



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

ESPE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

TESIS DE GRADO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO PARA EL POSICIONAMIENTO DE
UN ALERON TRASERO”**

RICARDO XAVIER BOLAÑOS MATA

2005

CERTIFICACION

Certificamos que el presente trabajo teórico – práctico fue realizado en su totalidad por el Señor Ricardo Bolaños

**Ing. Guido Torres
DIRECTOR DE TESIS**

**Ing. Augusto Bourgeat
CODIRECTOR DE TESIS**

Latacunga

2005

Realizado por:

RICARDO XAVIER BOLAÑOS MATA

ING. JUAN CASTRO C.
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DR. MARIO LOZADA
SECRETARIO ACADÉMICO

Agradecimiento

Los valores que me han formado en todas las etapas de mi vida merecen ser reconocidos en este momento de felicidad.

Agradezco a las personas que Dios ha encomendado la delicada misión de cuidar y disciplinar desde el comienzo de mi vida y que hoy pueden ver que todos sus esfuerzos no han sido vanos.

Agradezco la actitud noble de mis profesores y personas que en esta Institución me han apoyado incondicionalmente.

A mi madre Olguita Mata que con su paciencia innata, suché, soportó, hasta las canas todos los momentos y tribulaciones a las que uno se expone, llevando con ella el mas puro sentimiento de amor y ternura para impartir sus consejos.

A la Escuela Politécnica del Ejército ilustre Institución que conjuntamente con la Carrera de Ingeniería Automotriz permitieron que mi sueño se cumpla más allá de las expectativas.

Dedicatoria

Este trabajo dedico a mi Madre que con todo su amor me ha guiado hasta cumplir mis metas

A mi Padre por saber mantener el orden en mi Familia y permitir con su respeto que mi vida vaya hacia el camino del éxito

A mis hermanos que han apoyado plenamente mi carrera, por sus consejos que han permitido corregir los errores, y adquirir experiencia y madurez en cada cosa que he hecho.

A toda mi Familia que esperaba con mucha expectativa la culminación de mi carrera.

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 DEFINICIONES DE MECÁNICA DE FLUIDOS	5
2.1.1 RESISTENCIA DE FLUÍDOS	5
2.1.1.1 RESISTENCIA POR FRICCIÓN	5
2.1.1.2 REISTENCIA DE FORMA	7
2.1.2 FUERZA DE ARRASTRE	9
2.1.3 FUERZA DE SUSTENTACIÓN	11
2.1.4 ARRASTRE INDUCIDO Y SUSTENTACION NETA	13
2.1.5 EL ANGULO DE ATAQUE	15
2.1.6 PERFIL AERODINÁMICO	18
2.1.7 SELECCIÓN DE PERFILES NACA	19
2.1.7.1 PERFIL NACA 4 DÍGITOS	19
2.1.7.2 PERFIL NACA 5 DÍGITOS	19
2.1.7.3 PERFILES NACA MODIFICADOS	20
2.1.7.4 MODIFICACIÓN DE NACA 5 DÍGITOS	20
2.1.7.5 PERFIL NACA SERIE 16	20
2.1.7.6 PERFIL NACA SERIE 6	21
2.1.7.7 PERFIL NACA SERIE 7	21
2.1.7.8 PERFIL NACA SERIE 8	22
2.1.8 RESUMEN	23
2.1.9 TRANSMISION POR ENGRANAJES	24
2.1.9.1 CARACTERÍSTICAS DE DIENTES DE ENGRANAJES.	26
2.1.9.2 MATERIALES PARA ENGRANAJES	28
2.1.9.3 FUERZAS QUE ACTUAN EN LOS DIENTES DE LOS ENGRANAJES.	29
2.1.9.4 TENSIONES EN LOS DIENTES DE ENGRANAJES	30

2.2 DEFINICIONES DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	31
2.2.1 LOS MICROPROCESADORES DE MICROCHIP	31
2.2.2 ESTRUCTURA DEL PIC 16F87X	33
2.2.3 MANEJO DE LA MEMORIA EEPROM	35
2.2.4 EL CONVERTIDOR ANÁLOGO DIGITAL	37
2.2.5 REGISTROS DE TRABAJO	39
2.2.5.1 REGISTRO ADCON0	39
2.2.5.2 REGISTRO ADCON1	40
2.2.5.3 LOS DISPLAY LCD	41
2.2.6 OPTOACOPLADOR	44
2.2.7 TRANSISTORES MOSFET	45
2.2.8 MOTORES PASO A PASO	46
2.2.8.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	47
2.2.8.2 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO BIPOLARES.	
2.2.8.3 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO UNIPOLARES.	49
2.2.8.4 AISLADO DEL CABLE COMUN	50
2.2.8.5 IDENTIFICACION DE LAS BOBINAS	50
2.2.9 CARACTERISTICAS DEL MOTOR EMPLEADO	51
2.2.10 TECLADO MATRICIAL	51
2.2.10.1 DESCRIPCIÓN	51
2.2.10.2 FUNCIONAMIENTO	51
2.2.10.3 RUTINAS	52
CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL ALERON TRASERO CON ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO	54
3.1 DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS Y CÁLCULOS AERODINAMICOS.	54
3.1.1 SELECCION DEL PERFIL.	54
3.1.2 CÁLCULO DE LAS FUERZAS DE SUSTENTACIÓN Y ARRASTRE.	57
3.1.3 CÁLCULO DEL ESFUERZO MÁXIMO EN EL ALA	59

3.1.3.1 CARA SUPERIOR	63
3.1.3.2 CARA INFERIOR	64
3.1.3.3 FUERZA RESULTANTE EN LA CARA INFERIOR	66
3.1.4 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CHAPA DEL ALA	66
3.1.5 CÁLCULO DE LA CARGA FLEXIONANTE MÁXIMA	67
3.1.6 DISEÑO DE ENGRANAJES DE TRANSMISION:	68
3.2 DISEÑO DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	71
3.2.1 DISEÑO DE SENSORES	71
3.2.1.1 ANEMÓMETRO (VELOCIDAD DEL AIRE)	71
3.2.1.2 SENSORES DE POSICIÓN DEL VOLANTE.	71
3.2.2 CIRCUITO DE CONTROL	72
3.2.3 CIRCUITO DEL TECLADO	73
3.2.4 CIRCUITO DE POTENCIA	74
3.2.5 CIRCUITO REGULADOR DE TENSIÓN	75
3.3 DISEÑO DE PROGRAMA PARA EL MICROCHIP	76
3.3.1 DESCRIPCION DE RECEPCIÓN DE SEÑALES	76
3.3.2 DESCRIPCIÓN SALIDA DE SEÑALES:	76
3.3.3 ALGORITMO Y DISEÑO DEL PROGRAMA	77
3.3.3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES	77
3.3.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO	78
3.3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL	79
CAPITULO IV: CONSTRUCCION Y ENSAMBLE:	82
4.1 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS	82
4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA SUPERFICIE SUSTENTADORA	82
4.1.1.1 MOLDE	83
4.1.1.2 POSITIVADO DEL ALA	86
4.1.1.3 RECORTE LIJADO Y ACABADO	89
4.1.1.4 PINTADO	89
4.1.1.5 TABLAS DE TIEMPO DE CURADO Y DE PROPORCIONES DE ACELERANTE Y CATALIZADOR PARA LA RESINA DE POLIESTER Y EL GEL-COAT	90

4.1.2 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	93
4.1.2.1 CONSTRUCCION DEL ANEMÓMETRO	93
4.2 ENSAMBLE DEL CONJUNTO	94
4.2.1 ENSAMBLE DE COMPONENTES MECÁNICOS	94
4.2.3 ENSAMBLE DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	94
CAPITULO V: PRUEBAS.	95
5.1 DESCRIPCION GENERAL	95
5.2 ADQUISICIÓN DE DATOS	96
5.2.1 HOJA DE CÁLCULO	96
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
BILBLIOGRAFIA	104

ANEXOS

ANEXO "A"

Tablas y gráficas para el diseño de elementos mecánicos

ANEXO "B"

Tablas y gráficas para el diseño de elementos electrónicos

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La construcción y diseño de una superficie sustentadora trasera, tiene una marcada importancia en el desempeño del vehículo, estabilidad, velocidad, aceleración y recuperación del mismo. Por esto se hace importante el estudio teórico práctico de un mecanismo que accione un alerón de perfil determinado.

Con el fin de aumentar la estabilidad a altas velocidades y mejorar la capacidad de agarre en las curvas (fricción), equilibrando el centro de presiones, los ingenieros encargados del desarrollo de vehículos de alto rendimiento han encausado sus investigaciones y desarrollos no solo a los sistemas de motorización, chasis y suspensión, sino que se han ayudado por otras áreas de la ingeniería como la aerodinámica para el diseño, un ejemplo claro de esto es el uso de alerones o spoilers; sin embargo estos elementos aunque proveen altas fuerzas (Downforce) sobre los vehículos también generan altas fuerzas de arrastre inducido (aerodynamic Drag).

El estudio de este tema engloba algunas áreas como los motores de competencia, mecánica de fluidos, adaptación y creatividad, diseño de elementos mecánicos, programación avanzada de microcontroladores, que deben ser aplicadas conjuntamente en la construcción de este mecanismo de gran desempeño en el campo deportivo. Además nos adentraremos a la tecnología del microprocesador realizando un mecanismo totalmente automático que nos de la facilidad de tener una conducción deportiva sin tener que preocuparnos de accionar el mecanismo, y con un tiempo de respuesta muy corto.

Es importante que un vehículo de competencia tenga el mejor rendimiento en cuanto a estabilidad ya sea mientras frenamos, aceleramos o desaceleramos al

entrar a una curva, para lograr esto se emplean alerones que permiten adherir el vehículo al piso con ayuda del aire que circula a través de éste en su trayectoria. Nuestro propósito es lograr que el mecanismo a través de la computadora determine el ángulo de incidencia adecuado para las condiciones de marcha del vehículo, ya que a diferentes velocidades el aire que circula sobre el vehículo produce diferentes efectos.

Nuestro alerón necesitará diferentes ángulos que permitan estabilizar al vehículo en su marcha por un circuito de competencia, por lo que para cada circuito, se harán pruebas previas a la competencia con los datos de ángulo que proporcionen el mejor rendimiento, grabaremos en la memoria de datos EEPROM del microchip los ángulos para cada circuito, pudiendo ser elegidos mediante teclado.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto dará una pauta en la construcción de alerones deportivos en nuestro medio, mediante el análisis teórico práctico de las principales técnicas que nos lleven a realizar este diseño y construcción en el menor tiempo.

Un vehículo de competencia enfrenta graves problemas ya que por la tendencia de los fabricantes de autos de reducir la resistencia aerodinámica, la forma de la carrocería produce un coeficiente de arrastre muy bajo pero a velocidades elevadas por ejemplo en una carrera, las fuerzas de sustentación aerodinámica reducen peligrosamente la fricción entre el piso y los neumáticos, provocando reducciones serias en el control de la dirección y la estabilidad.

Se han utilizado frecuentemente superficies sustentadoras (alerones) para generar fuerzas descendentes y mantener el coche estable para así asegurar un buen control. Por razones de rendimiento, los fabricantes reciben fuertes presiones para mejorar estos alerones. Es un reto considerable diseñar la carrocería cuyo

comportamiento aerodinámico varíe a las condiciones de marcha de un vehículo deportivo, de forma que proporcione rendimiento reduciendo los tiempos de vuelta en un circuito.

Se pretende conseguir una fuerza sustentadora que haga que los neumáticos puedan soportar fuerzas tangenciales mayores sin deslizar, mejorando con ello en gran medida la estabilidad y la velocidad de paso por curva.

Al ejecutar un proyecto de esta naturaleza, se estará aportando con material que permitirá al estudiante prepararse de mejor forma en las áreas anteriormente señaladas.

Mediante el análisis y el estudio posterior de este proyecto los competidores nacionales se verán beneficiados al emplear el mecanismo automático de accionamiento de alerones. A demás abrirá campo en la investigación de mecanismos similares en áreas diferentes como la aviónica y la hidráulica.

1.3 OBJETIVOS

- **Aumentar la fuerza de sustentación (negativa).**
- **Calcular empleando modelos matemáticos, las fuerzas que actúan sobre el perfil de sustentación.**
- **Determinar el número de posiciones (ángulos) del alerón.**
- **Construir y diseñar los sensores tanto externos como internos.**
- **Diseñar un programa para el microprocesador.**
- **Construir una etapa de potencia capaz de soportar el consumo del motor de pasos, y aprovechar la energía de la batería del mismo vehículo**
- **Establecer las características del motor que se va a emplear en la toma de fuerza para el cometido.**
- **Determinar el perfil adecuado para la superficie sustentadora.**
- **Diseñar un programa que permita en toda circunstancia un sistema autónomo y la introducción de datos.**

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En el presente capítulo haremos una revisión teórica de los temas que engloban el estudio de ésta tesis de grado, permitiendo de esta manera tener una visión mas clara de las áreas de Mecánica y Electrónica que son la base científica del presente trabajo.

Una vez que concluya este capítulo, el lector se habrá familiarizado con cálculos, y terminología que se emplean para encontrar las fuerzas que se producen en el perfil aerodinámico, y conocerá conceptos sobre programación de microcontroladores PIC y de su alcance en el presente trabajo.

2.1 DEFINICIONES DE MECANICA DE FLUIDOS

2.1.1 RESISTENCIA DE LOS FLUIDOS

La resistencia o arrastre depende de muchos factores, como la forma del cuerpo, el número de reynolds del flujo, la rugosidad de la superficie y la influencia de otros cuerpos o superficies del vehiculo. Por lo tanto existe resistencia por la forma del cuerpo, resistencia por fricción de la superficie, y arrastre inducido por sustentación.

2.1.1.1 RESISTENCIA POR FRICCIÓN:

La capa límite se aplica a fluidos poco viscosos como el aire y el agua, por lo tanto es una teoría fundamental el estudio de la capa límite en la aeronáutica y la ingeniería naval.

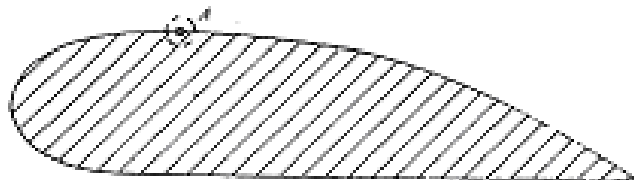


fig. 2.1

fig. 2.1 Perfil de un ala de avión

En la figura 2.1 se representa un perfil de un ala de avión sumergida en una corriente de aire. Macroscópicamente la velocidad en A por causa de la viscosidad es cero. Microscópicamente figura 2.2 se puede ver una distribución de velocidades en una película muy fina que es la capa límite.

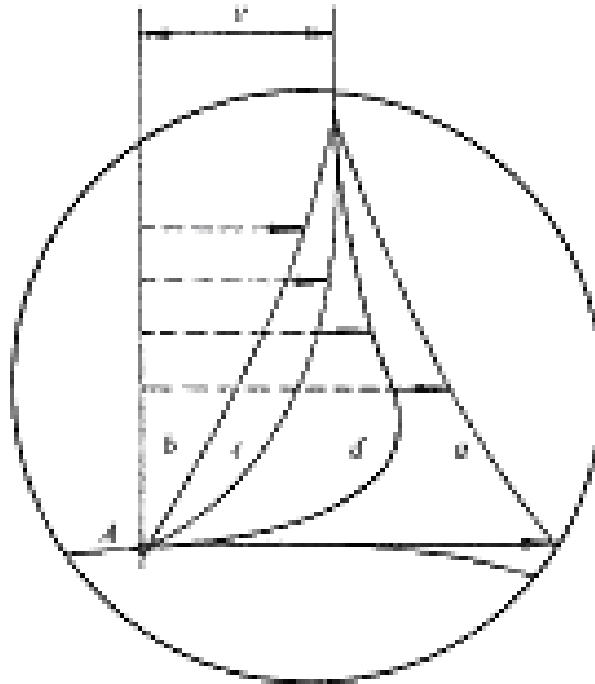


fig. 2.2

fig. 2.2 Distribución de velocidades

Dentro de la figura 2.2 para un fluido real con un número de reynolds bajo, describe la curva *b*, y para un número de reynolds alto la curva *d*, la curva *c* es un caso intermedio. El aire y el agua realizan con frecuencia curvas del tipo *d*.

Las corrientes de aire tienen un espesor muy pequeño en el orden de las micras o milímetros según los casos; en ella se hace sentir intensamente los efectos de la viscosidad y rozamiento.

Este flujo alrededor del ala produce esfuerzos cortantes el mismo que contribuye a una porción muy pequeña de arrastre y sustentación total y puede despreciarse.

2.1.1.2 RESISTENCIA DE FORMA (FP):

Se da por el desprendimiento de la capa límite. En la figura 2.3 se ve que el espesor de la capa límite aumenta con la distancia a partir del borde de ataque de la placa lo que se explica por la desaceleración que sufre el fluido a causa del esfuerzo cortante (viscosidad).

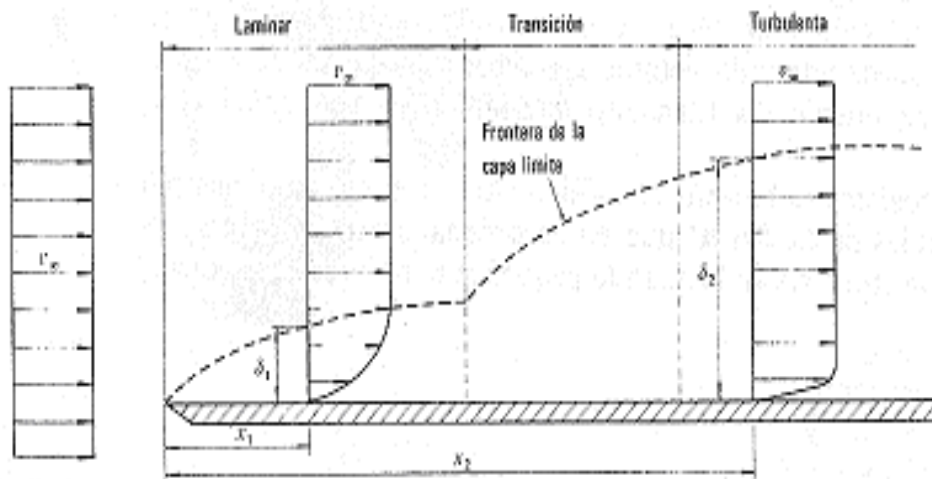


fig. 2.3 Espesor creciente δ de la *capa límite* alrededor de una placa plana de borde de ataque afilado sumergida en una corriente uniforme en el infinito. A la distancia x_1 , por ejemplo, la corriente es laminar y a la distancia x_2 , turbulenta.

Si tenemos un conducto de sección variable como el de la fig. 2.3 y hacemos que el flujo vaya de izquierda a derecha, con lo que se trataría de un conducto convergente, la aceleración del flujo compensa la desaceleración que sufre por el esfuerzo cortante y se opone al aumento de espesor en la capa límite. Si hacemos que el flujo vaya de derecha a izquierda (conducto divergente), la presión aumenta en la dirección de la corriente y el gradiente de presiones se opone al movimiento y tiende a retardar el flujo, entonces la capa límite se separa del contorno.

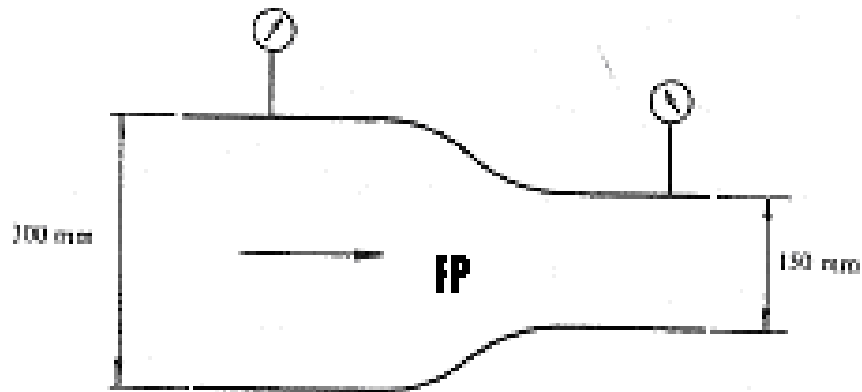


fig. 2.4

Fig. 2.4 flujo en un tubo de sección variable

En la figura 2.4 el flujo en las proximidades del contorno se va continuamente desacelerando a causa de la viscosidad hasta que en el punto A la velocidad sería cero. La forma del contorno exigiría aún una disminución mayor de la velocidad, porque allí el contorno diverge pero como esto es imposible, el flujo se separa del contorno al mismo tiempo que se produce el contra-flujo producido por el gradiente de presiones adverso. Aguas debajo de la línea de desprendimiento se crea una zona de baja presión. Aguas arriba la presión sería más alta que aguas abajo; el cuerpo sumergido en el fluido experimenta una fuerza por causa de la presión F_p debida a este gradiente de presiones dirigido de izquierda a derecha.

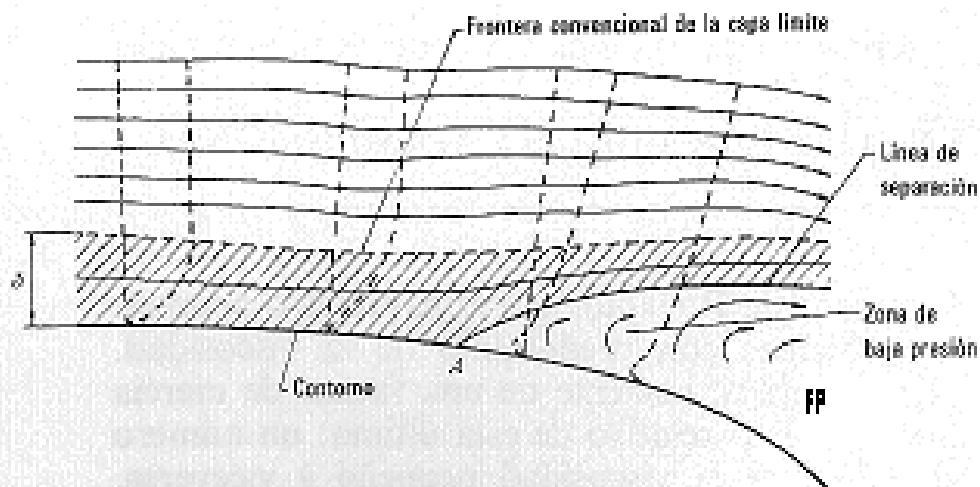


fig. 2.5 Separación de la capa límite.

En la figura 2.5 el cuerpo está fijo y el fluido se mueve de izquierda a derecha, si ahora el fluido queda fijo y el cuerpo se mueve de derecha a izquierda la fuerza F_p se opondrá al movimiento, será una resistencia que se denomina resistencia de forma, por desprender de la forma del cuerpo.

2.1.2 FUERZA DE ARRASTRE.

Conforme una corriente de fluido fluye alrededor de un cuerpo, se produce una fuerza en sentido paralela al vector velocidad del fluido pero en sentido contrario.

El coeficiente de arrastre total se basa en el área frontal máxima proyectada y varía significativamente en los carros de pasajeros. Los valores de los carros varía en el rango de 0,6 a 0,30 en modelos deportivos se ha demostrado tener valores tan bajos como 0,175.

La fuerza de arrastre se calcula por la ecuación 2.1

$$F_D = C_D \left(\frac{\delta \cdot v^2}{2} \right) \cdot A$$

Ecu. 2.1

Donde:

C_D = Es el coeficiente de arrastre.

F_D = Fuerza de arrastre.

δ = Densidad del aire (temperatura)

v = Velocidad del fluido

A = Máxima sección transversal perpendicular a la dirección del flujo.

El coeficiente de arrastre dependerá de la forma del cuerpo, número de reynolds del flujo, la rugosidad de la superficie y la influencia de otros cuerpos o superficies en la vecindad.

La potencia requerida para contrarrestar el arrastre es muy útil en el diseño de vehículos, puesto que un diseño con un bajo coeficiente de arrastre se traducirá en ahorro de dinero (combustible).

La potencia se define como la rapidez para realizar un trabajo. Cuando una fuerza se ejerce de manera continua sobre un cuerpo mientras este se está moviendo a una velocidad constante, la potencia es igual a la fuerza por la velocidad. Por consiguiente, la potencia que se requiere para contrarrestar el arrastre es:

$$P_D = F_D \cdot v$$

Ecu. 2.2

P_D = Potencia necesaria para contrarrestar el arrastre.

F_D = Fuerza de arrastre.

v = Velocidad del fluido

Se concluye que la resistencia de superficie está causada directamente por la viscosidad, la resistencia de forma directamente por el gradiente de presiones pero indirectamente por la viscosidad que junto con la forma adversa del contorno producen el desprendimiento de la capa límite.

2.1.3 FUERZA DE SUSTENTACIÓN

Se define a la sustentación como la fuerza que actúa sobre un cuerpo en la dirección perpendicular a la del flujo del fluido. La forma de las superficies sustentadoras crean los niveles de sustentación, esto de acuerdo al número de reynolds que experimenta el aire.

Para entender mejor este fenómeno presento un gráfico ilustrativo.

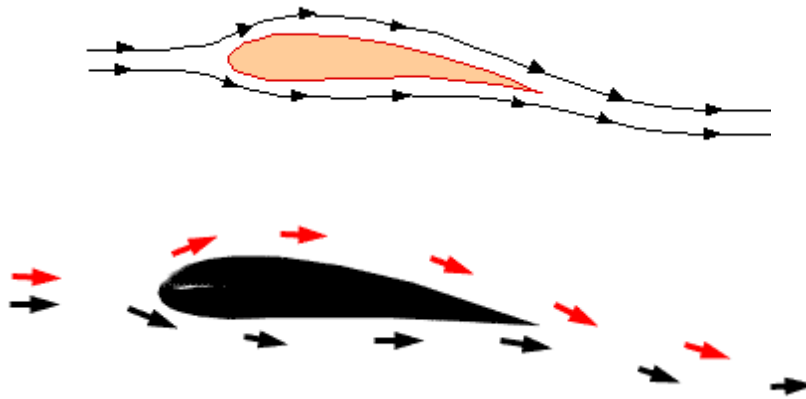


fig. 2.6 Aire en el perfil de avión

En la figura 2.6 el aire en la parte de arriba del ala circula a una velocidad mayor a la parte de abajo, produciendo una caída de presión; una diferencia de presiones genera la fuerza de sustentación, la cual puede calcularse por la ecuación 2.3

$$F_L = C_L \cdot \left(\frac{\delta \cdot v^2}{2} \right) \cdot A$$

Ecu. 2.3

Donde:

F_L = fuerza de sustentación

C_L = coeficiente de suspensión

δ = densidad del aire

v = velocidad del aire

A = área sustentadora.

El área A es el producto del tramo del ala b y la longitud de la sección de la superficie de sustentación c (cuerda) figura 2.7

El radio de aspecto es el cociente del tramo b del ala y la longitud de la cuerda c , es importante debido a que las características del flujo en las puntas de las alas son diferentes a las características hacia el centro del tramo.

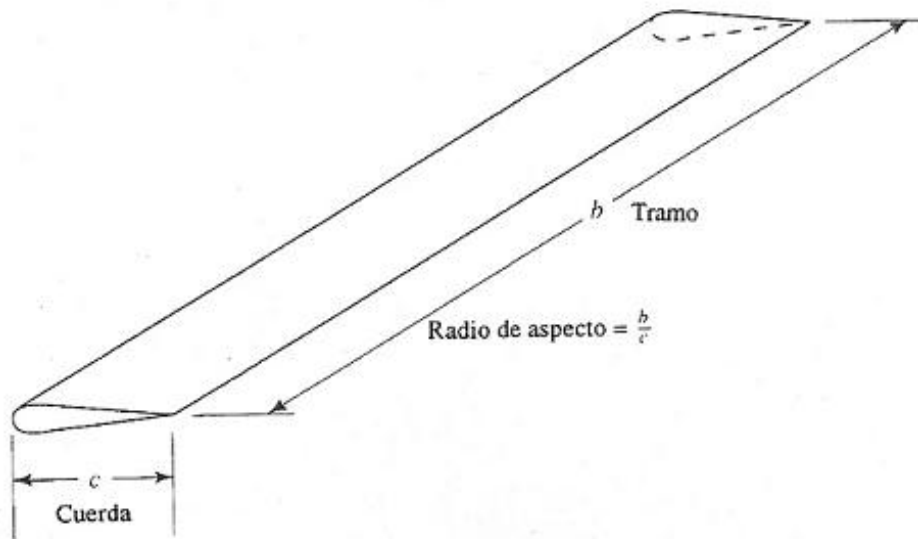


Fig. 2.7 Radio de aspecto de la superficie sustentadora

El coeficiente de sustentación C_L depende de la forma de la superficie de sustentación y también del ángulo de ataque.

Otro de los factores que afectan la sustentación es el número de Reynolds, la rugosidad de la superficie, la turbulencia de la corriente de aire y el cociente de aspecto.

Cuando el perfil aerodinámico tiene una sección simétrica tanto la línea media como la línea de cuerda son rectas, y coinciden. Y cuando tiene una línea media curva tendrá alabeo.

La sustentación aerodinámica es una consideración importante en el diseño de vehículos terrestres de alta velocidad, debido a que éste por causa de su forma genera sustentación.

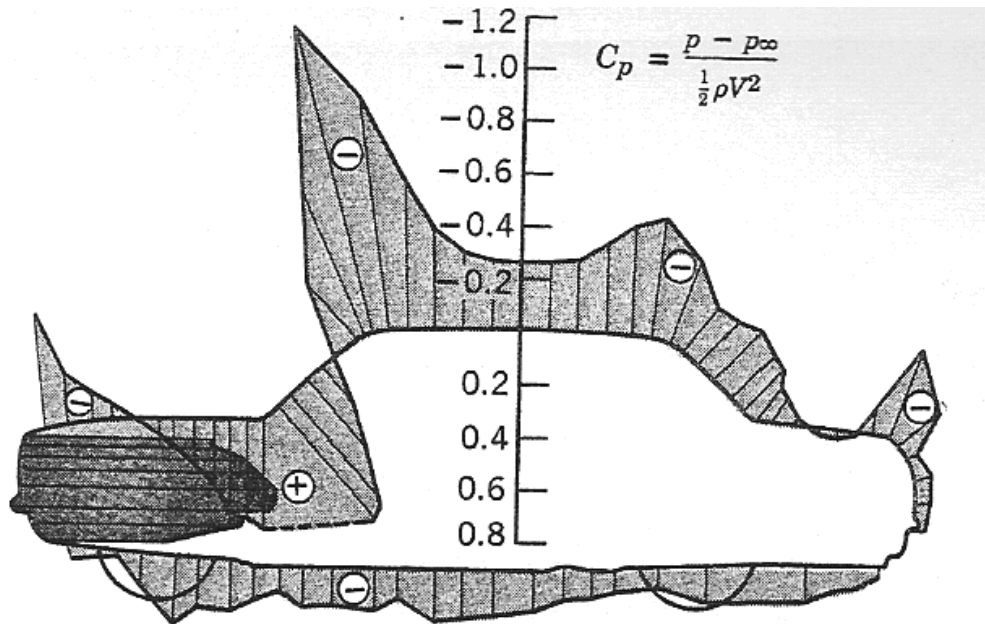


fig. 2.8 Distribución de presión a lo largo de la línea central de un automóvil [28].

En la figura 2.8 se presenta la distribución de presiones en la línea central representativa medida en el túnel de viento para un automóvil. La presión es baja alrededor de la nariz debido a la curvatura aerodinámica y alcanza su máximo valor en la base del blindaje de viento, debido a la curvatura aerodinámica.

2.1.4 ARRASTRE INDUCIDO Y SUSTENTACIÓN NETA.

Se genera como consecuencia de la sustentación, y produce una resistencia, esta resistencia debe ser lo más baja posible y dependerá del perfil seleccionado.

Tanto la componente perpendicular al flujo [sustentación] como la paralela al flujo [arrastre inducido] producen una fuerza de sustentación neta que actúa básicamente perpendicular a la línea de cuerda de la sección.

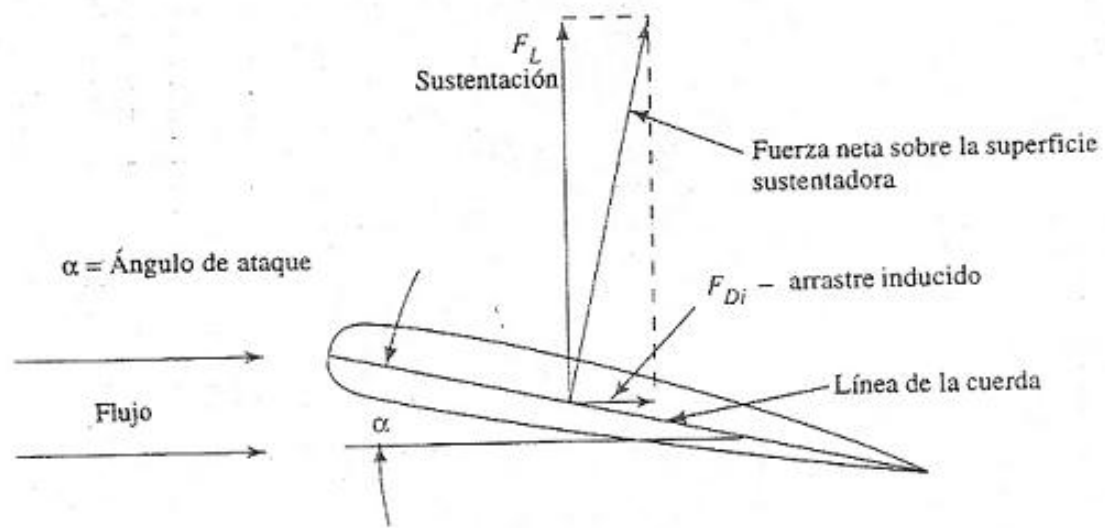


fig. 2.9 Fuerzas en el perfil

El arrastre inducido puede expresarse en función del coeficiente de arrastre en la ecuación 2.4

$$F_{Di} = C_{Di} \left(\frac{\delta \cdot v^2}{2} \right) \cdot A \quad \text{Ecu. 2.4}$$

Donde:

F_{Di} = Fuerza de arrastre inducido

C_{Di} = Coeficiente de arrastre inducido

A = Área de sustentación

El coeficiente de arrastre inducido C_{Di} se relaciona con C_L por la relación de la ecuación 2.5

$$C_{Di} = \frac{C_L^2}{\pi(b \cdot c)} \quad \text{Ecu. 2.5}$$

Por lo tanto el arrastre total es.

$$F_D = F_{Df} + F_{Dp} + F_{Di} \quad \text{Ecu. 2.6}$$

F_D = Fuerza total de arrastre.

F_{Df} = Fricción de arrastre (rugosidad de superficie)

F_{Dp} = Presión de arrastre

F_{Di} = Arrastre inducido

Normalmente el arrastre total es el factor de interés en el diseño.

Determinamos un coeficiente de arrastre único C_D para la superficie de sustentación, de la cual se puede calcular el arrastre total utilizando la Ecuación 2.1

El área A es el producto del tramo b y la longitud de la cuerda c .

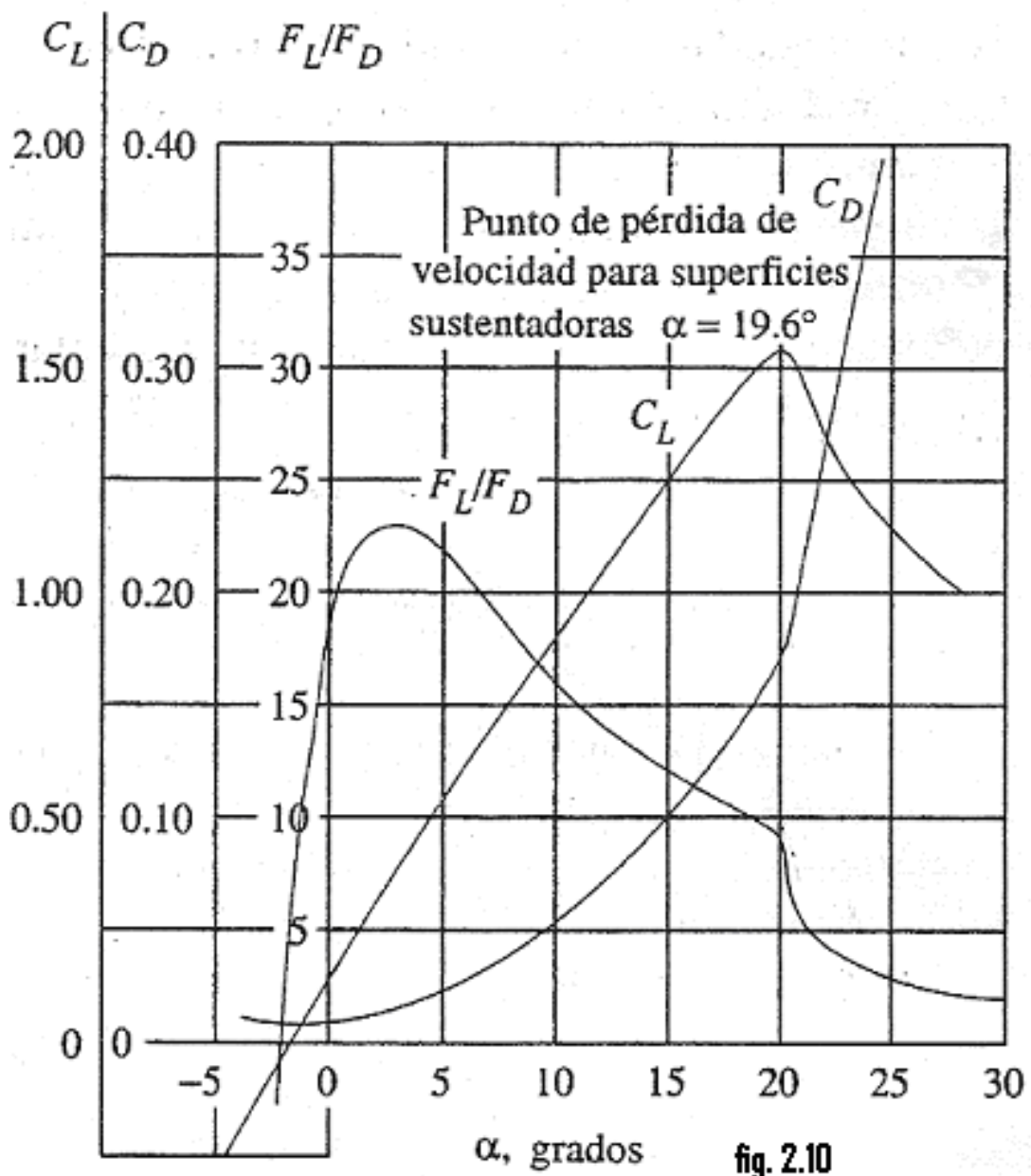
Para aumentar la sustentación se han desarrollado perfiles aerodinámicos tales como los NACA que logran tener niveles de sustentación capaces de pegar con mucha fuerza al piso vehículos de competencia.

Las mejoras recientes en la modelación y en las capacidades de computo han hecho posible diseñar secciones de perfil aerodinámico que generan un alto nivel de sustentación mientras mantienen un bajo arrastre.

2.1.5 EL ÁNGULO DE ATAQUE.

Es el ángulo entre la línea de la cuerda de la superficie de suspensión y la dirección de la velocidad del fluido.

Existen curvas de funcionamiento para las superficies sustentadoras en función del ángulo de ataque α [grados], donde se grafican C_L , C_D y la relación entre sustentación y arrastre F_L / F_D .

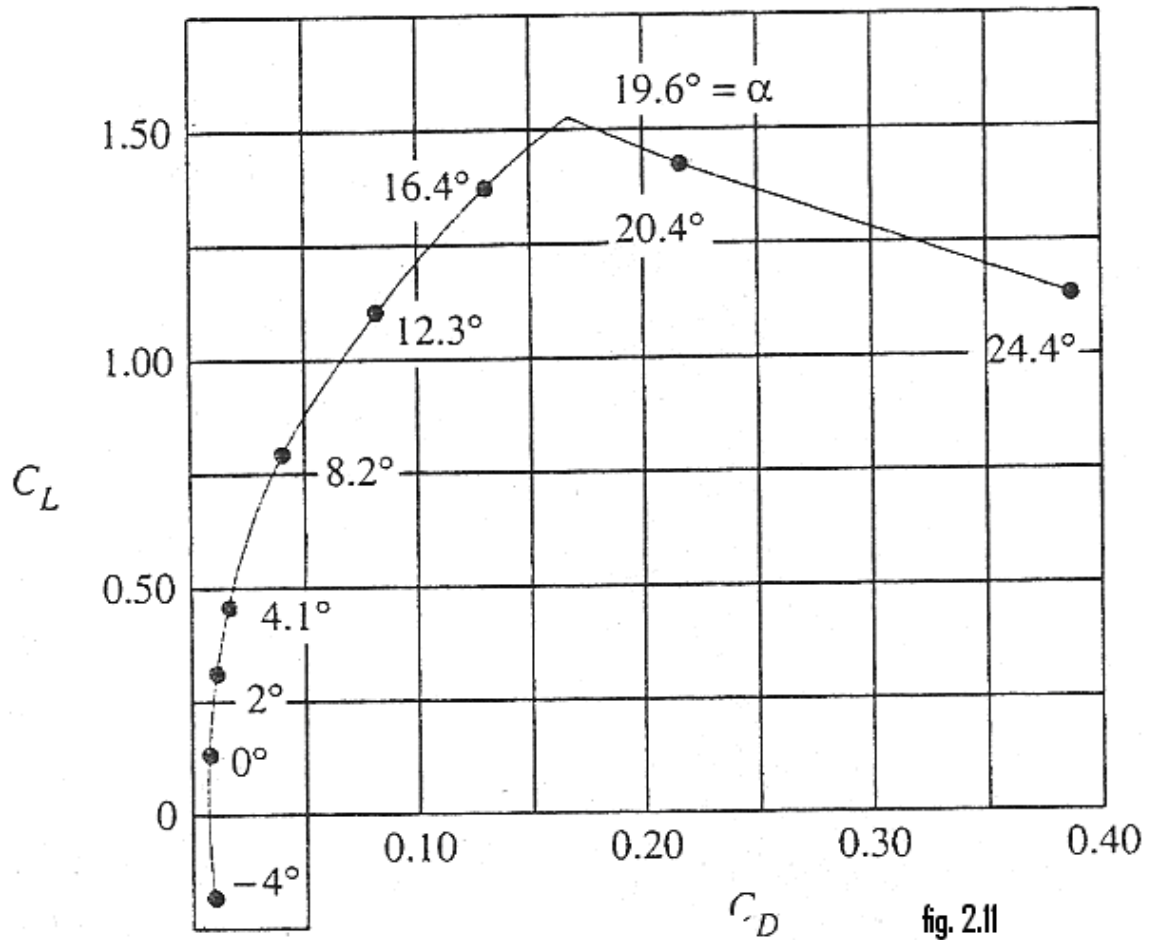


Ref: Theory of wing sections [Dover]

Fig. 2.10 relación de sustentación y arrastre Vs. Angulo de ataque

La superficie sustentadora utilizada corresponde a la designación NACA 21015 de acuerdo con un sistema establecido por el Comité Nacional de Recomendaciones en Aeronáutica.

El segundo método de presentar datos para superficies de sustentación se muestra en la fig.2.11. Este se llama diagrama polar y se construye graficando C_L versus C_D con el ángulo de ataque que se indica como puntos en la curva.



Ref: theory of wing sections [Dover]

Fig. 2.11 coeficiente de sustentación y arrastre Vs. ángulo de ataque

En las figuras 2.10 y 2.11 se puede ver que el coeficiente de sustentación se incrementa con el ángulo de ataque hasta un punto donde comienza a disminuir de forma abrupta. Este punto de máxima sustentación se le conoce con el nombre de punto de pérdida de velocidad para superficies sustentadoras; a este ángulo de ataque, la capa de contorno de la corriente de aire se separa del lado superior de la superficie sustentadora. Una excitación turbulenta grande se genera incrementando significativamente el arrastre disminuyendo la sustentación.

2.1.6 PERFIL AERODINÁMICO:

La extensión de la región de flujo separado detrás de muchos objetos pueden reducirse o eliminarse dándole perfil aerodinámico, o fuselado, a la forma del cuerpo. El objetivo del perfil aerodinámico, es reducir el gradiente de presión adverso que ocurre detrás del punto de máximo espesor sobre el cuerpo. Esto retarda la separación de la capa límite y por ello reduce el arrastre de presión. Sin embargo la adición de una cola fuselada aumenta el área de superficie del cuerpo; esto provoca el incremento del arrastre de fricción superficial. La forma óptima del perfil aerodinámico es consecuentemente aquella que produce el arrastre total mínimo.

2.1.7 SELECCIÓN DE PERFILES (NACA)

The National Advisory Committee for Aeronautics N.A.C.A. creada el 3 de marzo de 1915 está conformada por un grupo de científicos que estudian los problemas de la aeronáutica. Ha dividido los perfiles alares en distintos grupos:

- 4 dígitos.
- 5 dígitos.
- 4 y 5 dígitos modificados.
- Serie 16
- Serie 6
- Serie 7
- Serie 8

2.1.7.1 PERFIL NACA 4 DÍGITOS.

Primer dígito: **Altura** máxima de la línea Camber expresada en porcentaje de la longitud de cuerda.

Segundo dígito: **Localización horizontal** de la altura máxima de la línea Camber expresada en décimas de la longitud de cuerda.

Dos últimos dígitos combinados: **Máximo espesor** del perfil expresado en porcentaje de la longitud de la línea de cuerda.

Ejemplo:

NACA 2412: es aplicable para un avión muy ligero. El primer dígito 2 nos dice que la línea de Camber está inclinada hacia arriba a una altura igual al 2% de la longitud de cuerda. El segundo dígito 4 nos dice que el Camber máximo ocurre a 4/10 de la longitud de cuerda.

Los dos últimos dígitos dicen que la magnitud del espesor del perfil es el 12% de la longitud de cuerda.

2.1.7.2 PERFIL NACA 5 DÍGITOS.

Primer dígito: **20/3 veces del coeficiente de sustentación de diseño**. También representa la altura máxima de la línea de Camber expresada como porcentaje de la longitud de cuerda.

Segundo y tercer dígito: **Localización horizontal de la altura máxima de Camber en dos centésimas de la longitud de cuerda**. Si el tercer dígito es cero, la línea de Camber sigue la línea de tendencia. Si es uno, la línea de Camber se inclina hacia abajo.

Dos últimos dígitos combinados: **Representa el máximo espesor del perfil, expresado en porcentaje de la longitud de cuerda**

Ejemplo:

NACA 23012: El primer dígito 2 dice que la línea de Camber está inclinada hacia arriba a una altura igual al 2% de la longitud de cuerda, también representa el coeficiente de sustentación de diseño $(3/20) \cdot 2 = 0,3$. El segundo y tercer dígito combinados representan el máximo Camber que ocurre a 30/200's de la línea de

cuerda. Si el tercer dígito es cero la línea de camber sigue la tendencia. Los dos últimos dígitos representan el espesor máximo del perfil que es el 12% de la longitud de cuerda.

2.1.7.3 PERFILES NACA MODIFICADOS.

Dos de los más comunes son:

Modificación de NACA 4 y 5 dígitos.

2.1.7.4 MODIFICACIÓN DE NACA 5 DÍGITOS.

Primer parámetro extra: Altera el radio o comba el borde de ataque. Un valor de cero afila el radio de borde de ataque. Conforme se incrementa el valor el borde de ataque se comba o redondea cada vez más. El valor de 6 es considerado un parámetro normal.

Segundo parámetro extra: Altera la localización del valor máximo de espesor de perfil. Un valor de 2 situaría este valor al 20% de la longitud de la línea de cuerda.

2.1.7.5 PERFIL NACA SERIE 16.

Primer dígito: Indica que el perfil es usado en alas donde el flujo superior en el perfil es supersónico.

Segundo dígito: La localización horizontal del mínimo coeficiente de presión en décimas de la longitud de la línea de cuerda.

Tercer dígito: Indica el coeficiente de sustentación de diseño en décimas.

Dos últimos dígitos combinados: Máximo espesor del perfil expresado en porcentaje de cuerda.

2.1.7.6 PERFIL NACA SERIE 6:

Primer dígito: **Indica que es de serie 6, y que este tiene mayor flujo laminar que los perfiles NACA de 4 y 5 dígitos**

Segundo dígito: **Localización horizontal del menor coeficiente de presión en décimas de longitud de cuerda.**

Tercer dígito: **Indica el coeficiente de sustentación de diseño de perfil en décimas.**

Dos últimos dígitos combinados: **Espesor máximo de perfil expresado en porcentaje de longitud de cuerda.**

Significado del parámetro "A": **Fracción de longitud de cuerda sobre la cual la distribución de la sustentación es constante, luego este se estrecha hasta hacerse cero.**

2.1.7.7 PERFIL NACA SERIE 7.

Primer dígito: **Indica que es un perfil serie 7 y que tiene mayor flujo laminar en la superficie inferior que en la superficie superior.**

Segundo dígito: **Localización horizontal del menor coeficiente de presión en décimas de longitud de cuerda en la superficie alta del perfil.**

Tercer dígito: **Localización horizontal del menor coeficiente de presión en décimas de longitud de cuerda en la superficie baja del perfil.**

Cuarto dígito: **Distingue los perfiles teniendo el mismo espesor, coeficiente de sustentación de diseño y posición de presión mínima pero diferente Camber y distribución de espesores.**

Quinto dígito: **Muestra el coeficiente de sustentación de diseño en décimas.**

Dos últimos dígitos combinados: **Máximo espesor del perfil en porcentaje de longitud de cuerda.**

2.1.7.8 PERFIL NACA SERIE 8.

Primer dígito: **Indica que es un perfil serie 7 y que tiene mayor flujo laminar en la superficie inferior que en la superficie superior.**

Segundo dígito: **Localización horizontal del menor coeficiente de presión en décimas de longitud de cuerda en la superficie alta del perfil.**

Tercer dígito: **Localización horizontal del menor coeficiente de presión en décimas de longitud de cuerda en la superficie baja del perfil.**

Cuarto dígito: **Distingue los perfiles teniendo el mismo espesor, coeficiente de sustentación de diseño y posición de presión mínima pero diferente Camber y distribución de espesores.**

Quinto dígito: **Muestra el coeficiente de sustentación de diseño en décimas.**

Dos últimos dígitos combinados: **Máximo espesor del perfil en porcentaje de longitud de cuerda.**

2.1.8 RESUMEN:

Las características principales de cada serie de perfiles NACA se ha podido resumir en la tabla 2.1

FAMILIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	APLICACIONES
4-DIGITOS	1. buena estabilidad 2. centro de presiones disminuido permitiendo	1. Menor coeficiente de sustentación	1. Aviación general. 2. Colas

	<p>mayores rangos de velocidad.</p> <p>3. La rugosidad tiene poco efecto</p>	<p>máximo.</p> <p>2. Relativamente elevada resistencia.</p> <p>3. Elevado momento aerodinámico</p>	<p>horizontales.</p> <p>Simétricos:</p> <p>3. Jets supersónicos.</p> <p>4. hélices de helicópteros.</p> <p>5. misiles militares.</p>
5-DIGITOS	<p>1. Elevado coeficiente de sustentación máximo.</p> <p>2. Bajo momento aerodinámico.</p> <p>3. La rugosidad tiene poco efecto.</p>	<p>1. Conducta de estabilidad pobre.</p> <p>2. Elevada resistencia aerodinámica.</p>	<p>1. Aviación general.</p> <p>2. Bombarderos potenciados por pistón.</p>
SERIES 16	<p>1. Elimina picos de baja presión.</p> <p>2. baja resistencia a altas velocidades.</p>	<p>1. Sustentación baja.</p>	<p>1. Aviones con hélices.</p> <p>2. hélices de barcos.</p>
SERIES 6	<p>1. Elevado coeficiente de sustentación máximo.</p> <p>2. Bajísima resistencia en un corto rango de operación</p> <p>3. Buen rendimiento a altas velocidades.</p>	<p>1. Elevado arrastre fuera de un óptimo rango de operación.</p> <p>2. Elevado momento.</p> <p>3. Estabilidad pobre.</p> <p>4. Muy susceptible a rugosidades.</p>	<p>1. Vuelos potenciados por pistones.</p> <p>2. Vuelos comerciales.</p> <p>3. Jets de entrenamiento.</p> <p>4. Jets supersónicos.</p>
SERIES 7	<p>1. Arrastre muy bajo en condiciones de operación cortas.</p> <p>2. bajo momento.</p>	<p>1. Reducido coeficiente de sustentación.</p> <p>2. Alto arrastre</p>	<p>1. Usado con poca frecuencia.</p>

		fuera de un régimen de operación. 3. Estabilidad pobre. 4. Muy susceptible a rugosidad.	
SERIES 8	Se desconoce	Se desconoce	1. Usado casi nunca

Tabla 2.1 Resumen de perfiles NACA

2.1.9 TRANSMISIÓN POR ENGRANAJES.

Las ruedas dentadas transmiten directamente y por cierre de forma momentos de giro entre dos árboles en pequeña distancia. Con las ruedas dentadas pueden realizarse también diferentes relaciones de transmisión y modificarse los sentidos de rotación.

Los dientes de un engranaje impulsor se insertan enlazándose con precisión en los espacios entre los dientes del engrane que es impulsado. Los dientes impulsores empujan a los dientes que son impulsados, ejerciendo una fuerza perpendicular al radio del eje. Por consiguiente se transmite un torque y, debido a que el engrane está girando, también se transmite potencia. Existen dos tipos de engranajes: engranajes de talla recta o cilíndrica y engranajes helicoidales.

En la fig.2.12 se puede ver la relativa sencillez de los engranajes cilíndricos o rectos y la facilidad con que pueden fabricarse e instalarse que los hacen muy populares como piezas de transmisión de movimiento de potencia en el diseño mecánico.

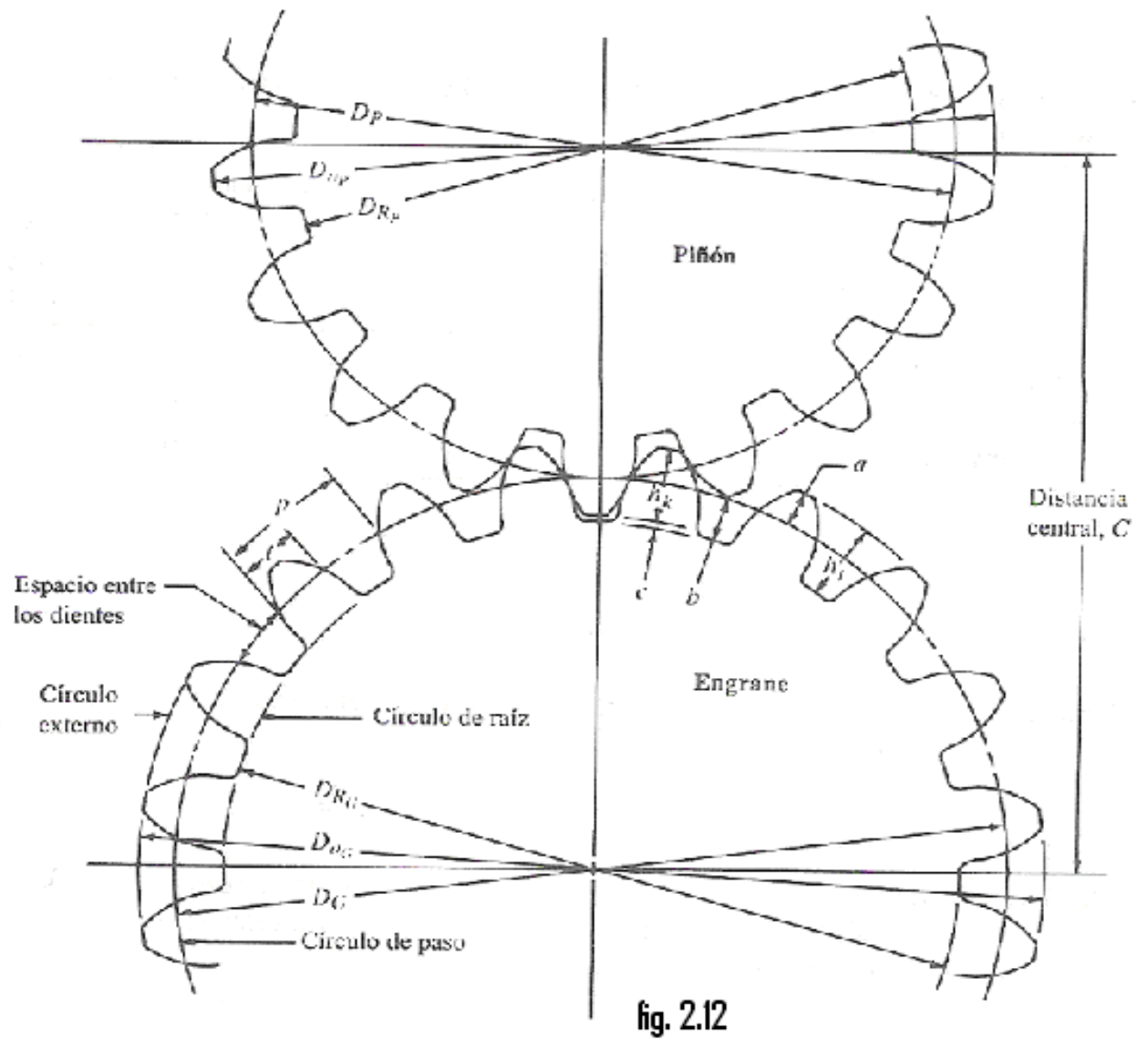


fig. 2.12

fig. 2.12 descripción de engranajes cilíndricos (rectos)

2.1.9.1 CARACTERÍSTICAS DE DIENTES DE ENGRANAJES:

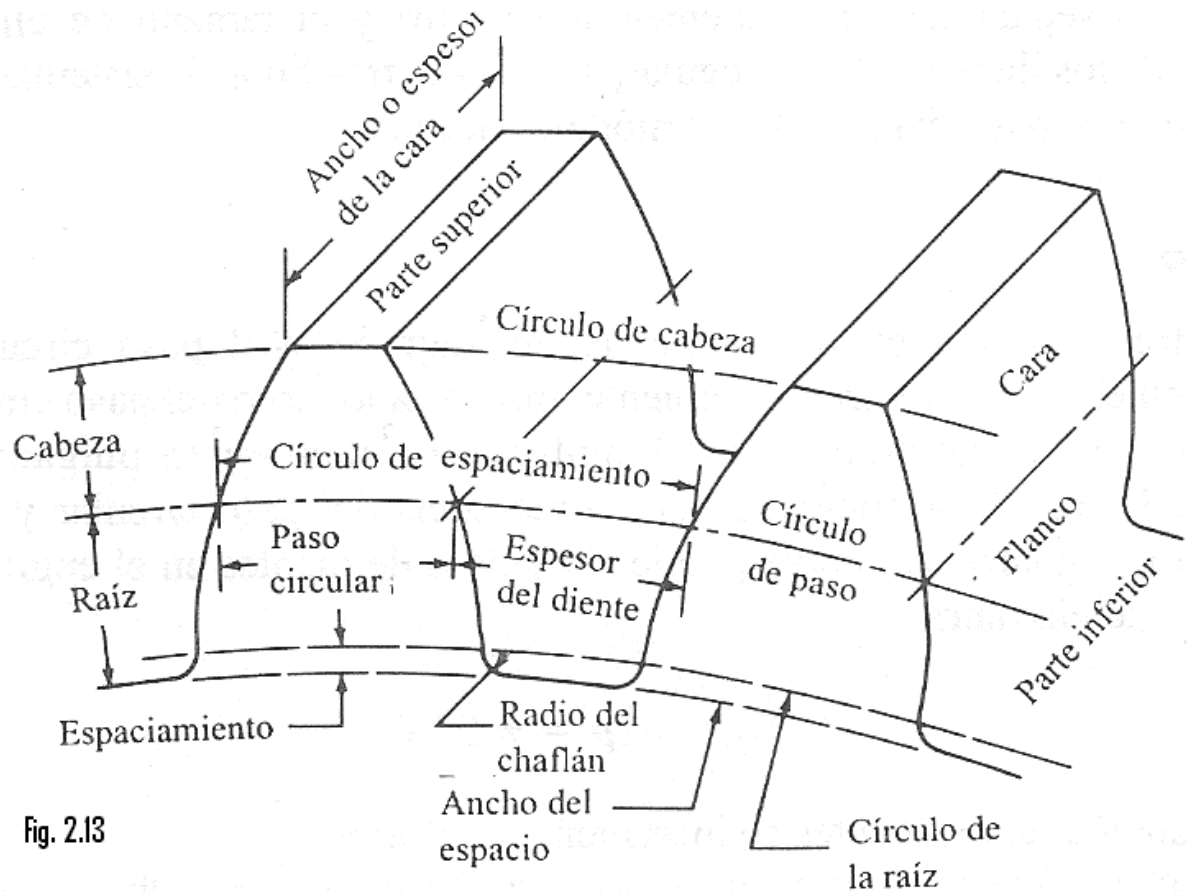


Fig. 2.13

fig. 2.13 Características de los dientes de engranajes

De acuerdo con las figuras 2.12 y 2.13 tenemos:

Diámetro de paso (D_p) o (D_g). Es el diámetro de paso circular de un engrane.

Paso circular, p . Es la distancia entre el punto en un diente de un engrane y el paso circular a un punto correspondiente en el diente adyacente siguiente, medida a lo largo del paso circular.

$$p = \pi(D/N) \quad \text{Ecu. 2.7}$$

Paso diametral, P_d .

Es el número de dientes por pulgada de diámetro de paso.

$$P_d = NG/DG = NP/DP \quad \text{Ecu. 2.8}$$

Cabeza (a). La distancia radial del círculo de paso a la parte exterior de un diente.

Raíz o pie (b). La distancia radial del círculo de paso a la parte inferior del espacio entre dientes

Espaciamiento (c). **LA distancia radial de la parte superior de un diente a la parte inferior del espacio entre dientes del engrane que embona cuando está accionado por completo.**

Diámetro exterior (Do). **Es el diámetro del círculo que encierra la parte exterior de los dientes de engrane.**

Diámetro de la raíz (DR). **Es el diámetro del círculo que contiene la parte inferior del espacio del diente.**

$$DR = D - 2b \quad \text{Ecu. 2.9}$$

Profundidad total (ht). **Distancia radial desde la parte superior de un diente hasta la parte superior del espacio del diente.**

$$ht = a + b \quad \text{Ecu. 2.10}$$

Profundidad de trabajo (hk). **Distancia radial a la que se proyecta un engrane de un diente hacia el espacio del diente del engrane con el que se enlaza.**

$$hk = a + a = 2a \quad \text{Ecu. 2.11}$$

$$ht = hk + c \quad \text{Ecu. 2.12}$$

Espesor del diente (t). **La longitud del arco, medida en el círculo de paso, de un lado del diente hasta otro lado.**

$$t = p/2 = \pi/2(Pd) \quad \text{Ecu. 2.13}$$

Espesor o ancho de cara (F). **Espesor del diente medido en forma paralela al eje del engrane.**

Distancia central (C). **Distancia desde el centro del piñón al centro del engrane; la suma de dos radios de paso de los dos engranes enlazados.**

$$C = DG/2 + DP/2 = (DG + DP)/2 \quad \text{Ecu. 2.14}$$

Relación de transmisión o velocidad.

$$VR = \frac{RG}{RP} = \frac{DG}{DP} = \frac{NG}{NP} = \frac{\text{velocidad}P}{\text{velocidad}G} = \frac{\text{tamaño}G}{\text{Tamaño}P} \quad \text{Ecu. 2.15}$$

2.1.9.2 MATERIALES PARA ENGRANAJES.

Pueden fabricarse en una variedad de materiales muy extensa para obtener las propiedades adecuadas para el uso que se les va a dar. Desde el punto de vista del diseño mecánico, la resistencia y la durabilidad, es decir la resistencia al desgaste, son las propiedades más importantes. Sin embargo en general, el diseñador deberá considerar la capacidad para fabricar el engrane tomando en cuenta todos los procesos de fabricación que intervienen desde la preparación del disco para el engrane pasando por la formación de los dientes del engrane hasta el ensamble final de este en una máquina.

MATERIALES PLÁSTICOS PARA ENGRANAJES.

Los plásticos se desempeñan bien en aplicaciones donde se desea peso ligero, operación silenciosa, baja fricción, resistencia a la corrosión aceptable y buenas propiedades en cuanto a desgaste. Debido a que las resistencias son significativamente más bajas que las de casi todos los materiales metálicos para fabricar engranajes, los plásticos se emplean en dispositivos que se someten a cargas, en alguna medida ligeras. A menudo los materiales plásticos pueden moldearse para darles su forma final sin el maquinado subsecuente lo cual representa ventajas en lo relativo a costos.

Los plásticos pueden fabricarse mediante muchas fórmulas y pueden rellenarse con gran variedad de productos de relleno para mejorar la resistencia al desgaste, resistencia al impacto, límite de temperatura, moldeabilidad y otras propiedades.

2.1.9.3 FUERZAS QUE ACTÚAN EN LOS DIENTES DE LOS ENGRANES.

La potencia se recibe del motor mediante el eje de entrada que gira a la velocidad del motor. Por lo tanto existe un torque en el eje que puede calcularse mediante la ecuación siguiente.

Torque=potencia/velocidad de giro

Ecu. 2.16

El torque es el producto de las fuerzas que actúan en forma tangente al círculo de paso del piñón por el radio de paso del piñón.

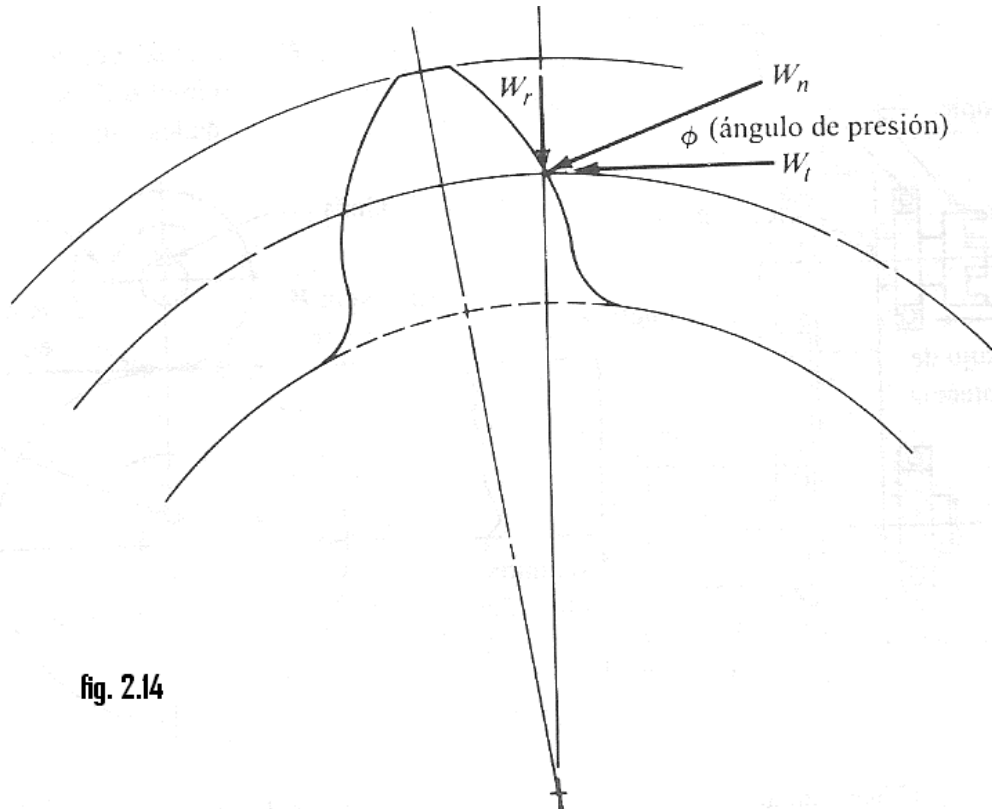


fig. 2.14

fig. 2.14 fuerzas en el diente de engranaje

El cálculo de fuerzas se inicia, casi siempre, con W_t porque se basa en la información que se proporciona para la potencia y la velocidad. En general potencia es igual a fuerza por velocidad. La fuerza transmitida W_t , actúa en la línea de paso a una velocidad V_t . Si P está en caballos de potencia y V_t en pies por minuto.

$$W_t = 33000 (P) / V_t lb \quad \text{Ecu. 2.17}$$

El torque en el piñón puede calcularse a partir de

$$T_p = 63000 (P) / n_p \quad \text{Ecu. 2.18}$$

$$W_t = T_p / (D_p / 2)$$

$$W_r = W_t \tan \phi \quad \text{Ecu. 2.19}$$

$$W_n = W_t / \cos \phi$$

2.1.9.4 TENSIONES EN LOS DIENTES DE ENGRANAJES.

Tomando la geometría detallada del diente, Lewis desarrollo la siguiente ecuación.

$$\sigma_t = \frac{W_t P_d}{F Y}$$
$$\Rightarrow \sigma_t = \frac{W_t P_d K_t}{F Y}$$

Ecu. 2.20

El valor del factor Y depende de la geometría del diente al igual que el factor de concentración Kt por lo que combinando ambos términos

$$J = Y / K_t$$

Ecu. 2.21

Al utilizar el factor de geometría en la ecuación se tiene.

$$\sigma_t = \frac{W_t P_d}{F J}$$

Ecu. 2.22

A esta ecuación se le ha dado una modificación sugerida por la AGMA, para considerar la variedad de condiciones que se pueden encontrar.

$$\sigma_t = \frac{W_t P_d}{F J} \frac{K_a K_s K_m K_B}{K_v}$$

Ecu. 2.23

Donde:

K_a = Factor de aplicación para la resistencia a la flexión.

K_s = Factor de tamaño para la resistencia a la flexión.

K_m = Factor de distribución de carga para la resistencia a la flexión.

K_B = Factor de espesor de la corona.

K_v = Factor de dinámica para la resistencia a la flexión.

2.2 DEFINICIONES DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

2.2.1 LOS MICROPROCESADORES DE MICROCHIP.

Los microcontroladores de microchip tienen una clasificación representada en gamas baja, media, alta y mejorada, para nuestra aplicación será necesario

un PIC que tenga un convertidor analógico a digital para interpretar las señales del sensor de velocidad.

Los PIC de gama media tienen un convertidor análogo digital, entre los que están: PIC12C6xx, PIC16Cxx y PIC16F87x.

La programación se basa en un repertorio de 35 instrucciones.

INSTRUCCIONES QUE MANEJAN REGISTROS			
Nemónicos y operandos	Descripción	Ciclos	Flags
<u>ADDWF</u> f,d	Sua W y f	1	C, DC, Z
<u>ANDWF</u> f,d	AND W con f	1	Z
<u>CLRF</u> f	Borra f	1	Z
<u>CLRW</u> -- -	Borra W	1	Z
<u>COMF</u> f,d	Complementa f	1	Z
<u>DECF</u> f,d	Decrementa f	1	Z
<u>DECFSZ</u> f,d	Decrementa f, si es 0 salta	1 (2)	Ninguno
<u>INCF</u> f,d	Incrementa f	1	Z
<u>INCFSZ</u> f,d	Incrementa f, si es 0 salta	1	Ninguno
<u>IORWF</u> f,d	OR entre W y f	1	Z
<u>MOVF</u> f,d	Mueve f	1	Z
<u>MOVWF</u> f	Mueve W a f	1	Ninguno

<u>NOP</u>	---	No opera	1	Ninguno
<u>RLF</u>		Rota f a la izqda. a través del carry	1	C
f,d				
<u>RRF</u>		Rota f a la dcha. a través del carry	1	C
f,d				
<u>SUBWF</u>		Resta a f el reg. W	1	C, DC, Z
f,d				
<u>SWAPF</u>	f,d	Intercambia f	1	Ninguno
<u>XORWF</u>		XOR de W con f	1	Z
f,d				
INSTRUCCIONES QUE MANIPULAN BITS				
<u>BCF</u>	f,b	Borra bit de f	1	Ninguno
<u>BSF</u>	f,b	Pone a 1 el bit de f	1	Ninguno
<u>BTFSC</u>	f,b	Comprueba un bit de f y salta si es 0	1 (2)	Ninguno
<u>BTFSS</u>	f,b	Comprueba un bit de f y salta si es 1	1 (2)	Ninguno
INSTRUCCIONES DE CONTROL Y DE OPERANDOS INMEDIATOS				
<u>ANDLW</u>	k	AND inmediato con W	1	Z
<u>CALL</u>	k	Llamada a subrutina	2	Ninguno
<u>CLRWDT</u>	k	Borra Watchdog	1	TO, PD
<u>GOTO</u>	k	Salto incondicional	2	Ninguno
<u>IORLW</u>	k	OR inmediato con W	1	Z
<u>MOVLW</u>	k	Mueve a W un valor inmediato	1	Ninguno
<u>OPTION</u>	k	Carga el registro OPTION	1	Ninguno
<u>RETLW</u>	k	Retorno y carga de W	2	Ninguno
<u>SLEEP</u>	---	Pasa a estado de reposo	1	TO, PD
<u>TRIS</u>	f	Carga el registro	1	Ninguno
<u>XORLW</u>	k	OR exclusiva a W	1	Z

Tabla 2.2 instrucciones para microcontrolador PIC

2.2.2 ESTRUCTURA DEL PIC 16F87X

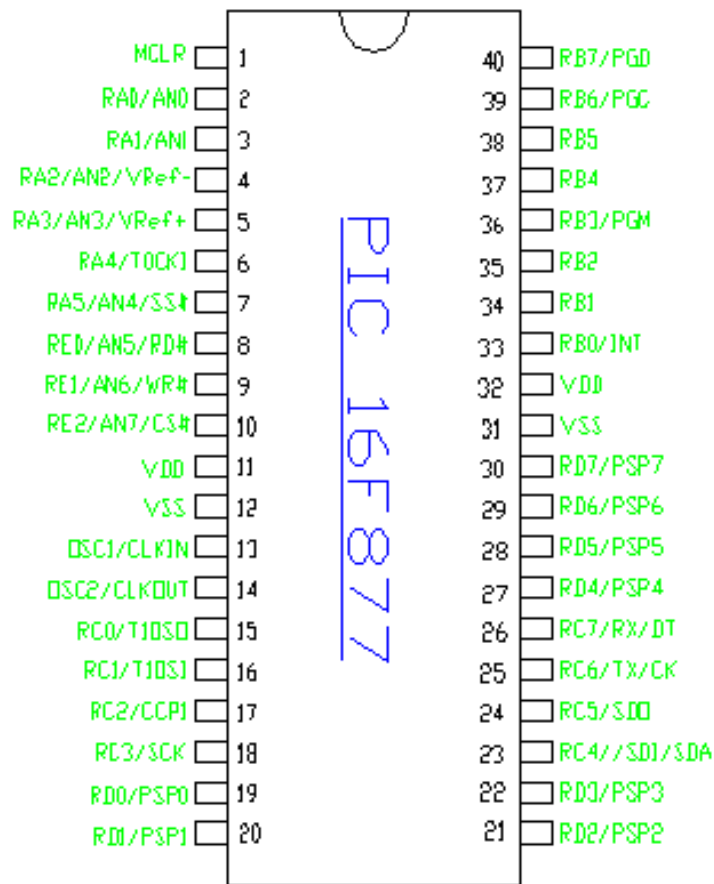


fig. 2.15

Fig. 2.15 Estructura del PIC 16F877

PATITAS DE PROPÓSITO GENERAL:

- **OSC1/CLKIN (9).**- Entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo.
- **OSC2/CLKOUT (10).**- Salida del cristal de cuarzo. En modo RC saca la cuarta parte de la frecuencia que se introduce por OSC1, que determina el ciclo de instrucción.
- **Vss.**- Conexión a tierra.
- **VDD.**- Entrada de la alimentación positiva.
- **MCLR#.**- Entrada del reset o entrada del voltaje de programación, o voltaje alto en el modo test.

Puerta A:

- **RA0/AN0, RA1/AN1.**- Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica al convertor AD (canal 0)
- **RA2/AN2/Vref-**.- E/S digital o entrada analógica o entrada de voltaje negativo de referencia.
- **RA3/AN3/Vref+**.- E/S digital o entrada analógica o entrada de voltaje positivo de referencia.
- **RA4/T0CKI.**- E/S digital o entrada de reloj del timer0. Salida con colector abierto.
- **RA5/SS#/AN4.**- E/S digital o entrada analógica o selección como esclavo de la puerta serie síncrona.

Puerta B:

- **RB0/INT.**- E/S digital o entrada de petición de interrupción externa.
- **RB1, RB2.**- E/S digital.
- **RB3/PGM.**- E/S digital, entrada de voltaje bajo para programación.
- **RB4, RB5.**- E/S digital.
- **RB6/PGC.**- E/S digital, recepción señal de reloj en programación en serie.
- **RB7/PGD.**- E/S digital, recepción de datos en programación en serie.

Puerta C:

- **RC0/1OSO/T1CKI.**- E/S digital, salida del oscilador del timer1o entrada de reloj.
- **RC1/1OSI/CCP2.**- E/S digital, entrada del oscilador al timer1 o entrada al módulo captura2/salida, comparación2/ salida de PWM2.
- **RC2/CCP1.**- E/S digital o entrada Captura1/salida o comparacion2/salida de PWM1.
- **RC3/SCK/SLC.**- E/S digital o entrada de reloj serie sincronía/salida de los modos SPI I2C.

- **RC4/SDI/SDA.-** E/S digital o entrada de datos en el modo SPI o I/O datos en I2C.
- **RC5/SDO.-** E/S digital o salida de datos en el modo SPI.
- **RC6/TX/CK.-** E/S digital o transmisor del USART asíncrono o como reloj del síncrono.
- **RC7/RX/DT.-** E/S digital o receptor del USART asíncrono o como datos en el síncrono.

Puerta D:

- **RD0/PSP0-RD7/PSP7.-** Las ocho patitas de esta puerta pueden actuar E/S digitales o como líneas para transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.

Puerta E:

- **RE0/RD#/AN5:** E/S digital o señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 5).
- **RE1/WR#/AN6:** E/S digital o señal de escritura para la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 6).
- **RE2/CS#/AN7:** E/S digital o activación/desactivación para la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 7).

2.2.3 MANEJO DE LA MEMORIA EEPROM:

En los PIC16F87x se puede escribir y leer en la memoria de datos EEPROM y también se puede escribir en la memoria de código FLASH.

Para manejar la memoria EEPROM hay dos registros denominados EECON1 y EECON2.

EECON1 REGISTER (ADDRESS 18Ch)

R/W-x	U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-0	R/S-0	R/S-0
EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD
bit 7							bit 0

El registro EECN1 ocupa la dirección 18Ch mientras que el EECN2 no está implementado físicamente y sólo se utiliza en la delicada operación de escritura que dura 2 milisegundos aproximadamente.

Ejemplo de escritura en EEPROM:

```
BSF    STATUS, RP1    ;
BSF    STATUS, RP0    ;Bank 3
BTFSC  EECN1, WR      ;Wait for
GOTO   $-1            ;write to finish
BCF    STATUS, RP0    ;Bank 2
MOVF   ADDR, W        ;Address to
MOVWF  EEADR          ;write to
MOVF   VALUE, W       ;Data to
MOVWF  EEData        ;write
BSF    STATUS, RP0    ;Bank 3
BCF    EECN1, EEPCD  ;Point to Data memory
BSF    EECN1, WREN    ;Enable writes
                        ;Only disable interrupts
BCF    INTOCN, GIE    ;if already enabled,
                        ;otherwise discard

MOVLW  0x55           ;Write 55h to
MOVWF  EECN2          ;EECN2
MOVLW  0xAA           ;Write AAh to
MOVWF  EECN2          ;EECN2
BSF    EECN1, WR      ;Start write operation
                        ;Only enable interrupts
BSF    INTOCN, GIE    ;if using interrupts,
                        ;otherwise discard
BCF    EECN1, WREN    ;Disable writes
```

Ejemplo de lectura en EEPROM:

```

BSF    STATUS, RP1    ;
BCF    STATUS, RP0    ;Bank 2
MOVWF ADDR, W        ;Write address
MOVWF EADR           ;to read from
BSF    STATUS, RP0    ;Bank 3
BCF    EECON1, EEPGD ;Point to Data memory
BSF    EECON1, RD     ;Start read operation
BCF    STATUS, RP0    ;Bank 2

MOVWF EEDATA, W      ;W - EEDATA

```

2.2.4 EL CONVERTIDOR ANÁLOGO DIGITAL:

Los microcontroladores PIC16F87x poseen un convertidor A/D de 10 bits de resolución y 5 canales de entrada en los modelos con 28 patitas (PIC16F873/6) y 8 canales en los que tienen 40 patitas (16F874/7). La resolución que tiene cada bit procedente de la conversión tiene un valor que es función de la tensión de referencia V_{ref} , de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$R_{solución} = \frac{(V_{ref+} - V_{ref-})}{1024} = \frac{V_{ref}}{1024} \quad \text{Ecu. 2.24}$$

A través del canal de entrada seleccionado, se aplica la señal analógica a un condensador de captura y mantenimiento y luego se introduce al conversor, el cual proporciona un resultado digital de 10 bits de longitud usando la técnica de aproximaciones sucesivas.

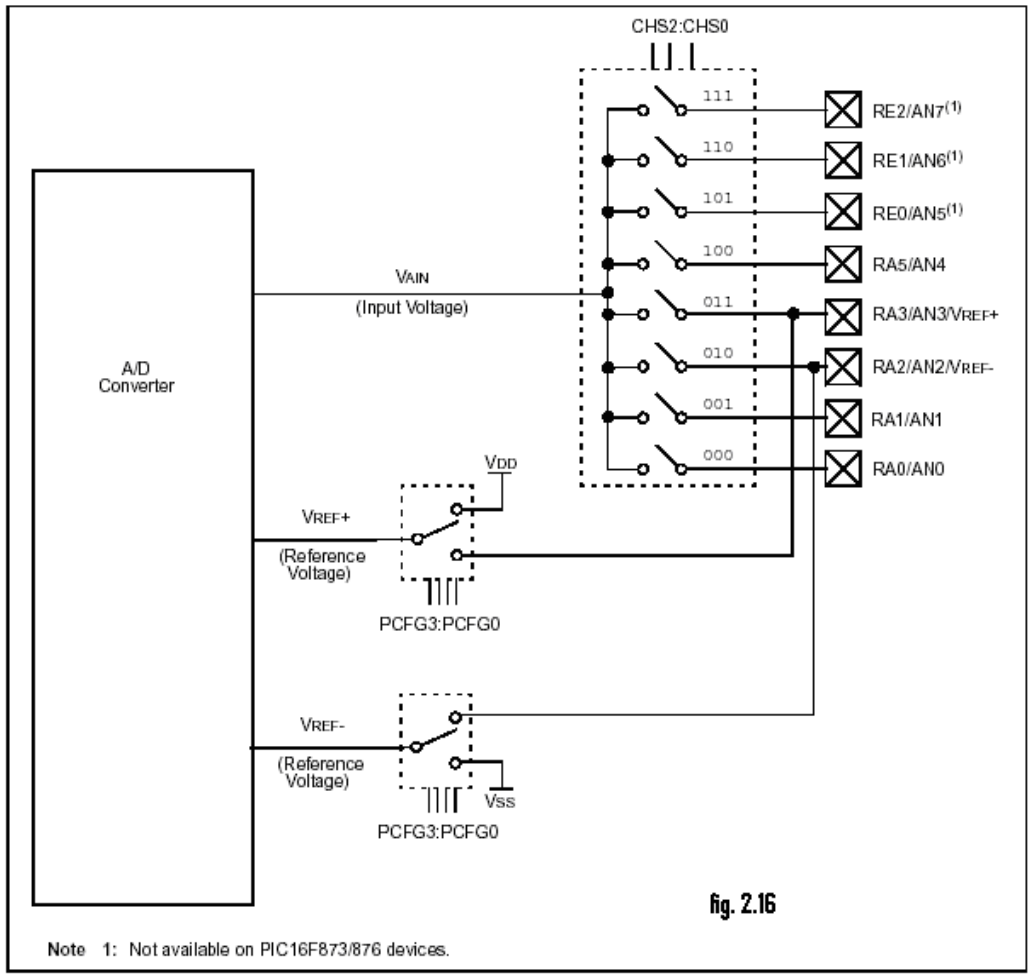


Fig. 2.16 diagrama de funcionamiento del convertidor A/D

Los canales de entrada están soportados por las líneas de multifunción de la puerta A, en la configuración de dichas líneas habrá que expresar la función que realizan.

La tensión de referencia puede implementarse con la tensión interna de alimentación VDD, o bien por la externa que se introduce por la patita RA3/AN3/Vref+, en cuyo caso la polaridad negativa se aplica por la patita RA2/AN2/Vref-.

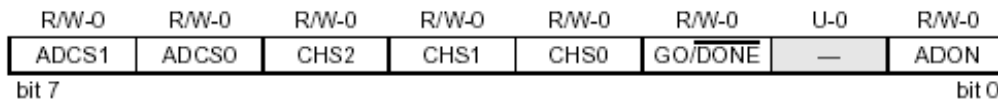
2.2.5 REGISTROS DE TRABAJO:

Se requieren cuatro registros: ADRESH, ADRESL, ADCON0, ADCON1.

En los registros ADRESH Y ADRESL se deposita el resultado de la conversión, que al estar compuesta por 10 bits sólo son significativos los 10 bits de dicha pareja.

El registro ADCON0 controla la operación del C A/D, mientras que ADCON1 sirve para configurar las patitas de la puerta A como entradas analógicas o E/S digitales.

2.2.5.1 REGISTRO ADCON0



Los bits ADCS1 y ADCS0 sirven para seleccionar la frecuencia del reloj que se emplea en la conversión.

Los bits CHS2-0 seleccionan el canal por el que se introduce la señal analógica.

CH2-0	CANAL
000	RA0/AN0
001	RA1/AN1
010	RA2/AN2
011	RA3/AN3
100	RA5/AN4
101	RE0/AN5
110	RE1/AN6
111	RE2/AN7

Tabla 2.4 Opciones registro ACON0

El bit GO/DONE# es el bit de estado de la conversión mientras esta en uno se está realizando la conversión y 0 confirma el final y la puesta de resultado en ADRESH-L

El bit ADON sirve para activar el C A/D poniéndolo a 1 y para inhibir su funcionamiento poniéndolo a 0

2.2.5.2 REGISTRO ADCON1



El bit ADFM selecciona el formato del resultado de la conversión. Si vale 1 ADRESH tiene 6 de sus bits de más peso a cero, si es cero se realiza lo mismo con ADRESL.

Los cuatro bits PCFG se usan para configurar las patitas de los canales de entrada al conversor, como analógicas o E/S digitales de acuerdo con la siguiente tabla.

PCFG3-0	AN7/RE2	AN6/RE1	AN5/RE0	AN4/RA5	AN3/RA3	AN2/RA2	AN1/RA1	AN0/RA0	Vref+	Vref-
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS
0001	A	A	A	A	Vref+	A	A	A	RA3	VSS
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS
0011	D	D	D	A	Vref+	A	A	A	RA3	VSS
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS
0101	D	D	D	D	Vref+	D	A	A	RA3	VSS
011X	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS
1000	A	A	A	A	Vref+	Vref-	A	A	RA3	RA2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS
1010	D	D	A	A	Vref+	A	A	A	RA3	VSS
1011	D	D	A	A	Vref+	Vref-	A	A	RA3	RA2
1100	D	D	D	D	Vref+	Vref-	A	A	RA3	RA2
1101	D	D	D	D	Vref+	Vref-	A	A	RA3	RA2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS
1111	D	D	D	D	Vref+	Vref-	D	A	RA3	RA2

Tabla 2.5 Opciones Registro ACON1

2.2.5.3 LOS DISPLAY LCD:

La principal ventaja con respecto a los leds es su bajo consumo de corriente y que cada dígito puede representar números o caracteres alfabéticos, de forma que podemos presentar mensajes escritos y no solo códigos numéricos.

Está construido básicamente por dos capas de cristal muy finas entre las cuales hay una capa de cristal líquido. Esta capa tiene una estructura molecular cristalina que es capaz de cambiar bajo la influencia de un campo eléctrico. Según en qué dirección se organicen las moléculas, la capa de cristal líquido se hace transparente o reflectante. La superficie interior de las dos capas de vidrio está recubierta de una capa conductora transparente constituyendo los electrodos. Un voltaje aplicado a ellos crea un campo eléctrico que hace cambiar de orientación a las moléculas de cristal líquido. El plano afectado, por ejemplo un segmento del visualizador, altera entonces su transparencia.

En un LCD reflectante se colocan a un lado y al otro de la capa de cristal líquido un polarizador horizontal y otro vertical, perpendiculares entre si. Si no aplicamos tensión, la luz polarizada verticalmente que incide sobre el frente de la célula, sigue la rotación de la orientación cristalina según la atravieza, hasta quedar orientada en sentido horizontal girando, por lo tanto, 90 grados

Casi todos los fabricantes de displays utilizan como controlador de la matriz de cristal líquido los circuitos fabricados por Hitachi, todos ellos utilizan los mismos comandos. La única diferencia que podría existir entre ellos es la distribución de las patillas de conexión.



Fig. 2.17 Display LCD

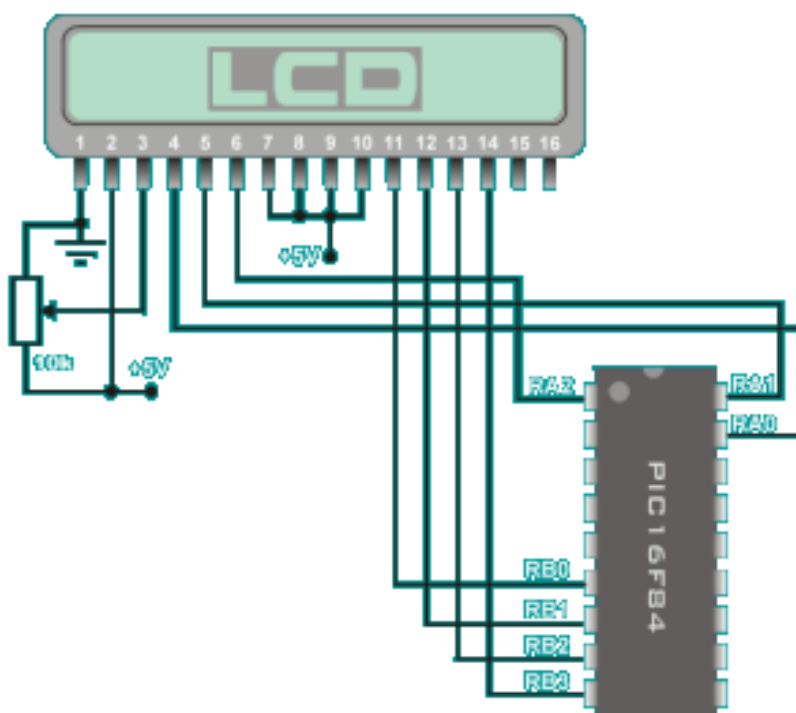


Fig. 2.18 Conexiones display LCD

Descripción de pines:

PIN N°	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación de +5V CC
3	Vo	Contraste del cristal liquido. (0 a +5V)
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección registro de control RS=1 Selección registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura: R/W=0 Escritura (Write)

		R/W=1 Lectura (Read)
6	E	Habilitación del modulo: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bidireccional.

Tabla 2.6 descripción de pines display LCD

Rutina

El siguiente ejemplo muestra lo fácil que es manejar un LCD. Lo que hace básicamente es configurar el LCD, los puertos del PIC y luego mandar los datos según los va cogiendo de la tabla de datos, para mostrar en el LCD la típica frase "HOLA MUNDO".

```

                Digito      ;Pone a 0 la variable digito
CALL    LCD_PORT ;Puertos en modo LCD
BCF     RA,0     ;Desactiva RS del modulo LCD
BCF     RA,2     ;Desactiva E del modulo LCD
START  CALL    LCD_INI ;Inicia LCD (CFG puertos...)
        MOVLW b'00000001' ;Borrar LCD y Home
        CALL    LCD_REG
        MOVLW b'00000110'
        CALL    LCD_REG
        MOVLW b'00001100' ;LCD On, cursor Off,Parpadeo Off
        CALL    LCD_REG
        MOVLW 0x80      ;Direccion caracter
        CALL    LCD_REG

REPETIR MOVF   Digito,w   ;W=Digito
        CALL   DATO_1    ;Coge el caracter
        IORLW  0        ;Compara
        BTFSC STATUS,2  ;Es el ultimo?
        GOTO   acabar   ;Si
        CALL   LCD_DATOS ;Visualiza caracter
        INCF   Digito,f  ;Incrementa numero de Digito
        GOTO   REPETIR   ;Vuelve a escribir

acabar  nop
        goto   acabar    ;Bucleo infinito

;<<<<<<----- TABLA DE DATOS ----->>>>>>

DATO_1 ADDWF PCL,1

```

```
RETLW 'H'  
RETLW 'O'  
RETLW 'L'  
RETLW 'A'  
RETLW ''  
RETLW 'M'  
RETLW 'U'  
RETLW 'N'  
RETLW 'D'  
RETLW 'O'  
RETLW 0x00
```

2.2.6 OPTO ACOPLADOR

El sensor OPTO está basado en un fototransistor (receptor) y un diodo emisor (activador).

Es inmune a interferencias de luz normal. El diodo LED de infrarrojos externo que disparará al transistor. Cuando un objeto entra en el conjunto emisor receptor parte de la luz emitida es reflejada y remodulada, para activar la salida del transistor que pasará a un nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

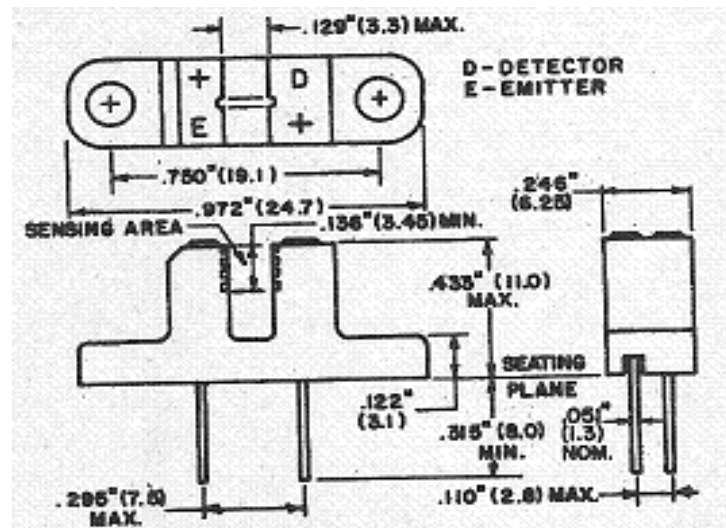
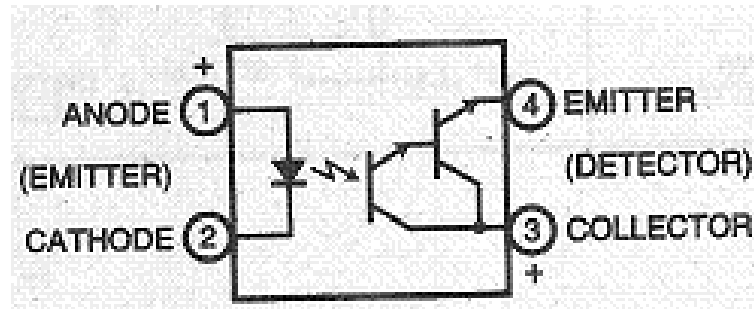


Fig. 2.19 Opto acoplador

2.2.7 TRANSISTORES MOSFET:

Los transistores de efecto de campo semiconductor metal-oxido usan una puerta aislada para modular el flujo de la corriente portadora principal de la fuente al drenaje con el campo eléctrico creado por la puerta. Como los bipolares, los MOSFETs están disponibles en P y N. También como los transistores, los MOSFET están disponibles en pares y circuitos integrados. Los MOSFET emparejados no se acoplan tan bien como los pares de transistores bipolares, pero se emparejan mejor que las válvulas.

Los transistores MOSFETs están también disponibles en muchos tipos. Sin embargo, todos tienen baja corriente de entrada y bastante baja capacidad de entrada. Los MOSFET tienen menor ganancia, se saturan moderadamente y se recuperan rápidamente de la saturación. A pesar de que los MOSFETs de potencia no tienen puerta en DC, la capacidad de entrada finita quiere decir que los MOSFET

de potencia tienen una puerta finita de corriente AC. Los MOSFET son estables y robustos. No son susceptibles de embalamiento térmico. Sin embargo, los MOSFETs no pueden soportar abusos tan bien como las válvulas.

2.2.8 MOTORES PASO A PASO



Fig. 2.20 Motor de pasos

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

En este capítulo trataremos solamente los motores P-P del tipo de imán permanente, ya que estos son los más usados en robótica.

2.2.8.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.



Fig. 2.21 Imagen del rotor

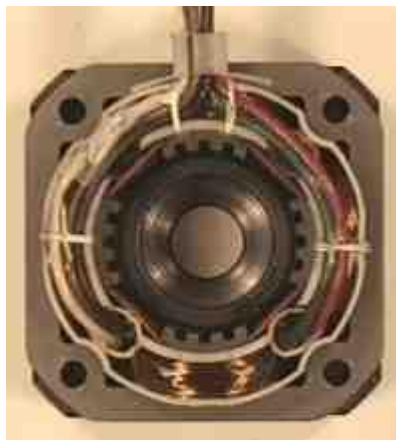


Fig. 2.22 Estator de 4 bobinas

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

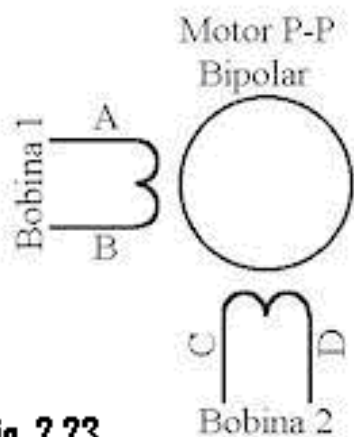


Fig. 2.23

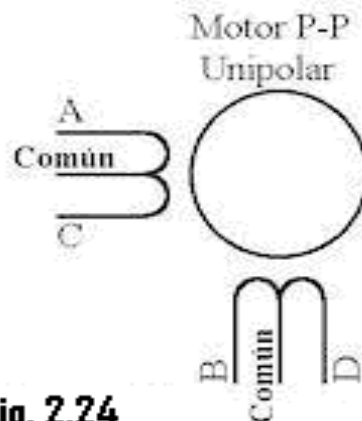


Fig. 2.24

figs. 2.23 2.24 bobinas motor P-P bipolar y Unipolar

Bipolar: Estos tiene generalmente cuatro cables de salida (fig. 2.23). Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Unipolar: Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexión interno (fig. 2.24). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

2.2.8.2 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO BIPOLARES

Como se dijo anteriormente, estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida.

A continuación se puede ver la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolares:

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Tabla 2.7

2.2.8.3 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO UNIPOLARES

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso. Ver secuencias en ANEXO B

2.2.8.4 AISLADO DEL CABLE COMÚN:

Como se aprecia en las figuras 2.22 y 2.23 de motores con 6 cables, estos poseen dos cables *comunes*, pero generalmente poseen el mismo color, por lo que lo mejor es unirlos antes de comenzar las pruebas.

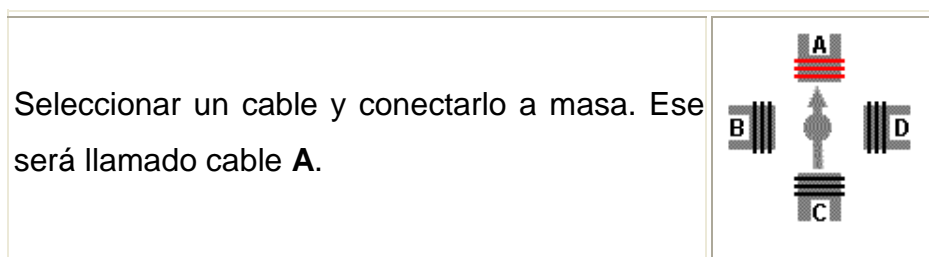
Usando un tester para chequear la resistencia entre pares de cables, el cable común será el único que tenga la mitad del valor de la resistencia entre ella y el resto de los cables.

Esto es debido a que el cable *común* tiene una bobina entre ella y cualquier otro cable, mientras que cada uno de los otros cables tienen dos bobinas entre ellos. De ahí la mitad de la resistencia medida en el cable *común*.

2.2.8.5 IDENTIFICACIÓN LOS CABLES DE LAS BOBINAS (A, B, C, D)

Aplicar un voltaje al cable *común* (generalmente 12 volts, pero puede ser más o menos) y manteniendo uno de los otros cables a masa (GND) mientras vamos poniendo a masa cada uno de los demás cables de forma alternada y observando los resultados.

El proceso se puede apreciar en el siguiente cuadro:



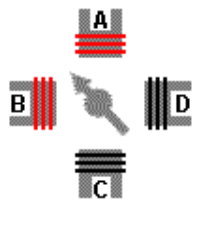
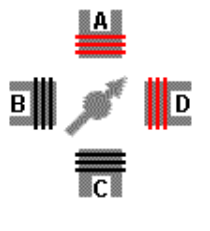
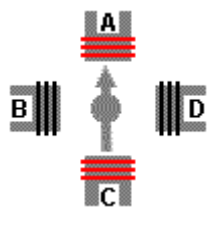
<p>Manteniendo el cable A conectado a masa, probar cuál de los tres cables restantes provoca un paso en sentido antihorario al ser conectado también a masa. Ese será el cable B.</p>	
<p>Manteniendo el cable A conectado a masa, probar cuál de los dos cables restantes provoca un paso en sentido horario al ser conectado a masa. Ese será el cable D.</p>	
<p>El último cable debería ser el cable C. Para comprobarlo, basta con conectarlo a masa, lo que no debería generar movimiento alguno debido a que es la bobina opuesta a la A.</p>	

Tabla 2.8

Nota: La nomenclatura de los cables (*A, B, C, D*) es totalmente arbitraria.

2.2.9 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR PASO A PASO EMPLEADO:

Motor de pasos unipolar 14300 GM-CM

4 fases

6.3VDC

1.8° ángulo de paso.

Resistencia fase: 4.2 Ohmios.

Corriente: 1500 mA

Torque sostenido: 14276 g-cm

2.2.10 TECLADO MATRICIAL

2.2.10.1 Descripción:

Dispositivo de entrada de datos que consta de 16 teclas o pulsadores, dispuestos e interconectados en filas y columnas. Dispone de un conector SIL

(Single In Line) macho de 8 pines que se corresponden con las 4 filas y las cuatro columnas de las que dispone.

2.2.10.2 Funcionamiento: En la siguiente figura vemos el esquema de conexionado interno del teclado matricial y sus correspondientes pines de salida numerados de izquierda a derecha mirando el teclado tal y como se ve en la foto anterior. Cuando se presiona un pulsador se conecta una fila con una columna, teniendo en cuenta este hecho es muy fácil averiguar que tecla fue pulsada. También podemos ver el conexionado típico con el puerto B del μ C PIC.

Las resistencias de 2k2 son necesarias para poder compartir el puerto del pic independientemente del teclado y por ejemplo poder conectar un LCD o una barra de leds al mismo tiempo. Durante la fase de lectura del teclado la mitad de la puerta B es configurada como entrada y la otra mitad como lectura y durante la escritura en el lcd o otro sistema, la puerta B es configurada como salidas. Entonces se podrían cortocircuitar accidentalmente las salidas de los puertos provocando su destrucción, si pulsásemos alguna tecla es ese momento con lo que al poner estas resistencias evitamos este hecho y así si se produjera el cortocircuito tan solo circularía una pequeña corriente y el puerto del μ C no correría ningún riesgo.

2.2.10.3 Rutinas

```
KBSCAN                                ;Escanea el teclado
    CLRFB    Tecla                    ;Borra Tecla y
    INCF     Tecla,f                  ;prepara Tecla para primer código.
    MOVLW   0Eh                       ;Saca 0 a la primera fila
    MOVWF   PORTB                     ;de la Puerta B
    NOP                                           ;Nada para estabilización de señal.
Cheq_Col  BTFSS  PORTB,4              ;Primera columna = 0
    GOTO    antirebotes                ;Sale si se ha pulsado tecla.
    INCF     Tecla,f                  ;Si no tecla pulsada, incrementa tecla.
    BTFSS   PORTB,5                   ;Segunda columna = 0
    GOTO    antirebotes                ;Sale si se ha pulsado tecla.
    INCF     Tecla,f                  ;Si no tecla pulsada, incrementa tecla.
    BTFSS   PORTB,6                   ;Tercera columna = 0
    GOTO    antirebotes                ;Sale si se ha pulsado tecla.
    INCF     Tecla,f                  ;Si no tecla pulsada, incrementa tecla.
```

```

BTFS    PORTB,7      ;Cuarta columna = 0
GOTO    antirebotes  ;Sale si se ha pulsado tecla.
INCF    Tecla,f      ;Si no tecla pulsada, incrementa Tecla.

```

Ultima_Tecla ;comprueba si se a escaneado todo el teclado

```

MOVLW  d'17'        ;Carga W con el número de Teclas + 1.
SUBWF  Tecla,w       ;y lo compara con el valor actual de Tecla.
BTFS   STATUS,Z      ;Si Tecla + 1 = valor actual.
GOTO   NTeclas       ;No ha sido pulsada ninguna tecla.
BSF    STATUS,C       ;Pone a 1 Bit C.
RLF    PORTB,f        ;así la Fila 1 pasa a 1 con la rotación a izqda.
GOTO   Cheq_Col

```

```

NTeclas CLRf Tecla   ;Coloca variable Tecla a 0
RETURN                                     ;y regresa.

```

antirebotes ;ahora se espera a que la tecla sea soltada para evitar rebotes
;y reactivaciones de tecla
;esta parte puede ser eliminada si para nuestro proyecto no es necesaria
;o es un inconveniente.

```

Espera1 BTFS PORTB,4      ;Si no se suelta la tecla FILA 1
        GOTO  Espera1     ;vuelve a esperar.
Espera2 BTFS PORTB,5      ;Si no se suelta la tecla FILA 2
        GOTO  Espera2     ;vuelve a esperar.
Espera3 BTFS PORTB,6      ;Si no se suelta la tecla FILA 3
        GOTO  Espera3     ;vuelve a esperar.
Espera4 BTFS PORTB,7      ;Si no se suelta la tecla FILA 4
        GOTO  Espera4     ;vuelve a esperar.

```

```

MOVf    Tecla,w         ;pone en w el numero contenido en la variable
CALL    T_Conv          ;llama a la tabla de conversion y retorna
MOVWF   Tecla           ;con el valor en hexadecimal y lo pone en la variable.
RETURN                                     ;vuelve al programa principal que hizo la llamada.

```

```

T_Conv ADDWF PCL,1
RETLW  '0'           ;Tecla nº0 = 0
RETLW  '1'           ;Tecla nº1 = 1
RETLW  '4'           ;Tecla nº2 = 4
RETLW  '7'           ;Tecla nº3 = 7
RETLW  'A'           ;Tecla nº4 = A
RETLW  '2'           ;Tecla nº5 = 2
RETLW  '5'           ;Tecla nº6 = 5
RETLW  '8'           ;Tecla nº7 = 8
RETLW  '0'           ;Tecla nº8 = 0
RETLW  '3'           ;Tecla nº9 = 3
RETLW  '6'           ;Tecla nº10 = 6
RETLW  '9'           ;Tecla nº11 = 9
RETLW  'B'           ;Tecla nº12 = B
RETLW  'F'           ;Tecla nº13 = F
RETLW  'E'           ;Tecla nº14 = E

```

RETLW 'D' ;Tecla nº15 = D
RETLW 'C' ;Tecla nº16 = C

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL ALERON TRASERO DE ACCIONAMIENTO AUTOMATICO

Es importante haber leído el capítulo anterior y realizar algunos ejercicios para llegar a entender de mejor manera lo que éste capítulo trata.

En este capítulo se realizan todos los cálculos de fuerzas en la superficie sustentadora y el diseño del programa para microchip.

Profundiza de alguna manera las aplicaciones de las instrucciones que manejan los microprocesadores PIC, y las fuerzas que se generan en la superficie sustentadora sumergida en una corriente de aire y que son aprovechadas para adherir al auto al piso.

3.1 DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS Y CÁLCULOS AERODINAMICOS

Este proyecto está dotado de elementos mecánicos que permiten tanto la transmisión de movimiento como la fuerza de sustentación, y su análisis es considerado por separado.

3.1.1 SELECCIÓN DEL PERFIL.

Existe gran variedad de perfiles aerodinámicos permitiéndonos elegir de acuerdo a nuestras consideraciones de sustentación, arrastre y velocidades.

Los perfiles que más se han usado a través de los años son los NACA por su constante evolución y tecnología han sido merecedores de la confianza de los mas grandes constructores de aviones como la BOEING, AIRBUS, etc.

Las aplicaciones de perfiles NACA son muy diversas pero no es necesario ahondar en los campos que no nos concierne como de velocidades supersónicas o hipersónicas, por lo que de acuerdo a la aplicación y a un análisis aerodinámico de constructores automotrices se ha de escoger entre los perfiles de aplicación automotriz el que más ángulo de pérdida de sustentación nos ofrezca y mayor valor de fuerza sustentadora permita.

El fin de este proyecto es poder modificar a través de los ángulos de ataque la sustentación o fuerza hacia el piso, requiriendo un perfil al que se le pueda dar el mayor un ángulo sin que ello signifique una perdida de sustentación por arrastre inducido, para de esta manera tener un rango de sustentación que podamos manejar y elegir de acuerdo a nuestras necesidades.

Como ya vimos en el resumen de los perfiles alares sus ventajas, desventajas y aplicaciones, la familia de perfiles que se va utilizar es la NACA de 5 dígitos.

En la tabla 3.1 se analiza los rangos de ángulos que permite trabajar cada perfil NACA 5 dígitos, escogiendo el más alto.

PERFIL NACA 5 dígitos	ANGULO MÁXIMO	SUSTENTACIÓN
N11015	10.3	1.23
N12015	10.6	1.42
N13015	11.3	1.54
N14015	12.0	1.52
N15015	11.6	1.54
N16015	11.5	1.47

N21015	14.6	1.48
N22015	15.3	1.52
N23015	19.6	1.52
N24015	16.3	1.51
N25015	13.5	1.23.1.34
N26015	15.5	1.54
N31015	12.4	1.7
N32015	11.8	1.23
N33015	15.6	1.65
N34015	12.7	1.34
N35015	12.1	1.23
N36015	9.7	1.45
N41015	9.2	1.23
N42015	8.4	1.43
N43015	9.1	1.39
N44015	8.2	1.54
N45015	4.2	1.45
N46015	7.1	1.12
N51015	8.1	1.19
N52015	9.3	1.18
N53015	7.3	1.12
N54015	6.4	1.14
N55015	6.2	1.25
N56015	8.5	1.45
N61015	8.2	1.41
N62015	9.2	1.19
N63015	10.1	1.45
N64015	9.3	1.31
N65015	9.4	1.27
N66015	8.7	1.35

*Se ha considerado un espesor de 15% para todos los perfiles

Tabla 3.1 Ángulo de ataque y coeficientes de sustentación de perfiles NACA 5 dígitos

Se ha escogido el perfil NACA 23015 ya que su ángulo máximo de pérdida de sustentación es el mayor registrado.

3.1.2 CÁLCULO DE LAS FUERZAS DE SUSTENTACIÓN Y ARRASTRE.

El área del perfil es directamente proporcional a la fuerza sustentadora y mientras mayor esta sea mejor será la adherencia del carro al piso. Por lo tanto en el diseño del ala ya viene dado el espesor en porcentaje del largo de cuerda, por lo que el único parámetro para variar el área será la longitud de la cuerda. Dadas las dimensiones del vehículo con el que vamos a trabajar no es conveniente extendernos con la longitud de cuerda por las siguientes razones:

1. En vista del giro del ala ésta puede topar la carrocería
2. No es aconsejable trabajar con el centro de gravedad muy alejado del piso.
3. El aumento de peso significaría mayor inercia y el empleo de un motor más potente.

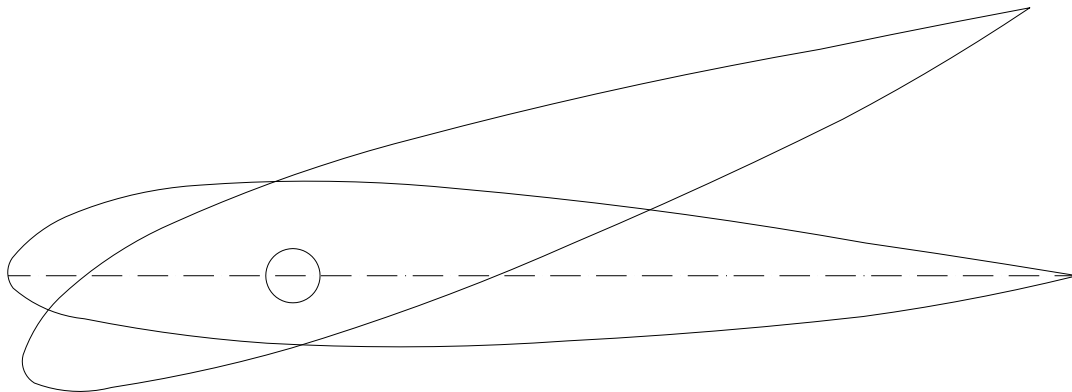


Fig. 3.1

Alerón trasero girando

Una vez escogido el perfil con el que vamos a trabajar es necesario conocer la fuerza de sustentación neta que se dispone a los distintos ángulos; para lo cual utilizaremos la fig 2.11.

AREA:

Es el área total que cubre al perfil aerodinámico:

$$Area = (longitudperfil) * (envergadura)$$

$$longitudperfil = 19.35in$$

$$envergadura = 38,5826in$$

$$A = (19.35in) * (38,5826in)$$

$$A = 746.57in^2 = 0.48166m^2$$

DENSIDAD:

La densidad depende de dos factores la altura y la temperatura del aire.

Por lo que se tomo el valor de 0.95 de la tabla mostrada en el anexo "A"

FUERZAS DE SUSTENTACIÓN Y ARRASTRE

Angulo de ataque	CL	Fuerza de sustentación: $F_L = C_L \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2}\right) \cdot A$	CD	Fuerza de arrastre $F_D = C_D \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2}\right) \cdot A$	Sustentación neta $\sqrt{F_L^2 + F_D^2}$
0	0.12	0.027452726 v ²	0.008	0.00183018 v ²	0.027513665 v ²
2	0.30	0.068631816 v ²	0.012	0.00274527 v ²	0.06868670 v ²
4.1	0.45	0.102947724 v ²	0.020	0.00457545 v ²	0.103049351 v ²
8.2	0.78	0.178442722 v ²	0.040	0.00915091 v ²	0.178677207 v ²
12.3	1.10	0.251649993 v ²	0.080	0.01830182 v ²	0.252314635 v ²
16.4	1.38	0.315706354 v ²	0.130	0.02974045 v ²	0.317104079 v ²
19.6	1.52	0.347734535 v ²	0.170	0.03889136 v ²	0.349902622 v ²

Tabla 3.2 fuerzas de sustentación y arrastre en función de la velocidad del auto perfil

NACA 23015

Pongamos como ejemplo la velocidad de 180 KPH (50MPS)

Angulo de ataque	CL	Fuerza de sustentación: $F_L = C_L \cdot (\frac{\delta \cdot v^2}{2}) \cdot A$	CD	Fuerza de arrastre $F_D = C_D \cdot (\frac{\delta \cdot v^2}{2}) \cdot A$	Sustentación neta $\sqrt{F_L^2 + F_D^2}$
0	0.12	68.63181615	0.008	4.57545441	68.78416221
2	0.30	171.5795404	0.012	6.86318162	171.7167491
4.1	0.45	257.3693106	0.020	11.438636	257.6233771
8.2	0.78	446.106805	0.040	22.8772721	446.6930165
12.3	1.10	629.1249814	0.080	45.7545441	630.7865887
16.4	1.38	789.2658857	0.130	74.3511342	792.7601967
19.6	1.52	869.3363379	0.017	97.2284062	874.7565555

Tabla 3.3 fuerzas de sustentación y arrastre en el perfil NACA 23015

A 19,6° de ángulo de ataque se produce la mayor sustentación neta 874.75N que son 166.95Lbf que son determinantes al atravesar una curva

3.1.3 CÁLCULO DEL ESFUERZO MÁXIMO EN EL ALA:

Existen muchos programas computacionales de diseño de perfiles, entre los más difundidos y completos está el COMPUFOIL, que puede generar la gran mayoría de perfiles NACA.

COMPUFOIL:

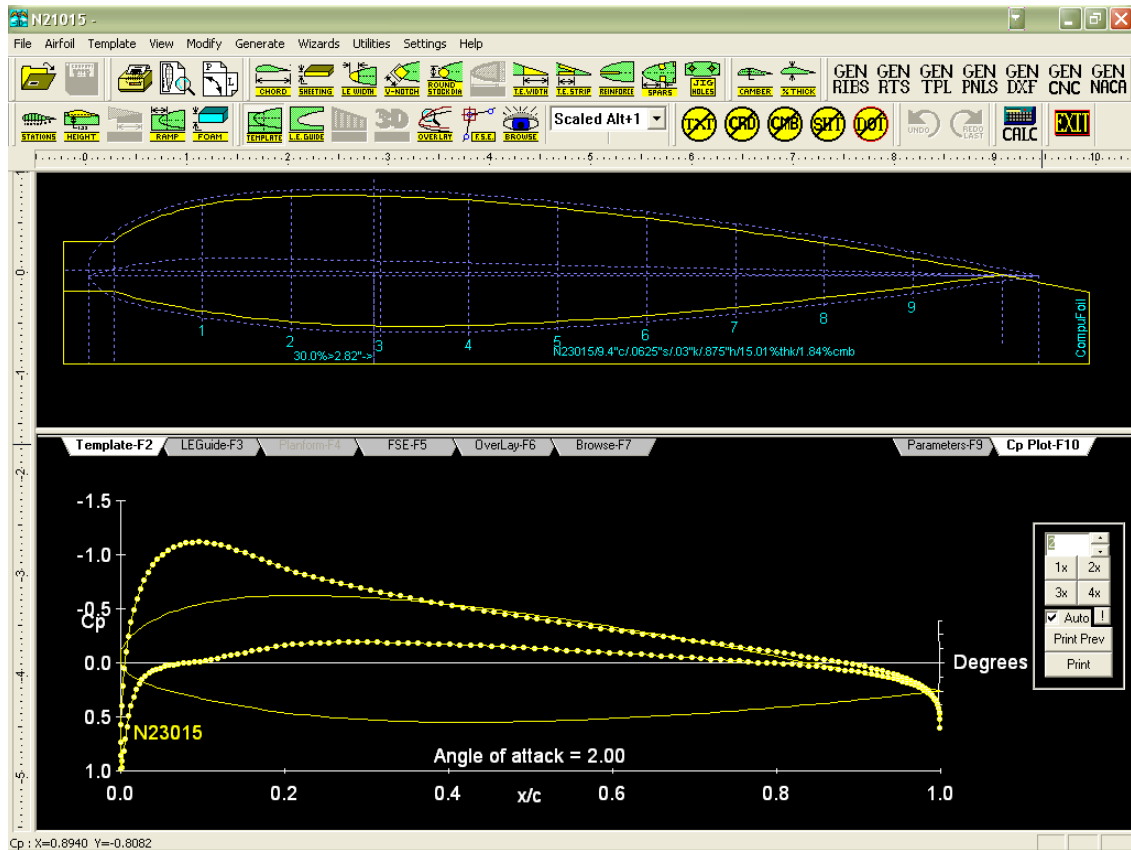


fig. 3.2 perfil de ala en COMPUFOIL

A través de éste programa de diseño de perfiles aerodinámico se pudo generar el perfil NACA que antes seleccionamos.

Mediante un túnel de viento virtual que este programa en su versión de evaluación proporciona se pudo representar la curva de Cp (coeficiente de presiones tanto en la cara superior como en la inferior del perfil, pudiendo determinar las curvas de presiones con el ángulo de ataque que en nuestro diseño será el máximo al cual se produce la perdida de sustentación 19,6°.

Procedimiento:

1. En vista que no se puede copiar e importar el archivo de curva de presiones. Se tomó los datos de las coordenadas de los puntos de cada curva.
2. Se tomaron en el caso de la grafica de la cara superior 33 valores cuya coordenada en x representa un punto de longitud de cuerda, y la

coordenada y representa el valor del coeficiente de presiones. Con estos datos se realizó una gráfica de dispersión en EXCEL.

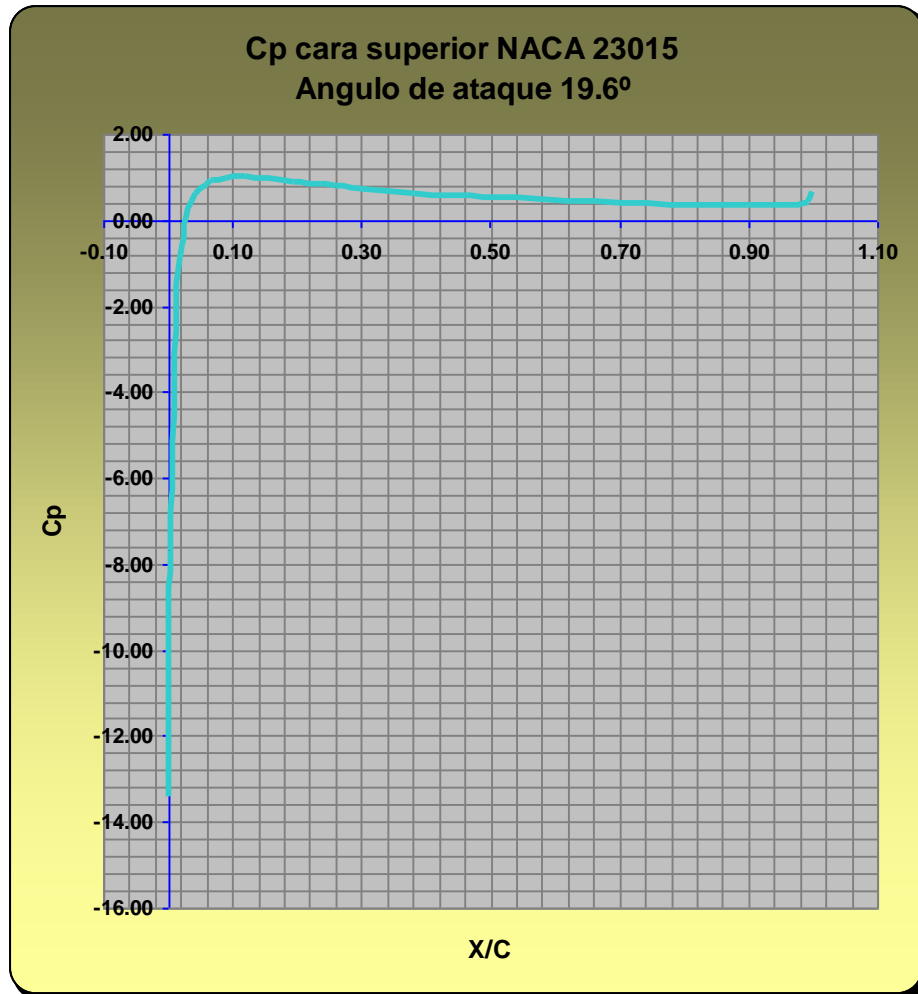


fig. 3.3 C_p . cara superior perfil NACA 23015 Angulo de ataque 19.6°

3. Para los valores de la cara inferior del perfil se tomaron 23 valores. Y se hizo lo mismo que en el paso anterior.

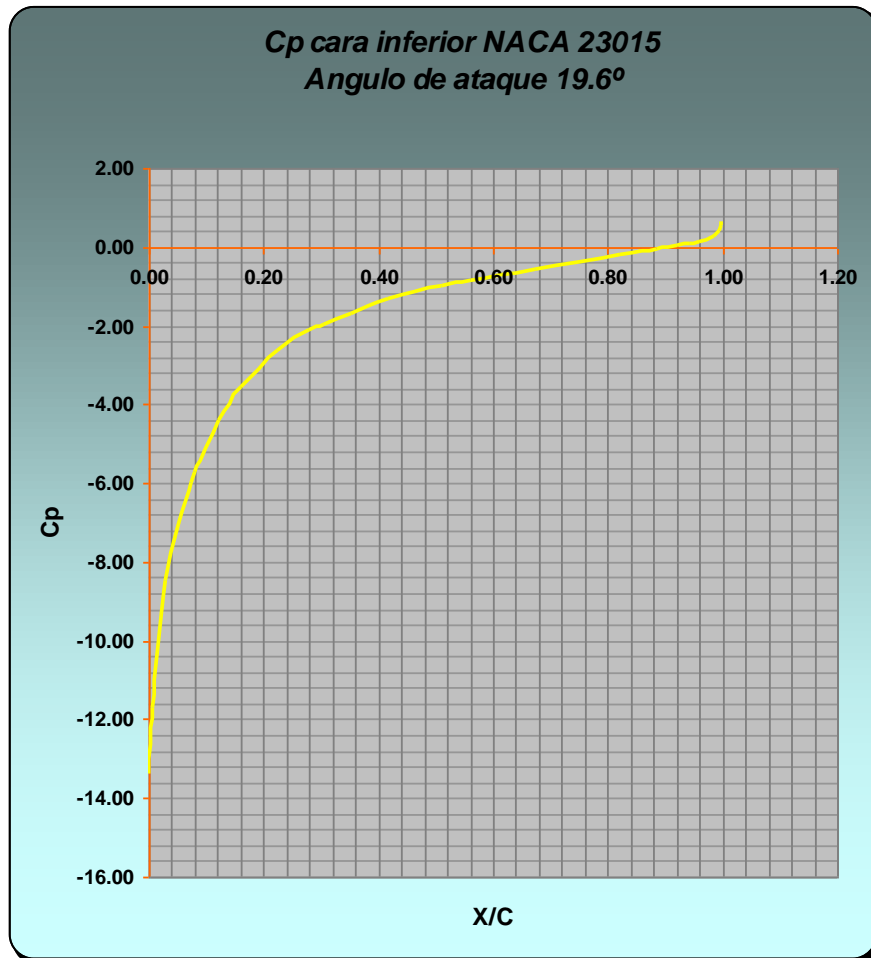


fig. 3.4 Cp. cara inferior perfil NACA 23015 Angulo de ataque 19.6°

4. Calculamos de cada curva una ecuación, esto con el objetivo de utilizarlas en el cálculo de la sustentación total resultante C_s y el centro aerodinámico de presiones.

Para éste cálculo nos ayudamos del programa de cálculo MATLAB y la opción POLIFIT que calcula la ecuación de la curva en coeficientes de un polinomio que determinaremos, mientras el grado del polinomio sea mayor, mayor será la precisión de la curva.

3.1.3.1 CARA SUPERIOR:

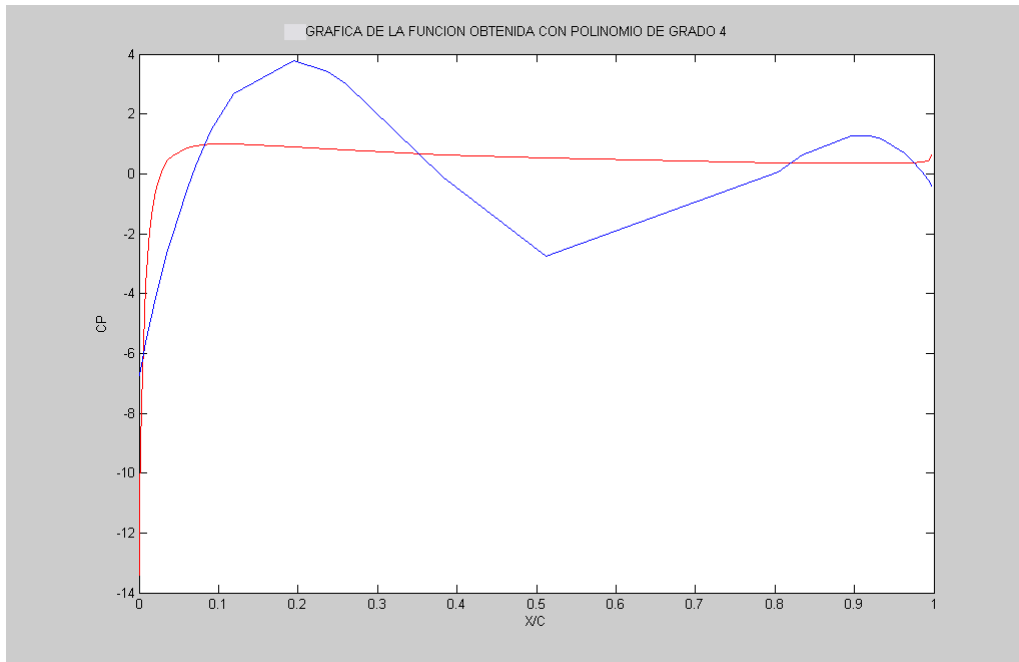


fig. 3.5 Coeficiente de presiones cara superior grado 4

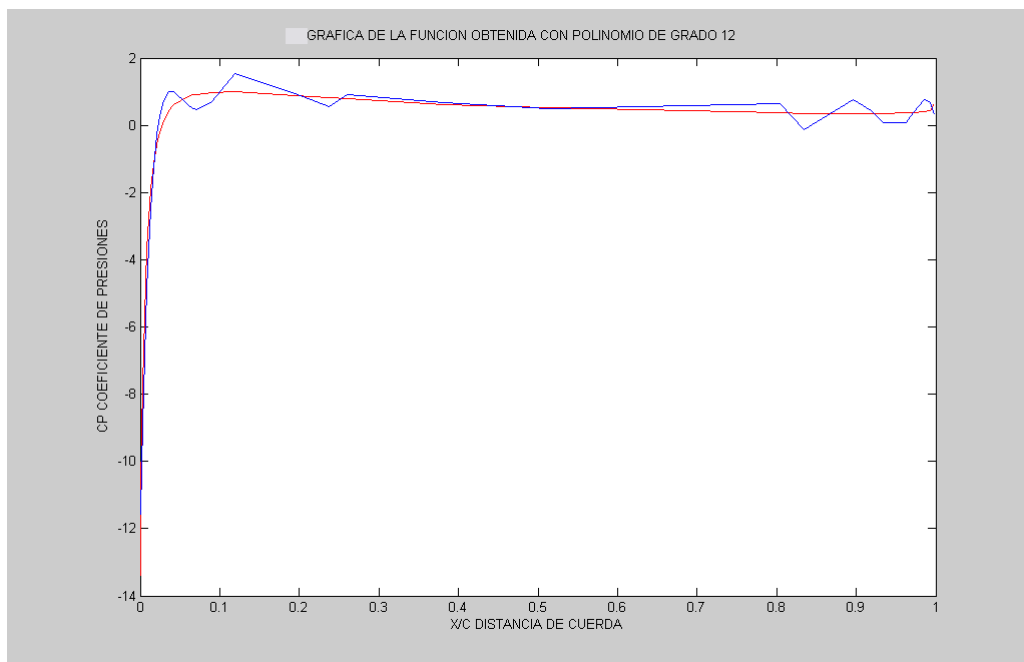


fig. 3.6 Coeficiente de presiones cara superior grado 12

Coeficientes para un polinomio de grado 12

**-1.35E+07 8.24E+07 -2.19E+08 3.33E+08 -3.21E+08 2.03E+08 -8.62E+07
2.42E+07 -4.39E+06 4.92E+05 -31440 1012.6 -11.557**

Ecuación:

$$y = -1.35E+07x^{12} + 8.24E+07x^{11} - 2.19E+08x^{10} + 3.33E+08x^9 \\ - 3.21E+08x^8 + 2.03E+08x^7 - 8.62E+07x^6 + 2.42E+07x^5 \\ - 4.39E+06x^4 + 4.92E+05x^3 - 31440x^2 + 1012.6x - 11.557$$

$$y' = \int (-1.35E+07x^{12} + 8.24E+07x^{11} - 2.19E+08x^{10} + 3.33E+08x^9 - 3.21E+08x^8 + 2.03E+08x^7 \\ - 8.62E+07x^6 + 2.42E+07x^5 - 4.39E+06x^4 + 4.92E+05x^3 - 31440x^2 + 1012.6x - 11.557) dx$$

$$y' = -1.353E+07x^{12} + 8.2372E+07x^{11} - 2.1884E+08x^{10} + 3.3305E+08x^9 - 3.2056E+08x^8 \\ + 2.0343E+08x^7 - 8.6198E+07x^6 + 2.4207E+07x^5 - 4.3927E+06x^4 + 4.9163E+05x^3 \\ - 31440x^2 + 1012.6x - 11.557$$

$$y' = -163303259/1287000$$

$$y' = -0,478//$$

3.1.3.2 CARA INFERIOR:

La cara inferior es la que más soporta la carga aerodinámica pudiéndose apreciarse gráficamente; por lo que al desarrollar su ecuación se puede calcular el coeficiente de presiones resultante integrando la curva, y con ello se puede obtener la fuerza o carga distribuida a lo largo de toda la cara inferior, que para propósito automotriz como ya hemos mencionado se considerará un ala invertida.

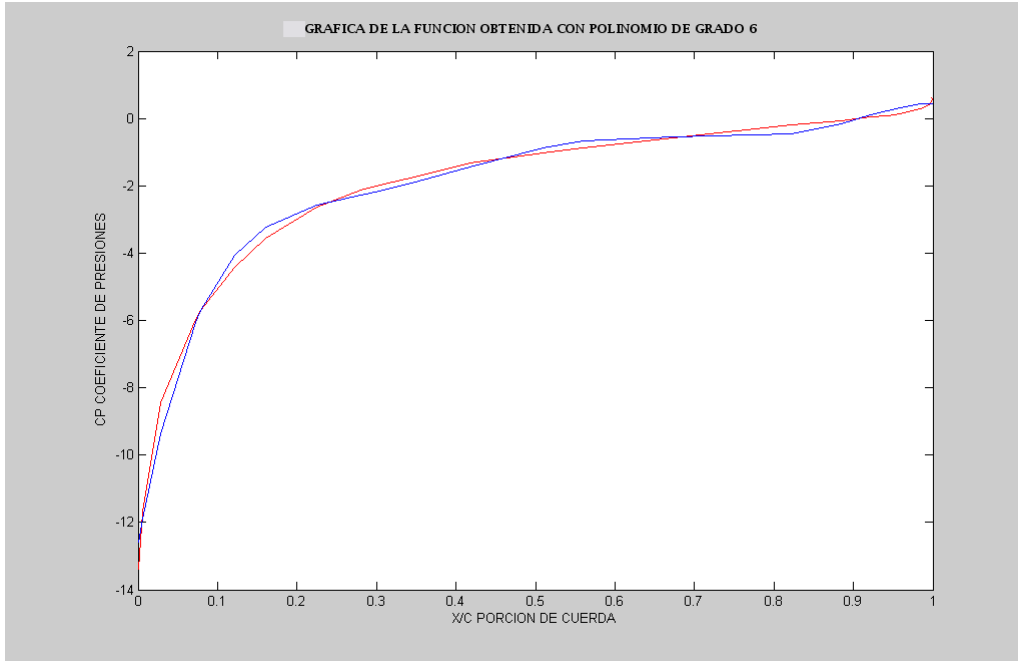


fig. 3.7 coeficiente de presiones cara inferior con grado 6

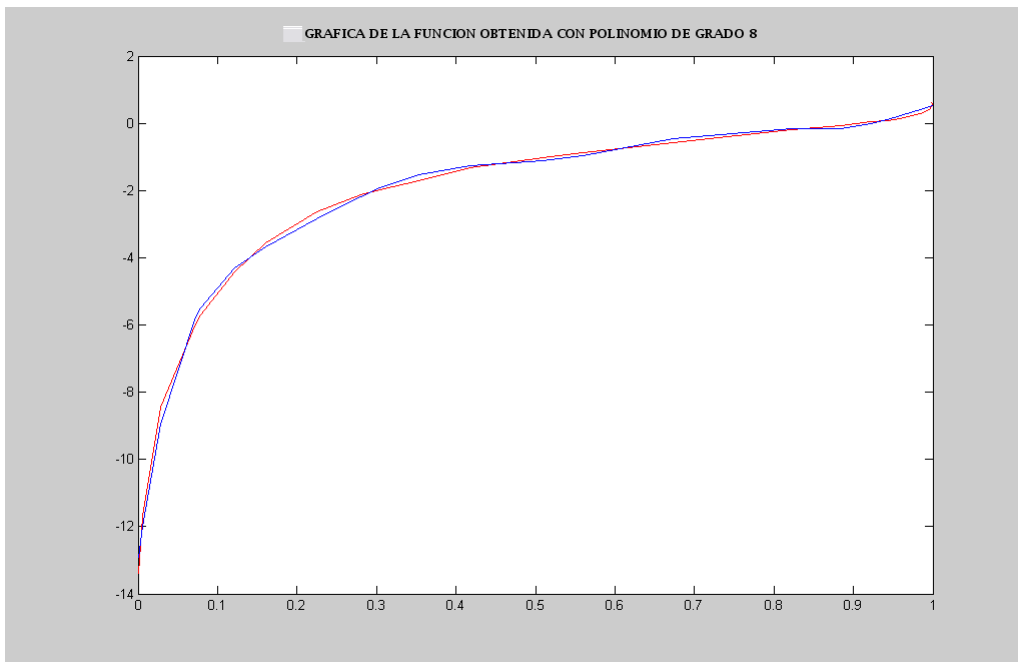


fig. 3.8 Coeficiente de presiones cara inferior con grado 8

Coeficientes para un polinomio de grado 8

-5759.4 25455 -46514.0000 45459.0000 -25713 8543.8 -1639.9 181.32 -12.926

Ecuación:

$$y = -5759.4x^8 + 25455x^7 - 46514x^6 + 45459x^5 - 25713x^4 + 8543.8x^3 - 1639.9x^2 + 181.32x - 12.926$$

$$y' = \int (-5759.4x^8 + 25455x^7 - 46514x^6 + 45459x^5 - 25713x^4 + 8543.8x^3 - 1639.9x^2 + 181.32x - 12.926)$$

$$y' = -9599/15x^9 + 25455/8x^8 - 46514/7x^7 + 15153/2x^6 - 25713/5x^5 + 42719/20x^4 - 16399/30x^3 + 4533/50x^2 - 6463/500x$$

$$y' = -41261/21000$$

$$y' = -1.9648$$

3.1.3.3 FUERZA RESULTANTE EN LA CARA INFERIOR:

$$A = (\text{longitud.contorno.cara inferior}) * (\text{envergadura})$$

$$A = 9,15 \text{ in} * 38,58 \text{ in}$$

$$A = 353 \text{ in}^2 = 0.2277 \text{ m}^2$$

$$\delta = 0.950 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$v = 180 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$F_R = y'(A) \frac{1}{2} \delta \cdot v^2$$

$$F_R = -1,9864(0,2277)(0,950) \frac{1}{2} (50)^2$$

$$F_R = 537,218 \text{ N}$$

$$F_R = 120,77 \text{ lbf}$$

Para contrarrestar la fuerza flexionante se ha dividido la envergadura del ala en cuatro partes soportadas por almas o estructuras de madera lo que permite dividir la fuerza para cuatro partes de 245 mm. o 9,65 in. Lo que resulta

$$F_R = \frac{120,77 \text{ lbf}}{4}$$

$$F_R = 30,1928 \text{ lbf}$$

3.1.4 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CHAPA DEL ALA:

El material de la chapa debe ser ligero en peso, resistente a la corrosión, y lógicamente deberá soportar la carga aerodinámica. En el mundo del

automovilismo se utilizan materiales compuestos como la fibra de carbono o kevlar; sin embargo en nuestro medio no se puede disponer de estos materiales, tanto por falta de popularidad como por su elevado costo.

La fibra de vidrio puede reemplazar en muchos casos a estos materiales, todo depende del diseño del constructor, como en nuestro caso se ha reforzado nuestra ala con almas de madera, lo que distribuye mejor la carga aerodinámica en el entorno de toda el ala.

3.1.5 CÁLCULO DE LA CARGA FLEXIONANTE MÁXIMA:

Una de las formas de conocer la resistencia a la flexión de la fibra de vidrio ya preparada es realizando pruebas destructivas de su resistencia, las cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de resistencia de materiales de la Escuela Politécnica Nacional.

Primero se construyó dos planchas de fibra de vidrio una con una capa y otra con dos, pudiendo recortarse a las medidas determinadas por la máquina, de pruebas.

Luego se expuso a flexión mediante carga puntual cada plancha, obteniendo los siguientes resultados.

NOMBRE	CAPAS	FUERZA MAXIMA
Plancha 1	Una capa	34_Lbf
Plancha 2	Una capa	39_Lbf
Plancha 3	Una capa	42_Lbf
Plancha 1	Dos capas	54_Lbf
Plancha 2	Dos capas	67_Lbf
Plancha 3	Dos capas	63_Lbf

Tabla 3.4 Carga flexionante en planchas de fibra de vidrio

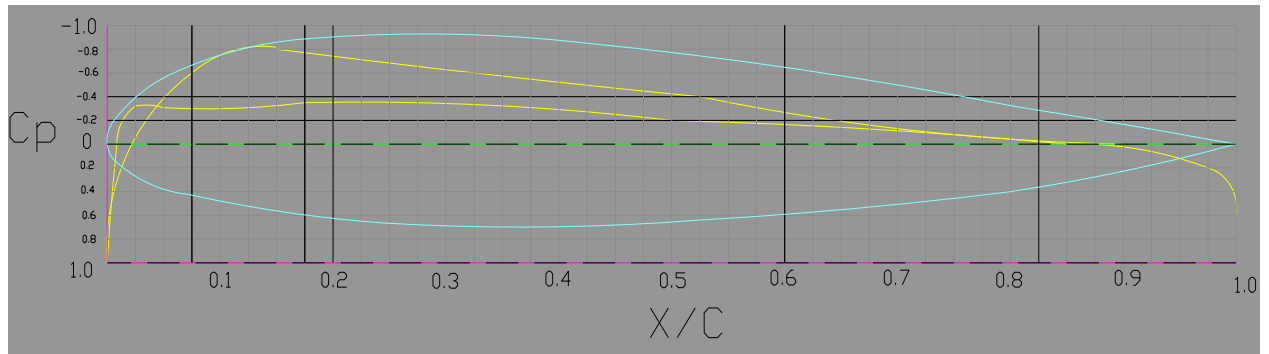


fig. 3.9 Coeficiente de presiones perfil NACA-23015 con ángulo 0°

3.1.6 DISEÑO DE ENGRANAJES DE TRANSMISION:

Potencia Transmitida:

Torque motor P-P= 140N.cm.

$$T = 140N.cm(100^{-1})m / cm$$

$$T = 1,40N.m(J)$$

Velocidad (configurada en el programa)= 11,3 grados/seg.

$$\omega = \frac{11,3^\circ}{seg} 2\pi rad$$

$$\omega = 71_rad / seg$$

$$\omega = 678_rpm = n_p$$

$$P = T(\omega)$$

$$P = 1,40J.(71rad / seg)$$

$$P = 99,4_W$$

$$P = 0,1332_hp$$

Relación de transmisión:

Debido al diseño del motor de pasos por cada pulso que el motor de pasos de el piñón girará 1,8 grados sexagesimales, para efectos de precisión se desea que por cada pulso del motor, el engrane que moviliza directamente el alerón se desplace un grado exacto, por lo que VR=1,8.

$$N_p = 20 \dots \text{escojo}$$

$$1,8 = \frac{20}{N_G}$$

$$N_G = 36 //$$

$$P_d = 18$$

$$D_p = \frac{N_p}{P_d} = \frac{20}{18} = 1,11 \text{ pulg}$$

$$D_G = \frac{N_G}{P_d} = \frac{36}{18} = 2,0 \text{ pulg}$$

Distancia Central.

Menor a 44 mm.

$$C = \frac{N_p + N_G}{2P_d}$$

$$C = 1,55 \text{ pulg}$$

$$C = 39,50 \text{ mm}$$

Velocidad de línea de paso.

$$v_t = \frac{\pi D_p n_p}{12}$$

$$v_t = \frac{\pi(1,11)(71)}{39,37}$$

$$v_t = 6,288 \text{ m/s}$$

Carga transmitida.

$$W_t = \frac{99,4 \text{ Nm/seg}}{6,288 \text{ m/seg}}$$

$$W_t = 15,80 \text{ N}$$

$$W_t = 3,55 \text{ lb}$$

Tensión por flexión diente del piñón.

Los factores que interfieren en estos cálculos hacen referencia a las tablas mostradas en anexo "A"

$$F = 6,4mm$$

$$J_p = 0,395 \text{ ___ profundidad } _{25^\circ}$$

$$J_G = 0,410$$

$$K_a = 1,25 \text{ ___ choque } _{\text{moderado}}$$

$$K_s = 1,00 \text{ ___ } P_d = 18 \text{ ___ dientes } _{\text{pequeños}}$$

$$\frac{F}{D} = \frac{6,4}{28,194} = 0,227$$

$$K_m = 1,09$$

$$m_B = \frac{t_R}{h_t} = \frac{2,65}{3,6} = 0,736$$

$$K_B = 1,85$$

$$Q_v = 5$$

$$K_v = 0,90$$

$$\sigma_t = \frac{W_t P_d K_a K_s K_m K_B}{FJ K_v}$$

$$\sigma_{tP} = \frac{(3,55)18 \cdot 1,25(1)(1,09)(1,85)}{0,25(0,395) \cdot 0,95}$$

$$\sigma_{tP} = 1716,91 \text{ _psi ___ tension } _{\text{del } _{\text{piñon}}}$$

$$\sigma_{tG} = \sigma_{tP} \left(\frac{J_p}{J_G} \right)$$

$$\sigma_{tG} = 1716,91 \left(\frac{0,395}{0,410} \right)$$

$$\sigma_{tG} = 1654 \text{ _psi ___ tensión } _{\text{del } _{\text{engrane}}}$$

Selección del material:

Debido al valor de flexión y por costos los engranajes se han construido en material plástico ABS.

De acuerdo con el anexo "A"

$$ABS \rightarrow S_{sat} = 3000psi$$

$$\sigma_t < S_{sat}$$

$$\sigma_{tP} < S_{sat}$$

$$1716,91 < 3000 \text{ ___ ok}$$

$$\sigma_{tG} < S_{sat}$$

$$1654 < 3000 \text{ ___ ok}$$

3.2 DISEÑO DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

3.2.1 DISEÑO DE SENSORES

3.2.1.1 ANEMÓMETRO (VELOCIDAD DEL AIRE)

Cuando un cuerpo sólido se mueve en un fluido, el cuerpo ejerce una fuerza igual y en sentido contrario a la que el fluido ejerce sobre él.

Un anemómetro es un instrumento calibrado para medir velocidades de fluidos gaseosos como en el mi caso del viento, existen algunos tipos de anemómetros como el de eje horizontal (paletas), Molinete hidráulico, de hilo caliente, de eje vertical.

El anemómetro escogido es el de paletas de eje horizontal, que no es más que una turbina hélice accionada por el viento que gira libremente en el interior de una caja cilíndrica. La velocidad del aire es proporcional y función del número de revoluciones, en el eje horizontal se dispone de un medidor de revoluciones a través de un opto, que indica el número de revoluciones a la que gira la turbina expresadas en velocidad.

3.2.1.2 SENSORES DE POSICION DEL VOLANTE.

Este circuito capta a través del corte de haz de luz que un diodo emisor envía hacia el transistor emisor produciendo una señal digital que es captada por el circuito de control.

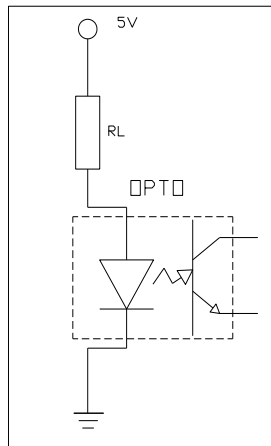


Fig. 3.12 Circuito del opto acoplador

Señales de control

$$V_D = 0.7$$

$$I_L = 10mA$$

$$V_L = 5 - 0.7$$

$$V_L = 4.3V$$

$$R_L = \frac{V_L}{I_L}$$

$$R_L = \frac{4.3V}{10mA}$$

$$R_L = 430\Omega$$

3.2.2 CIRCUITO DE CONTROL

Es el encargado de procesar las señales provenientes de los distintos periféricos como teclado y sensores.

Posteriormente de acuerdo con el programa diseñado en el microprocesador PIC, produce tanto modificaciones en sus opciones como señales de activación a los actuadores.

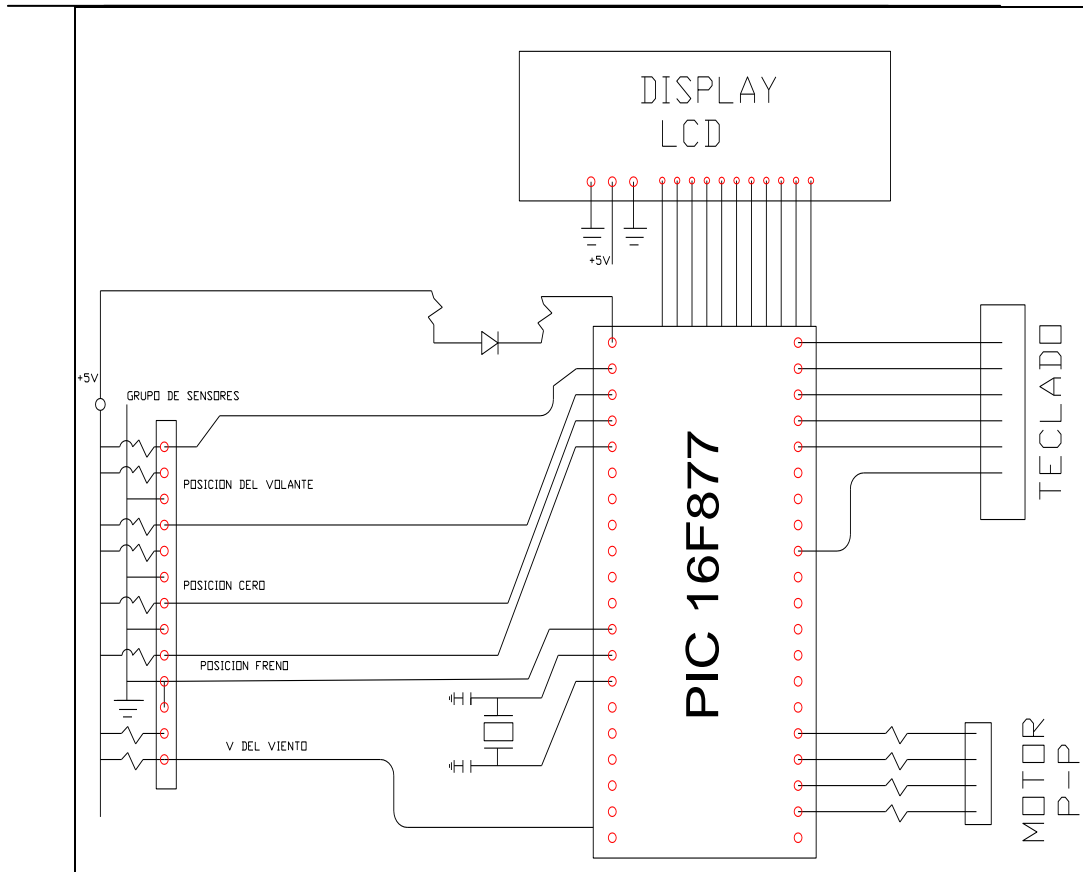


Fig. 3.13 Circuito de control

3.2.3 CIRCUITO DEL TECLADO

Este circuito el cual posee una subrutina de programa para su control, tiene las siguientes opciones:

- Elegir las opciones de programa.
- Introduce valores de velocidad, ángulos.
- Modifica nombres de rutas.

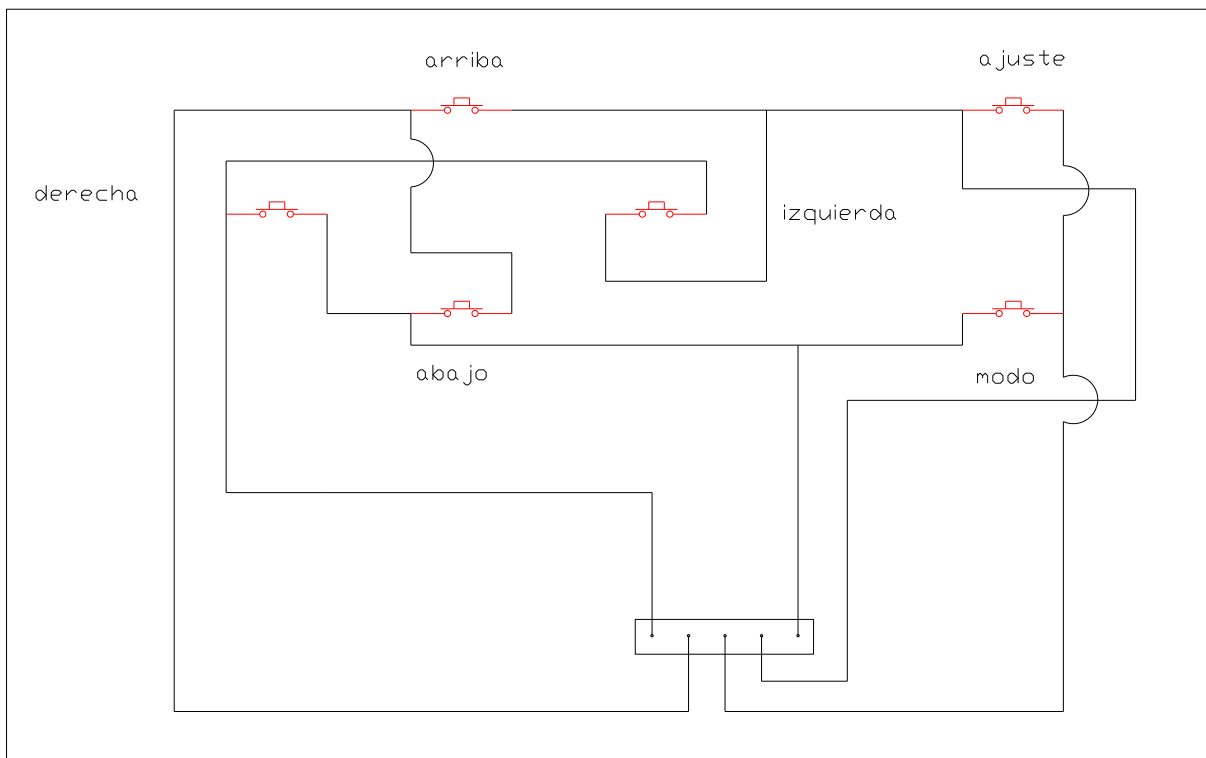


Fig. 3.14 Circuito del teclado

3.2.4 CIRCUITO DE POTENCIA

Este circuito tiene la misión de suministrar la potencia necesaria para activar al motor de pasos.

Recibe los pulsos del circuito de control para amplificar la corriente hasta 5 Amperios

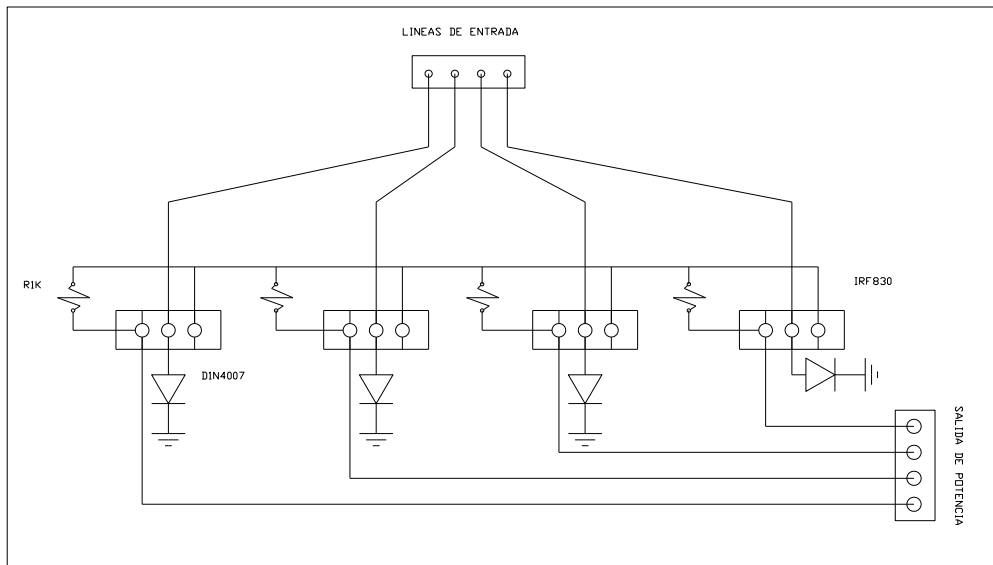


Fig. 3.15 Circuito de potencia

3.2.5 CIRCUITO REGULADOR DE TENSION

Es necesario que un circuito suministre en todo momento un voltaje con mínima variación, para de esta manera proteger los circuitos.

Este circuito transforma el voltaje suministrado por la batería de auto [12v] a 5 voltios y lo regula a través de un diodo ZENER y una resistencia.

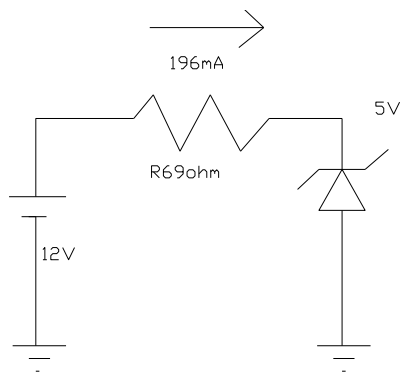


Fig. 3.16 Circuito regulador de tensión

3.3 DISEÑO DE PROGRAMA PARA EL MICROCHIP.

3.3.1 DESCRIPCIÓN RECEPCIÓN DE SEÑALES:

Debemos considerar que los receptores o sensores pueden estar en la parte externa o dentro de la cabina del auto, y el tipo de señal que el microcontrolador va a leer.

Señal analógica:

Es la proporcionada por el sensor de velocidad del aire (anemómetro) y está a la intemperie.

Señales digitales:

Es la conformada por el opto-transistor y sensa la posición del volante (radio de la curva) y la posición de frenado a fondo. Son uno para cada sentido de giro y uno para el censado de freno a fondo.

Teclado:

Es el encargado de permitir la introducción de datos y navegar por la memoria EEPROM del microprocesador con opciones de cursor, incrementos para el ángulo de ataque, y aceptar o retornar datos.

3.3.2 DESCRIPCIÓN SALIDA DE SEÑALES:

Las salidas se las hacen utilizando el puerto B del microprocesador y se las amplifica en la etapa de potencia por medio de transistores MOSFETS que proporcionan rangos muy elevados de amplificación.

Visualización

De la visualización está encargado el display de cristal líquido de instrucciones Hitachi.

Que proporciona la facilidad de mostrar mensajes y escribir números y caracteres.

3.3.3 ALGORITMO Y DISEÑO DEL PROGRAMA:

3.3.3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES:

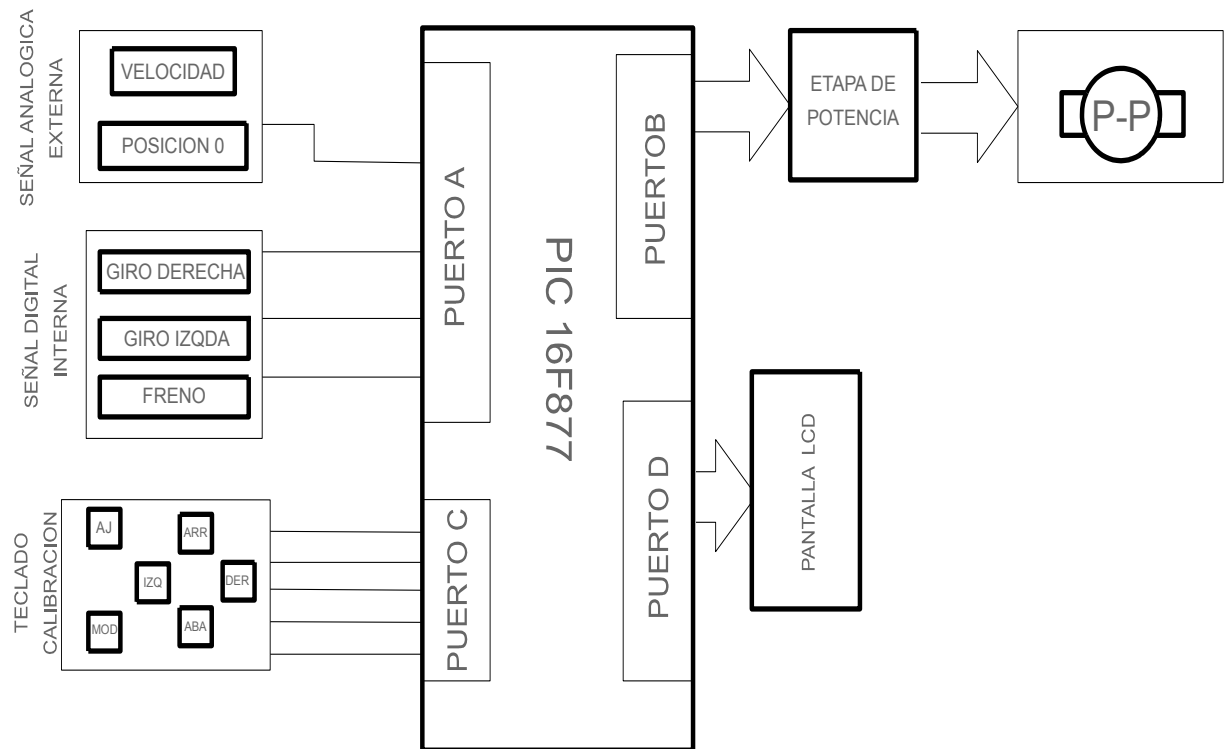


Fig. 3.17 Diagrama de bloques

3.3.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO:

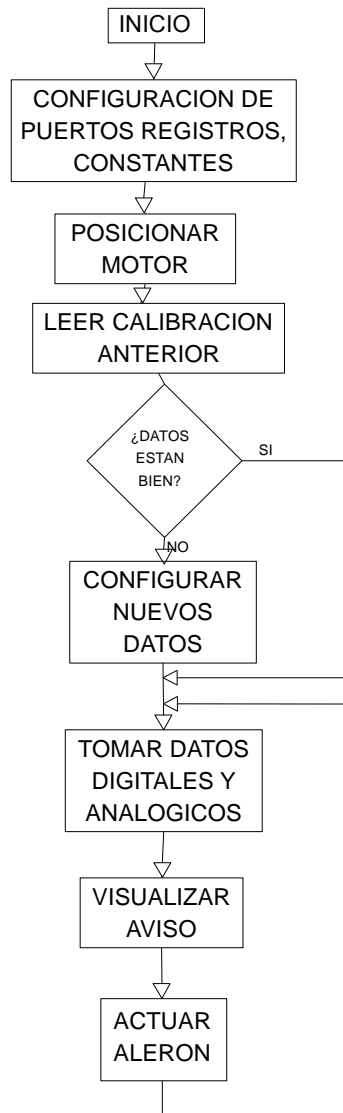


Fig. 3.18 Diagrama de flujo

Programa principal

LIST P=16F877A

INCLUDE <P16F877A.INC>

ORG 0x000

goto PRINCIPAL

; PROGRAMA PRINCIPAL

Principal

```

call PIC_INI ;inicializa registros puertos,
constantes del pic
call LCD_INI ;inicializa LCD
goto $

```

Opciones

```

clrf PCLATH
btfss Reg_Control,_Texto ;Actualizar display
return
bcf Reg_Control._Texto

movf OPCIONES,W
addwf PCL,f
goto menu_principal
goto crear_ruta
goto ingresar_angulo1
goto ingresar_angulo2
goto ingresar_velocidad
goto lista_de_rutas
goto calibrar_velocidad
goto valores_actuales_V_A1yA2

```

3.3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL:

Menú principal.

En este campo se presenta el mensaje inicial, presentando un texto con el nombre del autor del programa

<p style="text-align: center;">TESIS DE GRADO Ricardo Bolaños</p>

Fig. 3.19 Menú principal

Crear Ruta.

Inicialmente se presenta el texto “Nombre de Ruta” luego que tengamos modificado siempre se cargará el nombre actual de ruta desde la memoria EEPROM de datos.

Es posible cambiar el nombre de ruta y colocar valores de ángulo1 ángulo2 y velocidad presionando la tecla de ajuste.

Nombre de ruta? A1=00 A2=00 V=00

Fig. 3.20 Crear ruta

Ingresar Angulo1.

Se presenta el texto “Angulo1” y carga el dato del ángulo desde la memoria EEPROM de datos.

Este valor se puede modificar con la tecla de ajuste.

Angulo1 A1=00

Fig. 3.21 Ingresar Angulo1

Ingresar Angulo2

Se presenta el texto “Angulo2” y carga el dato del ángulo desde la memoria EEPROM de datos.

Este valor se puede modificar con la tecla de ajuste

Angulo2 A2=00

Fig. 3.22 Ingresar Angulo2

Ingresar Velocidad.

Presenta el texto “Velocidad” y carga la velocidad de la memoria.

Este valor se puede modificar con la tecla de ajuste

Velocidad V=00

Fig. 3.23 Ingresar velocidad

Lista de rutas.

Presenta el nombre de ruta, la velocidad de la ruta almacenada en memoria EEPROM de datos, presenta el ángulo 1 y 2.

Ruta1 V=120 A1=12 A2=18
--

Fig. 3.24 Lista de rutas

Calibración de la velocidad.

Presenta el texto calibración y espera que pulsemos el botón de ajuste cuando hayamos ingresado la velocidad de calibración.

Calibración V=00

Fig. 3.25 Calibración de velocidad

Valores actuales de velocidad ángulo 1 y ángulo 2.

En cualquier momento de la ejecución del programa en pista o en carretera se pueden visualizar los valores de velocidad y ángulos calibrados en el circuito actual.

Valores actuales V=120 A1=12 A2=10

Fig. 3.26 Valores actuales

CAPITULO IV

CONSTRUCCION Y ENSAMBLAJE:

El presente capítulo muestra en detalle la construcción en fibra de vidrio de la superficie sustentadora NACA 23015. y la construcción y conexiones de los circuitos a demás se explica como se hizo el sensor de velocidad de aire.

4.1 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECANICOS.

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA SUPERFICIE SUSTENTADORA:

La fibra de vidrio nos da la posibilidad de moldearse a nuestra necesidad, tiene un peso muy bajo y buena resistencia y los riesgos de corroerse son nulos.

Materiales y herramienta:

- Fibra de vidrio estándar:**
- Resina poliéster.**
- Gel-Coat transparente.**
- Estireno (aumentar viscosidad).**
- Meck peróxido y cobalto (acelerador y catalizador).**
- Probeta (Para hacer la mezcla correcta de resina o Gel-coat y secante).**
- Cera desmoldante y aceite de motor**
- Harina de maíz humedecida.**
- Madera MDF (guías de molde).**
- Rodillo (para amasar la harina).**
- Masilla plástica y catalizador.**
- Mascarilla y guantes de látex.**
- Lija.**
- Pintura poliuretano aluminio.**
- Fondo y secante.**
- Barniz de brillo poliuretano.**
- Pistola de pintar de aire y compresor.**

4.1.1.1 MOLDE:

Esta parte es quizás la mas difícil y de la que dependerá la forma y acabado del ala ya terminada.

Por la complejidad de hacer un solo cuerpo para el molde y del pegado y corte de las capas de fibra de vidrio el molde se hará en dos partes, las cuales serán unidas con fibra de vidrio.

1. Trazamos y cortamos el perfil del ala determinado en dos superficies de madera MDF.



Fig. 4.1 Corte del perfil

2. Colocamos los dos perfiles de ala sobre una superficie plana con una separación de 12 cm. Que es la longitud del rodillo.

3. Mezclamos harina de maíz y agua en proporción 1:10 y amazamos hasta formar una maza consistente.



Fig.4.2 Mezcla de la masa



Fig. 4.3 Batido de la masa

4. Delimitamos los contornos con madera y colocamos la masa de harina de maíz de forma que llene el volumen del molde.

5. Amasamos y damos la forma con el rodillo hasta llenar todo el volumen perfectamente.



Fig. 4.4 Moldeo con rodillo



Fig.4.5 Cubrimiento del volumen

6. Vamos relleno parte por parte el volumen del molde con el maíz humedecido hasta completar el largo de la envergadura del ala 100cm.

7. Con una brocha colocamos una capa de pegamento de madera a la superficie del molde terminado y esperamos que seque (2 horas)



Fig. 4.6 Colocación de pegamento



Fig. 4.7 Cubrimiento con pegamento de la superficie

- **Hacemos lo mismo para el molde de la superficie superior del ala, respetando siempre las medidas del diseño.**

4.1.1.2 POSITIVADO DEL ALA:

1. **Cortamos un pedazo de fibra de vidrio con las dimensiones de la superficie del molde mas 3 cm. de sobre-medida esto para poder cortar a las dimensiones reales cuando haya secado.**
2. **Le damos al molde dos manos de cera desmoldante con un intervalo de 2 horas.**
3. **Le damos otras dos manos de aceite de motor.**
4. **Aplicamos gel-coat lo mezclamos con secante en la proporción especificada en la tabla y previa su medición en la probeta y con una brocha cubrimos bien toda la superficie. El gel coat le da el mejor acabado a la superficie.**



Fig. 4.8 Aplicación de gel coat

5. **Luego de 30 minutos aplicamos resina poliéster una vez que esté mezclada con el secante en las proporciones especificadas en la tabla, pasamos una mano de brocha toda la superficie.**



Fig.4.9 Aplicación de resina poliéster

6. Colocamos la/las manta de fibra de vidrio y la pegamos e toda su superficie.



Fig. 4.10 Colocación de fibra de vidrio



Fig. 4.11 Cubrimiento total con fibra de vidrio

7. Seguidamente damos otra mano de resina sobre la manta hasta que estén bien “disueltos”.



Fig. 4.12 Segunda mano de resina



Fig. 4.13 Cubrimiento total de la superficie con resina

8. Con los pasos 5 a 7 conseguimos el grosor y resistencia deseados.



fig. 4.14 Segunda Capa de fibra



fig. 4.15 Aplicación de resina



Fig. 4.16 Secado de la mezcla preparada

Para mi propósito fue necesario colocar dos capas de fibra arriba fotos de este proceso

4.1.1.3 RECORTE LIJADO Y ACABADO:

1. **Después de haber marcado la pieza con la ayuda de una amoladora cortamos los sobrantes.**
2. **Una vez recortados los bordes, presentamos las piezas y marcamos los puntos donde van los agujeros de los tornillos de anclaje.**
3. **Taladramos los huecos.**
4. **Lavamos y lijamos bien.**

4.1.1.4 PINTADO:

Antes de este procedimiento cubrimos las partes que no se van como los rodamientos a pintar con cinta adhesiva.



Fig. 4.17 Cubrimiento de las partes que no se pintan

El proceso de pintado se lo realizó a temperatura ambiente de 20 a 24_°C en un día de sol.



Fig. 4.18 Materiales para el pintado del ala.

1. En la superficie perfectamente lavada aplicamos una capa de fondo con el soplete, procurando no exceder la presión del compresor.

El fondo de poliuretano se mezcla con un catalizador en proporción 8:1.

2. Esperamos de 5 a 10 min. que cure el fondo, y seguidamente aplicamos una capa de poliuretano mezclado con tiner en proporción de 1:10 consiguiendo disminuir su viscosidad.

3. Seguidamente pasamos otra capa de poliuretanos.

4. Transcurridos 10 min. Pasamos una capa de barniz poliuretano

El barniz se mezcla con su catalizador en proporción 8:1



Fig. 4.19 Aplicación de poliuretano



Fig. 4.20 Secado de la superficie pintada

4.1.1.5 TABLAS DE TIEMPO DE CURADO Y DE PROPORCIONES DE ACELERANTE Y CATALIZADOR PARA LA RESINA DE POLIESTER Y EL GEL-COAT

RESINA DE POLIESTER

Temperatura	Acelerante	Catalizador	Gelificado
- 10	-	-	NO TRABAJAR
10 a 12	2.5 %	3 %	15 / 20 minutos
13 a 15	2 %	2.5 %	“
16 a 21	1.5 %	2 %	“
22 a 27	1 %	2 %	“

28 a 34	0.5 %	1.5 %	“
35 a 42	0.4 %	1.5 %	“
+ 42	-	-	NO TRABAJAR

GEL COAT

Temperatura	% Acelerante	% Catalizador	Tiempo curado	Observaciones
- 10 C°	-	-	-	NO TRABAJAR
10 a 15 C°	3	3	1° 50'	CALEFACCIONAR
18 C°	2	3	90'	“
20 C°	2	3	45'	“
25 C°	2	3	30'	TEMP IDEAL
30 C°	1	3	30'	AMBIENTAR
+ 35 C°	1	3	30'	“

En el gel-coat, la proporción de catalizador es más importante. Hay que procurar no pasarse del 3% porque si no el gel-coat se puede arrugar y/o auto-desmoldarse.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA RESINA DE POLIESTER EN EL PROCESO DE CURADO

Durante los primeros minutos de curado de la resina, su temperatura interior aumenta. Durante los primeros cinco minutos, la temperatura sufre un aumento brusco, y a partir de ahí se empieza a estabilizar, hasta llegados aproximadamente los 25 minutos, que sufre otro aumento brusco hasta aproximadamente 220°, y a partir de ahí empieza a descender. Estos cálculos son a temperatura ambiente de 25°.

Este aumento de temperatura no es peligroso para nosotros, pues es solo en el interior (la parte exterior se calienta pero mucho menos, se puede tocar sin problemas), sin embargo puede romper el molde si no está bien hecho. Si el molde lo queremos para construir varias piezas, tendremos que prestarle mucha atención al construirlo.

4.1.2 CONSTRUCCION DE COMPONENTES ELECTRONICOS:

4.1.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL ANEMOMETRO.

Se necesita una turbina que tenga una sensibilidad adecuada para representar el flujo de aire en rpm. de giro, por lo que se dispuso del ventilador de computador, el cual tiene inercia y acabados aceptables.

Este ventilador debe estar dentro de una caja que permita cubrirlo de la luz al opto acoplador que es el que sensa el giro.



Fig. 4.21 Ventilador que medirá en todo momento la velocidad del aire

4.2 ENSAMBLAJE DEL CONJUNTO.

4.2.1 ENSAMBLE DE COMPONENTES MECÁNICOS:

La superficie sustentadora se fijó en el techo del vehículo con tres tornillos galvanizados, que aseguran una buena sujeción en todo ambiente.

Con el objetivo de dirigir mejor el aire a la superficie sustentadora se acoplaron láminas laterales, con rodamientos, para que el eje en el cual gira el ala lo haga libremente.

El motor de pasos y los engranajes se cobren y sellan para asegurarse que estén siempre libres de humedad.

4.2.2 ENSAMBLE DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Para la conexión de los dispositivos electrónicos se ha dispuesto de cable blindado de colores, que es recomendado para conexiones donde existe mucha interferencia especialmente de ruidos. A demás para asegurar la conexión de los componentes se utilizó binchas que ofrecen una conexión ajustada y segura.



Fig. 4.22 Cable blindado

CAPITULO V

PRUEBAS.

5.1 DESCRIPCION GENERAL:

Es posible hacer una adquisición de datos sin necesidad de adquirir equipos profesionales.

Con la ayuda de un cronómetro tomaremos todos los tiempos realmente relevantes, los totales, así como los parciales en las partes más críticas del circuito.

Si lo que interesa es añadir mayor carga aerodinámica para mejorar el paso por curva, entonces cronometraremos el auto en las curvas en donde más se notará esa diferencia.

Si queremos evitar resistencia entonces tomaremos los tiempos de los segmentos de recta.

Luego de esto comparamos los tiempos parciales para comprobar el impacto general en los cambios realizados. Esta clase de pruebas no requieren de un presupuesto muy grande y se consigue una información muy útil.

La toma de datos debe hacerse en un determinado circuito, el circuito elegido por cuestiones de cercanía y facilidades es el circuito de la ciudad de Latacunga “LA COCHA”

5.2 ADQUISICION DE DATOS:

5.2.1 HOJA DE CÁLCULO:

Para éste propósito he desarrollado una hoja de cálculo en MICROSOFT EXEL que tiene las siguientes características:

- Posibilita la visualización de datos y resultados en todo momento.**
- El en primer campo están los títulos del proyecto**
- Luego se introduce el nombre del circuito que se esta estudiando.**
- Pide la información de la distancia en metros del circuito o de la longitud de curva o recta a considerar en el dato.**
- Hay que indicar la información que va ha ser introducida en el microprocesador como angulo1, angulo2 y velocidad de perdida de fricción.**
- En la introducción de datos procedentes de las lecturas cronometradas debemos considerar que el formato de celda está dado en hh:mm:ss,00 (horas, minutos , segundos y centésimas de segundo).**

- Luego cronometramos todos los tiempos primero sin el sistema propuesto y luego con el sistema para establecer las diferencias.
- Realizamos tantas pruebas como sea necesario hasta obtener la calibración más óptima del alerón. Para cada toma de datos gravaremos en un archivo de disco diferente.

SISTEMA AUTOMATICO PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN ALERON TRASERO
TESIS DE GRADO
RICARDO BOLAÑOS

HOMBRE DEL CIRCUITO : LA COCHA RESPONSABLE : Ricardo Bolaños
 FECHA ACTUAL : 15/06/2005 FECHA :

CONFIGURACION DEL ORDENADOR
 CIRCUITO : LA COCHA
 ANGULO 1 : 19
 ANGULO 2 : 12
 VELOCIDAD : 97

CARGA AERODINAMICA (Lb)
 CURVAS : 139.78
 RECTAS : 102.51

RESULTADOS

	VELOCIDAD PROMEDIO	TIEMPO TOTAL
SIN ALERONES	69.96	01:32.47
CON ALERONES	72.65	01:29.04
DIFERENCIAS	2.69	00:03.43

DESCRIPCION	TIPO	LONGITUD [metros]	TIEMPO SIN ALERONES	TIEMPO CON ALERONES	DIVISION CIRCUIT
CV1002	C	16.00	00:04.55	00:04.05	D
MV1002	M	342.00	00:11.48	00:11.09	D
CT1003	C	21.00	00:03.91	00:03.76	D
RT1003	R	279.00	00:10.13	00:09.89	D
CSE004	C	7.00	00:02.26	00:02.13	D
RSE004	R	95.00	00:08.36	00:08.13	D
CR1005	C	7.00	00:02.11	00:01.98	D
RR1005	R	191.00	00:09.54	00:09.16	D
CF1006	C	9.00	00:02.74	00:02.32	D
RF1006	R	193.00	00:07.13	00:07.06	D
SUB TOTALES :		1797.00	01:32.47	01:29.04	

C=curvas
 R=rectas
 M=Combinado

DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE DATOS:

Configuración del ordenador:

Son todos los datos que va ha leer el microchip.

Angulo1= ángulo para curvas activado por el volante.

Angulo 2= ángulo para rectas activado a cierta velocidad.

Velocidad= velocidad de activación de Angulo2.

Carga aerodinámica:

Fuerza sustentadora que proporciona el ala, total o parcial de cada tramo, recta o curva del circuito.

Es independiente para cada ángulo programado en el microprocesador.

Resultados:

Se muestra las velocidades totales o parciales para cada tramo, recta o curva del circuito dado.

Proporciona los tiempos totales o parciales de cada tramo recta o curva del circuito; con y sin el sistema propuesto, visualizándose a la vez sus diferencias.

Datos:

Son todos los datos que se han cronometrado, y que se ponen de acuerdo a los siguientes requerimientos:

División:

Forma en que se toma el circuito.

Descripción:

Nombre del tramo recta o curva determinado por el usuario.

Tipo:

C=curva

R=recta

M=combinado

Ninguno= no considero esta división.

Longitud:

Longitud en metros del tramo, recto, curva o combinado.

Tiempo con y sin alerones:

Tiempo medido con precisión de centésimas de segundo con o sin alerones.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Nuestra hoja de datos se la ha personado al máximo lo que permite tener la mayoría de los datos

RESULTADOS		
	VELOCIDAD PROMEDIO	TIEMPO TOTAL
SIN ALERONES	69.96	01:32.47
CON ALERONES	72.65	01:29.04
DIFERENCIAS	2.69	00:03.43

Se puede apreciar la notable diferencia entre las dos disposiciones con y sin alerón hay una ganancia de 3,43 segundos por vuelta que son determinantes en una competencia.

CARGA AERODINAMICA [Lbf]	
CURVAS:	139.78
RECTAS:	102.51

Los ángulos seleccionados para activar la superficie de sustentación produjeron cargas en curvas de 139,78 y en rectas de 102,51 libras fuerza.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El trabajo realizado servirá en una posterior investigación de sistemas en el campo de la aerodinámica del automóvil que muy poco se ha profundizado.
- El accionamiento de la superficie sustentadora se podrá hacer mediante un circuito hidráulico o neumático, que pueden ser implementados en base a este proyecto haciendo posible reducir costos o mejorar la eficiencia del sistema.
- Este proyecto de este campo abrirá las puertas en el desarrollo de trabajos similares en nuestro país.
- La construcción del alerón con la ayuda del proceso de fibra de vidrio puede ser mejorada con la ayuda de CNC s que con la ayuda del computador reducen el tiempo de diseño del perfil y la construcción del molde a través del cual la pieza se termina en el material que determinemos.
- Las pruebas realizadas en pista fueron echas en base a modelos o formatos de mediciones que por años se han realizado en carreras profesionales incluso en formula 1.
- Es muy importante en la eficiencia de las curvas el tipo de llanta que se utilice, pues de esto depende la fricción al piso que se traduce en mayor

velocidad de paso por curva lo que reduce el tiempo de carrera. El calculo y diseño de neumáticos escapa del alcance de este proyecto.

- La selección adecuada del microcontrolador ayudó a la utilización de un sensor analógico y un display LCD con los cuales se pudo de medir velocidad relativa del viento y visualizar todos lo parámetros del proyecto de forma detallada y en el momento deseado.

- Con la utilización de un motor de pasos se pudo ubicar con mucha presión los grados de inclinación del alerón con la potencia y rapidez que necesarias.

- La automatización del accionamiento del alerón, permitió al piloto en una competencia concentrar su mente en el manejo o control de potencia del vehículo para aprovechar el control de estabilidad que permite el sistema.

- Las opciones de elección de la ruta o circuito permiten grabar hasta 8 circuitos con los ángulos y velocidad que hayamos calculado, esto ayuda en el almacenamiento de datos y su recopilación inmediata

- Las opciones de velocidad y freno hacen mas seguro el sistema ya que permiten estabilidad a altas velocidades (rectas) y reducción de cabeceo, tiempo y estabilidad de frenadas de emergencia.

- El uso adecuado de los instrumentos empleados en la construcción y diseño de la tesis facilitaron la precisión y eficiencia de la misma.

RECOMENDACIONES.

- **Para evitar falsas activaciones de los sensores de posición debemos evitar que la luz perturbe su sensibilidad.**
- **Procurar que el medidor de velocidad del viento tenga el menor peso, para evitar la inercia que provoca errores en las mediciones.**
- **Es muy importante proteger el circuito de variaciones de energía.**
- **Los sensores de posición del pedal de freno y posición cero, por estar expuestos al la intemperie se ha de evitar sean OPTO-transistores por condiciones de luz y polvo, se recomienda el uso de finales de carrera o sensores electromagnéticos.**
- **Se recomienda colocar el sensor de velocidad del viento en un lugar donde el flujo sea directo y libre de luz e intemperie.**
- **Los sensores de posición del volante al medir giro en curva deben estar dispuestos en ángulos de curva variables.**
- **Los circuitos de potencia, control y teclado, display se los debe colocar en carcasas metálicas construidas a medida, para evitar su destrucción fallos de medición y toma de datos, cortocircuitos, a demás que organizarán mejor su disposición en el auto.**
- **El circuito de potencia demanda de una correcta refrigeración por lo que debe estar colocado en un lugar fresco, y cada mosfet de potencia debe estar con su respectivo dispersor de calor.**

- Los cables que comunican los distintos circuitos deben estar blindados, para evitar errores por causa del ruido
- En los trabajos de fibra de vidrio almacenar a una distancia considerable los componentes reactivos como el cobalto y catalizador.
- Cuando cortemos la fibra de vidrio hacerlo a sobre medida con el fin de lograr las medidas más exactas en el corte.
- El lijado de la pieza se lo debe realizar con una lijadora orbital para ahorrar tiempo y mejorar el acabado.
- En la construcción de la superficie sustentadora emplear todo el equipo de trabajo y seguridad necesarios para evitar daños físicos.
- En el proceso de pintura procurar utilizar un fondo apropiado para el tipo y marca de pintura a aplicar.
- Dadas los valores de velocidad alcanzados, las pruebas del sistema se deben hacer en un circuito cerrado, sin tráfico y seco.
- A pesar de la facilidad de grabar los datos tanto de ángulos como velocidades de cada circuito , es necesario llevar un cuaderno de apuntes donde estarán tanto la velocidad de entrada de curva, su ángulo, velocidad promedio, etc
- Se recomienda realizar la mediciones con la máxima precisión posible par evitar el tan común error humano.

BIBLIOGRAFÍA:

- **Mecánica de fluidos MOTT ROBERT**
- **Mecánica de fluidos STRITER**
- **Mecánica de fluidos FOX**
- **Mecánica de fluidos MATAIX**
- **Theory of wing sections DOVER**
- **Aerodinámica del automóvil de competición SIMON Mc.BEATH**
- **Resistencia de materiales MOTT ROBERT**
- **Cálculo Diferencial e integral GRANVILLE 1985**
- **Cálculo Diferencial e integral LEITHOLD**
- **Manual ECG semiconductores**
- **www.cenece.com**
- **www.x-robotics.com**
- **www.pdas.com**
- **Compufoil (software de diseño de perfiles) versión de prueba.**
- **Winfoli (construcción y diseño de perfiles) version de prueba.**
- **Matlab (software de cálculos matemáticos).**