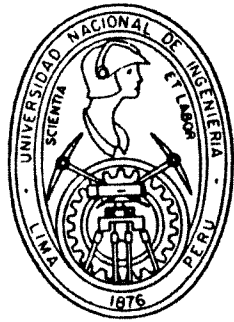


Universidad Nacional de Ingenieria

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Repotenciamiento de Microbuses Dodge D - 300 de Transporte Público Urbano ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

GINES ARTURO SANTOS FALCON

PROMOCION: 1981 - I

LIMA • PERU • 1986

C O N T E N I D O

	<u>pág</u>
Prólogo	1
CAPITULO I : INTRODUCCION	4
1.1 Transporte Urbano en Lima Metropolitana	6
1.2 Características generales del vehículo	11
1.2.1 Características del lugar de operación	11
1.2.2 Características del Servicio	13
1.2.3 Características del Camino	16
1.2.4 Especificaciones Técnicas	17
1.2.5 Capacidad de Carga del Vehículo	20
CAPITULO II : PARAMETROS DE LA TRACCION VEHICULAR	25
2.1 Fuerzas retardatorias que actúan sobre el vehículo	26
2.1.1 Fuerza de resistencia a la rodadura	27
2.1.2 Fuerza de resistencia a la pendiente	29
2.1.3 Fuerza de resistencia del viento	29
2.1.4 Fuerza de resistencia de la inercia	30
2.1.5 Potencia necesaria para vencer las fuerzas resistivas	31
2.2 Cinemática y dinámica de la rueda	35
2.3 Fuerzas motrices que actúan sobre el vehículo	36
2.3.1 Característica externa de velocidad del motor gasolinero	36

	<u>pág</u>
2.3.2 Equivalencia: Velocidad Vehículo - Vs. RPM Motor	40
2.3.3 Curva de utilización del vehículo	40
2.3.4 Curva de utilización de la caja de velocidades	43
 CAPITULO III : CARACTERISTICAS DINAMICAS DEL VEHICULO	
3.1 Balance de Tracción	47
3.2 Métodos gráficos para resolver la ecuación del balance de tracción	51
3.2.1 Diagrama de Tracción	51
3.2.2 Diagrama Universal de Tracción	52
3.2.3 Factor Dinámico	56
3.2.4 Característica Dinámica del Vehículo	57
3.2.5 Pasaporte Dinámico del Vehículo	57
3.3 Susceptibilidad del Vehículo	64
3.3.1 Curva de aceleraciones	65
3.3.2 Duración y recorrido del proceso de aceleración	65
 CAPITULO IV : REPOTENCIAMIENTO	
4.1 Características generales del motor a seleccionarse	72
4.1.1 Selección del motor diesel	72
4.2 Motor diesel Perkins-Modasa 4.236V	75
4.2.1 Curva de utilización de la caja de velocidades	80
4.3 Características dinámicas del vehículo repotenciado	82
4.4 Susceptibilidad del vehículo repotenciado	88

	<u>pág</u>
4.4.1 Curva de aceleraciones	88
4.4.2 Duración y recorrido del proceso de aceleración	94
4.5 Paralelo entre Características Dinámicas de los vehículos diesel y gasolinero	101
4.6 Pruebas de velocidad y aceleración realizadas	104
4.7 Consideraciones finales del repotenciamiento	106
 CAPITULO V : MONTAJE DEL MOTOR DIESEL	
5.1 Dimensiones principales para el montaje	110
5.2 Detalles generales del montaje	111
5.3 Verificación de los sistemas principales	115
5.3.1 Verificación del sistema de admisión	116
5.3.2 Verificación del sistema de escape	117
5.3.3 Verificación del sistema de refrigeración	121
5.4 Esquemas del montaje	124
 CAPITULO VI : DISEÑO DEL ARBOL CARDAN	
6.1 Características generales	127
6.2 Regímenes de carga	129
6.3 Cálculo de las dimensiones	132
6.4 Revisión de los parámetros principales del diseño del árbol cardán	135
6.4.1 Velocidad crítica del eje	135
6.4.2 Cálculo de la rigidez a la torsión	136
6.4.3 Cálculo de la flecha máxima	137
 CAPITULO VII : ANALISIS ECONOMICO	
7.1 Costo de Inversión	144
7.1.1 Costo de adquisición del motor	144

	<u>pág</u>
7.1.2 Costo de instalación del motor	144
7.2 Costo de Operación	145
7.2.1 Costo de Combustible	145
7.2.2 Costo de Mantenimiento	146
7.3 Costo de Reconstrucción	150
7.3.1 Costo de Repuestos	151
7.3.2 Costo de Rectificaciones	152
7.4 Costo Total	153
7.4.1 Ahorros por uso del motor diesel	154
7.4.2 Periodo de Recuperación de la Inversión	155
CONCLUSIONES	156
ANEXOS	159
A - Evolución de Precios de Combustibles	160
B - Datos Técnicos del Vehículo Dodge D-300	163
C - Datos Técnicos de los Neumáticos	164
D - Especificaciones Técnicas de los Motores	165
E - Cotizaciones de los Motores	169
BIBLIOGRAFIA	172

DESIGNACIONES PRINCIPALES

- D - Factor Dinámico del vehículo
- F_{ad} - Fuerza de adherencia
- F_l - Fuerza Libre
- F_t - Fuerza tangencial de tracción
- G_a - Peso del vehículo
- G'_a - Peso del vehículo sobre las ruedas posteriores
- G_o - Peso mínimo de explotación del vehículo
- g - Aceleración de la gravedad
- i - Gradiente de la vía, expresado en %
- i_c - Relación de reducción en la caja de velocidades
- i_{rf} - Relación de reducción en la corona
- j_a - Aceleración del vehículo
- M_e - Par motor efectivo
- M_n - Par motor nominal
- M_r - Par motor en las ruedas motrices del vehículo
- M_b - Par motor bruto
- N_e - Potencia efectiva del motor
- N_n - Potencia nominal del motor
- N_r - Potencia en las ruedas motrices del vehículo
- N_b - Potencia bruta del motor
- n - Frecuencia de rotación del motor
- RPM - Revoluciones por minuto
- KPH - Velocidad en kilometros por hora
- s/u - Sin unidades
- f_r - Coeficiente de resistencia a la rodadura

- R_a - Fuerza de resistencia del aire
- R_c - Fuerza de resistencia del camino
- R_j - Fuerza de resistencia a la inercia
- R_p - Fuerza de resistencia a la pendiente
- R_r - Fuerza de resistencia a la rodadura
- r_r - Radio de rodadura
- US\$ - Dolar Norteamericano
- V_a - Velocidad del vehículo en km/hr
- v_a - Velocidad del vehículo en m/s
- α - Gradiente de la vía expresado en grados
- ϕ - Coeficiente de adherencia
- ψ - Coeficiente reducido de resistencias del camino
- γ - Factor de carga del vehículo
- ϕ - Diámetro
- δ_r - Coeficiente de resistencia a la aceleración de las masas giratorias del vehículo

P R O L O G O

El Servicio de Transporte Público en Lima Metropolitana esta conformado, entre otros, por aproximadamente 7,200 microbuses. De los cuales, se estima, que el 70% son microbuses Dodge D-300 y que el 80% de éstos, más de 4,000 vehículos, son microbuses con motores gasolineros; siendo los restantes, vehículos con motores diesel (Ref. No.9).

En los últimos años el Costo de Operación de estos vehículos se ha incrementado considerablemente, con mayor incidencia en los vehículos gasolineros, debido principalmente al continuo aumento del precio de los combustibles. Lo cual origina una situación crítica en el transporte automotriz en su conjunto y particularmente en el Transporte Público Urbano, y afecta tanto al transportista como al público usuario.

Como un aporte para la solución de esta difícil situación, en la presente Tesis realizaremos un estudio de Repotenciamiento Automotriz del vehículo más representativo del Transporte Público en Lima Metropolitana

el microbús Dodge D-300.

Nuestro objetivo principal será la reducción del Costo de Operación de los vehículos gasolineros, mediante el repotenciamiento de dichas unidades; sustituyendo - sus motores gasolineros por motores diesel que requieren un combustible de menor precio y que tienen un mayor rendimiento energético.

Así, esperamos lograr: la reducción del costo de transporte por pasajero, la racionalización del uso de los combustibles, y el fomento de la industria de autopartes.

En el desarrollo del presente trabajo se combinan la teoría de la dinámica automotriz con resultados experimentales de situaciones reales que se presentan en el transporte urbano en Lima Metropolitana.

A continuación esbozaremos el contenido de los capítulos que se desarrollan en esta Tesis :

En el primer capítulo, se analizan las características generales del transporte de pasajeros en Lima Metropolitana, incidiendo en el transporte en microbuses. Se evalúan las principales características operativas y la capacidad de carga de los microbuses Dodge D-300.

En el segundo capítulo, se evalúan las fuerzas y momentos que actúan sobre el vehículo y la potencia motriz necesaria para superar las fuerzas resistivas que se oponen al movimiento.

En el tercer capítulo, se evalúan las características

dinámicas del vehículo gasolinero, solucionando mediante métodos gráficos la Ecuación del Balance de Tracción. Se evalúa también la susceptibilidad del vehículo para las condiciones más usuales del servicio.

En el cuarto capítulo, se selecciona el motor diesel y, al igual que con el vehículo gasolinero, se evalúan las características dinámicas del vehículo repotenciado, mediante el Diagrama Universal de Tracción y el Pasaporte Dinámico. Se evalúa también su capacidad de aceleración, y se comparan los diagramas y resultados obtenidos en ambos capítulos. Finalmente, se comparan los resultados teóricos obtenidos con los resultados experimentales de las pruebas de velocidad y aceleración realizadas con ambos vehículos en la autopista a Ventanilla

En el quinto capítulo, se describen y grafican los detalles generales del montaje del motor diesel seleccionado y se verifica el funcionamiento de los sistemas de admisión, escape y refrigeración.

En el sexto capítulo, se diseña el árbol de transmisión para las nuevas condiciones de tracción del microbús Dodge D-300.

En el séptimo capítulo, se evalúan comparativamente, para ambos casos, el Costo de Inversión, el Costo de Operación y el Costo de Reconstrucción. Finalmente, se elige la alternativa económica más conveniente y se evalúan los ahorros generados por esta alternativa, así como el período de recuperación de la inversión.

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N .

El transporte es una actividad de vital importancia , especialmente en las grandes ciudades ya que todas las actividades importantes, sociales y económicas tienen relación directa con el nivel de eficiencia con que circulan y se transportan las personas y bienes de la ciudad.

La situación del transporte urbano en Lima como en las principales ciudades del país, tiene que verse en el marco de la crisis general de servicios que está llegando a una situación límite, que preocupa desde años atrás a estudiosos sociales, técnicos y público usuario.

La baja velocidad promedio de circulación vial es el reflejo de la desorganización del servicio, la congestión del tránsito y el mal estado de los vehículos y las vías por donde circulan; ocasionando un mayor costo social debido a las horas de trabajo perdidas, además de un mayor e innecesario consumo de combustible.

Dentro de las alternativas de solución se considera al transporte rápido masivo como la solución más adecuada . Solución que viene postergandose sucesiva e indefi-

nidamente, debido a la actual crisis económica por la -
que atraviesa nuestro país. Por lo que, el Servicio de -
Transporte de Microbuses continuará necesariamente en -
los próximos años. Servicio que con una reglamentación a
decuada y una reorganización de sus recorridos mejorará
notablemente en eficiencia.

También, dentro del esquema del servicio con vehícu -
los de gran capacidad, debido a que el Servicio Rápido -
Masivo se realizará principalmente por las vías tronca -
les, requeriran un servicio complementario o de alimentaa
ción por las vías secundarias; lo que sería cubierto, ade
cuadamente, por los microbuses de mediana capacidad.

En la estructura de los costos del transporte automotriz, los gastos por combustible tienen alta incidencia, y el constante incremento de precio de los combustibles hace necesario racionalizar su uso.

Como unamedida para mantener dentro de límites toleraa
bles los Costos de Operación del Transporte, últimamente, se está generalizando progresivamente la dieselización - del parque automotor, especialmente en vehículos dedicaa
dos al servicio público de carga y pasajeros.

Mediante la dieselización del parque automotor se logra, en gran medida, la reducción del consumo de combustible en cantidad y costo. Los motores diesel además de u
sar un combustible más barato tienen un mayor rendimiento energético que su similar motor gasolinero. Con lo -
que se logra la reducción de los costos de transporte y

el consiguiente abaratamiento de las tarifas de transporte de carga y pasajeros.

La Repotenciación Automotriz es una técnica que actualmente está teniendo gran acogida en nuestro medio, debido principalmente al alto costo de sustitución de las unidades de transporte.

El Repotenciamiento consiste en la modificación parcial o total del tren de potencia vehicular con la finalidad de acondicionar los vehículos a nuevas condiciones de operación, o conseguir una mejor adaptación a sus actuales condiciones explotacionales. Los resultados a obtenerse en un proyecto de Repotenciación Automotriz pueden preverse con suficiente aproximación, mediante las leyes de la dinámica automotriz.

1.1. Transporte Público Urbano en Lima Metropolitana

En Lima Metropolitana el servicio de Transporte Público es de vital importancia. El 75% de la población utiliza estos servicios y se calcula que se realizan aproximadamente nueve millones de viajes diarios (6 millones de habitantes por 1.5 viajes/habitante). De los cuales, el 25% se realizan en vehículos particulares y el resto en vehículos de transporte público; de donde, los microbuses absorben el 70% de pasajeros y las empresas de omnibuses el 30% restante (Ref. No.9).

En el Servicio de Transporte Urbano de Pasajeros, se estima, que aproximadamente el 80% de los vehículos

están equipados con motores a gasolina y el 20% restante con motores diesel (Ref.No. 9).

El Servicio de Transporte en Microbuses cuenta con a proximadamente 7,200 unidades; de los cuales, el 70% son vehículos Dodge D-300 y entre éstos, más de 4,000 vehículos son gasolineros (Ref. No. 9).

El presente estudio de Repotenciamiento Automotriz es tá dirigido a los aproximadamente 4,000 microbuses DODGE D-300 con motores a gasolina. También, espera favorecer al transporte público urbano en general debido a la simi litudde las características explotacionales de sus vehículos.

El Servicio de Transporte Público en Lima Metropolita na en la actualidad es prestado por varias concesiones , en gran mayoría privados y algunos estatales. Estas concesiones están agrupadas en Empresas de Omnibuses y Comi tés de Microbuses. Existen además otras agrupaciones de transportistas de menor importancia, que en su mayoría - no tienen autorización oficial para operar.

La principal diferencia entre omnibuses y microbuses está en relación al número de pasajeros que transportan. Para los omnibuses el promedio es de 88 pasajeros por u nidad, mientras que en un microbús es de 45 pasajeros - por unidad. Sin embargo, dentro de los Comités de Microbuses y Empresas de Omnibuses existen diversidad de mode los y por lo tanto con diversas capacidades, como se pue den apreciar en el cuadro No. 11.

Cuadro No.1.1 - CAPACIDAD DE VEHICULOS
DE TRANSPORTE PUBLICO

VEHICULO	MODELO	NUMERO DE PASAJEROS		
		SENTADOS	PARADOS	TOTAL
Dodge	D-300 M-16	16	27	43
Dodge	D-300 M-20	20	27	47
Dodge	D-500	29	42	71
Dodge	D-800	30	45	75
Volvo	BB-57	30	47	77
Bussing	Prue-For	30	80	110
Scania Vabis	L-56	35	45	80

Los Comités de Microbuses están integrados en su mayoría por propietarios individuales, quienes adquirieron sus vehículos entre los años '67 al '76. Su crecimiento a alcanzado ya 130 agrupaciones o comités y han superado las 7,000 unidades, aproximadamente el 70% del total de vehículos dedicados al servicio de transporte público en Lima Metropolitana (Ref. No.10).

La variación horaria de la cantidad de pasajeros que son movilizadas en la ruta "Lima-Comas" se muestra en el gráfico No.1.1. Este gráfico es el resultado de las necesidades de transporte en el cono norte, estudio realizado por la Oficina de Estadísticas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Ref. No.9).

Mediante muestreos realizados en diferentes puntos de la ruta "Lima-Comas", a distintas horas y diferentes días de la semana, se estimaron promedios de la variación horaria de cantidad de pasajeros movilizadas en esta ruta.

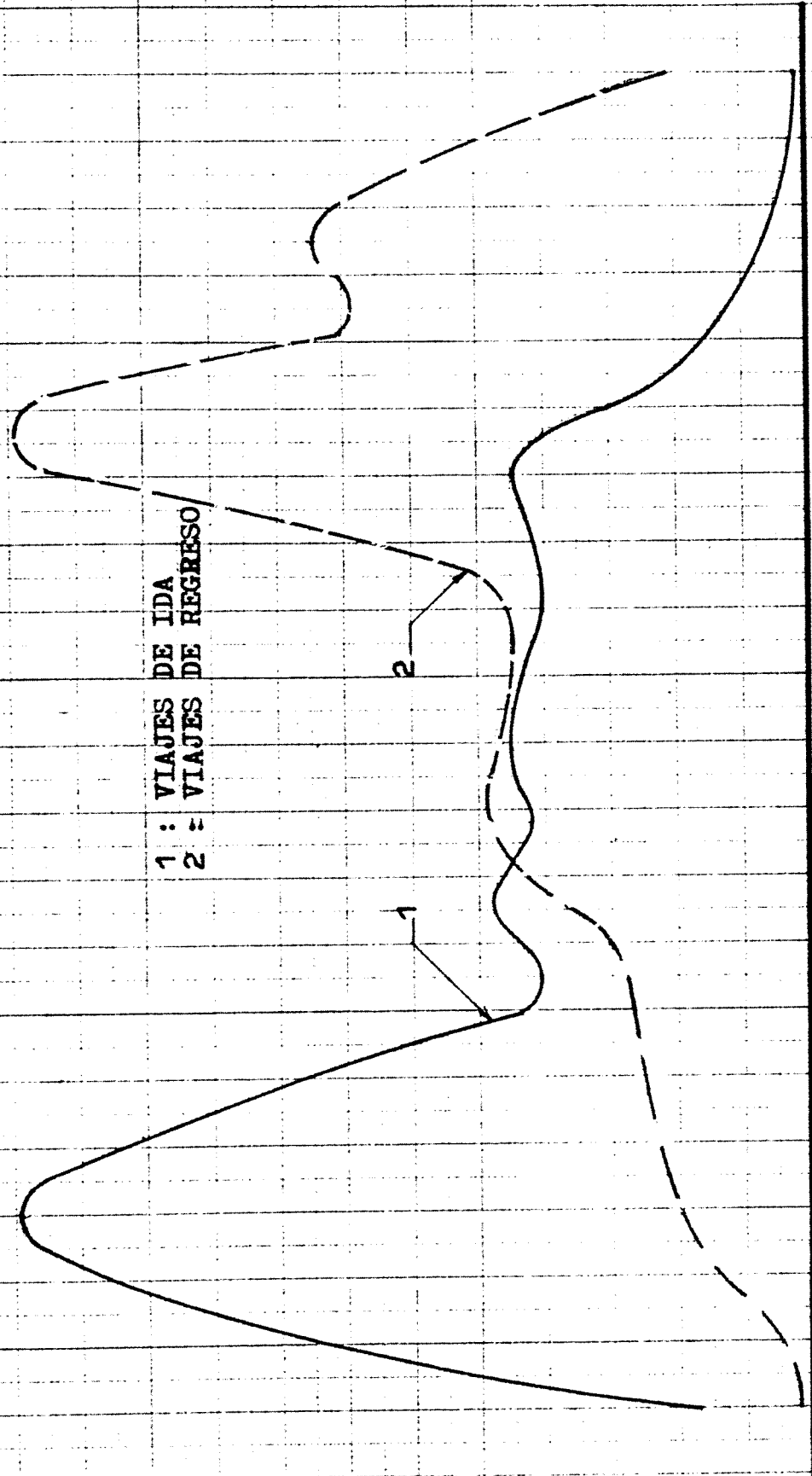
NUMERO PASAJEROS

4000 100%

3000 75%

2000 50%

1000 25%



1 : VIAJES DE IDA
2 : VIAJES DE REGRESO

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 horas

Gráfico No 1.1 - VARIACION HORARIA DE LOS PASAJEROS MOVILIZADOS : LIMA - COMAS

En el gráfico No.1.1, se observa que la mayor afluencia de pasajeros se dá en las denominadas "horas punta", lo cual ocurre diariamente en dos oportunidades: de 07 a 09 horas en la mañana y de 18 a 20 horas en la tarde. En las "horas punta", los vehículos del servicio de transporte público circulan repletos de pasajeros con un notable exceso en sus capacidades de carga; en las demás horas, se aprecia que, estos vehículos circulan con cargas medias o menores.

Los principales factores que originan la caótica situación del transporte urbano son los siguientes:

- Parque automotor deficiente, desorganizado y en muchos casos obsoleto. No hay equilibrio entre el crecimiento del parque automotor y la ciudad misma, pues Lima conserva aún sus estrechas arterias centrales y requiere mayores cruces a desnivel. En las rutas de los diferentes comités de microbuses existe una excesiva e innecesaria superposición de recorridos. Además, la carencia de una señalización integral y la falta de una adecuada semaforización.
- Vehículos en mal estado, ocasionando un servicio muy deficiente y un nivel de seguridad bajo. Los accidentes de tránsito aumentan y los usuarios se ven forzados a sufrir un maltrato permanente.
- El mal estado de las pistas puede ser considerado como uno de los factores que más contribuyen al deterioro de los vehículos, encareciendo el costo de mantenimiento y operación de las unidades; dificultando la reno-

vación del actual Parque Automotor.

1.2. Características Generales del Vehículo a Repotenciar.

El presente trabajo de repotenciamiento vehicular lo realizaremos para el vehículo más representativo del Transporte Urbano de Pasajeros en Lima Metropolitana, - el microbús Dodge D-300, perteneciente al Comité de Microbuses 37-M "Comas-Pueblo Libre".

1.2.1. Características del Lugar de Operación del Vehículo.

El Comité de Microbuses 37-M, presta sus servicios en la ciudad de Lima, a un promedio de 130 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media en el verano de 22°C y de 17°C en el invierno.

El paradero inicial está ubicado en la Urb. Tungasuca, en el populoso Distrito de Comas, y su paradero final en la Av. Mariano Cornejo intersección con la Av. Universitaria, en el Distrito de Pueblo Libre. La longitud de recorrido en su ruta principal es de 29.8 kms. en la ida y de 30 kms. en el regreso, haciendo un recorrido total o vuelta de 59.8 kms. que lo recorren en promedio 3 hr. 15 minutos por vuelta, tanto los vehículos diesel como gasolineros. (Ref. No. 14)

La cantidad de vueltas diarias nos indica el tiempo de funcionamiento del vehículo, así como también, nos mide la rentabilidad del Comité; en razón del número de -

vehículos que tienen y el total de kilómetros recorridos. La frecuencia de vueltas en el Comité 37-M se encuentra entre 4 y 5 vueltas diarias, lo que nos indica que el vehículo está funcionando entre 15 a 18 horas diarias (Ref. No.14).

Una jornada normal de trabajo para toda actividad ocupacional es de 5 días a la semana, lo cual hace al mes un promedio de 22 días trabajados. En el caso de los microbuses la realidad es diferente, pues la gran mayoría aproximadamente un 75% expresa trabajar de 23 a 30 días. Aunque se considera que hay factores que influyen en el rendimiento de la unidad, como el mantenimiento, reparaciones etc., lo cierto es que los transportistas trabajan sus vehículos los sábados y domingos (Ref. No. 10).

El Comité 37-M tienen en la actualidad una flota operativa de 157 vehículos, con una edad promedio de 10 años, lo cual puede apreciarse en el siguiente cuadro (Ref. No. 14).

Cuadro No. 1.2. FLOTA OPERATIVA COMITE 37-M
"COMAS-PUEBLO LIBRE"

MODELO	FLOTA	GASOLINERO	DIESEL
D-300	107	86	21
D-500	39	30	9
Ford 600	6	4	2
Volvo	5	0	5
TOTAL	157	120	37

1.2.2. Características del Servicio

Para los vehículos del Servicio de Transporte Público, la característica principal es su alto porcentaje en marcha mínima; debido principalmente a sus muy - frecuentes paradas, arranques y detenciones completas - por algunos segundos, con la finalidad de permitir la - subida o bajada de sus pasajeros y también continuamente por las congestiones de tránsito. En cada intervalo de arranque y parada, el vehículo acelera hasta aproximadamente 40 ó 60 km/hr., en una distancia aproximada - de 100 a 200 metros luego disminuye su velocidad hasta detenerse completamente.

En autopistas y zonas despobladas, dependiendo de la carga que transportan, estos vehículos alcanzan velocidades máximas de hasta 70 km/hr.

Es de resaltar también, la elevadas cargas que transportan, especialmente en las denominadas "horas punta", - que son las más atractivas económicamente para el transportista ya que sus vehículos circulan repletos de pasajeros.

Debido a estas características el porcentaje de operación del motor en marcha mínima es elevada y para efectos de cálculos y evaluaciones se considera del 80%. Esta característica es significativa para la selección del motor, debido a que el consumo específico de combustible de los motores gasolineros y petroleros son distin

tos, siendo los petroleros más económicos en marcha -
mínima (Ref. No. 8)

Cuadro No.1.3 - CARACTERISTICAS OPERATIVAS
COMITE DE MICROBUSES 37-M

Distancia ida	: 29.8 km
Distancia regreso	: 30.0 km
Distancia Vuelta	: 59.8 km
Vueltas diarias	: 4 a 5
Tiempo ida	: 1 hr 35 min
Tiempo regreso	: 1 hr 40 min
Tiempo Vuelta	: 3 hr 15 min
Tiempo Operacion diario	: 16 hr (06 a 23 hrs)
Días trabajo mensual	: 25 días
Recorrido promedio diario	: 240 km
Recorrido promedio mensual	: 6000 km
Recorrido promedio anual	: 72,000 km

Cuadro No.1.4 - CONSUMO DE COMBUSTIBLE
MICROBUS DODGE D-300

		<u>VEHICULO VEHICULO</u>	
		<u>GASOLINERO</u>	<u>DIESEL</u>
Combustible		gasolina	petroleo
		84 oct	diesel 2
Consumo por vuelta	gal	5.5	3.2
Rendimiento específico	km/gal	11.0	19.0
Consumo diario	gal/día	22.0	12.8
Consumo mensual	gal/mes	550.0	320.0
Consumo anual	gal/año	6,600.0	3,840.0
Relación cantidad consumo diesel/gasolina	%	100.0	58.0

En el cuadro No. 1.4, se aprecia que el microbús con motor diesel es más eficiente que el mismo vehículo con motor gasolinero.

Las diferencias respecto al consumo de combustible entre los motores diesel y gasolinero dependen del tipo de aplicación a que esté dedicado el vehículo. Entre los factores que influyen se pueden mencionar entre otros: las cargas, velocidades, y tiempo en marcha mínima del vehículo.

El aprovechamiento de la energía calórica con que se alimentan a los motores es del 30 a 40% en los motores diesel, mientras que en los motores gasolineros se encuentra apenas entre el 20 a 30% (Ref. No.3).

Los motores diesel funcionan con relaciones de compresión más elevadas que los motores a gasolina. Mientras mayor es la compresión de los gases mayor será también la eficiencia térmica, debido a que con una mayor compresión existe una mayor expansión de los gases en el cilindro después de la combustión.

El rendimiento del vehículo con motor diesel es mayor que para el mismo vehículo con motor gasolinero en marchas continuas y prolongadas por carretera. Esta diferencia es aún mayor en regímenes de operación de pausas y arranques frecuentes, y en el de rotación del motor en vacío.

El motor diesel opera más económicamente durante un período de tiempo mayor y a máxima potencia debido a que desarrolla un torque muy constante y elevado a distintas velocidades. El motor a gasolina en cambio debe usarse la mayor parte del tiempo por debajo de su potencia máxima con el fin de evitar daños mecánicos y excesivo consumo de combustible (Ref. No.8).

Esta característica de torque contra velocidad contribuye también a que en el trabajo de arranque y parada, como en el Servicio de Transporte Urbano, el motor diesel conserve su elevada eficiencia, no se recaliente se desgaste mucho menos y economice mejor aún el combustible.

1.2.3 Características del Camino

Los vehículos del Comité de Microbuses 37-M "Comas - Pueblo Libre" circulan principalmente por vías con capas de asfalto o cemento. Estas vías en la actualidad tienen un mantenimiento deficiente, no adecuado al volumen de tráfico vehicular que soportan, lo cual a originado el deterioro de las vías y la pérdida de las características iniciales de su superficie de rodadura.

Debido a las características topográficas, principalmente en las zonas de las nuevas urbanizaciones y pueblos jóvenes, las pendientes máximas que se encuentran en el recorrido son de 6% (Ref. No.9).

1.2.4 Especificaciones Técnicas del Microbús

DODGE D-300 a Repotenciarse

Marca	: Dodge
Tipo	: D-300
Número de ejes	: 2
Número de ruedas	: 6
Tracción	: Posterior
Tipo de llanta	: Caminera 7.50 x 16
Ruedas delanteras	: Tipo disco 16 x 5.50
Ruedas posteriores	: Tipo disco 16 x 5.50 - Dual
Carrocería	: Moraveco M-20
Año de Fabricación	: 1975

Especificaciones Técnicas del Motor :

Marca	: Dodge V8.318
Cilindrada	: 318 pulg ³ (5212 c.c.)
Diámetro del cilindro	: 3.91 pulg (99.3 mm)
Carrera	: 3.31 pulg (84.1 mm)
Número de cilindros	: 8 en V
Número de tiempos	: 4 (aspiración natural)
Relación de compresión	: 6.85 : 1
Carburador de dos entradas	
Bujías	: 18F42 Prestolite
Estrangulador	: Manual
Potencia Neta	: 150 BHP a 4000 RPM (SAE-J-245)
Torque Neto	: 255 lb-pie a 1600 RPM (SAE-J-245)
Filtro de aceite desechable	1 qt. flujo continuo
Filtro de aire con baño de aceite	1 qt.

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MICROBUS DODGE D-300
CON CARROCERIAS MORAVECO MODELOS M-16 Y M-20

<u>CARROCERIA</u> :	<u>MODELO</u> <u>M-16</u>	<u>MODELO</u> <u>M-20</u>
Longitud total de la unidad	6.00m	6.05m
Ancho exterior máximo	2.45	2.49
Ancho interior	2.30	2.30
Altura total de la unidad	2.70	2.74
Altura de la carrocería	2.27	2.37
Alto interior de la cabina	1.87	1.87
Plan de asientos	2 x 2	2 x 2
Número de pasajeros sentados	16	20
Ancho de los asientos	0.85m	0.85m
Ancho de la puerta lateral	0.80m	0.80m
Material de la carrocería :	Planchas de acero peruano laminado en frio 37 kg/mm ² de resistencia	
 <u>CHASIS</u> :		
Alternadores	40A	50A
Batería	53amp/hr	70amp/hr
Muelle delantero	1500lb	1650lb
Distancia entre ejes	3.37m	3.47m
Longitud máxima	5.40m	5.60m
Tanque de combustible	18gal	25gal
Capacidad de carga	2800kg	3000kg

Características de la Transmisión

La transmisión es completamente mecánica :

- Embrague : Embrague de disco de 11" \varnothing (279.4mm)
- Caja de Cambios : marca Clark de 4 velocidades

Reducciones:

Primera	6.40 : 1
Segunda	3.09 : 1
Tercera	1.69 : 1
Cuarta	1.00 : 1
Marcha atrás	7.82 : 1

- Transmisión Intermedia : A continuación de la Caja de Cambios va un freno de mano mecánico de expansión interna, aplicada sobre la transmisión para freno de estacionamiento. Luego, el árbol cardán con juntas cardanes en los extremos y finalmente la reducción final corona-piñón.

- Reducción Final : Tipo Corona-Piñón

Marca Timken-Rock Well

Relación de reducción 5.14 : 1

- Ruedas : Tipo disco

Delanteras 16" x 5.50"

Posteriores 16" x 5.50" , dual

Llantas 7.50 x 16" - 8 pliegues

Presión de inflado :

Delanteros : 55 PSI (3.9 kg/cm²)

Posteriores: 60 PSI (4.2 kg/cm²)

1.2.5 Capacidad de Carga del Vehículo

Las carrocerías de los Microbuses Dodge D-300 son en su mayoría fabricados por MORAVECO, en sus dos modelos. Los vehículos fabricados hasta el año '75 usan el modelo de carrocería M-16, que tiene una capacidad de 16 pasajeros sentados; y los fabricados a partir del año '75 el modelo M-20, carrocería más moderna con elegancia en sus líneas, visibilidad panorámica y mayor capacidad de pasajeros, pues lleva hasta 20 pasajeros sentados.

Ultimamente, debido a la falta de capacidad del transporte público de pasajeros y a la necesidad de los transportistas de aumentar sus ingresos, algunos microbuses Dodge D-300 alargaron sus carrocerías aproximadamente 80 cm, con lo que dan cabida a una fila más de asientos y a una puerta posterior. Aumentando su capacidad de 44 a 55 pasajeros, con el vehículo repleto.

Los microbuses Dodge D-300 potencialmente más aptos para un repotenciamiento son los que cuentan con carrocerías del modelo M-20. Debido a su mayor capacidad, mejores condiciones de comodidad para sus pasajeros y su mejor estado de conservación, ya que en su mayoría tienen menos de 10 años de antigüedad.

Por lo tanto, en el presente estudio de repotenciamiento consideraremos, para las evaluaciones del caso, al microbús con carrocería Moraveco modelo M-20.

Factor de Carga del Vehículo

Denominaremos Factor de Carga del Vehículo a la relación entre el peso del vehículo en un momento dado y su peso mínimo de explotación. Para el microbús Dodge D-300 el peso mínimo de explotación es de 3,100 kg, que es solamente el peso del chasis más el peso de la carrocería.

$$r = \frac{G_x}{G_o} \quad (\text{Ref. No.1})$$

Cuadro No.1.5 - RELACION FACTOR DE CARGA Y NUMERO DE PSJ.

FACTOR DE CARGA	PESO BRUTO VEHICULAR (kg)	CARGA UTIL (kg)	NUMERO DE PASAJEROS
1.00	3,100	0	0
1.50	4,650	1,550	22
2.00	6,200	3,100	44
2.25	6,975	3,875	55
2.50	7,750	4,650	66

Para el cálculo del número de pasajeros, en el cuadro anterior, se considera 70 kg como peso promedio por pasajero.

CAPACIDAD DE CARGA DEL MICROBUS DODGE D-300

Para la determinación del número de personas que pueden viajar paradas se tendrá en consideración el criterio de 7 personas por metro cuadrado de pasadizo, según los dispositivos legales vigentes (Ref. No.9).

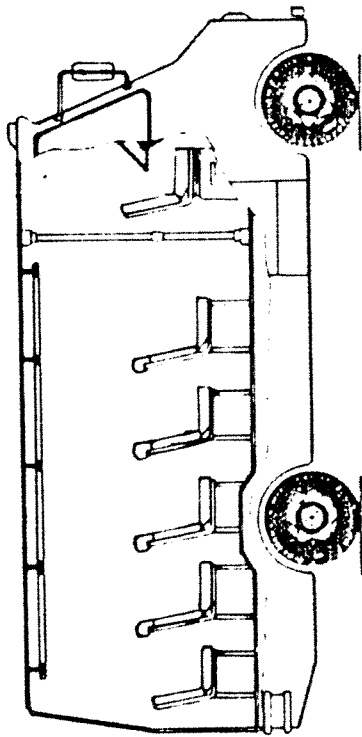
a) Carrocería Moraveco M-20Dimensiones Originales

Largo pasadizo	: 4.40 m
Ancho pasadizo	: 0.75 m
Area pasadizo	: 3.52 m ²
Número de personas paradas	: 23
Número de personas sentadas	: 21
Número total de pasajeros	: 44

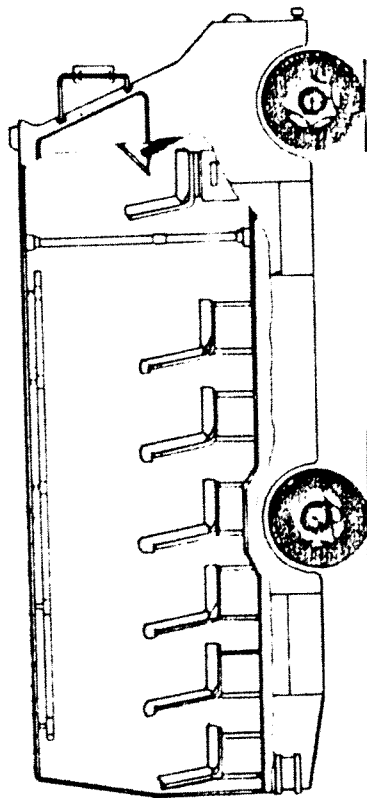
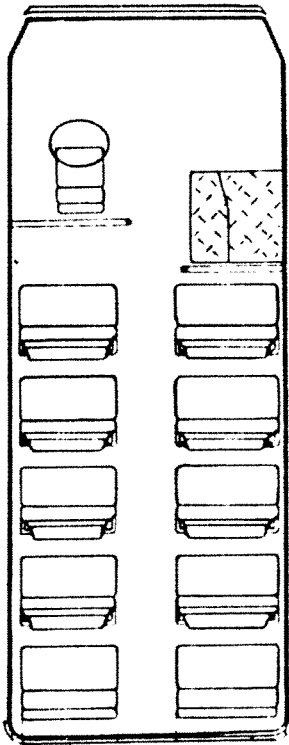
b) Carrocería Moraveco M-20Dimensiones Modificadas

Largo pasadizo	: 5.20 m
Ancho pasadizo	: 0.90 m
Area pasadizo	: 4.68 m ²
Número de personas paradas	: 33
Número de personas sentadas	: 22
Número total de pasajeros	: 55

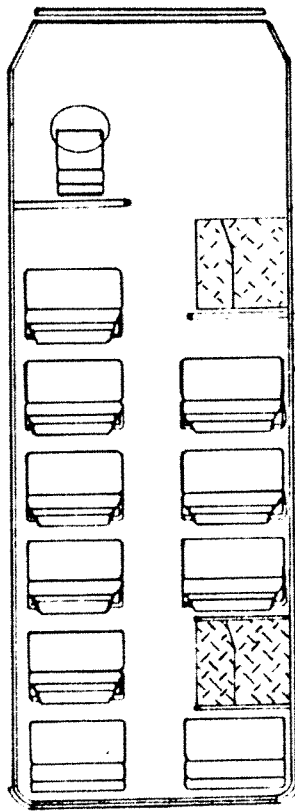
En conclusión podemos afirmar, que la capacidad máxima del microbús con carrocería de dimensiones originales y de una sola puerta es de 44 pasajeros con el vehículo repleto; y que la capacidad máxima del microbús con carrocería de dimensiones alargadas, con dos puertas y asientos reordenados, para aumentar el área del pasadizo, es de 55 pasajeros con el vehículo repleto.



CARROCERIA MORAVECO M-20 - ORIGINAL



CARROCERIA MORAVECO M-20 - AJARGADO



C A P I T U L O I I

PARAMETROS DE LA TRACCION VEHICULAR

C A P I T U L O I I

PARAMETROS DE LA TRACCION VEHICULAR

2. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL VEHICULO

Las fuerzas que actúan sobre el vehículo se muestran en la figura No.2.1. Para el caso general, se muestra al microbús que marcha de modo rectilíneo, con una velocidad variable, sobre un camino con una inclinación ascendente.

El microbús Dodge D-300 tiene la fórmula rodante 4 x 2, las ruedas traseras motrices y las delanteras directrices.

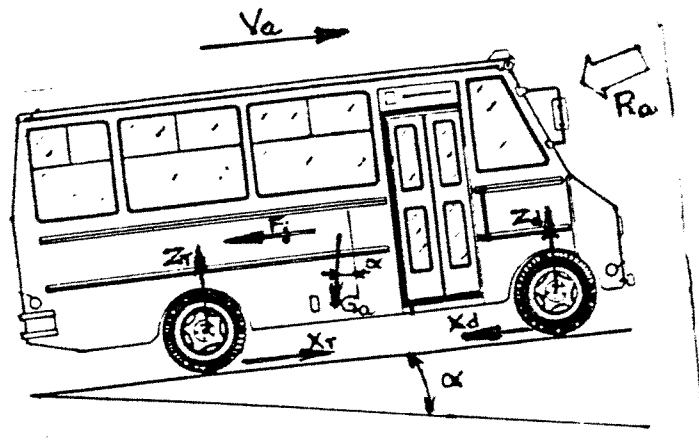


Figura No.2.1

En la figura se distinguen las siguientes fuerzas :

- G_a - Peso del vehículo
- F_j - Fuerza de inercia
- R_a - Resistencia del aire
- X_r - Fuerza de impulsión de las ruedas traseras, es la fuerza motriz del vehículo
- X_d - Reacción que surge entre el camino y las ruedas delanteras bajo la acción del esfuerzo de impulsión, aplicado a las ruedas delanteras através del bastidor del vehículo. La reacción X_d es paralelo a la superficie de la vía y está dirigida en dirección contraria a la marcha.

Las fuerzas que llevan la dirección del movimiento vehicular se denominan fuerzas motrices, las que se oponen al movimiento fuerzas resistivas o retardatarias. Para que el vehículo pueda desplazarse es imprescindible que las fuerzas motrices sean mayores que las fuerzas resistivas.

2.1 - FUERZAS RETARDATARIAS QUE ACTUAN SOBRE EL VEHICULO

Las fuerzas retardatarias que actúan sobre el vehículo son las siguientes :

- a) Fuerza de resistencia del camino o vía, R_c . Conformar por :
 - Fuerza de resistencia a la rodadura, R_r
 - Fuerza de resistencia a la pendiente, R_p
- b) Fuerza de resistencia del viento, R_a
- c) Fuerza de resistencia a la inercia, R_j

2.1.1 Fuerza de Resistencia a la Rodadura

El microbús a repotenciarse usa neumáticos elásticos y ruedan por superficies generalmente indeformables. La fuerza de resistencia a la rodadura será evaluada mediante la siguiente relación:

$$R_r = f_r G_a \cos\alpha \quad (\text{Ref. No.1})$$

Siendo : f_r - Coeficiente de resistencia a la rodadura

$G_a \cos\alpha$ - Peso del vehículo en los neumáticos, para cualquier pendiente del camino

El Coeficiente de Resistencia a la Rodadura f_r depende, entre otros factores, del desplazamiento de la reacción vertical en el neumático y de la velocidad del vehículo. La dislocación de la reacción vertical en el neumático se observa en la figura No.2.2; el efecto de la velocidad del vehículo se cuantifica mediante la siguiente relación empírica:

$$f_r = f_o \left(1 + \frac{V_a^2}{20,000} \right) \quad (\text{Ref. No.2})$$

Siendo: f_o - Coeficiente de rodadura hasta 60 ó 70 km/hr. En nuestro caso, debido a que el microbús circula principalmente por vías de asfalto o cemento en regular estado de conservación :

$$f_o = 0.018$$

Cuadro No.2.1 - FACTOR DE RODADURA SEGUN LA VELOCIDAD DEL VEHICULO

V_a km/hr	f_r s/u
10	0.018
20	0.018
30	0.019
40	0.019
50	0.020
60	0.021
70	0.022
80	0.024
90	0.025
100	0.027
110	0.029

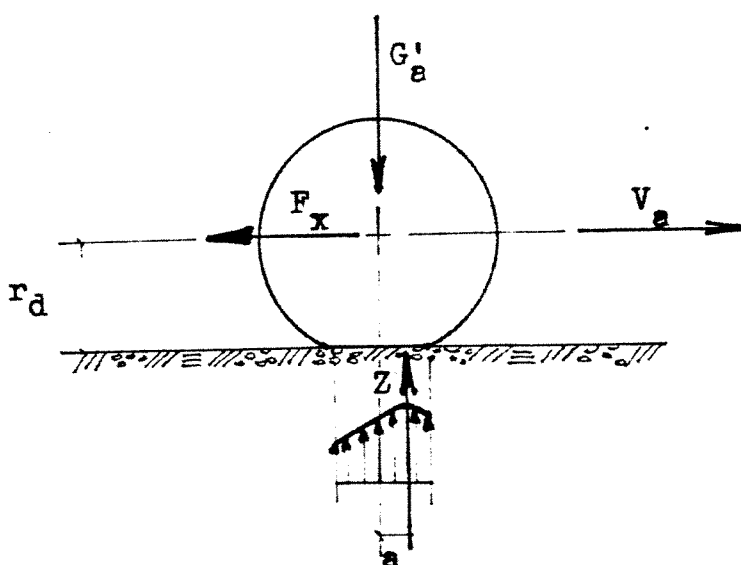


Fig. No.2.2 - FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL NEUMATICO

2.1.2 - Fuerza de Resistencia a la Pendiente

Al existir una pendiente en el camino el peso del vehículo, siempre vertical, se descompone en dos: Una perpendicular al camino y otra componente paralela a éste en contra del movimiento, si el vehículo va de subida; o será favorable al movimiento, si el vehículo baja. Luego, la resistencia a la pendiente será :

$$R_p = G_a \operatorname{sen} \alpha$$

Para ángulos pequeños hasta 10% aproximadamente

$$R_p = G_a i = G_o i \uparrow \quad ; \text{ finalmente :}$$

$$R_p = 3,100 i \uparrow$$

Siendo: i - Gradiente del camino expresado en %

2.1.3 - Fuerza de Resistencia del Aire

Esta fuerza resistiva depende directamente de las dimensiones del vehículo y sus cualidades aerodinámicas . La fuerza de resistencia del aire será evaluada mediante la siguiente relación:

$$R_a = \frac{1}{13} K_a S v_a^2 \quad (\text{Ref. No.1})$$

Siendo: K_a - Coeficiente reducido de resistencia del aire. Para nuestro caso, según recomendaciones: $K_a = 0.05 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

S - Area frontal del vehículo. Para el microbús con carrocería Moraveco M-20

Para el microbús Dodge D-300 con carrocería Moraveco modelo M-20 :

Ancho máximo (parte frontal) : 2.10 m

Altura máxima (parte frontal): 2.27 m

$$S = 2.10 \times 2.27 = 4.80 \text{ m}^2$$

Luego, la fuerza de resistencia del aire para nuestro vehículo será :

$$R_a = 0.0185 v_a^2$$

2.1.4 Fuerza de Resistencia a la Inercia

Esta fuerza se considera aplicada en el centro de gravedad del vehículo y está dirigido en sentido contrario a la dirección de la aceleración. Aparece en el período inicial de arranque y en las variaciones de velocidad. Las fuerzas de inercia valdrán instantáneamente:

$$F_j = \frac{1}{9.81} G_a j \quad (\text{Ref. No.1})$$

Ahora bien, independientemente a la inercia a la traslación existe la correspondiente inercia de las masas giratorias. Donde juegan el papel más importante la volante d. el motor y las ruedas, como se verá posteriormente al realizar el Balance de Tracción.

2.1.5 - Potencias Necesarias Para Vencer las Fuerzas Resistivas

Las potencias necesarias para vencer las fuerzas resistivas serán evaluadas mediante la siguiente relación:

$$N_c = \frac{1}{270} R V_a$$

Donde: N_c - Potencia consumida para vencer las fuerzas resistivas:

$$N_c = N_r + N_p + N_a + N_j$$

R - Resultante de las fuerzas resistivas:

$$R = R_r + R_p + R_a + R_j$$

En la tabla No.2.2, se muestran las potencias necesarias para vencer, individualmente, las distintas fuerzas resistivas, las que han sido evaluadas para tres condiciones distintas de carga (sin psj., 22 psj., y 44 psj.) y para cuatro gradientes distintas del camino (0%, 3%, 6%, y 10%).

En la tabla No.2.3, se muestran las potencias totales consumidas para vencer en conjunto todas las fuerzas resistivas; las evaluaciones se realizan para las mismas condiciones de carga y del camino, evaluadas en la tabla anteriormente, donde:

- N_r - Potencia consumida para vencer la rodadura
- N_p - Potencia consumida para vencer la pendiente
- N_a - Potencia consumida para vencer al viento
- N_j - Potencia consumida para vencer la inercia

POTENCIAS NECESARIAS PARA VENCER LAS DISTINTAS FUERZAS RESISTIVAS

V a KPH	Sin Pasajeros			22 Pasajeros			44 Pasajeros			N a			
	N _T	N _P			N _T	N _P			N _T		N _P		
		3%	6%	10%		3%	6%	10%			3%	6%	10%
5	1.03	1.72	3.44	5.74	1.55	2.58	5.17	8.61	2.06	3.44	6.88	11.48	0.01
10	2.07	3.44	6.89	11.48	3.10	5.17	10.33	17.22	4.14	6.89	13.78	22.76	0.07
20	4.13	6.89	13.78	22.96	6.20	10.33	20.67	34.44	8.26	13.78	27.56	45.92	0.55
30	6.54	10.33	20.67	34.44	9.82	15.50	31.00	51.67	13.08	20.67	41.34	68.88	1.85
40	8.73	13.78	27.56	45.93	13.09	20.67	41.33	68.89	17.46	27.56	55.12	91.86	4.39
50	11.48	17.22	34.44	57.41	17.22	25.83	51.67	86.11	22.96	34.44	68.88	114.82	8.57
60	14.47	20.67	41.33	68.89	21.70	31.00	62.00	103.33	28.94	41.33	82.66	137.78	14.81
70	17.68	24.11	48.22	80.37	26.52	36.17	72.33	120.56	35.36	48.22	96.44	160.74	23.52
80	22.04	27.56	55.11	91.85	33.07	41.33	82.67	137.78	44.08	55.11	110.2	183.70	35.12
90	25.83	31.00	62.00	103.33	38.75	46.50	93.00	155.00	51.66	62.00	124.0	206.66	50.00
100	31.00	34.44	68.89	114.81	46.50	51.67	103.33	172.22	62.00	68.89	137.8	229.62	68.59
110	36.62	37.89	75.78	126.30	54.94	56.83	113.67	189.44	73.24	75.78	151.6	252.60	91.29

Tabla No. 2.2

POTENCIAS TOTALES CONSUMIDAS PARA VENCER LAS FUERZAS RESISTIVAS

(Para distintas condiciones de carga y Pendientes de la vía)

V _a KPH	G _a = 3100 KG					G _a = 4650 KG					G _a = 6200 KG				
	Sin Pasajeros					22 Pasajeros					44 Pasajeros				
	0%	3%	6%	10%	10%	0%	3%	6%	10%	10%	0%	3%	6%	10%	
5	1.04	2.76	4.48	6.78	1.56	4.08	6.73	10.17	2.07	5.51	8.95	13.55			
10	2.14	5.58	9.03	13.62	3.17	8.34	13.50	20.39	4.21	11.10	17.99	27.17			
20	4.68	11.02	17.91	27.09	6.75	17.08	27.42	41.19	8.81	22.59	36.37	54.73			
30	8.39	18.72	29.06	42.83	11.67	27.17	42.67	63.34	14.93	35.60	56.27	83.81			
40	13.12	26.90	40.68	59.05	17.48	38.15	58.81	86.37	21.85	49.41	76.97	113.71			
50	20.05	37.27	54.49	77.46	25.79	51.62	77.46	111.90	31.53	65.97	100.41	146.35			
60	29.28	49.95	70.61	98.17	36.51	67.51	98.51	139.84	43.75	85.08	126.41	181.53			
70	41.20	65.31	89.42	121.57	50.04	86.21	122.37	170.60	58.88	107.10	155.32	219.62			
80	57.16	84.72	112.27	149.01	68.29	119.52	150.86	205.97	79.20	134.31	189.42	262.90			
90	75.83	106.83	137.83	179.16	88.75	135.25	181.75	243.75	101.66	163.66	225.66	306.32			
100	99.59	134.03	168.48	214.40	115.09	166.76	218.42	287.31	130.59	199.48	268.37	360.21			
110	127.91	165.80	203.69	254.21	146.23	203.06	259.90	335.67	164.53	240.31	316.09	417.13			

Tabla No. 2.3

POTENCIAS NECESARIAS PARA VENCER LAS FUERZAS RESISTIVAS

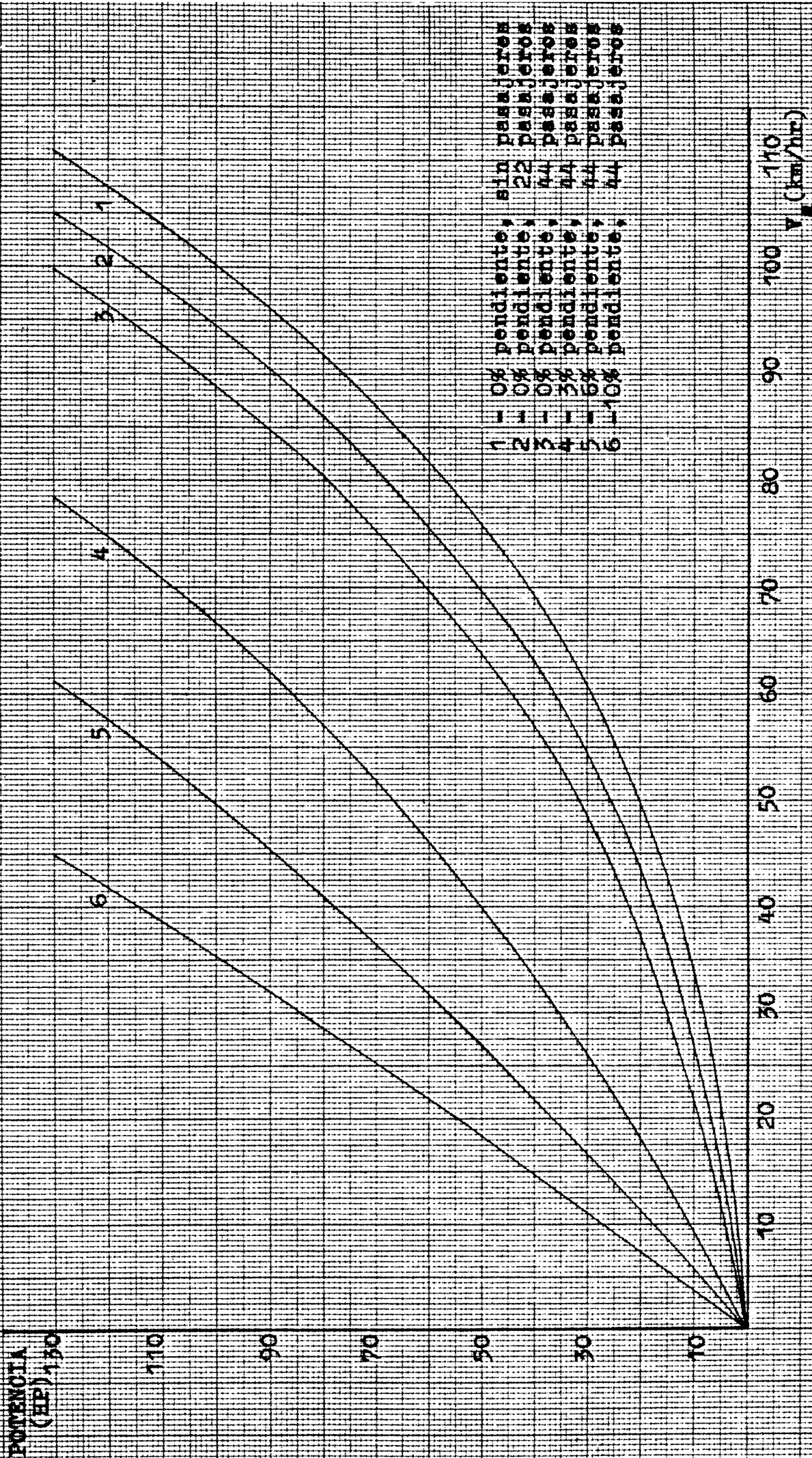


Gráfico No. 2.0

2.2 CINEMATICA Y DINAMICA DE LA RUEDA

Bajo la acción de cargas externas, el neumático sufre deformaciones, debido a la elasticidad en todas sus direcciones. En consecuencia, el radio del neumático no es una magnitud constante.

Se distinguen los siguientes radios de la rueda con neumático: radio libre r_o , radio estático r_e , radio dinámico r_d y radio de rodadura o cinemático r_r .

Radio de Rodadura

Se denomina al radio de una supuesta rueda no deformable. La cual, girando con una velocidad angular prefijada, moviéndose sin resbalamiento y sin patinar; tenga la misma velocidad de avance que una rueda real (ref. No.1).

Para los cálculos de ingeniería, despreciando el ligero resbalamiento existente, se asume que: $r_r = r_d = r_e$

Para nuestro caso, siguiendo las recomendaciones del fabricante de neumáticos GOOD YEAR, para neumáticos:

Tipo	: CAMINERA
Medidas	: 7.50 - 16
No. Pliegues	: 8
Diámetro Total	: 806 mm
Aro	: 16"

$$r_e = r_r = \frac{d}{2} + F_r \times H$$

Donde: F_r - Factor para radio estático cargado. Para aros de 16" y mayores, para camiones y omnibuses: $F_r = 0.90$

H - Altura neumático (mm)

$$r_r = \frac{16 \times 25.4}{2} + 0.9 \left(\frac{806 - 16 \times 25.4}{2} \right)$$

$$r_r = 383 \text{ mm}$$

2.3 FUERZAS MOTRICES QUE ACTUAN SOBRE EL VEHICULO

Las fuerzas motrices que actúan sobre el vehículo son originadas por el motor de combustión interna de encendido por chispa (gasolinerero).

2.3.1 Característica Externa de Velocidad del Motor Gasolinerero

Para la evaluación de las condiciones explotacionales de un motor vehicular, así como para la comparación entre distintos motores, se requiere de las características que definen todas las cualidades del motor y su aptitud para funcionar en diversas condiciones. El motor vehicular durante su explotación funciona con regímenes no estacionarios que cambian constantemente.

Las características de funcionamiento del motor se obtienen durante las pruebas del motor en el banco, generalmente son proporcionados por el fabricante.

En el presente caso, no fue posible conseguir las características externas de velocidad del motor gasolinerero; debido a que la empresa Automotriz Bets (Ex-Crysler Perú S.A) ya no produce este modelo de vehículos.

Mediante la fórmula de C.R. LEYDERMAN, en forma aproximada, construiremos las características externas de velocidad del motor gasolinero, a partir de la máxima potencia a una velocidad de rotación del motor conocido (Ref. No.2):

$$N_e = N_e \max \left[A \left(\frac{n_e}{n_n} \right) + B \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^2 - C \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^3 \right]$$

Siendo: A = B = C = 1 para motores gasolineros

$$N_e \max = 150 \text{ HP a } n_n = 4000 \text{ RPM}$$

También, graficaremos la variación de los pares motores en función del número de revoluciones, que la calcularemos mediante la relación (Ref No.3).

$$M_e = 716.2 \frac{N_e}{n_e}$$

Pérdidas Mecánicas en el Tren Motriz

Toma en cuenta las pérdidas de potencia, principalmente por fricción, entre los distintos elementos de la transmisión. Estas pérdidas son evaluadas a través del rendimiento mecánico de la transmisión, η_{tr} :

El rendimiento mecánico de los diferentes elementos de la transmisión se encuentran aproximadamente en los siguientes rangos (Ref. No.7):

Caja mecánica de velocidades	0.96 a 0.99
Juntas tipo Cardán	0.995 ⁿ
(n - No. juntas Cardán)	
Diferencial	0.92 a 0.97
Embrague	0.99

Cojinetes de los ejes de las ruedas 0.99

En suma, el rendimiento mecánico de toda la transmisión de un vehículo 4 x 2, se encuentra entre 0.80 y 0.92

En nuestro caso, usando valores promedios, consideraremos:

En directa $\eta_{tr} = 0.89$

Con reducciones en la caja de cambios: $\eta_{tr} = 0.87$

En el cuadro No. 2.4, se observa la variación de la potencia y el par motor en función de las revoluciones por minuto del motor. Estos valores son mostrados en el gráfico No. 2.1.

Cuadro No. 2.4 CARACTERISTICA EXTERNA DE VELOCIDAD
MOTOR GASOLINERO V8-318

<u>n</u> <u>RPM</u>	<u>N_e</u> <u>HP</u>	<u>M_e</u> <u>Kg-m</u>	<u>N_r</u> <u>HP</u>	<u>M_r</u> <u>kg-m</u>
500	20.8	29.8	18.5	26.5
750	32.4	30.9	28.8	27.5
1000	44.5	31.9	39.6	28.4
1250	56.9	32.6	50.6	29.0
1500	69.4	33.1	61.8	29.5
1750	81.8	33.5	72.8	29.8
2000	93.7	33.6	83.4	29.9
2250	105.1	33.5	93.5	29.8
2500	115.7	33.1	103.0	29.5
2750	125.3	32.6	111.5	29.0
3000	133.6	31.9	118.9	28.4
3250	140.4	30.9	125.0	27.5
3500	145.6	29.8	129.6	26.5
3750	148.9	28.4	132.5	25.3
4000	150.0	26.9	133.5	23.9

MOTOR GASOLINERO

V8-318

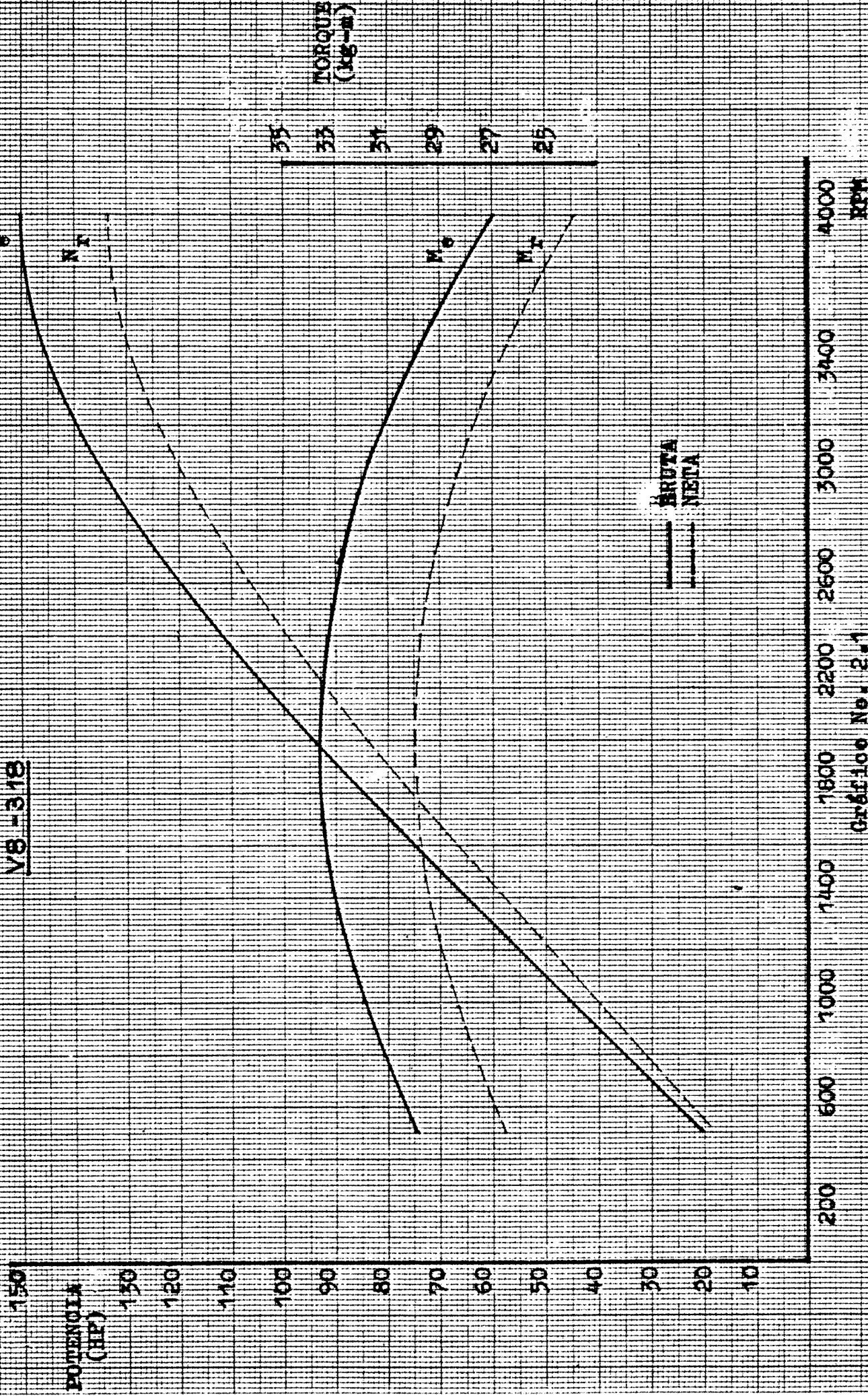


Gráfico No. 2.1

2.3.2 Equivalencia Velocidades: Motor - Vehículo

Si el embrague y las ruedas motrices no patinan, existe cierta dependencia entre la velocidad de movimiento del vehículo y la frecuencia de rotación del motor, lo cual se expresa en la siguiente relación:

$$V_a = \frac{0.377 \text{ RPM } r_r}{i_x} \quad (\text{Ref. No.1})$$

Cuadro No.2.5 - EQUIVALENCIA VELOCIDADES:
MOTOR - VEHICULO

n RPM	V _a (km/hr)			
	PRIMERA VELOCIDAD	SEGUNDA VELOCIDAD	TERCERA VELOCIDAD	CUARTA VELOCIDAD
500	2.2	4.5	8.5	14.0
750	3.3	6.8	12.5	21.1
1000	4.4	9.1	16.6	28.1
1250	5.5	11.4	20.8	35.1
1500	6.6	13.6	24.9	42.1
1750	7.7	15.9	29.1	49.2
2000	8.8	18.2	33.2	56.2
2250	9.9	20.5	37.4	63.2
2500	11.0	22.7	41.6	70.2
2750	12.1	25.0	45.7	77.3
3000	13.2	27.3	49.9	84.3
3250	14.3	29.5	54.0	91.3
3500	15.4	31.8	58.2	98.3
3750	16.5	34.1	62.3	105.3
4000	17.6	36.4	66.5	112.4

En el cuadro No. 2.5, observamos que la velocidad máxima del microbús es de 112.4 km/hr a 4000 RPM y la caja de cambios en directa; también se observa las velocidades máximas para las otras posiciones de la caja de cambios.

2.3.3 Curva de Utilización del Vehículo

En el gráfico No.2.2 tenemos la curva de potencia del motor sin considerar las reducciones de la caja de velocidades. Mediante este gráfico evaluaremos:

- La velocidad de régimen del vehículo y las velocidades máximas para distintas pendientes del camino
- Se observará el excedente de potencia para acelerar el vehículo, comparando las potencias necesarias para vencer las fuerzas resistivas con la potencia suministrada por el motor a las ruedas del vehículo.

Del gráfico No.2.2 de utilización del vehículo, para distintas condiciones de carga y para un camino sin pendientes, obtenemos las siguientes máximas:

Para: 3100 kg, $i = 0\%$	$V_{a \text{ max}} = 112.4 \text{ km/hr}$
4650 kg, $i = 0\%$	$V_{a \text{ max}} = 106.0 \text{ km/hr}$
6200 kg, $i = 0\%$	$V_{a \text{ max}} = 100.0 \text{ km/hr}$

CURVA DE UTILIZACION DEL VEHICULO

POTENCIA
(HP) 130

110

90

70

50

30

10

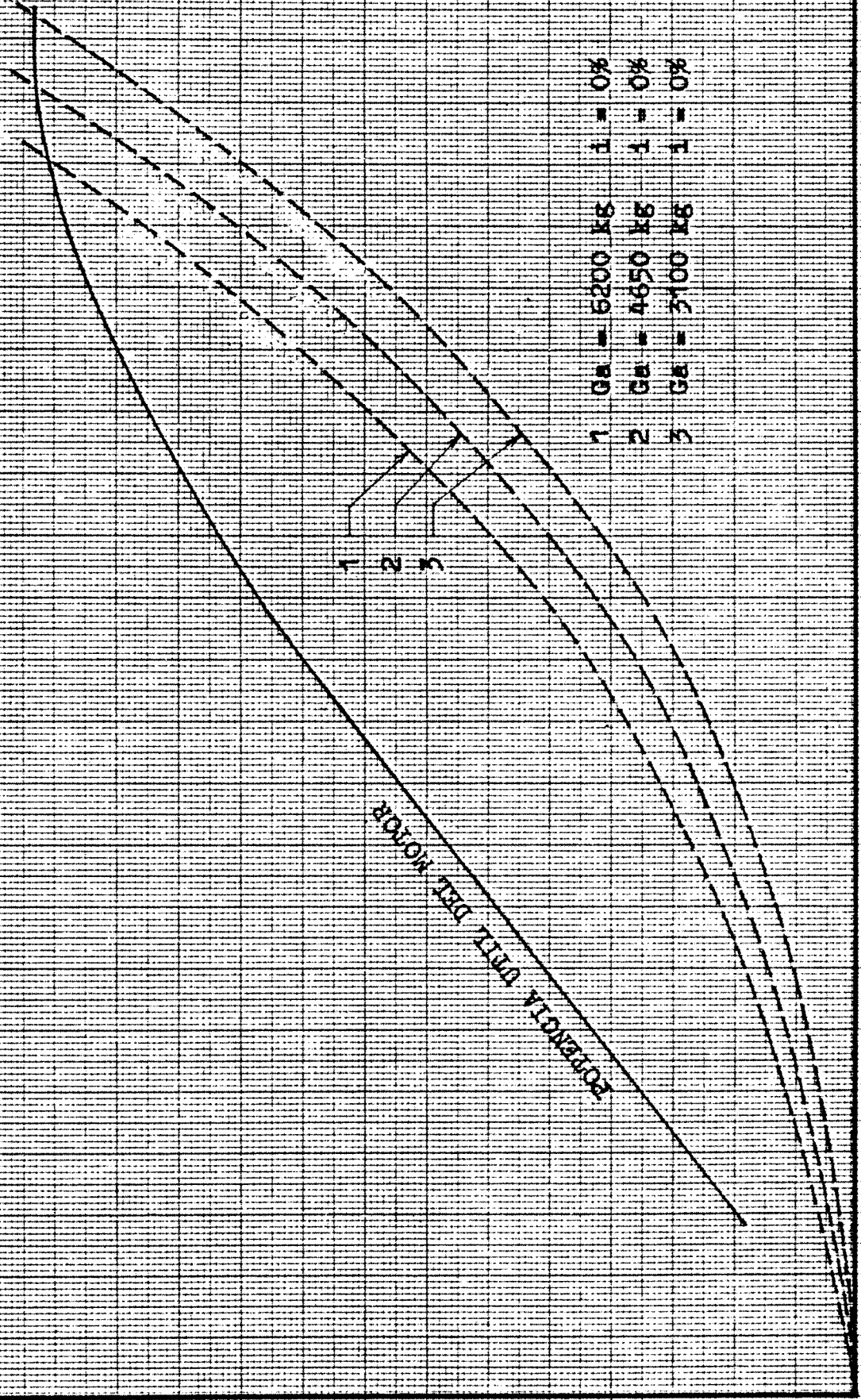
EFICIENCIA DEL MOTOR

1
2
3

- 1 G_m = 6200 KG i = 0%
- 2 G_m = 4650 KG i = 0%
- 3 G_m = 3100 KG i = 0%

110 V_a (km/hr)

Gráfico No. 2.2



2.3.4 Curva de Utilización de la Caja de Velocidades

Los motores de combustión interna tienen características externas de velocidad que varían según las revoluciones del cigueñal, encontrándose rangos de potencias máximas o cercanas a ellas y decreciendo considerablemente fuera de dichos rangos. Debido a la conveniencia de que el vehículo funcione con el motor girando en los rangos de máxima eficiencia se hace necesaria la utilización de la caja de velocidades, optimizando de esta manera el aprovechamiento de la potencia y el torque del motor.

Del cuadro No.2.7 y gráfico No.2.3 observamos que el torque máximo en las ruedas motrices del vehículo es de 957 kg-m, y se dá con la caja de velocidades en primera posición, decreciendo sucesivamente según la posición de la caja de cambios. Los torques máximos para cada posición de la caja de cambios son los siguientes:

Primera Velocidad	$M_r \text{ max} = 957 \text{ m-kg}$
Segunda Velocidad	$M_r \text{ max} = 464 \text{ m-kg}$
Tercera Velocidad	$M_r \text{ max} = 253 \text{ m-kg}$
Cuarta Velocidad	$M_r \text{ max} = 153 \text{ m-kg}$

A continuación se den el cuadro No.2.7 y el gráfico No.2.3 mencionados líneas arriba:

Cuadro No.2.7 - CURVA DE UTILIZACION DE LA
CAJA DE VELOCIDADES

MARCHA	V_a km/hr	N_r HP	M_r m-kg
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	25.4	876
	5.0	44.7	925
	7.5	69.4	957
	10.0	92.5	957
	12.5	112.0	926
	15.0	125.4	865
	17.6	130.5	769
SEGUNDA VELOCIDAD	17.6	78.9	464
	20.0	89.5	463
	25.0	109.0	451
	30.0	123.2	425
	36.4	130.5	371
TERCERA VELOCIDAD	36.4	89.1	253
	40.0	97.3	252
	45.0	107.6	247
	50.0	116.4	241
	55.0	123.4	232
	60.0	128.1	221
	66.5	130.5	203
CUARTA VELOCIDAD	66.5	98.1	153
	70.0	102.7	152
	80.0	114.5	148
	90.0	124.0	142
	100.0	130.4	135
	110.0	133.4	125

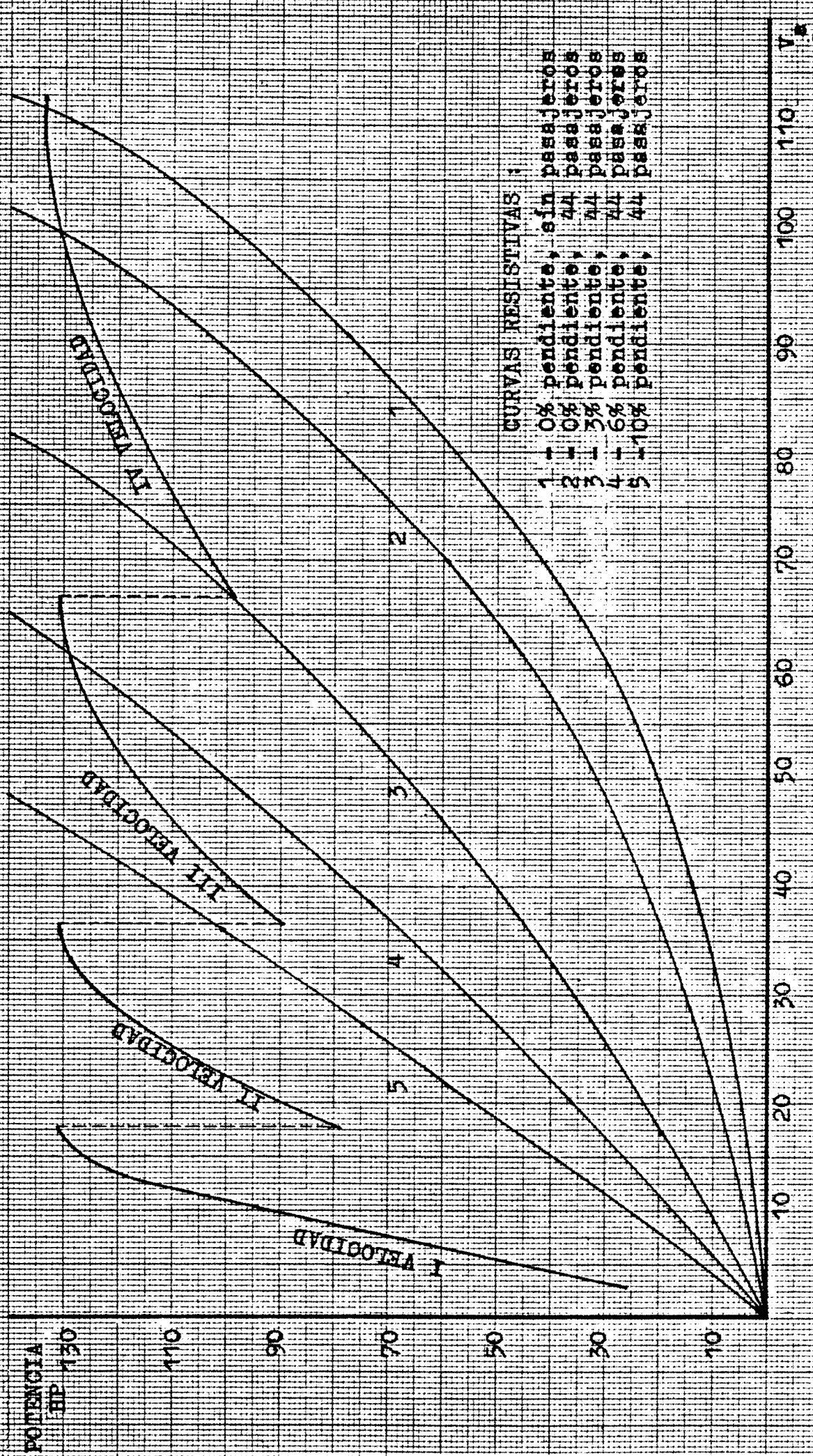


Gráfico No 2.3 - CURVA DE UTILIZACION DE LA CAJA DE VELOCIDADES

C A P I T U L O I I I

C A R A C T E R I S T I C A S D I N A M I C A S D E L V E H I C U L O

C A P I T U L O I I I

CARACTERISTICAS DINAMICAS DEL VEHICULO

3.1. BALANCE DE TRACCION

Del esquema de fuerza mostrado en la fig. No. 2.1. consideraremos las proyecciones de éstas sobre la superficie del camino. Tanto las fuerzas que impulsan el vehículo como las que retardan su avance, la ecuación que sigue nos relaciona estas fuerzas: (Ref. No. 1)

$$X_r = X_d + G_a \text{Sen}\alpha + F_j + R_a$$

Al sumar la resistencia a la rodadura y la resistencia al ascenso $G_a \text{Sen}\alpha$, obtendremos la resistencia total a la marcha ejercida por el camino R_c (Ref. No. 1)

$$R_c = G_a \text{Cos}\alpha f_r + G_a \text{Sen}\alpha = G_a (f_r \text{cos}\alpha + \text{sen}\alpha) = \psi G_a$$

En el caso general:

$$\psi = f_r \text{cos}\alpha \pm \text{Sen}\alpha$$

Delante del $\text{sen}\alpha$ vemos los signos más y menos; el pri

mero para el caso de una rampa ascendente y el segundo - en el de una rampa descendente.

Para ángulos pequeños ($\alpha < 6^\circ$) se puede considerar

$$\text{Cos}\alpha = 1 \text{ y } \text{Sen}\alpha = \text{Tg}\alpha = i$$

$$\psi = f_r \pm i$$

Cuadro No. 3.1. RELACION ENTRE EL COEFICIENTE REDUCIDO DE LAS RESISTENCIAS DEL CAMINO Y LAS GRADIENTES DE LA VIA.

ψ	GRADIENTE VIA %			
	$f_r=0.018$	$f_r=0.020$	$f_r=0.022$	$f_r=0.024$
0.02	0.2	0.0	-	-
0.05	3.2	3.0	2.8	2.6
0.10	8.2	8.0	7.8	7.6
0.20	18.2	18.0	17.8	17.6
0.30	28.2	28.0	27.8	27.6

Coeficiente de Resistencia a la Aceleración de las Masas Giratorias. δ_r

Toma en cuenta las masas giratorias en el proceso de marcha irregular del vehículo, depende de: la magnitud - de los momentos de inercia de las masas giratorias, de - las relaciones de reducción, del rendimiento de la trans - misión, del peso del vehículo y del radio de rodadura - de las ruedas. De las piezas giratorias, los más impor - tantes son la volante del motor y las ruedas.

La determinación precisa de δ_r es dificultosa. Para

cálculos aproximados se utiliza la siguiente fórmula empírica: (Ref. No. 1)

$$\delta_r = 1 + \delta_1 i_c^2 + \delta_2$$

Donde: δ_2 - Considera la influencia de las ruedas y de las piezas giratorias de la transmisión directamente ligadas a ellas.

$$\delta_2 \approx 0.03 \text{ a } 0.06$$

δ_1 - Considera la influencia de las masas en movimiento del motor y las piezas giratorias restantes de la transmisión

$$\delta_1 \approx 0.04 \text{ a } 0.06$$

i_c - Relación de reducción de la caja de velocidades.

Esta relación está confeccionada para vehículos sin carga G_o . Para vehículos cargados con un peso G_x cualquiera se transforma de la manera siguiente:

$$\delta_r = 1 + (\delta_1 i_c^2 + \delta_2) \frac{G_o}{G_x}$$

Para nuestro caso asumiremos:

$$\delta_1 = 0.04; \delta_2 = 0.04$$

$$\delta_r = 1.04 + 0.04 i_c^2$$

Primera Velocidad: $i_c = 6.40$ $\delta_r = 2.68$

Segunda Velocidad: $i_c = 3.09$ $\delta_r = 1.42$

Tercera Velocidad: $i_c = 1.69$ $\delta_r = 1.15$

Cuarta Velocidad: $i_c = 1.00$ $\delta_r = 1.08$

Teniendo en cuenta la deducción anterior, escribire-

mos la ecuación definitiva del balance de tracción:

$$F_t = R_c \pm \delta_r F_j + R_a$$

Donde: F_t - Expresa la fuerza tangencial de tracción desarrollada por el vehículo en caso de la marcha estable en las condiciones dadas.

La fuerza de inercia puede tener signo más o menos, dependiendo de que la marcha del vehículo sea acelerada o retardada respectivamente.

Los microbuses de transporte público tienen recorridos casi totalmente sobre vías con capas de asfalto o cemento que en su mayoría se encuentran en regular estado de conservación. Para estas vías consideraremos como valor promedio del factor de rodadura, $f_r = 0.02$.

Las pendientes que más frecuentemente se presentan en estas vías son en promedio del 3% de gradiente.

En consecuencia, el coeficiente reducido de las resistencias del camino, para casi la totalidad de estas vías urbanas estará comprendido entre los valores de 0.02 a 0.05, para vías horizontales y vías con pendientes de hasta 3% respectivamente.

En los casos que sea necesario particularizar en el presente estudio nos referiremos a los valores anteriormente citados, ya que éstos son los valores más usuales y los que se presentan realmente en el transporte automotor en la ciudad de Lima.

3.2. METODOS GRAFICOS PARA RESOLVER LA ECUACION DEL BALANCE DE TRACCION

Al desarrollar la ecuación del balance de tracción deducida anteriormente; se requiere de funciones aproximadas y empíricas. Las ecuaciones diferenciales obtenidas hasta la fecha no son lineales y son muy complejas, además de inexactas.

Para facilitar dichos cálculos se emplean los métodos gráficos, con los cuales resulta mucho más sencillo la solución de la ecuación del balance de tracción.

3.2.1. Diagrama de Tracción

De la ecuación del balance de tracción, si agrupamos las fuerzas que dependen del peso vehicular y las que dependen de la velocidad correspondientemente a cada lado de la igualdad tendremos:

$$F_t - R_a = R_c + \delta_r F_j$$

$$F_l = F_t - R_a$$

Donde: F_l - Fuerza libre, depende para cada valor de velocidad solamente de los parámetros de diseño del vehículo.

La fuerza libre representa la fuerza de tracción necesaria para superar todas las resistencias exteriores al movimiento del vehículo, excluyendo la resistencia del aire.

En el diagrama de tracción graficaremos la fuerza de tracción F_t y la fuerza libre F_l en función de la velo-

cidad del vehículo y mediante la cual podremos determinar:

- 1.- La máxima velocidad del vehículo para determinadas condiciones de la carretera.
- 2.- Las máximas pendientes que puede superar el vehículo a diferentes velocidades de movimiento y por diferentes caminos.
- 3.- Las máximas pendientes para cada una de las reducciones de la caja de velocidades, para distintas condiciones del camino.

3.2.2. Construcción del Diagrama Universal de Tracción

Mediante el Diagrama Universal de Tracción podremos determinar la fuerza libre disponible para distintos tipos de vías y distintos factores de carga.

Considerando un movimiento estable, es decir sin aceleraciones, tenemos: (Ref. No. 1)

$$F_1 \geq G_x \psi = \Gamma G_o \psi$$

$$F_1 \geq 3100 \Gamma \psi$$

Siendo: G_x - Peso del vehículo con una carga cualquiera determinada.

Para efectos de ubicar los puntos de los rayos que parten del centro de coordenadas del gráfico, evaluaremos la fuerza libre para distintos valores del factor de carga y para un valor del coeficiente reducido de resistencia del camino cualquiera. Para $\psi = 0.2$, obtenemos los valores siguientes, los cuales son utilizados en el gráfico No. 3.1:

Γ	1.0	1.5	2.0	2.25
F_1	620	930	1240	1395

Para determinar la imposibilidad de patinaje de las ruedas tractoras se debe considerar que:

$$F_t \leq F_{ad} = Z_r \varphi = G'_a \varphi$$

Siendo: G'_a - Carga sobre el puente posterior del vehículo. Para nuestro vehículo consideraremos: $G'_a = 2/3 G_a$

φ - Coeficiente de adherencia del camino

F_{ad} - Fuerza de adherencia.

Para llevar el análisis anterior al Diagrama de Tracción se prolonga el eje de abscisas y con una escala cualquiera se grafica el coeficiente de adherencia. Desde el origen de coordenadas se trazan también los rayos para distintas cargas del vehículo, que se calcula por: (Ref. No. 1)

$$G'_x = \Gamma G'_a = 2/3 \Gamma G_o = 2/3 \times 3100 \Gamma$$

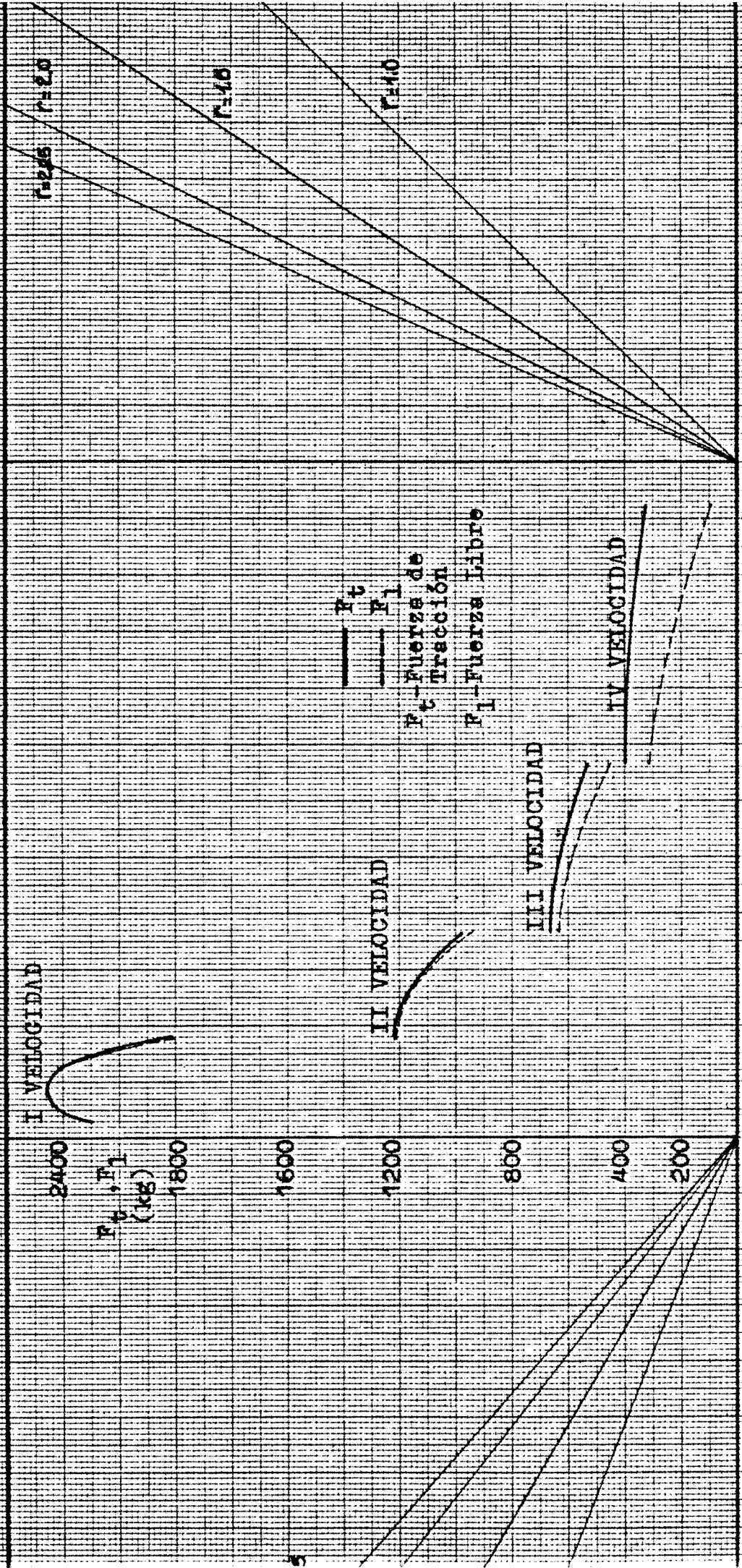
$$F_t \leq 2/3 \times 3100 \Gamma \varphi$$

De acuerdo a la relación anterior y para un valor del coeficiente de adherencia $\varphi = 0.4$, obtenemos los siguientes valores máximos admisibles de la fuerza de tracción aplicada a las ruedas del vehículo, estos valores son utilizados en la construcción del Diagrama Universal de tracción, gráfico No. 3.1.

Tabla No 3.2 - DIAGRAMA DE TRACCION

MARCHA	V_a km/hr	F_t kg	R_a kg	F_l kg
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	2288	0.17	2288
	5.0	2414	0.46	2414
	7.5	2498	1.04	2497
	10.0	2498	1.85	2496
	12.5	2418	2.89	2415
	15.0	2258	4.17	2254
	17.6	2007	5.74	2001
SEGUNDA VELOCIDAD	17.6	1210	5.74	1204
	20.0	1208	7.41	1201
	25.0	1177	11.57	1165
	30.0	1109	16.67	1092
	36.4	969	24.54	944
TERCERA VELOCIDAD	36.4	661	24.54	636
	40.0	657	29.63	627
	45.0	646	37.50	608
	50.0	629	46.30	583
	55.0	606	56.01	550
	60.0	576	66.67	509
	66.5	530	81.89	448
CUARTA VELOCIDAD	66.5	398	81.89	316
	70.0	396	90.74	305
	80.0	386	118.52	267
	90.0	372	150.00	222
	100.0	352	185.19	167
	110.0	327	224.07	103
	112.4	321	233.96	87

(ver gráf. 3.1)



20 0.15 0.10 0.05 0 10 30 50 70 90 110 0.2 0.4 0.6 0.8
 cf. Reducido de Resist. Camino
 100 No 3.1 + DIAGRAMA UNIVERSAL DE TRACCION - MOTOR GASOLINERO
 Coeficiente de Adherencia

r	1.0	1.5	2.0	2.25
F_t	827	1240	1653	1860

3.2.3. Factor Dinámico: D

El factor dinámico es un parámetro específico, - que permite efectuar una evaluación comparativa de las cualidades dinámicas de diferentes vehículos, independientemente de su carga y peso. (Ref. No. 1)

Del Balance de Tracción del vehículo que para el caso general de movimiento se expresa mediante la siguiente ecuación, deducida anteriormente:

$$F_t = R_c + \delta_r F_j + R_a$$

$$F_t = G_a + \delta_r G_a j/g + R_a$$

Se deduce que:

$$F_t - R_a = G_a (\psi + \delta_r j/g)$$

En esta ecuación, la diferencia ($F_t - R_a$) representa la fuerza de tracción necesaria para superar todas las resistencias exteriores al movimiento del vehículo, excluyendo la resistencia del aire, como se observa, ésta es proporcional al peso del vehículo.

Debido a ello, se denomina factor dinámico a la relación que caracteriza la reserva de la fuerza de tracción dividida por el peso del vehículo. (Ref. No.1)

$$D = \frac{F_t - R_a}{G_a} = \psi + \delta_r \frac{j}{g}$$

Para efectos de cálculo directo del valor del factor dinámico usaremos la siguiente fórmula, deducida anteriormente:

$$D = \frac{M_r / r_r - R_a}{G_a}$$

3.2.4. Característica Dinámica del Vehículo

El factor dinámico tiene diversos valores en función de la velocidad del vehículo, de la frecuencia de rotación del motor, del par motor y de la posición de la caja de cambios. (Ref. No. 1)

La representación de los valores del factor dinámico trabajando el vehículo a diferentes velocidades y en distintas posiciones de la caja de cambios, se denomina característica dinámica del vehículo.

La característica dinámica del vehículo al igual que el diagrama de tracción nos permite evaluar:

- 1.- Las velocidades máximas que puede desarrollar el vehículo y determinar con que marchas debe trabajar para las condiciones del camino dadas.
- 2.- Las resistencias máximas del camino que podrá superar el vehículo, desplazándose con una u otra marcha con velocidad uniforme.
- 3.- La aceleración máxima disponible, para distintas condiciones de movimiento del vehículo.

3.2.5. Pasaporte Dinámico

Denominada también Característica Dinámica Universal, se utiliza para vehículos que trabajan con dis-

tintas cargas, como es el caso del Transporte Público Urbano.

El gráfico denominado Pasaporte Dinámico es el resultado de adjuntar un nomograma al gráfico de las Características Dinámicas, con lo que se vincula el factor dinámico con los coeficientes reducidos de resistencia a la rodadura y con los coeficientes de adherencia, para las distintas posibilidades de carga del vehículo (Ref.1.2).

Debido a que el factor dinámico del vehículo, siendo iguales los parámetros restantes, varía de modo inversamente proporcional a su peso; las escalas del factor dinámico, en la característica, deben ser distintos para cada valor del coeficiente de carga del vehículo. A causa de esto, en la Característica Dinámica Universal se trazan dos ejes de ordenadas, en la vertical que pasa por $f = 1.0$ se ubican los valores del factor dinámico para el vehículo sin carga con peso $G_a \text{ min} = G_o$ (en nuestro caso peso del vehículo sin pasajeros); y en cualquier otra vertical, los valores del factor dinámico correspondiente al valor del coeficiente de carga adoptado para la vertical dada.

El gráfico de Pasaporte Dinámico nos permite evaluar las marchas y velocidades máximas, con las cuales podrá moverse uniformemente el vehículo, en diferentes condiciones del camino y para distintos valores del factor de carga.

Un método de empleo de esta gráfica es determinar el

coeficiente reducido de las resistencias del camino, así como el factor de carga correspondiente a las condiciones de marcha del vehículo. En la vertical correspondiente al factor de carga calculado se ubica, a escala correspondiente, el valor del coeficiente reducido de resistencias del camino. A partir de este punto hallado se trazan horizontales, hasta cruzar las curvas del factor dinámico. Los números de las curvas indican con que marchas podrá trabajar el vehículo. Luego, proyectando al eje inferior de abscisas los puntos de intersección de la línea horizontal con las curvas del factor dinámico de terminamos la velocidad de movimiento del vehículo, para las condiciones particulares evaluadas.

CONSTRUCCION DEL PASAPORTE DINAMICO

Para la construcción del Pasaporte Dinámico consideraremos lo siguiente (Ref. No. 1 y 2):

Factor dinámico del vehículo sin carga útil: $\Gamma = 1.0$

$$D_0 = F_1 / G_0$$

Factor dinámico del vehículo con factor de carga: $\Gamma = 2.0$

$$D_2 = F_1 / G_2$$

De donde deducimos que:

$$D_2 = D_0 \frac{G_0}{G_2}$$

Luego, el factor de escala para una condición determinada de carga será:

$$a_x = a_0 G_0 / G_x = a_0 G_0 / G_0 \Gamma = a_0 / \Gamma$$

Siendo: a_x - Escala del factor dinámico para una condición de carga determinada

a_0 - Escala del factor dinámico para vehículo sin carga, del gráfico $a_0 = 1 / 20$

Finalmente, para distintas condiciones de carga tendremos:

γ	1.0	1.5	2.0	2.25
a_x	1/20	1/30	1/40	1/45

Al igual que la fuerza de tracción, el factor dinámico también está limitado por la adherencia de la rueda (Ref. No.1).

$$D_{ad} \leq (F_t - R_a) / G_a$$

Para bajas velocidades se puede considerar insignificante la resistencia del aire, entonces:

$$D_{ad} \leq (G'_a \varphi_x) / G_a = 2/3 \varphi_x$$

Los factores $D_{0 ad}$ y $D_{2 ad}$ se ubican en las escalas de D_0 y D_2 respectivamente y se unen con líneas punteadas, sobre las cuales se indica la magnitud φ_x . Según el cuadro siguiente No.3.2 y su gráfico No. 3.2 respectivo evaluaremos las marchas y velocidades máximas con las que se moviliza uniformemente el microbús a repotenciarse. Estas evaluaciones se realizarán para diferentes condiciones del camino y para diversas condiciones de carga del vehículo.

Tabla No 3.2 - CARACTERISTICA DINAMICA DEL VEHICULO

MARCHA	V_a km/hr	$D^{(+)}$ s/u
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	0.738
	5.0	0.779
	7.5	0.805
	10.0	0.805
	12.5	0.779
	15.0	0.727
	17.6	0.645
SEGUNDA VELOCIDAD	17.6	0.388
	20.0	0.387
	25.0	0.376
	30.0	0.352
	36.4	0.305
TERCERA VELOCIDAD	36.4	0.205
	40.0	0.202
	45.0	0.196
	50.0	0.188
	55.0	0.177
	60.0	0.164
	66.5	0.145
CUARTA VELOCIDAD	66.5	0.102
	70.0	0.098
	80.0	0.086
	90.0	0.072
	100.0	0.054
	110.0	0.033
	112.4	0.028

(+) Factor Dinámico evaluado para $G_{a \text{ min}} = 3100 \text{ kg}$.
(Ver gráfico No 3.2).

I. VELOCIDAD

TOR
MICO
(1/1)

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

D - Factor Dinámico
 V - Coef. Reducido de Resistencia Camino
 Q - Coef. de Adherencia

III VELOCIDAD

III VELOCIDAD

IV VELOCIDAD

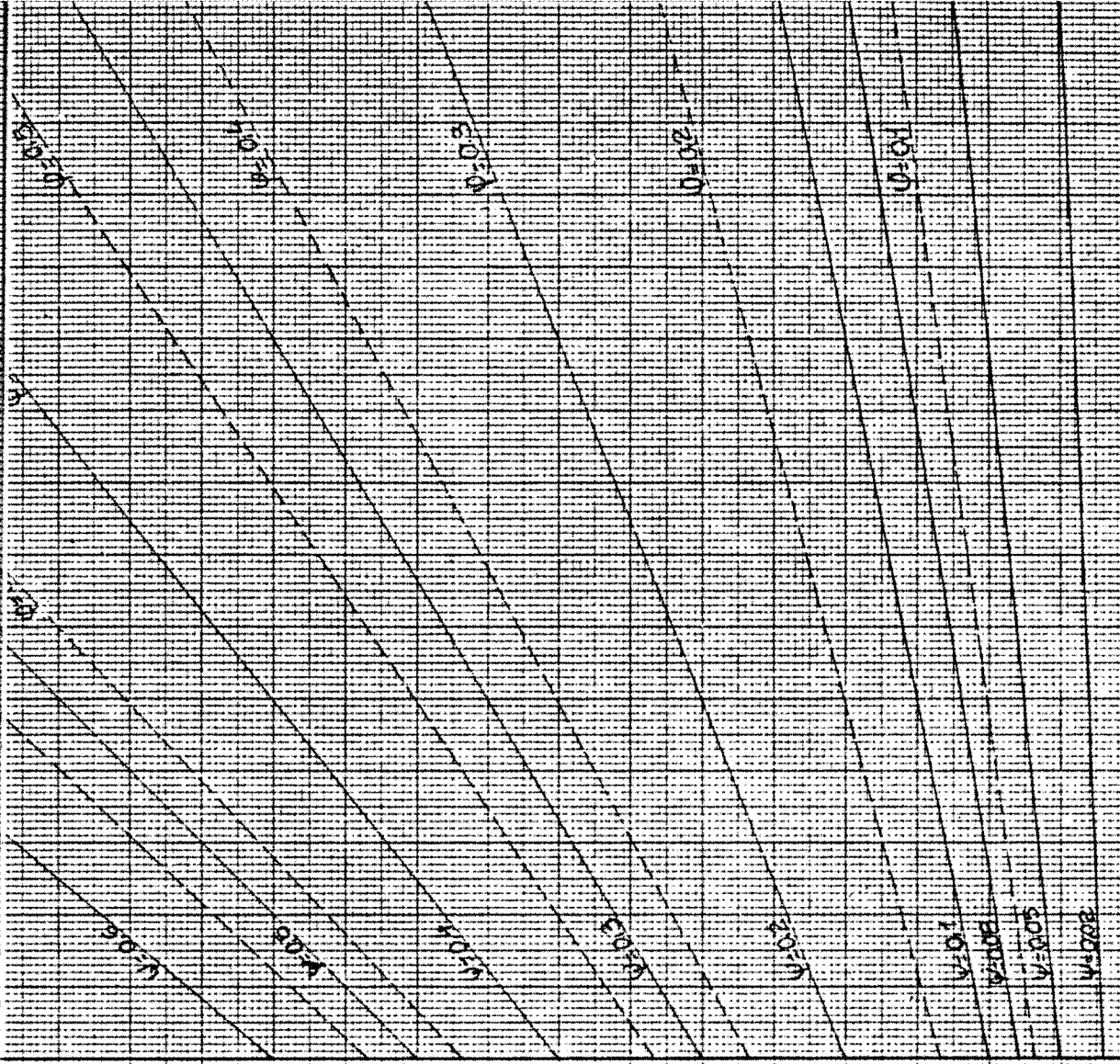
0 20 40 60 80 100

V_a 1.0

1.5 2.0

Gráfico No 3.2 - PASAPORTE DINAMICO - MOTOR GASOLINERO

Factor de Carga



φ_x	D_0 ad	D_2 ad
0.1	0.067	0.134
0.2	0.133	0.266
0.3	0.200	0.400
0.4	0.267	0.534
0.5	0.333	0.666
0.6	0.400	0.800
0.7	0.467	0.934
0.8	0.533	1.067
0.9	0.600	1.200

En la tabla No. 3.2 se dan los valores de la Característica Dinámica del vehículo con motor gasolinero . Los valores del factor dinámico han sido evaluados para el peso vehicular mínimo, $G_a \text{ min} = 3100 \text{ Kg}$, con la finalidad de facilitar la lectura del Pasaporte Dinámico, lo cual se muestra en el gráfico No. 3.2.

ANALISIS DEL PASAPORTE DINAMICO

1.- Las velocidades máximas del vehículo por carreteras con distintos valores del coeficiente reducido de resistencia del camino y distintos factores de carga, son los siguientes:

Cuadro No.3.4. VELOCIDADES MAXIMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL VEHICULO .

ψ	NUMERO DE PASAJEROS			
	S/PSJ	22PSJ	44PSJ	55PSJ
0.02	112.4	112.0	107.0	105.0
0.05	102.0	88.0	70.0	66.5
0.10	70.0	65.0	43.0	36.4
0.20	43.0	36.4	17.6	17.6
0.30	36.4	17.6	17.6	16.5

2.- Las pendientes máximas que puede vencer el vehículo son las siguientes:

Cuadro No. 3.5. PENDIENTES MAXIMAS QUE PUEDE VENCER EL VEHICULO.

MARCHA	f_r^+	NUMERO DE PASAJEROS			
		S/PSJ	22PSJ	44PSJ	55PSJ
I	0.018	78.7%	51.9%	38.5%	34.0%
II	0.018	37.0	24.1	17.6	15.4
III	0.019	18.6	11.8	8.4	7.2
IV	0.022	8.0	4.6	2.9	2.3

(+) Factor de rodadura promedio para cada marcha.

3.3. SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO

Por la naturaleza de su trabajo, el vehículo debe cambiar permanentemente la velocidad de marcha, arrancar, acelerar ó detenerse. Por lo cual, la cualidad dinámica más importante del vehículo es su capacidad de aceleración, es decir, la propiedad de variar rápidamente su velocidad.

Los índices principales que caracterizan la susceptibilidad del vehículo son :

- 1.- El valor de las aceleraciones del vehículo en el proceso de aceleración.
- 2.- La durabilidad de la aceleración, tiempo durante el cual el vehículo aumenta su velocidad.
- 3.- El camino de aceleración, que recorre el vehículo al acelerarse.

3.3.1. Curva de Aceleraciones del Vehículo

El valor de la aceleración del vehículo lo determinamos por la siguiente relación, deducida del balance de tracción: (Ref. No. 1)

$$J_a = \frac{D - \psi}{\delta_r} \varepsilon$$

En la expresión anterior, se observa que la aceleración depende del exceso del factor dinámico sobre el valor del coeficiente reducido de las resistencias del camino y del coeficiente que tiene en cuenta la resistencia a la aceleración de las masas giratorias del vehículo.

3.3.2. Durabilidad y Recorrido de la Aceleración

Para medir la susceptibilidad del vehículo es más práctico hacerlo por el método grafoanalítico, que consiste en dividir la curva de aceleraciones en intervalos elementales de velocidades, donde en cada uno de los intervalos, la aceleración se pueda considerar constante. (Ref. No. 1)

Para cada intervalo elemental podemos escribir:

$$V_{a2} = V_{a1} + \bar{j}_a \Delta t$$

Siendo: V_{a1} y V_{a2} Velocidades del vehículo al inicio y final del intervalo

Δt Tiempo durante el cual el vehículo aumenta su velocidad de V_{a1} hasta V_{a2}

\bar{j}_a Aceleración media en el intervalo.

De donde deducimos:

$$\Delta t = \Delta V / 3.6 \bar{j}_a$$

El tiempo total del intervalo determinado es igual a la suma:

$$t_n = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n$$

El recorrido S del vehículo, para un movimiento uniformemente acelerado, puede determinarse por la fórmula:

$$S = V_a t + 1/2 \bar{j}_a t^2$$

De donde deducimos para un intervalo elemental:

$$S = \bar{V}_a \Delta t / 3.6$$

Donde: \bar{V}_a - Velocidad media en el intervalo en km/hr

El recorrido total es igual a la suma:

$$S_n = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n$$

Para calcular el tiempo y recorrido de arranque, considerando la realización manual de los cambios, se debe considerar que se produce una cierta disminución de la velocidad del vehículo, debido a la rotura del flujo de potencia desde el motor a las ruedas motrices. (Ref.No.2)

La disminución de la velocidad durante los cambios - depende del tipo de carretera, la forma aerodinámica y la velocidad del vehículo.

Para velocidades no muy altas:

$$\Delta v_a = 9.3 t_p$$

Siendo: Δv_g - Disminución de la velocidad en m/s

t_p - Tiempo perdido en la realización de los cambios, depende del tipo de caja de cambios, del tipo del vehículo y de la habilidad del conductor. Varía en el rango de 0.5 a 5 seg.

Para nuestro caso: $t_p = 2$ seg., $\psi = 0.02$

$$\Delta v_g = 9.3 \times 2 \times 0.020 = 0.37 \text{ m/s (1.33Km/hr)}$$

El recorrido del vehículo durante el cambio de velocidad, puede calcularse mediante la fórmula siguiente y cuyos resultados se dan a continuación (Ref. No. 1):

$$S_p = v_{ap} t_p / 3.6$$

<u>Cambio de Velocidad</u>	<u>Recorrido</u>
Primera @ Segunda	9.78 m
Segunda @ Tercera	20.22 m
Tercera @ Cuarta	36.94 m

En el cuadro No. 3.6, se dan los valores de la curva de aceleraciones en función de la velocidad de movimiento del vehículo, para las condiciones de carga más representativas del Transporte Urbano en Microbuses Dodge D-300 y para las condiciones de camino más usuales en la ciudad de Lima.

Las gráficas de estas curvas se muestran, en forma comparativa con las curvas de aceleraciones del Motor Diesel seleccionado en el cuarto capítulo, ver gráficos No. 4.5 a 4.8

Tabla No 3.6 - CURVA DE ACELERACIONES - VEHICULO GASOLINERO.

MARCHA	V _a KPH	$\psi = 0.020^+$				$\psi = 0.05^{++}$	
		22 PSJ		44 PSJ		44 PSJ	
		D	j _a	D	j _a	D	j _a
I	3.0	0.492	1.73	0.369	1.28	0.369	1.17
	5.0	0.519	1.83	0.390	1.35	0.390	1.24
	7.5	0.537	1.89	0.403	1.40	0.403	1.29
	10.0	0.537	1.89	0.403	1.40	0.403	1.29
	12.5	0.519	1.83	0.390	1.35	0.390	1.24
	15.0	0.485	1.70	0.364	1.26	0.364	1.15
	17.6	0.430	1.50	0.323	1.11	0.323	1.00
II	17.6	0.259	1.65	0.194	1.20	0.194	1.00
	20.0	0.258	1.62	0.193	1.19	0.193	0.99
	25.0	0.251	1.60	0.188	1.16	0.188	0.95
	30.0	0.235	1.49	0.176	1.08	0.176	0.87
	36.4	0.203	1.26	0.153	0.92	0.153	0.71
III	36.4	0.137	1.00	0.103	0.71	0.103	0.45
	40.0	0.135	0.98	0.101	0.69	0.101	0.44
	45.0	0.131	0.95	0.098	0.67	0.098	0.41
	50.0	0.125	0.90	0.094	0.63	0.094	0.38
	55.0	0.118	0.83	0.089	0.59	0.089	0.33
	60.0	0.109	0.76	0.084	0.55	0.084	0.29
	66.5	0.097	0.66	0.073	0.45	0.073	0.20
IV	66.5	0.068	0.44	0.051	0.28	0.051	0.01
	70.0	0.065	0.41	0.049	0.26	0.049	-
	80.0	0.057	0.34	0.043	0.21	0.043	-
	90.0	0.048	0.25	0.036	0.15	0.036	-
	100.0	0.036	0.15	0.027	0.06	0.027	-
	110.0	0.022	0.02	0.017	-	0.017	-
	112.4	0.019	-	0.014	-	0.014	-

+ Vía horizontal sin pendientes

++ Vía con 3% de pendiente

(Ver gráficos Nos. 4.5 a 4.8)

Tabla No. 3.7 - SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO GASOLINERO

V _a KPH	22 PSJ		44 PSJ			
	$\psi = 0.02$		$\psi = 0.02$		$\psi = 0.05$	
	t seg	S mts	t seg	S mts	t seg	S mts
5.0	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5
7.5	0.7	1.0	0.9	1.3	1.0	2.8
10.0	1.1	1.9	1.4	2.6	1.6	4.5
12.5	1.8	4.6	2.6	6.1	2.7	9.7
+20.0	2.7	8.7	5.6	21.5	6.0	23.0
25.0	5.5	23.8	6.8	28.9	7.5	32.0
30.0	6.4	30.7	8.0	38.4	9.0	43.7
+36.4	7.7	42.6	9.8	54.8	11.2	64.4
40.0	10.7	73.5	13.2	90.2	15.5	108.2
45.0	12.2	90.4	15.2	114.3	18.7	146.3
50.0	13.6	110.1	17.4	142.5	22.2	192.1
55.0	15.2	133.4	19.7	175.7	26.0	248.4
60.0	17.0	161.2	22.1	214.7	30.5	320.0
+66.5	19.5	205.8	25.7	278.1	37.7	446.8
70.0	23.8	285.6	31.3	383.3		
80.0	31.1	437.9	42.9	624.4		
90.0	40.4	656.5	58.3	988.7		
100.0	54.2	1023.1	89.2	1803.1		
112.4	97.3	2293.4				

+ Considerando el tiempo y el recorrido durante el cambio de marcha.

(Ver gráficos Nos. 4.9 a 4.14)

CAPITULO IV

REPOTENCIAMIENTO

C A P I T U L O I V

REPOTENCIAMIENTO

4.1 SELECCION DEL MOTOR DIESEL

Debido a las notables ventajas del motor diesel respecto de su similar gasolinero, analizadas en el primer capítulo; seleccionaremos para nuestro vehículo, un motor diesel de mayor rendimiento energético y de menor costo de operación del mismo.

Inicialmente, los parámetros que definirán la selección del motor serán :

- Precio del Motor.- Debido a que el objetivo principal de éste proyecto es la reducción del costo de transporte en el servicio de transporte público de pasajeros. Además, debido a la crisis económica actual, el aspecto económico financiero será decisivo en la realización de éste proyecto.
- Dimensiones del Motor.- Debido a que las dimensiones del

recinto de motor del microbús están definidas y que sólo será posible la realización de pequeñas modificaciones.

- Peso del Motor.- Debido a la conveniencia de contar con una mayor capacidad de carga útil, sin recargar al sistema de suspensión original del microbús.

Posteriormente, la selección del motor será confirmada con la evaluación de las características dinámicas del vehículo repotenciado.

4.1.1 Características Generales del Motor a Seleccionarse

Según las características del servicio de transporte público urbano, evaluadas en el segundo capítulo, las velocidades máximas que se dan en éste servicio están en el rango de 60 a 70 km/hr.

La potencia útil mínima necesaria en las ruedas del vehículo para vencer las fuerzas resistivas al movimiento a una velocidad máxima de 70km/hr es de 60 HP. Por lo que, considerando las pérdidas de potencia, en los accesorios del motor y en la transmisión del vehículo, requerimos un motor que tenga como mínimo 70 HP de potencia nominal.

Motores Diesel en el Mercado Nacional de Autopartes

En el Perú, nuestra industria metal mecánica está capacitada técnicamente para la fabricación de motores, cajas de cambio y demás autopartes. Únicamente factores económico-financieros le restan competitividad con la producción de países más industrializados.

Como una medida de apoyo a la industria nacional de autopartes, el gobierno peruano mediante el Decreto Ley No275 faculta a los transportistas dedicados a los Servicios Públicos de Transporte Terrestre de Carga y Pasajeros, importar paquetes CKD para el ensamblaje local de vehículos automotores de las categorías B2.1, B2.2, B3 y B4; con la condición que sean ensamblados por empresas nacionales dedicados a la industria terminal, sujetándose a los grados de integración nacional de componentes o autopartes, en los porcentajes de integración mínima obligatoria establecidos en la Ley Automotriz No. 23741.

Acogiéndose a éstas disposiciones gubernamentales, la Federación de Choferes del Perú está gestionando la importación del Brasil de un lote de paquetes CKD marca Perkins, los cuales serían ensamblados por la empresa nacional Motores Diesel Andinos (Modasa).

En el caso de los motores diesel Perkins 4.236V, para vehículos Dodge D-300; el precio de venta ofertado es de US\$ 4,150. Precio considerablemente inferior al existente en el mercado nacional de autopartes, que como se verá supera los US\$ 6,000.

Para seleccionar el motor diesel más adecuado se investigó en el mercado nacional de autopartes, obteniéndose únicamente dos alternativas de solución y que se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro No.4.0 SELECCION DEL MOTOR DIESEL: ALTERNATIVAS

	ALTERNATIVA <u>No.1</u>	ALTERNATIVA <u>No.2</u>
Marca	: GENERAL MOTORS DETROIT DIESEL	DIESEL PERKINS MODASA
Serie	: 53	4.236 V
Potencia Nominal	: 101 HP a 2800RPM	82 HP a 2800RPM
Torque Máximo	: 28.4m-kg@1800RPM	27.1m-kg@1400RPM
Cilindros	: 3 en línea	4 en línea
Cilindrada	: 159 pulg ³ (2606 cc)	236 pulg ³ (3860 cc)
Tiempos	: 2	4
Dimensiones:		
Largo	: 37" (94cm)	35" (89cm)
Ancho	: 31" (79cm)	23" (57cm)
Alto	: 36" (91cm)	31" (78cm)
Peso	: 455 kg	344 kg
Precio	: \$ 120'000,000 (US\$ 10,000)	\$ 74'419,000 (US\$ 6,200)
Fecha	: Mayo '86	Mayo '86

Nota.- Los transportistas del Servicio Público tienen la posibilidad de comprar motores diesel Perkins - Modasa a precio liberado de impuestos mediante el D.L. 275. El motor Perkins-Modasa 4.236V está cotizado a US\$ 4,150.

Debido a sus características técnicas y económicas favorables para el servicio requerido. Principalmente, por sus ventajas en : precio, dimensiones y peso. Y, consideran

do la incidencia de ésta decisión en el reflotamiento de nuestra industria metal mecánica nacional. Es decir, se buscará su participación en los grados de integración - máximos posibles; obligándolo al perfeccionamiento de su tecnología, así como la creación de nuevos empleos de mano de obra especializada. Seleccionamos el motor diesel Perkins - Modasa 4.236 V ; ésta selección será confirmada posteriormente, mediante la evaluación de las características dinámicas del vehículo repotenciado.

4.2 MOTOR DIESEL PERKINS - MODASA 4.236 V

Especificaciones Técnicas :

Marca	: Perkins - Modasa
Modelo	: 4.236 V
Carrera	: 5 pulg (127 mm)
No. Cilindros	: 4 en línea
Desplazamiento Cúbico	: 3.86 lt (236 pulg ³)
Tiempos	: 4
Aspiración	: Natural
Diámetro	: 98.4 mm (3.875 pulg)
Sistema de Combustión	: Inyección directa
Bomba de Combustible	: Rotativa
Relación de Compresión	: 16 a 1
Rotación	: Sentido de agujas del reloj (visto de frente)
Regulador	: Mecánico
Enfriamiento	: Por agua
Peso	: 344 kg (con cubrevolante, ven- tilador y bomba de vacío. Sin alternador ni aceite)
Sistema Eléctrico	: 12 voltios
Opcional	: Compresor, Enfriador de aceite.

El motor Perkins - Modasa 4.236V es un motor diesel - compacto de poco peso, destinado a aplicaciones vehiculares, con una velocidad de gobernación máxima de 2800 RPM. Posee un respaldo de torque de 22% sobre una velocidad de 1600 RPM, debido al uso de modernas especificaciones de inyección de combustible existentes en la actualidad; o sea una bomba de inyección de 4 émbolos, e inyectores de baja inercia y alta precisión.

Las especificaciones incluyen: camisas de cilindros de larga duración reemplazables, pistones de aleación de aluminio de expansión controlada con cámaras de combustión toroidales, cigueñal de acero forjado tratado térmicamente, distribución totalmente de acero y culata de aleación de hierro.

Potencia Nominal del Motor :

Según norma: BS AU 141 a : 1971

Potencia Nominal : 82 HP a 2800 RPM

Consumo de Potencia en Accesorios :

Ventilador : 3.0 HP

Alternador : 1.5 HP

Exaustor : 1.2 HP

TOTAL : 6.0 HP

Fuente: Dpto. Técnico Modasa (Trujillo)

Potencia Máxima Neta : 76 HP a 2800 RPM

Torque Máximo Nominal: 27.1 m-kgr a 1400RPM

Torque Máximo Neto : 25.1 m-kgr a 1400 RPM

Cuadro No. 4.1 CARACTERISTICA EXTERNA DE VELOCIDAD
MOTOR DIESEL PERKINS MODASA 4.236 V

RPM MOTOR	N_b HP	N_e HP	N_r HP	M_b m-kg	M_e m-kg	M_r m-kg
1200	43.5	40.3	35.9	27.1	25.1	22.3
1400	51.5	47.7	42.5	27.1	25.1	22.3
1600	58.5	54.2	48.2	26.8	24.8	22.1
1800	64.0	59.3	52.8	26.4	24.5	21.8
2000	69.0	64.0	57.0	25.7	23.8	21.2
2200	74.0	68.6	61.1	25.0	23.2	20.6
2400	77.5	71.8	63.9	24.1	22.3	19.8
2600	80.0	74.1	65.9	23.2	21.5	19.1
2800	82.0	76.0	77.6	22.4	20.8	18.5

La potencia y torque efectivo se calculó asumiendo una eficiencia de 93% , según datos del fabricante de motor (Modasa). La potencia y torque en las ruedas del vehículo se evaluó asumiendo una eficiencia de la transmisión de 89% , según análisis realizado en el - segundo capítulo.

La Característica Externa de Velocidad del motor - diesel Perkins 4.236 V, con los valores tabulados en el cuadro anterior, se muestra en el gráfico No.4.1.

Tabla No. 4.2 - CURVA DE UTILIZACION DE LA CAJA DE VELO
CIDADES

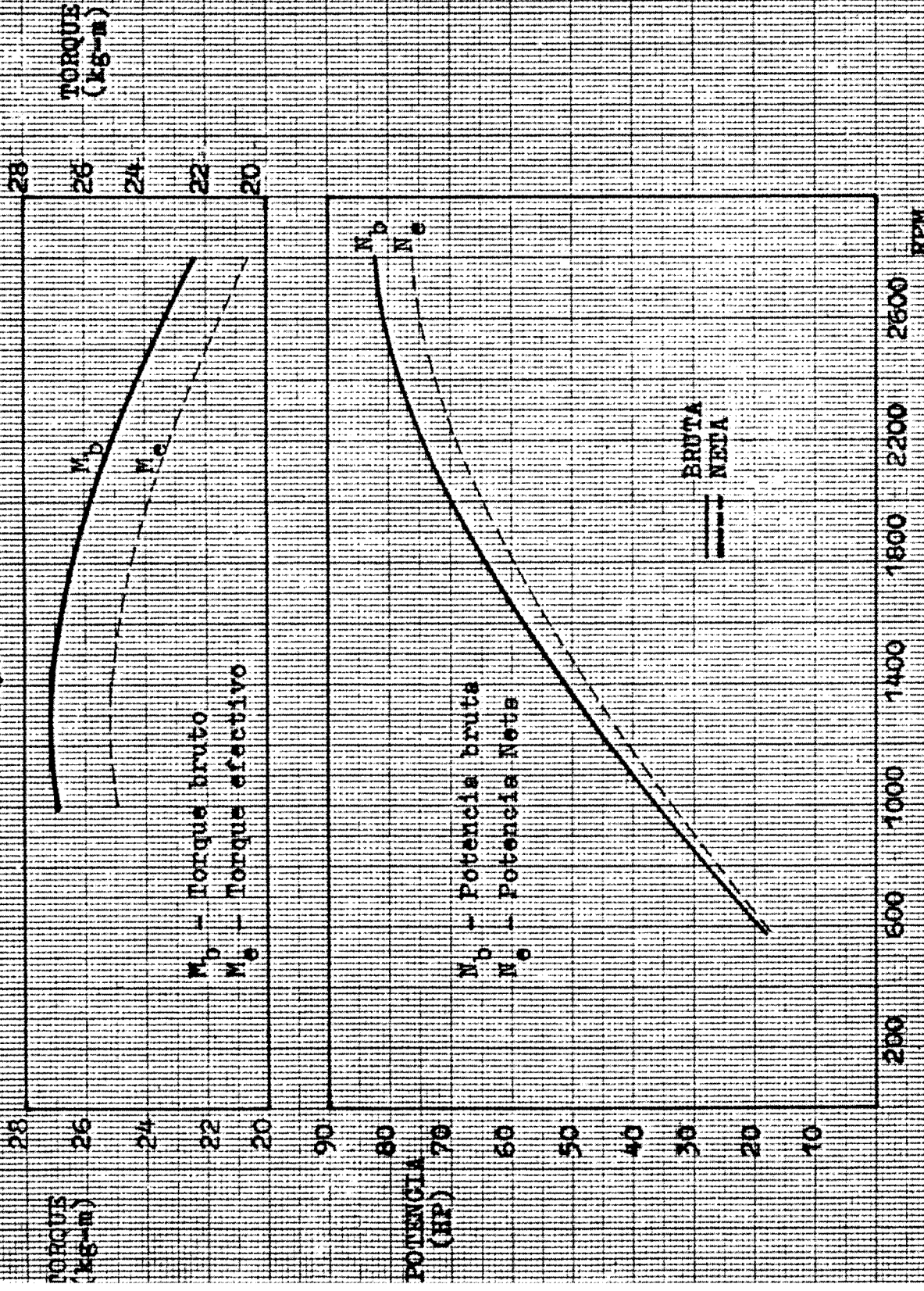
MARCHA	V_a km/hr	N_T HP	M_T kg-m
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	14.5	500
	5.0	32.8	678
	7.5	49.9	688
	10.0	61.1	632
	12.3	66.4	559
SEGUNDA VELOCIDAD	12.3	40.3	339
	15.0	43.3	338
	17.5	54.6	323
	20.0	59.9	310
	22.5	63.6	292
TERCERA VELOCIDAD	25.5	66.4	270
	25.5	45.7	185
	30.0	52.0	179
	35.0	58.1	172
	40.0	62.9	163
CUARTA VELOCIDAD	45.0	65.5	151
	46.5	66.4	148
	46.5	49.8	111
	50.0	52.7	109
	55.0	56.4	106
CUARTA VELOCIDAD	60.0	60.0	103
	65.0	63.1	100
	70.0	65.2	96
	78.7	67.9	89

(ver gráfico No. 4.2)

CARACTERISTICAS EXTERNAS DE VELOCIDAD

MOTOR DIESEL

4.236 V



4.2.1 Curva de Utilización de la Caja de Velocidades

Las velocidades máximas que podrá desarrollar el microbús con el nuevo motor diesel, sin considerar modificaciones en la transmisión y para cada posición de la misma caja de cambios, serán las siguientes :

Primera Velocidad	12.3 km/hr
Segunda Velocidad	25.5 km/hr
Tercera Velocidad	46.5 km/hr
Cuarta Velocidad	78.7 km/hr

En la evaluación de éstas velocidades se usó la siguiente expresión :

$$V_{a \max} = 0.377 \frac{\text{RPM} \times r_f}{i_c \times i_{rf}}$$

La velocidad máxima que puede desarrollar el vehículo con la caja de cambios en directa, resulta suficiente para satisfacer los requerimientos del transporte público urbano de pasajeros en la ciudad de Lima.

En el gráfico No.4.2 se muestran, en forma comparativa, las Curvas de Utilización de la Caja de Velocidades del microbús con motor gasolinero y diesel respectivamente.

En este gráfico se puede apreciar la diferencia en la utilización de las potencias proporcionadas por ambos motores, siendo la curva del motor diesel más cercana a la curva de consumo de potencia del vehículo, adaptándose mejor a las características explotacionales del microbús a repotenciarse.

POTENCIA
RUEDAS

130

110

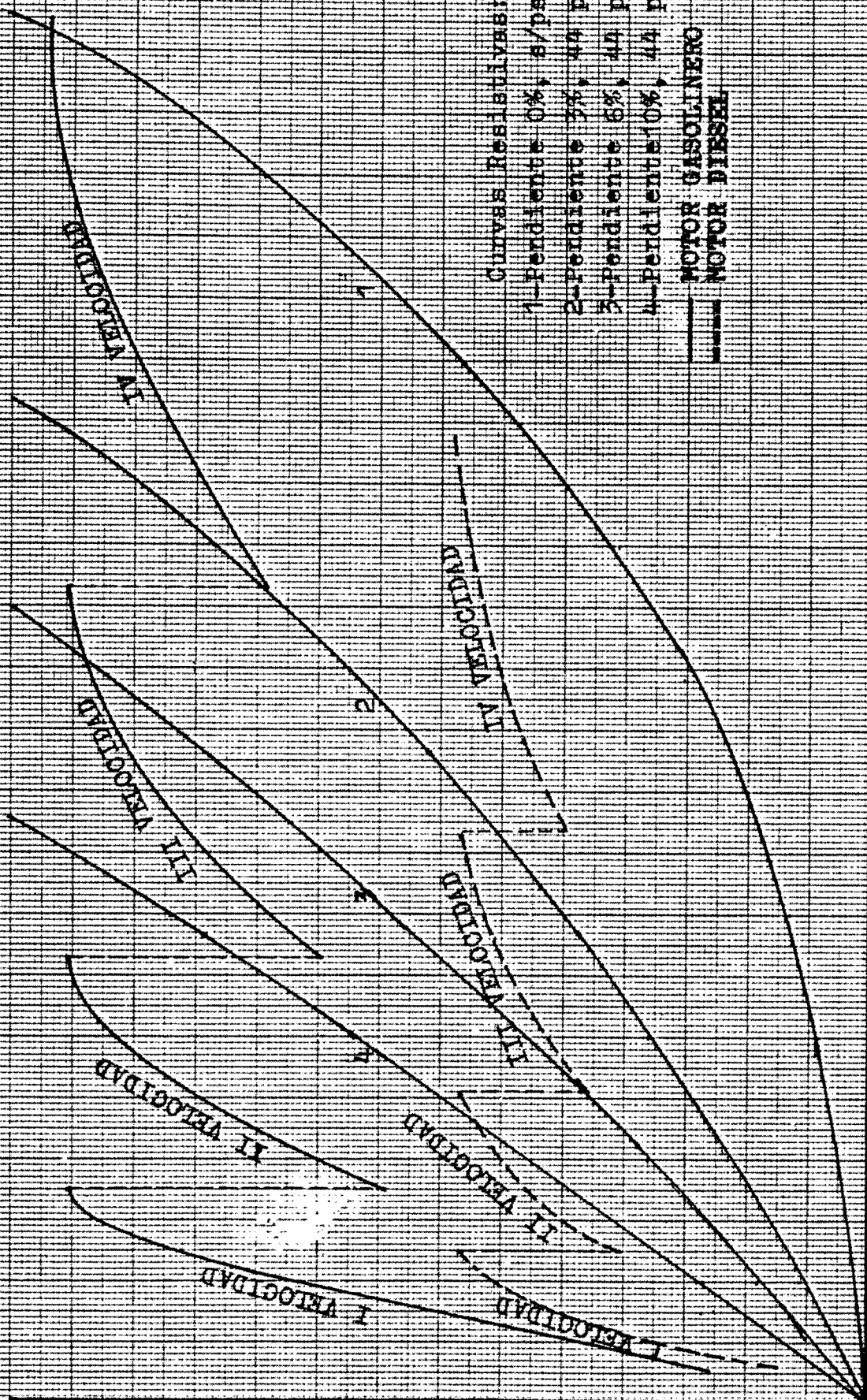
90

70

50

30

10



Curvas Resistivas:

- 1- Pendiente 0%, 8/psj.
- 2- Pendiente 3%, 44 psj.
- 3- Pendiente 6%, 44 psj.
- 4- Pendiente 10%, 44 psj.

— MOTOR GASOLINERO

- - - MOTOR DIESEL

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

Gráfico No 4.2 - CURVA DE UTILIZACION DE LA CAJA DE VELOCIDADES

V
km/hr

4.3 CARACTERÍSTICAS DINAMICAS DEL VEHICULO REPOTENCIADO

Al igual que con el microbús con motor gasolinero, analizado en el capítulo anterior, evaluaremos las Características Dinámicas del microbús con el motor diesel seleccionado, empleando métodos gráficos en la solución de la Ecuación del Balance de Tracción.

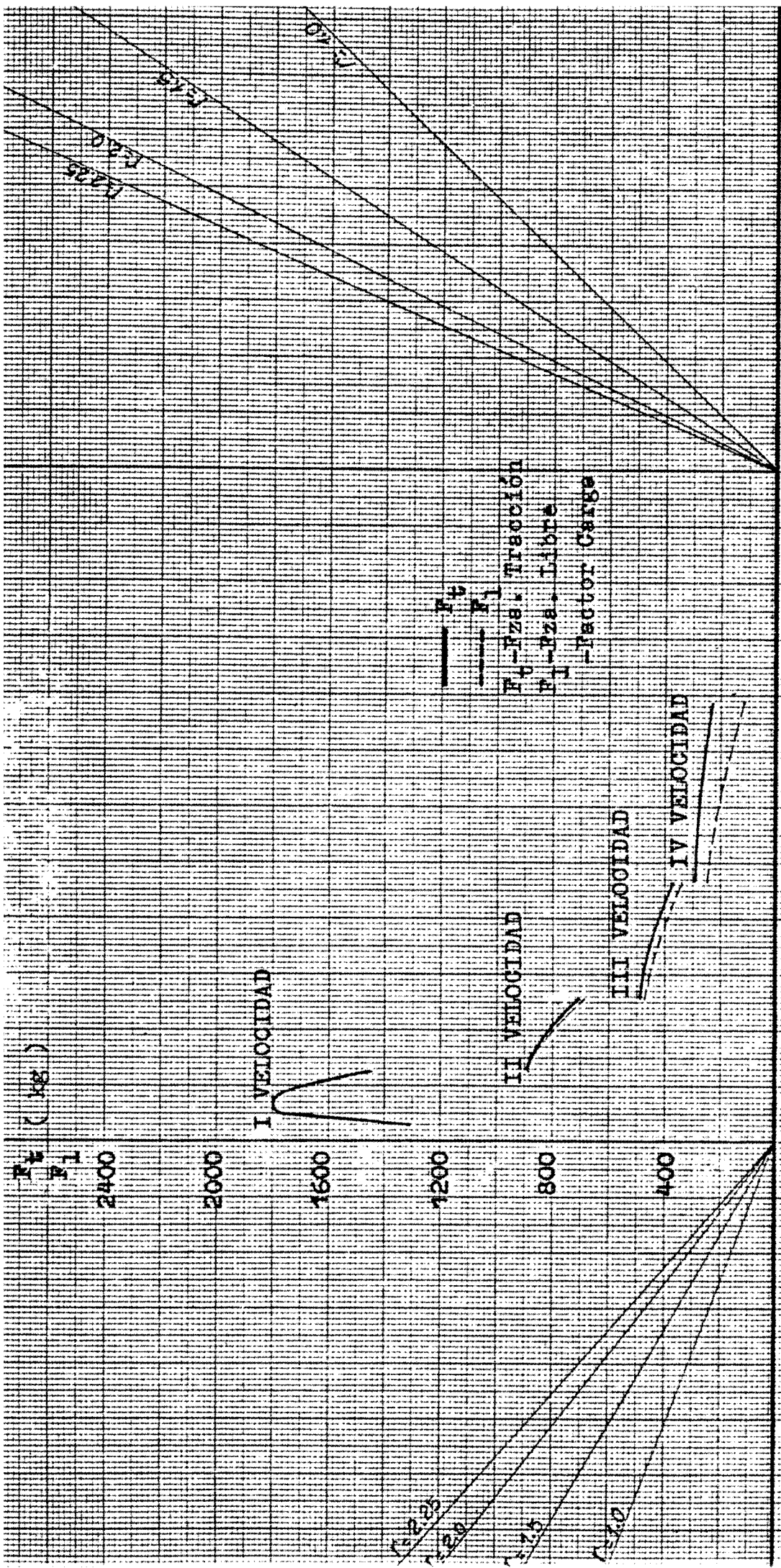
En primer término, se realizan las evaluaciones para la construcción del Diagrama Universal de Tracción del Microbús Repotenciado, lo cual se resume en el cuadro No.4.3 y en el gráfico No.4.3 respectivo.

Posteriormente, se evalúan las Características Dinámicas de Microbús Repotenciado y los resultados obtenidos son resumidos en el cuadro No.4.4 y el gráfico No.4.4 correspondiente al Pasaporte Dinámico del Vehículo.

Finalmente, se realiza un análisis de las Características Dinámicas del Vehículo Repotenciado evaluadas en este capítulo. Del gráfico del Pasaporte Dinámico se evalúan las velocidades máximas que podrá desarrollar, el microbús repotenciado, en carreteras con distintos valores del coeficiente reducido de resistencias del camino y para diversas condiciones de carga. Además, se analiza también, las pendientes máximas que podrá superar, el microbús repotenciado, para las condiciones de carga más representativas del transporte público urbano de pasajeros en Lima Metropolitana.

Cuadro No.4.3 CARACTERISTICAS DE TRACCION
MICROBUS REPOTENCIADO

MARCHA	V_a km/hr	F_t kg	R_a kg	F_l kg
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	1305	0.17	1305
	5.0	1770	0.46	1769
	7.5	1796	1.04	1795
	10.0	1650	1.85	1648
	12.3	1460	2.80	1457
SEGUNDA VELOCIDAD	12.3	885	2.80	882
	15.0	883	4.17	879
	17.5	843	5.67	837
	20.0	809	7.41	802
	22.5	762	9.37	753
	25.5	705	12.04	693
TERCERA VELOCIDAD	25.5	483	12.0	471
	30.0	467	16.7	450
	35.0	449	22.7	426
	40.0	426	29.6	396
	45.0	394	37.5	356
	46.5	386	40.0	346
CUARTA VELOCIDAD	46.5	290	40.0	250
	50.0	285	46.3	239
	55.0	277	56.0	221
	60.0	269	66.7	202
	65.0	261	78.2	183
	70.0	251	90.4	160
	78.7	232	114.7	117



20 0.15 0.10 0.05 0 10 30 50 70 90 110 0.2 0.4 0.6 0.8

F_v (kg)
 F_1
 2400
 2000
 1600
 1200
 800
 400

I VELOCIDAD
 II VELOCIDAD
 III VELOCIDAD
 IV VELOCIDAD

F_v
 F_1
 F_v - Fzsa. Traction
 F_1 - Fzsa. Libre
 - Factor Carga

V_e (km/hr)

1.25
 1.30
 1.35
 1.40
 1.45
 1.50

1. f. Reducido de Resist. Camino
 2. frico No 4.3 - DIAGRAMA UNIVERSAL DE TRACCION - MOTOR DIESEL FERRENS 4.236 V

Tabla No. 4.4 - CARACTERISTICA DINAMICA DEL VEHICULO

MARCHA	V_a km/hr	F_1 kg	D^+ s/u
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	1305	0.421
	5.0	1769	0.571
	7.5	1795	0.579
	10.0	1648	0.532
	12.3	1457	0.470
SEGUNDA VELOCIDAD	12.3	882	0.285
	15.0	879	0.284
	17.5	837	0.270
	20.0	802	0.259
	22.5	753	0.243
	25.5	693	0.224
TERCERA VELOCIDAD	25.5	471	0.152
	30.0	450	0.145
	35.0	426	0.137
	40.0	396	0.128
	45.0	356	0.115
	46.5	346	0.112
CUARTA VELOCIDAD	46.5	250	0.081
	50.0	239	0.077
	55.0	221	0.071
	60.0	202	0.065
	65.0	183	0.059
	70.0	160	0.052
	78.7	117	0.038

(ver gráfico No. 4.4)

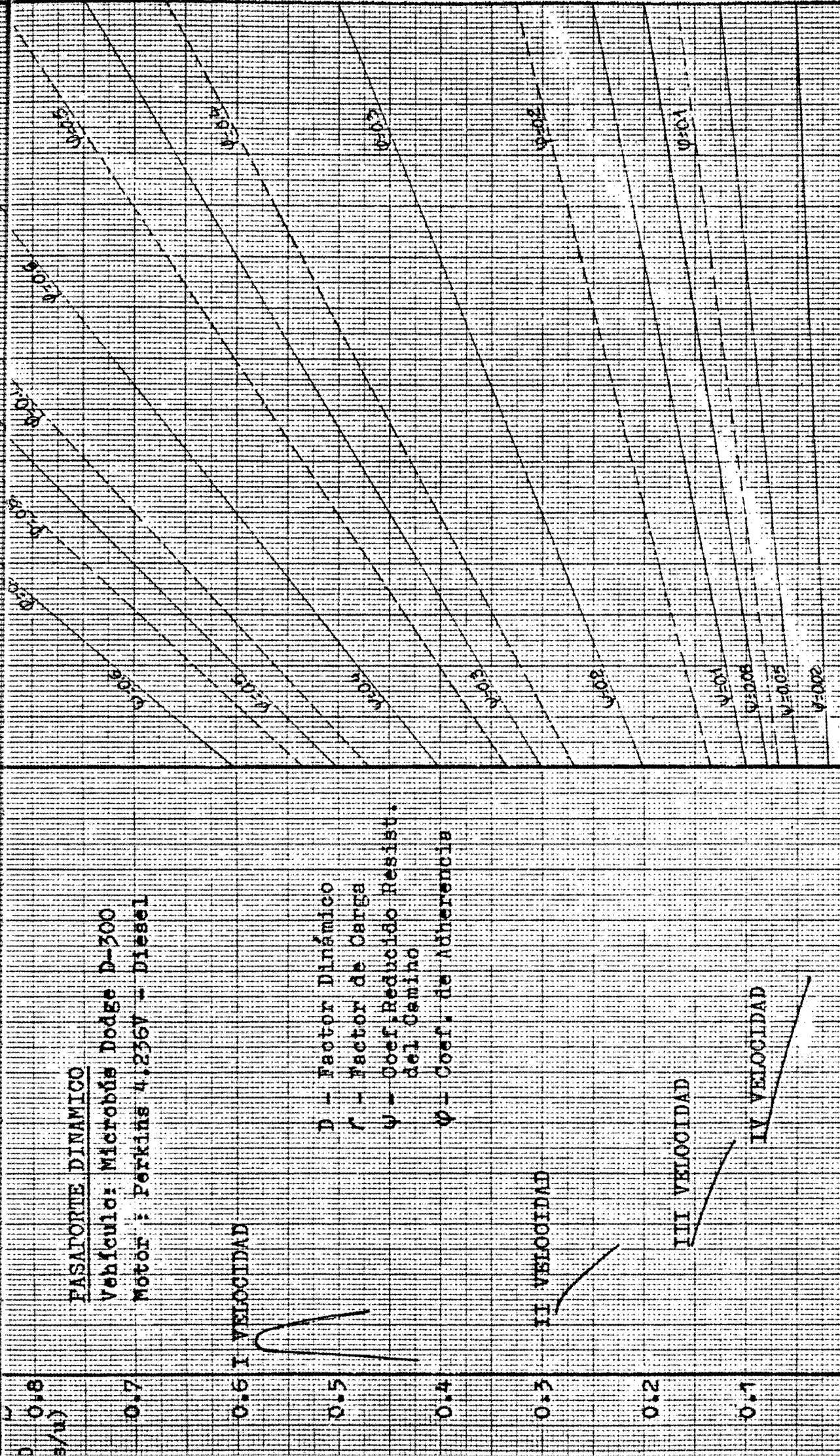
+ Factor dinámico evaluado considerando peso vehicular mínimo 3100 kg (s/psj)

PASAPORTE DINAMICO

Vehículo: Microbús Dodge D-300

Motor: Perkins 4.236V - Diesel

- D - Factor Dinámico
- r - Factor de Carga
- ψ - Coef. Reducido Resist. del Camino
- ϕ - Coef. de Adherencia



V (km/hr)

0 20 40 60 80 100

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8

27

1.5 2.0

FACTOR DE CARGA

0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.65 0.7 0.75 0.8 0.85 0.9 0.95 1.0

4.3.1. Análisis de las Características Dinámicas del Vehículo Repotenciado.

Del gráfico No. 4.4, Pasaporte Dinámico del Vehículo, tenemos:

- 1.- Velocidades máximas del vehículo para distintas condiciones de marcha:

Cuadro No. 4.5. VELOCIDADES MAXIMAS (Vehículo Repotenciado)

ψ	$V_{a \text{ max}}$ (km/hr)			
	S/ PSJ	22 PSJ	44 PSJ	55 PSJ
0.02	78.7	78.7	77.0	74.0
0.05	70.0	52.0	46.5	46.0
0.10	46.5	27.0	25.5	25.5
0.20	25.5	12.3	12.3	12.3
0.30	12.3	12.3	-	-

- 2.- Máximas pendientes que puede vencer el vehículo a velocidad constante:

$$D_{\text{max}} = \psi_{\text{max}} = i_{\text{max}} + f_r$$

$$i_{\text{max}} = D_{\text{max}} - f_r$$

Cuadro No. 4.6. PENDIENTES MAXIMAS (Vehículo Repotenciado)

MARCHA	i (%)			
	S/ PSJ	22 PSJ	44 PSJ	55 PSJ
I	56.1	36.8	27.2	23.9
II	26.7	17.2	12.5	10.9
III	13.3	8.2	5.8	4.9
IV	5.9	3.2	1.9	1.4

4.4 SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO

Al igual que en el capítulo anterior, para el microbús con motor a gasolina; evaluaremos la capacidad del microbús repotenciado. También, evaluaremos el tiempo y el recorrido durante el proceso de aceleración.

Para una mejor comparación, de la variación de la susceptibilidad del microbús con el reponteciamiento, en los siguientes gráficos se mostrarán simultaneamente las curvas de susceptibilidad del microbús antes y después del repotenciamiento.

4.4.1 CURVA DE ACELERACIONES DEL VEHICULO REPOTENCIADO

Construiremos las Curvas de Aceleraciones del microbús antes y después del repotenciamiento, para las siguientes condiciones explotacionales :

	<u>Carga</u>	<u>Pendiente</u>
Gráfico No.4.5	sín psj	0 %
Gráfico No. 4.6	22	0
Gráfico No.4.7	44	0
Gráfico No.4.8	44	3

Estos gráficos son obtenidos de las evaluaciones tabuladas en el cuadro No.4.7, mostrada a continuación.

Cuadro No.4.7 CURVA DE ACELERACIONES
MICROBUS REPOTENCIADO

MARCHA	v_a km/hr	22 psj s/pend.		44 psj s/pend.		44 psj 3% pend.	
		D s/u	j_a m/s ²	D s/u	j_a m/s ²	D s/u	j_a m/s ²
PRIMERA VELOCIDAD	3.0	0.28	0.96	0.21	0.70	0.21	0.59
	5.0	0.38	1.32	0.29	0.97	0.29	0.86
	7.5	0.39	1.34	0.29	0.99	0.29	0.88
	10.0	0.36	1.23	0.27	0.90	0.27	0.79
	12.3	0.31	1.07	0.24	0.79	0.24	0.68
SEGUNDA VELOCIDAD	12.3	0.19	1.17	0.14	0.85	0.14	0.64
	15.0	0.19	1.17	0.14	0.84	0.14	0.63
	17.5	0.18	1.11	0.13	0.79	0.13	0.59
	20.0	0.17	1.06	0.13	0.76	0.13	0.55
	22.5	0.16	0.98	0.12	0.70	0.12	0.50
	25.5	0.15	0.89	0.11	0.64	0.11	0.43
TERCERA VELOCIDAD	25.5	0.10	0.69	0.08	0.48	0.08	0.22
	30.0	0.10	0.66	0.07	0.45	0.07	0.20
	35.0	0.09	0.61	0.07	0.42	0.07	0.16
	40.0	0.08	0.55	0.06	0.38	0.06	0.12
	45.0	0.08	0.49	0.06	0.32	0.06	0.07
	46.5	0.07	0.47	0.05	0.31	0.05	0.05
CUARTA VELOCIDAD	46.5	0.05	0.31	0.04	0.19	0.04	-
	50.0	0.05	0.28	0.04	0.17	0.04	-
	55.0	0.05	0.25	0.04	0.15	0.04	-
	60.0	0.04	0.21	0.03	0.12	0.03	-
	70.0	0.03	0.14	0.02	0.05	0.02	-
	78.7	0.02	0.05	0.02	-	0.02	-

CAPACIDAD DE ACCELERACION

Vehículo: Microbús Dodge D-500

— MOTOR GASOLINERO
 - - - MOTOR DIESEL
 Carga: Sin Pasajeros
 Pendiente: 0%

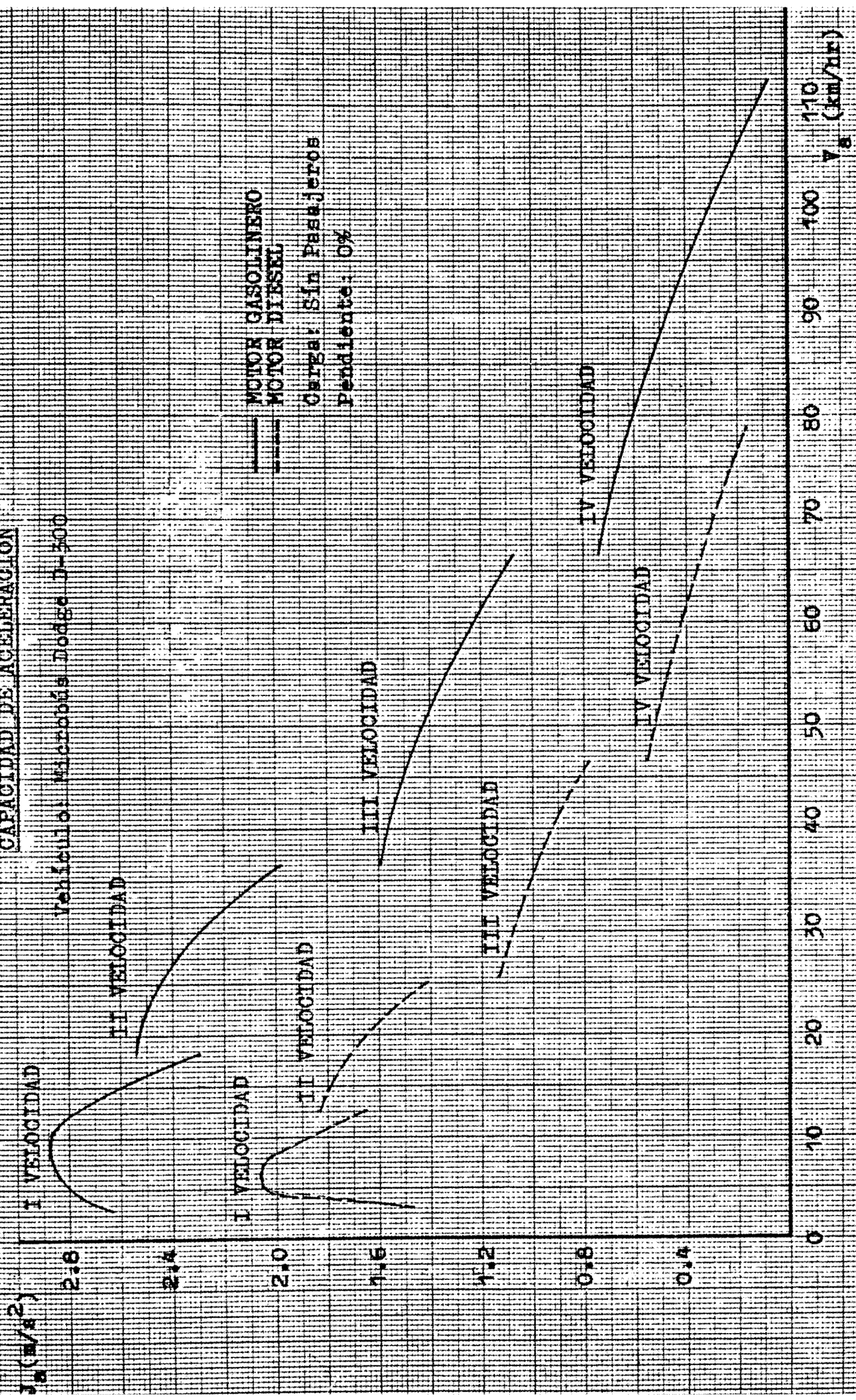


GRÁFICO No. 4.5 - CURVA DE ACCELERACIONES PARA $\gamma = 1.0$, $\mu = 0.02$

CAPACIDAD DE LA ACCELERACION

Vehículo: Microbús Dodge D-300

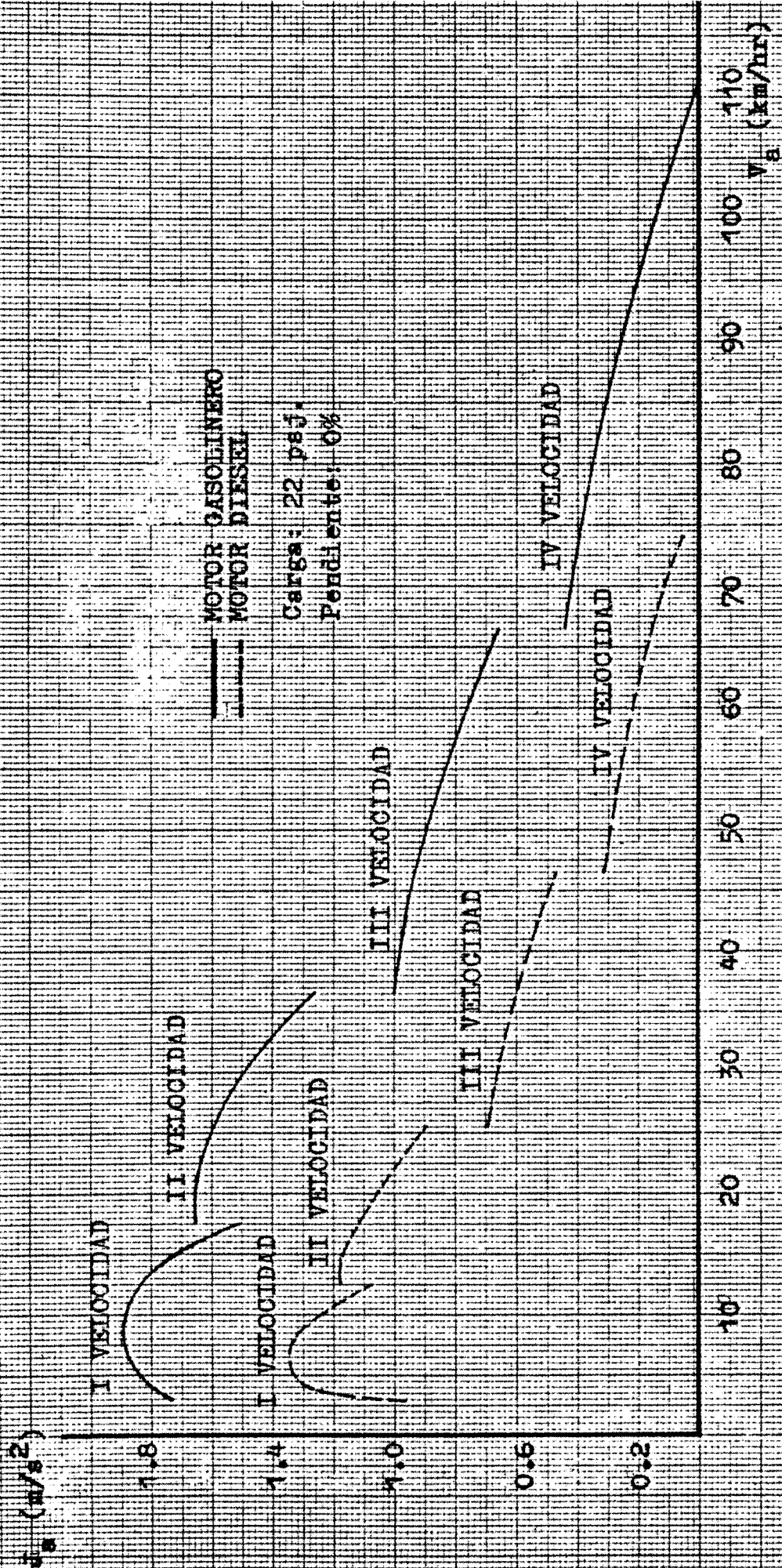


Gráfico No 4.6 - CURVA DE ACCELERACIONES PARA $\gamma = 1.5$, $\psi = 0.02$

CAPACIDAD DE ACCELERACION

Vehículo: Microbús Dodge D-300

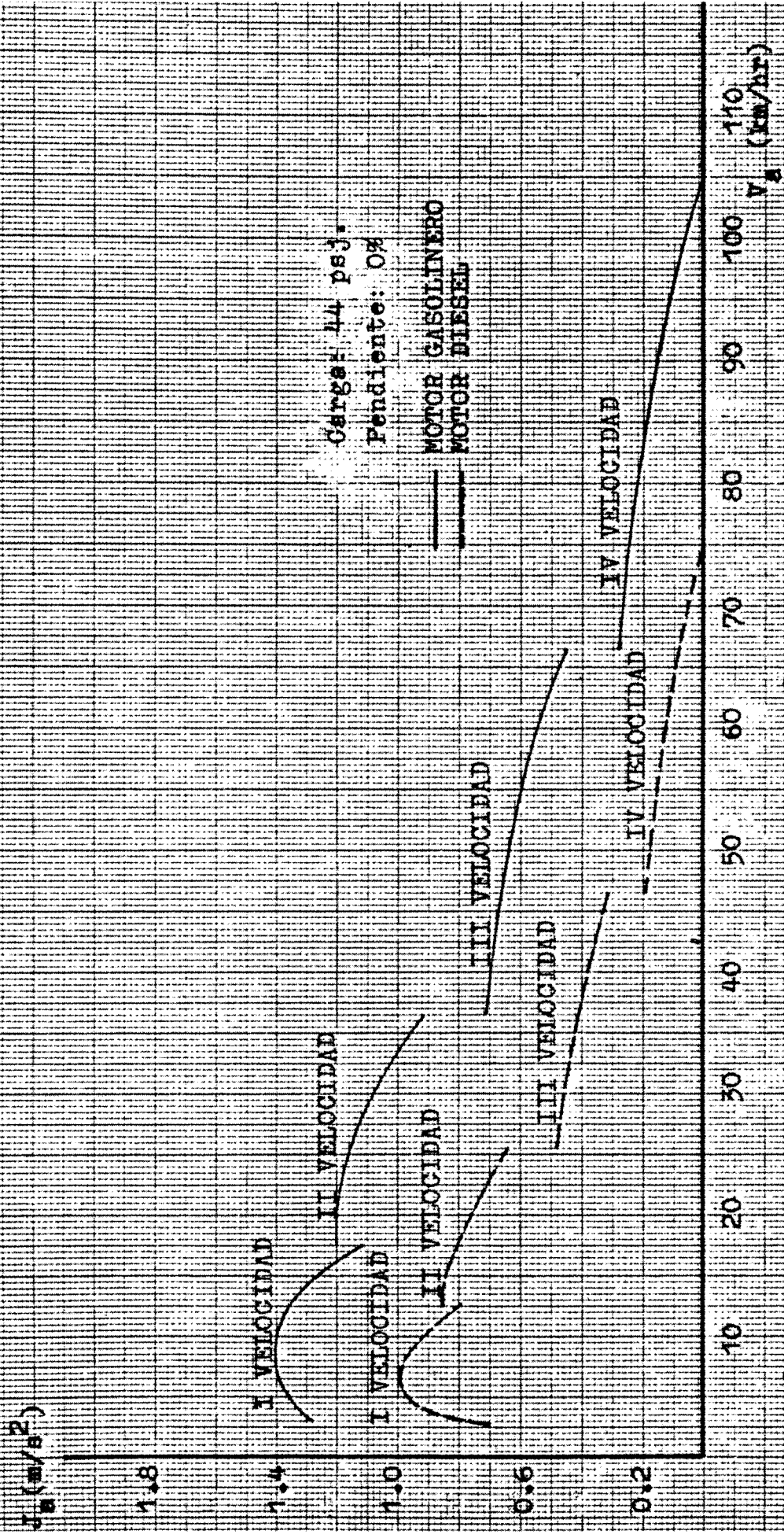


Gráfico No 4-7 - CURVA DE ACCELERACIONES PARA $r = 2.0$; $\gamma = 0.02$

CAPACIDAD DE ACELERACION

Vehículo = Microbús Dodge D-300

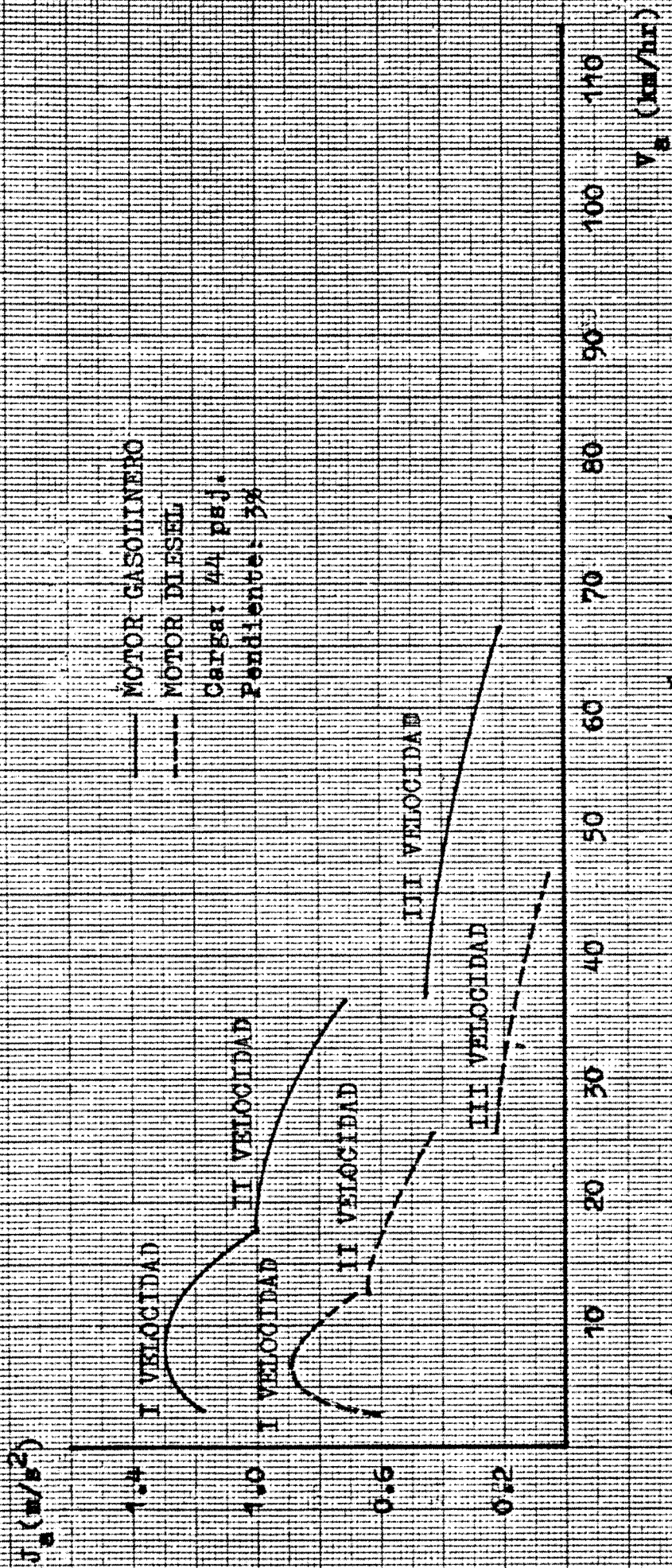


Gráfico No. 4.8 - CURVA DE ACELERACIONES PARA $r = 2.0$, $\gamma = 0.05$

4.4.2 Durabilidad y Recorrido Durante el Proceso de Aceleración: Tabla No. 4.8

Cuadro No.4.8 TIEMPOS Y DISTANCIAS DURANTE EL PROCESO DE ACELERACION - MICROBUS REPOTENCIADO

V _a KPH	22 PSJ		44 PSJ			
	$\psi = 0.020$		$\psi = 0.020$		$\psi = 0.050$	
	t seg	S mts	t seg	S mts	t seg	S mts
5.0	0.49	0.54	0.66	0.73	0.76	0.84
7.5	1.01	1.44	1.37	1.96	1.56	2.23
10.0	1.55	2.75	2.10	3.73	2.39	4.25
12.3+	2.08	4.39	2.83	5.99	3.25	6.91
15.0	4.72	13.65	5.71	16.16	6.39	18.06
17.5	5.33	16.40	6.56	20.00	7.53	23.21
20.0	5.97	19.73	7.45	24.64	8.75	29.56
22.5	6.65	23.74	8.40	30.25	10.06	37.29
25.5+	7.54	29.67	9.64	38.52	11.83	49.09
30.0	11.38	58.02	14.30	73.19	19.78	109.12
35.0	13.58	77.88	17.46	101.72	27.50	178.81
40.0	15.97	102.78	20.93	137.87	37.42	282.14
46.5+	19.73	147.95	26.09	199.86	57.48	523.14
50.0	23.97	217.21	33.49	298.07	-	
55.0	28.11	292.17	42.17	424.65		
60.0	34.15	388.64	52.09	583.09		
65.0	41.46	515.55	64.72	802.36		
70.0	50.14	678.30	84.56	1174.36		
78.7	74.31	1177.48	165.12	2838.15		

+ Considerando el tiempo y espacio durante los cambios (ver gráficos Nos. 4.9 a 4.14)

1968

Microbús Dodge D-300
Carga: 22psf
Pendiente: 0%

- I - 1ra. Velocidad
- II - 2da. Velocidad
- III - 3ra. Velocidad
- IV - 4ta. Velocidad

— MOTOR GASOLINERO
 - - - MOTOR DIESEL

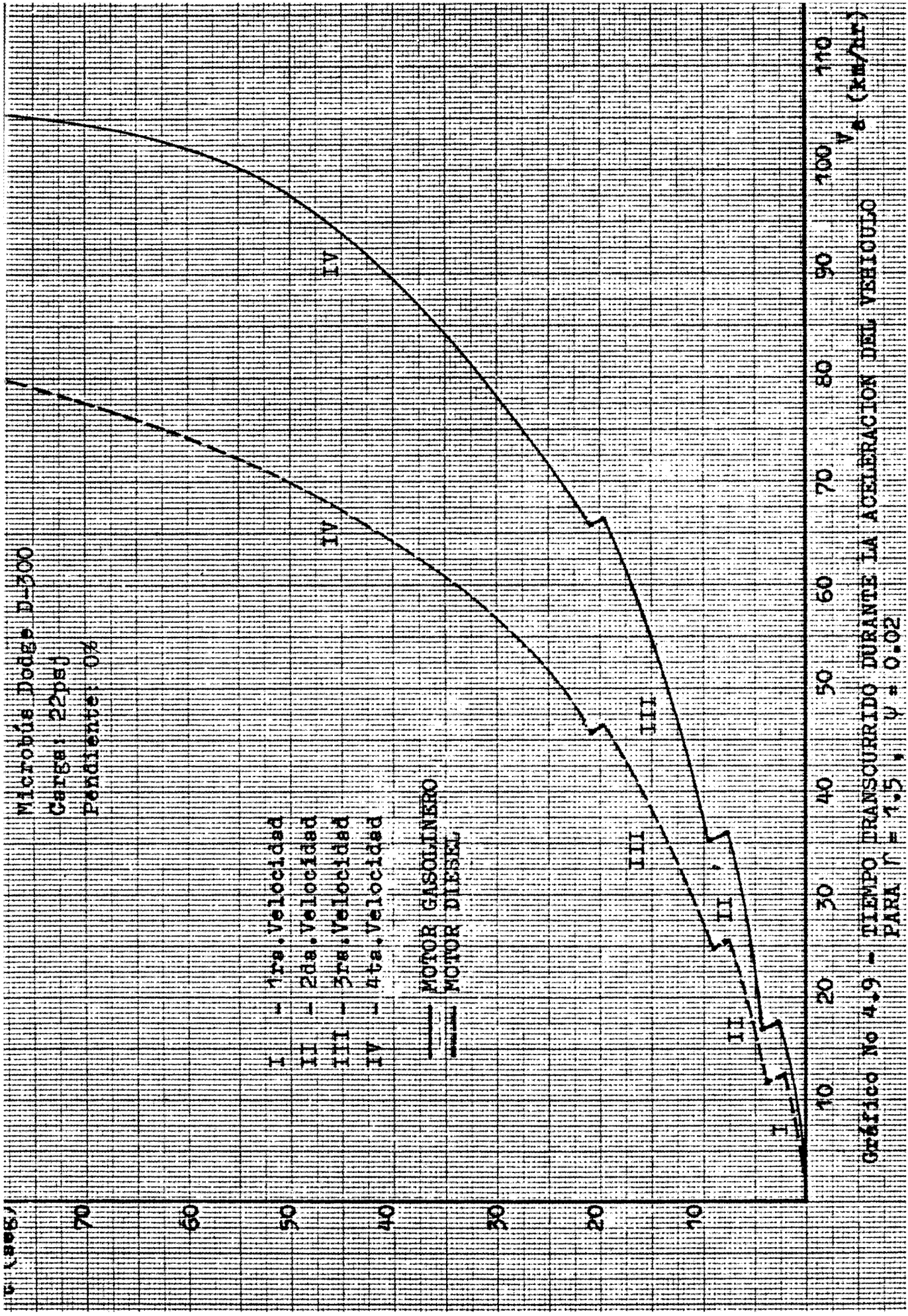


Gráfico No 4.9 - TIEMPO TRANSCURRIDO DURANTE LA ACELERACION DEL VEHICULO PARA $\Gamma = 1.5$, $\gamma = 0.02$

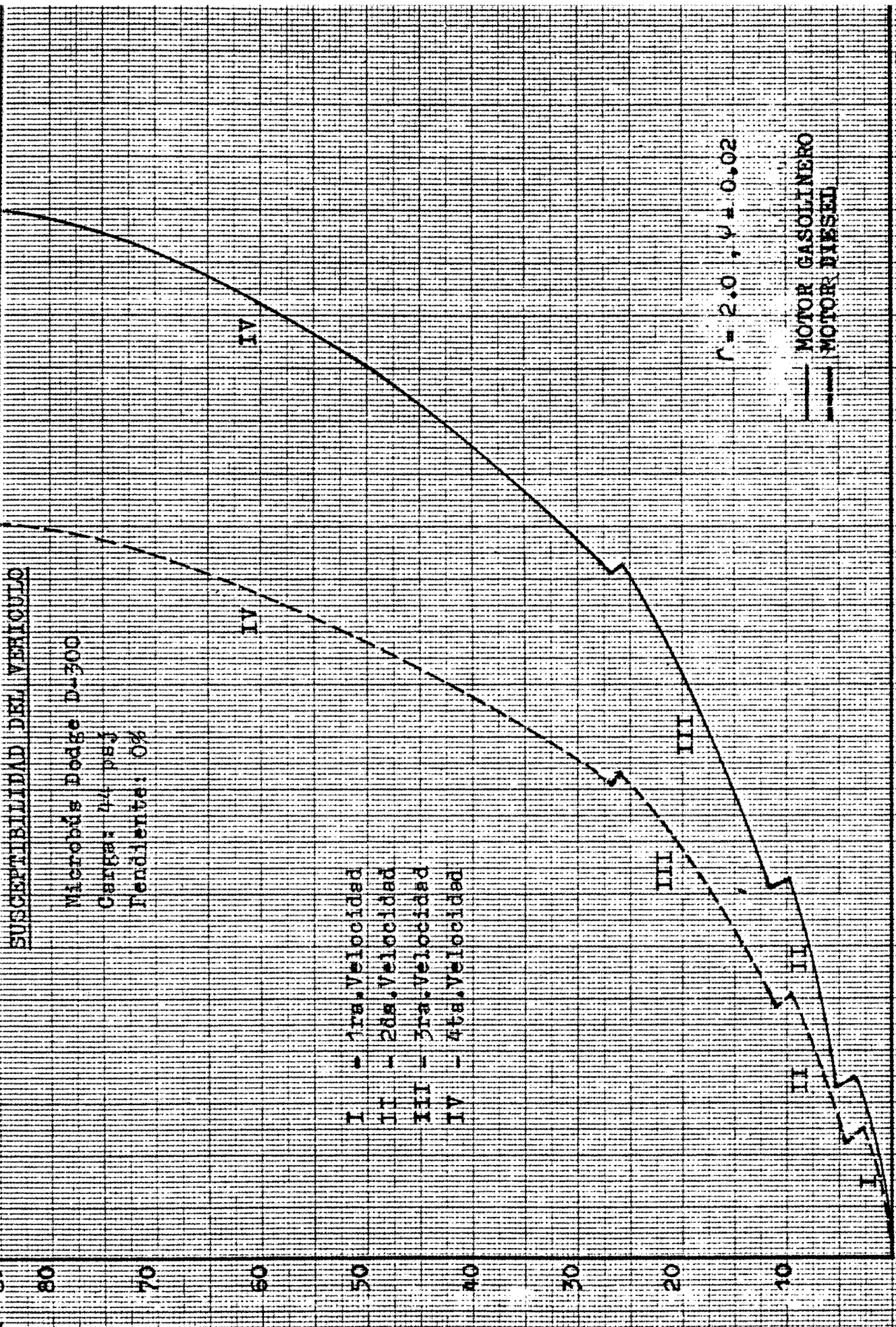
SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO

Microbús Dodge D-300

Carga: 24 pasaj

Pendiente: 0%

- I - 1ra. Velocidad
- II - 2da. Velocidad
- III - 3ra. Velocidad
- IV - 4ta. Velocidad



$r = 2.0, v = 0.02$

— MOTOR GASOLINERO
 - - - MOTOR DIESEL

Gráfico No. 4.10 - TIEMPO TRANSCURRIDO DURANTE LA ACELERACION DEL VEHICULO

SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO

Microbús Dodge D-300

Carga : 44 psj

Pendientes: 3%

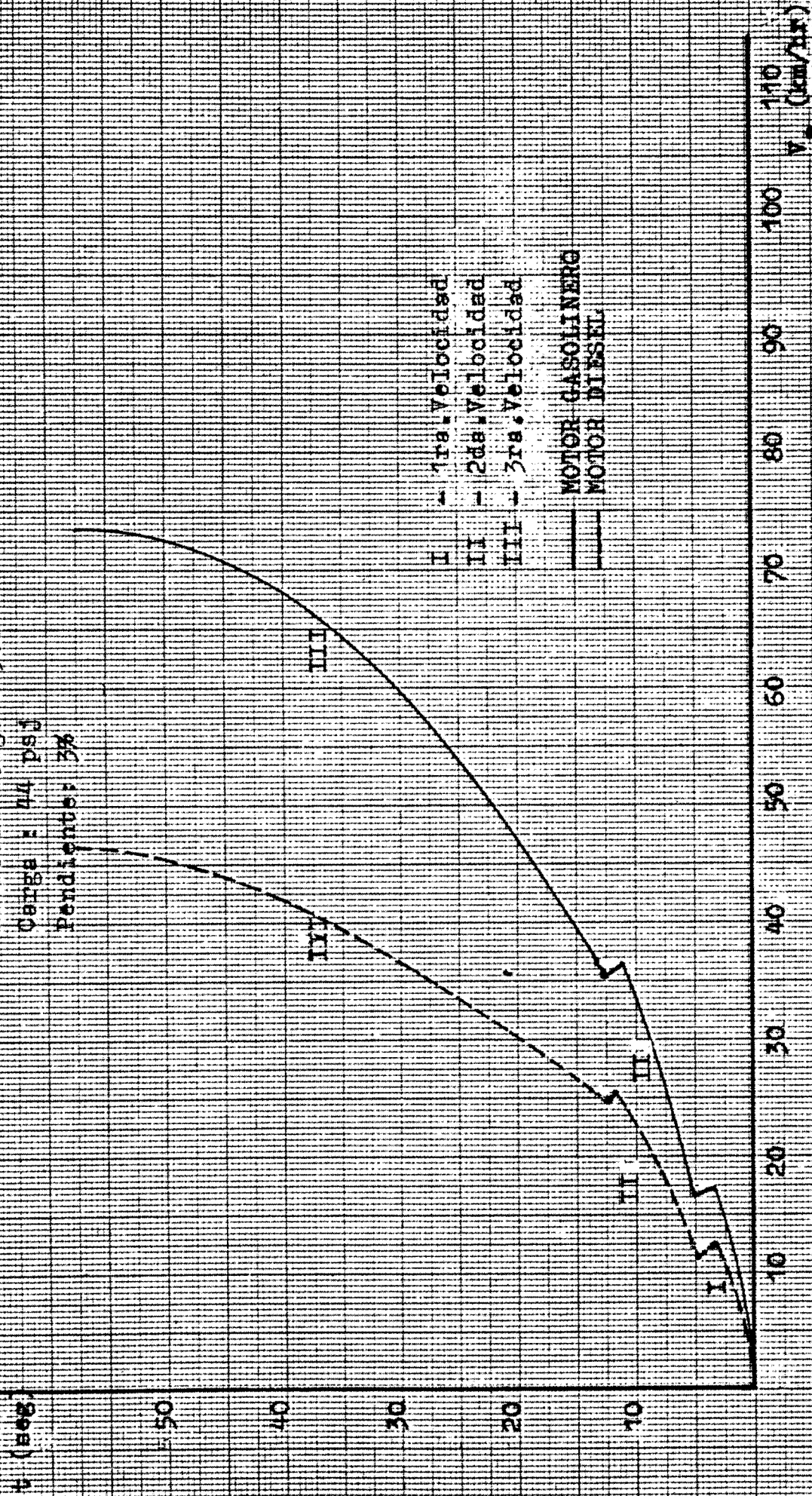


Gráfico No 4.17 - TIEMPO TRANSCURRIDO DURANTE LA ACELERACION DEL VEHICULO PARA : $\gamma = 2.0$, $\psi = 0.05$

SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO

Microbús Dodge D-300
 Carga = 22 psj
 Pendiente: 0%

- I - 1ra. Velocidad
- II - 2da. Velocidad
- III - 3ra. Velocidad
- IV - 4ta. Velocidad

— MOTOR GASOLINERO
 - - - MOTOR DIESEL

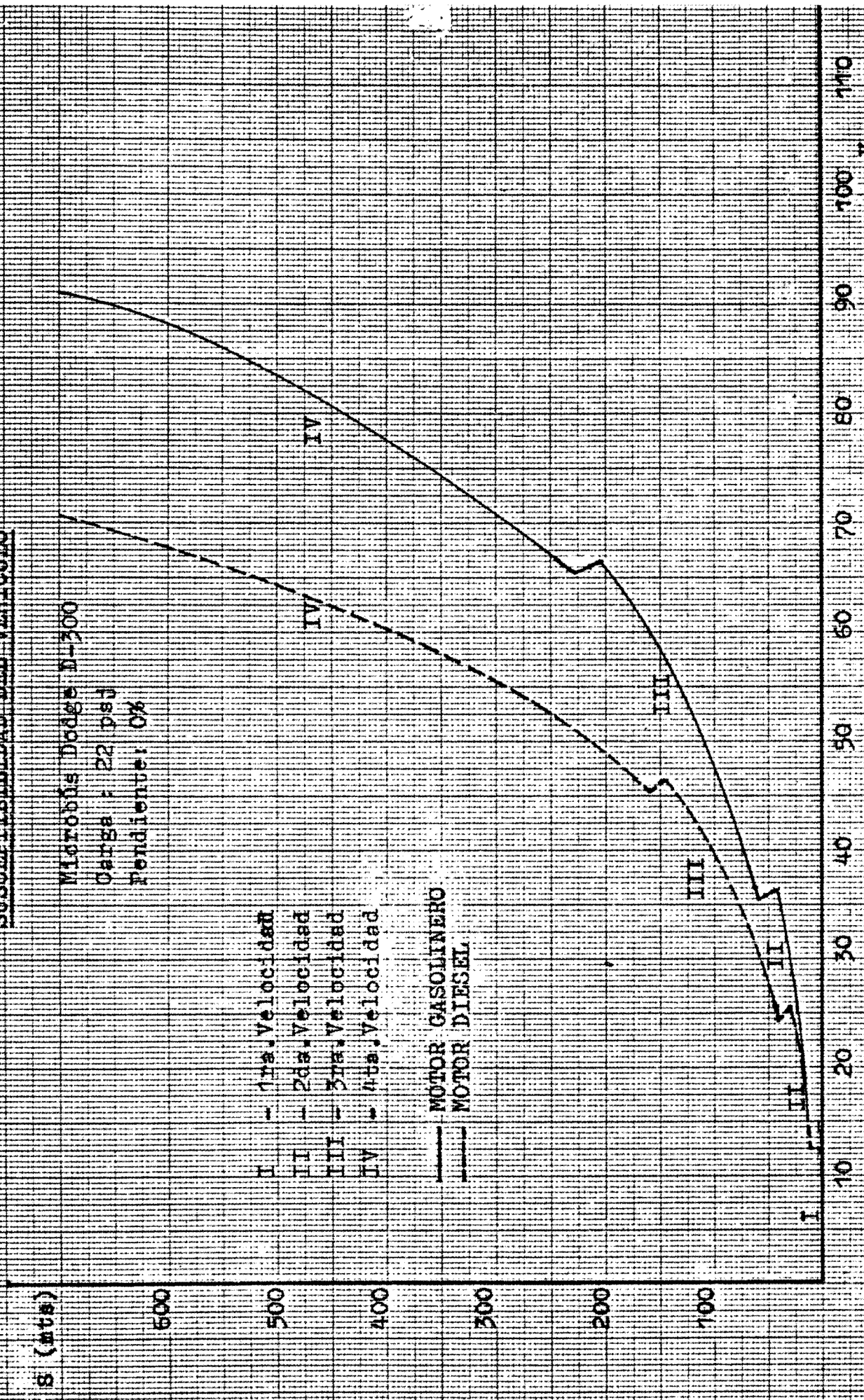


Gráfico No 4.12 - ESPACIO RECORRIDO DURANTE LA ACELERACION DEL VEHICULO
 PARA: $r = 1.5$ $\omega = 0.02$

PARA : $r = 2.0$, $\psi = 0.02$

Susceptibilidad del Vehículo

Microbús Dodge D-300

Carga : 44 pasj

Pendientes 0%

- I - 1ra. Velocidad
- II - 2da. Velocidad
- III - 3ra. Velocidad
- IV - 4ta. Velocidad

Gráfico No. 4.13

$r = 2.0$, $\psi = 0.02$

— MOTOR GASOLINERO
- - - MOTOR DIESEL

S (mts)

700

600

500

400

300

200

100

V_s (km/hr)

110

100

90

80

70

60

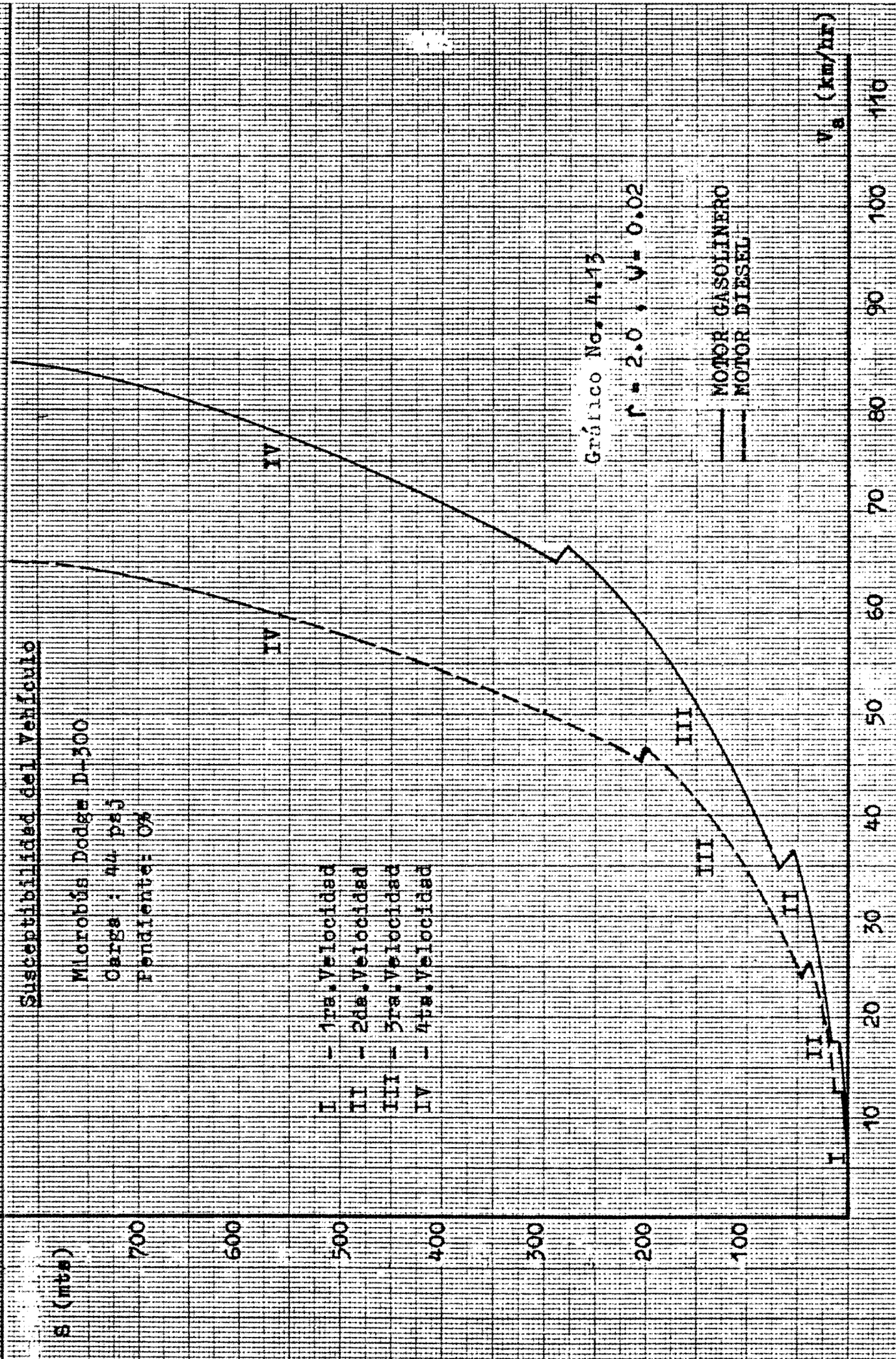
50

40

30

20

10



SUSCEPTIBILIDAD DEL VEHICULO

Microbús Dodge D-300

Carga : 44 pasaj

Pendiente: 3%

S (mm)

500

400

300

200

100



I - 1ra. Velocidad

II - 2da. Velocidad

III - 3ra. Velocidad

— MOTOR GASOLINERO

- - - MOTOR DIESEL

V (km/hr)

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

Gráfico No. 4.14 - ESPACIO RECORRIDO DURANTE LA ACCELERACION DEL VEHICULO

PARA $r = 2.0$ y $\gamma = 0.05$

4.5. PARALELO ENTRE CARACTERISTICAS DINAMICAS DE LOS VEHICULOS DIESEL Y GASOLINERO

De las evaluaciones realizadas en el tercer y cuarto capítulos, resumiremos en forma comparativa los valores más importantes, con la finalidad de destacar las principales diferencias entre el vehículo con motor gasolinero y diesel respectivamente.

MD - Motor Diesel Perkins 4.236 V

MG - Motor Gasolinero V 8,318

1.- Velocidades máximas del vehículo:

Cusdro No. 4.9. VELOCIDADES MAXIMAS (Paralelo)

ψ	V_a max (km/hr)							
	S/ PSJ		22 PSJ		44 PSJ		55 PSJ	
	MD	MG	MD	MG	MD	MG	MD	MG
0.02	78.7	112.4	78.7	112.0	77.0	107.0	74.0	105.0
0.05	70.0	102.0	52.0	88.0	46.5	70.0	46.0	66.5
0.10	46.5	70.0	27.0	65.0	25.5	43.0	25.5	36.4
0.20	25.5	43.0	12.3	36.4	12.3	17.6	12.3	17.6
0.30	12.3	36.4	12.3	17.6	-	17.6	-	16.5

2.- Pendientes máximas que puede vencer el vehículo a - velocidad constante.

Cuadro No. 4.10. PENDIENTES MAXIMAS (Paralelo)

MARCHA	i_{max} (%)							
	S/ PSJ		22 PSJ		44 PSJ		55 PSJ	
	MD	MG	MD	MG	MD	MG	MD	MG
I	56.1	78.7	36.8	51.9	27.2	38.5	23.9	34.0
II	26.7	37.0	17.2	24.1	12.5	17.6	10.9	15.4
III	13.3	18.6	8.2	11.8	5.8	8.4	4.9	7.2
IV	5.9	8.0	3.2	4.6	1.9	2.9	1.4	2.3

3.- Tiempos transcurridos para alcanzar determinadas Velocidades:

Cuadro No. 4.11. TIEMPOS TRANSCURRIDOS PARA EL ARRANQUE

V_a KPH	S/ Pendiente				3% Pendiente	
	22 PSJ		44 PSJ		44 PSJ	
	MD	MG	MD	MG	MD	MG
15.0	4.7	1.8	5.7	2.5	6.4	2.7
30.0	11.4	6.4	14.3	8.0	19.8	9.0
40.0	16.0	10.7	20.9	13.2	37.4	15.5
50.0	28.1	15.2	33.5	17.4	-	22.2
60.0	34.2	17.0	52.1	22.1	-	30.5
70.0	50.1	23.8	80.6	31.3	-	-

4.- Espacios recorridos para alcanzar determinadas Velocidades:

Cuadro No. 4.12. ESPACIOS RECORRIDOS PARA EL ARRANQUE

V _a KPH	S/ Pendiente				3% Pendiente	
	22 PSJ		44 PSJ		44 PSJ	
	MD	MG	MD	MG	MD	MG
15.0	13.7	4.6	16.2	6.1	18.1	6.7
30.0	58.0	30.7	73.2	38.4	109.1	43.7
40.0	102.8	90.4	137.9	90.2	282.1	108.2
50.0	217.2	133.4	298.1	143.5	-	192.1
60.0	388.7	161.2	583.1	214.7	-	219.9
70.0	678.3	285.6	1174.2	383.3	-	-

5.- Tiempos transcurridos para cubrir un rango de Velocidades:

Cuadro No. 4.13. TIEMPOS DE ACELERACION PARA CUBRIR UN RANGO DE VELOCIDADES DETERMINADO

RANGOV _a KPH	S/ Pendiente				3% Pendiente	
	22 PSJ		44 PSJ		44 PSJ	
	MD	MG	MD	MG	MD	MG
30-40	4.6	4.3	6.6	5.2	17.6	6.5
30-50	16.7	8.8	19.2	9.4	-	13.2
30-60	22.8	10.6	37.8	14.1	-	21.5
30-70	38.7	17.4	66.3	23.3	-	-

6.- Coeficientes Reducidos de Resistencia del Camino y Pendientes Máximas, posibles de superar, a una Velocidad mínima de 30 km/hr, para distintas condicio -

nes de carga:

Cuadro No. 4.14. PENDIENTES MAXIMAS ($V_s \text{ min} = 30\text{km/hr}$)

CARGA	DIESEL		GASOLINERO	
	Ψ_{max}	i_{max} %	Ψ_{max}	i_{max} %
s/psj	0.145	12.7	0.350	33.2
22	0.097	7.9	0.267	24.9
38	0.078	6.0	0.189	17.1
44	0.073	5.5	0.175	15.7
55	0.065	4.7	0.156	13.8
66	0.058	4.0	0.120	10.2

4.6. PRUEBAS DE VELOCIDAD Y ACELERACION REALIZADAS

Vehículo : Microbús Dodge D-300
 Carrocería : Moraveco
 Carga : 22 pasajeros, aprox. 4650 kg
 Lugar : Autopista a Ventanilla
 Tipo Vía : Asfaltado, pista seca
 Pendiente : 3% promedio
 Temperatura amb. : 18° C
 Motor Diesel : 4.236 V
 Motor Gasolinero : V8.318

Las mediciones realizadas en las pruebas de velocidad y aceleración se muestran en los cuadros Nos. 4.15 y 4.16.

Para una comparación de resultados se dan también, en los mismos cuadros, los valores teóricos obtenidos mediante los gráficos desarrollados a partir de la Ecuación del Balance de Tracción.

Cuadro No. 4.15. TIEMPO ACELERACION MOTOR DIESEL

RANGO VELOCIDADES km/hr	TIEMPO TEORICO seg	TIEMPO REAL seg
0 a 15	4.7	4.0
0 a 30	11.4	11.0
0 a 50	28.1	26.0
0 a 70	50.1	47.0

Cuadro No. 4.16. TIEMPO Y VELOCIDADES COMPARATIVO

RANGO VELOCIDADES km/hr	VEHICULO GASOLINERO		VEHICULO DIESEL	
	TIEMPO TEORICO seg	TIEMPO REAL seg	TIEMPO TEORICO seg	TIEMPO REAL seg
30 a 40	4.3	6.0	4.6	6.0
30 a 50	8.8	11.0	16.7	14.0
30 a 60	10.6	12.0	22.8	24.0
30 a 70	17.4	18.0	38.7	36.0

Como se puede apreciar en los cuadros precedentes, - los valores obtenidos de tiempos y velocidades, evaluados teóricamente mediante la solución gráfica de la ecuación del balance de tracción y las medidas obtenidas experimentalmente en las pruebas efectuadas en la auto-

pista a Ventanilla, son bastante aproximados.

Las máximas diferencias encontradas, entre los resultados teóricos y reales son de 2 a 3 seg. Estas diferencias son más significativas a bajas velocidades del vehículo, debido a que representan un mayor porcentaje del valor total evaluado.

Si tenemos en cuenta: la dificultad en la precisión de las mediciones experimentales y el bajo porcentaje de error existente entre ambos resultados; podemos considerar satisfactorios los valores obtenidos, tanto teórica como experimentalmente.

4.7. CONSIDERACIONES FINALES DEL REPOBENCIAMIENTO

Cuadro No. 4.17. VELOCIDADES Y PENDIENTES MAXIMAS
(Vehículo totalmente cargado)

	44 PSJ +		55 PSJ ++	
	MG	MD	MG	MD
Velocidad Max. KPH				
-Vía horizontal	107.0	77.0	105.0	74.0
-Vía 3% Pend.	70.0	46.5	66.5	46.0
Pendiente Max. %	38.5	27.2	34.0	23.9

+ Vehículo de dimensiones originales, repleto de pasajeros

++Vehículo con carrocería alargada, repleto de pasajeros.

Finalmente, en el cuadro No.4.17., destacamos los valores más notables, de las características dinámicas del vehículo con motores diesel y gasolinero, en su capaci-

dad máxima de carga; es decir, 44 pasajeros para los vehículos con carrocerías de dimensiones originales y 55 pasajeros para los vehículos con carrocerías alargadas, según lo descrito en el primer capítulo.

Del cuadro No. 4.17 observamos, que las velocidades máximas del vehículo repleto de pasajeros con el motor diesel son menores que con el motor gasolinero. Sin embargo, éstas resultan aceptables, aún para las condiciones de servicio más desfavorables del vehículo.

Los microbuses de transporte público están limitados por las velocidades máximas fijadas por el Reglamento General de Tránsito. Para las zonas urbanas son las siguientes: (Ref. No. 16)

Zonas Comerciales	35 km/hr
Zonas Residenciales	55 km/hr
Zonas Escolares	30 km/hr

El Reglamento General de Tránsito, establece también, que los vehículos deben contar con un poder motriz que les permita movilizarlos con todo su cargamento a una velocidad mínima de 30 km/hr., subiendo una cuesta de 6% de gradiente.

Según la tabla No. 4.14., el vehículo gasolinero cumple holgadamente este requisito, pues para una gradiente de 6% desarrolla hasta 62 km/hr.; mientras que el vehículo con motor diesel a plena carga (44psj) está ligeramente por debajo, ya que a 30 km/hr puede subir una pendiente máxima de 5.5%. Para cumplir plenamente este requisi-

to, el vehículo con motor diesel deberá llevar una carga máxima de 38 pasajeros.

De las evaluaciones realizadas, podemos concluir que las velocidades y pendientes máximas alcanzadas por el - vehículo con motor diesel son suficientes, para distintas condiciones de carga, aún para los vehículos con ca rrocería alargada. Resultando excesivas las características dinámicas proporcionadas por el motor gasolinero.

CAPITULO V

MONTAJE DEL MOTOR DIESEL

C A P I T U L O V

MONTAJE DEL MOTOR DIESEL

En este capítulo evaluaremos el espacio disponible en el recinto de motor del vehículo, la ubicación y forma - de los soportes del motor, las modificaciones necesarias en los sistemas auxiliares y la verificación de los sistemas de admisión, escape y refrigeración.

5.1. DIMENSIONES PRINCIPALES PARA EL MONTAJE

En el cuadro No. 5.1. se dan las dimensiones del espacio disponible en el recinto motor del vehículo con carrocería Moraveco M-20. Simultáneamente se muestran también las respectivas dimensiones del motor diesel.

Cuadro No. 5.1. DIMENSIONES RECINTO MOTOR-MOTOR DIESEL

	<u>RECINTO MOTOR</u> <u>DODGE D-300M-20</u>	<u>MOTOR DIESEL</u> <u>PERKINS4.236V</u>
Altura Máxima:		
- Bastidor a Tapa Capot	950 mm	780 mm
- Sobre soportes motor	711	544
Ancho Máximo	1200	574
Ancho Carter	760	270
Largo Máximo:		
- Ventilador a Acople Transmisión	915	885
- Soporte a Acople Transmisión	879	844

De las comparaciones de las dimensiones dadas en el cuadro No. 5.1 , se observa que el nuevo motor encaja perfectamente dentro del espacio destinado para su instalación.

5.2. DETALLES GENERALES DE LA INSTALACION

La instalación en general no ofrece ninguna dificultad especial, pues el motor cabe holgadamente en su compartimiento, sin necesidad de modificar la carrocería ni reubicar los elementos de la estructura del chasis.

El motor es instalado con una inclinación de 3.5° con respecto a la horizontal. El cubrevolante que sirve de apoyo posterior del motor en 2 puntos, se adapta correctamente al ángulo de 45° de conformación del puente del chasis. El acople del eje propulsor al cigueñal a través del cubrevolante es correcto.

Para fijar los soportes delanteros del nuevo motor fue necesario remover los apoyos del chasis 35 mm más hacia adelante.

VIBRACION

Para disminuir los niveles de vibración, que en los motores diesel es de mayor intensidad que el de los gasolinos, se reemplazaron los jebes de los soportes del motor por otros de igual diseño pero de jebe más suave. También, se aisló el soporte al piso del timón usando jebe de $1/8$ " de espesor.

FILTRO DE AIRE

Se trató de ubicar el filtro de aire lo más cercano - posible al frente del vehículo, donde la temperatura es más similar al ambiente exterior y cuidando tener suficiente espacio para mantenimiento.

El filtro de tipo baño de aceite vertical marca MANN, fue colocado al lado derecho del compartimiento del motor en la pared de la cabina, manteniendo la altura entre los conductos del filtro y el múltiple de admisión, conectando ambos a través de una manguera de jebe de 2 1/4" de diámetro interior.

Entre los soportes del filtro y la pared de la cabina se colocó una plancha de jebe de 3/16" de espesor, para reducir la vibración.

Los requerimientos de aire son mayores en el motor diesel que el motor a gasolina, por lo que fue necesario - instalar en el capot del vehículo una toma de aire, ya - que lo que ingresa por la máscara no es suficiente.

SISTEMA ELECTRICO

Debido a la necesidad de una mayor intensidad de corriente eléctrica principalmente para el arranque del motor diesel, se instaló una batería de fabricación nacional marca " RECORD" de 12 voltios y 130 amperios. Con la finalidad de tener un mayor espacio libre en el recinto del motor, se ubicó esta batería detrás del asiento del conductor y al lado izquierdo de la carrocería.

Algunos cables del sistema eléctrico original (gasolinero) fueron modificados y adecuados para la instalación del nuevo motor diesel. El switch de arranque se ubicó - en el panel de control de la cabina y se eliminó todo lo relacionado con el sistema de encendido del motor a gasolina.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El tanque de combustible ubicado detrás del asiento - del chofer, es el mismo del vehículo gasolinero y tiene una capacidad de 16 galones. Fue necesario modificar las trayectorias de las cañerías de inyectores, se instaló - usando tubo de plástico de 3/8"Ø que conecta a un tubo - "Bundy" de 1/4"Ø hasta la parte superior del tanque de - combustible a 90 mm sobre el nivel de la cañería de re- torno del inyector.

El motor está equipado con un sistema de dos filtros de combustible. El sistema de arranque contempla un - "Thermostart" normal y de alimentación a través de una - cañería y una válvula de un sólo sentido a la salida del filtro de combustible.

SISTEMA DE LUBRICACION

No existen problemas de restricción de espacio en lo que respecta al carter tipo "Front Well", la cual lleva el dipstick al lado derecho y el filtro de aceite al la- do izquierdo verticalmente.

El ángulo de inclinación del carter instalado respec

to a la horizontal es de 3.5° .

SISTEMA DE ESCAPE

Debido a las características de presión, temperatura y velocidad de los gases de escape, se mantienen tanto el tubo de escape de $2\ 1/2"$ \varnothing x 22 SWG como el silenciador del tipo de cámara de expansión simple original de $5"$ \varnothing x $34"$, continuando en sus posiciones originales a la derecha del chasis. Se recortó el extremo que conecta a la extensión del múltiple de escape.

SISTEMA DE VACIO

El motor está provisto de una bomba de vacío CLAYTON DEWANDRE como accesorio original del mismo. El sistema se compone además de un tanque de vacío de 244mm \varnothing x 260 mm , ubicado al lado izquierdo del chasis a una distancia de 270 mm desde el casquillo posterior del muelle delantero, debajo del asiento del chofer. En el extremo del tanque se instaló una válvula "Check" seguido por tubo de $1/2"$ \varnothing que se conecta a la bomba de vacío; por el otro extremo el tanque conecta a una " T " simple de $1/2"$ x $1/8"$ ubicado en la parte superior izquierdo del compartimiento del motor, de aquí parten las mangueras al Hidrovac y al Vacuometro de $30"$ Hg de capacidad instalado en el panel de control de la cabina.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

El sistema usa el mismo radiador de 436 pulgadas cuadradas de área y 2 hileras de 35 tubos cada uno y 12 -

aletas/pulgada. Para centrar el radiador, respecto al ventilador del motor, se elevó 93 mm sobre su altura original; quedando la tina superior del radiador y la conexión de salida de agua del motor a 120 mm .

El panel del radiador queda a 34mm de las paletas del ventilador. No se usa concentrador de aire. Tampoco se modificó el espaciador de 24.5 mm (1 pulg) del ventilador de 6 paletas y 392mm Ø (16 pulg).

Se reemplazó la tapa original del radiador de 16 PSI por otro de 7 PSI de presión.

CONTROL E INSTRUMENTACION :

Mandos de Para y Acelerador

Como una de las medidas para reducir el nivel de la vibración, en ambos casos, se usó mandos de cables flexibles sujetos a un soporte en el motor.

Cápsula de Temperatura

Colocado al lado izquierdo en la parte delantera superior de la culata del motor y conectado al panel de control de la cabina.

Trompito de Aceite

Se colocó al lado izquierdo del monoblock del motor y conectado al conducto de presión hasta el panel de control.

5.3 - VERIFICACION DE LOS SISTEMAS DE : AIRE, ESCAPE , Y REFRIGERACION

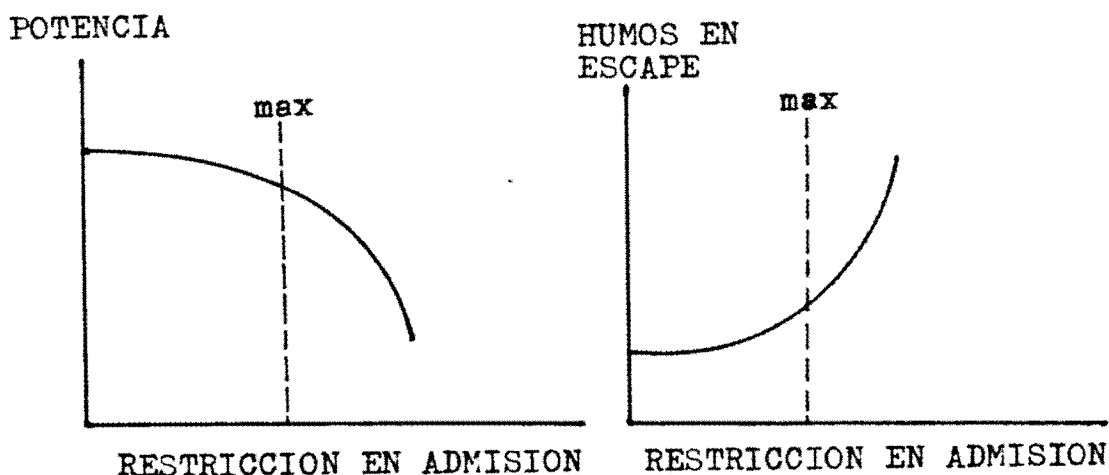
5.3.1. Verificación del Sistema de Admisión de Aire

Las restricciones en la inducción hacen que la presión de aire en el sistema de admisión disminuya y en consecuencia también disminuya la eficiencia del motor.

En el proceso de montaje del motor, para reducir al mínimo las restricciones en la inducción, deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos que incrementan el grado de restricción:

- Tubería de diámetro pequeño
- Tubería deteriorada
- Mangueras corrugadas
- Filtro de aire sucio
- Tubería demasiado larga
- Tubería con exceso de dobleses
- Filtro de aire pequeño, etc.

La restricción en la inducción influye directamente en la potencia del motor, el consumo específico de combustible, los humos de escape y la vida útil del motor; como se aprecia en los sigts. gráficos:



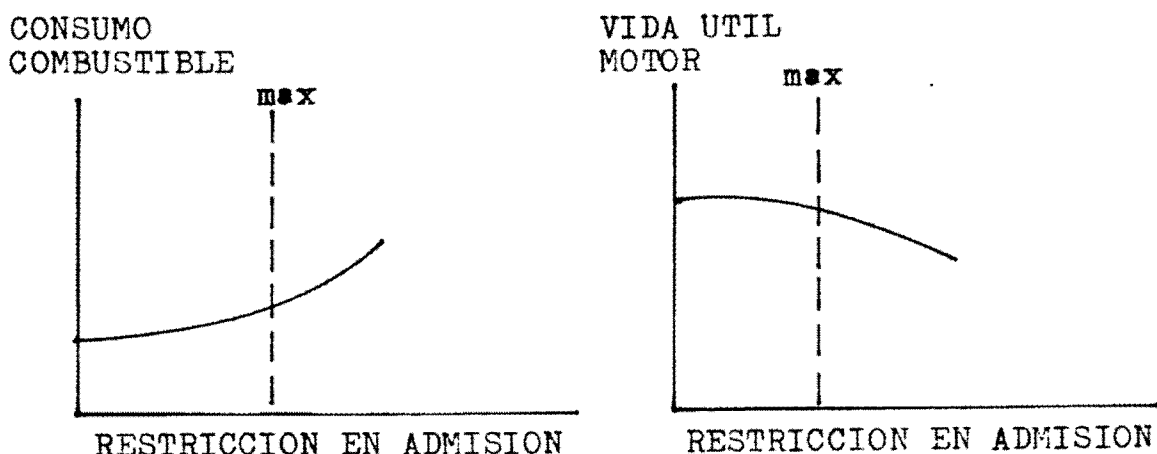


Gráfico No.5.5

Para el motor diesel Perkins 4.236, los valores máximos recomendados, de restricciones en el sistema de inducción de aire, son los siguientes:

Con filtro limpio: 12" de agua

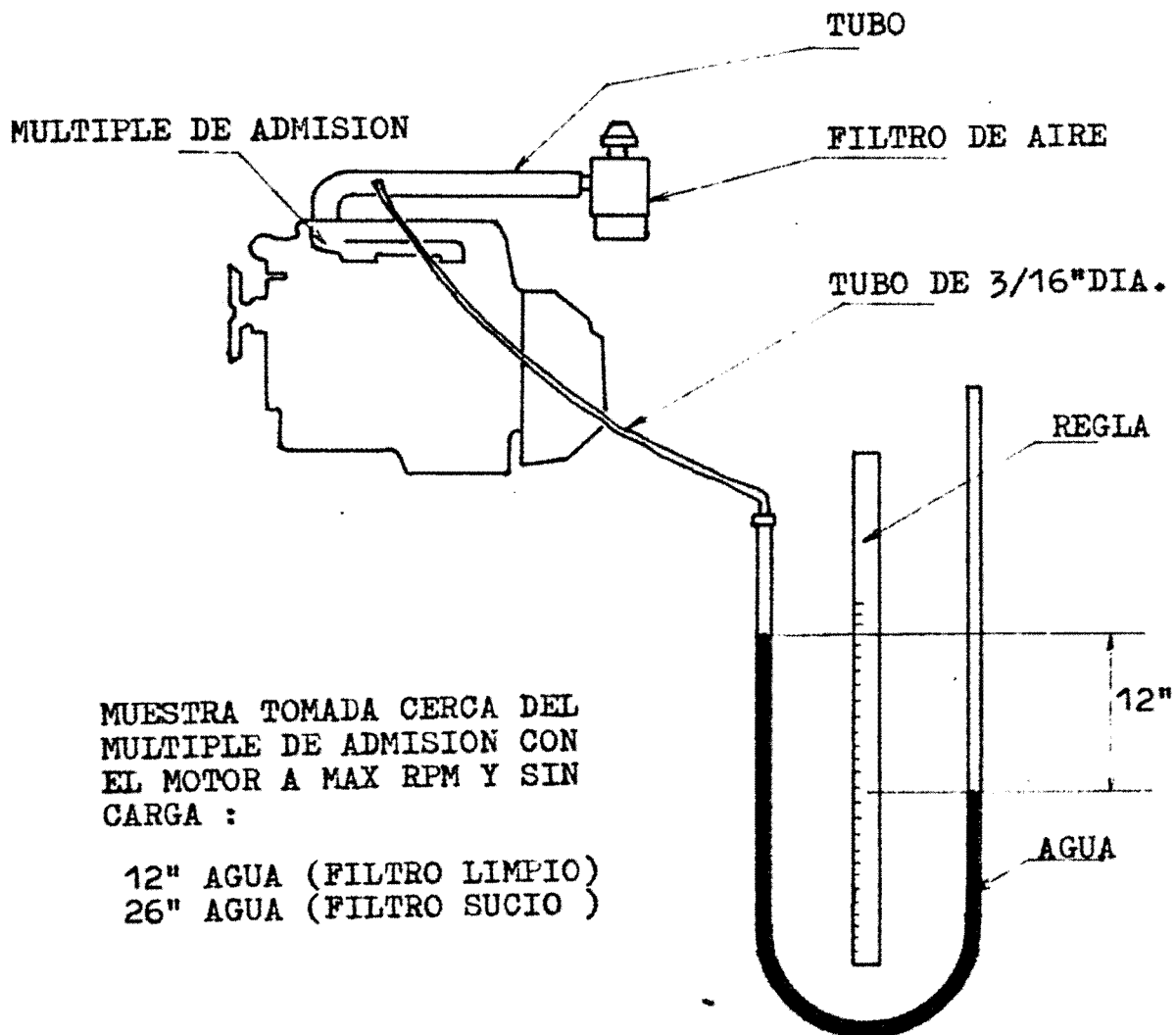
Con filtro sucio: 26" de agua

En el gráfico No.5.6 se muestra la disposición más adecuada para medir las restricciones en el sistema de inducción.

5.3.2 Verificación del Sistema de Escape

Los silenciadores aumentan la resistencia del sistema de escape, por lo que la presión en los cilindros del motor se elevan en los períodos de expansión; en estas condiciones aumenta la cantidad de gases residuales que quedan en los cilindros del motor y disminuye el coeficiente de llenado de los mismos.

En el montaje del motor debe evitarse la excesiva contrapresión, lo cual puede ser originado por:



SISTEMA PARA MEDIR LAS RESTRICCIONES EN LA INDUCCION
SISTEMA DE AIRE

Gráfico No. 5.6

Diámetro de tubo de escape
 Longitud excesiva del tubo
 Deterioro del tubo
 Angulos rectos en lugar de redondeados
 Silenciador con altas restricciones

También, la contrapresión en el escape influye en la potencia del motor, el consumo de combustible, los humos en el escape y la vida útil del motor; como puede apreciarse en los gráficos siguientes:

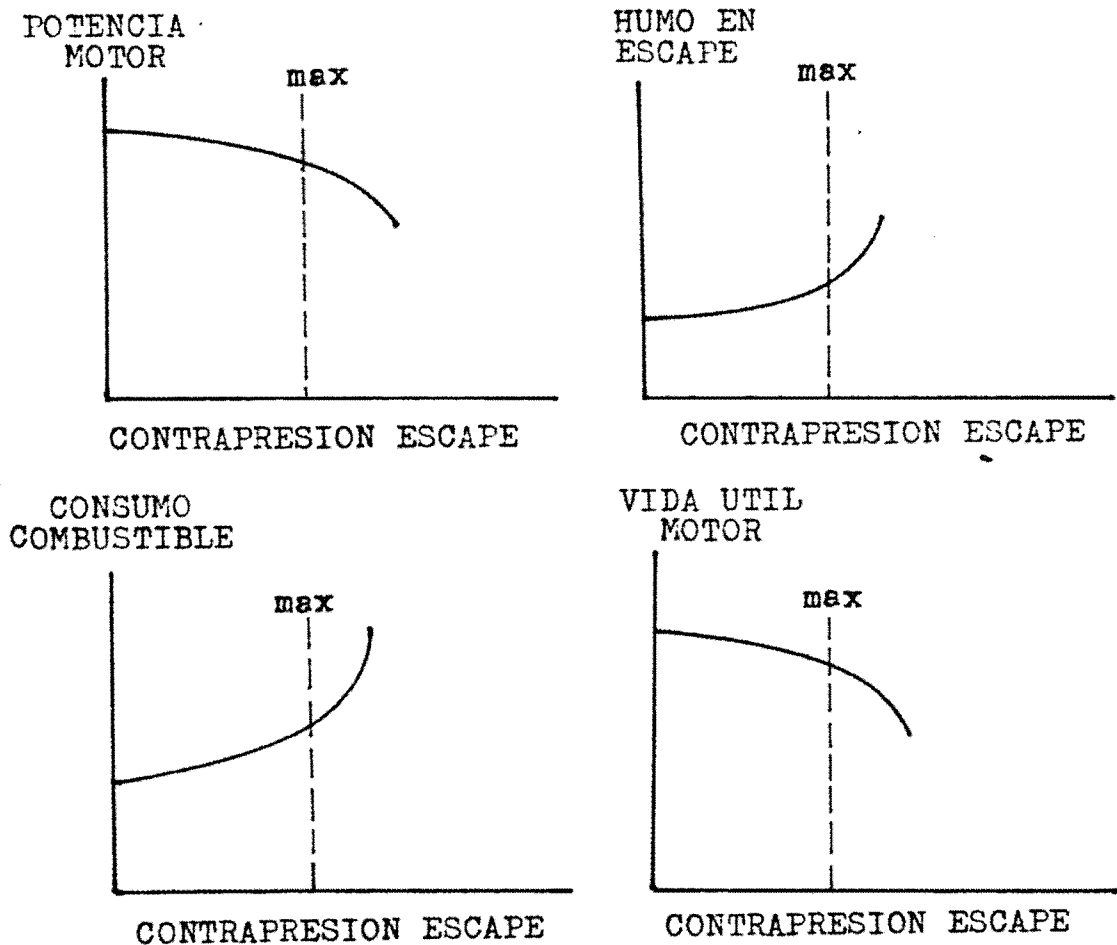
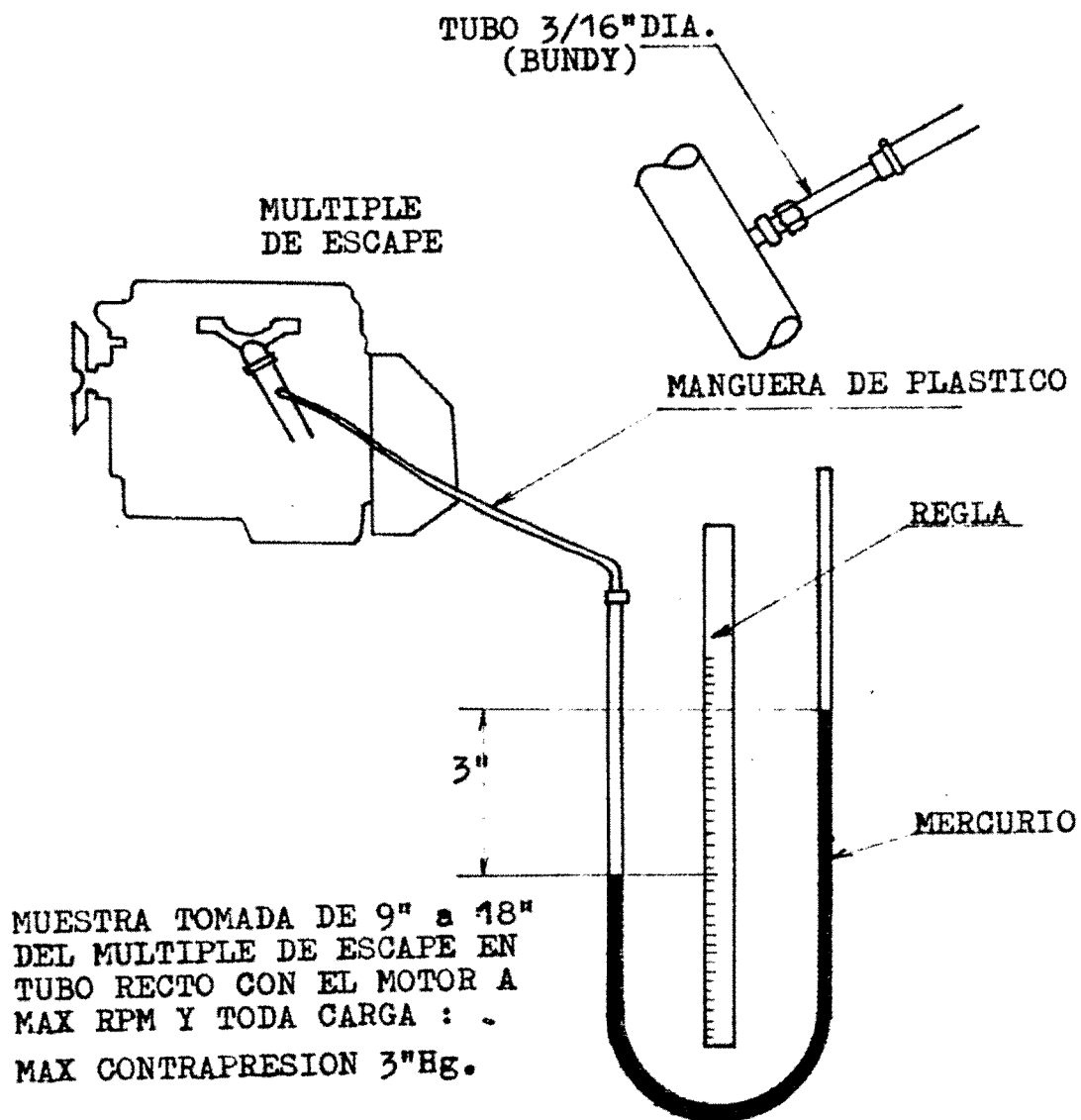


Gráfico No.5.7

Gráfico No. 5.8



SISTEMA PARA MEDIR LA CONTRAPRESION EN EL ESCAPE
SISTEMA DE ESCAPE

Gráfico No. 5.8

5.3.3 Verificación de la Capacidad del Radiador

Verificaremos la capacidad del radiador mediante dos evaluaciones: Teóricamente, evaluando el flujo de agua refrigerante necesario para la refrigeración del motor diesel seleccionado. Y, mediante las mediciones realizadas en el vehículo en la prueba de enfriamiento.

Cálculo del Flujo de Agua Refrigerante

Se sabe, por los resultados de los balances térmicos realizados a las máquinas de combustión interna, que un motor a gasolina aprovecha como energía útil entre el 21 al 28% del total de la energía entregada por el combustible. Por su parte, el motor diesel aprovecha entre el 29 al 42% de la energía total suministrada, para realizar trabajo útil.

El medio refrigerante absorbe en promedio entre el 12 al 27% de la energía total, en el caso del motor gasoliner. Y, entre el 15 al 35% en el caso del motor diesel.

De acuerdo con lo anterior y para efectos de cálculo asumiremos los siguientes valores promedios:

Eficiencia del motor diesel : 36%

Calor absorbido por el líquido refrigerante: 25%

Energía útil del motor diesel : 76HP

Energía absorbida por el líquido refrigerante : Q_R

$$Q_R = (25/36) 76HP = 53 \text{ HP}$$

$$Q_R = 53HP \cdot 2544 \text{ BTU/HP-hr} \cdot 0.252 \text{ kcal/BTU} = 33,800 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_R = 33,800 \text{ kcal/hr}$$

Como se sabe, el calor rechazado por el motor será absorbido por el agua refrigerante. Entonces, el flujo de agua refrigerante requerido será:

$$m_a = Q_r / C_{e_a} \Delta T$$

Siendo: m_a - Flujo de agua refrigerante

C_{e_a} - Calor específico del agua
 $C_{e_a} = 1.0 \text{ kcal/kg-}^\circ\text{C}$

ΔT - Rango de enfriamiento del radiador
 Asumiremos: $\Delta T = 5^\circ\text{C}$

$$m_a = 33,800 / (5 \times 1.0) = 6,760 \text{ kg agua / hr}$$

$$m_a = 6,760 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hr} \quad (1.9 \text{ lt}_{\text{agua}}/\text{seg})$$

El radiador original del microbús, según datos del fabricante, refrigera eficientemente un flujo de agua máximo de 2.5 lt/seg. Por lo que, podemos concluir que el radiador original del vehículo es suficiente para refrigerar al motor diesel seleccionado.

Prueba de Enfriamiento

Las condiciones de la prueba de enfriamiento fueron las siguientes:

Vehículo	: Microbús Dodge D-300
Carrocería	: Moraveco M-20
Motor	: Diesel Perkins 4.236 V
Carga	: 22 psj., aproximadamente 4650kg
Tipo pavimento	: Asfaltado, terreno seco
Pendiente	: 3% , promedio
Altura	: 150 msnm
Temp. Ambiente	: 20 °C

Código Bomba de Inyección: WS/62/850/4/3130F
 Radiador : 70 tubos en 2 hileras, 12 altas/pulg
 Presión Sist. Enfriamiento: 7 lb/pulg²
 Ventilador : 16" Ø , 6 paletas
 Instrumento: Termómetro eléctrico "COMARK"
 TIP: 1601 Cr/Al

Ubicación termocuplas:

- 1) Aire delante del radiador
- 2) Filtro de aire
- 3) Entrada de agua al motor
- 4) Salida de agua del motor

Cuadro No.5.2 - PRUEBA DE ENFRIAMIENTO

VELOCIDAD km/hr	UBICACION TERMOCUPLAS			
	2	3	4	1
40	27	47	50	22
50	33	58	62	22
60	42	59	64	23
70	46	66	72	26

Pico de Temperatura : 72 °C

Máxima Temperatura Admisible : 98 °C

De la prueba de enfriamiento concluimos que: la capacidad disipadora de calor del radiador original del microbús es suficiente para impedir que la temperatura del líquido refrigerante sobrepase el límite de temperatura - máximo admitido para el motor diesel seleccionado.

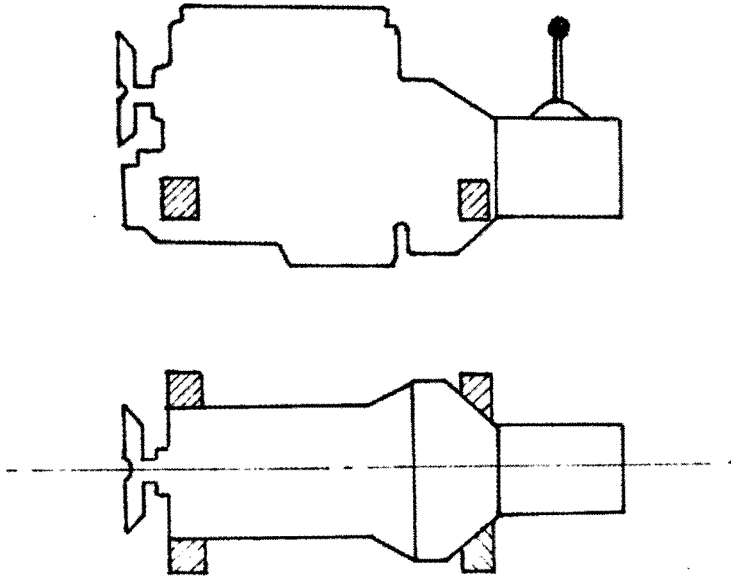


Gráfico No. 5.3 - SOPORTES DE MONTAJE DEL MOTOR

5.4 ESQUEMAS DEL MONTAJE DEL MOTOR DIESEL

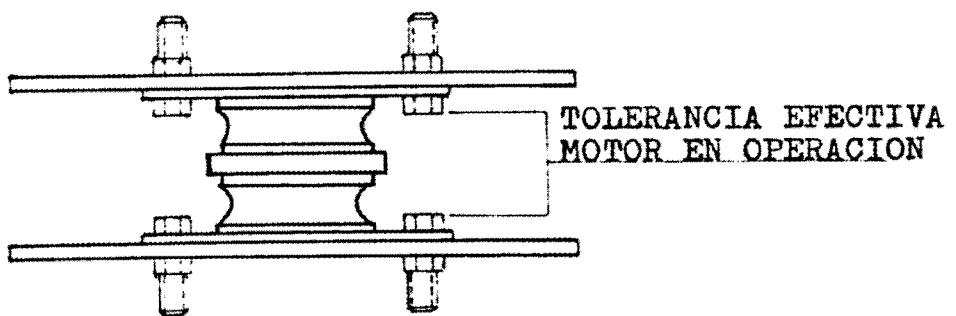


Gráfico No. 5.4 - POSICION TORNILLOS EN AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES.

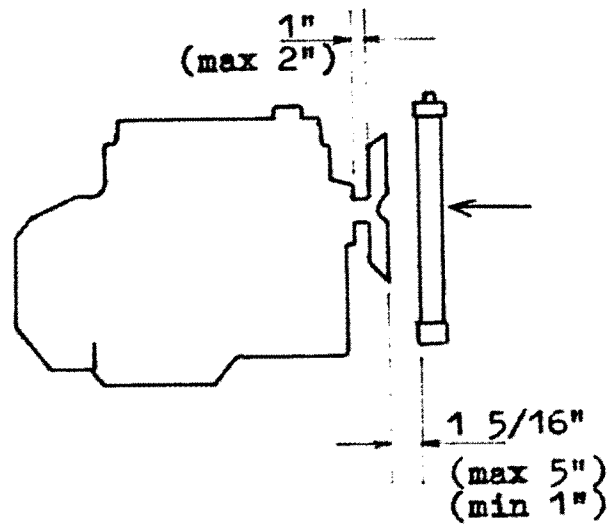


Gráfico No. 5.1 - POSICION DE VENTILADOR Y RADIADOR

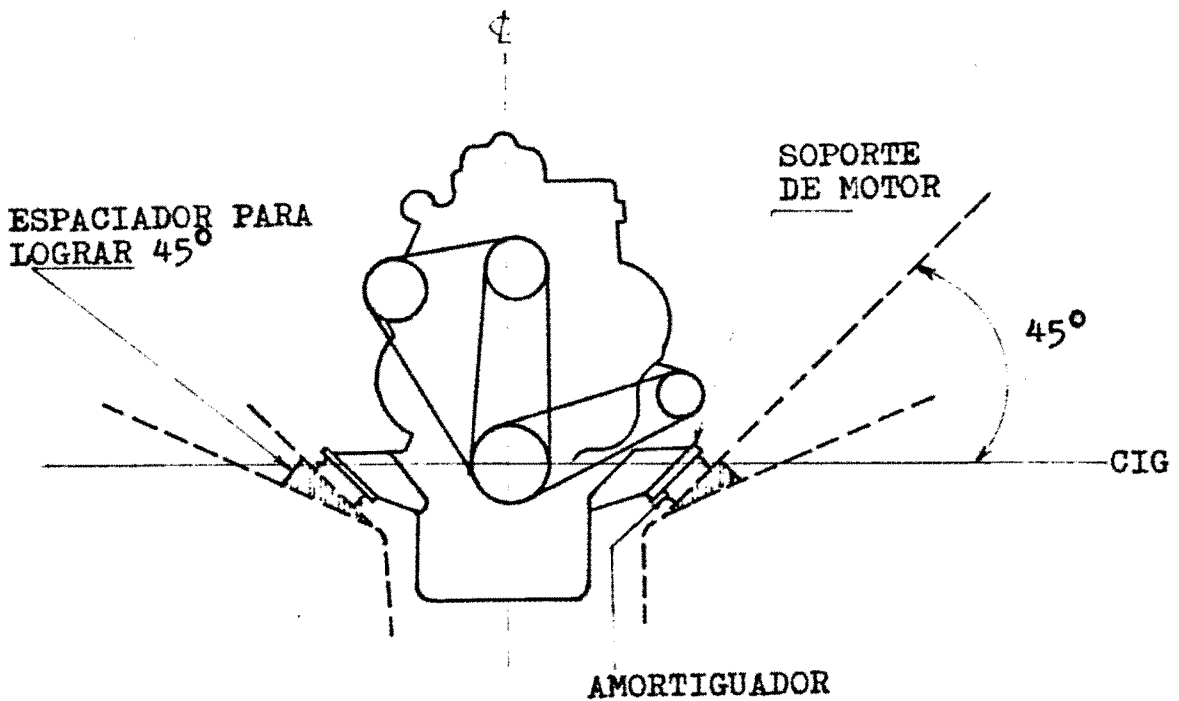


Gráfico No. 5.2 - POSICION DE PUENTE FRONTAL DE CHASIS

C A P I T U L O V I

D I S E Ñ O D E L A R B O L C A R D A N

C A P I T U L O VI

DISEÑO DEL ARBOL CARDAN

6.1. CARACTERISTICAS GENERALES

Para la mayoría de los vehículos la línea de transmisión consiste en un eje motriz o árbol de transmisión, una o varias juntas universales, y una junta deslizante. Esta combinación de mecanismos transporta la energía motriz desde la caja de cambios al diferencial y a los ejes de las ruedas posteriores.

Para diseñar un árbol de transmisión es necesario tener en cuenta dos aspectos: (Ref. No. 15)

- 1.- El motor y la caja de cambios están unidos más o menos rígidamente al armazón del vehículo. Es decir, se montan sobre la parte suspendida del automóvil, por lo que recibe las oscilaciones, provocadas por las sinuosidades del camino sobre las ruedas, considerablemente atenuadas por los elásticos y los amortiguadores.
- 2.- El diferencial, el puente posterior y las ruedas están unidos al armazón del vehículo mediante resortes por lo que oscilan en dirección vertical con una amplitud y una frecuencia distintas a las oscilaciones

de igual naturaleza que afectan al motor. Resultando, así, distintos los arcos de giro entre el puente trasero y el árbol de transmisión; ya que ambos para la oscilación angular tienen diferentes arcos y radios de giro.

Por lo tanto, surge la imposibilidad de transmitir el movimiento motriz al eje trasero con un árbol de unión rígida en sus dos extremos; por lo que resulta necesario un sistema de acoplamiento que permita que el árbol cardán forme ángulos de regular amplitud respecto de la línea de los ejes del embrague y de la caja de velocidades. Además, también, la distancia entre la caja de cambios y el diferencial es variable, según la posición relativa entre ambos.

Para que el árbol de transmisión pueda absorber estas dos variaciones es preciso incorporar dos dispositivos independientes entre sí. Para permitir variaciones angulares se necesita por lo menos una junta universal, en tanto que la variación de longitud se absorbe mediante una junta deslizando.

Las juntas universales más usadas son del tipo acoplamiento cardán. Su elemento básico es la cruz a cuyos brazos se unen por medio de cojinetes los extremos de las horquillas en que acaba el árbol cardán.

Debido a la presión que se ejerce en dos brazos de la cruceta, originado por el eje motriz, hace que gire el acoplamiento cardán y comunique el movimiento al eje con

ducido.

Para lograr la longitud variable que necesita el árbol de transmisión, se emplea generalmente una junta deslizante, la que se sitúa en uno de los extremos del árbol de transmisión. La junta deslizante consiste en un eje estriado internamente y otro estriado externamente acoplable con el primero. Ambos ejes se pueden deslizar entre sí, al mismo tiempo transmitir la energía motriz, como se puede apreciar en la figura No. 6.1.

Los árboles de transmisión pueden ser de una sola pieza o de dos partes, las que requieren de un soporte central. Suelen construirse de un tubo de acero estirado sin soldadura, al cual se unen las horquillas de los extremos soldandolos.

La construcción de tubo permite aligerar el eje de transmisión sin disminuir su rigidez y hace que disminuya su tendencia a vibrar a elevadas velocidades.

6.2. REGIMENES DE CARGA

Para las piezas de transmisión se calcula la resistencia mecánica considerando las posibles sobrecargas máximas, incluyendo las de poca duración, y el límite de fatiga a causa de las cargas cíclicas de acción múltiple (Ref No. 1)

Las sobrecargas de poca duración tienen un carácter dinámico. Ellos se originan al arrancar bruscamente, durante el frenado brusco sin desacoplar el embrague y

otros procesos transitorios, cuando entran en acción diversos factores de inercia. El régimen de arranque con brusco acoplamiento del embrague es más peligroso, desde el punto de vista del surgimiento en la transmisión de cargas dinámicas; generalmente él se toma como base al calcular la resistencia mecánica de los árboles y engranajes de la transmisión. (Ref. No. 1)

Al acoplarse bruscamente el embrague se originan considerables aceleraciones de las piezas giratorias de la transmisión y las ruedas motrices, por ello la transmisión se cargará con un momento de inercia mayor que lleva el embalamiento de las masas giratorias; su valor puede ser mayor que el momento estático de adherencia de los órganos motrices con el camino.

Teniendo en cuenta lo expuesto, el momento dinámico en el árbol de transmisión, con pleno aprovechamiento del par motor en la primera marcha y despreciando las pérdidas en la transmisión será (Ref. No. 1):

$$T_{tr} = K_{din} M_{m \max} i_{cv}(I)$$

Donde: T_{tr} - Momento dinámico en el árbol cardán

$M_{m \max}$ Par motor máximo (3360 cm - kg)

$i_{cv}(I)$ Relación de reducción de la caja de velocidades en primera marcha: 6.40

K_{din} - Coeficiente dinámico

El momento con que se carga la transmisión al acoplarse bruscamente el embrague depende de la rigidez torsio-

nal de la transmisión; cuando mayor es ésta, tanto mayor puede ser el par motor dinámico que carga la transmisión

Según recomendaciones adoptaremos: $K_{din} = 1.2$

Luego, el momento dinámico en el árbol cardán en nuestro caso será:

$$T_{tr} = 1.2 \times 3360 \times 6.40$$

$$T_{tr} = 25,800 \text{ cm} - \text{kg}$$

Debido a los des^aalineamientos angulares con que operan algunos ejes o árboles de transmisión vehiculares. Además del momento torsor dinámico, analizado anteriormente, también actúan sobre el árbol cardán cargas secundarias originadas por las juntas cardánicas.

Estas cuplas o pares imponen una carga en los rodamientos y esfuerzo de flexión en los ejes que conectan dichas juntas. Estas cargas fluctuantes varían desde un valor máximo hasta el mínimo que es cero, cada 90° de revolución del árbol de transmisión.

Los valores máximos del momento flector serán dados por: (Ref No. 11)

$$M_f = T_{tr} t_g \beta$$

Siendo: β - Ángulo por el cual los ejes se encuentran desalineados

Para evitar estas cargas se recomienda usar pequeños ángulos de junta universal, y en el caso de ser doble junta universal que estos ángulos sean iguales.

En nuestro caso, se tiene un desalineamiento máximo -

de 5° entonces:

$$M_f = 25,800 \times t_g 5^\circ = 2,257 \text{ cm-kg}$$

6.3. CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL ARBOL CARDAN

Para el diseño del eje según la teoría de fallo por tensión de corte máxima, para un eje sometido a una combinación de par constante y flexión alternativa, según C.R. Soderberg tenemos la sgte. expresión:

$$d = \left(\frac{32 \text{ FS}}{\pi} \left((T/S_y)^2 + (M_f/S_e)^2 \right)^{1/2} \right)^{1/3}$$

Siendo:

- d - Diámetro de eje cardán
- FS - Factor de seguridad
- M_f - Momento flector
- T - Momento torsor
- S_y - Límite de fluencia del material
- S_e - Límite de fatiga corregido

Para piezas importantes, cuya rotura puede originar a verias o la parada del vehículo, para los cálculos de la resistencia mecánica se recomiendan factores de seguridad comprendidos entre 1.2 a 2.0.(Ref. No.6)

Cuando las exigencias del servicio no son demasiado severas, el material más barato para construcción de los ejes es el acero laminado en caliente. Para mejor mecanizado puede ser necesario un tratamiento de normalización o recocido, a fin de mejorar la estructura del grano y a asegurar su uniformidad. Como una alternativa de solución realizaremos los cálculos de las dimensiones del árbol cardán, para el siguiente material:

Acero AISI C1040 laminado en caliente

$$S_y = 4080 \text{ kg/cm}^2 \text{ (58000 PSI)}$$

$$S_u = 6430 \text{ kg/cm}^2 \text{ (91500 PSI)}$$

Dureza = 201 BHN

Para la determinación de los coeficientes modificativos usaremos las recomendaciones, cuadros y gráficos dados en la Ref. No. 6.

Para aceros, cuando no se disponen resultados de ensayos se puede estimar el límite de fatiga, según:

$$\text{Para } S_u \leq 200,000 \text{ PSI ; } S'_e = 0.5 S_u$$

Siendo: S'_e - Límite de fatiga de la probeta

S_e - Límite de fatiga correcto

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

K_a - Coeficiente de Superficie

Para $S_u = 91,500 \text{ PSI}$ y acero laminado en caliente $K_a = 0.6$

K_b - Coeficiente de tamaño

Para diámetros entre 2.0" a 5.5"

$$K_b = 0.7$$

K_c - Coeficiente de confianza

Para unaprobabilidad de falla de 0.01%

$$K_c = 0.7$$

K_d - Coeficiente de temperatura

Para temperaturas ambientales

$$K_d = 1.0$$

K_e - Coeficiente modificativo de concentración de tensiones:

$$K_e = 1/K_f = 1/1 + q(K_t - 1)$$

Siendo: K_f - Coeficiente de concentración de tensiones en la fatiga

K_t - Factor teórico de concentración de esfuerzos

q - Sencibilidad a entalladura

Para cambio de diámetro, eje sometido a flexión

Para $D/d = 1.02$ y $r/d = 0.30$, $K_t = 1.2$

Para $r = 0.16"$ y $S_u = 91,500$, $q = 0.84$

Entonces; $K_e = 0.86$

Luego, el límite de fatiga correcto será:

$$S_e = 0.60 \times 0.70 \times 0.70 \times 1.0 \times 0.86 \times 0.5 \\ \times 6,430$$

$$S_e = 813 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando valores en la ecuación de Soderberg para ejes sólidos obtenemos:

$$d = 5.20 \text{ cm (2.05")}$$

Para ejes de transmisión vehiculares se prefieren los ejes tubulares debido a su menor peso, alta velocidad de resonancia crítica y su menor costo. En cambio, los ejes sólidos son preferidos por su mayor resiliencia y para choques de cargas duras.

Cálculo de dimensiones para eje de transmisión tubular:

Se sabe que la Ec. de Soderberg en función del momento polar de inercia es de la forma: (Ref. No. 6)

$$J/r = 2 FS \left((T/S_y)^2 + (M_f/S_e)^2 \right)^{1/2}$$

Reemplazando valores obtenemos:

$$J/r = 27.64 \text{ cm}^3 \text{ (1.69 pulg}^3 \text{)}$$

Para ejes tubulares sabemos que :

$$J/r = \pi (d_o^4 - d_i^4) / 16 d_o = 1.69$$

Siendo: j - Momento de inercia
 d_o - Diámetro exterior del eje tubular
 d_i - Diámetro interior del eje tubular

De donde obtenemos:

$$d_i = (d_o^4 - 8.59 d_o^3)^{1/4}$$

Para: $d_o = 3.0"$, evaluamos: $d_i = 2.73"$

El espesor "e" del eje tubular será:

$$e = (d_o - d_i)/2 = (3.00 - 2.73)/2 = 0.135"$$

Finalmente, las dimensiones serán:

Diámetro exterior : $d_o = 3.00$ pulg. (7.62 cm)
 Diámetro interior : $d_i = 2.73$ pulg. (6.93 cm)
 Espesor tubo : $e = 5/32$ pulg. (0.40 cm)
 Material: Acero AISI C1040, laminado en caliente.

6.4. REVISION DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS DEL EJE

Para comprobar el correcto diseño del árbol cardán, evaluaremos los principales parámetros que podrían ocasionar la falla del eje:

6.4.1. Velocidad crítica

La velocidad crítica para ejes sólidos o huecos que están articulados o montados o por sí mismos alineados a los rodamientos es expresado por: (Ref. No.11)

$$V_c = \frac{46.886 \times 10^5}{L^2} (d_o^2 + d_i^2)^{1/2}$$

Siendo: V_c - Velocidad crítica
 L - Longitud del eje en pulgadas
 $L = 145$ cm

Reemplazando valores obtenemos:

$$V_c = 9392 \text{ RPM}$$

El factor de seguridad debajo de la velocidad crítica para ejes tubulares varía con la longitud del tubo, la velocidad y el ángulo de trabajo de las juntas. Para operaciones seguras serán de 15 a 35% menores que la velocidad crítica. (Ref. No. 11)

En nuestro caso, las máximas velocidades del eje de transmisión están considerablemente alejadas de la velocidad crítica evaluada, superando con exceso el factor de seguridad para operaciones seguras recomendada.

6.4.2. Rigidez a la Torsión

Aparte del cálculo de la resistencia compleja de los momentos de flexión y torsión, también verificaremos la rigidez a la torsión.

En nuestro caso la deformación angular debe encontrarse entre 0.25 a 2.5° por metro lineal del eje de transmisión. Considerando la longitud de nuestro eje, los límites permisibles para la deformación angular total serán de 0.29 a 2.9°. (Ref. No. 6)

$$\phi = \frac{TL}{JG}$$

Donde: ϕ - Deformación angular

T - Torque a transmitirse en el eje

$$T = 25800 \text{ cm -kg}$$

L - Longitud del eje

$$L = 115 \text{ cm (45 pulg)}$$

G - Módulo de elasticidad por cortadura

$$G = E / 2(1 - \mu)$$

μ - Módulo de Poisson, 0.3 aprox.

$$G = 1.5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

E - Módulo de elasticidad

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg / cm}^2$$

J - Momento polar de inercia

$$J = \frac{\pi}{32} (d_o^4 - d_i^4) = 104.0 \text{ cm}^4$$

Reemplazando valores tendremos:

$$\theta = \frac{25800 \times 115}{104 \times 1.5 \times 10^6} = 0.019 \text{ radianes, } (1.09^\circ)$$

Luego, de acuerdo a lo evaluado. La deformación angular se encuentra dentro de los límites permisibles.

6.4.3. Cálculo de la flecha Máxima

Para un eje sometido a carga uniformemente repartida y apoyada en sus extremos. (Ref. No. 6)

$$f_{\max} = \left(\frac{5}{384}\right) \frac{W L^3}{E I}$$

Siendo: W - Carga total sobre el eje

$$W = 4.8 \text{ lb/pie} \times 45/12 \text{ pie} = 18 \text{ lb.}$$

E - Módulo de elasticidad

$$\text{Para acero AISI C1040, } E = 29.8 \times 10^6 \text{ PSI}$$

I - Momento de inercia del eje tubular

$$I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4) = 1.25$$

Reemplazando valores en la ecuación tendremos:

$$f_{\max} = \left(\frac{5}{384}\right) \frac{18 \times 45^3}{29.8 \times 1.25 \times 10^6} = 2.8 \times 10^{-7} \text{ pulg.}$$

La flecha máxima admisible está dada por:

$$f_{\max \text{ adm}} = 0.01 \text{ pulg/pie} \times L \text{ pie} = 0.04 \text{ pulg}$$

En nuestro caso: $f_{\max \text{ adm}} > f_{\max}$

Finalmente, comparando resultados, podemos afirmar que la rigidez del árbol cardán está garantizada.

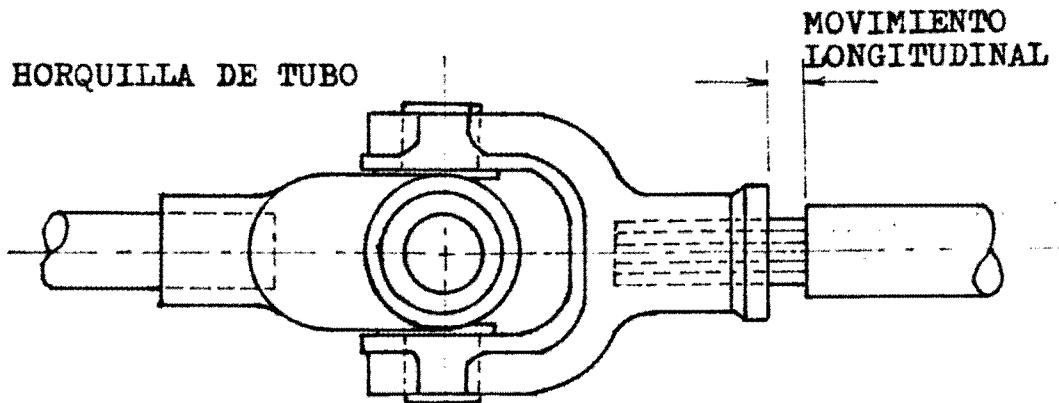


Gráfico No. 6.1 - SISTEMA DE ARTICULACION UNIVERSAL
ACOPAMIENTO ESTRIADO

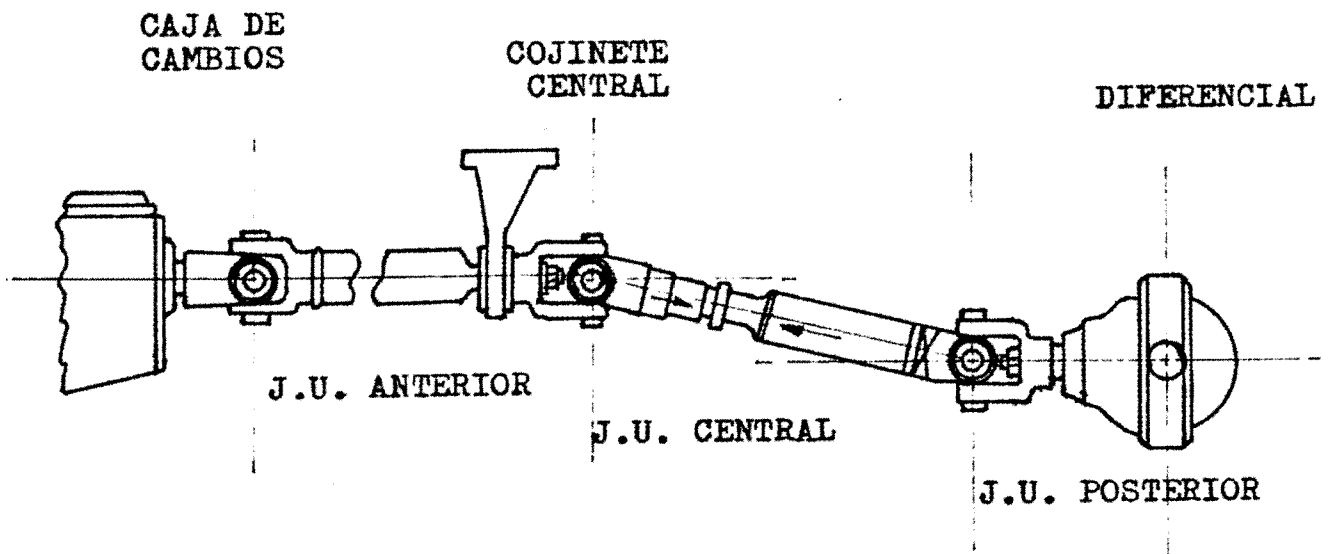


Gráfico No. 6.2 - ARBOL CARDAN DE DOS PIEZAS CON
TRES JUNTAS UNIVERSALES

CAPITULO VII

ANALISIS ECONOMICO

C A P I T U L O V I I

ANALISIS ECONOMICO

En el presente capítulo se realizará un análisis comparativo entre costos de los principales parámetros del vehículo con motor gasolinero y del vehículo con motor diesel seleccionado para el repotenciamiento y definir la alternativa económica más conveniente.

El método a usarse para la comparación de los costos será, para una mejor visualización, referido al costo por unidad de recorrido. Es decir, se realizará la comparación del costo total para desplazarse una distancia determinada con uno u otro motor.

Debido a la situación económica actual y a la inestabilidad de nuestra moneda con continuas devaluaciones, usaremos como medida de los costos a evaluarse el dólar Norteamericano (US\$) que tiene una mayor estabilidad financiera; por lo que nuestras evaluaciones tendrán mayor tiempo de vigencia.

Entre los parámetros a evaluarse y que pueden cuantificarse

ficarse en términos monetarios consideraremos:

- 1.- COSTO DE INVERSIÓN.- Donde analizaremos el costo de adquisición de motores, los repuestos necesarios - para la instalación y el costo de la instalación del motor.
- 2.- COSTO DE RECONSTRUCCIÓN.- Donde evaluaremos los períodos de reconstrucción generales, la vida útil de los motores y los costos de las reparaciones generales necesarios para un rendimiento óptimo de operación de los motores.
- 3.- COSTO DE OPERACION.- Donde evaluaremos el costo de los combustibles y el costo de mantenimiento para cada caso.

La evaluación y análisis comparativo de estos factores, aplicados al motor diesel 4.236 V y el motor gasolinerero V8.318, requiere la definición de los estándares de rendimiento en cuanto a: consumo de combustible, períodos de atenciones, reconstrucción y vida útil del motor.

Rendimiento de Combustibles

Se analizó en el primer capítulo al describir las características del servicio, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro No. 7.1. RENDIMIENTO DE LOS COMBUSTIBLES

	MOTOR DIESEL 4,236V	MOTOR GASOLINERO V8,318
Consumo Comb. x vuelta	gal/vuelta 3.2	5.5
Consumo Comb. x día	gal/día 12.8	22.0
Consumo Comb. x mes	gal/mes 320.0	550.0
Consumo Comb. x año	gal/año 3840.0	6600.0
Rendimiento específico Comb.km/gal	19.0	11.0

Período de Reconstrucción y Vida útil de los Motores

Los motores en general periódicamente requieren reparaciones integrales, que les permite recuperar sus niveles de rendimiento y costos de operación óptimos.

De acuerdo con los datos obtenidos de los usuarios, y las recomendaciones de los fabricantes, podemos afirmar que los motores a gasolina requieren reparaciones integrales cada 120,000 km y pueden soportar hasta 3 reconstrucciones; mientras que el motor diesel se repara cada 160,000 km. y soporta hasta 4 reparaciones. Los valores considerados anteriormente son aproximados y se considerarán con el criterio de operación económica de los motores y no a cualquier costo.

En consecuencia, el motor diesel tiene una vida útil de 800,000 km aproximadamente, mientras que la vida útil del motor gasolinero es de apenas 480,000 km aproximadamente; momentos en los cuales resulta más conveniente adquirir un nuevo motor.

Cuadro No. 7.2. PERIODO DE RECONSTRUCCION Y VIDA UTIL DE LOS MOTORES

		MOTOR DIESEL <u>4.236V</u>	MOTOR GASOLINERO <u>V8.318</u>
Período de reconstrucción (+)	km	160,000	120,000
Veces reconstruc. posibles		4	3
Vida útil del motor	km	800,000	480,000
Recorrido anual	km	72,000	72,000
Vida útil del motor	años	11.9	6.7

(+) Sin pérdida de sus características técnicas y económicas.

7.1. COSTO DE INVERSION

El costo de inversión estará dado cuando esté instalado el motor y se encuentre listo para entrar en operación. El costo de inversión comprende:

7.1.1. Costo de Adquisición de los Motores

Los motores gasolineros V8.318 son cada vez más escasos en el mercado nacional de autopartes, y se pueden conseguir a US\$ 3456.00; en tanto que los motores diesel Perkins 4.236V de aspiración natural son ofrecidos en diversos establecimientos comerciales, fluctuando su precio alrededor de 6,000.00 US\$.

Como se mencionó anteriormente, los transportistas de servicio público, acogiéndose al D.L. 275, están gestionando la importación de un lote de motores diesel Perkins liberados y que para los vehículos Dodge D-300 serán vendidos a US\$ 4150.00.

7.1.2. Costo de Instalación

Este rubro comprende el costo de la mano de obra y de algunas piezas requeridas para la instalación del motor diesel en el vehículo.

Para la instalación del motor gasolinero en el vehículo no se requiere de modificación alguna, por lo que su costo de instalación es poco significativo.

Los costos consultados en factorías nos dan los siguientes valores promedio:

Costo de mano de obra	₡ 750,000 (54 US\$)
Costo de repuestos	₡ 4'675,000 (334US\$)
Costo total de Instalación	₡ 5'425,000 (388US\$)

Resumiendo los valores obtenidos y analizándolos en función de la vida útil de los motores tenemos:

Cuadro No. 7.3. COSTOS DE INVERSION

		MOTOR DIESEL <u>4.236V</u>	MOTOR GASOLINERO <u>V8.318</u>
Costo de adquisición	US\$	4,150	3,456
Costo de instalación	US\$	388	-
Costo total inversión	US\$	4,538	3,456
Vida útil del motor		800,000	480,000
Costo inversión	US\$/MilKm	5.67	7.20
Relación inversión diesel gasolinero	%	78.80	100.00

Luego de este análisis podemos decir que, si bien el costo de inversión de un motor diesel es mayor, en términos reales de inversión; el costo de inversión, expresado en función del kilometraje recorrido durante la vida útil del motor, el motor diesel resulta más económico que su similar motor gasolinero.

7.2. COSTOS DE OPERACION

Dentro del costo de operación están comprendidos el costo de combustible y el costo de mantenimiento.

7.2.1. Costo de Combustible

Este rubro es uno de los más significativos para

el análisis económico del proyecto de repotenciamiento. Además de existir diferencias en el precio del petróleo diesel No. 2 y la gasolina de 84 octanos, combustibles usados por los motores diesel y gasolinero respectivamente; también existen diferencias sustanciales en el rendimiento de dichos combustibles.

Cuadro No. 7.4. COSTOS COMBUSTIBLES

		MOTOR DIESEL <u>4.236V</u>	MOTOR GASOLINERO <u>V8.318</u>
Combustible usado		Diesel2	Gasolina 84 Oct.
Precio combustible	\$/gal (+)	13,500	17,500
	US\$ /gal	0.96	1.25
Rendim.específico comb.	km/gal	19.00	11.00
Costo combustible	US\$/Milk	50.75	113.60
Relación costo consumo diesel 2/gasolina 84 Oct.	%	44.67	100.00

(+) El gobierno central, como una fuente para financiar el Presupuesto Nacional de la República, a fijado el precio de los principales combustibles en moneda Norteamericana (Ver anexo variación precios combustible)

Del cuadro anterior se puede concluir que el uso del motor diesel 4.236V en el vehículo Dodge D-300, en lugar del motor gasolinero V8.318, permite un ahorro en gasto por combustible de 55.33%.

7.2.2. Costo de Mantenimiento

El Plan de Mantenimiento Preventivo recomendado -

por los fabricantes de motores está referido a intervalos específicos entre operaciones de servicio, los cuales pueden ser medidos en horas de operación o kilometraje recorrido del vehículo.

En el caso de los vehículos de servicio público se tiene como característica principal el alto porcentaje en marcha mínima del vehículo, así como los frecuentes arranques y paradas. Por lo que el número de horas de operación resultan más significativas que el kilometraje recorrido.

En consecuencia en los microbuses de servicio público, para fijar los períodos de atenciones por mantenimiento, se consideran las horas de operación del vehículo, expresado en días de trabajo.

Para evaluar los costos de mantenimiento consideraremos las frecuencias de las atenciones periódicas por mantenimiento, así como los costos de mano de obra y repuestos necesarios en cada atención.

Los componentes principales del costo de mantenimiento del motor, son los costos por afinamiento y los costos por cambio de aceite y filtros.

SERVICIOS DE MANTENIMIENTO

A.- MOTOR GASOLINERO V8.318

- ACEITE DE MOTOR

Frecuencia cambio : 260 Hr.-4,800Km-20ds. trabajo

Capacidad carter : 1 3/4 gal

Marcas usadas : Petrolube, Shell, Castrol

Costo x galón : \$ 94,000
 Costo total : \$164,500 (11.75 US\$)

- FILTRO DE ACEITE MOTOR :

Frecuencia cambio : 260 hr.-4,800km-20ds.trabajo
 Cantidad : 1
 Marcas usadas : Purolator, Liz
 Costo : \$ 80,000 (5.71 US\$)

- AFINAMIENTO:

Frecuencia: 520 hr.-9,600km-40ds. trabajo
 (cada 2 cambios de aceite)
 Costos repuestos : \$350,000
 Costos mano de obra : \$ 100,000
 Costo total afinamiento : \$ 450,000 (32.10 US\$)

Trabajos que comprende el afinamiento:

Servicio de carburador

Servicio sistema de encendido

Calibrar válvulas

Servicio filtros de aire y combustible

Repuestos necesarios:

1 platino	\$	38,000
1 condensador		30,000
8 bujias		224,000
2 empaquetaduras de culata		58,000
Total		350,000

B.- MOTOR DIESEL PERKINS 4.236V

- ACEITE DE MOTOR:

Frecuencia cambio : 200 hr - 3600km-15ds trab.
 Capacidad Carter : 2 3/4 gal.
 Marcas usadas : Rimula (Shell), Delvac (Mobil)
 Costo galón : \$ 62,000
 Costo total : \$ 170,500 (12.14 US\$)

- FILTRO DE ACEITE MOTOR:

Frecuencia cambio : 200 hr.-3600km -15 ds.trab.
 Cantidad : 1

Marca : Perkins Power part
 Costo : \$ 120,000 (8.57 US\$)

- FILTRO DE COMBUSTIBLE:

Frecuencia cambio : 420 hr-7200km-30ds. trabajo
 (cada 2 cambios de aceite)
 Cantidad : 2
 Marca : Perkins Power part
 Costo : \$ 248,000 (17.71 US\$)

- AFINAMIENTO:

Frecuencia : 875 hr-15,000 (cada 4 cambi
 os de aceite)
 Costo repuestos : -
 Costo mano de obra : \$ 350,000
 Costo total : \$ 350,000 (25.00 US\$)

Trabajos que se realizan en el afinamiento:
 Servicio inyectores
 Calibrar válvulas
 Servicio filtro de aire

Resumiendo los costos de mantenimiento y expresando -
 los en función del recorrido del vehículo tendremos:

Cuadro No. 7.5. COSTO DE MANTENIMIENTO DEL VEHICULO

		MOTOR DIESEL 4.236V	MOTOR GASOLINERO V8.318
Costo afinamiento	US\$	25.00	32.10
Frecuencia afinamiento	km	15,000	9,600
Costo afinamiento	US\$/Mil km	1.70	3.30
Costo aceite y filtros	US\$	21.40	17.90
Frecuencia cambios	km	3,600	4,800
Costo aceite y filtros	US\$/Mil km	5.90	3.70
Costo filtro combustible	US\$	17.70	-
Frecuencia cambios	km	7,200	-
Costo filtro combustible	US\$/Mil km	2.50	-
Costo total mantenimiento	US\$/Mil km	10.10	7.00
Relac. Cost.mantenimiento diesel 4.236V/gasolinero V8.318	%	144.30	100.00

Finalmente, los costos de operación para ambos motores serán:

Cuadro No. 7.6. COSTO OPERACION DEL VEHICULO

	MOTOR DIESEL <u>4.236V</u>	MOTOR GASOLINERO <u>V8.318</u>
Costo combustibles US\$/1000km	50.75	113.60
Costo mantenimiento US\$/1000km	10.10	7.00
Costo Operación US\$/1000km	60.85	120.60
Relación costo operación diesel / gasolinero %	50.46	100.00

De los componentes del costo de operación, el costo de combustible es ampliamente favorable al motor diesel, ya que permite un ahorro por este concepto del 55.33% ; mientras que el costo de mantenimiento favorece al motor gasolinero. Resultando, sin embargo, más económico el motor diesel; en cuanto a costos de operación, en total permite un ahorro de 49.54 % respecto de los costos de su similar gasolinero.

7.3. COSTO DE RECONSTRUCCION

La reparación general en el motor diesel consiste en rectificar los cilindros o cambiar de camisas, rectificar el cigueñal, cambiar anillos de los pistones, cambiar metales de los cojinetes, rectificar válvulas y asientos. La reparación del motor gasolinero consiste en todo lo anterior más la reparación del carburador, del sistema de encendido, además de todas las piezas eléctricas.

cas del motor que se requieran.

Dentro de este rubro evaluaremos los costos por repuestos, costo de las rectificaciones, y los costos por mano de obra; requeridos para la reparación general de ambos motores:

7.3.1. Costo Repuestos

A.- MOTOR DIESEL 4.236V

1 jgo. de anillos	\$	2'200,000
1 jgo. de pistones		6'800,000
1 jgo. de camisas		2'100,000
4 válvulas de escape		990,000
4 válvulas de admisión		800,000
1 jgo. metales bancada		1'100,000
1 jgo. metales biela		160,000
1 jgo. empaquetadura de motor		1'550,000
1 bomba de aceite		1'700,000
4 toberas		1'400,000
1 faja ventilador		80,000
1 filtro de aceite		220,000
2 filtros de combustible		248,000
COSTO TOTAL REPUESTOS (1,425 US\$)		19'948,000

B.- MOTOR GASOLINERO V 8.318

1 jgo. de pistones	\$	2'188,000
1 jgo. de anillos		1'220,000
1 jgo. de metales de biela		644,000
1 jgo. de metales de bancada		635,000
1 jgo. de metales de levas		489,000
1 jgo. de empaquetaduras de motor		612,000
1 cadena distribución		372,000
8 válvulas de admisión		900,000
8 válvulas de escape		850,000
1 piñon de levas		324,000

1 piñon de cigueñal	179,000
16 buzos	1'504,000
1 lápiz oil	488,000
1 bomba de aceite	972,000
1 filtro de aceite	175,000
1 faja ventilador	80,000
1 platino	38,000
1 condensador	30,000
8 bujias	224,000
1 filtro combustible	50,000
COSTO TOTAL REPUESTOS (855.00US\$)	11'974,000

7.3.2. Costo Rectificaciones

A.- MOTOR DIESEL 4.236V

Rectificar cigueñal	\$/	210,000
Rectificar cilindros		280,000
Rectificar culatas		200,000
Rectificar bielas		200,000
Cambiar guías		120,000
Barrenar bancadas		150,000
Alinear bielas		60,000
Embocinar bielas		100,000
Comprobar metales		150,000
COSTO TOTAL RECTIFICACIONES(105.00US\$)		1'470,000

B.- MOTOR GASOLINERO V 8.318

Rectificar cigueñal (9puños)	135,000
Rectificar 8 cilindros	128,000
Rectificar bielas	80,000
Rectificar 16 asientos	128,000
Alinear 8 bielas	40,000
Armar 8 pistones a presión	64,000
Cambiar 5 metales de levas	30,000
Barrenar 5 bancadas	160,000
Rimar 16 guías	160,000

Comprobar metales 65,000
 COSTO TOTAL RECTIFICACIONES (67.00US\$) 930,000

En una reparación general de motor las medidas más usuales son:

Medidas Motor Gasolinero : Std; 0.20, 0.40 y 0.60

Medidas Motor Diesel : No se rebajan los cilindros se cambian camisas hasta en tres oportunidades.

Resumiendo los costos de reconstrucción de ambos motores tenemos:

Cuadro No. 7.7. COSTO RECONSTRUCCION DE MOTORES

		MOTOR DIESEL <u>4.236V</u>	MOTOR GASOLINERO <u>V8.318</u>
Costo Repuestos	US\$	1425	855
Costo Rectificaciones	US\$	105	67
Costo Mano de Obra	US\$	183	129
COSTO RECONSTRUCCION	US\$	1713	1051
Frecuencia Reconstrucc.	km	160000	120000
Costo Reconstrucc. US\$/1000	km	10.71	8.76
Relación costo reconstrucc. Diesel - Gasolinero	%	122.26	100.00

De los resultados obtenidos podemos afirmar que, si bien el costo de reconstrucción del motor diesel es mayor, estos costos expresados en función del kilometraje de recorrido entre reparaciones generales resulta ser ligeramente menor.

7.4. COSTO TOTAL

Finalmente realizaremos una comparación de los cos-

tos de inversión, operación, expresados en costos por ki lometraje recorrido.

Cuadro No. 7.8. COSTOS DE INVERSION, OPERACION Y REPARACION (US\$ / MIL KM)

	MOTOR DIESEL <u>4.236V</u>	MOTOR GASOLINERO <u>V8.318</u>
COSTO DE INVERSION	5.67	7.20
1.1. Costo de adquisición del motor	5.18	7.20
1.2. Costo de Instalación	0.49	-
COSTO DE OPERACION	60.85	120.60
2.1. Costo de Combustibles	50.75	113.60
2.2. Costo de Mantenimiento	10.10	7.00
COSTO DE RECONSTRUCCION	10.71	8.76
3.1. Costo de Repuestos	8.91	7.13
3.2. Costo de Rectificaciones	0.66	0.56
3.3. Costo de Mano de Obra	1.14	1.08
COSTO TOTAL	77.23	136.56
Relación Costo total Vehículo diesel/Vehículo gasolinero	56.55%	100.00%

7.4.1. Ahorros por uso del Motor Diesel

Analizando los resultados de los costos expresados en función de la vida útil del motor, podemos afirmar que el uso del motor diesel Perkins 4.236V permite los siguientes ahorros respecto al motor gasolinero V8.318 original del vehículo:

	<u>AHORRO</u>
Costo de Inversión	21.20%

Costo de Operación	49.54%
Costo de Reconstrucción	-22.00%
COSTO TOTAL	43.45%

7.4.2. Período de Recuperación de la Inversión

Según el cuadro resumen de costos anterior, para un recorrido de 1000 km, el motor diesel lo hace a un costo total de 77.23 US\$; mientras que el motor gasolinerero lo hace a un costo total de 136.56 US\$. Por lo que podemos afirmar que el motor diesel genera un ahorro total de 59.33 US\$ por cada 1000 km de recorrido del vehículo.

El promedio de recorrido anual para nuestro vehículo se calculó aproximadamente 72,000 km, lo que nos permitirá un ahorro total de 4,272 US\$ por cada año de operación del vehículo. Por lo que podemos estimar que la inversión en la adquisición del motor diesel Perkins Modelo 4.236V se recupera en aproximadamente un año de trabajo del vehículo.

C O N C L U S I O N E S

- 1.- Según las características del Servicio Público de Transporte Urbano de Pasajeros en Microbuses, las velocidades máximas se encuentran en el rango de 60 a 70 km/hr. Para lo cual, a plena carga con el vehículo repleto de pasajeros, se requiere una potencia útil mínima de 60 HP en las ruedas del vehículo. Por lo que, considerando las pérdidas, se requiere un motor que tenga como mínimo 70 HP de Potencia Nominal.
- 2.- El motor gasolinero V8.318, original del microbús, resulta sobredimensionado para las características de velocidad, capacidad de aceleración, y condiciones de carga de éste servicio. Lo cual ocasiona un innecesario mayor consumo de combustible, encareciendo los Costos de Operación del vehículo.
- 3.- Las velocidades y pendientes máximas alcanzadas por el microbús con el motor diesel Perkins 4.236V, son suficientes para éste servicio. En el caso más crítico, los microbuses con carrocerías alargadas y repleto de pasajeros (55 psj.), alcanzan en vías ho-

rizontales hasta 74.0 km/hr, y con la caja de velocidades en segunda marcha superan pendientes de hasta 10.9%.

- 4.- La principal desventaja del vehículo con motor diesel es su menor capacidad de aceleración. Sin embargo, esta desventaja no es tan sensible en el Servicio de Transporte Urbano en la ciudad de Lima, donde los requerimientos de aceleración para este servicio son mínimos. Por lo que, consideramos aceptables las características de aceleración del motor diesel seleccionado.
- 5.- Económicamente, el motor seleccionado es ampliamente favorable al motor gasolinero original. En gasto por combustible, debido al uso de un combustible de menor precio y de mayor rendimiento energético, permite un ahorro de 55% del gasto por combustible de su similar gasolinero. En Costos de Operación, que incluye el Costo de Combustible más el Costo de Mantenimiento, el ahorro es de 49%.
Considerando el Costo Total, que incluye los costos de: Inversión, Operación. y Reparaciones Generales. Podemos concluir que: el motor diesel Perkins 4.236V permite un ahorro total del 43% respecto de su similar motor gasolinero.
- 6.- Considerando un recorrido anual de 72,000 km, según lo evaluado, el motor diesel seleccionado permite un

ahorro anual de 4,300 US\$. Por lo que podemos afirmar que la inversión en la adquisición del motor - diesel Perkins 4.236V se recupera en aproximadamente un año de trabajo del microbús.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- D. A. CHUDACOV, "Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles", Ed. MIR - Moscú
- 2.- A. LUDEÑA, "Cálculo de la Tracción Vehicular y sus Aplicaciones", UNI - 1982
- 3.- M. S. JOVAJ, "Motores de Automóviles", MIR - Moscú
- 4.- MODASA, Motores Diesel Andinos - Dpto. de Ventas Los Angeles 275 - Miraflores - Lima
- 5.- A. COLL, "Teoría y Técnica del Automóvil" Enciclopedia CEAC - Barcelona
- 6.- J. SHIGLEY, "El Proyecto en Ingeniería Mecánica" Mc Graw Hill Book Company
- 7.- L. ZARATE, "Estudio de los Acoplamientos Universales", Facultad de Ing. Mecánica - UNI
- 8.- CAFAP, "Autonoticias", Revista: Julio-Agosto '84 Cámara de Fabricantes de Autopartes
- 9.- Necesidades de Transporte Urbano de Pasajeros - Of. Estadísticas, Ministerio Transporte y Comunicaciones
- 10.- "Diagnostico laboral y social del Transporte Urbano en el Perú en el sector de microbuses", Federación Internacional de los Trabajadores de Transporte
- 12.- CROUSE WILLIAM, "Sistema de Transmisión"
- 13.- Reglamento General de Transporte Terrestre - 1985
- 14.- L. MARKS, "Manual del Ingeniero Mecánico" Mc Graw Hill Book Company