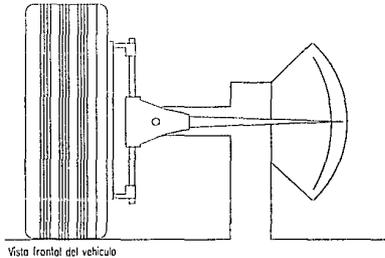
El uso de plomadas o péndulos se basa en la actuación de la gravedad terrestre, y se emplean sobre todo para medir el cámbler, colocándolos paralelamente al eje vertical de la llanta, de manera tal que registre en una escala lineal graduada, mediante un brazo con apuntador, la diferencia entre dicho eje y la vertical delineada por la fuerza gravitacional sobre el peso en el otro extremo del brazo.



Los medidores basados en niveles de burbuja actúan apoyándose en un principio básico de la estática de los fluidos que indica que la superficie de un fluido en reposo siempre es horizontal. De esa manera, se encuentran dos tipos de indicadores por nivel de burbuja: de tubo curvo y de esfera. Los de tubo curvo están compuestos por un segmento de cilindro de material transparente y graduado, lleno parcialmente de líquido y sellado por ambos extremos. Dado que no se encuentra saturado de líquido en su totalidad, se forma una burbuja de aire, que buscará siempre la horizontal. Ajustando la escala lineal graduada de manera que la burbuja indique el ángulo que difiere la posición del tubo con respecto a la horizontal, se puede medir un ángulo de inclinación (tal y como se hace en los 'niveles' empleados en la construcción). Mas, si en lugar de emplear una esfera parcialmente llena de líquido en lugar de un tubo, la escala lineal se substituye por una escala planar, de manera tal que se pueden sensar dos ángulos de inclinación simultáneamente.



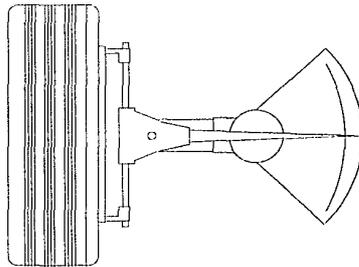
El transportador es un dispositivo de precisión consistente en una pieza móvil con un apuntador pivoteado en una segunda pieza fija y graduada. Según varíe la relación angular de la pieza móvil a la pieza fija, el apuntador indica el ángulo existente entre ambas piezas. De ésta manera, si se desea medir el cámbor de una llanta, por ejemplo, la parte móvil se ajusta paralelamente al eje vertical de la llanta, mientras que la pieza graduada se mantiene en la vertical. Para mediciones de mayor precisión, se emplean escalas de Vernier.



El empleo de sistemas no inteligentes para medición por giros, se realiza con cualquier de los siguientes tres sistemas:

- Transportador.
- Tornamesa (o placa giratoria) graduada.
- Indicador de giro de péndulo.

El transportador horizontal posicionado contra el neumático, indica el ángulo con el cual la llanta está girada, trabajando de la misma manera como el empleado para medir con el método de los ángulos. La diferencia entre los transportadores por ángulos y los transportadores por giros, es que aquellos se emplean para medir la inclinación del plano vertical de la llanta con respecto a la vertical de la pieza fija, mientras que éstos se usan para medir el ángulo de giro de la llanta con respecto a una pieza fija horizontal paralela al eje transversal del auto. Empleado en complemento con un transportador situado en el lado opuesto del vehículo (es decir, en la otra llanta), proporciona la lectura de convergencia o de divergencia del vehículo.



Viso de planta del vehículo

La mayoría de los equipos de alineación de neumáticos están provistos de placas giratorias para las llantas delanteras. Dichas placas trabajan en su mayoría, en conjunto con los demás instrumentos descritos en ésta sección, como herramienta auxiliar para realizar los ajustes pertinentes, mas no para realizar la medición por sí misma. Sin embargo, existen placas graduadas de manera tal que cuando la llanta es girada, dicha graduación mide el ángulo recorrido.

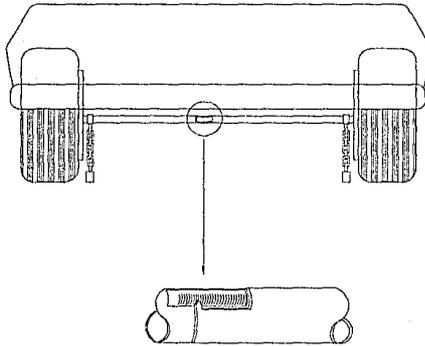
EL uso de indicador de giro de péndulo se apoya en un principio mas sofisticado. Emplea dos péndulos ubicados a una distancia tal, que al girar la llanta

y hacer que uno de ellos ocupe exactamente el lugar en el que estaba ubicado previamente el otro, el ángulo recorrido sea de 20° , y en sentido contrario (haciendo que éste ocupe el lugar de aquel) se mida el mismo ángulo, siempre y cuando permanezca constante. Si se obliga a que sea el ángulo el que permanezca constante (o bien, la longitud de la trayectoria recorrida por los péndulos), el radio, al ser forzado a permanecer constante, indicará la variación en el cáster del automóvil.

Para aplicar un método lineal en la alineación de llantas empleando sistemas no inteligentes, los dispositivos mas comunes son:

- La varilla telescópica calibrada.
- El compás de vara (de transporte).
- La escala calibrada.

La varilla telescópica calibrada está compuesta por dos tubos, uno de ellos entra en el otro, siendo que uno cuenta con un apuntador, mientras que el otro cuenta con una escala movable. En los extremos, cuenta con cadenas de la misma longitud (usualmente, 9 pulgadas). Dicha varilla, se ajusta a los rines por la parte anterior de la llanta, como lo muestra la figura, de manera que las cadenas apenas toquen el piso. Con esto se toma la lectura indicada en la escala movable por el apuntador, y se procede a colocarla de manera similar, pero en la parte posterior de las llantas, registrando así la nueva lectura. A partir de la diferencia de lecturas, se obtiene la divergencia o bien la convergencia de los neumáticos.



El compás de transporte de vara, se emplea para medir la distancia entre ejes en ambos lados del automóvil, a fin de corregir distorsión al comparar un lado contra otro. Así mismo, la diferencia de medidas indica la convergencia o divergencia de las llantas, ubicándolo inicialmente en la parte delantera de los neumáticos, y posteriormente en la parte trasera, muy similar a como se haría con la varilla telescópica.

Algunos grandes equipos de alineación de llantas están provistos de escalas calibradas para medir la base de las llantas.

Centrando cuidadosamente el vehículo en la pista, y teniendo las llantas delanteras rectas hacia el frente y posicionadas minuciosamente con la cabeza de alineación, la medición de la base actual es obtenida. Sin chequeo posterior necesario, esta medición nos dirá si algún eje en cualquier lado está fuera de lugar.

b) Sistemas Inteligentes

Distinguimos principalmente tres componentes integrantes de un sistema inteligente de alineación de llantas: El sistema central, que es el computador en el cual se registran y procesan todos los datos medidos y convertidos a señales eléctricas, los sensores, encargados de capturar los datos y transducirlos a señales

eléctricas, y los acopladores entre los sensores, que se encargan de interconectar a éstos entre sí a fin de permitir que puedan registrar los datos. Entonces, los acopladores dependen del tipo de transductor que se esté empleando en el sensor, pudiendo ser de distintos tipos, por lo general, ópticos o mecánicos.

En sistemas de alineación inteligentes, se distinguen tres tipos de equipos (considerando alineación de convergencia) principalmente, basándose en la forma como interactúan los sensores entre sí:

- a) Alineación con respecto al eje central
- b) Alineación con respecto al eje direccional
- c) Alineación total.

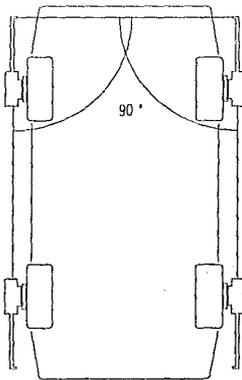
A pesar de que se subdividen en esos tres tipos, la medición del cámbor es la misma para cualquiera de ellos, pues es independiente para cada llanta del sistema; por lo que no importa la forma como se conecten los sensores entre sí.

De dichos tipos, el primero, alineación con respecto al eje central, se encuentra actualmente en desuso. Esto es debido a que los otros tipos de alineación no son más complicados pero sí son más confiables. De hecho, existen actualmente equipos en el mercado que son capaces de realizar al menos alineaciones con respecto al eje central y con respecto al eje direccional (si no es que de los tres tipos), y en la práctica no realizan alineación por eje central. La alineación con respecto al eje central se basa en el eje central del automóvil, y pretende alinear todas las llantas paralelamente a dicho eje. Sin embargo, una de las razones por las cuales éste tipo de alineación ya no es empleado, es por que los automóviles modernos se alinean mucho más fácilmente con los otros tipos de alineación.

Cabe mencionar que los instrumentos empleados para éste tipo de alineación son esencialmente los mismos que los empleados para los otros tipos de alineación, básicamente lo que cambia para llevarla a cabo es la interconexión entre los sensores y por lo mismo las rutinas de sentido (software).

Los alineadores basados en la línea direccional del coche, alinean las llantas delanteras con respecto a la línea de dirección del automóvil. Esto quiere decir que, a partir de la trayectoria que marcan las llantas traseras del automóvil, se ajusta la dirección de las llantas delanteras. Para tal efecto, se toma la trayectoria de las llantas traseras como perpendicular a la línea del eje trasero.

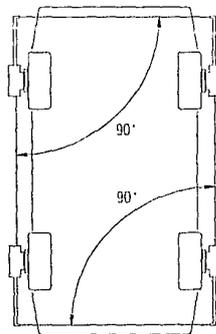
Esto se explica de acuerdo con la ilustración adyacente: adecuando un sensor paralelo al rin de la llanta trasera, y otro paralelo al rin de la llanta delantera, en ambos lados, se unen éstos mediante los acopladores. Si también se unen los sensores delanteros entre sí, entonces, por lógica, las llantas delanteras ni convergen ni divergen cuando la unión de los sensores delanteros forma un ángulo recto con cada una de las uniones con los sensores traseros.



Nótese que en las llantas traseras en realidad no se requiere instalar ningún sensor realmente, es mas bien un instrumento que se pueda instalar paralelamente a la llanta y transmita una señal de su dirección a la parte delantera, en la que necesariamente sí existen sensores que capten tal señal.

En la ilustración presentada anteriormente, se proponen transductores mecánicos. Los adaptadores son tensores que accionan servomecanismos, mismos que generan señales eléctricas que, en el sistema central, son digitalizadas y procesadas para desplegar el equivalente de defasamiento que presenta la llanta en cuestión. (Para esto, el software debe considerar que lo que se está midiendo en realidad es la diferencia existente entre los ángulos formados en los sensores delanteros, y a partir de la misma y por trigonometría debe indicar el ángulo que se debe rotar la llanta a fin de lograr el paralelismo con la línea direccional de las llantas traseras).

Finalmente, en la alineación total se considera la actuación de sensores en las cuatro ruedas, por lo que, a diferencia de la alineación por eje direccional, en lugar de formar dos ángulos rectos, se deben formar cuatro. Este tipo de alineación se realiza cuando el automóvil ha sufrido un desajuste que afecte el sistema de suspensión. Por lo mismo, es también un tipo de alineación que en la actualidad no se efectúa con mucha regularidad. El principio que emplea es básicamente el mismo que aquel que emplea la alineación direccional.



Como se mencionó anteriormente, la medición de cámbel es independiente de cualquiera de los tres tipos de medición de convergencia. Si bien el hardware empleado puede ser prácticamente el mismo para cualquiera de los tres, en el mismo sensor con el que se mide la convergencia de la llanta, se puede adecuar el transductor que, de una manera similar a como lo hace aquel que mide el ángulo entre los acopladores en el ejemplo antes mencionado, se puede medir el ángulo formado por el eje central de la llanta y la perpendicular al suelo, con la ventaja de que no se requieren acopladores, puesto que dicha perpendicular al suelo se obtiene por la fuerza gravitacional de la tierra. Los equipos existentes en el mercado cuentan con dichos transductores ya integrados, y miden dicho ángulo considerando que su paralelismo al eje de la llanta, y registrando el ángulo entre éste y la vertical en dos ocasiones: la primera al acoplar el sensor al rin de la llanta, la segunda, al rotar la llanta 180° (de esa manera, el sensor mide el ángulo positivamente la primera vez y negativamente la segunda vez), al tener ambas mediciones, el sistema central se encarga de ejecutar las rutinas que promedian el ángulo de cámbel y despliegan el resultado al operador. Esto se ilustra en la figura a continuación:

Dentro de los sistemas inteligentes existen varios equipos, todos ellos cuentan con un procesador central encargado de analizar las señales provenientes de los sensores, para dar resultados o facilitar el conocimiento de ellos.

La transmisión de las señales de los sensores hacia el procesador central, se puede efectuar mediante distintos medios, que se mencionan a continuación;

- Mediante principios ópticos.
- Mediante líneas eléctricas.
- A base de señales de radiofrecuencia.
- Por medio de señales ópticas basadas en rayo láser.

Ya llegada la información al procesador, se presentan los datos en algún tipo de despliegue (terminal de rayos catódicos, impresoras, matriz de leds, etc.).

La mayoría de estos sistemas cuentan con un banco de información donde se almacenan los parámetros de alineación de cada automóvil especificados por el fabricante. Con estos y los datos previamente medidos, hace la comparación, y mediante las unidades de despliegue muestran los parámetros a corregir en cada rueda, indicando si se encuentra en un rango de tolerancia (también especificado por el fabricante) o esta bajo error.

III DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

III.1 Descripción del Sistema Propuesto.

Características del sistema diseñado.

En el presente capítulo, se esbozan los alcances y limitantes del sistema de alineación de automóviles diseñado; así como se delimita la organización general del mismo, describiendo brevemente todos y cada uno de los módulos que integran el sistema y la interacción que guardan entre sí, para posteriormente pasar a detallar su diseño y funcionamiento por separado.

El sistema que en los subsecuentes capítulos se define, cumple las siguientes características:

- Se considera un alineador de tipo inteligente, dado que no solamente registrará una medición efectuada, mas aún indicará al operador la acción a tomar partiendo de dicha lectura registrada.
- Contempla exclusivamente la alineación de los parámetros camber y convergencia.
- Los rangos permisibles de alineación son: para camber , de -4.0° a $+4.0^{\circ}$ con incrementos de 0.5° ; para convergencia de $-0.500''$ a $+0.500''$ con incrementos de $0.125''$.
- Es un equipo completamente autónomo. Es decir, no requiere intervención de instrumentos de medición y procesamiento adicionales, contempla los recursos necesarios para efectuar una alineación confiable de manera independiente.

- No considera bancos de información de los parámetros a alinear; si bien se requiere dicha información de acuerdo con especificaciones del fabricante, ésta puede ser proporcionada previo al proceso de alineación mediante un módulo de captura de valores deseados.
- Para ambos parámetros de alineación, se basa en el método de medición por ángulos. Para la medición de camber, se apoya en el principio de medición por péndulo, registrando un ángulo que instantáneamente se digitaliza y posteriormente es procesado. Para la medición de la convergencia, se apoya en el principio del transportador horizontal, descrito en el capítulo II.
- La interacción de los sensores se basa en la alineación con respecto al eje direccional, también descrita anteriormente, pero considerando sensores exclusivamente en las ruedas delanteras.
- Los elementos de procesamiento están diseñados mediante análisis de máquinas ASM, dada la simplicidad de las funciones a efectuar.

Organización del sistema.

El sistema de alineación está compuesto por los siguientes elementos:

1. Sistema de control central.
2. Sistema de ajuste de parámetros.
3. Sistema de sensado.
4. Sistema de interpretación.
5. Sistema de audio y despliegue.
6. Circuitos auxiliares: alimentación, temporización y restablecimiento.

1. Sistema de control central.

Si analizamos el presente sistema considerando la arquitectura Von Neuman de una computadora, podríamos definir que el circuito de control central corresponde a la Unidad de Control de la Unidad Central de Proceso. La función básica del

sistema de control central es coordinar la operación de los demás sistemas, de manera tal que no exista traslape en el tiempo entre la operación de uno y otro. De esa manera, el sistema de control central, al recibir información de cualquier sistema notificando la conclusión de su función, procede a habilitar al siguiente sistema y deshabilitando al que previamente le notificó.

2. Sistema de ajuste de parámetros.

Dado que el sistema de alineación diseñado no cuenta con bancos de información en los que se almacenen las recomendaciones del fabricante referente a los valores de alineación para cada modelo de automóvil, sí permite proporcionar dicha información previo al sensado de los valores presentes en el automóvil. Dicha información a proporcionar, claro está, debe caer en los valores permisibles delimitados en las características arriba mencionadas, considerando que dichos valores son representativos del común de los automóviles circulantes en el mercado nacional en las dos últimas décadas.

El sistema de ajuste de parámetros opera de la siguiente manera:

Mediante un botón, el operador selecciona qué parámetro se alineará (camber o convergencia). Con esto, se desplegará el valor máximo permisible ($+4^\circ$ para camber, $+0.500''$ para convergencia) en pantalla. Mediante otros dos botones, el operador podrá decrementar e incrementar al valor aproximado hasta el valor mínimo permisible (-4° camber, $-0.500''$ convergencia), en los incrementos indicados. Al desplegar el valor deseado, con un cuarto botón se mantendrá fijo dicho valor listo a ser comparado con el presente en el automóvil.

3. Sistema de sensado.

El sistema de sensado es aquel encargado de leer el valor del camber y la convergencia de las ruedas del automóvil a alinear, para posteriormente ser comparado con los valores fijados por el sistema de ajuste de parámetros en el

sistema de interpretación. Para tal efecto, el sistema de sensado estará comprendido por dos módulos: *a)* módulo mecánico, *b)* módulo transductor.

a) El módulo mecánico está compuesto por los soportes que se ajustan a los rines del automóvil paralelamente al eje transversal de la rueda, como elemento fijo; como elementos móviles, los péndulos que pivotarán en dichos soportes a fin de lograr la vertical y detectar la desviación del eje transversal de la rueda (o bien el *camber*), y el brazo que, pivoteando en el plano longitudinal de la rueda, se unirá mediante tensores con otro brazo también longitudinal fijo a la rueda del lado opuesto, a fin de detectar la diferencia de distancias existente entre la parte anterior y la parte posterior de la rueda (o bien, la convergencia/divergencia del automóvil).

b) El módulo transductor es aquel que, tomando la información registrada por el módulo mecánico, la convierte a información eléctrica binaria que pueda ser procesada posteriormente por el sistema de interpretación.

En resumen, es el sistema de sensado quien lee las condiciones de las ruedas del automóvil a alinear, y las adapta a señales inteligibles para sistemas posteriores.

4. Sistema de interpretación.

El sistema de interpretación tiene como finalidad efectuar la comparación de los valores previamente seleccionados por el sistema de ajuste de parámetros, con los valores leídos por el sistema de sensado, y partiendo del resultado de dicha comparación, habilitar mediante el sistema de control central, al sistema de audio/despliegue para indicar al operador dicho resultado y la acción a tomar. Nuevamente considerando la arquitectura Von Neuman, podríamos comparar al sistema de interpretación con la Unidad Aritmético Lógica.

5. Sistema de audio/despliegue.

Es mediante el sistema de audio y despliegue como el alineador comunica al operador la posición en la que se encuentra el proceso de alineación. Cuenta básicamente con tres módulos:

a) Despliegue del valor seleccionado de ajuste. Esta etapa despliega el valor que en su momento selecciona el operador para algún parámetro, indicando las unidades (grados o pulgadas) y el parámetro en cuestión (camber o convergencia). Una vez que el sistema de ajuste de parámetros fija el valor al cual se alineará, dicho valor permanece fijo en este módulo hasta restablecer el sistema en general.

b) Despliegue del valor presente en el automóvil. La lectura registrada y convertida en el sistema de sensado, y adecuada en el sistema de interpretación, es desplegada en este módulo, tanto en su magnitud como en las unidades (grados o pulgadas). Esta unidad, a diferencia de la de despliegue del valor seleccionado de ajuste, no permanece fija, pues si el operador realiza un cambio en la posición de la rueda, éste será reflejado inmediatamente en el módulo de despliegue de valor presente.

c) El tercer módulo, de salida auditiva, opera en conjunto con el segundo, de despliegue de valor presente. Como apoyo al operador, este módulo producirá un sonido en cierta frecuencia cuando el valor leído por el sistema de sensado iguale al seleccionado por el sistema de ajuste.

6. Circuitos auxiliares: alimentación, temporización y restablecimiento.

Estos circuitos son los encargados de proporcionar a los demás sistemas del alineador las señales necesarias para su correcta operación: alimentación, polarización, temporización y señales de RESET.

El circuito de alimentación está diseñado para proporcionar los niveles de voltaje requeridos por todos y cada uno de los circuitos integrados que componen

el alineador, así como la corriente suficiente demandada por el conjunto en general, asegurando niveles confiables para una operación estable. Dicho circuito tendrá su fuente de energía en el mismo automóvil, con lo que se asegura un crediticio grado de autonomía y bajo consumo de energía.

Dado que la operación de el alineador está basado en máquinas ASM, con circuitos síncronos, es necesario proporcionar una señal de reloj que permita el correcto funcionamiento de los mismos. Los circuitos de temporización, operando a baja frecuencia según las necesidades de las máquinas ASM proporcionan dichas señales. Adicionalmente, para la etapa acústica del sistema de audio/despliegue, se requiere un generador de señales de frecuencias perceptibles para el oído.

Finalmente, una vez que se ajusta el parámetro a medir en un valor deseado en el sistema de ajuste, éste quedará 'congelado', así también quedará el resto de los sistemas cuando la alineación de la rueda haya sido lograda, por lo que se requiere de un circuito que proporcione señales de restablecimiento cuando el proceso requiera iniciar nuevamente.

La operación del alineador puede ser descrita según se esquematiza en el diagrama de flujo de la figura 1, y la relación que guardan todos y cada uno de los sistemas con los demás, se sintetiza en el diagrama organizacional de la figura 2.

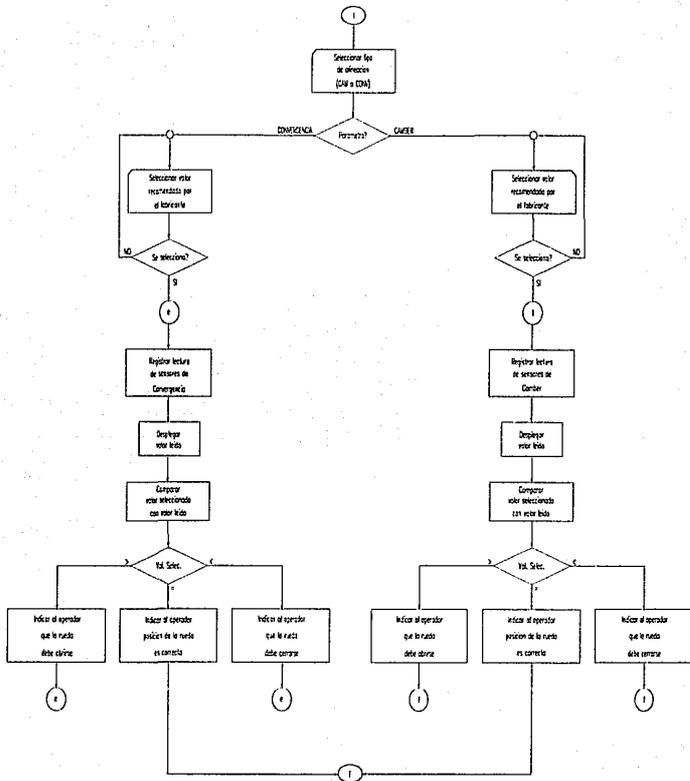


Fig. 1. Diagrama de flujo operativo del alineador

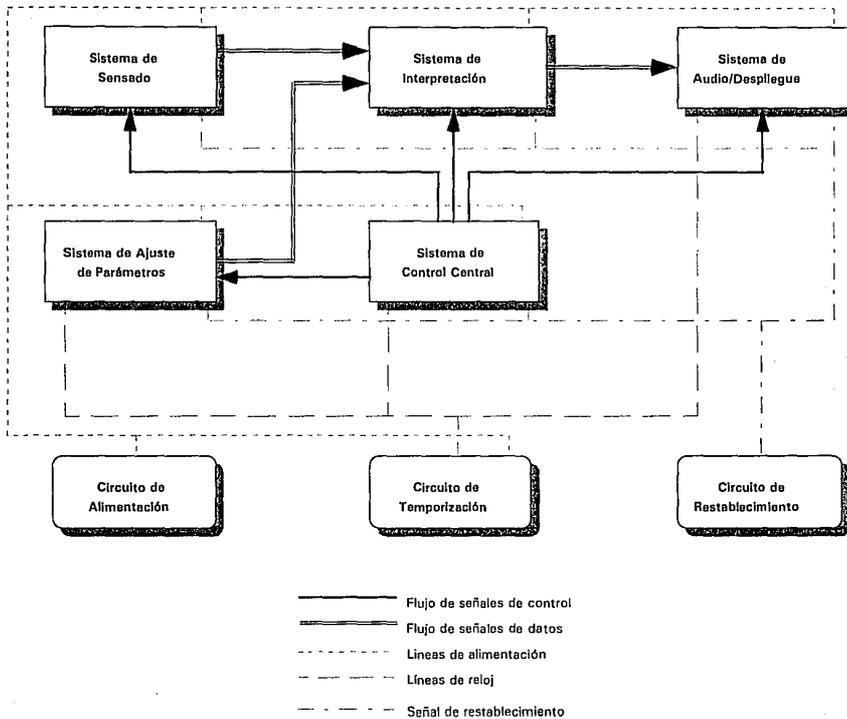


Fig. 2. Organización del Sistema de Alineación propuesto

III.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL CENTRAL

Propósito.

El circuito de control central, es el circuito que tiene como función coordinar el funcionamiento de los demás módulos del sistema de alineación, se encarga del flujo de las instrucciones; dependiendo de la señal de entrada, que será común tanto a cada uno de los módulos concernientes como al circuito de control central, éste le cederá el control temporalmente al circuito correspondiente, y una vez que el mismo haya concluido su función retornará el control al circuito central.

Considerando que el presente sistema propuesto es estrictamente una computadora de aplicación particular, el circuito de control central representa al sistema operativo (alambrado) de la computadora, dadas sus funciones administrativas. En el diagrama de bloques representado que describe la organización del sistema de alineación propuesto, este circuito representa al módulo central con sus líneas de control.

Señales.

Dada la naturaleza de la función del circuito de control central, es necesario que éste tenga pleno conocimiento de todas y cada una de las señales de entrada y salida del proceso, de manera tal que cuando cualquier módulo termine de ejecutar su función, el circuito de control central tenga la información necesaria para decidir la dirección del flujo de el control de una manera eficiente y oportuna. Son las siguientes señales,

Entrada:

CONV , CAMBER - señala la transferencia del control al circuito de ajuste de parámetros.

DEC, INC - el control aún permanece en el circuito de ajuste de parámetros, sin tener influencia sobre el presente circuito.

ENTER - Esta señal toma el control del circuito de ajuste de parámetros y lo transfiere temporalmente al circuito de comparación.

CAMOK, CONOK - advierte que el valor de medición concuerda con el valor predefinido en el circuito de ajuste de parámetros (CAMber OK, CONvergencia OK).

RIN(13,14,15,16) - establece la medida del rin sobre el que se va a efectuar la medición.

RESET - inicializa los valores del circuito a ceros.

Salida:

SAJCAM - Indica que el parámetro a ajustar es camber. En el circuito de ajuste parámetros de alineación esta señal está representada por MAG (SAJCAM=MAG si MAG=01)(Señal a AJustar CAMber).

VCAMP - Valor de camber al cual se requiere ajustar el automóvil. Una vez que se seleccionó este valor, se mantiene permanentemente en pantalla hasta que se escoge alinear convergencia, o bien hasta que se restablece el sistema (Visualizar CAMber en Pantalla).

CAMPTE, CONPTE - Valor de camber/convergencia presente en la matriz de sensores. En otras palabras, es el camber que tiene la llanta en el momento de tomar la muestra (CAMber/CONvergencia PresenTE).

DIFCAM - Señal que indica la diferencia entre CAMPTE y VCAMP (DIFerencia de CAMber).

SAJCONV - Indica que el parámetro a ajustar es convergencia. En el circuito de ajuste de parámetros de alineación esta señal está representada por MAG (SAJCON=MAG si MAG=11) (Señal a AJustar CONvergencia).

VCONP - Valor de convergencia al cual se requiere ajustar el automóvil. Una vez que se seleccionó este valor, se mantiene permanentemente en pantalla hasta que se escoge alinear convergencia, o bien hasta que se restablece el sistema (Visualizar CONvergencia en Pantalla).

RIN - Señal que informa al operador que debe seleccionar una de las medidas disponibles de rín para realizar la comparación.

DIFCON - Señal que indica la diferencia entre CONPTE y VCONP (DIFerencia de CONvergencia).

Análisis del flujo de control del circuito.

Para el diseño del circuito, es necesario estudiar qué posibles estados tiene el flujo de la información durante el proceso de selección, sensado y comparación. Así mismo, requiere saberse en qué momento interactúan las señales anteriormente descritas, puesto que son precisamente éstas las que causan un movimiento en el flujo del control. Para tal estudio nos apoyamos en un autómatas (o diagrama de estados), que es la interpretación gráfica del flujo de control del circuito. En dicho autómatas, se presenta un 'estado' para cada posible cambio generado por una señal de entrada, y está identificado por dos etiquetas exclusivas del mismo, una en código binario, y otra es una letra nominativa. Cada estado ilustra hacia qué otro estado es posible cambiar, indicando qué señal de entrada provoca el cambio y qué señal(es) de salida se presentan para ese cambio. De acuerdo con la figura 1, analicemos el estado etiquetado con **0000**, o bien el estado "a". Si estando en dicho estado el circuito detecta la señal de entrada CAMBER, entonces se pasa al estado "b", o bien el estado **1000** (rama izquierda), disparando las señales de salida SAJCAMB y VCAMP. Pero si la señal de entrada es CONV, entonces el flujo será hacia el estado "d", o **0001**(rama derecha), disparando las salidas SAJCON y

VCONP. Si se presenta cualquier otra señal de entrada, o bien no se presenta ninguna, entonces el control permanece en el estado "a" (rama circular).

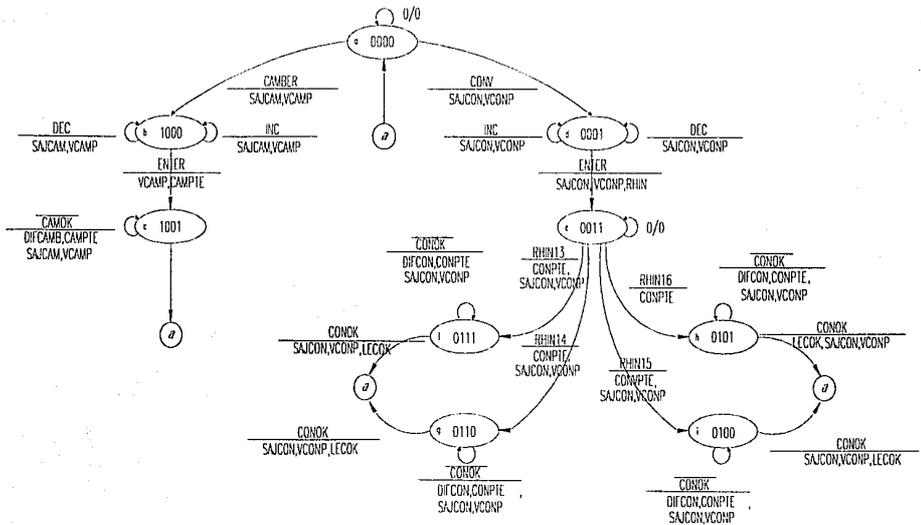


Fig. 1. Autómata del Circuito de Control Central

Todos los estados del autómata presentan un comportamiento similar al anteriormente descrito, y ningún estado es susceptible de ambigüedad, puesto que se contempla para cada estado un conjunto de alternativas de cambio a el siguiente estado perfectamente definidas y delimitadas, de manera que no es posible la presencia de un cambio inesperado de estado. Si bien por simplicidad en la ilustración no se hace referencia a la posibilidad de presentarse una señal de restablecimiento (RESET) en cualquier estado, diremos que para *cualquier* estado presente del autómata en el que se presente dicha señal se provocará un cambio incondicional al estado "a".

Mapa de estados para el circuito de control.

Si bien el diagrama anterior describe gráficamente el comportamiento que observará el circuito de control central y en él es posible imaginarse el tipo de componentes que se emplearán para simplificar la lógica de codificación del circuito al reconocer en las etiquetas binarias el método de control (por flip-flops, por registros de corrimiento, por contadores, por memorias, etc.) como se verá mas adelante, no es tan fácil poder traducir las convenciones empleadas en dicho diagrama a circuitos electrónicos integrados predefinidos y la interrelación entre ellos. Por tal motivo, y para poder seleccionar mas fácilmente el tipo de componentes a emplear para el circuito (organización del circuito) y posteriormente seleccionar los circuitos específicos que operarán como tales componentes (arquitectura del circuito), se 'vacía' la información esquematizada en el diagrama de estados en forma tabular o de mapa, a fin de comparar las similitudes y diferencias existentes entre los diversos estados. La tabla de estado siguiente que se estampa a continuación, presenta un renglón para cada estado esquematizado en la figura uno, con su correspondiente próximo estado dependiendo de la entrada, y seis columnas: la primer columna indica la etiqueta binaria del estado presente del circuito, la segunda columna indica la etiqueta de letra nominativa del mismo estado presente, las tercera y cuarta columnas representan, respectivamente, las etiquetas binarias y nominativas de los posibles estados siguientes correspondientes a las dos primeras columnas (es decir, los estados a los cuales se puede pasar desde el estado presente). Finalmente, la columna cinco indica la variable de estado que provoca el cambio del estado presente (columnas uno y dos) al estado siguiente (columnas tres y cuatro) y la columna seis contiene las variables de salida que se activan con dicho cambio.

| deba | estado pte | estado sgte | deba+1 | variable in | variable out |
|------|------------------|-------------|--------|-------------|---------------|
| 0000 | a | a | 0000 | 0 | - |
| 0000 | a | b | 1000 | camber=1 | SAJCAM,VCAMP |
| 0000 | a | d | 0001 | conv=1 | SAJCON,VCONP |
| 0001 | d | d | 0001 | enter=0 | VCONP |
| 0001 | d | e | 0011 | enter=1 | VCONP,RIN |
| 0010 | xxx ¹ | xxx | xxx | x | * |
| 0011 | e | e | 0011 | 0 | - |
| 0011 | e | f | 0111 | r13=1 | CONPTE |
| 0011 | e | g | 0110 | r14=1 | CONPTE |
| 0011 | e | h | 0101 | r16=1 | CONPTE |
| 0011 | e | i | 0100 | r15=1 | CONPTE |
| 0100 | i | i | 0100 | conok=0 | DIFCON,CONPTE |
| 0100 | i | a | 0000 | conok=1 | LECOK |
| 0101 | h | h | 0101 | conok=0 | DIFCON,CONPTE |
| 0101 | h | a | 0000 | conok=1 | LECOK |
| 0110 | g | g | 0110 | conok=0 | DIFCON,CONPTE |
| 0110 | g | a | 0000 | conok=1 | LECOK |
| 0111 | f | f | 0111 | conok=0 | DIFCON,CONPTE |
| 0111 | f | a | 0000 | conok=1 | LECOK |
| 1000 | b | b | 1000 | enter=0 | VCAMP |
| 1000 | b | c | 1001 | enter=1 | VCAMP,CAMPTE |
| 1001 | c | c | 1001 | camok=0 | DIFCAM,CAMPTE |
| 1001 | c | a | 0000 | camok=1 | LECOK |
| 1010 | xxx | xxx | xxx | xxx | * |
| 1011 | xxx | xxx | xxx | xxx | * |
| 1100 | xxx | xxx | xxx | xxx | * |
| 1101 | xxx | xxx | xxx | xxx | * |
| 1110 | xxx | xxx | xxx | xxx | * |
| 1111 | xxx | xxx | xxx | xxx | * |

Fig. 2. Mapa de estados del circuito de control central.

Organización del circuito central de control

Como se mencionó en el inciso previo, es a partir del autómatas y del mapa de estados que se puede determinar qué clase de CI's debe constituir al circuito. Para tal efecto partimos de las etiquetas binarias de cada estado, comparando la etiqueta de un estado presente con la etiqueta de su estado siguiente, y definiendo qué cambios surgen en cada uno de los bits con respecto al del otro estado.

¹Los estados representados por la secuencia 'xxx', son estados no definidos en el flujo de control, por lo tanto inexistentes.

Dependiendo de dichos cambios, podemos definir si se cumple la existencia de un *incremento* binario (como puede haber sido el paso del estado "a" al estado "d"), un *decremento* binario (no representado), un *corrimiento* de derecha a izquierda con inserción de un bit (como puede haber sido el paso del estado "a" al estado "b", en donde se insertó un '1' por el extremo izquierdo), un corrimiento de izquierda a derecha con inserción de un bit (por ejemplo el paso del estado "e" al estado "g", en donde se insertó un '0' por el extremo derecho), o simplemente hubo un cambio en los bits de la etiqueta que no guarda una relación ordenada como las anteriores, y que llamaremos un cambio por *carga* (se carga un nuevo valor para uno o varios bits sin guardar relación de incremento, decremento o corrimiento). Al observar todos y cada uno de los cambios de estado en el autómatas y en el mapa, podemos cuantificar en qué tipo de cambio se incurre con mayor frecuencia, y emplear como circuito controlador de flujo a uno cuya función sea precisamente la que el tipo de cambio requiere. Es decir, si el tipo de cambio de estado que mas se presente es *incremento*, entonces la organización del circuito estará basada en un *contador*, si es *decremento* el contador será *ascendente/descendente*, si la operación es predominantemente *corrimiento*, el circuito deberá estar basada en un *registro de corrimiento*, y finalmente los cambios por *carga* pueden implementarse con *flip-flops*.

Es obvio que a pesar de que exista un tipo de cambio predominante, por lo general también se darán los otros tipos de cambio. El tipo de cambio genérico es el de carga, ya que puede reemplazar a cualquiera de los otros dos (un incremento puede ser substituido por una carga en paralelo, lo mismo sucede con un corrimiento; además tanto los contadores como los registros de corrimiento están diseñados a partir de flip flops), por lo que si se emplea un contador como circuito central y uno de los cambios es un corrimiento, dicho cambio se 'programa' como una carga en paralelo (nótese que tanto los contadores como los registros de

corrimiento cuentan con la facilidad de carga en paralelo), y si el circuito es un registro de corrimiento siendo que se presenta un incremento, también este se 'programa' como carga en paralelo. Ahora bien: ¿Como 'programar' el valor de la cantidad binaria que se cargará en paralelo? Si bien las tres estructuras propuestas como circuito de control de flujo son de tipo secuencial (contadores, registros de corrimiento y flip flops), el valor de la carga en paralelo dependerá del resultado de circuitería tipo combinacional. Es decir: Los circuitos secuenciales cuentan con el estado presente en la salida, mientras que en la entrada se estará alimentando el estado siguiente. Si dicho estado siguiente depende del estado presente, ¿por qué no introducir la salida del circuito secuencial a una lógica combinacional cuya salida sea el estado siguiente, misma que esté alimentando la entrada del secuencial? Dicha lógica combinacional no dependerá exclusivamente del estado actual del circuito, sino también dependerá de las señales de entrada del circuito, que deben ser proporcionadas bien sea por el operador o bien por los otros módulos, discutidos mas adelante. Es decir, anteriormente se aclaró que un cambio de estado depende del estado mismo en el que se encuentre, y de la señal de entrada que provoque dicho cambio. Entonces las señales de entrada deben ser parte de esa lógica combinacional. Más aún: las señales de control del secuencial escogido (contador o registro de corrimiento) también deben obedecer a las señales de entrada (¿cómo puede un contador para un estado dado saber si debe contar ascendente, contar descendente, cargar en paralelo la palabra que tiene presente en el latch de entrada o simplemente no hacer nada en ese pulso de reloj?), por lo que también se requiere de lógica combinacional que integre a todas las posibles señales de entrada para el circuito, y las considere en las entradas de control del secuencial. Finalmente, también será requerido otro circuito combinacional cuya entrada dependa del estado presente (salida del secuencial) y cuyo resultado sean las señales de salida del circuito (despliegue o bien información útil para otros

circuitos posteriores) . Gráficamente, diremos que la organización general del circuito cae en la siguiente figura:

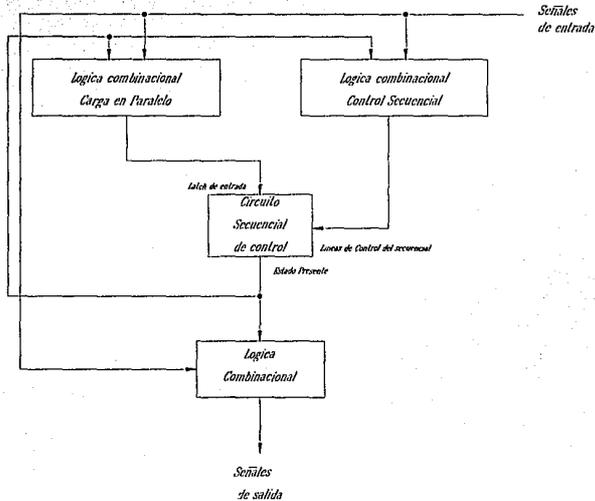


Fig. 3. Organización del Circuito de Control Central

Los módulos de lógica combinacional reconocidos en este diagrama, se pueden implementar bien sea mediante compuertas, multiplexores y decodificadores, pero cuando el número de estados que presenta el autómata es considerable, en muchas ocasiones es conveniente usar *Arreglos de Lógica Programable (PLA's)* o bien *Memorias*, en los cuales se graban los posibles valores a cargar en paralelo y el alambrado solamente estará destinado al control del bus de direcciones de tales elementos.

En el circuito de control central no se cuenta con un número de estados suficientemente grande como para justificar la presencia de una memoria o bien un PLA, por lo que se optó por lógica combinacional ordinaria. Así mismo, el número

de incrementos y decrementos iguala al número de corrimientos, siendo ambos menores al número de cargas en paralelo, por lo que se optó por la selección de un contador como controlador secuencial al ser la lógica de conteo binario mas fácil de conceptualizar que la lógica de corrimiento en ambos sentidos. De tal manera, la organización del circuito de control central es como muestra el siguiente diagrama:

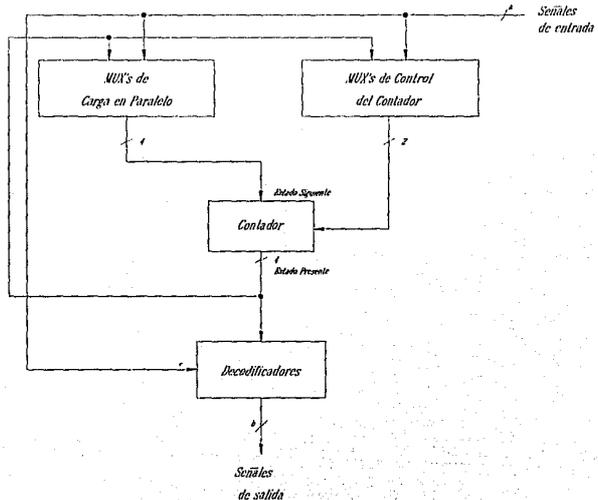


Fig. 4. Arquitectura del Circuito de Control Central

Determinación de los CIs (selección de la arquitectura).

Los circuitos integrados seleccionados para la implantación del circuito de control central del alineador, así como para el resto de los circuitos, fueron de la familia TTL y compatibles, por las siguientes razones:

- Se cuenta con todos los circuitos del tipo necesitado (circuitos secuenciales, compuertas, multiplexores, decodificadores, etc.)
- La velocidad de respuesta es adecuada, dado que el reloj del circuito no será muy veloz (consultar el capítulo de *circuitos adicionales*).
- Los niveles de voltaje con los que operan dichos CI's son adecuados a aquellos que la fuente puede proporcionar, considerando que la alimentación será tomada del mismo automóvil (consultar el capítulo de *circuitos adicionales*).
- Los rangos de temperatura de operación son adecuados.
- El fan-out que proporcionan dichos circuitos es suficiente para el número de niveles que se manejará.
- El costo de este tipo de CI's es reducido, en comparación con otras familias.

Partiendo de las anteriores premisas, así como del diagrama organizacional presentado, los CI's seleccionados para el circuito de control central fueron:

Multiplexores.- El criterio de selección de multiplexores se basa en el número de entradas de selección del multiplexor. Dado que hay un total de 9 posibles estados en el autómatas, se requieren 4 bits para poder representar todos esos estados, por lo que los multiplexores deben ser de 4×16 . Se requieren 5 multiplexores de dicho tipo: tres para carga en paralelo (pues aunque son cuatro bits, el bit más significativo solo cambia del estado **a** al estado **b**, y del estado **c** al estado **a**, por lo que se puede implementar con compuertas para reducir espacio) y dos para controlar al contador. Las entradas de datos para los multiplexores pueden ser dependientes de las entradas del circuito descritas anteriormente, o bien pueden estar polarizadas a tierra o bien a +Vcc, según sea un '1' o un '0' lo que se requiera cargar en paralelo. Entonces, los multiplexores escogidos son los 74150.

Contador.- Dado que los cambios por conteo son mínimos con respecto a las cargas en paralelo (considerar que los corrimientos serán considerados también

como cargas en paralelo), las funciones de conteo siempre son en orden ascendente, así como el número de estados es inferior a 10, el contador requerido es un contador síncrono ascendente de 4 bits de década, de tal manera el contador seleccionado fue el 74162.

Decodificador.- El decodificador, nuevamente, fue seleccionado a partir del número de entradas de selección, que dependen del número de estados del autómeta. Para cada estado tenemos una salida particular, que está implementada en cada una de las líneas de salida del decodificador. Entonces, el decodificador empleado fue el 74154. Dado que las salidas también dependen de las señales de entrada, no están tomadas directamente de las salidas del decodificador, sino que requieren tomar en cuenta el estado que presentan dichas señales de entrada, mediante algunas compuertas adicionales al decodificador.

Mapas de estados considerando las señales del contador.

Si bien anteriormente se presentó el mapa de estados del circuito de control indicando tanto el estado presente como los posibles estados siguientes asociados a éste, así como la señal de entrada que propiciará dicho cambio y la señal de salida provocada, se presenta a continuación el mismo mapa, con algunas columnas adicionales: el tipo de cambio (o *instrucción* para el contador), señales de control del contador específicas para cada estado, señales de control del contador en función de la variable (señal de entrada), así como los valores de carga en paralelo para cada uno de los bits de la etiqueta binaria. La última columna simplemente asigna un número decimal al estado respectivo, a fin de poderlo relacionar más fácilmente con su respectiva "terminal" en cada uno de los multiplexores y del decodificador.

En el estado e , en el cual el circuito espera que el operador indique la medida del rin para el cual se hará la medición de convergencia, la carga en paralelo depende precisamente de la medida del rin. Dado que hay cuatro variables para determinar la medida del rin, se presentan después del mapa de estados los mapas de Karnaugh que definen las posiciones respectivas a $EnP(var)$, $EnT(var)$, $Load(var)$, $A(var)$, $B(var)$, $C(var)$, y $D(var)$ para dicho estado e .

| Edo. Pte. | Edo. Sgte. | Variable | | | EnP | | | EnT | | Carga en Paralelo | | | | | variable out |
|-----------|------------|----------|-------|---------|-----------|-----|------------------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------|
| | | daba | dcbal | Entrada | Instrucc. | EnP | EnT | Load | (var) | (var) | Load(var) | d(var) | c(var) | b(var) | |
| 0000a | 0000a | 0 | hold | 1 | 0 | 1 | | | | x | x | x | x | - | |
| 0000a | 1000b | camber=1 | bc | 0 | 0 | 0 | camber* | conv | camber* | camber | 0 | 0 | 0 | SAJCAM,VCAMP | |
| 0000a | 0001d | conv=1 | cc | 1 | 1 | 1 | | | | x | x | x | x | SAJCON,VCONP | |
| 0001d | 0001d | enter=0 | hold | 1 | 0 | 1 | enter* | 0 | enter* | x | x | x | x | VCONP | |
| 0001d | 0011c | enter=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | enter | 1 | VCONP,RHIN | |
| 0010 | xxx | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | * | |
| 0011c | 0011c | 0 | hold | 1 | 0 | 1 | | | | x | x | x | x | - | |
| 0011c | 0111f | r13=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | | $r16*r15*r14^+$ | $r16*r15*r14^+$ | $r16*r15*r14^+$ | CONPTE | |
| 0011c | 0110g | r14=1 | bc | 0 | 0 | 0 | $r16*r14^+r13^+$ | $r16*r15r14^+r13^+$ | $r16*r14^+r13^+$ | 0 | $r16*r15*r13^+$ | + | + | CONPTE | |
| 0011c | 0101h | r16=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | | $r15*r14^+r13^+$ | $r16*r15*r13^+$ | $r15*r14^+r13^+$ | CONPTE | |
| 0011c | 0100i | r15=1 | cc | 1 | 1 | 1 | | | | x | x | x | x | CONPTE | |
| 0100i | 0100i | conok=0 | hold | 1 | 0 | 1 | conok* | 0 | conok* | x | x | x | x | DIFCON,CONPTE | |
| 0100i | 0000a | conok=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | conok* | 0 | 0 | LECOK | |
| 0101h | 0101h | conok=0 | hold | 1 | 0 | 1 | conok* | 0 | conok* | x | x | x | x | DIFCON,CONPTE | |
| 0101h | 0000a | conok=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | conok* | 0 | 0 | LECOK | |
| 0110g | 0110g | conok=0 | hold | 1 | 0 | 1 | conok* | 0 | conok* | x | x | x | x | DIFCON,CONPTE | |
| 0110g | 0000a | conok=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | conok* | conok* | 0 | LECOK | |
| 0111f | 0111f | conok=0 | hold | 1 | 0 | 1 | conok* | 0 | conok* | x | x | x | x | DIFCON,CONPTE | |
| 0111f | 0000a | conok=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | conok* | conok* | conok* | LECOK | |
| 1000b | 1000b | enter=0 | hold | 1 | 0 | 1 | 1 | enter | 1 | x | x | x | x | VCAMP | |
| 1000b | 1001c | enter=1 | cc | 1 | 1 | 1 | | | | x | x | x | x | VCAMP,CAMPTE | |
| 1001c | 1001c | camok=0 | hold | 1 | 0 | 1 | camok* | 0 | camok* | x | x | x | x | DIFCAM,CAMPTE | |
| 1001c | 0000a | camok=1 | bc | 0 | 0 | 0 | | | | camok* | 0 | 0 | 0 | LECOK | |
| 1010 | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | * | |
| 1011 | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | * | |
| 1100 | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | * | |
| 1101 | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | * | |
| 1110 | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | * | |
| 1111 | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | * | |

Fig. 5. Mapa de estados del Circuito de Control Central considerando las señales de entrada del contador secuencial

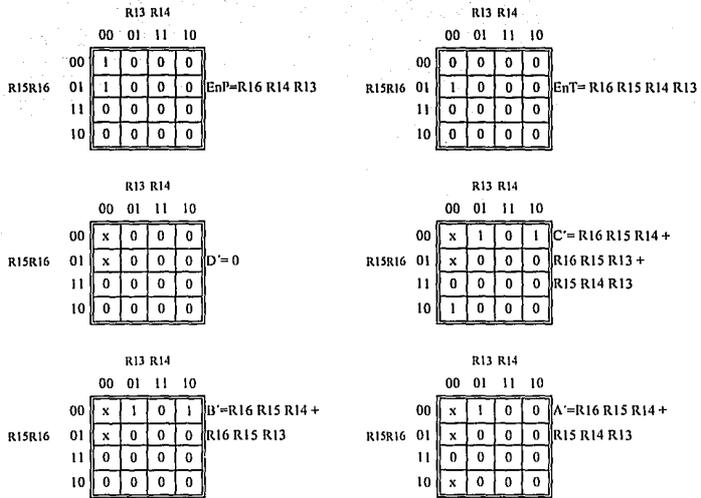


Fig. 6. Mapas de Karnaugh para la carga en paralelo y las entradas del contador

III.3 CIRCUITO DE AJUSTE DE PARÁMETROS

Propósito.

El circuito de ajuste de parámetros de alineación permite al operador predefinir un valor específico no necesariamente nulo (o igual a cero) contenido en los rangos e incrementos establecidos por el sistema, según fue descrito anteriormente. De tal manera, antes de realizar la medición de los valores presentes en el automóvil, se podrá seleccionar un valor para cada uno de los dos parámetros a considerar, y después realizar la comparación con los valores presentes en el automóvil.

Así entonces, se presenta el análisis del circuito que controla la selección de los valores a los cuales deberá ser alineado un automóvil.

Señales.

El circuito cuenta con las siguientes señales de entrada y salida:

Entrada:

CAMBER - indica al sistema que el parámetro a regular es camber.

CONV- indica al sistema que el parámetro a regular es convergencia.

INC- selecciona el valor inmediato superior al que se despliega actualmente en pantalla.

DEC- selecciona el valor inmediato inferior al que se despliega actualmente en pantalla.

RESET- común en todo el sistema, inicializa los valores del circuito.

Salida:

MAG- despliega en pantalla las unidades de la magnitud en cuestión (grados para camber, pulgadas para convergencia). Cuando no haya sido seleccionado ningún parámetro aún, esta señal bloqueará el despliegue de unidades.

VAL- despliega en pantalla el valor seleccionado del parámetro en cuestión.

Una vez que se selecciona un parámetro, mediante las señales CAMBER o CONV , se entra a un ciclo de selección de entre todos los valores disponibles para dicho parámetro, y del cual no es posible salir sino con las señales ENTER o bien RESET. Esto se representa gráficamente en el inciso siguiente. También, al seleccionar cualquiera de los dos parámetros, se activa la señal MAG que expresa las dimensiones del parámetro en cuestión.

Análisis del flujo de control del circuito.

En la figura 1, se muestra el diagrama de estados o autómeta, indicando los posibles valores que puede tomar cada uno de los parámetros, así como las señales de entrada que invocan dichos valores. Son los siguientes:

Convergencia: -0.500, -0.375, -0.250, -0.125, 0, 0.125, 0.250, 0.375, 0.500 (pulgadas)

Camber: -4.000, -3.500, -3.000, -2.500,- 2.000, -1.500, -1.000, -0.500, 0, 0.500, 1.000,1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 3.500, 4.000 (grados).

En dicho autómeta, cada estado presenta las vías de acceso al mismo dependientes de una señal dada de entrada, así como la salida que provoca la presencia de dicha señal de entrada. En los trayectos indicados la relación entrada-salida se expresa mediante un cociente, con la entrada en el numerador y las salidas en el denominador. Es importante mencionar que, por simplicidad en el dibujo, para las salidas solo se presenta su valor actual y únicamente en las trayectorias a-b y a-r se muestra a qué señal pertenece dicho valor. Así mismo se omiten muchas trayectorias, similares entre sí, que comunican cada uno de los estados, desde el b hasta el z, con el estado a. Dichas trayectorias corresponden a la señal de entrada RESET, e inhiben cualquier señal de salida.

Mapa de estados para el circuito de ajuste.

Partiendo del diagrama ilustrado anteriormente, se obtiene el mapa que expresa la relación de todos los estados presentes del circuito con los estados siguientes posibles para el mismo, considerando las señales de entrada que condicionan dicha relación de estados. Posteriormente se repite dicho mapa, pero considerando ya las señales de control del circuito integrado que serán manejadas por las señales de entrada. Nuevamente, en la columna que indica las señales de salida, no se indica que señal pertenece cada salida: la primer señal se refiere a la magnitud; la segunda, al valor de la señal. Por ejemplo: para el estado a, en presencia de la entrada CAMBER se pasa al estado b, en presencia de la señal CONV se pasa al estado r, y finalmente, en ausencia de señal de entrada, permanece en el mismo estado.

| Edo. Pte. ABCDE | Edo. Sgte. ABCDE | Variable Entrada | Variable Salida |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 0000a | 00001b | CAMBER | 01,-4.000 |
| | 10010r | CONV | 11,-0.500 |
| | 00000a | - | MAG=00 |
| 00001b | 00010c | INC | 01,-3.500 |
| | 10001q | DEC | 01,4.000 |
| | 00001b | - | 01,-4.000 |
| 00010c | 00011d | INC | 01,-3.000 |
| | 00001b | DEC | 01,-4.000 |
| | 00010c | - | 01,-3.500 |
| 00011d | 00100e | INC | 01,-2.500 |
| | 00010c | DEC | 01,-3.500 |
| | 0011d | - | 01,-3.000 |
| 00100e | 00101f | INC | 01,-2.000 |
| | 00011d | DEC | 01,-3.000 |
| | 00100e | - | 01,-2.500 |
| 00101f | 00110g | INC | 01,-1.500 |
| | 00100e | DEC | 01,-2.500 |
| | 00101f | - | 01,-2.000 |
| 00110g | 00111h | INC | 01,-1.000 |
| | 00101f | DEC | 01,-2.000 |
| | 00110g | - | 01,-1.500 |

| Edo. Pte. ABCDE | Edo. Sgte. ABCDE | Variable Entrada | Variable Salida |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 00111h | 01000i | INC | 01,-0.500 |
| | 00110g | DEC | 01,-1.500 |
| | 00111h | - | 01,-1.000 |
| 01000i | 01001j | INC | 01,0.000 |
| | 00111h | DEC | 01,-1.000 |
| | 01000i | - | 01,-0.500 |
| 01001j | 01010k | INC | 01,0.500 |
| | 01000i | DEC | 01,-0.500 |
| | 01001j | - | 01,0.000 |
| 01010k | 01011l | INC | 01,1.000 |
| | 01001j | DEC | 01,0.000 |
| | 01010k | - | 01,0.500 |
| 01011l | 01100m | INC | 01,1.500 |
| | 01010k | DEC | 01,0.500 |
| | 01011l | - | 01,1.000 |
| 01100m | 01101n | INC | 01,2.000 |
| | 01011l | DEC | 01,1.000 |
| | 01100m | - | 01,1.500 |
| 01101n | 01110o | INC | 01,2.500 |
| | 01100m | DEC | 01,1.500 |
| | 01101n | - | 01,2.000 |
| 01110ñ | 01111o | INC | 01,3.000 |
| | 01101n | DEC | 01,2.000 |
| | 01110ñ | - | 01,2.500 |
| 01111o | 10000p | INC | 01,3.500 |
| | 01110ñ | DEC | 01,2.500 |
| | 01111o | - | 01,3.000 |
| 10000p | 10001q | INC | 01,4.000 |
| | 01111o | DEC | 01,3.000 |
| | 10000p | - | 01,3.500 |
| 10001q | 00001b | INC | 01,-4.000 |
| | 10000p | DEC | 01,3.500 |
| | 10001q | - | 01,4.000 |
| 10010r | 10011s | INC | 11,-0.375 |
| | 11010z | DEC | 11,0.500 |
| | 10010r | - | 11,-0.500 |
| 10011s | 10100t | INC | 11,-0.250 |
| | 10010r | DEC | 11,-0.500 |
| | 10011s | - | 11,-0.375 |
| 10100t | 10101u | INC | 11,-0.125 |
| | 10011s | DEC | 11,-0.375 |
| | 10100t | - | 11,-0.250 |
| 10101u | 10110v | INC | 11,0.000 |
| | 10100t | DEC | 11,-0.250 |
| | 10101u | - | 11,-0.125 |

| Edo. Pte. ABCDE | Edo. Sgte. ABCDE | Variable Entrada | Variable Salida |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 10110v | 10111w | INC | 11,0.125 |
| | 10101u | DEC | 11,-0.125 |
| | 10110v | - | 11,0.000 |
| 10111w | 11000x | INC | 11,0.250 |
| | 10110v | DEC | 11,0.000 |
| | 10111w | - | 11,0.125 |
| 11000x | 11001y | INC | 11,0.375 |
| | 10111w | DEC | 11,0.125 |
| | 11000x | - | 11,0.250 |
| 11001y | 11010z | INC | 11,0.500 |
| | 11000x | DEC | 11,0.250 |
| | 11001y | - | 11,0.375 |
| 11010z | 10010r | INC | 11,-0.500 |
| | 11001y | DEC | 11,0.375 |
| | 11010z | - | 11,0.500 |

Fig. 2. Mapa de estados a partir del autómata del circuito de ajuste de parámetros

Organización del circuito de ajuste.

Si tomamos en cuenta tanto el autómata como el mapa de estados aplicados para analizar el flujo del control para el ajuste de parámetros, inmediatamente caemos en la cuenta de que en su gran mayoría, los cambios de estado se realizan mediante incrementos y decrementos unitarios, mientras que los pocos cambios en los cuales no se registra incremento o decremento pueden ser considerados como "cargas en paralelo". Esto implica que el circuito puede estar basado en un contador del tipo Ascendente/Descendente. Así mismo, se puede aprovechar esta condición de incrementos y decrementos unitarios para considerar los estados como direcciones de memoria, en la cual estarán almacenadas las señales de salida. Las señales de entrada, mediante una lógica combinacional, serán las encargadas de controlar las funciones de conteo y/o carga en paralelo del contador. Los escasos valores de carga en paralelo también estarán definidos mediante lógica combinacional retroalimentando las salidas del contador. La organización puede ser establecida como muestra el diagrama de la figura 3.

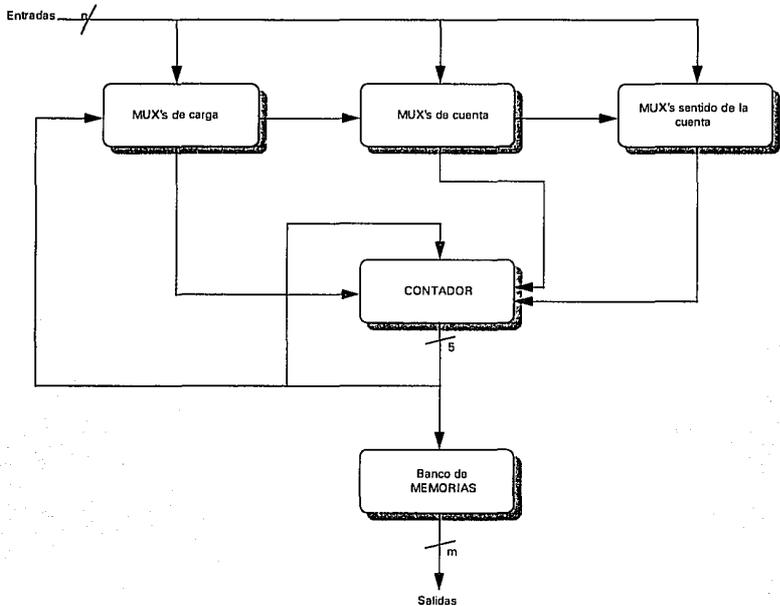


Fig. 3. Diagrama Organizacional del circuito de ajuste de parámetros

Determinación de los CIs (selección de la arquitectura).

Para poder definir el tipo de circuito integrado que corresponde a cada bloque del diagrama organizacional, requerimos realizar un análisis formal de cada uno de los bloques:

Contador.- La primer consideración de uso de un contador es que, debido a la presencia de 27 posibles estados, se requiere de 5 líneas de entrada/salida ($2^5=32$). Por tal efecto, un contador de cuatro bits no sería suficiente, y debido a que no existen contadores de cinco bits a nivel comercial, se empleará un contador de

ocho bits que constantemente se debe incrementar o decrementar unitariamente, por lo que es necesario sea del tipo UP/DOWN. Finalmente, se requiere que el contador sea de tipo binario, de manera tal que pueda abarcar todos los estados posibles desde 00000 hasta 11010 sin restablecerse en 1001, caso que sucede con cualquier contador de década. Por estas razones, el contador seleccionado fué el 74AS867.

Multiplexores.- Cada uno de los tres multiplexores recibirá como entradas de datos a las señales de entrada descritas en el inciso *Señales de entrada/salida* inmediato anterior, para indicar que función corresponde realizar para alcanzar el estado siguiente (incremento, decremento, carga en paralelo). Lo que resulta trascendente en la selección del CI para los multiplexores, son las líneas de selección. La selección está representada precisamente por el estado actual del autómata, y es quien le indica al multiplexor qué entrada de datos debe seleccionar para el siguiente pulso. De tal manera, nos encontramos precisamente con el mismo problema que el contador: multiplexores de 5 líneas de control. Dado que los multiplexores mas grandes existentes en el mercado son de 4 líneas, y considerando que cuentan con una entrada de habilitación, se pueden enlazar dos MUX's conectando sus salidas a una compuerta OR, y el quinto bit (el más significativo) se encarga de seleccionar uno u otro de los dos multiplexores (haciendo las entradas de habilitación complementarias entre sí), logrando así el manejo de las 27 direcciones contempladas, al haber 32 entradas posibles. Entonces, los multiplexores empleados fueron del tipo 74150, que son de 4 a 16, combinando dos por módulo.

Banco de memoria.- Para definir las características de la memoria, se requiere analizar tanto el bus de datos como el de direcciones. Este último está compuesto por las líneas de salida de el contador, de manera tal que el tamaño de la memoria es pequeño (no se completa el uso de 32 palabras). Sin embargo, para analizar el

tamaño de el bus de datos, es necesario estudiar como se conforma la señal de salida. Para tal efecto, veamos un ejemplo de uno de los posibles valores, tanto para camber como para convergencia:

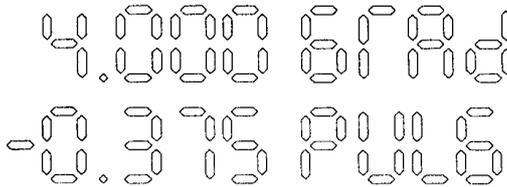


Fig. 4. Representativos de valores posibles de camber y convergencia.

Partiendo de los dos ejemplos ilustrados, encontramos que se requieren:

- Cuatro dígitos decimales, que se traducen a 12 dígitos binarios (empleando código octal).
- Un dígito binario para controlar el signo de la magnitud.
- Dos dígitos binarios que controlen la presentación de la magnitud: una, pulgadas; dos, grados; tres, ninguna (exclusiva para el estado a).

En total, 15 bits son requeridos para las líneas de datos. El punto decimal se presenta en todo estado, por lo que no es necesario codificarlo como parte de la señal.

En resumen, la memoria del circuito debe tener un bus de direcciones de 5 líneas y un bus de datos de 15 líneas. Adicionalmente, se requiere que la memoria sea compatible con niveles TTL, que es la familia seleccionada para el resto del circuito. En cuanto a restricciones de tiempo de respuesta, podemos decir que no existen, dado que la velocidad del circuito es comparativamente menor a la velocidad típica de respuesta de las memorias comerciales. Sin embargo, cabe

mencionar que: 1) las memorias mas pequeñas incluídas en los manuales actuales cuentan con buses de direcciones de 9 líneas, es decir, 512 direcciones (considerar que se requieren solamente 27 direcciones de memoria); pero no es posible conseguirlas en el mercado, en donde solamente es viable obtener memorias a partir de 1024 palabras. 2) Si bien no existen memorias de bus de datos de 15 bits, si se pueden encontrar memorias de 1,4 y 8 líneas, mismas que pueden ser combinadas para obtener una palabra de la longitud deseada.

La memoria seleccionada para la implantación del circuito es la 2708. Dicha memoria es de 1K X 8, y se emplean dos memorias en paralelo. Esto hace que se tengan dos CIs en paralelo, con un bus de datos de 16 bits (se puede dejar abierto el más significativo) y un bus de direcciones de 10 bits (se pueden aterrizar los bits mas significativos, o bien emplear el 'efecto peine'). Se decidió la inclusión de dicho CI por tres razones: a) Son completamente compatibles con las características buscadas; b) Al emplear solo dos integrados, se reduce substancialmente el espacio consumido en el circuito; c) Inexistencia en el mercado de circuitos que se ajusten con mayor precisión a las necesidades (en tamaño de palabra y capacidad).

Mapas de estados considerando las señales del contador.

Nuevamente, se muestra el mapa de estados que se presentó anteriormente pero adicionando las señales de control del 74AS867, así como la dependencia de estas con respecto a las señales de entrada del circuito. Tambien se presentan los mapas de Karnaugh de las señales de entrada, para asignación a los multiplexores.

| Edo. Pte. ABCDE | Edo. Sgte. ABCDE | Variable Entrada | Instrucción | Variable Salida | S ₀ | S ₀ (in) | EnP* ² EnT* | EnP(in)* EnT(in)* | S ₁ | S ₁ (in) |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------|---------------------|
| 00000a | 00001b | CAMBER | CC+ | 01,-4.000 | 1 | CAMBER* | 0 | CAMBER | 1 | CAMBER* |
| | 10010r | CONV | LOAD | 11,-0.500 | 0 | CONV | 0 | CONV | 1 | CONV* |
| | 00000a | - | HOLD | MAG=00 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00001b | 00010c | INC | CC+ | 01,-3.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10001q | DEC | LOAD | 01,4.000 | 0 | DEC | 0 | DEC | 1 | DEC* |
| | 00001b | - | HOLD | 01,-4.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00010c | 00011d | INC | CC+ | 01,-3.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00001b | DEC | CC- | 01,-4.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 00010c | - | HOLD | 01,-3.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00011d | 00100e | INC | CC+ | 01,-2.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00010c | DEC | CC- | 01,-3.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 00011d | - | HOLD | 01,-3.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00100e | 00101f | INC | CC+ | 01,-2.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00011d | DEC | CC- | 01,-3.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 00100e | - | HOLD | 01,-2.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00101f | 00110g | INC | CC+ | 01,-1.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00100e | DEC | CC- | 01,-2.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 00101f | - | HOLD | 01,-2.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00110g | 00111h | INC | CC+ | 01,-1.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00101f | DEC | CC- | 01,-2.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 00110g | - | HOLD | 01,-1.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 00111h | 01000i | INC | CC+ | 01,-0.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00110g | DEC | CC- | 01,-1.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 00111h | - | HOLD | 01,-1.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01000i | 01001j | INC | CC+ | 01,0.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 00111h | DEC | CC- | 01,-1.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01000i | - | HOLD | 01,-0.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01001j | 01010k | INC | CC+ | 01,0.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01000i | DEC | CC- | 01,-0.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01001j | - | HOLD | 01,0.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01010k | 01011l | INC | CC+ | 01,1.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01001j | DEC | CC- | 01,0.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01010k | - | HOLD | 01,0.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01011l | 01100m | INC | CC+ | 01,1.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01010k | DEC | CC- | 01,0.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01011l | - | HOLD | 01,1.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01100m | 01101n | INC | CC+ | 01,2.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01011l | DEC | CC- | 01,1.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01100m | - | HOLD | 01,1.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01101n | 01110ñ | INC | CC+ | 01,2.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01100m | DEC | CC- | 01,1.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01101n | - | HOLD | 01,2.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |

²Las variables negadas se representan con un asterisco (*)

| Edo. Pte. ABCDE | Edo. Sgte. ABCDE | Variable Entrada | Instrucción | Variable Salida | S ₀ | S ₀ (in) | EnP* EnT* | EnP(in)* EnT(in)* | S ₁ | S ₁ (in) |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|--------------------|----------------|---------------------|--------------|----------------------|----------------|---------------------|
| 01110r | 01110o | INC | CC+ | 01,3.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01101n | DEC | CC- | 01,2.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01110ñ | - | HOLD | 01,2.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 01111o | 10000p | INC | CC+ | 01,3.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01110ñ | DEC | CC- | 01,2.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 01111o | - | HOLD | 01,3.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10000p | 10001q | INC | CC+ | 01,4.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 01111o | DEC | CC- | 01,3.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10000p | - | HOLD | 01,3.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10001q | 00001b | INC | LOAD | 01,-4.000 | 0 | INC | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10000p | DEC | CC- | 01,3.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10001q | - | HOLD | 01,4.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10010r | 10011s | INC | CC+ | 11,-0.375 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 11010z | DEC | CC- | 11,0.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10010r | - | HOLD | 11,-0.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10011s | 10100t | INC | CC+ | 11,-0.250 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10010r | DEC | CC- | 11,-0.500 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10011s | - | HOLD | 11,-0.375 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10100t | 10101u | INC | CC+ | 11,-0.125 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10011s | DEC | CC- | 11,-0.375 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10100t | - | HOLD | 11,-0.250 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10101u | 10110v | INC | CC+ | 11,0.000 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10100t | DEC | CC- | 11,-0.250 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10101u | - | HOLD | 11,-0.125 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10110v | 10111w | INC | CC+ | 11,0.125 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10101u | DEC | CC- | 11,-0.125 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10110v | - | HOLD | 11,0.000 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 10111w | 11000x | INC | CC+ | 11,0.250 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10110v | DEC | CC- | 11,0.000 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 10111w | - | HOLD | 11,0.125 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 11000x | 11001y | INC | CC+ | 11,0.375 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 10111w | DEC | CC- | 11,0.125 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 11000x | - | HOLD | 11,0.250 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 11001y | 11010z | INC | CC+ | 11,0.500 | 1 | INC* | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 11000x | DEC | CC- | 11,0.250 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 11001y | - | HOLD | 11,0.375 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| 11010z | 10010r | INC | LOAD | 11,-0.500 | 0 | INC | 0 | INC | 1 | INC* |
| | 11001y | DEC | CC- | 11,0.375 | 1 | DEC* | 0 | DEC | 0 | DEC |
| | 11010z | - | HOLD | 11,0.500 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |

Fig. 5. Mapa de estados considerando las señales del contador

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | CON | DEC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 01 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 11 | 1 | 1 | * | INC | * | * | * | * |
| | 10 | 1 | INC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|----------|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | CAN-CONV | INC | INC | INC-DEC | INC | INC | INC | INC |
| | 01 | INC | INC | INC | INC | INC | INC | INC | INC |
| | 11 | INC | INC | * | * | * | * | * | * |
| | 10 | INC | * | INC | * | INC | INC | INC | INC |

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | 1 | 1 | DEC | DEC | DEC | DEC | DEC | DEC |
| | 01 | DEC |
| | 11 | DEC | DEC | * | DEC | * | * | * | * |
| | 10 | DEC | DEC | DEC | * | DEC | DEC | DEC | DEC |

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | 1 | 1 | * | * | * | * | * | * |
| | 01 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | 11 | * | * | * | 1 | * | * | * | * |
| | 10 | * | 0 | * | 1 | * | * | * | * |

$$A=(A+D)^*$$

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | 0 | 0 | * | * | * | * | * | * |
| | 01 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | 11 | * | * | * | 0 | * | * | * | * |
| | 10 | * | 0 | * | 1 | * | * | * | * |

$$B=(BD)^*$$

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | 0 | 0 | * | * | * | * | * | * |
| | 01 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | 11 | * | * | * | 0 | * | * | * | * |
| | 10 | * | 0 | * | 0 | * | * | * | * |

$$C=0$$

D

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | 1 | 0 | * | * | * | * | * | * |
| | 01 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | 11 | * | * | * | 1 | * | * | * | * |
| | 10 | * | 0 | * | 1 | * | * | * | * |

$D = D + (DE)^*$

E

| | | CDE | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| AB | 00 | 0 | 1 | * | * | * | * | * | * |
| | 01 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | 11 | * | * | * | 0 | * | * | * | * |
| | 10 | * | 1 | * | 0 | * | * | * | * |

$E = (CE)^*$

Fig. 6. Mapas de Karnaugh de las señales de entrada y carga en paralelo del contador

III.4 SISTEMA DE SENSADO

III.4 a) Módulo mecánico.

El diseño físico del sistema propuesto, está basado en principios geométricos y mecánicos esenciales, que utilizados simultáneamente ayudan a la determinación de la posición adecuada de los neumáticos delanteros de un automóvil.

En primer lugar se debe mencionar que lo que se pretende es crear un dispositivo mecánico geométricamente en cuadratura, para que basado en el, diversos dispositivos electrónicos nos generen una respuesta sobre la situación del automóvil.

Este sistema mecánico debe además adecuarse totalmente a las características físicas de los diversos tipos de rines y llantas existentes en general, sin considerar aquellos tipos sofisticados o muy específicos que normalmente no utilizan los fabricantes de automóviles comerciales.

El sistema está formado por dos dispositivos; el principal y el auxiliar, que se describen a continuación:

El dispositivo principal se compone de dos subsistemas, uno para medir el parámetro camber y otro para el de convergencia. Para su funcionamiento el dispositivo debe de suspenderse de el conjunto rin-llanta de tal forma que quede centrado y sostenido en este, para que de esta forma las diversas partes del sistema mecánico se encuentren a los mismos ángulos respecto a la horizontal y vertical que el conjunto mencionado, es decir sus ángulos camber y caster. Para esto el dispositivo tiene las barras paralelas "A" y "A'", cada una con dos secciones, la inferior es un tubo hueco que en su parte mas baja tiene una "uña" que se coloca entre la ceja del rin y la llanta. La sección superior es una barra que en su parte mas alta también tiene una "uña" con el mismo objetivo, esta barra se introduce en

el tubo, y ambas están unidas en su parte mas baja por un resorte de expansión, también dentro del tubo para que de esta forma pueda existir una fuerza de compresión entre la "uña" superior y la inferior, además de permitir una distancia variable entre ellas, para poder adecuarse a las medidas de rines de automóviles mas comerciales, que son; trece, catorce, quince y dieciséis pulgadas de diámetro.

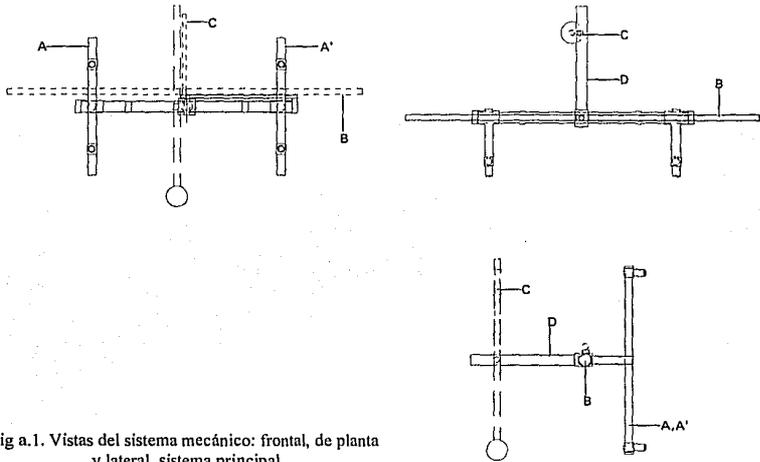


Fig a.1. Vistas del sistema mecánico: frontal, de planta y lateral, sistema principal

Para sujetar con seguridad el sistema, se coloca un tirante elástico entre ambos tubos (*A* y *A'*) con la finalidad de que abrace al neumático. Este tirante es ajustable a los diferentes tamaños de neumáticos , sujetándolo fijamente en uno de los extremos y colocando un prisionero con una mariposa en el otro para poder variar el tamaño del tirante.

Las barras paralelas mencionadas en el párrafo anterior se unen mediante una sección horizontal en forma de "u", formando un ángulo recto, ya que las barras deben estar en posición vertical.

La parte central de la "u" es de mucha importancia para el sistema, sobre este punto se articula horizontalmente una barra "B" que se une a una barra "Y" similar pero fija, del dispositivo auxiliar. Juntas determinan el parámetro convergencia mediante un principio que más adelante se demostrará.

En la parte central de la "U" en dirección horizontal y opuesta a las barras "A" y "A'" se tiene un tubo corto "D" cuyo único objetivo es unir en ángulo recto y totalmente en posición vertical otro tubo "C" que se utiliza como base para la sección encargada de determinar el camber.

El dispositivo auxiliar tiene solamente la función de ayudar al dispositivo principal en la determinación de el parámetro convergencia. Este dispositivo utiliza exactamente el mismo sistema de adecuación y sujeción al conjunto rindanta que el dispositivo principal, incluyendo las "uñas", resortes, y el tirante variable. A las barras paralelas de éste las llamaremos "X" y "X'".

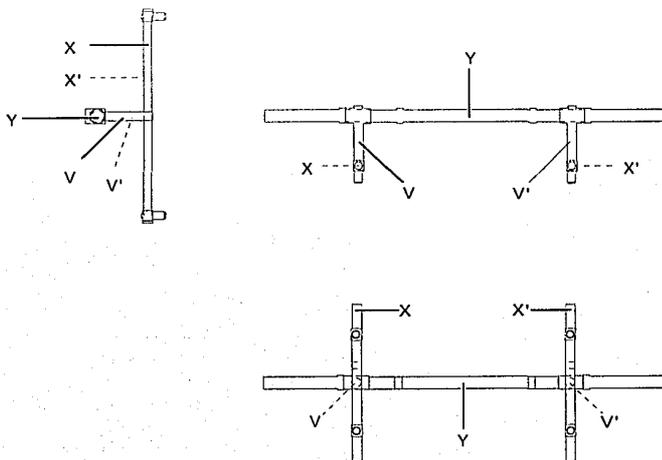


Fig a.2. Vistas del sistema mecánico: frontal, de planta y lateral, sistema auxiliar

A cada una de estas barras se les une perpendicularmente unos tubos, llamados "Y" y "V" que en el extremo contrario y paralelos se unen ambos a otro tubo que en el párrafo anterior se le nombró "Y", exactamente del mismo tamaño que "B".

Es importante mencionar que el dispositivo principal se instala a la rueda que se pretenda corregir su ángulo camber, pudiéndolo usar indiferentemente en ambas ruedas. Para la convergencia, el usuario de este sistema debe de percatarse de cual es la forma de ajustarla para el automóvil en cuestión, y a partir de ello instalará el dispositivo principal en el lado que deba corregir esta medición, y en el contrario el dispositivo auxiliar. Claro que si requiere corrección en ambos lados, simplemente intercambiará los dispositivos.

La razón de usar dos dispositivos para la medición de la convergencia, se debe a que se pretende en cierta forma lograr el paralelismo de las dos ruedas delanteras, aunque en realidad debe ajustarse según los datos del fabricante. Todo esto se logra basados en el siguiente principio; En el dispositivo auxiliar tenemos el tubo "Y" que se encuentra siempre paralelo a la rueda donde se instaló, debido al diseño de este. En el dispositivo principal el tubo "B" no es fijo, gira libremente sobre el centro de la "u", con ello si unimos entre si los extremos delanteros y los traseros de "B" y "Y", mediante unos resortes de igual constante de elasticidad, lo que obtendremos es que invariablemente y sea cual sea la rueda desajustada, los tubos "Y" y "B" se pondrán paralelos, con esto, "B" se encontrará a un ángulo α respecto al plano de la rueda donde se encuentra el dispositivo principal.

α es la representación angular, de una diferencia dada por la distancia entre los extremos delanteros de las ruedas y la distancia entre los extremos traseros de las mismas. Esta diferencia longitudinal es lo que fundamenta al concepto convergencia. Este ángulo α , se mide mediante una serie de sensores ópticos que detectan la posición de el tubo "B" que tiene colocados unos pequeños elementos

metálicos que llamamos bloqueadores de señal óptica, o simplemente protuberancias. El dispositivo es capaz de ofrecer una resolución similar a la que ofrecen los sistemas comerciales, que es de un cuarto de pulgada en la determinación de el parámetro convergencia medurado en unidades de longitud.

En la descripción de el dispositivo principal, se mencionó un tubo "C", que se encuentra paralelo al plano de la rueda. En el se coloca un péndulo con libertad de movimiento tal que forme algún ángulo respecto al plano mencionado, ya que si la rueda no esta perpendicular a la superficie donde gira, tendrá un ángulo camber.

Así "C" es un reflejo de ese ángulo, que se puede medir respecto al péndulo mencionado que por efecto de la gravedad puede garantizarse se encuentra perpendicular a la superficie mencionada.

También en este caso se utilizan varios sensores ópticos y bloqueadores de señal, con la diferencia de que este parámetro se mide en grados y tenemos una resolución de medio grado.

Para ambos sistemas tendremos una descripción mas detallada de su funcionamiento en el inciso referido a diseño electrónico del sistema.

En el diseño mecánico de este sistema se deben utilizar elementos lo mas posible sólidos, ligeros y no flexibles para evitar cualquier deformación en sus partes, lo que provocaría errores en la medición.

Ambos dispositivos deben de estar casi perfectos, sin embargo algunos ángulos y medidas son críticos para el correcto funcionamiento.

Deben ser rectos los ángulos formados entre los siguientes elementos;

- * "A" y "u" * "D" y "C"
- * "A" y "u" * "Y" y "V"
- * "X" y "V" * "X" y "V"
- * "Y" y "V"

En ambos dispositivos existe un punto crítico donde fácilmente se puede ocasionar un desajuste que ocasiona un error en las mediciones; el empalme de el tubo-barra en las secciones "A" , "A'" ,"X" y "X'" debe permitir libertad de movimiento vertical, pero no horizontal en ninguno de sus puntos, ya que esto ocasiona que el dispositivo por efecto de la gravedad se cuelgue y no se encuentre en una posición tal que represente la situación de la rueda.

III.4 b) Módulo transductor.

Introducción: ¿Qué es un transductor?

Un transductor es un dispositivo que proporciona una *salida utilizable* en respuesta a una magnitud física, propiedad o condición específica que se desea medir. Entendiendo por *salida utilizable* una señal expresada en una forma de energía fácilmente mensurable, como puede ser energía eléctrica o bien un desplazamiento mecánico; siendo que la señal original (magnitud, propiedad o condición) no puede ser medida en su manifestación natural con la facilidad con que se haría con el transductor.

Los transductores son conocidos bajo diversos nombres de acuerdo con las diferentes disciplinas técnicas:

- En los procesos industriales son conocidos como sensores (de presión, de fuerza, de temperatura, etc.).
- En el área de los dispositivos electro-ópticos son denominados detectores o captadores.
- En hidráulica, los sensores son capaces de permanecer en contacto con los fluidos y son llamados sondas.

- En ocasiones se utilizan indicaciones de transductores utilizando la terminación *metro*, por ejemplo *acelerómetro* (transductor de aceleración), *tacómetro* (transductor de velocidad angular).

La INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA realizó un estándar utilizable para la nomenclatura y terminología de los transductores, inicialmente para beneficiar a la industria aeroespacial, y posteriormente para facilitar las comunicaciones relativas a los transductores en todas las industrias y ciencias.

La descripción de un transductor se basa generalmente en la mayoría de las condiciones siguientes:

1. ¿Qué se intenta medir? (magnitud)
2. ¿Cuál es el principio operativo de la porción del transductor en la que se origina la salida? (principio de transducción).
3. ¿Qué elemento del transductor responde directamente a la magnitud que se mide? (elemento sensor).
4. ¿Qué prestaciones o ventajas especiales dignas de mencionar se incorporan en el transductor?

Los transductores que se utilizan en diversas aplicaciones para la medición de desplazamientos lineales o angulares, pueden ser de tipo resistivo, inductivo, capacitivo, óptico o bien pueden emplear técnicas digitales.

La señal de salida del sensor puede ser de tipo analógica o de tipo digital, siendo una función de la distancia a partir de un punto de referencia previamente definido.

Transductores Resisitivos.

Este tipo de elementos de transducción convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la resistencia. Los cambios de resistencia pueden realizarse en los conductores así como en los semiconductores por diversos medios, como calentamiento o enfriamiento (inciso a) figura b.1), aplicación de esfuerzos

mecánicos (para utilizar el *efecto piezorresistivo*, inciso *b*), por humidificación o deshumidificación de ciertas sales electrolíticas (inciso *c*) o por movimientos en el brazo de la escobilla de un reóstato (inciso *d*). De éstos últimos, podemos mencionar que son dispositivos de bajo costo, pero son de poca precisión debido a su funcionamiento mecánico. La excitación puede ser de corriente alterna o bien de corriente continua, y por lo general no requieren de ningún amplificador de salida; así mismo, su duración es limitada debido a la fricción en los contactos resistivos, pueden generar ruido siendo además muy sensibles a cortos circuitos.

Los elementos de transducción potenciométrica convierten un cambio de la magnitud a medir en un cambio en la relación de tensiones, mediante un cambio en la posición de un contacto móvil (escobilla) sobre un elemento resistivo en cuyos bordes se ha aplicado una excitación. La relación dada por la posición de la escobilla es básicamente una relación de resistencias (inciso *e*). El cálculo de la variación se hace mediante la aplicación del divisor de voltaje, expresado en las líneas siguientes:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

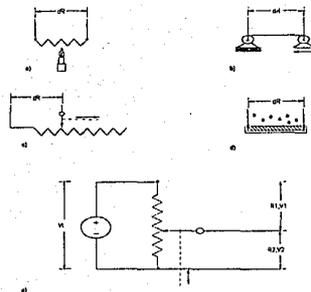


Fig. b.1. Transductores Resistivos

Transductores Capacitivos.

Los transductores capacitivos convierten un cambio de la magnitud a medir en un cambio de capacidad eléctrica. Dado que un capacitor consiste básicamente en dos electrodos separados por un dieléctrico, el cambio de capacidad puede ocasionarse por el movimiento de uno de los electrodos, acercándose o alejándose el otro electrodo o mediante cambios en el dieléctrico situado entre los dos electrodos fijos.

De acuerdo con la figura ilustrada a continuación, tenemos, para el caso del capacitor con electrodos movibles, que la variación de la capacitancia está dada por

$$\partial C = \frac{\epsilon A}{\partial d}$$

en donde

C = Capacitancia existente entre los electrodos.

ϵ = Permitividad del dieléctrico.

A = Área de los electrodos.

d = Distancia entre los electrodos.

así mismo, para el caso del capacitor con dieléctrico variable,

$$\partial C = \frac{\partial \epsilon A}{d}$$

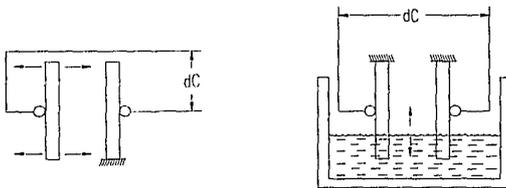


Fig. b.2. Transductores Capacitivos.

Este tipo de transductores cuentan algunas veces con circuitos convertidores para obtener señales de salida en D.C. Los hay de gran precisión, con excelente respuesta en frecuencia y linealidad a un costo elevado.

Transductores Inductivos.

Los elementos de transducción inductiva convierten un cambio de la magnitud en un cambio de la autoinductancia de un devanado único. Los cambios de inductancia pueden efectuarse mediante el movimiento de un núcleo ferromagnético interior al devanado o mediante cambios de flujo introducidos externamente en un devanado con un núcleo fijo.

En el diagrama presentado en la figura b.3, se expresa una diferencia de inductancia generada en los extremos de la bobina de acuerdo con el movimiento del núcleo en su interior. Expresándolo matemáticamente, según la Ley de Faraday, tendremos:

$$\varepsilon = -N \frac{\partial \Phi_m}{\partial t} = -L \frac{\partial I}{\partial t}$$

en donde:

ε = fuerza electromotriz inducida en los extremos de la bobina.

N = Número de espiras de la bobina.

Φ_m = Flujo magnético que atraviesa el núcleo desplazable.

I = Corriente que circula por el solenoide.

de dicha ecuación, podemos deducir que

$$L = \frac{\varepsilon}{\frac{\partial I}{\partial t}}$$

y sabiendo que

$$\Phi_m = \int \mathbf{B} \cdot \partial \mathbf{A} = BA \cos \theta$$

en donde

B = Campo magnético

δA = Vector diferencia de área, normal a la superficie atravesada por B .

θ = ángulo formado por B y δA .

además de que, partiendo de la Ley de Ampere, sabemos que el campo magnético en el interior de un solenoide está dado por

$$\oint \mathbf{B} \cdot \partial \mathbf{s} = \mu_0 I$$
$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I$$

en donde

μ_0 = Permeabilidad magnética del vacío, que, para fines prácticos, es la misma para el aire y tiene un valor de 1.26×10^{-6} H/m

l = Longitud del solenoide



Fig. b.3. Capacitores Inductivos.

Concluimos entonces que, al ser función la inductancia de la *fem* inducida, y ésta a su vez depender del flujo magnético en el inductor del solenoide, y finalmente el campo magnético estar en función de la permeabilidad del medio interior del solenoide, al variar dicho medio entonces necesariamente existirá variación de la inductancia.

Los elementos de transducción reluctiva convierten un cambio de la magnitud en un cambio de tensión C.A. debido al cambio en la reluctancia del camino magnético entre dos o mas devanados (o porciones separadas de uno o mas

devanados), con una excitación C.A. aplicada al sistema de devanados. El cambio en la reluctancia del camino magnético se realiza, usualmente, mediante el movimiento de un núcleo magnético interior al sistema de devanado. También se pueden utilizar arreglos de bobinas (LVDT) para formar transformadores diferenciales variables lineales que modifican el voltaje y el ángulo de fase de la señal de salida, al mover el núcleo. Se utilizan circuitos demoduladores, circuitos puente u osciladores para obtener una respuesta del desplazamiento efectuado. También existen transformadores diferenciales en arreglo angular que permiten hacer mediciones de ese tipo.

El análisis del comportamiento de éste tipo de transductores es muy similar al de los transductores inductivos, considerando solamente que en lugar de autoinducción se debe considerar el efecto de inducción mútua.

Los elementos de transducción electromagnética convierten un cambio de la magnitud a medir en una fuerza electromotriz (tensión de salida) inducida en un conductor debido a un cambio en el flujo magnético en ausencia de excitación. El cambio en el flujo magnético se realiza usualmente en un movimiento relativo entre un electromagneto y un imán o una porción de material magnético.

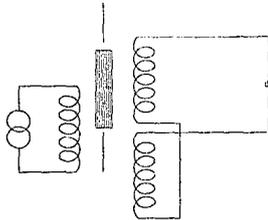


Fig. b.4. Transductor Relucivo.

Técnicas Digitales

Los transductores digitales tienen una gran aplicación en sistemas de automatización ya que simplifican en gran medida el uso de interfases. Pueden proporcionar la respuesta ya sea en frecuencias digitales o bien en un código digital, que estará directamente relacionado con la magnitud sensada (funcionando así como sensores y convertidores simultáneamente) proporcionando gran exactitud.

Este tipo de transductores son conocidos como codificadores, bien sean lineales o bien angulares. Tres tipos de transducción se utilizan en los codificadores:

- El codificador de tipo de escobillas es un disco móvil que contiene segmentos conductores y aislantes en su superficie, de esta forma se cierra y abre el circuito según el contacto de la escobilla.
- En el codificador óptico o fotoeléctrico un disco transparente tiene una serie de segmentos opacos en su superficie, interrumpen un haz de luz que por lo general emite un LED o bien un emisor infrarrojo, y lo detecta un sensor apropiado.
- El codificador magnético es un disco móvil que tiene una superficie segmentada en áreas SI/NO magnetizadas. Un núcleo ferromagnético provisto de un arrollamiento de entrada y uno de salida, se aproxima a la superficie. Cuando el núcleo está sobre un segmento magnetizado, se satura y no se presenta señal de salida, si está sobre un segmento no magnetizado el núcleo no se satura y se produce una señal de salida.

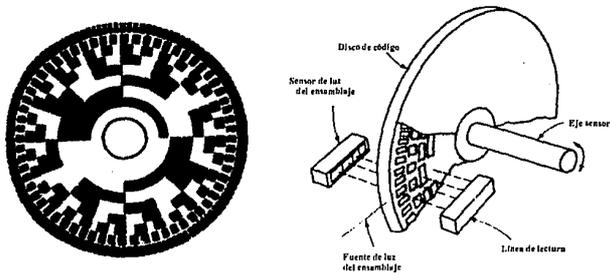


Fig. b.5. Codificadores básicos absolutos fotoeléctrico-angulares: (a) disco de código; (b) elementos del codificador

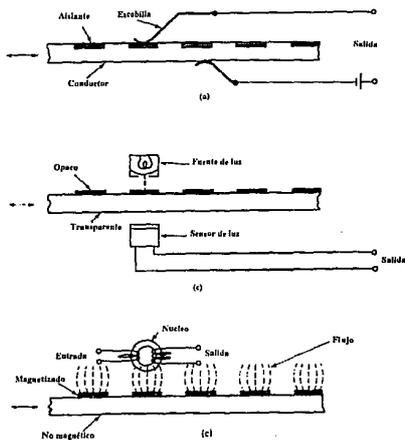


Fig. b.6. Métodos de transducción codificada: (a) de escobilla; (b) fotoeléctrico; (c) magnético

Existen codificadores de dos tipos:

- 1.- Codificadores incrementales. Producen pulsos igualmente espaciados en cada sector, son acumulados en un contador, siendo el conteo la indicación del desplazamiento.

2.- Codificadores absolutos. Producen un número codificado digitalmente, indicativo de la posición mediante un conjunto de cabezas lectoras. Existe una gran variedad de técnicas de codificación para representar el número digital, en transductores se tienen los "V-SCAN", "GRAY", "BCD", senoidales, cosenoidales y tangenciales. Los tres primeros son lineales y los restantes son no lineales.

Sistema de transducción propuesto.

El sistema de transducción elegido para nuestro sistema de alineación está basado en los descritos en el inciso de técnicas digitales, con la finalidad de eliminar las desaveniencias presentes en los transductores de tipo analógico (vida útil limitada, requerimiento de una etapa de conversión analógico-digital, acopladores, amplificadores, etc.), así como aprovechar la facilidad de codificación que ofrecen éste tipo de transductores. El transductor seleccionado es una variación del codificador fotoeléctrico descrito previamente, sin emplear disco; esto debido a que los ángulos recorridos por los brazos con movimiento angular, según se describieron en el inciso III.4 a), son considerablemente pequeños, por lo que en caso de emplearse discos, solamente se aprovecharían de manera parcial. De tal manera, se seleccionó un dispositivo pequeño que contemplase un par fotoemisor/fotosensor y se dispuso un arreglo de dichos dispositivos en una área que, *a)* fuese cubierta en su totalidad por los brazos móviles del sistema mecánico, *b)* estuviese completamente alojada en los límites de los soportes del sistema mecánico, y *c)* permitiese ordenar los dispositivos en arreglo matricial. Entonces, al girar un brazo y describir un ángulo, pasa sobre uno o más de los dispositivos fotoeléctricos de la matriz, no mas de uno por renglón. Si cada dispositivo es un bit y entre todos los dispositivos conforman una palabra, tenemos que para cada ángulo existe una palabra específica y única. De tal manera,

a los brazos se acoplan protuberancias a la altura de cada renglón de manera tal que, al girar el brazo, obstruyan el camino del haz de luz de cada dispositivo conforme lo sobrepasa y entonces cada bit tendrá un valor si el dispositivo tiene el circuito cerrado, u otro valor si el circuito fue abierto por bloqueo del haz luminoso, conformándose así las distintas palabras binarias. Es importante destacar que, a diferencia de el codificador óptico mencionado, el sistema de transducción propuesto es un codificador absoluto que no produce ningún número codificado digitalmente, la codificación se lleva a cabo posteriormente en los bancos de memorias de el circuito de interpretación. Esto es debido a el posicionamiento de los dispositivos, si bien se generan palabras únicas, no mantienen una distancia fija o un orden lógico natural; dado que el arreglo matricial no contiene columnas al estar dispuestos los sensores conforme a los radios descritos para cada ángulo considerado. Es decir, los sensores están dispuestos angularmente, como lo muestran las figuras b.9.1 y b.9.2.

El dispositivo optoeléctrico seleccionado fue el optointerruptor H21A1, consistente de un diodo emisor infrarrojo encontrado con un fotodetector en un encapsulado plástico. Un slot en el encapsulado entre el emisor y el detector prevé el medio para la interrupción de la señal. Sus dimensiones (figura b.7) son adecuadas para el layout del arreglo y sus características eléctricas lo hacen compatibles con la circuitería empleada en el sistema.

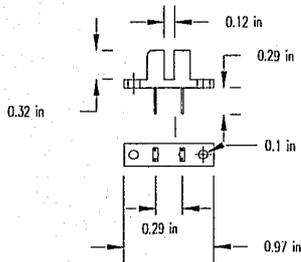


Fig. b.7. Dimensiones del optointerruptor seleccionado.

Se describe a continuación el criterio seguido para el diseño del arreglo fotoeléctrico.

En primer término, se contempló la limitante de espacio físico dispuesto para el alojamiento de dicho circuito, considerando la necesidad de posicionarlo en los soportes del sistema mecánico. Para tal efecto, se trazó un juego de radios que contemplaran los ángulos, para camber, y las distancias, en rin 13, para convergencia, todos concurrentes en el punto de pivotaje de los brazos mecánicos. Es decir, se trazaron las posibles posiciones de los brazos móviles para cada valor de camber/convergencia seleccionado, según se ilustra en la figura b.8 (En la misma, se ilustra el caso del rin 13, el radio para 0 pulgadas de convergencia es de 6.5 pulgadas).

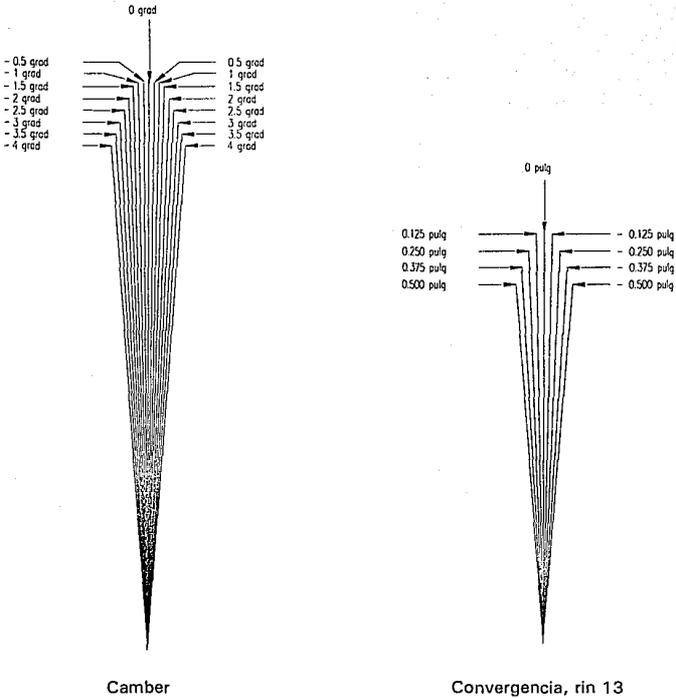


Fig. b.8. Disposición de los brazos móviles de camber y convergencia, según los valores posibles.

Después se consideraron las dimensiones de los dispositivos optoelectrónicos, para conformar la distancia adecuada entre renglones (disposición horizontal). La distribución vertical no se ordenó mediante columnas, mas bien se alinearon los dispositivos optoelectrónicos de acuerdo a la plantilla de radios, según se muestra en las figuras b.9.1 y b.9.2

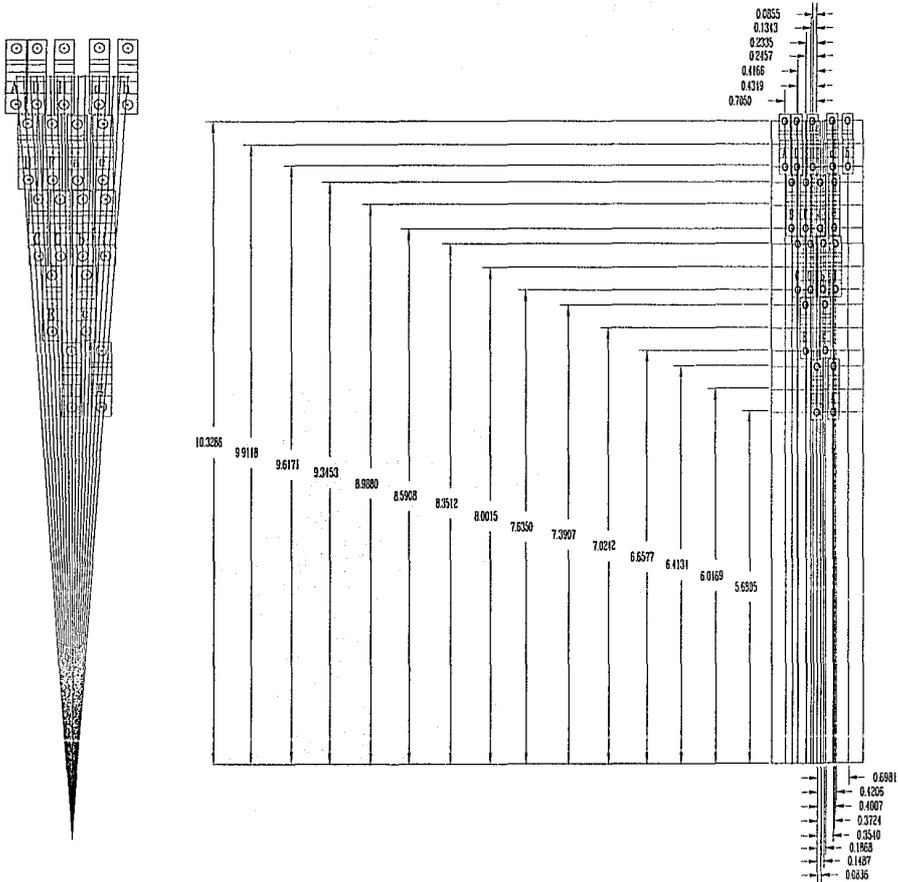


Fig. b.9.1. Disposición de los sensores optoelectrónicos en renglones y por ajuste al valor de los ángulos, camber:
 (a) Adecuación a los radios (b) Dimensiones finales

Nótese que para la convergencia, la lectura registrada por la matriz de dispositivos optoelectrónicos es común a cualquier medida de rin, ya que el dispositivo mecánico se monta en el mismo sin importar su diámetro. Entonces,

para efectuar la distinción entre una medida y otra de un rin, se efectúa la corrección en el sistema de interpretación, al manipular las páginas de memoria en donde se acumulan los valores de comparación (consultar capítulo III.6).

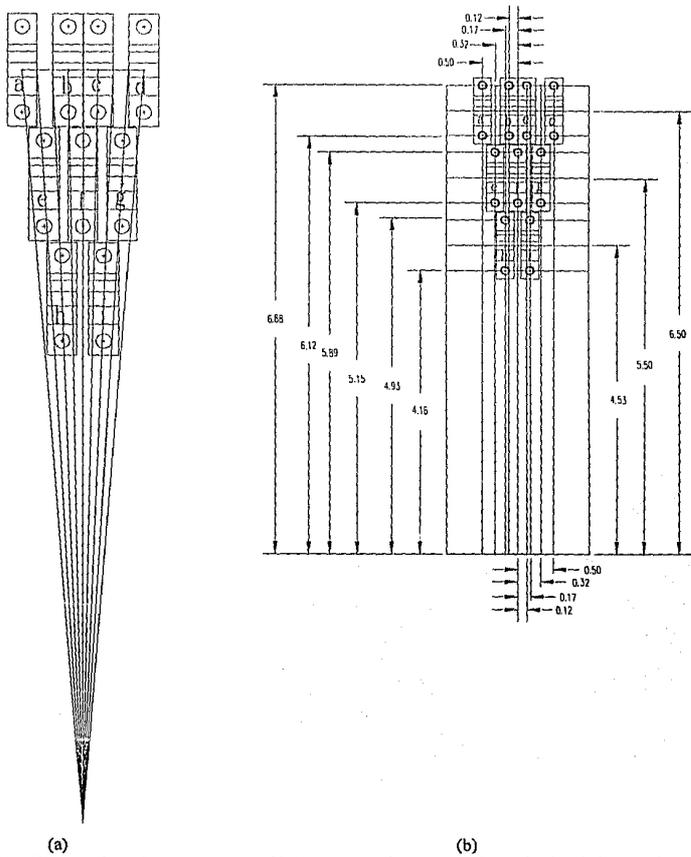


Fig. b.9.2. Disposición de los sensores optoelectrónicos en renglones y por ajuste al valor de los ángulos, convergencia: (a) Adecuación a los radios (b) Dimensiones finales

Esto es debido a que en la convergencia el parámetro a medir es una distancia, ésta será independiente de la medida del rin, entonces, al ser dicha distancia fija el cateto opuesto del ángulo conformado, y el radio del rin, variable de 13 a 16 pulgadas, será el cateto adyacente de dicho ángulo, para cada medida de rin tendremos un conjunto de ángulos. Entonces se toma como base el conjunto de ángulos para el rin mas pequeño y se disponen los sensores con base en éste. Para las demás medidas de rin, se registra la lectura detectada a partir de dicha disposición sobrepuesta a el abanico de radios generado para cada una de ellas.

En las figuras b.9.1 y b.9.2 se muestra el abanico de radios descritos por los brazos móviles de camber y convergencia. Dicho abanico implica la proyección de los ejes transversales de tales brazos, considerando que éstos son simétricos. Así mismo, se mencionó anteriormente que se acoplan protuberancias a los brazos a la altura de los slots de los sensores, de manera tal que al paso del brazo sobre uno de los sensores, la protuberancia del brazo interrumpiese el haz luminoso. A partir de la disposición planteada en dichas figuras, se establece a continuación una matriz de medidas: las distancias existentes entre el centro del haz luminoso, y el eje de simetría del brazo, cuando éste se encuentra ostensiblemente cercano. En las casillas conteniendo un "1", se interpreta que el brazo está considerablemente retirado del sensor en cuestión (según la nomenclatura de sensores mostrada en las figuras b.9.1 y b.9.2) y por lo tanto no hay posibilidad de que la protuberancia intercepte la señal óptica del mismo. Si la distancia es distinta de 1, implica una gran posibilidad de que el haz luminoso del sensor en cuestión esté siendo interrumpido por la protuberancia del brazo en ese momento (dependiendo de la longitud de la protuberancia, según se analizará mas adelante), y si la distancia registrada es 0, se interpreta como el que para ese ángulo o distancia en cuestión, el brazo está posicionado de manera tal que la protuberancia coincide perfectamente con el haz luminoso. Para tal efecto, se muestran a continuación

algunas tablas en las que se registra la distancia exacta, en pulgadas, entre el eje longitudinal del brazo y el eje del haz luminoso. La última columna expresa ya el conjunto de 'bits' derivado del valor leído en todos los sensores, conformando así una palabra.

CAMBER

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | a | b | c | d | e | f | g | h | palabra real | pal. corta |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------------|
| -4.00 | 0 | 0.08 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0011111111111111 | 00111111 |
| -3.50 | 0.09 | 0 | 0.07 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0001111111111111 | 00011111 |
| -3.00 | 1 | 0.08 | 0 | 0.09 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1000111111111111 | 10001111 |
| -2.50 | 1 | 1 | 0.07 | 0 | 0.06 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1100011111111111 | 11000111 |
| -2.00 | 1 | 1 | 1 | 0.09 | 0 | 0.08 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1110001111111111 | 11100011 |
| -1.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.06 | 0 | 0.07 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111000111111111 | 11110001 |
| -1.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.08 | 0 | 0.09 | 0.11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111100001111111 | 11111000 |
| -0.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.07 | 0 | 0.05 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111110001111111 | 11111100 |
| 0.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.09 | 0 | 0.08 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111110001111111 | 11111100 |
| 0.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.05 | 0 | 0.07 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111111000111111 | 00111110 |
| 1.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.10 | 0.08 | 0 | 0.06 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111111000011111 | 00011110 |
| 1.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.07 | 0 | 0.09 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111111100011111 | 10001111 |
| 2.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.06 | 0 | 0.08 | 1 | 1 | 1 | 1111111110001111 | 11000111 |
| 2.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.09 | 0 | 0.07 | 0.10 | 1 | 1111111111000011 | 11100001 |
| 3.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.08 | 0 | 0.05 | 1 | 1111111111110001 | 11110001 |
| 3.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.07 | 0 | 0.09 | 1111111111111000 | 111110001 |
| 4.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.05 | 0 | 1111111111111100 | 111111001 |

CONVERGENCIA

| R13 | a | b | c | d | e | f | g | h | i | palabra leída |
|--------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|---------------|
| -0.500 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 011101111 |
| -0.375 | 0.12 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.08 | 1 | 011101101 |
| -0.250 | 1 | 0.13 | 1 | 1 | 0.10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 101101101 |
| -0.125 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.11 | 1 | 0.09 | 1 | 101110101 |
| 0.000 | 1 | 0.12 | 0.13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 100110111 |
| 0.125 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.11 | 1 | 1 | 0.09 | 110110110 |
| 0.250 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.11 | 1 | 0 | 111111010 |
| 0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 110110110 |
| 0.500 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.11 | 1 | 1 | 111011011 |

| R14 | a | b | c | d | e | f | g | h | i | palabra leída |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| -0.500 | 0.03 | 1 | 1 | 1 | 0.07 | 1 | 1 | 1 | 1 | 011101111 |
| -0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.02 | 1 | 1 | 0.07 | 1 | 111101101 |
| -0.250 | 1 | 0.11 | 1 | 1 | 0.12 | 1 | 1 | 0.02 | 1 | 101101101 |
| -0.125 | 1 | 0.01 | 1 | 1 | 1 | 0.09 | 1 | 0.10 | 1 | 101110101 |
| 0.000 | 1 | 0.12 | 0.12 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 100110111 |
| 0.125 | 1 | 1 | 0.01 | 1 | 1 | 0.10 | 1 | 1 | 0.09 | 110110110 |
| 0.250 | 1 | 1 | 0.11 | 1 | 1 | 1 | 0.12 | 1 | 0.01 | 110111010 |
| 0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.02 | 1 | 0.07 | 111111010 |
| 0.500 | 1 | 1 | 1 | 0.04 | 1 | 1 | 0.07 | 1 | 1 | 111011011 |

| R15 | a | b | c | d | e | f | g | h | i | palabra leída |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| -0.500 | 0.06 | 1 | 1 | 1 | 0.05 | 1 | 1 | 0.12 | 1 | 011101101 |
| -0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.04 | 1 | 1 | 0.05 | 1 | 111101101 |
| -0.250 | 1 | 0.10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.03 | 1 | 101111101 |
| -0.125 | 1 | 0.01 | 1 | 1 | 1 | 0.09 | 1 | 0.10 | 1 | 101110101 |
| 0.000 | 1 | 0.12 | 0.13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 100110111 |
| 0.125 | 1 | 1 | 0.02 | 1 | 1 | 0.09 | 1 | 1 | 0.10 | 110110110 |
| 0.250 | 1 | 1 | 0.09 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.02 | 110111110 |
| 0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.04 | 1 | 0.05 | 111111010 |
| 0.500 | 1 | 1 | 1 | 0.07 | 1 | 1 | 0.05 | 1 | 1 | 111011011 |

| R16 | a | b | c | d | e | f | g | h | i | palabra leída |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| -0.500 | 0.09 | 1 | 1 | 1 | 0.03 | 1 | 1 | 0.10 | 1 | 011101101 |
| -0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.06 | 1 | 1 | 0.03 | 1 | 111101101 |
| -0.250 | 1 | 0.08 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.04 | 1 | 101111101 |
| -0.125 | 1 | 0.02 | 1 | 1 | 1 | 0.08 | 1 | 0.11 | 1 | 101110101 |
| 0.000 | 1 | 0.12 | 0.13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 100110111 |
| 0.125 | 1 | 1 | 0.03 | 1 | 1 | 0.09 | 1 | 1 | 0.11 | 110110110 |
| 0.250 | 1 | 1 | 0.08 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.04 | 110111110 |
| 0.375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.06 | 1 | 0.04 | 111111010 |
| 0.500 | 1 | 1 | 1 | 0.10 | 1 | 1 | 0.03 | 1 | 0.11 | 111011010 |

Las tablas revelan la distancia exacta, en pulgadas, entre el eje simétrico del brazo, y el eje del haz luminoso de cada sensor cuando el brazo se encuentra ostensiblemente cercano. Para la tabla de camber, la columna señalada como 'palabra real' señala el conjunto de valores de las columnas anteriores (A-I y a-h) conformando ya una palabra, en donde los 0's dependerán del espesor de la protuberancia en cuestión, según se analizará mas adelante; la columna señalada como 'palabra corta' proviene de la columna 'palabra real', tomando las primeras 9 columnas (A-I) para ángulos negativos y ángulo 0, y las últimas 8 columnas (a-h) mas la columna 9 (I) para ángulos positivos, según se discute la reducción del bus de direcciones en el capítulo concerniente al diseño del *Circuito De Interpretación*. De manera similar, las tablas de convergencia expresan la distancia entre el eje simétrico del brazo y el eje del haz luminoso, mas solamente existe la columna 'palabra leída' (concentrando la información de las columnas a-i), correspondiente a la de 'palabra real' en camber, considerando que para convergencia la densidad

de sensores es menor, razón por la cual no hubo necesidad de efectuar una reducción del bus.

Para entender mejor la información contenida en las tablas, analicemos el renglón correspondiente a -4.00° de la tabla de rin16/camber. En la celda 'palabra real', se sitúa la palabra 0011111111111111. El primer 0 se refiere al cruce de la protuberancia sobre el sensor *A*. Los siguientes 1's se refieren a los correspondientes a los sensores *C-I* y *a-h*, sobre los cuales no cruza ninguna protuberancia (consultar la figura b.9.1 para el radio de -4.00°). El primer 0 implica que el eje simétrico del brazo coincide perfectamente con el eje del haz luminoso, mientras que el segundo 0 implica que la protuberancia correspondiente a la fila en la que se ubica el sensor *B* cuenta con, al menos, 2×0.08 pulgadas de amplitud (se considera el doble de la distancia al proyectar solamente el eje de simetría del brazo), de manera que la protuberancia es capaz de bloquear el haz luminoso.

Ahora bien: observando detenidamente la última columna, nos damos cuenta que algunas palabras se repiten de un ángulo a otro, como es el caso de -2.5° y 2.0° , lo que nos lleva a pensar que las lecturas son redundantes; sin embargo, considerando que la partición del bus de sensores de camber genera una diferencia de signo aprovechable en el direccionamiento de memorias (consultar diseño del *Circuito de Interpretación*), podemos afirmar que no hay duplicidad de palabras: en realidad, la duplicidad se debe evitar entre las palabras de signo negativo y ángulo cero, y entre las palabras de signo positivo.

Es importante notar que para que aquellos valores considerados 0 en los cuales no coincide el eje simétrico del brazo con el eje del haz luminoso, debemos forzar a que la protuberancia bloquee forzosamente la señal. Para tal efecto, tomamos la mayor distancia tabulada, correspondiente al sensor *b* para una convergencia de -0.25 pulgadas con rin 13. Dicha distancia es de 0.13 pulgadas, por lo que la amplitud de las protuberancias deberá ser de $2 \times 0.13 = 0.26$ pulgadas.

Las posibles palabras de salida que proporciona la circuitería de sensado al circuito de interpretación, son, en resumen:

| CAMBER | | |
|--------|--------------------|------------|
| ángulo | dirección | dirección' |
| -4.00 | 001111111111111111 | 0011111111 |
| -3.50 | 000111111111111111 | 0001111111 |
| -3.00 | 100011111111111111 | 1000111111 |
| -2.50 | 110001111111111111 | 1100011111 |
| -2.00 | 111000111111111111 | 1110001111 |
| -1.50 | 111100011111111111 | 1111000111 |
| -1.00 | 111110000111111111 | 1111100000 |
| -0.50 | 111111000111111111 | 1111110000 |
| 0.00 | 111111100011111111 | 1111111000 |
| 0.50 | 111111110001111111 | 0011111110 |
| 1.00 | 111111111000111111 | 0001111110 |
| 1.50 | 111111111100011111 | 1000111111 |
| 2.00 | 111111111110001111 | 1100011111 |
| 2.50 | 111111111111000011 | 1110000111 |
| 3.00 | 111111111111100001 | 1111000011 |
| 3.50 | 111111111111110000 | 1111100001 |
| 4.00 | 111111111111111100 | 1111110001 |

| CONVERGENCIA | | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| distancia | R13 | R14 | R15 | R16 |
| -0.500 | 011101111 | 011101111 | 011101101 | 011101101 |
| -0.375 | 011101101 | 111101101 | 111101101 | 111101101 |
| -0.250 | 101101101 | 101101101 | 101111101 | 101111101 |
| -0.125 | 101110101 | 101110101 | 101110101 | 101110101 |
| 0.000 | 100110111 | 100110111 | 100110111 | 100110111 |
| 0.125 | 110110110 | 110110110 | 110110110 | 110110110 |
| 0.250 | 111110110 | 110110110 | 110111110 | 110111110 |
| 0.375 | 111011010 | 111111010 | 111111010 | 111111010 |
| 0.500 | 111011011 | 111011011 | 111011011 | 111011010 |

III.6 CIRCUITO DE INTERPRETACIÓN.

Propósito.

El circuito de interpretación tiene como objetivo decodificar y comparar la información leída en la matriz de sensores con aquella predefinida con el circuito de ajuste de parámetros (tanto de camber como de convergencia), y dependiendo del resultado de dicha comparación, indicar al operador, mediante el circuito de control central, cuando el parámetro en ajuste leído en su correspondiente matriz de sensores ha alcanzado el valor predeterminado en el circuito de ajuste de parámetros.

Señales.

Entrada:

SENCAM.- Palabra de 17 bits proveniente del banco de sensores de camber (SENSORES CAMber), indicando el ángulo de camber exacto de la llanta presente al momento, de manera codificada. Consultar el inciso correspondiente al *Diseño de el Sistema de Sensado* para identificar el código perteneciente a cada ángulo considerado.

SENCON.- Palabra de 9 bits proveniente del banco de sensores de convergencia (SENSORES CONvergencia), indicando la distancia exacta entre las llantas delanteras existente al momento, de manera codificada. Consultar el inciso correspondiente al *Diseño de el Sistema de Sensado* para identificar el código perteneciente a cada distancia considerada.

VCAMP.- Valor pretendido de camber fijo en pantalla (Valor de CAMber en Pantalla), previamente seleccionado con el circuito de ajuste de parámetros.

VCONP.- Valor pretendido de convergencia fijo en pantalla (Valor de CONvergencia en Pantalla), previamente seleccionado con el circuito de ajuste de parámetros.

CAMPTE.- Indica selección de las señales SENCAM y VCAMP para comparación (CAMber PresenTE). En otras palabras, se selecciona el parámetro camber, de manera que se habilita el bus proveniente del banco de sensores de dicho parámetro para ingresarlo al comparador y así poder ajustarlo.

CONPTE.- Indica selección de las señales SENCON y VCONP para comparación (CONvergencia PresenTE). En otras palabras, se selecciona el parámetro convergencia, de manera que se habilita el bus proveniente del banco de sensores de dicho parámetro para ingresarlo al comparador y así poder ajustarlo.

RIN13, RIN14, RIN15 y/o RIN16.- Para el caso en el que se desee comparar el valor de la convergencia del automóvil, es mediante estas señales que se selecciona con qué banco de memorias se va a decodificar la palabra leída en la matriz de sensores de dicho parámetro.

Salida:

DIF.- Señal que indica que el valor en la matriz de sensores, no es aún el mismo que el pretendido en la pantalla del circuito de ajuste de parámetros (valor DIFerente), bien sea camber o convergencia.

LECOK.- Señal audio-visual que indica al operador que el valor registrado en la matriz de sensores del parámetro en ajuste, es el mismo que aquel predefinido con el circuito de ajuste de parámetros (LECTura O.K.), de manera tal que cuando dicho valor es detectado, sonará un zumbador simultáneamente con una señal óptica intermitente. Nótese que esta señal y la señal DIF son mutuamente excluyentes.

- Análisis del control del circuito.

A diferencia de los demás circuitos descritos hasta el momento, en el análisis del circuito de interpretación no se describe ningún flujo de control, dado que no se trata de un circuito secuencial, sino puramente combinacional. Las funciones del circuito de interpretación son las siguientes:

- Selección del bus de sensores a interpretar (bus de camber o bus de convergencia).
- Decodificación de la palabra leída en el banco de sensores correspondiente.
- Comparación de la palabra codificada contra la predefinida en el circuito de ajuste de parámetros.

La etapa selectora del bus de sensores, tiene como objetivo habilitar el acceso hacia la entrada de la etapa de decodificación (memorias) a solo uno de los dos buses provenientes de las matrices de sensores, y así posteriormente a la etapa de comparación.. Además de seleccionar el banco de sensores deseado, la etapa selectora adecúa el tamaño de la palabra de los sensores de camber, a un tamaño similar al de la palabra de los sensores de convergencia, a fin de poder emplear la misma circuitería de comparación para ambos parámetros. Es decir: dado que los sensores de camber son *diecisiete*, los sensores de convergencia son *nueve*, y considerando que los ángulos registrados en la medición de camber son simétricos con respecto al 0, se puede reducir el bus de sensores de camber a *nueve* bits: ocho para ángulos distintos de 0, y uno para ángulo 0. De esa manera, se evita el empleo de circuitos que solamente actuarían parcialmente, con la consecuente reducción de costo y de area empleada por los CI's. La adecuación de la palabra únicamente consta en detectar el signo del ángulo medido, y enlazar al grupo de sensores relacionados a dicho signo con la etapa decodificadora.

Dada la ausencia de uniformidad existente en los bancos de sensores al cambiar de un valor a otro (no existe una distancia binaria constante entre un valor y el siguiente), debida a restricciones de diseño físico de las matrices de sensores (consultar el tema *Diseño de el Sistema de Sensado*), es necesaria una etapa que interprete todos y cada uno de los posibles valores disponibles en el sistema mecánico. La etapa de decodificación de la palabra leída en las matrices de sensores tiene como objetivo convertir la detección de un desplazamiento registrado por el sistema mecánico, en una cantidad estandarizada expresada en código octal codificado binario a fin de poder manipular dicha información posteriormente en la etapa de comparación.

Finalmente, la etapa de comparación, última etapa del circuito de interpretación, se encarga de comparar la información proveniente del banco de sensores seleccionado e interpretado en el decodificador, con la información proveniente del circuito de ajuste de parámetros: A la salida de la etapa de decodificación los buses con las palabras de camber y convergencia interpretadas son dispuestos en una línea común y selectiva, que entra a un sistema de comparadores junto con la palabra previamente fija en el circuito de ajuste. De tal manera, cuando la etapa comparadora encuentre que la palabra de camber o convergencia en proceso de ajuste (según sea el caso) sea idéntica a la palabra presente en el circuito de ajuste de parámetros, indique a los circuitos de audio y despliegue, mediante el circuito de control central, que el valor pretendido ha sido logrado.

-Organización del Circuito de Interpretación.

La etapa de selección del banco de sensores opera permitiendo el paso de corriente de uno de los dos arreglos de sensores hacia los circuitos decodificadores y bloqueando al otro arreglo. Sin embargo, al bloquear el segundo arreglo, se debe

asegurar que, además de impedir el paso de la corriente de éste hacia el decodificador, también impida el paso de la corriente del arreglo habilitado hacia el arreglo no habilitado, evitando así fugas eléctricas entre el arreglo de sensores de camber y el de convergencia. De una manera similar, para reducir el tamaño de palabra del banco de sensores de camber, basta con que un sensor del conjunto de sensores de ángulo positivo detecte la presencia de la barra móvil, para habilitar a dicho conjunto el acceso a el circuito decodificador, impidiendo el paso de la corriente desde y hacia el conjunto de sensores de ángulo negativo, y viceversa. Un dispositivo electrónico que permite dicha función de habilitación/deshabilitación podría ser sencillamente una compuerta tipo AND, sin embargo no podemos asegurar que al deshabilitar una señal mediante dicho dispositivo no tendremos fugas de corriente. Por lo tanto, requerimos hacer uso de los circuitos llamados de *tres estados*. El uso de estos dispositivos nos asegura que, cuando la entrada de un circuito se encuentra bloqueada de manera tal que la entrada no es reflejada en su salida, la salida se encuentra en un estado de alta impedancia, evitando así fugas de corriente provenientes de otras etapas posteriores al circuito. Entonces, podemos conectar simultáneamente las salidas de dos o mas circuitos independientes a la entrada de un solo circuito, sin riesgo de daño en cualquiera de las salidas.

La etapa decodificadora de la señal captada en los bancos de sensores, se basa en el mismo principio aplicado en el circuito de ajuste de parámetros. Si consideramos que cada una de las posibles palabras a leer en los sensores es única, podemos considerarla como una dirección de memoria también única. En dicha dirección de memoria se encontrará almacenado el valor del ángulo (para camber) o bien de la distancia (para convergencia) en código octal, pues los posibles valores tanto de camber como de convergencia están compuestos por dígitos pertenecientes al conjunto $\{0,1,2,3,5,7\}$, que está contemplado en su totalidad en el

conjunto de los dígitos del código octal. Así, se codifica uno a uno el dígito entero y los tres dígitos decimales que componen las lecturas posibles. Entonces, la "caja negra" decodificadora tendrá como entrada las líneas de dirección y como salida las líneas de datos de un banco de memorias.

Son necesarios cuatro bancos de memorias: un banco para valores de convergencia con rin 13, otro para rin 14, uno mas para rin 15 y finalmente uno para rin 16 y camber (considerar que el diámetro del rin solamente afecta en la alineación de la convergencia, no en camber). En este último banco, será precisamente la señal `CAMPTE` una línea mas del bus de direcciones, que al estar deshabilitada, direccionará a la página de valores de convergencia/rin 16, y al habilitarse direccionará a la página de direcciones de los valores de camber; dentro de ésta página se manejará un bit mas de dirección que estará controlada por la bandera de signo, para direccionar a la página de valores de camber positivo o bien de valores de camber negativo. Cada banco de memorias debe tener entonces un bus de direcciones de 11 bits (debido al tamaño de palabra proveniente de los arreglos de sensores, que es nueve, a la señal `CAMPTE` y a la bandera de signo), y un bus de datos de 15 bits: 4 dígitos octales con 3 bits cada uno, mas dos bits para seleccionar las dimensiones de medida (grados o pulgadas) y uno mas para el signo de la magnitud.

Como se expresó en el inciso anterior, la etapa de comparación estará compuesta por comparadores binarios. Dichos comparadores serán sencillamente compuertas de tipo `XNOR`, que verifican su salida unicamente cuando las entradas son iguales entre si. Entonces, cuando todas las entradas son correspondientes entre el banco de sensores y el circuito de ajuste, el valor pretendido se ha alcanzado, y basta entonces mediante lógica combinacional detectar si todos y cada uno de los bits comparados se verifican simultaneamente para afirmar que el automóvil está alineado al valor deseado. Esto es, si todas y cada una de las compuertas `XNOR`

registran su salida verificada, sus correspondientes entradas son iguales y por ende la palabra detectada en el bus de sensores es idéntica a la palabra fijada por el operador con el circuito de ajuste; solamente es necesario detectar el momento en que dicha condición se cumple: si todas las salidas de dichas compuertas XNOR son introducidas a una compuerta AND , ésta únicamente verificará su salida cuando todas las XNOR estén verificadas. Queda entonces emplear dicha señal de salida como un disparador de la alarma que active tanto el zumbador como la señal óptica intermitente.

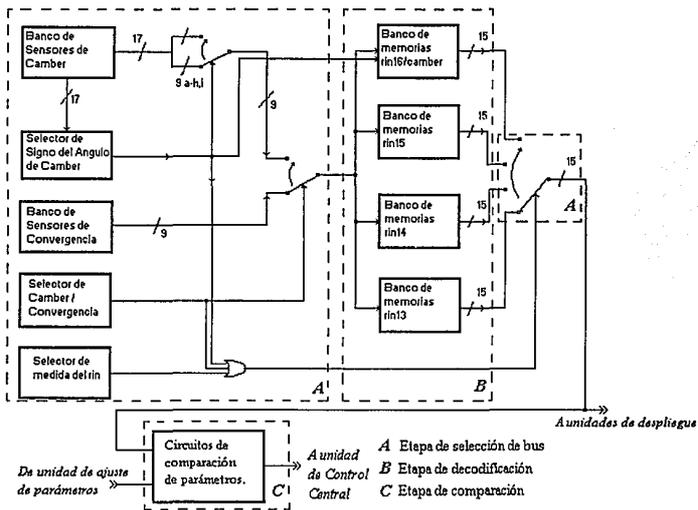


Fig. 1. Organización del Circuito Comparador

- Arquitectura del Circuito de Interpretación

Para la etapa de selección del bus, en la que se requieren compuertas tres estados, se seleccionó el circuito 74126, que es un buffer de bus cuádruple de

lógica positiva, y que al ser de la familia TTL es compatible con el resto del circuito. Empleando el mismo, se requieren dos chips para la selección de ángulos positivos de camber, dos para la selección de ángulos negativos de camber y finalmente tres más para la selección del bus de sensores, según la contabilidad de compuertas requeridas de acuerdo con el diagrama esquemático presentado al final de este inciso.

Debido a las características requeridas para los bancos de memoria expresadas en la organización del circuito, la memoria elegida es la 2716, que es una memoria UV EPROM NMOS de 16K (2K x 8) y cuenta con un bus de direcciones de once líneas, y un bus de datos de ocho líneas, razón por la que se requerirán dos chips para cada banco. Así mismo, se seleccionó dicha memoria por contar con características eléctricas compatibles con la familia TTL, como es el que la alimentación requerida es de +5.0 V_{cc}.

Los comparadores binarios, finalmente, que son compuertas de tipo XNOR, fueron establecidos con circuitos 74266: compuertas or negado exclusorias cuádruples, por lo que se requirieron 4 para comparar el total de los bits que conforman los valores almacenados en memoria.

Información grabada en memoria.

Una vez que se han definido las direcciones de memoria generadas por la disposición de los optosensores, así como se ha especificado la función del manejo de signo y la conformación de los bancos de memoria dependiendo del parámetro a ajustar y de la medida del rin, procedemos ahora a indicar las palabras grabadas en memoria, especificando únicamente las direcciones pertinentes. Las direcciones restantes no serán consideradas, al no haber posibilidad de que el sistema apuntase a ellas en ningún momento.

Recordando la información tabulada en el capítulo referente al *Sistema de Sensado*, tenemos:

| ángulo | dirección' | distancia | R13 | R14 | R15 | R16 |
|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -4.00 | 001111111 | -0.500 | 011101111 | 011101111 | 011101101 | 011101101 |
| -3.50 | 000111111 | -0.375 | 011101101 | 111101101 | 111101101 | 111101101 |
| -3.00 | 100011111 | -0.250 | 101101101 | 101101101 | 101111101 | 101111101 |
| -2.50 | 110001111 | -0.125 | 101110101 | 101110101 | 101110101 | 101110101 |
| -2.00 | 111000111 | 0.000 | 100110111 | 100110111 | 100110111 | 100110111 |
| -1.50 | 111100011 | 0.125 | 110110110 | 110110110 | 110110110 | 110110110 |
| -1.00 | 111110000 | 0.250 | 111110101 | 110111010 | 110111110 | 110111110 |
| -0.50 | 111111000 | 0.375 | 111011010 | 111111010 | 111111010 | 111111010 |
| 0.00 | 111111100 | 0.500 | 111011011 | 111011011 | 111011011 | 111011010 |
| 0.50 | 001111110 | | | | | |
| 1.00 | 000111110 | | | | | |
| 1.50 | 100011111 | | | | | |
| 2.00 | 110001111 | | | | | |
| 2.50 | 111000011 | | | | | |
| 3.00 | 111100011 | | | | | |
| 3.50 | 111110001 | | | | | |
| 4.00 | 111111001 | | | | | |

Complementamos entonces dicha información con la especificada en el inciso anterior, *Organización del Circuito de Interpretación*. Se presenta a continuación un conjunto de tablas, una para cada banco de memorias. En cada tabla se encuentran 11 columnas, rotuladas desde A10 hasta A0, representando las direcciones de memoria que deben ser grabadas. La siguiente columna mostrada, rotulada como hexadecimal, expresa la dirección de memoria conformada por las columnas A10-A0, pero agrupadas y traduciendo el dato binario a formato hexadecimal. La columna marcada como palabra grabada, indica el dato que deberá contener la dirección de memoria en cuestión. Así, las columnas O7-00 y O7'-00' (denotando que un conjunto se refiere a un chip 2716 y a un chip 2716') expresan dicha palabra grabada como sigue: O7 denota el signo de la magnitud, en donde 0 implica un valor negativo y 1 implica un valor positivo; O6, O5 y O4 representan el valor entero de la magnitud (recordar que al emplear código octal solo se requieren 3 bits por dígito); O3, O2 y O1 representan el primer dígito decimal, O0, O7' y O6' representan el segundo decimal, O5', O4' y O3' representan

el tercer dígito decimal y finalmente O2' y O1' implican las unidades del parámetro, donde 11 implica PULGADAS (convergencia) y 01 implica GRADOS (cámben). Finalmente, O0' no tiene empleo, por lo que su valor es intrascendental; sin embargo, se le asignó un valor fijo para la determinación de la última columna, también designada hexadecimal, en la que se expresan las columnas O7-O0 y O7'-O0' en forma hexadecimal. De tal manera, para el grabado de cada memoria basta consultar las dos columnas hexadecimales. Las direcciones de cada memoria se expresan entonces en la primer columna hexadecimal, mientras que de los datos de la segunda columna hexadecimal expresados en cuatro dígitos, corresponden los primeros dos dígitos a la primer memoria (2716) y los dos últimos a la segunda memoria(2716').

RIN13

| A10 | A9 | A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | Hexadecimal | Palabra grabada | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | Hexadecimal |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|----|------|----|----|----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 00EF | -0.500 PULG | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0A06 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 00ED | -0.375 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 07EE | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 016D | -0.250 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0546 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0175 | -0.125 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 02AE | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0137 | 0.000 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8006 | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 01BD | 0.125 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 82AE | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01FA | 0.250 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8546 | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01DA | 0.375 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 87EE | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 01DB | 0.500 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8A06 | | | | | | | |

RIN14

| A10 | A9 | A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | Hexadecimal | Palabra grabada | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | Hexadecimal |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 00EF | -0.500 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0A06 | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 01ED | -0.375 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 077E | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 016D | -0.250 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0546 | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0175 | -0.125 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 025E | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0137 | 0.000 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8006 | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 01B6 | 0.125 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 82AE | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01BA | 0.250 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8546 | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01FA | 0.375 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 87EE | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 01DB | 0.500 PULG | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8A06 | | | | | | | | |

RIN15

| A10 | A9 | A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | Hexadecimal | Palabra grabada | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 00 | Hexadecimal |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|----|----|----|----|----|----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 00ED | -0.500 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0A06 | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 01ED | -0.375 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 07EE | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 017D | -0.250 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0546 | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0175 | -0.125 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 02AE | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0137 | 0.000 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8006 | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 01B6 | 0.125 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 82AE | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 01BE | 0.250 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8546 | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01FA | 0.375 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 87EE | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 01DB | 0.500 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8A06 | | | | | | | |

RIN16/CAMBER

| A10 | A9 | A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | Hexadecimal | Palabra grabada | O7 | O6 | O5 | O4 | O3 | O2 | O1 | O0 | O7 | O6 | O5 | O4 | O3 | O2 | O1 | O0 | Hexadecimal | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|------|------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 00ED | -0.500 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0A06 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 01ED | -0.375 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 07EE | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 017D | -0.250 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0546 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0175 | -0.125 PULG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 02AE | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0137 | 0.000 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 8006 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 01B6 | 0.125 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 82AE | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 01BE | 0.250 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8546 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01FA | 0.375 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 87EE | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 01DA | 0.500 PULG | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8A06 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 047F | -4.000 GRAD | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4002 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 043F | -3.500 GRAD | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3A02 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 051F | -3.000 GRAD | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3002 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 058F | -2.500 GRAD | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2A02 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 05C7 | -2.000 GRAD | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2002 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 05E3 | -1.500 GRAD | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1A02 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 05F0 | -1.000 GRAD | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1002 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 05F8 | -0.500 GRAD | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0A02 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 07FC | 0.000 GRAD | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8002 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 067E | 0.500 GRAD | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8A02 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 063E | 1.000 GRAD | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9002 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 071F | 1.500 GRAD | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9A02 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 078F | 2.000 GRAD | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | AA02 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 07C3 | 2.500 GRAD | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | AA02 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 07E3 | 3.000 GRAD | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | B002 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 07F1 | 3.500 GRAD | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | BA02 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 07F9 | 4.000 GRAD | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | C002 | |

CIRCUITO DE AUDIO-DESPLIEGUE.

Este circuito, es el medio de comunicación de la máquina al usuario, es decir, en forma general muestra al usuario las condiciones en las que se encuentra el sistema, como el parámetro que está alineando, sus unidades, la medición que se pretende obtener, la situación real del automóvil y una señal óptico-auditiva cuando se ha logrado que las dos anteriores sean iguales, o lo que es lo mismo, cuando ya está alineado el automóvil.

Algo muy importante a considerar en estos circuitos, es el tipo y características de la señal que se debe de interpretar para ofrecer una respuesta auditiva y visual en dispositivos adecuados. A esta señal mencionada anteriormente la llamaremos señal de entrada, que proviene de las terminales del bus de datos de las memorias

El bus de datos que proviene tanto del circuito de ajuste de parámetros, como del circuito de sensores, está formado por quince bits . Los primeros doce son para formar cuatro dígitos de tres bits cada uno en código octal, ya que los números que se utilizan pertenecen todos al código mencionado anteriormente. Otros dos bits son para determinar la unidad del parámetro en cuestión. Y el restante bit se utiliza para mostrar el signo de la magnitud.

Los doce primeros bits se introducen a cuatro decodificadores a siete segmentos para poder utilizar cuatro pantallas(display) individuales, y con esto mostrar las cantidades completas de los parámetros que se miden.

Los siguientes dos bits se conectan a dos diodos emisores de luz (LED) junto con una resistencia adecuada en serie, indicando al encender cada uno de ellos la unidad del parámetro. El último bit enciende de la misma forma un LED que indica cuando la cantidad es negativa, y cuando no enciende se asume que es positiva. De esta forma queda completo el despliegue del sistema de alineación.

El circuito de audio se describió claramente en el capítulo de diseño del circuito de interpretación por lo que cabe solo recordar que se encarga de indicar mediante una señal auditiva cuando se ha logrado que el automovil tenga las medidas que en el circuito de ajuste de parámetros se seleccionó como las adecuadas para ese modelo. O de otra manera, cuando en la pantalla de ajuste de parámetros aparece el mismo número que en la pantalla del circuito de sensores.

CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN

Este circuito es el encargado de suministrar la energía que requieren todos los elementos electrónicos del sistema propuesto.

Como se mostró anteriormente, la circuitería utilizada pertenece a tecnología TTL o es compatible con ella, como por ejemplo los sensores ópticos utilizados, o los circuitos de memoria. Es por ello que el sistema requiere únicamente de una alimentación de cinco volts de corriente directa(5 V DC.).

El consumo de corriente no es constante ya que hay elementos que se activan dependiendo del funcionamiento del sistema, como son los sensores, pantallas de despliegue y otros.

En el diseño de la fuente de alimentación se contemplaron dos opciones funcionales ; la primera que se compone por un transformador, un circuito rectificador y un regulador. Este sistema adquiere la energía de algún enchufe en el lugar donde se este utilizando el sistema, con las características de ser corriente alterna y 127V.

Por las ventajas mencionadas anteriormente se eligió la segunda opción. A la entrada del circuito de alimentación se tendrán 12V DC. ya la salida 5V DC., el regulador tiene la función de mantener constante el voltaje de salida para cualquier carga conectada a el, sin embargo esto es algunas veces ideal, y por ello el regulador que se utilizará es de voltaje de salida ajustable. La corriente que es capaz de suministrar este circuito es suficiente para alimentar al sistema.

El circuito que se utiliza es el LM 350 de Motorola encapsulado metálico (k) , para el cual se requiere disipador de calor. El ajuste de el voltaje de salida se hace mediante el arreglo de un par de resistencias, las cuales pueden ser variables (potenciómetros) para un manejo mas fácil.

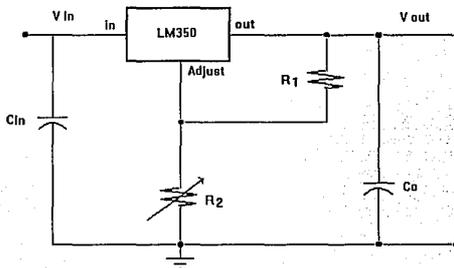
Este dispositivo mantiene un voltaje nominal de referencia de 1.25 V DC. entre las terminales de salida y de ajuste, este se convierte en una corriente programada

($I_{prog.}$) por medio de R_1 y fluye en forma constante a través de R_2 hacia tierra. El voltaje de salida esta dado por :

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} R_2$$

La corriente de ajuste ($I_{adj.}$) representa un pequeño error que el dispositivo puede controlar aproximadamente a 100 microamperios dirigiendo la corriente restante a la terminal de salida , es por ello se requiere la corriente de carga sea mayor a esta cantidad, ya que de no ser así , el voltaje de salida se incrementa sin regulación alguna. Para mejor funcionamiento de el circuito la resistencia R_1 debe ser conectada lo mas cerca posible del dispositivo para evitar se sume a la $I_{adj.}$ alguna señal de ruido. Debido a la magnitud de esta corriente , en la ecuación de el voltaje de salida el segundo termino puede ser ignorado ya que el error que aparece es muy despreciable.

El circuito que se utiliza es el siguiente:



Circuito de alimentación, $R_1=220\Omega$

CIRCUITO DE TEMPORIZACION

Los circuitos que componen al sistema, funcionan en base a lógica secuencial, los cuales tienen la característica de contar con elementos de memoria que almacenan información binaria en un momento determinado, definiendo el estado del circuito secuencial.

El circuito secuencial recibe información binaria de las entradas que conjuntamente con el presente estado de los elementos de memoria determinan el valor binario de las salidas, y la condición de cambio de estado en los elementos de memoria . Resumiendo, un circuito secuencial, se especifica por medio de una secuencia de tiempo de entradas, salidas y estados internos.

Existen dos tipos de circuitos secuenciales;

- a) El síncrono, cuyo comportamiento puede definirse a partir del conocimiento de sus señales en instantes discretos de tiempo.
- b) El asíncrono que depende de el orden en que cambien las señales de entrada y puedan ser afectadas en un instante de tiempo.

Los sistemas lógicos secuenciales síncronos utilizan señales de amplitudes fijas como niveles de voltaje para las señales binarias. La sincronización se logra por un dispositivo de tiempo llamado Generador maestro de tiempo, el cual genera un tren periódico de pulsos de reloj. Los pulsos se distribuyen a través del sistema, de tal manera que los elementos de memoria son afectados solamente con la llegada del pulso de sincronización .

El generador maestro de tiempo o circuito de temporización es el que se diseña en este inciso.

Existen diversas configuraciones de circuitos que generan en su salida señales oscilatorias de diferentes características como; frecuencia, amplitud, estabilidad y

forma. Cada una de estas características se ajusta en función de los elementos que integran al circuito temporizador.

Todos los circuitos temporizadores tienen en general una forma característica; todos tienen un dispositivo activo como un transistor bipolar, un amplificador operacional o un transistor de efecto de campo. Además cuentan con elementos como capacitores, resistencias e inductores que todos ellos interconectados deben tener una función de amplificación con una determinada ganancia y una función de realimentación para generar una señal oscilatoria.

a) Osciladores de cristal.

Cuando los circuitos osciladores cuentan con un cristal piezoeléctrico además de los dispositivos mencionados anteriormente, se obtiene una señal oscilatoria de muy buena estabilidad. La característica de estos cristales, generalmente cuarzo, es que cuando se le colocan un par de electrodos en dos caras opuestas y un potencial se aplica entre ellos, se formará un sistema electromecánico que vibrará a una frecuencia de resonancia en un rango de kilohertz a megahertz. Esta oscilación es extremadamente estable con respecto a tiempo y temperatura.

El circuito equivalente de un cristal está formado por el paralelo de un capacitor que representa la capacitancia electrostática entre los electrodos, con una inductancia, una resistencia y un capacitor en serie, todos representando al sistema electromecánico.

Pueden formarse diversas configuraciones de circuitos utilizando un cristal, y en todas ellas la frecuencia será cercana a la resonancia del cristal.

b) Estabilidad.

Un oscilador que se ha diseñado para funcionar a una determinada frecuencia, puede invariablemente fallar, esto se debe a que los componentes que integran al circuito no permanecen con un valor constante en función de temperatura, tiempo y otros factores.

Una lógica solución es utilizar el menor número de elementos y los utilizados que sean de precisión y calidad.

c) Osciladores sin cristal.

Existen infinidad de configuraciones de este tipo de osciladores, que cuentan con amplificadores operacionales, transistores bipolares o de efecto de campo, en todas debe existir una realimentación y una ganancia, para juzgar la estabilidad como una función de la frecuencia, se pueden utilizar el factor de ganancia del amplificador y la atenuación de realimentación como funciones de la frecuencia, este es el método de Nyquist.

Para hacer posible que se mantengan las oscilaciones, sin excitación, se requiere se cumpla que el producto del factor de ganancia y la atenuación de realimentación, sea igual a uno, para ello entre mas cercano esté este valor a la unidad, mas cercana a la forma sinusoidal será la señal de salida.

En las diversas configuraciones, siempre aparecen capacitores, resistencias e inductores que generan una salida con diferentes características en fase, frecuencia, voltaje y forma de onda.

d) Oscilador de puente de Wien

Este circuito utiliza un amplificador operacional en un circuito puente RC, la frecuencia esta determinada por las componentes R y C . Las resistencias R_1 y R_2 , junto con los condensadores C_1 y C_2 forman los elementos de ajuste de frecuencia. Mientras que R_3 y R_4 forman parte de la ruta de realimentación .

Despreciando los efectos de carga de la entrada del amplificador operacional y las impedancias de salida, se obtiene:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$$
$$W_o = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Si en particular los valores $R_1=R_2=R$ y $C_1=C_2=C$, la frecuencia resultante es :

$$W_o = \frac{1}{RC} \qquad \frac{R_3}{R_4} = 2$$

Así una relación de R_3 a R_4 mayor que 2 proporcionará suficiente ganancia para que oscile a la frecuencia calculada según la siguiente ecuación:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

e) Generador de señal cuadrada

Este circuito se encarga de generar a su salida una señal de forma cuadrada con diferentes características según el valor de los elementos que componen al circuito. El voltaje de salida se determina por los valores de limitación de los diodos zener, así los elementos R_f y C son los encargados de la función del tiempo. El amplificador operacional es el encargado de la función de comparación, alimentando la terminal positiva de entrada con una fracción del voltaje de salida se da una acción regenerativa. Las resistencias R_1 mantienen una alta impedancia de entrada para cualquier condición de trabajo.

Para entender como opera este circuito se debe considerar que las resistencias R_1 son bastante mayores a R_3 y R_4 , y que $\beta=R_4 / (R_3 + R_4)$. Cuando el voltaje E_1 alcanza un cierto valor negativo, el amplificador operacional cambiará de saturación negativa a saturación positiva, y el voltaje (βE_o) será positivo. Reversiblemente sucederá cuando E_1 alcance un cierto valor positivo.

Las condiciones de estabilidad para este circuito están dadas por la calidad y estabilidad de el capacitor y los diodos zener. La simetría y amplitud de la señal depende directamente de los voltajes de los diodos zener. De esta forma se puede decir que el amplificador operacional no influye directamente en la calidad de la señal de salida, solamente se pide tenga la capacidad de corriente para operar correctamente al

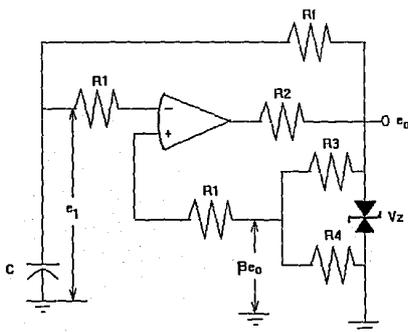
los componentes que le rodean y cuando se requiere que opere este circuito a bajas frecuencias debe considerarse la corriente de bias, el ruido y la impedancia de entrada.

A altas frecuencias debe considerarse el tiempo que tarda el amplificador operacional en salir del estado de saturación, y sobre todo si es diferente entre el positivo y el negativo.

Definiendo el periodo T ;

$$T = 2R_f C \ln \frac{1+\beta}{1-\beta}$$

El valor de la frecuencia depende directamente de R_f , por lo que se puede observar el diseño para cualquier aplicación es sencillo; los valores de las resistencias se determinan tomando en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente.



Generador de tren de pulsos.

Ahora bien, si consideramos los siguientes valores para la ecuación anterior,

$R_f=200k\Omega$, $C=3.3\mu F$, $R_4=100\Omega$, $R_3=330\Omega$, $R_2=1k\Omega$, $R_1=1k\Omega$, tenemos que la frecuencia de operación será de 2Hz.

CIRCUITO DE RESTABLECIMIENTO

El circuito de restablecimiento es el encargado de inicializar la secuencia de operación del circuito completo en cualquier momento el usuario lo requiera , de esta forma, el objetivo principal es llevar al estado inicial al sistema secuencial . Para ello debemos enfocarnos al circuito de control central que como se vió en capítulos anteriores, es el director de el sistema completo. Este circuito está formado por el contador 74160 , que cuenta con una terminal de restablecimiento (CLR) verificada en nivel bajo. Por lo tanto para lograr el objetivo de este circuito basta con activar esta terminal.

De la misma forma es necesario restablecer al circuito de control de ajuste de parámetros para que exista concordancia en el funcionamiento de todos los circuitos . Este circuito está basado en el contador 74867 y para reinicializar su conteo se deben activar a un nivel bajo las terminales S0 y S1.

Para lograr el restablecimiento de todo el sistema , basta activar a los dos contadores como se mencionó anteriormente y como lo muestra la figura.

El sistema de sensado, no participa de una forma secuencial en el funcionamiento del sistema completo, no contiene algún circuito que requiera de ser restablecido para concordar funcionalmente al reinicio de todo el sistema.

El circuito de interpretación como depende totalmente de el circuito de ajuste de parámetros y de los bancos de sensores , no requiere de algún tipo de reinicialización para adecuarse en el funcionamiento del circuito completo.

El circuito de audio y despliegue está completamente relacionado con el circuito de interpretación por lo que de ninguna manera debe de reinicializarse.

El circuito de alimentación por ser el encargado de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de todo el sistema , podría pensarse en que si se le desactiva, podríamos obtener el reestablecimiento de todo el sistema, pero de ninguna manera

sería esta la forma adecuada para ello. Este circuito no debe reiniciarse, solamente debe desactivarse al desocupar el equipo.

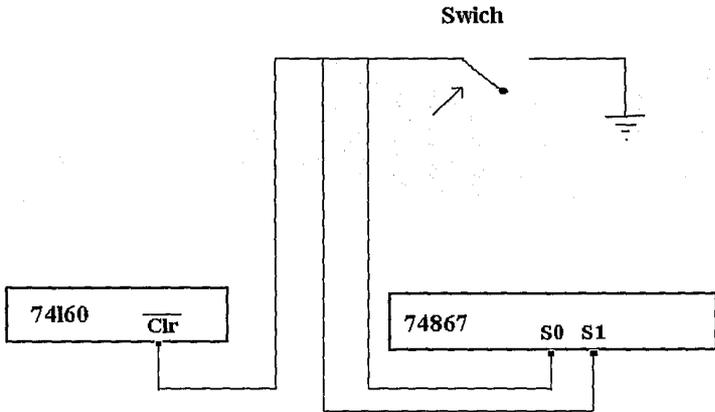


Fig. 1.Circuito de restablecimiento

IV CONCLUSIONES

Una vez descritos cada uno de los módulos del sistema propuesto, es conveniente comentar los alcances y limitantes del mismo.

Las conclusiones son elaboradas analizando dos puntos de vista: *a)* observando las características del sistema de alineación considerando su funcionalidad como un equipo de alineación; *b)* observando las características del sistema de alineación considerando el diseño del equipo electrónico.

Conclusiones sobre el equipo de alineación

- Dadas las características del parque vehicular existente en nuestra ciudad hoy día, el sistema no contempló efectuar la alineación del cáster de un automóvil. Esto es, los vehículos construidos desde principios de la década de los 80's cuentan con cáster fijo, y la desalineación de dicho parámetro solamente se puede deber a una colisión de dimensiones considerables, lo que implicaría un daño mayor propiciando el reemplazo de las partes dañadas. De tal manera, el común de los automóviles circulantes no requiere ajustes en dicho parámetro.
- El rango de medición para cada parámetro considerado, se ubica en los márgenes de confiabilidad necesarios. Si un automóvil presentase un valor (tanto de cámara como de convergencia) por encima de los rangos cubiertos, sería detectado sin auxilio de cualquier instrumento ("a simple vista"), provocando en el corto plazo el mal funcionamiento de algunos subsistemas del automóvil. A un automóvil con desalineación menor (dentro de los rangos contemplados) solamente se le podrá detectar mediante un sistema de alineación, siendo que el daño se presentará en la misma escala (aunque en mayor plazo). De la misma manera, la resolución del sistema es confiable. Si bien hay en el mercado equipos con mayor resolución, los

incrementos seleccionados cumplen con los estándares y aún mas, son los mas empleados en el común de los equipos en uso hoy día.

- El tipo de alineación de convergencia seleccionado fue el de alineación con respecto al eje direccional delantero, debido a la naturaleza propia del equipo: considerando que se trata de un equipo de dimensiones reducidas que no requerirá de instalaciones especiales (solamente algún equipo adicional), el haber seleccionado un alineador total o bien un alineador direccional trasero/delantero hubiese implicado el uso de rampas fijas y elementos extra que dificultasen el empleo del equipo. De tal manera, el sistema detecta la diferencia existente entre las llantas delanteras en sí, y no con respecto a sus correspondientes llantas traseras. Esto no reduce la confiabilidad del equipo , puesto que si se diese una diferencia entre una llanta delantera y su respectiva llanta trasera, al aplicar la alineación parcial delantera se compensa el error, ajustando la llanta delantera opuesta en paralelo con la delantera en cuestión, por lo tanto generando la misma diferencia en el otro lado del automóvil. Finalmente, debido al cáster fijo, el eje direccional deberá mantenerse también.
- El común de los equipos existentes en el mercado operan a partir de una base de datos de los parámetros (conteniendo los valores para cada tipo de automóvil), proporcionada por los fabricantes de automóviles. La operación del presente sistema se basa en valores proporcionados por el usuario mediante el módulo de ajuste de parámetros, lo que implica que previo al proceso de alineación se debe consultar la información tabulada. Sin embargo, para alineación a valores definidos por el usuario o bien para automóviles poco comunes, la opción de ajuste de parámetros resulta adecuada. Así mismo, dada la simplicidad de las funciones del sistema, resultaría relativamente sencillo compatibilizar el sistema con otro equipo que pudiese contener la base de datos (por ejemplo, una computadora personal): dado que el sistema de interpretación opera en sistema

octal, la entrada al mismo puede ser proporcionada mediante una interfaz (por ejemplo, RS-232 paralelo) como un bus de datos, y con la misma interfaz comunicada con el circuito de control central por medio de las señales de control, se establecería el *hand-shaking* para con dicho equipo. Así mismo, bastaría una rutina en software programada en el mismo, que permitiese configurar las líneas de dicha interfaz en la forma adecuada para I/O, y adicionalmente que contemplase una rutina de conversión de los datos del fabricante al formato requerido por el circuito de interpretación.

- Si bien el sistema propuesto es considerado completamente autónomo, debemos contemplar que necesariamente se requerirán otros elementos mecánicos que permitan efectuar la alineación. En primer término, se requieren dos plataformas giratorias sobre las cuales deberán descansar las llantas a alinear, dado que la alineación de convergencia requiere libertad de rotación de las mismas. Sin embargo, es autónomo en el sentido en que no requiere acondicionadores de línea eléctrica, ni dispositivos de audio o despliegue adicionales, ni soportes mecánicos especiales o rampas inclusive. De esa manera, podemos considerar que el equipo en su conjunto de sistema de sensado y circuitería en general, es autónomo y mas aún portable, considerando que sus dimensiones y peso son reducidos. Sin embargo, al requerir plataformas giratorias (que en algún momento pueden ser diseñadas como rampas) éstas limitarán la portabilidad del mismo.
- El sistema de alineación desarrollado, requiere para su correcto funcionamiento, que cada una de sus partes; tanto mecánicas como electrónicas, se encuentren trabajando bajo las condiciones que se diseñó, es decir, que no acepta alguna variación en la estructura geométrica, o el suministro de energía de alimentación diferente a 12 volts, por ello el período de vida útil del sistema está completamente relacionado con el trato adecuado que se le de al mismo. El desgaste que sufren los elementos mecánicos es mínimo, ya que en las partes en

donde existe movimiento con fricción son las barras $A-A'$, $X-X'$ y el centro de giro de la barra B , que están construidas de metal, por lo que podemos anticipar que se tiene una vida útil considerable, siempre y cuando se contemple un mantenimiento preventivo adecuado y oportuno (lubricación básicamente).

Conclusiones sobre el diseño del equipo electrónico

- La evaluación de la vida útil de los sistemas electrónicos no es sencillo como lo es para el sistema mecánico: esto es debido a que la vida útil en conjunto depende de cada uno de los elementos constitutivos del circuito, de manera tal que si aseguramos un desgaste mínimo en cada circuito integrado, podemos pensar que la vida útil del circuito en general sería una constante en el tiempo. La forma como se puede aseverar dicha condición, es proporcionar a cada chip una alimentación constante y contenida en los rangos especificados por el fabricante (tanto en voltaje como en corriente, y por ende en potencia), así mismo se debe considerar el *slew rate* del circuito así como el *fan out*. Dado el valor de frecuencia que se empleará en los circuitos secuenciales, el *slew rate* de cada circuito no es significativo; y considerando que los circuitos son de pocas etapas, el *fan out* de cada CI no es sobrepasado, y aún en el caso de que así lo fuese, bastaría contemplar *line drivers* para asegurar un consumo de potencia adecuado. Finalmente, debemos considerar que los rangos de temperatura de operación del circuito serán aquellos especificados por el fabricante para los CI's, y las condiciones de humedad deben ser controladas particularmente pensando que la circuitería contempla dispositivos tipo MOS.
- Si por cualquier razón fuese necesario efectuar un cambio en los rangos y/o incrementos de cualquiera de los parámetros de alineación, los circuitos a modificar serían:

a) La matriz de sensores correspondiente. Sería necesario reubicar la disposición de todos y cada uno de los sensores, con lo que necesariamente se generaría un nuevo juego de palabras.

b) Al generarse un nuevo juego de palabras, se requiere reprogramar las memorias, y debe considerarse que posiblemente se tuviera que ampliar el bus de direcciones de las memorias, con lo que el chip de memoria elegido puede ser inoperante en ese momento. Así mismo, el bus de datos puede también resultar afectado, si la resolución (incrementos) del sistema se agudiza, dado puede dejar de ser válido el uso del sistema octal para la codificación, requiriéndose migrar al sistema hexadecimal, y ampliando los grupos a cuatro bits cada uno en consecuencia, y por lo mismo cada banco de datos requerirá crecer en número de circuitos integrados.

c) Se requeriría modificar también el autómata del circuito de ajuste de parámetros, dado que los nuevos valores deberán ser considerados como opciones de ajuste. De tal manera, los multiplexores empleados pueden ser insuficientes y probablemente sería necesario migrar a otra metodología (lógica combinacional, PLA's, etc.), aun que el contador central del circuito de ajuste no requeriría ser cambiado; si bien la lógica de carga también sería reajustada.

- La alimentación de el sistema integral es de $5 V_{DC} \pm 10\%$, dado que toda la circuitería empleada pertenece a la familia TTL o compatible, con lo que aseguramos que la alimentación proveniente del sistema eléctrico del automóvil es suficiente; así mismo el regulador integrado seleccionado soporta los niveles de alimentación proporcionados por el automóvil. La velocidad con la que opera el sistema electrónico está determinada por el circuito temporizador o reloj; para tal efecto se emplea una frecuencia baja, dado que la secuencia de funcionamiento es dependiente del operador, por lo que es necesario que el circuito opere en sincronía con el usuario.

- Finalmente, se seleccionó el empleo de técnicas digitales sobre las técnicas analógicas, debido a que se elimina la necesidad de empleo de convertidores analógico-digitales (para compatibilizar con la circuitería digital), así mismo, el empleo de solamente dos niveles de alimentación permite al sistema inmunizarse al ruido de manera mas efectiva a que si se emplean múltiples niveles como se haría con señales analógicas. Así mismo, se optó por emplear técnicas ópticas sobre otro tipo de técnicas pensando en la vida útil del sistema, dado que con sensores ópticos, no existe desgaste alguno en la etapa de sensado/transducción, mientras que el uso de escobillas implica desgaste, y el uso de sensores magnéticos implica necesidad de aislamiento del equipo sensor y posibilidad de falla por presencia de ruido de la misma naturaleza.

V BIBLIOGRAFÍA

- Frazee , Irving , AUTOMOTIVE SUSPENSIONS,STEERING,AND WHEEL
ALIGNMENT,
American Technical Society,Chicago,U.S.A. 2nd Edition, 1955
- International Labour Office, MAINTENANCE AND REPAIR OF MOTOR
VEHICLES
Atar S.A.,Geneva,1955
- Ray F Kuns, AUTOMOTIVE ESSENTIALS
The Bruce Publishing Company,Milwaukee,
1966, U.S.A.
- Dick ó Kane, HOW TO REPAIR YOUR FOREIGN CAR
Doubleday & Company,INC.,
1968, New York, 1st Edition.
- Hunter, Lee, ALIGNMENT ANGLES
Hunter Engineering Company
Bridgeton, Missouri, U.S.A.
- EN MARCHA! Servicio y reparación de su auto ,
Selecciones del Readers Digest , 1983 , Mexico , D.F.
- Boylestad y Nashelsky , ELECTRONICA TEORIA DE CIRCUITOS,
Prentice Hall Hispanoamericana S.A. , 1982
- Millman & Halkias , INTEGRATED ELECTRONICS,
Mc Graw Hill Int., 1986
- Fletcher , W.I. , AN ENGINEERING APPROACH TO DIGITAL DESIGN ,
Utha State University , 1977.
- Morris Mano, M., LOGICA DIGITAL Y DISEÑO DE COMPUTADORAS,
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
1982, México.
- Hayes, John P., DISEÑO DE SISTEMAS DIGITALES Y MICROPROCESADORES
Mc. Graw Hill
1986, México

LINEAR AND INTERFASE INTEGRATED CIRCUITS

MOTOROLA INC., 1990, U.S.A.

Second Printing.

TTL LOGIC DATA BOOK

TEXAS INSTRUMENTS INC.

1988, U.S.A.

ALS/AS LOGIC DATA BOOK

TEXAS INSTRUMENTS INC.

1986, U.S.A.