

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

Incorporada a la U.N.A.M.

5/
2ej

PREDICION DEL DESEMPEÑO EN ACELERACION
MAXIMA DE UN AUTOMOVIL AUTOMATICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

CARLOS JOSE MIRA HARFUCH



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. Descripción del tren motriz automático de un automóvil con tracción delantera.....	4
1.1 El motor de combustión interna.....	5
1.2 El convertidor de par.....	6
1.3 El transeje automático de 3 velocidades.....	9
1.4 Las flechas de transmisión y las juntas de velocidad constante.....	13
CAPITULO II. Predicción del desempeño.....	14
II.1 Factores que afectan al consumo de potencia.....	14
II.1.1 Resistencia a la rodadura.....	14
II.1.2 Resistencia por pendientes.....	17
II.1.3 Resistencia al aire o resistencia aerodinámica.....	18
II.1.4 Resistencia de inercia.....	19
II.1.5 Resistencia en el sistema de transmisión.....	21
II.1.6 Disminución de la potencia con la altitud.....	22
II.2 Predicción del desempeño del automóvil.....	23
II.2.1 Predicción del desempeño en estado estable.....	23
II.2.2 Predicción del desempeño en aceleración máxima.....	26
CAPITULO III Planteamiento del problema.....	31
III.1 Planteamiento del problema.....	31

CAPITULO IV Análisis y solución del problema.....	35
IV.1 Análisis del problema.....	35
IV.2 Solución del problema.....	35
IV.3 Resistencia al avance.....	35
IV.3.1 Resistencia a la rodadura.....	36
IV.3.2 Resistencia aerodinámica.....	36
IV.3.3 Resistencia por pendientes.....	37
IV.4 Fuerza propulsora.....	38
IV.5 Fuerza libre para aceleración.....	43
IV.6 Masa corregida.....	43
IV.7 Cálculo del desempeño en aceleración máxima.....	48
CAPITULO V Conclusiones.....	51
V.1 Análisis y comparación de resultados.....	51
V.2 Conclusiones.....	52
APENDICE A.....	54
APENDICE B.....	60
APENDICE C.....	69
APENDICE C-1.....	70
APENDICE C-2.....	71
APENDICE C-3.....	72
APENDICE C-4.....	73
APENDICE C-5.....	74
BIBLIOGRAFIA.....	75

INTRODUCCION.

Cuando un automóvil parte del reposo, con el acelerador totalmente oprimido, es posible registrar la velocidad instantánea del automóvil contra el tiempo transcurrido desde que este perdió la inmovilidad. Así mismo, se puede medir la distancia que recorre el automóvil contra el tiempo transcurrido desde el momento en que comenzó a moverse. A estas dos mediciones (velocidad-tiempo y distancia-tiempo), se les llama medición del desempeño en aceleración máxima.

Para conocer el desempeño en aceleración máxima de un automóvil automático, existen dos formas: La primera es realizando pruebas al automóvil y la segunda consiste en calcular teóricamente lo que el automóvil es capaz de hacer.

El segundo método, del cual trata este trabajo, es de particular importancia, sobre todo si el automóvil en cuestión está en la etapa de diseño.

En la mayoría de las ocasiones, al estructurar el tren motriz de un automóvil automático, pueden presentarse diferentes opciones en los siguientes componentes:

Motor.

Convertidor de par.

Caja de cambios automáticos.

Ruedas.

Ante estas variantes, es de muy alto costo realizar pruebas de campo con sus posibles combinaciones.

Es por esto, que tiene importancia el cálculo teórico del desempeño en aceleración máxima, ya que, sin realizar gastos para fabricar prototipos, se pueden experimentar posibles opciones escogiendo la que se apegue más a cumplir los requisitos del automóvil, beneficiándose la compañía diseñadora y armadora, así como el usuario del vehículo.

Este trabajo de tesis lo realizo, debido a que creo que es necesario poder conocer lo que un automóvil es capaz de hacer sin fabricar un prototipo; aunado a que el campo automotriz tiene una especial predilección de mi parte.

El alcance de este trabajo se limita a predecir las características velocidad-tiempo y distancia-tiempo que un automóvil automático es capaz de hacer en aceleración máxima partiendo del reposo.

En el capítulo I se presenta como está formado el tren motriz de un automóvil automático de tracción delantera, y las características de operación más relevantes de sus componentes. Las descripciones contenidas en este capítulo, corresponden a las de un tipo de automóvil fabricado en serie actualmente.

En el capítulo II se analizan las distintas resistencias que se presentan cuando un automóvil esta en movimiento, así como las pérdidas de potencia a lo largo de su trayecto desde el motor hasta llegar a las ruedas; también se expone lo que son las curvas de fuerza-velocidad y potencia-velocidad, y se plantean las bases teóricas para obtener las características distancia-tiempo y velocidad-tiempo de un automóvil automático en aceleración máxima, partiendo del reposo.

En el capítulo III se plantea un caso práctico dándose los datos de operación y características de: motor, convertidor de par, transeje automático, ruedas y carrocería.

En el capítulo IV con base en la teoría del capítulo II y los datos del capítulo III, se analizan y se estipulan los pasos a seguir para llegar a los resultados buscados, y se procede al cálculo del desempeño del caso planteado, llegando a los resultados de distancia-tiempo, así como de velocidad-tiempo, característicos de este automóvil.

En el capítulo V se comparan los datos de distancia-tiempo y velocidad-tiempo obtenidas teóricamente con las

mediciones en pruebas de campo a un automóvil de las mismas características que las planteadas en el caso práctico; se analiza la comparación, concluyendo que en base a la similitud de los datos reales y estimados, es posible estimar teóricamente el desempeño en aceleración máxima, por lo menos, para vehículos similares al utilizado en este trabajo.

Para realizar los cálculos teóricos fue necesario el auxilio de una computadora. Los listados de los programas que fueron utilizados, todos en lenguaje "basic", están en el apéndice C.

En este trabajo se utiliza el Sistema de Unidades Internacional, aunque algunas de las formulas presentadas están en unidades del Sistema Ingles, por respeto a la bibliografía correspondiente.

Los datos proporcionados para los cálculos teóricos de esta tesis, así como las mediciones reales, corresponden a un automóvil de producción en serie, y son mencionadas sus características relacionadas con el presente trabajo, y cuyo nombre y fabricante no se citan por razones éticas.

CAPITULO 1.- DESCRIPCION DEL TREN MOTRIZ AUTOMATICO DE UN AUTOMOVIL CON TRACCION DELANTERA.

El automóvil de tracción delantera, como su nombre lo indica, utiliza las ruedas delanteras para transmitir fuerza al piso, y así obtener el movimiento. Es por esta razón que la disposición y la forma de los distintos elementos que componen el tren motriz es diferente a los tradicionalmente utilizados en automóviles con tracción en las ruedas traseras.

El tren motriz se agrupa en la porción delantera del automóvil (fig. 1).

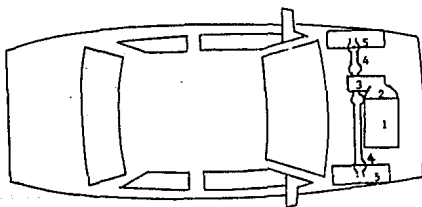


Figura 1. Disposición del tren motriz en un automóvil con tracción delantera

Este tren motriz está compuesto de los siguientes elementos:

Producción de potencia: 1- Motor de combustión interna

Transmisión de potencia: 2- Convertidor de par
3- Transeje

Distribución de potencia: 4- Flechas, y juntas de velocidad constante.

5- Ruedas

1. 1.- EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

La fuente de potencia, en la mayoría de los autos comerciales en la actualidad, es el motor de combustión interna de encendido por chispa o por presión. La función del motor es transformar mediante una reacción química llamada combustión, la energía proveniente del combustible convirtiéndola en energía mecánica. Este proceso se realiza con una eficiencia de alrededor del 30%, desperdiándose la energía restante en forma de calor. (Bibl. 1)

Este proceso se realiza dentro del motor mediante un pistón recíprocante dentro de una cámara de combustión (fig. 2).

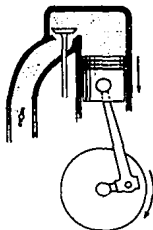


Figura 2. Corte de un cilindro de motor de combustión interna, a pistón.

Esta transformación de energía se realiza cumpliendo el llamado ciclo Otto en los motores encendidos por chispa (fig. 3). Mientras que en los motores encendidos por presión, esta transformación se realiza cumpliendo el llamado ciclo Diesel (fig. 4).

Como producto utilizable de esta transformación de energía, se obtiene el movimiento rotatorio del cigüeñal; sin embargo, esta rotación no es tan continua como aparenta (fig. 5). Por lo que para obtener mayor continuidad, se utilizan arreglos de varios cilindros, mismo que contribuye

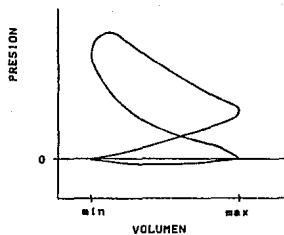


Figura 3. Ciclo Otto real. (Bibl. 1)

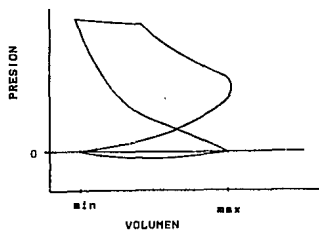


Figura 4. Ciclo diesel real. (Bibl. 1)

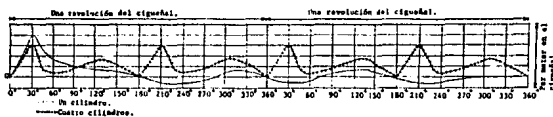


Figura 5. Par contra 2 revoluciones de cigüeñal en un motor de encendido por chispa. (Bibl. 6)

a aumentar la potencia producida. Así mismo se utilizan volantes de inercia, para mantener más constante la velocidad angular instantánea del cigüeñal.

Hay dos formas adoptadas en la práctica para cuantificar la capacidad que tiene un motor para suministrar energía, es decir, para realizar un trabajo. Una de éstas es la curva de par máximo contra revoluciones por minuto del cigüeñal, así como la curva de potencia máxima contra revoluciones por minuto del cigüeñal (fig. 6).

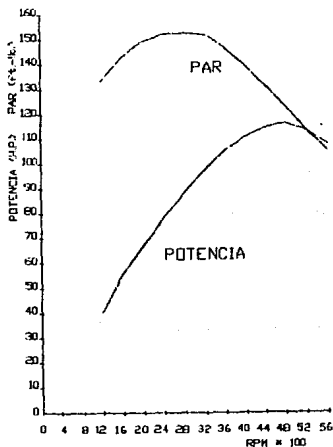


Figura 6. Par y potencia máxima contra R.P.M. de un motor de combustión interna.

El par y la potencia están relacionados por la siguiente expresión:

$$\text{Potencia} = \text{Par} \times W \text{ (velocidad angular)}$$

1. 2.- EL CONVERTIDOR DE PAR.

El convertidor de Par, es un elemento de conducción y transformación de fuerza, que recibe la potencia generada en el motor y la transmite al transeje automático (Bibl. 4). La estructura de este elemento se puede apreciar en la fig. 7.

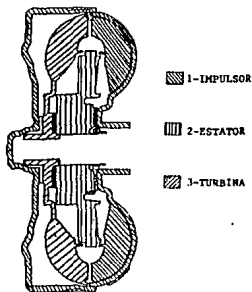


Figura 7. Estructura de un convertidor de Par.
1.- Alabes Impulsadores. 2.- Estator. 3.- Alabes impulsados. (Bibl. 4)

Este elemento consta de un conjunto de álabes impulsores que comunican movimiento al fluido con el que está cargado el convertidor. Este fluido es el medio de conducción de potencia, y la dirección de su flujo es modificada por el estator. Este fluido choca contra el conjunto de álabes impulsados, mismo que comunica el movimiento a la flecha de entrada del transeje automático.

Según la geometría de los álabes y del estator, el convertidor de par es capaz de aumentar el Par de entrada un poco más de dos veces (Bibl. 4). Los convertidores de par cumplen con las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{Potencia de entrada} \times \text{Eficiencia} &= \text{Potencia de salida} \\ \text{Par de ent.} \times W \text{ ent.} \times \text{Eficiencia} &= \text{Par de sal.} \times W \text{ sal.} \end{aligned}$$

Las curvas características de operación de un convertidor de par convencional se aprecia en la fig. 8.

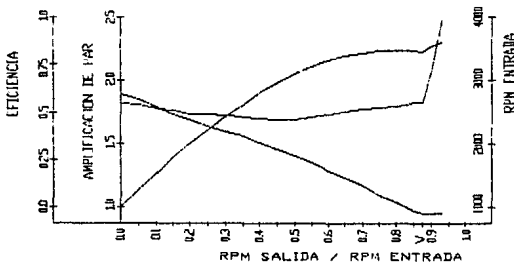


Figura 8. Curvas características de un convertidor de par hidrodinámico. (Bibl. 4)

Hay que notar que existe un rango desde que R.P.M. sal. / R.P.M. ent. = 0 hasta R.P.M. sal. / R.P.M. ent. = V en que el convertidor funciona como tal, sin embargo al excederse comienza a funcionar como un cople hidrodinámico, el cual cumple con las siguientes igualdades:

Par entrada = Par salida

Potencia entrada > Potencia salida

Par entrada x W entrada > Par salida x W salida

La energía no desaparece, sino que es transformada en calor.

1. 3.- EL TRANSEJE AUTOMÁTICO DE 3 VELOCIDADES.

El transeje automático es la conjunción de dos partes: la primera es una caja de reducción con cambios automáticos

de relación. La segunda es un diferencial para la distribución de la potencia. Estas dos partes se encuentran ubicadas en el mismo cuerpo (carcasa), e interactúan para el funcionamiento del transeje (fig. 9.).

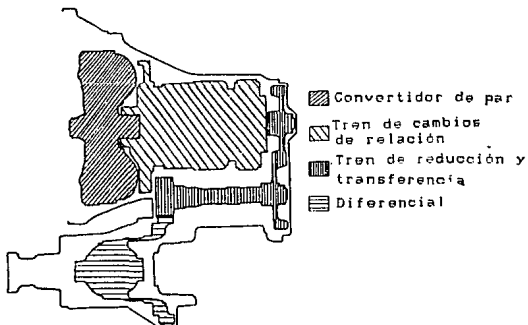


Figura 9. Corte esquemático de un transeje automático. (Bibli. 8)

El transeje para realizar los cambios de relación requiere de un sistema de control automático. Para que se realice la toma de decisión de la relación a aplicar, es necesario que el sistema de control tenga información o datos de entrada. Estos son: Posición de la palanca selectora, posición del acelerador, y la velocidad del vehículo:

1- Posición de la palanca selectora en la cabina del automóvil, teniendo esta las siguientes opciones:

P= "Parking" o estacionamiento.

R= Reversa.

N= Neutral.

D= Directa

2= Segunda.

1= Primera.

2- Posición o ángulo del acelerador. Esta posición es conocida a través de una señal mecánica por un cable conectado del cuerpo del acelerador al cuerpo de válvulas del transeje.

3- Velocidad del vehículo. Esta se conoce por medio de una señal de presión hidráulica, que proviene del gobernador, el cual funciona por fuerza centrífuga y está montado en la flecha que alimenta de potencia a la corona del diferencial. El gobernador recibe fluido hidráulico a una presión constante, y permite el paso de este a una presión proporcional a la velocidad de giro que tiene.

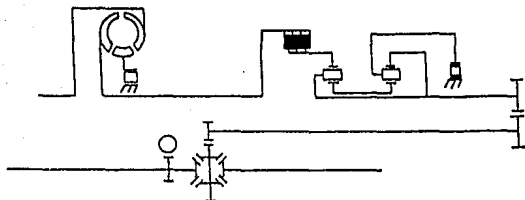
El accionamiento de los distintos elementos que provocan la marcha y el cambio de relación en el transeje automático, se realiza mediante señales hidráulicas, mismas que son controladas por lo que se denomina el cuerpo de válvulas, que es el que en base a la información ya mencionada, toma las decisiones, y emite señales hidráulicas para accionar los distintos elementos de la transmisión.

Las especificaciones o características de un transeje automático de la misma familia son las dos siguientes:

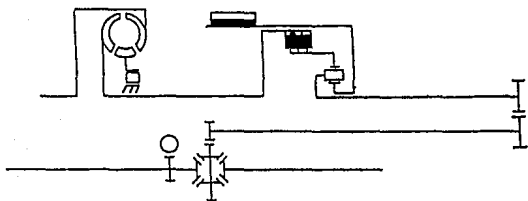
1- Relación final.- Esta es la relación de reducción con el tren de cambios en la última velocidad; en este caso 3a.

2- Los puntos o velocidades de cambio.- Estos están dados por la calibración que tiene el sistema de control, y son: Cambios a aceleración mínima de 1a. a 2a. y de 2a. a 3a. Cambios a aceleración máxima de 1a. a 2a. y de 2a. a 3a. Máxima velocidad para el cambio a la velocidad anterior con aceleración máxima de 3a. a 2a. y de 2a. a 1a.

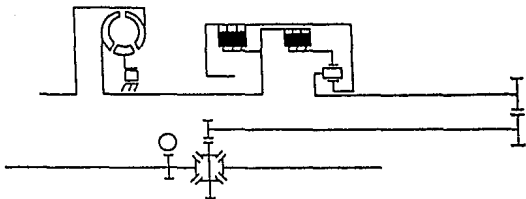
Para poder tener tres relaciones hacia adelante y una en reversa, el transeje utiliza dos sistemas de engranes planetarios, mismos que tienen distintas combinaciones para el flujo de potencia según sea la relación de que se trate. La selección del flujo de potencia, la lleva a cabo el cuerpo de válvulas que mediante señales hidráulicas, acciona los elementos necesarios. En la fig. 10. se aprecian esquemáticamente los flujos de potencia dentro del transeje.



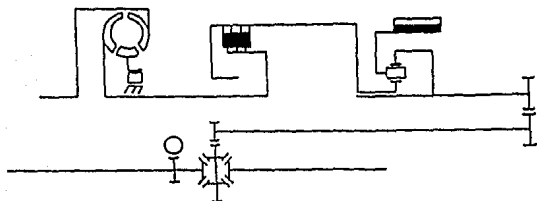
1a Velocidad.



2a. Velocidad.



3a. Velocidad.



Reversa.

Figura 10. Flujos de potencia en un transeje automático 3 velocidades. (Bibl. 8)

1. 4.- LAS FLECHAS DE TRANSMISION, Y LAS JUNTAS DE VELOCIDAD CONSTANTE.

Las flechas de transmisión son los elementos de conducción de potencia del diferencial a las masas de las ruedas delanteras. Sin embargo, durante la marcha del automóvil existen movimientos de la suspensión y por ende un movimiento relativo entre las líneas de centros del diferencial y la masa de la rueda, y existiendo la necesidad de transmitir la potencia del diferencial a las ruedas sin oscilaciones en velocidad angular, aún con las ruedas giradas por el sistema de dirección, se utiliza la junta de velocidad constante, misma que también absorbe ciertos cambios longitudinales.

CAPITULO II.- PREDICCION DEL DESEMPEÑO.

Después de la selección que el diseñador realice referente a las características del tren motriz de un automóvil, existen dos formas de conocer lo que éste es capaz de realizar en cuanto a sus características de funcionamiento a velocidad constante y en aceleración máxima. La primera de ellas es construir un automóvil con las características diseñadas y evaluarlo. La segunda forma, mucho más barata y rápida, es calcular el desempeño a partir de las características especificadas, involucrando las características del automóvil que también influyan en el desempeño.

El cálculo del desempeño se utiliza para poder saber con aproximación lo que el automóvil real es capaz de hacer, así como darle al diseñador, de una manera rápida y barata, en comparación con la fabricación de un prototipo, los puntos de comparación para realizar una selección final entre varias opciones posibles.

II.1.- FACTORES QUE AFECTAN AL CONSUMO DE POTENCIA.

La potencia generada por el motor, al ser utilizada en el movimiento del automóvil, sufre mermas por distintas causas. Como los factores más importantes que afectan al consumo de potencia están: la resistencia a la rodadura, la resistencia presentada por pendientes, la resistencia al aire, la inercia del automóvil y de sus partes móviles, la resistencia por fricción de las partes móviles, así como el cambio de la potencia del motor causada por la presión atmosférica y la temperatura del aire (Bibl. 3). Estos factores son estudiados más adelante.

II.1.1.- RESISTENCIA A LA RODADURA.

La resistencia a la rodadura, se presenta bajo

cualquier condición de movimiento del vehículo, ya que sólo basta que giren las ruedas en contacto con el pavimento para que se presente. Esta resistencia se debe principalmente al esfuerzo requerido para la deformación de la llanta al girar, al trabajo realizado por la llanta para penetrar la superficie de rodamiento, al trabajo realizado para vencer la fricción contra el pavimento al girar el neumático, la fricción del aire al circular dentro del neumático, así como el efecto de ventilador que hace la rueda con el aire que la circunda (Bibl. 3).

La resistencia a la rodadura está dada por la relación

$$1- \quad R_r = f P \cos \theta \quad (\text{Bibl. 3})$$

Donde : R_r es la resistencia a la rodadura (lbs.).

f es el coeficiente de resistencia a la rodadura (adimensional).

P es el peso del automóvil (lbs.)

θ es el ángulo de inclinación de la superficie de rodamiento.

El coeficiente de resistencia a la rodadura f es obtenido con mucha aproximación en superficies de concreto para automóviles típicos con la siguiente relación:

$$2- \quad f = f_0 + 3.24 f_s (V/100)^{2.5} \quad (\text{Bibl. 3})$$

Donde : V es la velocidad (M.P.H.)

f_0 y f_s son coeficientes adimensionales, obtenidos experimentalmente, y pueden ser tomados de la figura 11 (pag. 16).

Hay que considerar que para asfalto, el coeficiente f de resistencia a la rodadura aumenta alrededor de un 20%, y más para otras superficies (Bibl. 3), esto se puede apreciar en la figura 12 (pag 16).

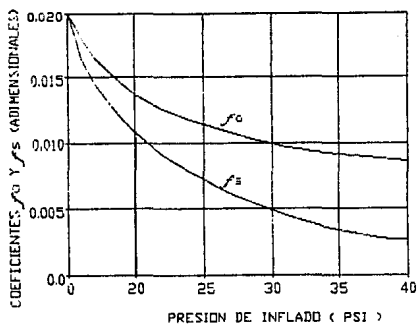


Figura 11. Gráfica coeficientes f_o y f_s contra la presión de inflado de los neumáticos (Bibl. 3).

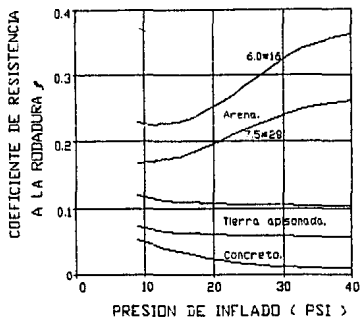


Figura 12. Coeficiente de resistencia a la rodadura f contra la Presión de inflado de los neumáticos (Bibl. 3)

11.1.2.- RESISTENCIA POR PENDIENTES.

Cuando un automóvil circula en una superficie horizontal, la resultante del peso del mismo es perpendicular a la horizontal y no tiene más incidencia en la resistencia al movimiento del automóvil que el efecto en la resistencia a la rodadura.

Cuando el automóvil circula por una pendiente, existe una descomposición del peso del mismo fig. 13.

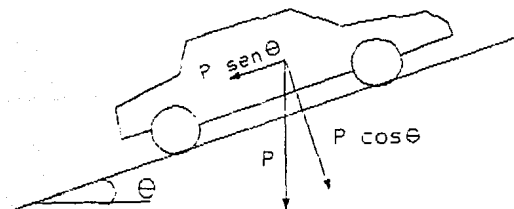


Figura 13. Descomposición del peso del automóvil en una pendiente.

La fuerza $P \text{ sen} \theta$ actúa en oposición al avance del automóvil al subir una pendiente, aunque ayuda al movimiento al bajar (Bibl. 3). La resistencia por la pendiente está dada por la siguiente relación.

3-

$$R_p = P \text{ sen } \theta$$

(Bibl. 3)

DONDE: R_p es la resistencia (lbs.).

P es el peso del automóvil (lbs.).

θ es el ángulo de inclinación de la superficie de rodamiento.

11.1.3. - RESISTENCIA AL AIRE O RESISTENCIA AERODINAMICA.

Quando un cuerpo se mueve a través del aire este presenta una oposición al movimiento del cuerpo, la cual es el resultado de las tres siguientes causas :

1.- Penetración aerodinámica del cuerpo. Esta depende de la geometría del automóvil (Bibl. 3).

2.- Fricción del aire sobre la superficie del automóvil. Esto puede representar hasta el 10% del coeficiente aerodinámico (Bibl. 3).

3.- El flujo de aire a través del automóvil con fines de enfriamiento o ventilación. Esto varía según la localización y geometría de los canales de aire (Bibl. 3).

Estos tres puntos se engloban en el coeficiente aerodinámico c_a , mismo que es hallado experimentalmente.

La oposición al avance está dada por la relación:

$$4- \quad R_a = c_a \rho A v r^2 / 2 g \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_a es la resistencia (lbs.).

c_a es el coeficiente aerodinámico o de penetración (adimensional).

A es el área proyectada del cuerpo en la dirección de su movimiento (pie²).

$v r$ es la velocidad relativa del cuerpo respecto al aire (pie/seg.).

ρ es la densidad del aire y queda establecida con la relación 5:

$$5- \quad \rho = 1.32 p / (460 + t) \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: p es la presión atmosférica (pulg. Hg).
 t es la temperatura atmosférica ($^{\circ}$ F).

Para condiciones atmosféricas normales de 60° F y 29.92 pulg de Hg (15° C y 760 mm de Hg), R_a queda dada por:

$$6- \quad R_a = 0.26 \text{ ca } A (V_r/10)^2 \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE V_r es la velocidad relativa del cuerpo respecto al aire (M.P.H.).

Como R_a es directamente proporcional a la densidad del aire y ésta a su vez es directamente proporcional a la presión atmosférica, la variación de R_a es directamente proporcional a la presión atmosférica.

11.1.4.- RESISTENCIA DE INERCIA.

"Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento uniforme y rectilíneo, a menos que sea impelido a cambiar dicho estado por fuerzas ejercidas sobre él" (Bibl. 2). Así mismo; "el cambio de la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza aplicada y tiene lugar en la dirección de la fuerza. La cantidad de movimiento es proporcional conjuntamente a la masa y a la velocidad" (Bibl. 2). De estas leyes (1a. y 2a. leyes de Newton), se obtiene la relación:

$$7- \quad F = m a$$

DONDE: F es fuerza (Kg.)
 m es la masa (U.T.M.)
 a es la aceleración (m/seg 2)

En un automóvil existen dos tipos de resistencia de inercia: la que presenta la masa de éste como conjunto, y la

que presentan las masas móviles dentro de él.

La resistencia que presenta la masa del automóvil está dada por la relación:

$$8- \quad R_a = (P a) / g \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_a es la resistencia a la aceleración (Kg.).

P es el peso del automóvil (Kg.).

a es la aceleración (m./seg.²).

g es la aceleración de la gravedad (m./seg.²).

El cálculo de la resistencia que presentan las partes móviles del motor, tren motriz y ruedas, está relacionado al conocimiento del momento de inercia de los componentes giratorios involucrados.

Debido a lo complicado de estos cálculos, existe para uso práctico la utilización de un factor γ que afecta la masa total del vehículo, y representa la suma de la masa del vehículo más el equivalente en masa del vehículo, de las masas de inercia móviles en su interior. Utilizando el factor γ , la resistencia de inercia total del automóvil queda dada por la relación:

$$9- \quad R_i = \gamma m a \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_i es la resistencia total de inercia (Kg.)

m es la masa de automóvil (U.T.M.)

a es la aceleración del automóvil (m./seg.²)

γ es un factor adimensional que depende de la relación total de reducción del tren de fuerza, y está definido por la relación 10:

$$10- \quad \gamma = 1 + (0.04 + 0.0025 Z^2) \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: Z es la relación de reducción total del tren motriz

11.1.5.- RESISTENCIA EN EL SISTEMA DE TRANSMISION.

Esta resistencia al movimiento del vehículo es propiamente la potencia que se pierde a todo lo largo de la conducción de la potencia producida por el motor, hasta que ésta llega a los neumáticos.

Las causas de esta resistencia se pueden dividir en dos grupos:

- 1.- El convertidor de par, la caja de velocidades, el diferencial, las juntas de velocidad constante, y los rodamientos.

El consumo de potencia de estos componentes depende de la calidad de la lubricación y del acabado superficial de los dientes de los engranes; y es función de la potencia transmitida, así como de otros factores dinámicos (Bibl. 3).

- 2.- Movimiento del aceite en la caja de velocidades y en el diferencial.

Este consumo de potencia es función de la velocidad angular de las partes móviles que agitan el aceite, y también es función de la viscosidad del aceite lubricante (Bibl. 3).

Para vehículos en movimiento, la medida de la resistencia de la transmisión es dada como la eficiencia η del tren motriz entre el motor y las ruedas, y es medido experimentalmente en un dinamómetro. Para cálculos estimados se utilizan datos basados en aplicaciones similares.

Al separar de la eficiencia general la de cada componente, quedan los siguientes valores típicos (Bibl. 3):

Embrague 0.99.

Caja de velocidades en directa 0.98. en menores relaciones 0.95.

Diferencial 0.95.

Juntas y rodamientos 0.99-0.98.

La eficiencia de todo el tren motriz es el producto de los factores de eficiencia de los componentes, resultando en los siguientes valores de η total típicos (Bibl. 3):

En directa 0.90

En relaciones de reducción altas 0.85

En relaciones de reducción muy altas 0.75-0.80

Para cálculos de vehículos en desaceleración con el motor desconectado, se utiliza el par M_t requerido en el eje tractivo para contrarrestar la resistencia de transmisión. Su valor puede ser hallado experimentalmente en dinamómetros o en pruebas de remolque. En forma de ecuación queda:

$$11- \quad R_t = M_t / r \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_t es la fuerza de resistencia causada por el tren motriz. (pie-lb)

r es el radio de rodadura de los neumáticos. (pie)

11.1.6.- DISMINUCION DE LA POTENCIA CON LA ALTITUD.

La potencia que genera un motor de combustión interna, es función de la cantidad de aire y combustible que existen en la cámara de combustión al realizarse esta. La cantidad de aire es función de la densidad de este, y la densidad es función de la presión atmosférica y de la temperatura; por esto la potencia de un motor disminuye al ser menor la presión atmosférica o mayor la temperatura (Bibl. 3). Para un motor de combustión interna encendido por chispa a cuatro tiempos, la potencia queda dada por :

$$12- \quad P_r = [P_n (P_{br} - P_{bv}) / P_{bn}] [\sqrt{ (T_n / T_r) }] \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: P_r es la potencia real.

P_n es la potencia en condiciones normales.

Pbr es la presión barométrica real. (pulg Hg)

Pbv es la presión barométrica del vapor de
agua. (pulg Hg)

Pbn es la presión barométrica normal. (pulg Hg)

Tn es la temperatura normal. (520°R)

Tr es la temperatura real. (°R)

Como el par es directamente proporcional a la potencia, quedará afectado por la misma relación.

11.2.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO DEL AUTOMÓVIL.

La predicción del desempeño de un automóvil se basa en conjuntar la potencia producida, con los distintos tipos de pérdida de potencia que existen, hasta aislar la potencia que es la realmente utilizada para impulsar al automóvil.

Las principales causas de pérdidas de potencia fueron mencionadas con anterioridad.

La predicción del desempeño de un automóvil tiene dos grandes divisiones. La primera de ellas es en estado estable, es decir, cuando el automóvil no presenta aceleración o desaceleración. La segunda, un tanto más compleja, es la predicción del desempeño del automóvil bajo condiciones de aceleración máxima.

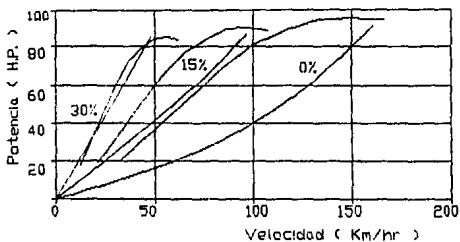
11.2.1.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO EN ESTADO ESTABLE

La predicción del desempeño en estado estable puede ser realizada utilizando uno o los dos métodos siguientes: El primer método es el del diagrama de potencia-velocidad, y el segundo es el del diagrama de la fuerza tractiva-velocidad.

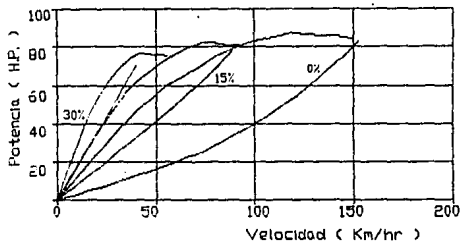
METODO DEL DIAGRAMA POTENCIA - VELOCIDAD (Bibl. 3).

La potencia necesaria para vencer la resistencia al rodamiento al aire y a las pendientes, es graficada contra

la velocidad del vehículo a distintas pendientes. Sobrepuesto a esto se grafica la potencia teórica que llega a las ruedas. fig. 14.



A)



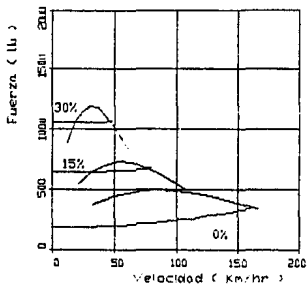
B)

Figura 14. Gráfica Potencia - Velocidad. A) sin convertidor de par. B) con convertidor de par.

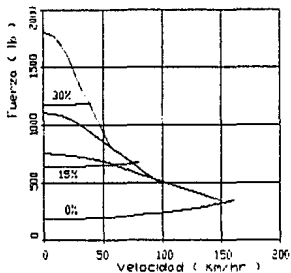
Al sobreponer las curvas es posible observar la potencia disponible contra la consumida según sea la pendiente, pudiendo conocerse de esta manera la capacidad de ascensión del automóvil para una velocidad dada; así mismo, permite cuantificar la potencia no utilizada para un punto de operación, y si ésta existe, puede ser utilizada para aceleración.

METODO DEL DIAGRAMA DE LA FUERZA - VELOCIDAD (Bibi. 3)

La fuerza necesaria para vencer la resistencia al rodamiento, al aire, y a las pendientes, es graficada contra la velocidad del automóvil a distintas pendientes. Sobrepuesta se grafica la fuerza máxima teórica que llega a las ruedas. fig. 15.



A)



B)

Figura 15. Grafica fuerza - velocidad. A) sin convertidor de par, B) con convertidor de par.

La fuerza tractiva F , está dada por la relación :

$$13- \quad F = (M \eta Z) / r \quad (\text{Bibl. 3})$$

Donde: F es la fuerza (lbs.)

M es el par motriz en las ruedas (pie-lbs.)

η es la eficiencia total del tren motriz según sea la relación de reducción.

Z es la relación de reducción total del tren motriz (adimensional).

r es el radio de rodadura de la llanta (pie).

El uso del diagrama de fuerza - velocidad es preferible sobre el de potencia - velocidad, sobre todo porque a bajas velocidades la potencia requerida por el automóvil y la proporcionada por el motor son muy pequeñas, y la determinación de los puntos de intersección resulta difícil e inexacta.

En este diagrama se puede cuantificar la fuerza máxima disponible contra la utilizada para un punto de operación, y si existe una diferencia, esta fuerza puede ser utilizada para acelerar el vehículo.

11.2.2.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO EN ACELERACIÓN MÁXIMA.

En los puntos anteriores se utilizan los diagramas potencia - velocidad y fuerza - velocidad para conocer la capacidad de ascensión de pendientes, así como la velocidad máxima de un automóvil; sin embargo no es posible en base a estos análisis conocer la aceleración del automóvil, y por ende el tiempo que le toma llegar a cierta velocidad.

El tren motriz del automóvil es capaz de proporcionar cierto par motriz máximo a las ruedas según el punto de operación en que se encuentre (velocidad del automóvil, R.P.M. del motor, y relación de reducción.), y este par

motriz como ya se explicó se convierte en una fuerza que impulsa al automóvil, y es colineal a su movimiento. Es importante recordar que esta fuerza se modifica con el cambio de velocidad del vehículo. Esta fuerza debe contrarrestar a las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo llegando a la siguiente relación:

$$14- \quad F_t \geq F_r \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: F_t es la fuerza tractiva.
 F_r es la fuerza resistiva.

Cuando F_t es igual a F_r existe un equilibrio de fuerzas y el automóvil ya no puede aumentar de velocidad. Sin embargo, cuando F_t es mayor a F_r hay una fuerza disponible no utilizada en ese momento, y esta fuerza es capaz de provocar una aceleración al automóvil. Esta aceleración puede obtenerse basándose en la relación:

$$7- \quad F = m a$$

DONDE: F es la fuerza. (Kg.)
 m es la masa. (U.T.M.)
 a es la aceleración. (m./seg²)

Despejando a de la formula 7

$$7' \quad a = F / m$$

Y usando la relación

$$15- \quad V_i = V_o + a t \quad (\text{Bibl. 2})$$

DONDE: V_i es la velocidad instantánea del
 automóvil. (m/seg)

V_0 es la velocidad inicial. (m/seg)

t es el tiempo durante el cual se acelera el
automóvil. (seg)

a es la aceleración del automóvil. (m/seg²)

Es importante aclarar que la fuerza que incide en la aceleración varía con la velocidad del vehículo, es decir, es función del punto de operación del tren motriz. Por lo que, la aceleración instantánea varía con la velocidad del vehículo; de esto se deduce que la velocidad instantánea cambia en función de la aceleración instantánea y del intervalo de tiempo que ésta aceleración es aplicada antes de tener una nueva aceleración instantánea. Cuanto menor sea el intervalo de tiempo durante el que se aplica una aceleración instantánea, más exacto será el cálculo de la velocidad instantánea. Usando los conceptos explicados en este párrafo y utilizando las igualdades ya discutidas se obtiene:

$$15- \quad V_f = V_0 + a t$$

Sustituyendo a de la fórmula 7'

$$16- \quad V_f = V_0 + (F/m) t$$

Aplicando el concepto de un intervalo de tiempo

$$17- \quad V_{if} = V_{ii} + (F/m) t$$

DONDE: V_{if} es la velocidad instantánea del
vehículo después de intervalo t . (m./seg.)

V_{ii} es la velocidad instantánea del vehículo
antes del intervalo t . (m./seg.)

F es la fuerza que impulsa al vehículo durante
el intervalo t . (Kg.)

m es la masa del automóvil. (U.T.M.)

Δt es la duración del intervalo de tiempo.(seg.)

Y usando la siguiente relación para obtener la distancia recorrida:

$$18- \quad D = E_d + V_{ii} \Delta t + (a (\Delta t)^2) / 2 \quad (\text{Bíbl. 2})$$

DONDE: D es la distancia recorrida.(m.)

E_d es la suma de la distancia recorrida por el automóvil durante todos los intervalos anteriores de tiempo. (m.)

V_{ii} es la velocidad instantánea del automóvil al comenzar el intervalo de tiempo.(m./seg.)

a es la aceleración del cuerpo durante el intervalo.(m./seg.²)

Δt es el tiempo que dura el intervalo (seg.)

Aplicando el concepto de un intervalo de tiempo, y sustituyendo la ecuación 7' en la 18.

$$19- \quad D = E_d + V_{ii} \Delta t + [(F/m) (\Delta t)^2] / 2$$

Así es como llegamos a dos expresiones que proporcionan la velocidad instantánea, y la distancia recorrida del automóvil, después de una serie de intervalos de tiempo Δt :

$$17- \quad V_{if} = V_{ii} + (F/m) \Delta t$$

$$19- \quad D = E_d + V_{ii} \Delta t + [(F/m)(\Delta t)^2] / 2$$

Como conocemos la fuerza F instantánea que provoca una aceleración instantánea y utilizando incrementos de tiempo muy pequeños, podemos obtener la velocidad instantánea V_{if} ; y usando ésta podemos obtener la distancia que recorre el automóvil en el intervalo de tiempo Δt , y sumando ésta a la

distancia ya recorrida anteriormente obtenemos la distancia total recorrida por el vehiculo desde el reposo hasta el ultimo intervalo Δt .

CAPITULO III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

III.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema a plantear, es la estimación por métodos teóricos del desempeño en aceleración máxima de un automóvil circulando en una carretera horizontal.

Esto significa establecer teóricamente los valores de tiempo empleado, partiendo del reposo para recorrer 3.04, 6.09, 9.14, 12.19, 15.24, 30.48, y 45.72 metros, así como los valores de tiempo para alcanzar desde el reposo 30, 50, 60, 80, 100, 110, y 130 Km/hr. Así como la velocidad máxima del automóvil.

El automóvil en cuestión tiene las siguientes características:

-MOTOR:

Desplazamiento: 2.51 Lts. *

Aspiración : normal a carburador. *

Características de par y potencia máximas contra R.P.M. ver tabla 1 pag. 33. *

R.P.M. máximas recomendadas en operación intermitente:
5600. *

R.P.M. máximas recomendadas en operación continua:
5000. *

-TRACCION:

Delantera. *

-CAJA DE VELOCIDADES:

Transeje de cambios automáticos con tres relaciones hacia adelante y una en reversa. Las relaciones de reducción son:

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

velocidad	relación
1a.	2.69:1 *
2a.	1.55:1 *
3a.	1.00:1 *
Ra.	-2.1:1 *

Este transeje tiene una relación final de reducción de
3.02:1 *

Cambios de relación ascendente con aceleración máxima:

1a. á 2a.	71 Km/hr. *
2a. á 3a.	124 Km/hr. *

-ACOPLAMIENTO DEL MOTOR CON EL TRANSEJE:

Convertidor hidrocínético de par con las características de amplificación de par que están en la tabla 2. pag. 34. *

-LLANTAS:

P195/70 R14. *

Radio estático de rodadura 12.25 pulg. *

Radio dinámico de rodadura 12.15 pulg. *

Presión de inflado 27 lb/pulg.². *

-CARROCERIA:

Autosoportada de acero estampado. *

ca = 0.384 *

Area frontal de 21.91 Pies². *

-PESO DE PRUEBA:

3,197 lbs. (1450 Kg.) *

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

-CARACTERÍSTICAS ATMOSFÉRICAS DE LA PRUEBA:

Altura sobre el nivel del mar: 2000 m. *
 Temperatura ambiente: 60°F (15°C). *
 Presión barométrica 23.54 pulg Hg. *
 Presión de vapor de agua 0.1929 pulg Hg. (Bibl. 11)

R.P.M.	PAR (pie-lb.)	POTENCIA (H.P.)
1200	133	30.38
1400	138	36.78
1600	143	43.5
1800	146	50.03
2000	149	56.73
2200	151	63.25
2400	152	69.45
2600	152.5	75.49
2800	153	81.56
3000	152	86.82
3200	151	92
3400	148	95.8
3600	146	100.07
3800	142	102.7
4000	139	105.8
4200	136	108.75
4400	131	109.74
4600	126	110.35
4800	123	112.41
5000	118	112.33
5200	113	111.8

Tabla 1 Par y potencia contra R.P.M. del motor. *

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

R.P.M. ENTRADA / R.P.M. SALIDA	AMPLIFICACION DE PAR
0	1.92
0.025	1.87
0.05	1.82
0.075	1.8
0.1	1.78
0.125	1.77
0.15	1.75
0.175	1.73
0.2	1.71
0.225	1.7
0.25	1.68
0.275	1.66
0.3	1.63
0.325	1.61
0.35	1.59
0.375	1.56
0.4	1.54
0.425	1.51
0.45	1.49
0.475	1.46
0.5	1.44
0.525	1.41
0.55	1.38
0.575	1.35
0.6	1.32
0.625	1.29
0.65	1.25
0.675	1.22
0.7	1.18
0.725	1.15
0.75	1.13
0.775	1.08
0.8	1.05
0.825	1.02
0.85	1.00
0.875	1.00
0.9	1.00

Tabla 2 Amplificación de par del convertidor de par, contra el cociente de R.P.M. salida / R.P.M. entrada. *

(* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil)

CAPITULO IV.- ANALISIS Y SOLUCION DEL PROBLEMA.

IV.1.- ANALISIS DEL PROBLEMA.

Al analizar el problema planteado en el capítulo III, y en base a lo explicado en los capítulos I y II, para llegar a conocer el desempeño en aceleración máxima hay que realizar los siguientes cuatro puntos:

1- Obtener los valores de resistencia al avance contra velocidad.

2- Obtener los valores de fuerza propulsora en las ruedas contra la velocidad.

3- Obtener la diferencia de la fuerza propulsora y la resistencia al avance, contra la velocidad del automóvil. Esto es para conocer la fuerza libre o no consumida, que es la que va a provocar una aceleración.

4- Con la fuerza libre, podemos calcular la aceleración instantánea en cualquier punto dentro del rango de velocidad del automóvil, y con esto ya es posible obtener los datos de distancia-tiempo, y velocidad-tiempo del automóvil, partiendo este del reposo.

IV.2.- SOLUCION AL PROBLEMA.

En base al análisis realizado, se procede a realizar cada uno de los puntos mencionados en el.

IV.3.- LA RESISTENCIA AL AVANCE.

Las tres principales resistencias al avance son:

A) Resistencia a la rodadura.

- B) Resistencia aerodinámica.
- C) Resistencia por pendientes.

IV.3.1.- RESISTENCIA A LA RODADURA.

La fuerza consumida por la resistencia a la rodadura, se obtiene de la siguiente manera:

Tomando la formula 1 (pag. 15), y sustituyendo en ella la 2 (pag. 15), y sustituyendo los valores de f_0 y f_s tomados de la fig. 11 (pag. 16), así como P de la pagina 32, tenemos:

$$20- R_r = [0.0105 + (3.24)(0.0057)(V/100)^2.5] [(3197) \cos \theta]$$

Donde: R_r es la resistencia total a la rodadura (lbs.)
 θ es el ángulo, de inclinación de la carretera
 V es la velocidad del automóvil (M.P.H.)

La ecuación 20, es valida para superficies de concreto, y para superficies de asfalto, R_r aumenta alrededor de un 20% (pag. 15), por lo que asumiendo un aumento del 20% hay que multiplicar por 1.2 la ecuación 20 para que sea valida en asfalto, quedando:

$$21- R_r = [0.0105 + (3.24)(0.0057)(V/100)^2.5] [(3197) \cos \theta] [1.2]$$

IV.3.2.- RESISTENCIA AERODINAMICA.

Para la resistencia aerodinámica, la fuerza opuesta al avance, queda especificada por:

Tomando la formula 6 (pag. 19), y obteniendo el coeficiente C_a así como el área frontal de la pag. 32, y asumiendo una velocidad de viento despreciable, queda:

$$22- R_a = [(0.26)(0.384)(21.91)(V/10)^2]$$

Donde: R_a es la resistencia total aerodinámica (lbs.)
 V es la velocidad del automóvil (M.P.H.)

Como estos valores son validos a una presión de 29.92 pulg de Hg (pag. 19) y como la presión real de la prueba es de 23.54 pulg de Hg (pag. 33) y como R_a es directamente proporcional a la presión atmosférica (pag. 19), debe afectarse la ecuación 22 con el factor (23.54/29.92), para que esta sea correcta, quedando:

$$23- \quad R_a = [(0.26)(0.384)(21.916)(V/10)^2][23.54/29.92]$$

IV.3.3.- RESISTENCIA POR PENDIENTES.

Para la resistencia por pendientes, la fuerza queda especificada por la relación 3 (pag. 17), así como el peso tomado de la pag. 32, quedando:

$$24- \quad R_p = 3197 (\text{sen } \theta)$$

Donde: R_p es la resistencia total por pendientes (lbs.)
 θ es el ángulo, de inclinación de la carretera.

Sumando los valores de resistencia al avance, contra velocidad del automóvil, llegamos a resistencia total al avance contra velocidad del automóvil, sin embargo, para manejar los datos finales en sistema métrico, los valores de resistencia R obtenidos en libras, con estas tres últimas relaciones, se convirtieron a Kilogramos y la velocidad utilizada fue convertida de millas/hr. a Km/hr.

Sumando estas tres resistencias para distintas pendientes y velocidades, se obtienen los valores de la tabla 3:

Velocidad (Km/hr.) Fuerza (Kg)	Pendiente (%)								
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Km/hr.	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
0	17.64	87	155	225	291	356	419	479	535
8.045	17.85253	87	156	225	292	356	419	479	535
16.09	18.51885	88	156	226	292	357	420	480	536
24.135	19.66702	89	157	227	293	358	421	481	537
32.18	21.31794	91	159	228	295	360	422	482	539
40.225	23.48915	93	161	230	297	362	425	484	541
48.27	26.19603	96	164	233	300	365	427	487	544
56.315	29.45251	99	167	236	303	368	430	490	547
64.36	33.27135	103	171	240	307	372	434	494	551
72.405	37.66447	107	175	245	311	376	439	498	555
80.45	42.64303	112	180	250	316	381	444	503	560
88.49499	48.21759	118	186	255	322	387	449	509	565
96.54	54.39818	124	192	261	328	393	455	515	571
104.585	61.19442	131	199	268	335	399	462	522	578
112.63	68.6155	138	206	275	342	407	469	529	585
120.675	76.6703	146	214	283	350	415	477	537	593
128.72	85.36733	155	223	292	359	423	486	545	602
136.765	94.71488	164	232	301	368	433	495	555	611
144.81	104.7209	174	242	311	378	443	505	564	621
152.855	115.3933	185	253	322	389	453	515	575	631
160.9	126.7395	196	264	333	400	464	527	586	642
168.945	138.7669	208	276	345	412	476	538	598	654
176.99	151.4627	221	289	358	424	489	551	610	666
185.035	164.894	234	302	371	438	502	564	623	679
193.08	179.0075	248	317	385	452	516	578	637	693

Tabla 3 Resistencia total al avance contra velocidad, para distintas pendientes.

La tabulación y conversión de estos valores se realizó mediante un programa de computo cuyo listado aparece en el apéndice C-1. (pag. 70)

IV.4. - LA FUERZA PROPULSORA.

Después de conocer la fuerza que hay que vencer para avanzar (inciso 1), es necesario conocer la fuerza real que las ruedas transmiten al pavimento (inciso 2), para conocerla, primero necesitamos los datos de Par-R.P.M. del motor, tabla 1 (pag. 33).

Como el método más sencillo para evaluar el desempeño en aceleración máxima es utilizando la fuerza tractiva, no utilizaremos los valores de la potencia.

El par del motor, es afectado por el convertidor de par, cuyas características de aumento de par contra el cociente de la velocidad angular de salida/velocidad angular

de entrada, están tabulados en la tabla 2 (pag. 34).

Todos los puntos de operación del motor (Par-R.P.M.) son afectados por todos los puntos característicos del convertidor de par, obteniendo una familia de curvas similar a la de la fig. 16, aunque en realidad se forma un área.

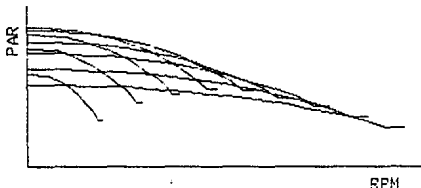


Fig 16. Familia de curvas formadas al afectar la curva par R.P.M. del motor por el convertidor de par.

Los puntos reales de este trabajo ($37 \times 21 = 777$) no están graficados, pero su tabulación está en el apéndice B.(pag. 60)

La obtención de estos valores se realizó mediante un programa de computo cuyo listado aparece en el apéndice C-2.(pag. 71)

De estos puntos, se seleccionaron los de mayor valor para cada punto de velocidad angular, formando así la curva de par máximo contra R.P.M., fig 17.

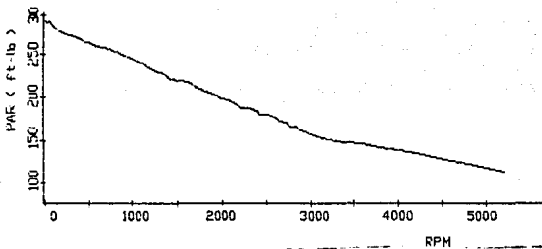


Figura 17. Par máximo contra R.P.M., después del convertidor de par.

Estos puntos Par-R.P.M., son los que se utilizarán para los cálculos posteriores, y están tabulados en la tabla 4 (pag. 41).

El transeje de cambios automáticos tiene las relaciones de reducción en el tren de engranes planetarios mencionados en la pagina 32.

Con datos de la pagina 22, asumimos las siguientes eficiencias para cada relación, quedando:

VELOCIDAD	RELACION	EFICIENCIA
1a.	2.69:1	0.8
2a.	1.55:1	0.85
3a.	1.00:1	0.9

La relación final de reducción es 3.02:1, por lo que afectando los puntos de par máximo contra R.P.M. después del convertidor de par (tabla 4) con las relaciones de reducción y su respectiva eficiencia, quedan los valores de Par-R.P.M. en las ruedas, mismos que deben ser modificados a fuerza-velocidad para poder utilizarlos.

R.P.M.	PAR (pie-lb)	R.P.M.	PAR (pie-lb)
0	293	1900	204
65	285	1995	198
80	282	2070	197
140	278	2160	192
150	276	2205	191
210	275	2250	188
225	273	2310	187
280	272	2415	183
350	270	2420	180
375	269	2520	179
420	267	2625	175
455	263	2640	172
490	264	2730	170
525	262	2760	168
560	261	2835	165
585	259	2875	162
675	258	2940	160
700	257	2970	159
720	256	3000	158
750	255	3045	156
800	253	3080	154
825	252	3150	153
880	250	3200	151
960	246	3400	148
1040	243	3600	146
1050	241	3600	142
1120	240	4000	139
1190	235	4200	136
1275	230	4400	131
1360	228	4600	126
1425	221	4800	123
1530	220	5000	118
1620	217	5200	113
1710	211	5400	105
1805	207	5600	98

Tabla 4 Par máximo contra R.P.M. después del convertidor de par.

La conversión de los valores de Par-R.P.M. a valores de fuerza-velocidad, se realiza mediante los siguientes algoritmos:

$$25- \quad V_t = w \cdot r \cdot \eta_r \quad (\text{Bibl. 2})$$

Donde V_t es la velocidad tangencial. (km/hr)

w es la velocidad angular. (radianes/hr)

r es el radio dinámico de rodadura. (Km)

η_r es la eficiencia de rodadura. (adimensional)

Para que los valores de los elementos de la fórmula 25, se puedan sustituir, es necesario realizar algunas conversiones, quedando:

$$w = 2 \pi 60 \text{ R.P.M.}$$

Y tomando el valor de $r = 12.15$ pulg. (pag. 32), queda r como:

$$r = (12.15)(2.54)/(100,000).$$

Así mismo, la eficiencia de rodadura queda dada por el cociente del radio dinámico de rodadura entre el radio estático de rodadura (ambos en la pag. 32) por lo que:

$$\eta_r = (12.15/12.25).$$

Sustituyendo esto en la ecuación 25, queda:

$$26- V_t = [\text{R.P.M.} (2) (\pi) (60) (12.15) (2.54) / 100,000] (12.15/12.25)$$

Donde: V_t es la velocidad tangencial en Km/hr.

R.P.M. son las revoluciones por minuto de las ruedas.

La fuerza F que provoca el movimiento del automóvil, se obtiene de la relación:

$$27- F = \text{PAR} / r \quad (\text{Bibl. 2})$$

Donde: F es la fuerza en el sentido del movimiento del automóvil. (Kg)

r es el radio dinámico de rodadura. (m.)

PAR es el par en las ruedas. (m.-Kg)

Como el par lo tenemos en pie-lb. (tabla 4, pag 41) y el radio dinámico de rodadura esta en pulg. ($r = 12.15$ pulg.) es necesario utilizar factores de conversión, ya que necesitamos la fuerza en Kg, por lo que queda:

$$\text{PAR(m.-Kg)} = \text{PAR(pie-lb.)} (12) (0.00254) / 2.205$$

$$r(\text{m.}) = (12.15 \text{ pulg.}) (0.00254)$$

Sustituyendo en la ecuación 27:

$$28- F = \text{PAR} [(12)(0.00254)/2.205] / 12.15 (0.00254)$$

Donde: F es la fuerza en el sentido del movimiento del
automóvil

PAR es el par en las ruedas. (pie-lb.)

Se obtienen así, la velocidad tangencial en Km/hr. (ecuación 26) y la fuerza en Kg. (ecuación 28), Llegando a los valores de la tabla 5. (pag. 44).

Estos valores se obtuvieron mediante un programa de cómputo cuyo listado aparece en el apéndice C-3. (pag. 72)

IV.5.- FUERZA LIBRE PARA ACELERACION.

Para realizar el punto 3- del análisis, y una vez que se tienen los valores de resistencia al avance contra velocidad (tabla 3 pag. 38), y se tienen los valores de fuerza máxima disponible contra velocidad (tabla 5 pag. 44), es necesario restarlas para obtener la fuerza libre contra velocidad.

Esta fuerza libre o no consumida es la que va a provocar una aceleración.

La tabulación de estos valores se encuentra en la tabla 6 (pag. 46). La obtención de estos valores se realizó mediante un programa de computo cuyo listado aparece en el apéndice C-4. (pag. 73)

IV.6.- MASA CORREGIDA.

Para conocer la aceleración del automóvil utilizando la relación $a=F/m$ es necesario conocer lo que se llama masa corregida, es decir, la masa que englobe a la masa del automóvil, así como al equivalente de las masas móviles dentro de él.

Para realizar lo anterior, es necesario conocer la relación total de reducción y el intervalo de velocidad del automóvil en el que ésta es utilizada.

RELACION FINAL 3.02:1

1A.
KM/HR KG

9	852.9296
1.9302833	829.6415
1.145703	820.9003
2.064979	809.2643
3.148193	800.4423
3.037449	800.5213
3.022288	794.7091
4.009959	791.7982
5.012449	789.9761
5.014938	777.0451
6.014938	777.0451
7.017438	765.599
7.017438	765.599
8.018918	759.777
8.018918	759.777
9.019959	751.9549
9.019959	751.9549
10.0249	748.1328
10.0249	748.1328
11.02706	745.2218
11.02706	745.2218
12.02922	742.3108
12.02922	742.3108
13.03138	736.4868
13.03138	736.4868
14.03354	732.5778
14.03354	732.5778
15.03570	727.7558
15.03570	727.7558
16.03786	718.1115
16.03786	718.1115
17.04002	707.3786
17.04002	707.3786
18.04218	701.5565
18.04218	701.5565
19.04434	698.6456
19.04434	698.6456
20.04650	694.7346
20.04650	694.7346
21.04866	689.8236
21.04866	689.8236
22.05082	685.9126
22.05082	685.9126
23.05298	681.0016
23.05298	681.0016
24.05514	677.0906
24.05514	677.0906
25.05730	673.1796
25.05730	673.1796
26.05946	669.2686
26.05946	669.2686
27.06162	665.3576
27.06162	665.3576
28.06378	661.4466
28.06378	661.4466
29.06594	657.5356
29.06594	657.5356
30.06810	653.6246
30.06810	653.6246
31.07026	649.7136
31.07026	649.7136
32.07242	645.8026
32.07242	645.8026
33.07458	641.8916
33.07458	641.8916
34.07674	637.9806
34.07674	637.9806
35.07890	634.0696
35.07890	634.0696
36.08106	630.1586
36.08106	630.1586

2A.
KM/HR KG

0	522.1816
1.615537	507.9242
1.988348	502.5775
2.479491	495.4488
3.0728153	491.8844
3.7215414	490.1022
4.422231	486.5379
5.175972	484.7556
6.072973	481.1913
7.014938	479.4091
8.099959	475.8447
9.219979	465.7159
10.37863	470.4991
11.574854	466.9338
12.809344	465.1515
13.091044	461.5872
14.5348	459.805
16.77669	458.0227
17.39805	456.2406
17.89514	454.4584
18.64077	450.8941
19.88348	449.1118
20.50484	445.5474
21.87183	438.4187
23.86018	433.0721
25.84851	429.5077
27.99707	427.7256
29.83688	418.8146
29.57668	409.9037
31.6899	406.3393
33.8919	399.864
35.41746	392.0818
38.02715	386.7352
40.26406	376.042
42.50096	368.9133
44.86211	363.5667
47.32228	352.8736
49.88444	342.1804
51.44852	330.3982
53.68541	323.0517
54.80385	313.2695
55.9223	306.1408
57.41356	300.7942
60.02327	19.0119
61.14754	
62.63796	

3A.
KM/HR KG

0	256.7085
0.504076	246.969
0.08194	243.3167
0.393795	238.447
0.778677	236.0121
0.990091	234.7947
0.667956	232.3586
0.78679	231.1423
0.48349	228.7075
0.44559	227.49
0.16019	225.0551
0.52857	220.1854
0.87688	221.4039
0.06577	218.968
0.5369	217.7506
0.5369	215.3157
0.00787	214.0983
0.9698	212.8808
0.73746	211.6634
0.89319	210.446
0.8194	208.09.0111
0.7825	206.7936
0.90134	204.3588
0.98328	200.4891
0.85221	205.8367
0.45046	203.4019
0.14716	199.1844
0.84886	208.0973
0.11842	198.0101
0.3998	197.5752
0.89706	196.0531
0.9421	196.6357
0.49528	196.4.1834
0.87646	195.6788
0.57527	195.0091
0.18608	194.8.3568
0.85588	194.0522
0.7452	193.6347
0.01238	193.7475
0.94597	192.5301
0.67956	191.8878
0.89102	191.7.6604
0.03606	192.2.7906
0.22868	191.1382
0.0811	217.9209

Tabla 5.- Tabulación de la fuerza disponible contra la velocidad en las ruedas, para las tres relaciones de reducción hacia adelante.

37.17337	509.429	65.24268	711.6832	101.1762	213.0512
37.18818	500.6959	65.61958	306.5766	101.704	209.3588
39.32671	494.874	67.85279	302.9723	105.1712	206.954
39.32674	483.2297	68.59904	295.8435	106.3769	202.0543
39.60084	480.3189	70.4621	294.0613	109.2162	200.3768
41.17368	471.5857	71.45227	288.7147	110.7512	197.1545
42.10457	465.7637	71.07181	285.1504	113.2613	194.7898
42.53421	462.6527	73.81744	283.3682	114.417	193.5722
42.96384	454.9416	74.56336	281.586	115.5728	192.3548
43.39831	454.1196	75.66151	278.0216	117.3628	189.9199
44.10555	448.2975	76.55141	274.4571	118.6547	187.485
45.11204	445.3855	78.29121	272.675	121.3514	186.2676
45.4391	439.5644	79.5334	269.1108	123.2776	183.8717
46.35236	430.8314	84.5049	263.7641	130.9836	180.1804
51.35562	425.0093	89.47549	260.1997	138.6877	177.7455
54.42987	413.3652	94.44655	253.0709	146.3922	172.8758
57.38513	404.6722	99.41742	247.7244	154.0971	168.2335
60.34239	395.8991	104.3883	242.3778	161.8019	165.5712
63.01764	361.344	109.3592	233.4669	169.5067	156.481
65.8779	366.7689	114.33	234.5559	177.2116	153.3886
68.74716	358.0558	119.3009	219.2093	184.9164	149.7445
71.6064	343.5007	124.2713	210.2884	192.6213	143.6513

Tabla 5. - Continuación.

Tabla 6.- Tabulación de la velocidad, fuerza disponible, fuerza consumida y fuerza libre para aceleración.

RELACION VELOCIDAD m/hr	FUERZA DISP kg	FUERZA CONSUMIDA	FUERZA LIBRE ACELERACION
0	641.3458	17.64	623.7059
1.9308833	623.8346	17.64269	606.192
1.145703	617.2679	17.64409	599.6238
2.004979	609.5123	17.65266	590.8597
3.145192	604.1746	17.65456	586.4801
4.007469	601.9458	17.66876	584.277
5.222286	597.5679	17.67708	579.8948
6.009959	595.379	17.69154	577.6875
7.012449	591.0012	17.72108	573.2831
8.37048	588.8124	17.73716	571.0791
9.614938	584.4546	17.77829	566.8771
10.519183	577.868	17.80023	560.9371
11.017438	573.491	17.82513	558.665
12.518674	571.3012	17.85118	553.45
13.019919	565.5274	17.87087	549.0525
14.37795	564.7745	17.94927	546.7852
15.666366	562.5455	17.97214	544.5725
16.00249	560.3567	17.9929	542.3638
17.11111	558.1679	18.02364	540.1442
18.74076	555.7901	18.07783	535.7123
19.45703	551.6012	18.10632	533.4949
20.81566	547.3235	18.17266	529.0512
22.60773	538.4677	18.26585	520.1915
24.74844	530.9012	18.38988	513.5113
27.189413	527.5334	18.40476	509.1186
29.93709	525.3546	18.51322	506.8214
32.00277	514.39	18.62917	495.7609
34.25933	503.4458	18.78009	484.6655
36.47694	499.0677	18.94219	480.1255
38.40783	483.7454	19.07374	464.6717
40.19156	481.5666	19.30023	462.2567
41.26048	474.9898	19.5082	455.4816
42.48939	461.8566	19.72902	442.1275
43.54992	453.101	19.97614	437.1348
44.58979	446.3343	20.23776	426.2966
45.57096	433.4009	20.51397	412.8869
46.45506	431.2121	20.74238	410.4697
47.33397	420.2676	21.02861	399.239
48.157843	418.0787	21.1767	396.902
49.22289	411.512	21.32813	390.1879
50.08215	409.3231	21.53522	387.7879
50.53559	400.5676	21.91199	378.6556
50.6575	394.0009	21.93039	372.0705
50.68964	391.912	22.30711	369.5049
50.59337	383.0564	22.72068	360.3357
50.80818	376.4827	22.78127	353.7084
50.89714	372.112	23.15338	348.9592
50.5274	363.3567	23.2768	340.0766
40.60084	351.1677	23.60357	337.8539
41.17568	354.6008	23.33783	330.8205
42.10457	350.223	23.78021	326.1499
42.53421	348.0341	24.07307	323.8235
42.96384	345.8452	24.21068	321.4953
43.61671	341.4574	24.34981	316.906
44.10955	337.0895	24.72841	312.3612
45.11274	334.9007	25.0687	309.832
45.8081	330.5229	25.31694	305.2059
48.67113	322.9563	26.25321	297.603
51.55666	319.5784	27.45925	292.1192
54.42087	310.8229	28.63562	282.1872
57.28517	304.2567	29.88295	274.3733
60.14939	297.6895	31.20175	266.4878

Tabla 6. - Continuación.

63.01764	286.7451	32.59256	254.1525
65.87779	375.8006	34.05593	341.7447
68.74216	469.8779	35.59237	333.6415
71.60664	568.2641	37.20078	321.0871
74.48227	671.5641	37.11516	176.9779
77.37151	780.4179	38.05477	174.4591
77.81744	811.7338	38.49587	174.579
74.86306	811.7338	38.94395	172.7917
75.68151	806.0576	39.52081	168.4327
76.65141	806.0576	40.15684	166.3168
78.19131	805.0733	41.24901	163.7843
79.53795	802.1571	42.04624	160.7068
84.5048	198.7739	45.37755	152.9552
89.47569	155.6507	46.97837	142.7142
94.44855	190.1907	52.771	137.5513
99.41742	186.2721	56.75777	129.5143
104.3881	182.3518	61.02984	121.231
109.3592	175.5514	65.52241	110.029
114.33	158.6535	70.26448	98.58646
119.3009	161.8537	75.24928	89.58138
124.2718	158.1337	80.47873	77.65154
127.2776	155.3269	89.41316	58.81669
130.9825	145.4326	87.93004	47.55351
136.6877	136.5427	97.04558	36.60709
140.3923	126.6541	106.767	23.22402
151.1977	127.2447	117.1008	10.14394
161.8017	124.4984	128.0528	-3.55374
169.5087	119.5213	139.6327	-19.71102
177.2115	115.7441	151.8429	-36.49872
184.1154	112.5978	164.6917	-52.0934
192.6217	108.1206	178.1838	-70.16317

Para una relación final de reducción de 3.02:1 queda:

relación	reducción total	rango de velocidad (km/hr) (pag. 32)
1a.	Z= 8.12:1	0-71
2a.	Z= 4.68:1	71-124
3a.	Z= 3.02:1	124-velocidad máxima.

Sustituyendo estos valores de reducción total en la fórmula 10 (pag. 20), obtenemos los valores de corrección de masa como sigue:

factor de corrección	rango de velocidad (km/hr)
$1+(0.04+0.0025(8.123)^2)=1.1941$	0-71
$1+(0.04+0.0025(6.681)^2)=1.0947$	71-124
$1+(0.04+0.0025(3.020)^2)=1.0628$	124-velocidad máxima.

IV.7.- CALCULO DEL DESEMPEÑO EN ACELERACION MAXIMA.

Para la obtención de los datos velocidad-tiempo y distancia-tiempo en aceleración máxima, así como la velocidad tope, hay que obtener primero de la tabla 6 (pag. 46) y por el método de mínimos cuadrados (Bibl. 5) una serie de funciones cuadráticas para obtener la fuerza libre (Kg) en cualquier punto de velocidad (Km/hr). Esto es necesario, pues para la realización de los cálculos con equipo de computo, se utilizan funciones continuas dentro del intervalo, en lugar de puntos que es lo que veníamos manejando.

Es importante hacer notar que aunque teóricamente es posible obtener una sola función que ajuste a toda la curva, en la práctica ocurre que los coeficientes manejados en el método de mínimos cuadrados son muy grandes, y quedan fuera del rango de un sistema de computo normal. Por esto se optó por utilizar siete intervalos, quedando:

FUNCIÓN	INTERVALO (Km/hr)
$F=616.0648206-11.82110900V+0.497361380V^2$	$0 <= V < 7$
$F=580.5459877-2.015802458V-0.168841929V^2$	$7 <= V < 15$
$F=639.5766621-9.226749307V+0.048272146V^2$	$15 <= V < 30$
$F=573.1098431-4.835948645V-0.240370900V^2$	$30 <= V < 42$
$F=458.9177026-3.138441108V-0.002117378V^2$	$42 <= V < 71$
$F=271.4513298-1.012798704V-0.004309707V^2$	$71 <= V < 124$
$F=134.5487805+0.154390344V-0.006230488V^2$	$124 <= V$

DONDE: F es la fuerza libre para aceleración (Kg)

V es la velocidad del automóvil (Km/hr)

Con estas relaciones, obtenemos F, para los distintos intervalos indicados, utilizando estas fuerzas así como la masa corregida (mc) en lugar de la masa (m) del automóvil, y sustituyéndolas en las ecuaciones 17 y 19 para obtener así la velocidad después de un intervalo, así como la distancia recorrida durante los intervalos:

$$17- \quad V_{if} = V_{ii} + (F/m) \Delta t$$

$$19- \quad D = S_d + V_{if} \Delta t + [(F/m) (\Delta t)^2] / 2$$

de la ecuación 17, obtenemos la suma de la velocidad que tenía el automóvil (V_{ii}) mas el incremento en velocidad en el intervalo de tiempo Δt . Con esta nueva velocidad, se encuentra la nueva fuerza libre para aceleración, con la que se encuentra la nueva aceleración instantánea misma que se utiliza para los cálculos de incremento de distancia, así como de incremento de velocidad. Esto se realiza reiteradamente hasta que se estabiliza la aceleración en un valor muy cercano a 0, pues la fuerza libre para aceleración es muy pequeña, y es en este momento cuando se llega a la velocidad tope del vehículo.

se realizaron cálculos usando un intervalo Δt de 0.1 segundos y una pendiente de 0° , y se presenta a continuación un extracto de los resultados:

Tiempo seg.	Velocidad Km/hr.	Distancia m.	Fuerza disponible Kg.
1.3	14.88721	2.764094	513.116
1.4	15.9339	3.192165	504.8144
1.9	20.92624	5.756168	467.6343
2	21.88006	6.3507	460.8045
2.4	25.55978	8.988079	435.2793
2.5	26.44761	9.710404	429.3164
2.6	29.0394	12.02301	412.3447
2.9	29.88045	12.84134	406.9766
3	30.71055	13.68289	401.9249
3.1	31.53035	14.54734	396.7339
3.2	32.33957	15.43443	391.5783
4	42.59972	30.06893	321.3785
4.7	43.25523	31.26136	319.2021
5.7	45.57049	44.1637	298.1408
5.8	50.17861	45.54911	296.1038
5.9	50.78257	46.95134	294.0792
7.5	59.90109	71.58484	263.3242
7.6	60.4382	73.25622	261.5017
12	79.70296	159.8023	163.3506
12.1	80.0664	162.0213	162.7323
18.2	99.74496	315.0367	127.5523
18.3	100.0288	317.8114	127.0205
22.1	109.9674	428.7846	107.9599
22.2	110.2076	431.8426	107.4887
33.7	129.9768	819.9941	49.35534
33.8	130.0919	823.6062	49.18552
188.3	159.8156	7476.142	8.970642E-02

La tabulación completa desde 0 hasta los 35 segundos, así como la velocidad máxima, está en el apéndice A. (pag. 54) Y el programa de computo utilizado para realizar esto se encuentra en el apéndice C-5. (pag. 74)

Usando los resultados mostrados, e interpolando (Bibli. 5) se obtienen los siguientes valores:

Intervalo de velocidad: (Km/hr)

0-30 0-50 0-60 0-80 0-100 0-110 0-130

Tiempo (segundos)

2.91 5.77 7.51 12.08 18.28 22.11 33.72

Y

Distancia: (metros)

0-3.04 0-6.09 0-9.14 0-12.19 0-15.24 0-30.48 0-45.72

Tiempo (segundos)

1.36 1.95 2.42 2.82 3.17 4.63 5.81

La velocidad máxima encontrada fue de 159.81 Km/hr, y fue alcanzada después de 188.3 segundos de haber comenzado la marcha con aceleración máxima.

CAPITULO V. - CONCLUSIONES.

V.1.- ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS.

Después de calcular teóricamente el tiempo necesario para obtener cierta velocidad desde el reposo, así como el tiempo para recorrer cierta distancia, nos preguntamos que tan cerca de la realidad están los resultados obtenidos teóricamente, por esto una comparación de los resultados calculados, con los medidos directamente a un automóvil de las características especificadas se realiza a continuación:

Intervalo de velocidad (Km/hr)	Resultados teóricos (seg)	Mediciones reales* (seg)	Desviación	
			seg	%
0-30	2.91	3.13	-0.22	-7.03
0-50	5.77	6.05	-0.28	-4.63
0-60	7.51	7.74	-0.23	-2.97
0-80	12.08	12.40	-0.32	-2.58
0-100	18.28	18.76	-0.48	-2.56
0-110	22.11	22.74	-0.63	-2.77
0-130	33.72	37.39	-3.67	-9.82

Intervalo de distancia (m)	Resultados teóricos (seg)	Mediciones reales* (seg)	Desviación	
			seg	%
0-3.04	1.36	1.33	0.03	2.26
0-6.09	1.950	1.95	0	0
0-9.14	2.42	2.44	-0.02	-0.82
0-12.19	2.82	2.86	-0.04	-1.4
0-15.24	3.17	3.24	-0.07	-2.16
0-30.48	4.63	4.81	-0.18	-3.74
0-45.72	5.81	6.06	-0.25	-4.13

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

Velocidad máxima:

Resultado teórico (Km/hr)	Medición real* (Km/hr)	Desviación	
		Km/hr	%
159.81	157	2.81	1.79

Al comparar los valores teóricos con los reales, podemos apreciar la similitud de estos, y de esto se desprende que la estimación teórica del desempeño en aceleración máxima tiene valores muy cercanos a las mediciones reales.

V.2.- CONCLUSIONES.

Los datos obtenidos teóricamente de velocidad-tiempo, y de distancia-tiempo, al estar tan aproximados a los datos reales del automóvil en cuestión, nos indican que si es posible estimar teóricamente el desempeño en aceleración máxima de un automóvil.

Con esta herramienta teórica, el diseñador automotriz, cuenta con una gran ayuda en su trabajo, que entre otras cosas le puede permitir:

1.- Realizar estimaciones de desempeño con combinaciones de motores, convertidores de par, transejes automáticos, llantas y carrocerías, sin tener que fabricar un solo prototipo, ahorrando así recursos de la compañía, tanto humanos como económicos.

2.- Al realizar pruebas a un automóvil prototipo, o de producción, podrá conocer de antemano lo que el automóvil hará, y si hubiere alguna disminución significativa en el desempeño, sería indicio de algún problema en el prototipo.

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

3.- Realizar en base a estimaciones teóricas pequeños ajustes al tren motriz actual de un automóvil en producción, como pueden ser la modificación de las características del convertidor de par, modificación de las relaciones de reducción, ó de los puntos de cambio en aceleración máxima del transeje automático, así como modificaciones de las ruedas. Esto con la finalidad de mejorar el desempeño, o llegado el caso demostrar la imposibilidad de mejorar el desempeño de un automóvil.

Esto conduce de la forma mas barata, a encontrar la ó las configuraciones del tren motriz que se acerquen a cumplir los requisitos previamente establecidos al diseñar un automóvil, y en este momento fabricar prototipos y realizar con ellos pruebas mas completas, tomando en cuenta otros aspectos como niveles de emisión de contaminantes, consumo de combustible, manejabilidad, suavidad de marcha, y niveles de ruido como los mas importantes.

Al realizar este tipo de pruebas, se puede estar en condición de ofrecer en el mercado un buen producto en forma mas sencilla, rápida y barata.

APENCICE A

TABULACION DE TIEMPO, DISTANCIA, VELOCIDAD Y VELOCIDAD
MAXIMA.

TIEMPO SEG	VELOCIDAD KM/HR	DISTANCIA MIS	FUERZA DISPONIBLE KG
0	0	0	616,0648
1	1.256577	1.745546E-02	601,9961
2	2.484455	0.0694113	589,7658
3	3.687392	.1551313	579,5383
4	4.866689	.273963	570,3189
5	6.032089	.4253704	562,1054
6	7.180137	.6088755	555,7477
7	8.317087	.8241134	550,2408
8	9.443292	1.070785	545,4535
9	10.55798	1.34858	540,4422
10	11.66604	1.657169	534,0843
11	12.74996	1.9962	527,3981
12	13.82567	2.365705	520,4022
13	14.88721	2.764094	513,116
14	15.93399	3.192165	504,8144
15	16.96756	3.649074	496,9491
16	17.97718	4.134762	489,3063
17	18.97521	4.647859	481,878
18	19.95808	5.18873	474,6564
19	20.92624	5.756168	467,6343
20	21.88006	6.3507	460,8045
21	22.81996	6.971533	454,1604
22	23.7463	7.618487	447,6956
23	24.65946	8.29059	441,4038
24	25.55978	8.988079	435,2793
25	26.44761	9.710404	429,3164
26	27.32289	10.45722	423,5098
27	28.18711	11.2282	417,8541
28	29.0394	12.02301	412,3447
29	29.88045	12.84134	406,9766
30	30.71055	13.68399	401,7549
31	31.53035	14.54734	396,6739
32	32.33995	15.43443	391,7281
33	33.13826	16.34384	386,9188
34	33.92652	17.27579	381,3761
35	34.7044	18.2285	376,331
36	35.472	19.20317	371,3241
37	36.22959	20.19902	366,3561
38	36.97664	21.21578	361,4275
39	37.71382	22.25314	356,539
40	38.44106	23.31085	351,691
41	39.1584	24.38862	346,8834
42	39.86593	25.48618	342,1183
43	40.56374	26.60326	337,3947
44	41.25192	27.73958	332,7133
45	41.93055	28.8949	328,0746
46	42.59977	30.06893	323,4785
47	43.25923	31.26136	319,2021
48	43.9063	32.47193	314,6386
49	44.55299	33.70053	310,1688
50	45.19521	34.94703	305,7502
51	45.83311	36.21132	301,6252
52	46.46673	37.49326	297,6129
53	47.09599	38.79274	293,7044
54	47.72097	40.10965	289,8008
55	48.3417	41.44386	285,9022
56	48.9582	42.79525	282,0085
57	49.57049	44.1637	278,1208
58	50.17861	45.54911	274,2389
59	50.78257	46.95134	270,3629
60	51.3824	48.3703	266,4929
61	51.97812	49.80586	262,6289
62	52.56976	51.25791	258,7711
63	53.15735	52.72634	254,9194
64	53.74091	54.21104	251,0738
65	54.32047	55.71189	247,2343
66	54.89604	57.22879	243,4008

100.00000	100.00000	55.46786	58.76162	278.3212
100.00000	100.00000	60.03557	60.31027	276.4056
100.00000	100.00000	66.59913	61.87464	274.5917
100.00000	100.00000	71.55073	63.43466	272.6997
100.00000	100.00000	77.21506	65.09019	270.7394
100.00000	100.00000	82.67326	66.86095	268.8667
100.00000	100.00000	88.15666	68.82871	267.0636
100.00000	100.00000	93.88026	69.99941	265.3520
100.00000	100.00000	99.90109	71.58484	263.7343
100.00000	100.00000	106.4382	73.58632	261.5017
100.00000	100.00000	113.47158	74.94247	259.6906
100.00000	100.00000	121.00126	76.64248	257.8969
100.00000	100.00000	129.02228	78.75916	256.1024
100.00000	100.00000	137.54965	80.68939	254.3062
100.00000	100.00001	146.68328	81.83408	252.5085
100.00000	100.00002	156.58733	83.59211	250.8044
100.00000	100.00003	167.0951	85.36645	249.2000
100.00000	100.00004	168.6031	87.15322	247.6277
100.00000	100.00005	165.19257	88.95546	245.8959
100.00000	100.00006	145.68852	90.77096	244.4385
100.00000	100.00007	146.10599	92.60022	243.185
100.00000	100.00008	166.6	94.44347	240.9058
100.00000	100.00009	167.09055	96.30028	238.8874
100.00000	100.00010	167.57758	98.17067	237.0596
100.00000	100.00011	168.06141	100.05546	235.2925
100.00000	100.00012	168.54176	101.9518	233.5871
100.00000	100.00013	169.01875	103.8624	231.9411
100.00000	100.00014	169.49241	105.7861	230.3546
100.00000	100.00015	169.96275	107.7229	228.827
100.00000	100.00016	170.42978	109.6729	227.3575
100.00000	100.00017	170.89357	111.6357	225.9407
100.00000	100.00018	171.35409	113.6114	224.5718
100.00000	100.00019	171.81134	115.5999	223.2459
100.00000	100.00020	172.26434	117.5974	221.9674
100.00000	100.00021	172.71282	119.6068	220.7316
100.00000	100.00022	173.15728	121.627	219.5337
100.00000	100.00023	173.59801	123.658	218.3698
100.00000	100.00024	174.03475	125.6998	217.2401
100.00000	100.00025	174.46853	127.7524	216.1474
100.00000	100.00026	174.46893	129.8156	215.0893
100.00000	100.00027	174.85189	131.8895	214.065
100.00000	100.00028	175.23345	133.9741	213.0617
100.00000	100.00029	175.6136	136.0651	212.0796
100.00000	100.00030	175.99233	138.1748	211.1185
100.00000	100.00031	176.36958	140.2909	210.1786
100.00000	100.00032	176.74561	142.4175	209.2598
100.00000	100.00033	177.12015	144.5545	208.3621
100.00000	100.00034	177.49378	146.702	207.4855
100.00000	100.00035	177.86505	148.8597	206.6301
100.00000	100.00036	178.23541	151.0278	205.7959
100.00000	100.00037	178.60437	153.2061	204.9828
100.00000	100.00038	178.97196	155.3947	204.1909
100.00000	100.00039	179.33815	157.5934	203.4201
100.00000	100.00040	179.70296	159.8023	202.6696
100.00000	100.00041	180.0664	162.0213	201.9393
100.00000	100.00042	180.42846	164.2504	201.2191
100.00000	100.00043	180.78915	166.4896	200.5092
100.00000	100.00044	181.14841	168.7387	199.8096
100.00000	100.00045	181.50645	170.9978	199.1211
100.00000	100.00046	181.863	173.2668	198.4439
100.00000	100.00047	182.21823	175.5457	197.7782
100.00000	100.00048	182.57208	177.8345	197.1239
100.00000	100.00049	182.9246	180.133	196.4818
100.00000	100.00050	183.27575	182.4414	195.8519
100.00000	100.00051	183.62555	184.7595	195.2342
100.00000	100.00052	183.974	187.0872	194.6288
100.00000	100.00053	184.32111	189.4247	194.0358
100.00000	100.00054	184.66688	191.7717	193.4551
100.00000	100.00055	185.01131	194.1284	192.8867
100.00000	100.00056	185.35439	196.4946	192.3306
100.00000	100.00057	185.69615	198.8703	191.7867

20. 9	107.002	392.6188	113.7362
11. 1	107.2551	398.5946	113.2462
11. 1	107.507	398.5774	113.7578
11. 1	107.7579	401.5672	112.271
11. 1	108.0077	404.5639	111.7857
11. 1	108.2564	407.5676	111.302
11. 1	108.504	410.5781	110.8199
11. 1	108.7506	413.5956	110.3393
11. 1	108.9961	416.6189	109.8603
11. 1	109.2405	419.6507	109.3829
11. 1	109.4837	422.6897	108.907
11. 1	109.7254	425.7353	108.4327
11. 1	110.0074	428.7844	107.9599
11. 1	110.2076	431.8426	107.4887
11. 1	110.4446	434.9075	107.0191
11. 1	110.6849	437.9785	106.551
11. 1	110.9219	441.0554	106.0845
11. 1	111.158	444.1408	105.6196
11. 1	111.393	447.2318	105.1562
11. 1	111.6286	450.3293	104.6943
11. 1	111.8659	453.4333	104.2341
11. 1	112.0918	456.5437	103.7754
11. 1	112.3207	459.6605	103.3182
11. 1	112.5525	462.7838	102.8626
11. 1	112.7814	465.9138	102.4086
11. 1	113.0092	469.0495	101.9561
11. 1	113.2361	472.1918	101.5052
11. 1	113.4619	475.3404	101.0558
11. 1	113.6867	478.4952	100.608
11. 1	113.9106	481.6563	100.1617
11. 1	114.1334	484.8235	99.71702
11. 1	114.3553	487.997	99.27385
11. 1	114.5762	491.1766	98.83221
11. 1	114.7961	494.3624	98.39215
11. 1	115.015	497.5542	97.95362
11. 1	115.2329	500.7521	97.51666
11. 1	115.4499	503.9569	97.08128
11. 1	115.6659	507.1689	96.64728
11. 1	115.8809	510.3810	96.21492
11. 1	116.095	513.6038	95.78409
11. 1	116.3081	516.8316	95.35481
11. 1	116.5202	520.0653	94.92706
11. 1	116.7314	523.3049	94.50066
11. 1	116.9417	526.5504	94.07519
11. 1	117.151	529.8016	93.65303
11. 1	117.3594	533.0587	93.23141
11. 1	117.5668	536.3216	92.81129
11. 1	117.7733	539.5902	92.39273
11. 1	117.9788	542.8646	91.97566
11. 1	118.1835	546.1446	91.56014
11. 1	118.3872	549.4303	91.14612
11. 1	118.59	552.7216	90.73362
11. 1	118.7916	556.0186	90.32265
11. 1	118.9928	559.3212	89.91318
11. 1	119.1929	562.6293	89.50522
11. 1	119.392	565.943	89.09874
11. 1	119.5902	569.2622	88.69383
11. 1	119.7876	572.587	88.29041
11. 1	119.984	575.9171	87.88848
11. 1	120.1795	579.2527	87.48802
11. 1	120.3742	582.5937	87.08908
11. 1	120.568	585.9401	86.69166
11. 1	120.7609	589.2927	86.29571
11. 1	120.9528	592.6491	85.90124
11. 1	121.144	595.9916	85.50826
11. 1	121.3342	599.3393	85.11677
11. 1	121.5236	602.7533	84.72677
11. 1	121.7121	606.1306	84.33822
11. 1	121.8977	609.5142	83.95119
11. 1	122.0865	612.9029	83.5656
11. 1	122.2724	616.2968	83.18148

APENDICE B

**LISTADO DE LOS PUNTOS DE OPERACION DEL MOTOR
(PAR-R.P.M.) AFECTADOS POR EL CONVERTIDOR DE PAR.**

RPN - PAR (01e-1b)

0	-	255	0	-	264	0	-	274	0	-	280	0	-	286	0	-	289	0	-	291	0	-	292	0	-	
193	0	-	291	0	-	297	0	-	304	0	-	310	0	-	322	0	-	326	0	-	331	0	-	331	0	-
241	0	-	236	0	-	226	0	-	214	0	-	201	0	-	188	0	-	266	0	-	261	0	-	251	0	-
31	-	248																								
35	-	258																								
41	-	267																								
47	-	273																								
51	-	278																								
53	-	283																								
60	-	282	40	-	284																					
75	-	285	70	-	286																					
79	-	291																								
77	-	284																								
80	-	289	80	-	292																					
85	-	276																								
90	-	239	90	-	245	90	-	273																		
93	-	245																								
100	-	271	100	-	259																					
103	-	248	103	-	254																					
110	-	274	110	-	244																					
113	-	233																								
120	-	236	120	-	257	120	-	276	120	-	230															
125	-	220																								
130	-	277	130	-	211																					
133	-	262	133	-	196																					
140	-	245	140	-	278	140	-	183																		
150	-	233	150	-	268	150	-	276																		
160	-	254	160	-	274																					
165	-	271																								
170	-	269																								
175	-	244																								
180	-	232	180	-	239	180	-	273	180	-	245															
190	-	258																								
195	-	274																								
200	-	253	200	-	245	200	-	252																		
210	-	230	210	-	241	210	-	275	210	-	247															
220	-	248	220	-	238																					
225	-	250	225	-	273																					
230	-	229																								
240	-	227	240	-	250	240	-	270	240	-	271	240	-	223												
245	-	236																								
250	-	243	250	-	214																					
255	-	266																								
260	-	271	260	-	205																					
270	-	226	270	-	255	270	-	262	270	-	191															
275	-	267																								
280	-	235	280	-	247	280	-	272	280	-	178															
285	-	233																								
300	-	223	300	-	260	300	-	249	300	-	270	300	-	230												
315	-	274	315	-	252	315	-	244																		
320	-	244	320	-	270																					
325	-	249																								
330	-	240	330	-	244	330	-	235																		
340	-	263																								

345	-	236																		
350	-	231	350	-	237	350	-	270												
360	-	216	360	-	243	360	-	249	360	-	266	360	-	259	360	-	221			
375	-	269	375	-	212															
380	-	232																		
385	-	229	385	-	241															
390	-	214	390	-	246	390	-	203												
400	-	240	400	-	254	400	-	247	400	-	247									
405	-	248	405	-	187															
420	-	211	420	-	214	420	-	247	420	-	267	420	-	242	420	-	176			
425	-	261																		
440	-	237	440	-	258	440	-	233												
450	-	207	450	-	145	450	-	253	450	-	266	450	-	258						
455	-	263																		
460	-	224																		
475	-	251																		
480	-	204	480	-	233	480	-	259	480	-	264	480	-	218						
490	-	219	490	-	264															
495	-	242	495	-	256															
500	-	230	500	-	246	500	-	210												
510	-	200	510	-	239															
520	-	230	520	-	240	520	-	201												
525	-	215	525	-	262	525	-	240												
540	-	198	540	-	237	540	-	258	540	-	255	540	-	186						
550	-	247	550	-	253	550	-	231												
560	-	212	560	-	237	560	-	261	560	-	261	560	-	176						
570	-	194	570	-	248															
575	-	223																		
585	-	235	585	-	239															
595	-	208	595	-	254															
600	-	191	600	-	223	600	-	242	600	-	255	600	-	259	600	-	243	600	-	217
605	-	250																		
625	-	208																		
630	-	187	630	-	205	630	-	232	630	-	260	630	-	252	630	-	238			
640	-	220	640	-	259															
650	-	239	650	-	256	650	-	260												
660	-	103	660	-	246	660	-	252	660	-	229									
665	-	201	665	-	265															
675	-	227	675	-	258	675	-	185												
680	-	215	680	-	253															
690	-	179	690	-	220															
700	-	184	700	-	234	700	-	257	700	-	240	700	-	173						
715	-	243	715	-	253															
720	-	175	720	-	213	720	-	224	720	-	247	720	-	256	720	-	249	720	-	215
725	-	235																		
750	-	171	750	-	232	750	-	255	750	-	206									
740	-	208	740	-	247															
745	-	220	745	-	251															
770	-	190	770	-	240	770	-	253	770	-	254									
780	-	184	780	-	248	780	-	248	780	-	197									
800	-	205	800	-	229	800	-	257	800	-	237									
805	-	184	805	-	217															
810	-	162	810	-	217	810	-	248	810	-	183									
815	-	235	815	-	252															
840	-	154	840	-	182	840	-	241	840	-	249	840	-	232	840	-	215	840	-	171
850	-	224	850	-	248															
855	-	215	855	-	241															

870 - 157									
875 - 158	875 - 204								
880 - 159	880 - 205	880 - 250	880 - 254						
900 - 159	900 - 210	900 - 252	900 - 257	900 - 247	900 - 245	900 - 234			
910 - 242	910 - 195								
920 - 195	920 - 215								
930 - 143									
933 - 208	935 - 245								
945 - 168	945 - 231	945 - 181							
950 - 217	950 - 238								
960 - 157	960 - 198	960 - 234	960 - 246	960 - 210					
975 - 217									
980 - 160	980 - 243	980 - 149							
990 - 157	990 - 261	990 - 224	990 - 242	990 - 222					
1000 - 164	1000 - 214	1000 - 233	1000 - 261						
1015 - 170									
1020 - 153	1020 - 229	1020 - 241							
1035 - 197	1035 - 214								
1040 - 178	1040 - 234	1040 - 243	1040 - 193						
1045 - 170	1045 - 225								
1050 - 173	1050 - 175	1050 - 210	1050 - 238	1050 - 241	1050 - 238				
1060 - 183	1060 - 174	1060 - 192	1060 - 224	1060 - 237	1060 - 209	1060 -			
179									
1085 - 149									
1100 - 205	1100 - 217	1100 - 230	1100 - 220						
1105 - 230	1105 - 236								
1110 - 173									
1120 - 194	1120 - 168	1120 - 233	1120 - 240	1120 - 167					
1125 - 180	1125 - 237	1125 - 200							
1140 - 173	1140 - 227	1140 - 231							
1150 - 201	1150 - 211								
1155 - 140	1155 - 212	1155 - 225							
1160 - 194									
1170 - 153	1170 - 182	1170 - 227	1170 - 235	1170 - 192					
1190 - 138	1190 - 201	1190 - 235							
1200 - 153	1200 - 161	1200 - 194	1200 - 218	1200 - 234	1200 - 235	1200 -			
254	206								
1210 - 209	1210 - 217								
1215 - 170	1215 - 170								
1225 - 130									
1235 - 252	1235 - 228								
1240 - 196									
1250 - 192	1250 - 198								
1260 - 130	1260 - 177	1260 - 214	1260 - 227	1260 - 232	1260 - 221	1260 -			
166									
1265 - 203	1265 - 209								
1275 - 227	1275 - 230								
1280 - 150	1280 - 275								
1295 - 138									
1300 - 186	1300 - 219	1300 - 223	1300 - 189						
1305 - 167									
1320 - 145	1320 - 149	1320 - 209	1320 - 213	1320 - 204					
1330 - 130	1330 - 223	1330 - 225							
1350 - 144	1350 - 181	1350 - 224	1350 - 227	1350 - 174					
1360 - 143	1360 - 229	1360 - 227							
1365 - 150	1365 - 243								
1375 - 194	1375 - 195								

1340	-	205	1340	-	205														
1395	-	157																	
1400	-	170	1400	-	143	1400	-	175	1400	-	220	1400	-	221	1400	-	144		
1425	-	221	1425	-	221														
1430	-	188	1430	-	210	1430	-	210	1430	-	107								
1440	-	142	1440	-	153	1440	-	209	1440	-	224	1440	-	124	1440	-	209		
1445	-	223																	
1450	-	171																	
1470	-	218																	
1480	-	143																	
1485	-	140	1485	-	184	1485	-	174											
1495	-	205	1495	-	202														
1500	-	168	1500	-	192	1500	-	218	1500	-	214	1500	-	192					
1520	-	143	1520	-	220	1520	-	218											
1530	-	144	1530	-	220	1530	-	220											
1540	-	178	1540	-	211	1540	-	208	1540	-	142								
1550	-	169																	
1560	-	147	1560	-	178	1560	-	201	1560	-	198	1560	-	184					
1575	-	144	1575	-	212														
1575	-	173																	
1600	-	143	1600	-	176	1600	-	217	1600	-	214								
1610	-	206	1610	-	200	1620	-	217											
1615	-	216	1615	-	214														
1620	-	144	1620	-	182	1620	-	217	1620	-	171								
1625	-	196	1625	-	189														
1630	-	171	1630	-	170	1630	-	209	1630	-	204								
1665	-	144																	
1680	-	179	1680	-	201	1680	-	209	1680	-	195	1680	-	159					
1700	-	140	1700	-	213	1700	-	209											
1705	-	143																	
1710	-	146	1710	-	213	1710	-	211											
1725	-	205	1725	-	194														
1740	-	174																	
1750	-	149	1750	-	197	1750	-	187											
1755	-	144	1755	-	184														
1760	-	150	1760	-	200	1760	-	201											
1785	-	205																	
1800	-	146	1800	-	149	1800	-	171	1800	-	200	1800	-	210	1800	-	207	1800	-
1810	-	207																	
1805	-	154																	
1815	-	177	1815	-	179														
1840	-	203	1840	-	194														
1850	-	149																	
1840	-	194																	
1870	-	151	1870	-	204	1870	-	197											
1875	-	196	1875	-	184														
1885	-	175																	
1890	-	186	1890	-	202	1890	-	144											
1900	-	149	1900	-	204	1900	-	202											
1920	-	159	1920	-	199	1920	-	189											
1925	-	171																	
1930	-	149	1930	-	172	1930	-	174											
1935	-	149	1935	-	196														
1940	-	180	1940	-	155														
1980	-	151	1980	-	155	1980	-	201	1980	-	195								
1995	-	191																	

2000	199	2000	194	2000	200	2000	181				
2005	195	2005	163								
2010	175										
2015	171										
2018	152	2018	195	2018	105						
2020	197	2020	107								
2020	167	2020	101	2020	174						
2020	171	2020	105	2020	191						
2100	185	2100	172	2100	179	2100	195	2100	195	2100	152
2125	191	2125	178								
2145	151	2145	155								
2160	152	2160	104	2160	192	2160	103	2160	161		
2170	165										
2175	174										
2185	191	2185	105								
2200	151	2200	191	2200	180						
2205	191										
2210	152	2210	105	2210	170						
2220	157										
2240	160	2240	170	2240	150						
2250	171	2250	106	2250	175						
2275	157										
2300	152	2300	102	2300	179						
2305	100	2305	150								
2300	107	2300	101								
2310	156	2310	107	2310	184						
2320	173										
2325	154										
2330	152	2330	152	2330	102	2330	160				
2335	103	2335	172								
2340	153	2340	174	2340	167						
2400	152	2400	159	2400	170	2400	183	2400	177		
2405	152										
2415	103	2415	177								
2420	100										
2450	170	2450	156								
2450	153										
2450	170										
2470	152	2470	177	2470	164						
2475	157										
2480	163										
2500	159	2500	150								
2500	175	2500	192	2500	179	2500	173	2500	144		
2510	175	2510	171								
2515	157										
2520	175	2520	167								
2530	151	2530	153								
2535	175	2535	153								
2540	153	2540	173	2540	162						
2540	157										
2610	167										
2625	151	2625	175	2625	166						
2630	157										
2630	159	2630	172	2630	169						
2635	150										
2640	153	2640	167	2640	165						
2640	157	2640	164	2640	169	2640	151				

2720	-	151	2720	-	155		
2730	-	152	2730	-	170		
2750	-	160	2750	-	162		
2755	-	153					
2760	-	164	2760	-	144		
2775	-	152					
2790	-	157					
2800	-	153	2800	-	151	2800	- 164
2805	-	150				2000	- 141
2825	-	165					
2850	-	152	2850	-	140		
2860	-	143	2860	-	155		
2875	-	162	2875	-	159		
2880	-	151	2880	-	153	2880	- 142
2890	-	140					
2900	-	159					
2925	-	152					
2940	-	160					
2945	-	153					
2960	-	151					
2970	-	148	2970	-	159	2970	- 144
2975	-	140					
2990	-	157	2990	-	152		
3000	-	152	3000	-	157	3000	- 158
3000	-	151	3000	-	149	3000	- 155
3045	-	156					
3060	-	148	3060	-	146		
3080	-	154	3080	-	155		
3100	-	150					
3105	-	155	3105	-	141		
3120	-	151	3120	-	153	3120	- 149
3125	-	152					
3135	-	144					
3145	-	140					
3150	-	146	3150	-	153		
3170	-	150					
3200	-	151	3200	-	145		
3220	-	148	3220	-	172		
3230	-	140	3230	-	142		
3240	-	146	3240	-	150	3240	- 130
3250	-	147	3250	-	145		
3255	-	146					
3300	-	141	3300	-	148		
3315	-	140					
3320	-	142					
3350	-	146					
3365	-	144					
3360	-	142	3360	-	143	3360	- 129
3375	-	143	3375	-	138		
3400	-	149	3400	-	139		
3410	-	141					
3420	-	146	3420	-	142		
3450	-	142					
3465	-	138					
3480	-	141					
3500	-	159	3500	-	139	3500	- 126

3510	-	146	3510	-	139
3515	-	147			
3520	-	147			
3525	-	146			
3530	-	146			
3535	-	146	3600	-	139
3540	-	146	3600	-	138
3545	-	146			
3550	-	146			
3555	-	146			
3560	-	146			
3565	-	146			
3570	-	146			
3575	-	146			
3580	-	146			
3585	-	146			
3590	-	146			
3595	-	146			
3600	-	146			
3605	-	146			
3610	-	146			
3615	-	146			
3620	-	146			
3625	-	146			
3630	-	146			
3635	-	146			
3640	-	146			
3645	-	146			
3650	-	146			
3655	-	146			
3660	-	146			
3665	-	146			
3670	-	146			
3675	-	146			
3680	-	146			
3685	-	146			
3690	-	146			
3695	-	146			
3700	-	146	3780	-	122
3705	-	146	3780	-	119
3710	-	146			
3715	-	146			
3720	-	146			
3725	-	146			
3730	-	146			
3735	-	146			
3740	-	146			
3745	-	146			
3750	-	146			
3755	-	146			
3760	-	146			
3765	-	146			
3770	-	146			
3775	-	146			
3780	-	146			
3785	-	146			
3790	-	146			
3795	-	146			
3800	-	146			
3805	-	146			
3810	-	146			
3815	-	146			
3820	-	146			
3825	-	146			
3830	-	146			
3835	-	146			
3840	-	146			
3845	-	146			
3850	-	146			
3855	-	146			
3860	-	146			
3865	-	146			
3870	-	146			
3875	-	146			
3880	-	146			
3885	-	146			
3890	-	146			
3895	-	146			
3900	-	146			
3905	-	146			
3910	-	146			
3915	-	146			
3920	-	146			
3925	-	146			
3930	-	146			
3935	-	146			
3940	-	146			
3945	-	146			
3950	-	146			
3955	-	146			
3960	-	146			
3965	-	146			
3970	-	146			
3975	-	146			
3980	-	146			
3985	-	146			
3990	-	146			
3995	-	146			
4000	-	146			
4005	-	146			
4010	-	146			
4015	-	146			
4020	-	146			
4025	-	146			
4030	-	146			
4035	-	146			
4040	-	146			
4045	-	146			
4050	-	146			
4055	-	146			
4060	-	146			
4065	-	146			
4070	-	146			
4075	-	146			
4080	-	146			
4085	-	146			
4090	-	146			
4095	-	146			
4100	-	146			
4105	-	146			
4110	-	146			
4115	-	146			
4120	-	146			
4125	-	146			
4130	-	146			
4135	-	146			
4140	-	146			
4145	-	146			
4150	-	146			
4155	-	146			
4160	-	146			
4165	-	146			
4170	-	146			
4175	-	146			
4180	-	146			
4185	-	146			
4190	-	146			
4195	-	146			
4200	-	146	4200	-	110
4205	-	146			
4210	-	146			
4215	-	146			
4220	-	146			
4225	-	146			
4230	-	146			
4235	-	146			
4240	-	146			
4245	-	146			
4250	-	146			
4255	-	146			
4260	-	146			
4265	-	146			
4270	-	146			
4275	-	146			
4280	-	146			
4285	-	146			
4290	-	146			
4295	-	146			
4300	-	146			
4305	-	146			
4310	-	146			
4315	-	146			
4320	-	146			
4325	-	146			
4330	-	146			
4335	-	146			
4340	-	146			
4345	-	146			
4350	-	146			
4355	-	146			
4360	-	146			
4365	-	146			
4370	-	146			
4375	-	146			
4380	-	146			
4385	-	146			
4390	-	146			
4395	-	146			
4400	-	146			
4405	-	146			
4410	-	146			
4415	-	146			
4420	-	146			
4425	-	146			
4430	-	146			
4435	-	146			
4440	-	146			
4445	-	146			
4450	-	146			
4455	-	146			
4460	-	146			
4465	-	146			
4470	-	146			
4475	-	146			
4480	-	146			
4485	-	146			
4490	-	146			
4495	-	146			
4500	-	146			

4480 1 175

4100 11 100
 4105 11 100
 4110 11 100
 4115 11 100
 4120 11 100
 4125 11 100
 4130 11 100
 4135 11 100
 4140 11 100
 4145 11 100
 4150 11 100
 4155 11 100
 4160 11 100
 4165 11 100
 4170 11 100
 4175 11 100
 4180 11 100
 4185 11 100
 4190 11 100
 4195 11 100
 4200 11 100
 4205 11 100
 4210 11 100
 4215 11 100
 4220 11 100
 4225 11 100
 4230 11 100
 4235 11 100
 4240 11 100
 4245 11 100
 4250 11 100
 4255 11 100
 4260 11 100
 4265 11 100
 4270 11 100
 4275 11 100
 4280 11 100
 4285 11 100
 4290 11 100
 4295 11 100
 4300 11 100
 4305 11 100
 4310 11 100
 4315 11 100
 4320 11 100
 4325 11 100
 4330 11 100
 4335 11 100
 4340 11 100
 4345 11 100
 4350 11 100
 4355 11 100
 4360 11 100
 4365 11 100
 4370 11 100
 4375 11 100
 4380 11 100
 4385 11 100
 4390 11 100
 4395 11 100
 4400 11 100
 4405 11 100
 4410 11 100
 4415 11 100
 4420 11 100
 4425 11 100
 4430 11 100
 4435 11 100
 4440 11 100
 4445 11 100
 4450 11 100
 4455 11 100
 4460 11 100
 4465 11 100
 4470 11 100
 4475 11 100
 4480 11 100

APENDICE C

PROGRAMAS DE COMPUTO

Programa para tabular la resistencia al avance contra la
velocidad a distintas pendientes.

APENDICE C-1

```
10 DIM FR(120,40),FA(120),F(40),RT(40,120),RF(40),POT(40,120)
20 FOR I = 0 TO 40 STEP 5
30 READ F(I)
40 RF(I)=2.47*SIN(R(I))
50 NEXT I
60 FOR I=0 TO 40 STEP 5
70 FOR M=0 TO 120 STEP 5
80 RR(M,I)=1.0105*(3.24*.0057*(M/100)^2.5)*3197*1.2*COS(R(I))
90 RA(M)=(1.26*.384*(1.916)*(M/10))^2*(23.54/29.92)
100 NEXT M
110 NEXT I
120 FOR I=0 TO 40 STEP 5
130 FOR M=0 TO 120 STEP 5
140 RT(I,M)=RF(I)+RR(M,I)+RA(M)
150 RT(I,M)=RT(I,M)/2.205
160 POT(I,M)=RT(I,M)*M*.5260/60/33000
170 NEXT M
180 NEXT I
190 LPRINT CHR$(27) "S" CHR$(27) "1"
200 LPRINT "FUERZA (EN KG)"
210 LPRINT "VEL (Km/hr) PENDIENTE (%):";LPRINT "Km/hr";TAB(12)"0%";TAB(23) "5%";TAB(28) "10%";TAB(33) "15%";TAB(38) "20%";TAB(43) "25%";TAB(48) "30%";TAB(54) "35%";TAB(59) "40%";LPRINT
220 FOR M = 0 TO 120 STEP 5
230 K=M*.609
240 LPRINT K;TAB(11)RT(0,M);TAB(22)INT(RT(5,M));TAB(27)INT(RT(10,M));TAB(32)INT(RT(15,M));TAB(37)INT(RT(20,M));TAB(42)INT(RT(25,M));TAB(47)INT(RT(30,M));TAB(52)INT(RT(35,M));TAB(58)INT(RT(40,M))
250 NEXT M
260 DATA 0.05,.099,.1489,.1974,.2450,.2915,.3367,.38
270 END
```

```

30 DIM TRAD(23,41),RPMQ(23,41)
40 DIM RPM(23),TOR(23)
50 DIM SRAD(41),TRAD(41)
60 FOR I=1 TO 23
70 READ RPM(I),TOR(I)
80 REM PRINT RPM(I),TOR(I)
90 NEXT I
95 REM STOP
98 FOR J=1 TO 41
100 READ SRAD(J),TRAD(J)
110 REM PRINT SRAD(J),TRAD(J);
120 NEXT J
130 REM STOP
140 FOR J=1 TO 41
150 FOR I=J TO 23
160 TORQ(I,J)=TOR(I)*TRAD(J)
170 RPMQ(I,J)=RPM(I)*SRAD(J)
180 NEXT I
190 NEXT J
200 FOR I=1 TO 23
210 REM PRINT I
220 FOR J=1 TO 41
230 TORQ(I,J)=INT(TORQ(I,J))
240 RPMQ(I,J)=INT(RPMQ(I,J))
250 REM PRINT TORQ(I,J);RPMQ(I,J);"--";
260 NEXT J
270 REM PRINT :PRINT
280 NEXT I
290 PRINT CHR$(27) "S0",CHR$(27) "1"
300 FOR H=C TO 5600 STEP 5
310 W=0
320 FOR I=1 TO 23
330 FOR J=1 TO 41
340 IF RPMQ(I,J)=H THEN LPRINT RPMQ(I,J),TORQ(I,J);"--";
350 IF RPMQ(I,J)=H THEN W=1
360 NEXT J
370 NEXT I
380 IF W=1 THEN LPRINT
390 NEXT H
400 DATA 1200,133,1400,178,1600,143,1800,146,2000,149,2200,151,2400,152,2600,152
410 DATA 2800,153,3000,152,3200,151,3400,148
420 DATA 3800,146,3800,142,4000,139,4200,136,4400,131,4600,126,4800,123,5000,118
430 DATA 5200,113,5400,105,5600,98
440 DATA 0,1,82,0,025,1,87,0,05,1,82,0,075,1,8,0,1,1,76,1,25,1,77,1,50,1,75,1,175
450 DATA 1,73,1,2,1,71,1,225,1,7,1,25,1,68,1,275,1,65,1,3,1,65,1,325,1,61,1,350,1,59
460 DATA 1,375,1,56,1,4,1,54,1,425,1,51,1,45,1,49,1,475,1,46,1,5,1,44,1,525,1,41,1,55,1,
470 DATA 1,35,1,35,1,32,1,325,1,29,1,35,1,25,1,675,1,22,1,7,1,18,1,725,1,15
480 DATA 1,75,1,13,1,775,1,08,1,8,1,05,1,825,1,02,1,85,1,1,875,1,1,9,1,925,1,1,95,1,1,97
490 DATA 1,1

```

APENCICE C-2
 Programa para obtener los puntos de operación del motor
 afectados por el convertidor de par.

APENCICE C-3
Programa para obtener la fuerza máxima disponible en las
ruedas contra la velocidad del automóvil.

```

100 GO TO 100: III="DELETA"
110 FOR I=1 TO 3: FUE02(3,I)=
120 FOR J=1 TO 3: TOR(3,I)=
130 FOR I=1 TO 3: RENE(3,I)=
140 FOR I=1 TO 3: RENE(2,I)=
150 FOR I=1 TO 3: RENE(1,I)=
160 FOR I=1 TO 3: CHR(27)="I"
170 FOR I=1 TO 3:
180 FOR J=1 TO 3: TOR(I,
190 FOR I=1 TO 3: RPM(I,
200 NEXT I
210 FOR I=1 TO 3:
220 FOR J=1 TO 3:
230 TORF(1,I)=TOR(I)*2.65*.8
240 RENE(1,I)=RPM(I)*2.65
250 TORF(2,I)=TOR(I)*1.55*.85
260 RENE(2,I)=RPM(I)*1.55
270 TORF(3,I)=TOR(I)*.9
280 RENE(3,I)=RPM(I)
290 NEXT I
300 FOR I=1 TO 3:
310 FOR J=1 TO 3:
320 FUE(2,I,I)=TORF(1,I)*3.62*12*3.54/2.205/30.961
330 VTA02(1,I)=RPMF(J,I)/3.02*2*3.141592654#*30.861*60/1000000
340 NEXT J
350 NEXT I
360 LPRINT "RELACION FINAL 3.02:1"
370 LPRINT " 1A.
380 LPRINT " KM/HR 1G
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690
700
710
720
730
740
750
760
770
780
790
800
810
820
830
840
850
860
870
880
890
900
910
920
930
940
950
960
970
980
990
1000
1010
1020
1030
1040
1050
1060
1070
1080
1090
1100
1110
1120
1130
1140
1150
1160
1170
1180
1190
1200
1210
1220
1230
1240
1250
1260
1270
1280
1290
1300
1310
1320
1330
1340
1350
1360
1370
1380
1390
1400
1410
1420
1430
1440
1450
1460
1470
1480
1490
1500
1510
1520
1530
1540
1550
1560
1570
1580
1590
1600
1610
1620
1630
1640
1650
1660
1670
1680
1690
1700
1710
1720
1730
1740
1750
1760
1770
1780
1790
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
2120
2130
2140
2150
2160
2170
2180
2190
2200
2210
2220
2230
2240
2250
2260
2270
2280
2290
2300
2310
2320
2330
2340
2350
2360
2370
2380
2390
2400
2410
2420
2430
2440
2450
2460
2470
2480
2490
2500
2510
2520
2530
2540
2550
2560
2570
2580
2590
2600
2610
2620
2630
2640
2650
2660
2670
2680
2690
2700
2710
2720
2730
2740
2750
2760
2770
2780
2790
2800
2810
2820
2830
2840
2850
2860
2870
2880
2890
2900
2910
2920
2930
2940
2950
2960
2970
2980
2990
3000
3010
3020
3030
3040
3050
3060
3070
3080
3090
3100
3110
3120
3130
3140
3150
3160
3170
3180
3190
3200
3210
3220
3230
3240
3250
3260
3270
3280
3290
3300
3310
3320
3330
3340
3350
3360
3370
3380
3390
3400
3410
3420
3430
3440
3450
3460
3470
3480
3490
3500
3510
3520
3530
3540
3550
3560
3570
3580
3590
3600
3610
3620
3630
3640
3650
3660
3670
3680
3690
3700
3710
3720
3730
3740
3750
3760
3770
3780
3790
3800
3810
3820
3830
3840
3850
3860
3870
3880
3890
3900
3910
3920
3930
3940
3950
3960
3970
3980
3990
4000
4010
4020
4030
4040
4050
4060
4070
4080
4090
4100
4110
4120
4130
4140
4150
4160
4170
4180
4190
4200
4210
4220
4230
4240
4250
4260
4270
4280
4290
4300
4310
4320
4330
4340
4350
4360
4370
4380
4390
4400
4410
4420
4430
4440
4450
4460
4470
4480
4490
4500
4510
4520
4530
4540
4550
4560
4570
4580
4590
4600
4610
4620
4630
4640
4650
4660
4670
4680
4690
4700
4710
4720
4730
4740
4750
4760
4770
4780
4790
4800
4810
4820
4830
4840
4850
4860
4870
4880
4890
4900
4910
4920
4930
4940
4950
4960
4970
4980
4990
5000
5010
5020
5030
5040
5050
5060
5070
5080
5090
5100
5110
5120
5130
5140
5150
5160
5170
5180
5190
5200
5210
5220
5230
5240
5250
5260
5270
5280
5290
5300
5310
5320
5330
5340
5350
5360
5370
5380
5390
5400
5410
5420
5430
5440
5450
5460
5470
5480
5490
5500
5510
5520
5530
5540
5550
5560
5570
5580
5590
5600
5610
5620
5630
5640
5650
5660
5670
5680
5690
5700
5710
5720
5730
5740
5750
5760
5770
5780
5790
5800
5810
5820
5830
5840
5850
5860
5870
5880
5890
5900
5910
5920
5930
5940
5950
5960
5970
5980
5990
6000
6010
6020
6030
6040
6050
6060
6070
6080
6090
6100
6110
6120
6130
6140
6150
6160
6170
6180
6190
6200
6210
6220
6230
6240
6250
6260
6270
6280
6290
6300
6310
6320
6330
6340
6350
6360
6370
6380
6390
6400
6410
6420
6430
6440
6450
6460
6470
6480
6490
6500
6510
6520
6530
6540
6550
6560
6570
6580
6590
6600
6610
6620
6630
6640
6650
6660
6670
6680
6690
6700
6710
6720
6730
6740
6750
6760
6770
6780
6790
6800
6810
6820
6830
6840
6850
6860
6870
6880
6890
6900
6910
6920
6930
6940
6950
6960
6970
6980
6990
7000
7010
7020
7030
7040
7050
7060
7070
7080
7090
7100
7110
7120
7130
7140
7150
7160
7170
7180
7190
7200
7210
7220
7230
7240
7250
7260
7270
7280
7290
7300
7310
7320
7330
7340
7350
7360
7370
7380
7390
7400
7410
7420
7430
7440
7450
7460
7470
7480
7490
7500
7510
7520
7530
7540
7550
7560
7570
7580
7590
7600
7610
7620
7630
7640
7650
7660
7670
7680
7690
7700
7710
7720
7730
7740
7750
7760
7770
7780
7790
7800
7810
7820
7830
7840
7850
7860
7870
7880
7890
7900
7910
7920
7930
7940
7950
7960
7970
7980
7990
8000
8010
8020
8030
8040
8050
8060
8070
8080
8090
8100
8110
8120
8130
8140
8150
8160
8170
8180
8190
8200
8210
8220
8230
8240
8250
8260
8270
8280
8290
8300
8310
8320
8330
8340
8350
8360
8370
8380
8390
8400
8410
8420
8430
8440
8450
8460
8470
8480
8490
8500
8510
8520
8530
8540
8550
8560
8570
8580
8590
8600
8610
8620
8630
8640
8650
8660
8670
8680
8690
8700
8710
8720
8730
8740
8750
8760
8770
8780
8790
8800
8810
8820
8830
8840
8850
8860
8870
8880
8890
8900
8910
8920
8930
8940
8950
8960
8970
8980
8990
9000
9010
9020
9030
9040
9050
9060
9070
9080
9090
9100
9110
9120
9130
9140
9150
9160
9170
9180
9190
9200
9210
9220
9230
9240
9250
9260
9270
9280
9290
9300
9310
9320
9330
9340
9350
9360
9370
9380
9390
9400
9410
9420
9430
9440
9450
9460
9470
9480
9490
9500
9510
9520
9530
9540
9550
9560
9570
9580
9590
9600
9610
9620
9630
9640
9650
9660
9670
9680
9690
9700
9710
9720
9730
9740
9750
9760
9770
9780
9790
9800
9810
9820
9830
9840
9850
9860
9870
9880
9890
9900
9910
9920
9930
9940
9950
9960
9970
9980
9990

```

```

30 DEF FN "I" #1: "REL = 00"
35 DIM VELO2(1..66), FUEO2(3..66), H02(3..66)
39 REM LPRINT CHR$(27) "SO", CHR$(27) "I"
40 LPRINT "RELACION 3.02:1"
50 LPRINT "VELOCIDAD FUERZA DISP FUERZA LIBRE"
60 LPRINT " Km/hr Kg CONSUMIDA ACELERACION"
70 EF=(23.54-.1929)/29.92)*(520/560)^(1/2)
80 FOR J=1 TO 3
90 FOR I=0 TO 66
100 INPUT#1, VELO2(J,I), FUEO2(J,I)
110 FUEO2(J,I)=FUEO2(J,I)*EF
120 IF J=2 AND VELO2(J,I)<71 THEN GOTO 190
130 IF J=3 AND VELO2(J,I)<123 THEN GOTO 190
140 M=VELO2(J,I)/1.609
150 H=1+(.0105)*(3.24*.0057*(M/100)^(2.5))*.3197*1.2)+((.26*.384*21.916)*(M/100)
2*(23.54/29.92))
160 H=H+.205
170 H02(J,I)=FUEO2(J,I)-H
180 LPRINT VELO2(J,I), FUEO2(J,I), H, H02(J,I)
190 NEXT I
200 NEXT J
210 CLOSE #1
220 END

```

APENCICE C-4

Programa para obtener la diferencia entre la fuerza disponible y la consumida, para así obtener la fuerza libre, esto contra la velocidad del automóvil.

```

10 FEB LPRINT CHR$(27) "S",CHR$(27) "1"
20 LPRINT "TIEMPO VELOCIDAD DISTANCIA FUERZA DISPONIBLE"
30 LPRINT " SEG KM/HR MTS KG"
40 LPRINT
50 FOR I=0 TO 12000
60 T=.1
70 I1=I+10
80 IF VV=0 AND VV 2 THEN A=#16.0648206#
90 IF VV=0 AND VV 7 THEN B=-11.8211009#
100 IF VV=0 AND VV 7 THEN C=.49726158#
110 IF VV=0 AND VV 7 THEN D=1.1941
120 IF VV=7 AND VV 15 THEN A=#59.5459877#
130 IF VV=7 AND VV 15 THEN B=-2.015802458#
140 IF VV=7 AND VV 15 THEN C=-1.68841929#
150 IF VV=7 AND VV 15 THEN D=1.194
160 IF VV=15 AND VV 30 THEN A=#39.5766621#
170 IF VV=15 AND VV 30 THEN B=-9.02674937#
180 IF VV=15 AND VV 30 THEN C=.048272146#
190 IF VV=15 AND VV 30 THEN D=1.1941
200 IF VV=30 AND VV 42 THEN A=#57.1098431#
210 IF VV=30 AND VV 42 THEN B=-4.835948645#
220 IF VV=30 AND VV 42 THEN C=-.02403709#
230 IF VV=30 AND VV 42 THEN D=1.1941
240 IF VV=42 AND VV 71 THEN A=#496.127026#
250 IF VV=42 AND VV 71 THEN B=-3.138441108#
260 IF VV=42 AND VV 71 THEN C=-2.117378E-03
270 IF VV=42 AND VV 71 THEN D=1.1941
280 IF VV=71 AND VV 124 THEN A=#71.4512298#
290 IF VV=71 AND VV 124 THEN B=-1.012798704#
300 IF VV=71 AND VV 124 THEN C=-4.206707E-03
310 IF VV=71 AND VV 124 THEN D=1.0547
320 IF VV=124 THEN A=124.3482805#
330 IF VV=124 THEN B=-154.990244#
340 IF VV=124 THEN C=-6.239468E-03
350 IF VV=124 THEN D=1.0628
360 F=A+B*VV+C*VV 2
370 IF VV 121 THEN LPRINT TT,VV,DD,F
380 IF F 9.000001E-02 AND IF 089) 3 THEN LPRINT TT,VV,DD,F
390 IF F 9.000001E-02 AND (F-.089) 0 THEN GOTO 460
400 MC=1450*F
410 AC=C-.810901*F/MC
420 DD=DD+T*AC+T 2/2
430 VV=V+AC*T
440 VV=(VV/1000)*3600
450 NEXT I
460 END

```

Programa para obtener la Tabulación de: tiempo, velocidad, distancia, y fuerza disponible.

APENCICE C-5

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Motores de combustión interna.
E. F. Obert.
Ed. C.E.C.S.A., México.
- 2 - Física general.
F. Sears y M. Zemansky.
Ed. Aguilar, Madrid.
- 3 - Mechanics of vehicles.
J. J. Taborek.
Penton Publishing CO., Cleveland.
- 4 - Fundamentos de diseño del automóvil.
C. Szcepaniak.
Ed. C.E.C.S.A., México.
- 5 - Probabilidad y estadística para ingenieros.
I. Miller y J. Freund.
Ed. Roverte., México.
- 6 - El automóvil de gasolina moderno.
V. Page.
Ed. Labor., Barcelona.
- 7 - Potencia, par motor y rendimiento de motores.
A. Guadilla.
Ed. C.E.A.C., Barcelona.

- 8 -Entrenamiento técnico avanzado- Transejes automáticos.
Chrysler de México S. A. de C. V., Toluca.
- 9 -Design of single-stage, three-element torque converter.
V. J. Jandasek.
Ford Motor Company, Detroit.
- 10 -Aplication of hydrodynamic drive units to passenger
car automatic transmissions.
E. W. Upton,
General Motors Corp., Detroit.
- 11 - Meteorología.
W. Trabert.
Ed. Labor., Barcelona.