

Universidad Nacional de Ingenieria

FACULTAD DE INGENIERIA
MECANICA

Análisis del Diseño de una Carroceria Autoportante de Automovil con Fibra de Vidrio

TESIS

*Para Optar el Título Profesional de Ingeniero
Mecánico*

FIDEL EDGARD AMESQUITA CUBILLAS

PROMOCION 1985 - II

LIMA - PERU

1991

CONTENIDO

PROLOGO		1
CAP. 1	INTRODUCCION	3
CAP. 2	CONSIDERACIONES GENERALES	4
2.1	Aspectos actuales de la Industria automotriz Nacional	5
2.1.1	Clasificación de vehículos automotores por la ley automotriz	6
2.1.2	La integración nacional en los vehículos ensamblados en el país	8
2.1.3	La producción de automóviles en el país	13
2.2	Alternativas de Fabricación de una carrocería de automóvil	16
2.2.1	Clasificación de las carrocerías	17
2.2.2	Alternativas de la carrocería autoportante	18
2.2.3	Ventajas y desventajas del recubri- miento de una carrocería autopor- tante tubular	20
2.3	Descripción del vehículo existente	26
2.3.1	Datos técnicos	26
2.3.2	Particularidades del vehículo	27
2.3.3	Carrocería del vehículo	28

CAP. 3	ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR	32
3.1	Generalidades	32
3.2	Comportamiento estático de la estructura tubular	33
3.2.1	Criterios de esfuerzos combinados en la estructura	34
3.2.2	Determinación de las cargas actuantes en la estructura	37
-	Ubicación de pesos en la carrocería	37
-	Determinación de las cargas distribuidas	38
3.2.3	Medidas y propiedades resistivas de los componentes de la estructura	40
-	Momento de inercia ecuatorial, polar y módulo resistente	41
-	Constancia de rigidez de resorte y barra de torsión	42
-	Medidas y esfuerzos admisibles	44
3.3	Evaluación de la Estructura haciendol uso de un Software	45
3.3.1	Descripción del software SAP-80	45
-	Orden de ejecución	45
-	Descripción del grupo de programas	46
-	Metodología de cálculo del sap-80	50
3.3.2	Datos de ingreso de la estructura	56
-	Convención de signos	56

-	Declaración de nudos y miembros	57
-	Condiciones de carga a evaluar	57
3.3.3	Discusión de resultados	66
-	Evaluación de los puntos críticos	67
-	Diagrama de carga axial	69
-	Diagrama de fuerza cortante	70
-	Diagrama de momentos flectores	71
-	Diagrama de momento torsor	72
CAP. 4	ANÁLISIS DEL RECUBRIMIENTO CON FIBRA DE VIDRIO DE LA CARROCERÍA ESTUDIADA	74
4.1	La Fibra de Vidrio en el uso Automotriz	74
4.1.1	Composición del plástico reforzado con fibra de vidrio	75
-	Formas de fibras de vidrio	76
-	Tipos de resinas	78
4.1.2	Preparación del plástico reforzado con fibra de vidrio	80
4.1.3	Tipos de procesos en el uso del plástico reforzado con fibra de vidrio	84
4.2	Forma de Distribución y Fabricación del recubrimiento con fibra de Vidrio de la carrocería estudiada	87
4.2.1	Distribución de moldes de la carrocería estudiada	87

	-	Consideraciones para la fabricación de los moldes y piezas en fibra de vidrio	88
4.2.2		Ruta del proceso de fabricación	91
4.2.3		Estimación de los tiempos standar de producción por producto fabricado	93
4.2.4		Estimación de los requerimientos mínimos como medio de producción.	95
CAP. 5		ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO AERODINAMICO DE LA CARROCERIA ESTUDIADA	97
5.1		Generalidades	97
5.1.1		Ecuación del movimiento del vehículo	97
	-	Fuerza de propulsión	98
	-	Fuerza de resistencia a la rodadura	99
	-	Fuerza de resistencia a la pendiente	99
	-	Fuerza de resistencia de la carretera	99
	-	Fuerza de resistencia aerodinámica	100
	-	Fuerza de resistencia a la Inercia	100
5.1.2		Diagrama de propulsión del vehículo	101
5.1.3		Características dinámica del vehículo	102
5.2		Aerodinámica de la Carroceria Estudiada	105
5.2.1		Simulación aerodinámica en el campo automotriz	106

-	Determinación de las fuerzas aerodinámicas en un tunel de viento	107
-	Prueba en un plano fijo	108
-	Visualización del flujo de aire en un tunel de viento	112
-	Descripción de un tunel de humo	
5.2.2	Influencia de los factores constructivos de la carrocería para la obtención del coeficiente de forma.	115
-	El método de optimización	115
-	Diseño del extremo frontal	118
-	Diseño del extremo posterior	119
5.3	Cálculo de la Performance del Vehículo con la Carrocería Estudiada	124
5.3.1	Secuencia de cálculo	124
5.3.2	Especificaciones técnicas del vehículo evaluado	126
5.3.3	Obtención del diagrama de propulsión y factor dinámico	127
CAP. 6	EVALUACION ECONOMICA DE LA CARROCERIA ESTUDIADA	132
6.1	Costo Total de la Carrocería	132
-	Configuración del procedimiento para la obtención del costo	133
6.1.1	Metrado de materiales	136

6.1.2	Hoja de ruta	140
-	Costo de mano de obra promedio	142
6.1.3	Hoja de costos	143
CONCLUSIONES		147
BIBLIOGRAFIA		149

APENDICE

- Hoja de datos para la ejecución del SAP-88
- Fuerzas en los miembros de la estructura

PLANOS

- T-01 Presentación del vehículo modificado
- T-02 Estructura tubular
- T-03 Chasis carrocería autoportante
- T-04 Cuerpo principal (fibra de vidrio)
- T-05 Cubierta total en explosión (fibra de vidrio)

PROLOGO

En la presente tesis, para poder hacer un análisis global del diseño de la carrocería, se han desarrollado cinco capítulos considerados importantes en el diseño de dicha carrocería.

Primeramente se detallan las consideraciones generales que se han tomado en cuenta: alcance y restricciones de nuestra industria automotriz, justificación del diseño de la carrocería en concordancia con nuestra realidad y por último la descripción del vehículo tomado como base.

En el siguiente capítulo se inicia el estudio propiamente dicho, analizando la estructura ya existente, para lo cual se hace uso de un software.

El capítulo posterior abarca lo concerniente a la particularidad del recubrimiento de la carrocería con "fibra de vidrio", detallándose las características básicas de este material en lo concerniente a sus procesos y a su conformación.

El capítulo siguiente comprende el comportamiento aerodinámico de la carrocería, análisis considerado importante en el diseño de la forma de la carrocería.

En el último capítulo se hace una evaluación económica de la fabricación de una producción piloto, obteniendo así un precio estimado de la carrocería estudiada.

Para el desarrollo de la presente tesis se ha obtenido la colaboración de la empresa ETRAMSA, que brindó las facilidades del caso, así como también el CISMID que dio su apoyo para el uso del software mencionado anteriormente.

A estas dos instituciones, agradezco por su apoyo sustancial.

INTRODUCCION

El siguiente estudio surge a partir de la viabilidad de la construcción local de una carrocería de automóvil, siendo el punto de partida de la idea, un vehículo ya existente el cual posee una carrocería que por sus características de diseño se adapta a nuestra infraestructura de producción automotriz y a sus vez marca un inicio en las posibilidades de la integración total de un vehículo comercial.

El vehículo en mención tomado como base, es un vehículo militar de origen brasileño y tiene la particularidad de tener una carrocería autoportante tubular con recubrimiento total en "fibra de vidrio".

Si bien se han descrito en forma sucinta los cinco capítulos del contenido de las tesis en el prólogo, existen algunos puntos que son necesarios esclarecer en forma más detallada, tal es el caso del cálculo estructural, en donde se hace uso de un software que permite analizar estáticamente la estructura miembro por miembro en diferentes condiciones de trabajo, este análisis es relativamente detallado, pero un resultado mucho más conciso y real es el obtenido mediante pruebas experimentales que reflejan el comportamiento dinámico de la estructura. Para la obtención de estos resultados existen varias metodologías, partiendo de

los bancos de prueba hasta llegar a las prueba de ruta en donde se hacen uso de sensores electrónicos.

Otro punto que es necesario detallar más en el análisis de la carrocería, es el comportamiento aerodinámico, puesto que sobre él giran muchos parámetros que definen posteriormente al vehículo como son: potencia, velocidad, consumo, etc. un estudio detallado de este capítulo nos llevaría a un nuevo tema de tesis en el cual también sería necesario incluir pruebas experimentales en tuneles de viento.

Si bien es cierto que no se llega al detalle de fabricación de la carrocería estudiada, en los cinco capítulos desarrollados se presenta lo esencial a tener en cuenta en el diseño de una carrocería de automóvil.

CAPITULO 2

CONSIDERACIONES GENERALES

2.1 Aspectos actuales de la industria automotriz nacional

El sector de la industria automotriz está sometida a la ley de la industria automotriz la cual norma las actividades industriales y manufactureras destinadas a la producción de vehículos automotores, desde la etapa de autopartes hasta el producto terminal.

Siendo objetivo fundamental de esta ley, fomentar el desarrollo de la industria automotriz, mediante la integración de autopartes nacionales además de propiciar la disminución de la dependencia externa de los productos automotores.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado a continuación se muestran aquellos artículos de la ley que se relacionan con el presente estudio.

2.1.1 Clasificación de Vehículos y Autopartes por la ley automotriz

a) Vehículos automotores

Grupo I "Vehículos automotores para el transporte de carga y pasajeros"

- Automóviles y sus derivados incluyendo los de tracción en más de dos ruedas.

Categoría A1 : Hasta 1050cc de cilindrada

Categoría A2 : Mas de 1050cc hasta 1500cc de cilindrada

Categoría A3 : Mas de 1500cc hasta 2000cc

Categoría A4 : Mas de 2000cc

- Camionetas Pick Up y sus derivados, vehículos comerciales con chasis y con cabina incluyendo a los de tracción en más de dos ruedas.

Categoría B1 : Hasta 4000 kg. PBV

Categoría B.1.1: Transporte de pasajeros hasta 4000kg. de PBV.

Categoría B2 : Hasta 7500 kg. PBV

Categoría B3 : Hasta 12500 kg. PBV

Categoría B4 : Hasta 16000 kg. PBV

Categoría B5 : Mas de 16000 kg.de
PBV.

- Vehículos comerciales con chasis o plataforma y sin cabina incluyendo a los de tracción en más de dos ruedas.

Categoría C1 : Hasta 12000 kg. PBV

Categoría C2 : Mas de 12000 kg.de
PBV.

- Motocicletas y vehículos de tres ruedas
Categorías D1, D2, D3, D4.

Grupo II "Vehículos automotores para la agricultura, la Industria, movimiento de tierra y otros usos."

- Tractores para uso agrícola, maquinaria móvil para movimiento de tierras y otras.

Categorías E1, E2, E3.

- Vehículos de uso militar

Categoría F1 : Vehículos de combate
blinda-dos.

Categoría F2 : Vehículos rodantes
de apoyo de combate
porta tropa, mate-
riales y armas, de
reconocimiento.

Categoría F3 : Vehículos Anfibios.

b) Autopartes

b.1) Autopartes fundamentales:

- 1.- Motor
- 2.- Caja de Cambios
- 3.- Eje tractor y porcentaje
- 4.- Sistema de dirección

b.2) Autopartes no fundamentales

Aquellos no comprendidos en el punto anterior.

De acuerdo a la clasificación mostrada, el vehículo presentado anteriormente sería clasificado dentro de las categorías A-2 ó A-3 dependiendo de la cilindrada de su motor. Su carrocería estaría clasificada como un autoparte no fundamental.

2.1.2 La Integración Nacional en los Vehículos Ensamblados en el País

De acuerdo a la ley automotriz las empresas de la industria terminal (ensambladoras) y las de autopartes deben cumplir un programa de integración progresivamente creciente, mediante la incorporación física de autopartes, partes y piezas de producción nacional.

El porcentaje de integración de los vehículos y autopartes se computan de acuerdo con el valor porcentual que el organismo competente asigne a los autopartes nacionales incorporadas al vehículo. Dicho porcentaje se establecen por categorías del vehículo.

A) VEHICULOS

	VEHICULOS	PORCENTAJE MINIMO DE INTEGRACION FISICO OBLIGATORIO	PORCENTAJE MINIMO DE INTEGRACION NACIONAL INCLUYENDO COMPENSACION CON EXPORTACION				
			1984	1985	1986	1987	1988
1.	Categoría A-1	30%	31%	34%	38%	42%	47%
2.	Categoría A-2	30%	31%	34%	38%	42%	47%
3.	Categoría A-3	30%	31%	34%	38%	42%	47%
4.	Categoría A-4	30%	31%	34%	38%	42%	47%
5.	Categoría B-1	30%	31%	34%	38%	42%	47%
6.	Categoría B-2	30%	31%	34%	38%	42%	47%
7.	Categoría B-3	30%	31%	34%	38%	42%	47%
8.	Categoría B-4	30%	31%	34%	38%	42%	47%
9.	Categoría B-5	30%	31%	34%	38%	42%	47%
10.	Categoría C-1	25%	27%	31%	36%	41%	47%
11.	Categoría C-2	25%	27%	31%	36%	41%	47%
12.	Categoría D-1	10%	12%	14%	16%	18%	20%
13.	Categoría D-2	10%	12%	14%	16%	18%	20%
14.	Categoría D-3	10%	12%	14%	16%	18%	20%
15.	Categoría D-4	30%	32%	34%	36%	38%	40%
16.	Categoría E-1	10%	12%	14%	16%	18%	20%
17.	Categoría E-2	10%	12%	14%	16%	18%	20%
18.	Categoría E-3	10%	12%	14%	16%	18%	20%

Tabla N° 1 Porcentaje de integración mínima de vehículos

B) AUTOPARTES

B.1) Fundamentales

Motor diesel vehicular y sus derivados

1985	1986	1987	1988
12%	20%	22%	25%

Las empresas productoras de autopartes fundamentales no comprendidas deberán cumplir con los porcentajes establecidos posteriormente.

B.2) No Fundamentales

Deberá iniciarse con un porcentaje del 20% y su integración progresiva deberá ceñirse bajo un cronograma de integración. Se considera un autoparte no fundamental nacional a los siguientes casos:

- a) Cuando tiene integración nacional física no menor del 50% y cumple un cronograma de integración creciente.
- b) Cuando se fabrica a partir de un semielaborado genérico importado que no se producen en el país. Considerándose un material semielaborado genérico el

constituido por lingotes, barras planchas, tubos, perfiles, alambres o productos químicos o materias primas que requieren de un proceso industrial para ser usados como autopartes.

Porcentaje de integración nacional

El porcentaje de integración nacional en los vehículos automotores y autopartes producidos en el país se determinan mediante la siguiente fórmula:

$$IN = \left(1 - \frac{(VCI - VCE)}{VTC}\right) \times 100$$

Donde:

- IN = Porcentaje de integración nacional por modelo de vehículo.
- VCI = El valor FAS CKD aprobado por el Vice Ministro de Industrias, de los autopartes importados utilizados en el ensamblaje de cada modelo standard, por el número de vehículos producidos.
- VCE = El valor FOB de los autopartes nacionales exportados en el año anterior, incluso en los vehículos exportados.

VTC = El valor FAS CBU del vehículo armado sobre ruedas aprobado por el viceministro de Industrias por el número de vehículos producidos.

Actualmente el valor VCE no se dá, de lo cual la formula queda:

$$IN = \left(1 - \frac{VCI}{VTC}\right) \times 100 \quad (1)$$

Entendiendose por:

- Valor FOB: Precio de importación hasta puerto de salida
- Valor FAS: Carga a un lado del barco
- CKD : Siglas cuyo significado explican una maquinaria o equipo completamente desar-mado.
- CBU : Siglas cuyo significado explica una maquinaria o equipo completamente armado.

2.1.3 La Producción de Automóviles en el País

Para tener una idea clara sobre el modelo de automovil de mayor aceptación en nuestro medio, a continuación se detallan cuadros estadísticos, los cuales son emitidos por la Asociación Automotriz del Perú.

EMPRESA\AÑO	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
BETA	-	-	-	328	1019	497	22
MOTOR PERU	1505	1178	965	2035	1602	1284	114
NISSAN	4050	3880	4480	4700	4253	1989	405
TOYOTA	4.024	2934	3275	4842	3904	1762	540
VOLVO	47	271	443	343	882	715	108
SCANIA	-	-	-	-	22	37	29
CAMENA	-	-	-	245	1347	654	50
TOTAL	9626	8263	9163	12,691	13,029	6,938	1,268

Tabla N° 2 Producción de vehículos por empresa

CATEGORIA\AÑO	83	84	85	86	87	88	89	TOTAL 83 - 89
A2(1050-1500cc)	3865	2658	2405	3087	1916	-	-	13,931
A3(1500-2000cc)	4025	2934	3512	3967	2794	2334	329	19,985
4x2	1690	2440	2443	4023	4130	1869	520	17,115
4x4	-	-	360	500	1810	1289	159	4,118
B2	-	-	-	245	1347	592	85	2,269
B3	-	-	-	304	128	6	-	438
B4	-	-	10	108	83	149	27	377
B5	15	76	258	398	739	615	130	2231
C2	32	195	175	62	82	84	6	636
TOTAL AUTOS Y SW	7889	5592	5917	7054	4710	2334	379	33,875
VEHICULOS COMERCIALES	1737	2671	3246	5637	8319	4604	879	27,093

Tabla N° 3 Producción de vehículos por categorías

De acuerdo a los cuadros estadísticos presentados, podemos observar que la producción automotriz a decaído en los últimos años como consecuencia de la crisis que afronta el país, pero basandose en la sumatoria de los últimos 8 años, podemos decir que los autos con motores sobre los 1500 cc tienen buena aceptación. Pero somos concientes de la tendencia a tratar de economizar el valor del auto.

2.2 Planteamiento de alternativas para la fabricación de una carrocería de automovil

Como se ha podido observar, la industria automotriz nacional posee ciertas limitaciones en cuanto a la producción nacional de vehículos, es decir no existe el despegue de la industria extranjera, limitándonos tan solo a un ensamble continuo con una integración nacional también limitada, pero contrariamente se tiene una evolución aceptable en el desarrollo de carrocerías, tanto de pasajeros como de carga, si es verdad que son desarrolladas sobre un chasis ya obtenido, su fabricación es 100% nacional.

2.2.1 Clasificación de las Carrocerías

Según el campo de aplicación.	De pasajeros	- Vehículos ligeros
		- Microbuses
		- Omnibuses
		- Omnibuses articulado
		- Etc.
	De carga	- Plataformas
		- Furgon
		- Tolva
		- Cisterna
		- Etc.

Según el método de soportar las cargas	- <u>Portante o Convencional.</u> - Desmontable sobre el chasis soportando este toda la carga.
	- <u>Semi - Integral.</u> - Va anclado a los bastidores de tal manera que juntos forman una unidad capaz de soportar las cargas.
	- <u>Integral o autoportante.</u> - La carrocería está construida con elementos estructurales rígidamente unidos formando una sola unidad a la que va fijada los elementos mecánicos.

De acuerdo a la clasificación antes mostrada, el tipo de carrocería más conveniente a desarrollar sería la autoportante o integral, debido a que ésta es a su vez carcaza y chasis, de esta manera se evita la necesidad de recurrir a un proveedor de chasis y se enfoca el desarrollo de la carrocería a una futura integración total del vehículo.

2.2.2 Alternativas de Fabricación de una Carrocería Autoportante

Dentro de las carrocerías autoportantes, encontramos dos tipos que son muy conocidas:

- a) Autoportante de planchas rígidas o compacto.- Este tipo de carrocerías se caracteriza por la unión de planchas de tal forma que hacen un conjunto sólido estructural y a su vez dan la forma del vehículo, normalmente en automóviles son planchas delgadas conformadas existiendo también las formadas por planchas rectas gruesas que caracterizan a los vehículos militares y blindados.

- b) Autoportante Tubular.- Este tipo de carrocería se caracteriza por presentar una estructura de tubo capaz de soportar las cargas a las cuales está sometida la carrocería. Luego para darle la forma al vehículo, se reviste dicha estructura con piezas de plancha de hierro o piezas en fibra de vidrio.

Normalmente esta forma de carrocerías se observa en los autos deportivos de

competencia y en menor escala en autos comerciales.

Existen también algunas variedades en cuanto a la fabricación de estas carrocerías, tanto en la forma de revestimiento como el de la estructura, caracterizándose para los autos deportivos, estructuras en tubos redondos con pocas piezas de recubrimiento interrecambiables pudiendo ser de fibra o plancha.

Para los autos comerciales por su uso, necesita tener un revestimiento total dándose casi siempre en piezas de fibra de vidrio.

Luego de analizar las formas de carrocerías autoportante, sin duda que la mas convenientes es la tubular, puesto que nuestra realidad impide conformar planchas de metal para formar un auto compacto.

2.2.3 Ventajas y Desventajas en Nuestro Medio
Del recubrimiento de una carrocería
autoportante tubular

Como anteriormente se ha visto, la carrocería autoportante tubular necesita de una cubierta, que en los vehículos comerciales da la forma del vehículo.

Esta se puede lograr con planchas de fierro conformadas o piezas en fibra de vidrio. A continuación se hará la comparación de las dos alternativas:

a) Diferencias Económicas de Ambas Alternativas

Considerando el aspecto económico un parámetro comparativo decisivo para nuestro medio, marcaremos inicialmente las diferencias en este aspecto.

SECCION	COSTO (\$) H - H	Material Costo (\$/Kg)
Producción	1.00	Fibra de Vidrio 3.49
Maestranza	1.62	Fierro 1.28
		Acero p'matriz 8

Equipo (*)	Tiempo de vida Piezas/equipo
Molde de F.V	100
Matriz	30,000

(*) Cabe mencionar que de acuerdo a las sugerencias bibliográficas en el diseño de matrices, una matriz de corte tiene un uso de 30,000 pzas. hasta su rectificación del filo.

a.1) Costos de producción por unidad

Para poder hacer una comparación real se ha tomado como base una pieza existente en fibra de vidrio la cual reúne ciertas características en forma y medida, que nos acerca a una posible pieza de la carrocería estudiada.

Producto: Guardafango Camión Mazda T-3500

Material Original: Fibra de vidrio

Medidas Aproximadas: 3.5x600x800mm

- Fibra de Vidrio

Nº	Proceso de Fabricación	H-H	Material		Costo (\$)	
			(Kg ó Gl)	Mano de Obra	Mater.	
1	Limpieza y encerado		0.33			
2	Aplicación del Gel-Coat		0.33			
3	Laminado y Rebabe		3.00	2.353		
4	Acabado Final		0.33			
	Total de Operaciones		3.99			
	20% Supplement.		0.88			
T O T A L			4.87	2.353	4.87	8.21
			COSTO TOTAL		13.08	

- Plancha Conformada (R 0.9x600x800)

Nº	Proceso de Fabricación	H-H	Material		Costo (\$)	
			(Kg ó Gl)	Mano de Obra	Mater.	
1	Habilitamiento		0.05	3.4		2.98
2	Embutido		0.09			
3	Troquelado zona curva		0.06			
4	Troquelado lateral		0.06			
5	Troquelado Oblicuo		0.06			
6	Recorte total		0.09			
7	Desengrase y pintura		0.2	0.054		1.5
	Total de Operaciones		0.57			
	20% Supplement.		0.114			
T O T A L			0.684	-	0.684	4.48
			COSTO TOTAL		5.16	

a.2) Costo de Inversión

De igual manera para poder hacer una comparación equitativa se tomará como base una línea de producción y un lote determinado de piezas obtenidas.

- En Planchas Conformadas

Nº Matriz de	Peso Aprox. (Kg)	H-H	Costo (\$)	
			Mano de Obra	Mater.
1 Embutido	2550.25	400	648	20402
2 Troquel en zona	2550.25	350	567	20402
3 Troquel a 90º	167.8	100	162	1342.4
4 Troquelado oblic.	83.9	80	129.6	761.2
5 Recorte Total	2550.25	320	518.4	20402
T O T A L	7902.45	1250	2025.0	63219.6
COSTO TOTAL			67,269.6	

- En Fibra de Vidrio.

Nº Molde	Peso Aprox. (Kg)	H-H	Costo (\$)	
			Mano de Obra	Material
1 Toda la Pieza	3.2	32	32	11.17
COSTO TOTAL (x100Pza.)			43.17	
COSTO TOTAL (x30000 pzs.)			12,251.0	

De los cuadros anteriormente presentados, observamos que una misma pieza resulta mas costosa su fabricación en fibra de vidrio que hacerla en plancha conformada (aprox. 3 veces). Pero existe el inconveniente que para producir dicha pieza en plancha conformada, se necesita de una inversión grande que supera aproximadamente en 5 veces a la pieza en Fibra de Vidrio. Considerando además que: La inversión para conformar piezas se justifica para un lote mínimo de 30,000 pzas, se debe poseer la instalación adecuada de prensas para el uso de las matrices, la capacidad de las prensas limita el tamaño de piezas. Al costo anteriormente proporcionado se le debe agregar los costos indirectos de instalación y de operación de las prensas.

Como se puede ver la alternativa de usar las piezas en Fibra de Vidrio está de acorde a nuestra realidad, ya que la vida de los moldes son alrededor de las 100 pzas. lo cual va en concordancia con una posible demanda de nuestro mercado.

b) Diferencias Físicas de las Dos Alternativas

Salvando el aspecto económico es necesario resaltar las ventajas y desventajas de ambas alternativas en lo referente a las propiedades físicas mas significativas:

PROPIEDADES FISICAS	FIBRA DE VIDRIO	PLANCHA DE FIERRO
Peso por unidad de vol. (γ)	1.7	7.8
Corrosión	No presenta	Si presenta
Modulo de Elasticidad al impacto:ASTM entallaV (Kg-m/cm ²)	2.86	3.5
Esfuerzo de Tracción (Kg/mm ²)	14	35.0
Modulo de elasticidad a la Flexión (Kg/mm ²)	1,500	21,000
Conductividad Térmica	No acumula, disipa calor	Acumula calor
Estabilidad dimensional	No se estira	Se presenta o encoje con dilatación cambio de T ^o , por efectos de T ^o .

Tabla N^o 4 Propiedades físicas comparativas de la fibra de vidrio y la plancha de fierro.

2.3 Descripción del vehículo existente

El vehículo en mención es de origen Brasileiro, marca GURGEL modelo XAVANTE del cual se tiene dos versiones: X-10 y X-12 ambos en el rubro militar. A continuación se detallan las características del Xavante X-10 el cual se toma como modelo.

2.3.1 Datos Técnicos

Motor:

Localización:	Posterior
Número de cilindros:	4 horizontales opuestos
Cilindrada:	1.584 cc
Desempeño:	60HPa 4600 rpm (SAE) 12 Kg-m a 3000 rpm (SAE)
Peso del motor seco:	113Kg.

Suspensión:

Independiente en las cuatro ruedas, amortiguadoras hidráulicos adelante y atrás, suspensión posterior por resortes, suspensión delantera por barras de torsión.

Dirección:

Tipo sector y sin fin

Diámetro mínimo de curva:	9.5m
Ruedas:	5.5 x 15
Neumáticos:	5.60 x 15

Transmisión:

Caja de cambios de 4 velocidades sincronizadas hacia adelante y una hacia atrás.

Razón de transmisión:	1ra.	1:3.00
	2da.	1:2.06
	3ra.	1:1.32
	4ta.	1:0.87

Diferencial: 4.375:1

Dimensiones:

Altura:	1.450 mm
Ancho:	1.630 mm
Largo:	3.500 mm
Distancia entre ejes:	2.040 mm
Distancia entre ruedas delanteras:	1.305 mm
Distancia entre ruedas traseras:	1.288 mm
Luz libre	200 mm
Angulo de incidencia	47°
Angulo de salida	23°

2.3.2 Particularidades del Vehículo existente

Dentro de las particularidades que posee este vehículo la principal es el chasis, el cual se basa en el sistema "PLASTEEL" la cual muestra una configuración integral entre estructura o alma de acero tubular con recubrimiento total de fibra de vidrio.

Este vehículo además posee ciertas características de un vehículo militar, tales como:

- Ruedas posteriores anchas para su mejor desempeño en terrenos poco accesibles.
- Techo de lona tipo convertible con parabrisas rebatible y ventanas laterales de plástico.
- Winche de remolque en posición delantera sobre el parachoque.
- Su geometría presenta pequeña distancia entre los ejes, buena altura del suelo y buenos ángulos de entrada y salida.

Las características que se crean convenientes para el desarrollo de la nueva carrocería, serán tomadas en cuenta más no aquellas que no sean indispensables.

2.3.3 Carrocería del Vehículo existente

Como se dijo anteriormente, la carrocería presenta una singularidad en su construcción, siendo una estructura tubular con un recubrimiento total en fibra de vidrio, en la Fig. 1 se muestra la configuración de la estructura tubular, como se puede apreciar es de muy fácil construcción y el material es

tubo de sección cuadrada de 1 1/4" por 1/8" de espesor de pared.

Como primeras observaciones podríamos decir que básicamente la estructura se define en las zonas donde se colocará el eje delantero y posterior respectivamente además del alojamiento del motor, siendo en este caso la parte posterior.

La geometría y forma del vehículo la proporciona el recubrimiento en fibra de vidrio, además de proporcionar cierta rigidez al conjunto estructural. La fig. 2 nos muestra el vehículo en sí. Como se puede apreciar este vehículo presenta características militares el cual será modificado para el desarrollo de la nueva carrocería.

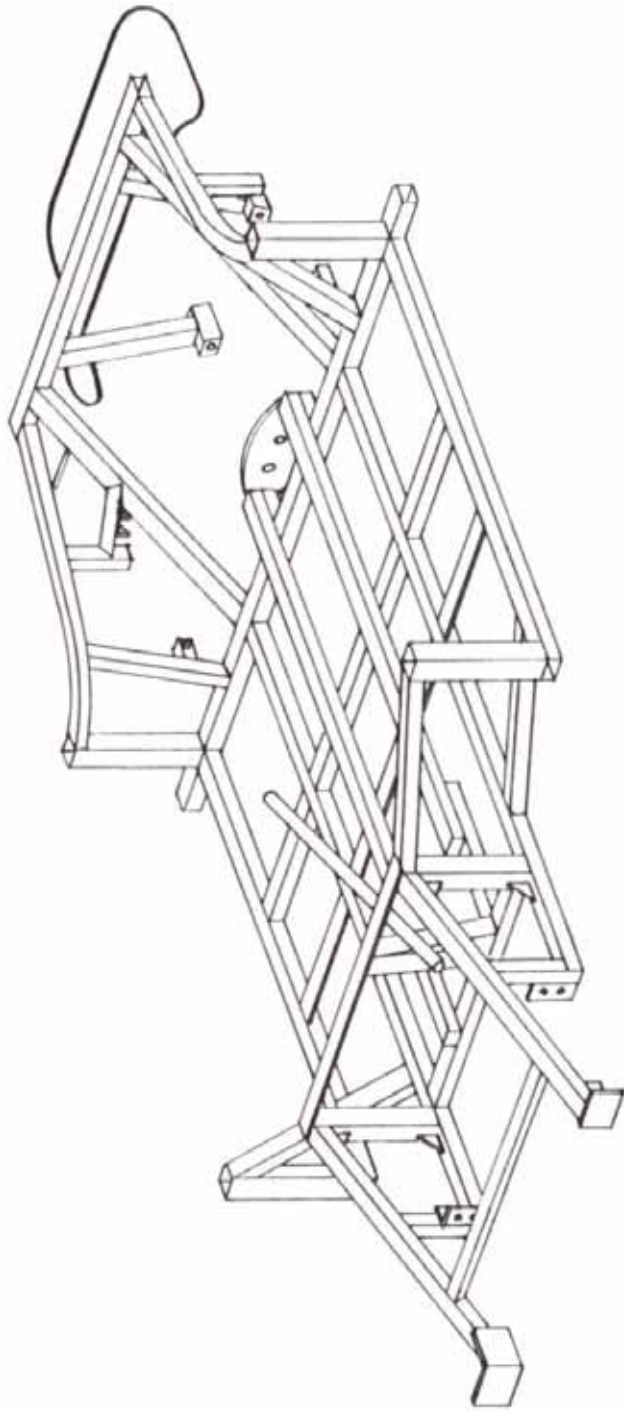


FIG. 1

CAPITULO 3

ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR

3.1 Generalidades

Este estudio trata de analizar el comportamiento de la estructura tubular de la carrocería a los diferentes tipos de cargas a la que es sometida tal estructura para así establecer comparaciones entre los diferentes miembros que conforman dicha estructura.

Cabe mencionar que en una carrocería se presentan cargas estáticas y dinámicas, siendo estas últimas, las que en un momento dado crean un colapso en determinados puntos críticos, realmente son cargas estáticas que con el movimiento del vehículo son repetidas con una frecuencia obtenida de acuerdo a la conducción del vehículo, es decir, que depende mucho de la situación del camino por donde circula el vehículo, siendo por su puesto más crítico cuando existen irregularidades,

haciendo una repetición frecuente de las cargas puntuales o estáticas.

Se sabe que existen en otros medios, bancos de prueba de chasis y carrocerías, los cuales simulan movimientos vibratorios de tal manera que mediante tensímetros ubicados en sitios estratégicos y a su vez estos conectados a un procesador de datos se obtiene la información necesaria para evaluar los puntos críticos del chasis o carrocería evaluada.

En el presente estudio se ha hecho uso de un software, el cual analiza la estructura estáticamente miembro por miembro obteniendo así un resultado que manualmente sería muy complicado de obtener. Este software tiene la particularidad de emitir resultados (momentos, carga axial, torque y fuerza cortante) en diferentes condiciones de carga, de este modo se obtienen resultados que sirven para entablar comparaciones en diferentes condiciones de trabajo.

3.2 Comportamiento estático de la estructura tubular

El estudio de una estructura en las tres dimensiones nos lleva a un análisis en el cual se obtiene esfuerzos normales y de corte, originados éstos por cargas de flexión, tracción y/o

comprensión, fuerzas cortante y momento torsor. Todas estas fuentes del origen de esfuerzos se presentan en muchos casos combinadamente necesitando usar un criterio de aplicación de esfuerzos combinados que seguidamente será explicado.

3.2.1 Criterio de esfuerzos combinados en la estructura

Si se tiene un miembro de la estructura en el espacio, éste elemento se puede analizar individualmente teniendo los valores de las fuerzas y momentos que se aplican a dicho miembro aislado con sus respectivas cargas y momentos individuales. De allí se puede aplicar el siguiente criterio de esfuerzos:

$$\sigma = \pm \frac{M}{W_{33}} + \frac{N}{A} \quad (2)$$

$$\tau = \pm \frac{3}{2} \frac{V}{A} + \frac{M_t}{W_p} \quad (3)$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal max y min (kg/mm²)

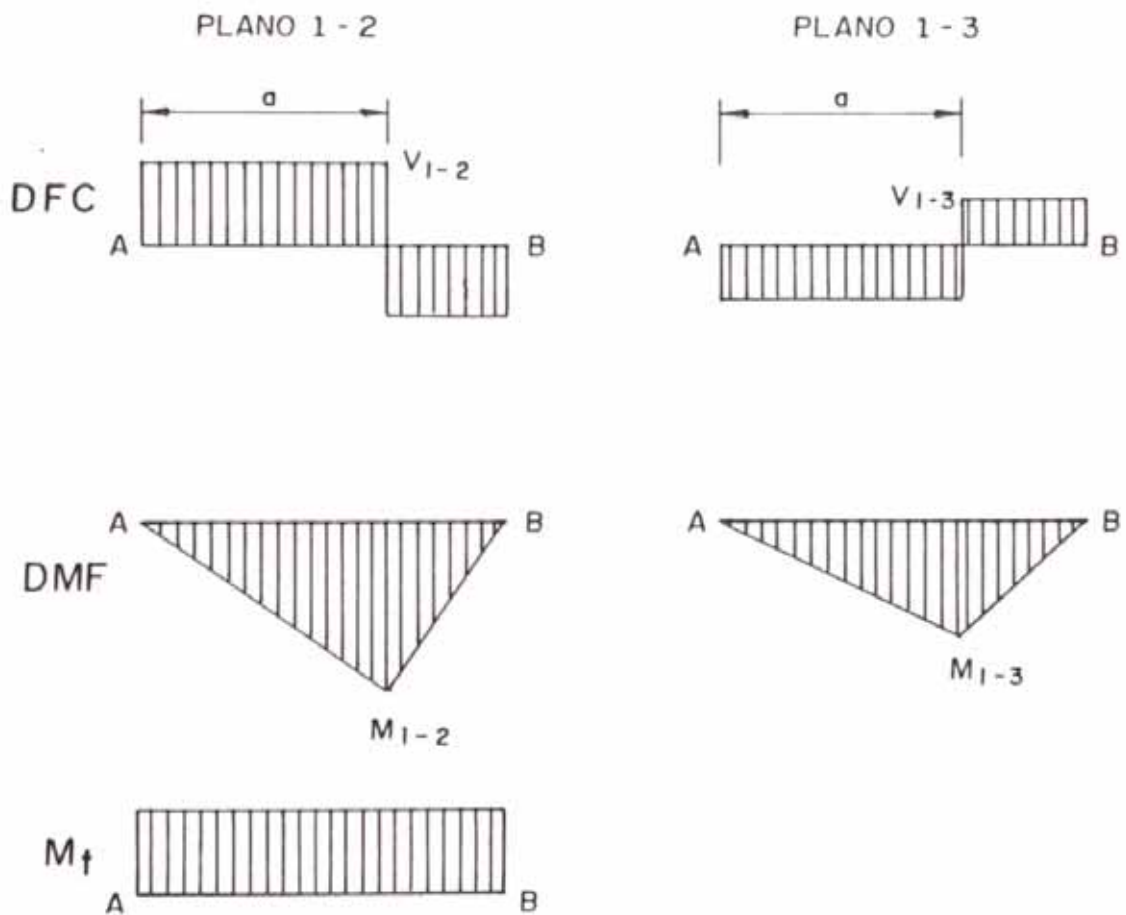
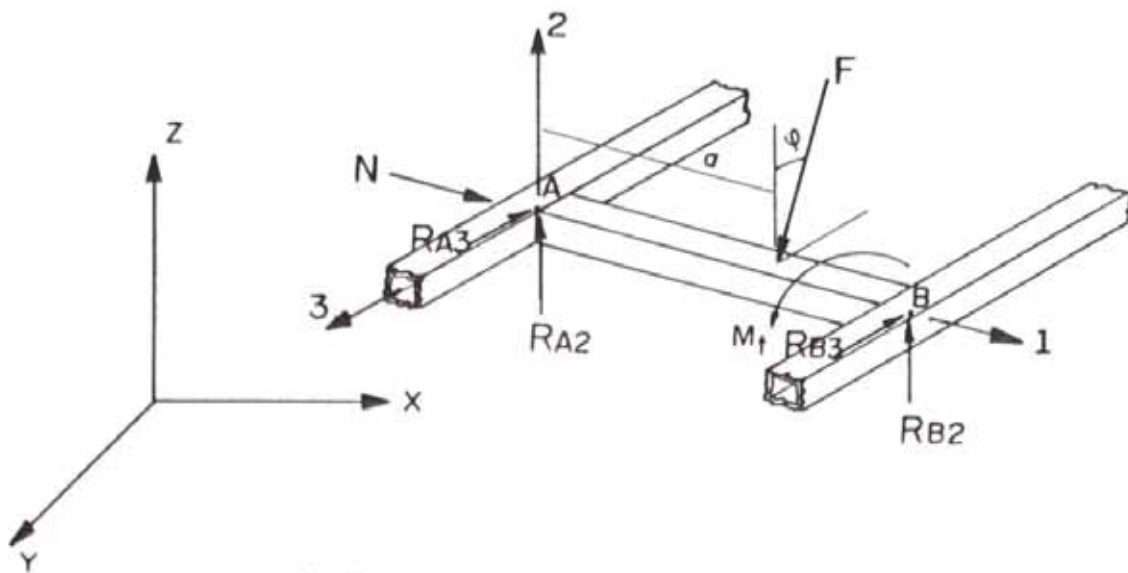
M = Momento flector máx compuesto (kg·mm)

N = Fuerza axial (kg)

A = Área de la sección del tubo (mm²)

- τ = Esfuerzo Cortante Máx y Mín (Kg/mm²)
 V = Fuerza Cortante Máx y Mín (Kg/mm²)
 M_t = Momento torsor (kg-mm)
 W_{xx} = Módulo resistente ecuatorial (mm³)
 W_p = Módulo resistente polar (mm³)

Cabe hacer notar que las fórmulas (2) y (3) se rigen por una convención de signos que más adelante los mostraremos.



$$M = \sqrt{(M_{1-2})^2 + (M_{1-3})^2} \quad V = \sqrt{(V_{1-2})^2 + (V_{1-3})^2}$$

FIG.3

3.3.2 Determinación de las cargas actuantes en la estructura

Para la determinación de los puntos de aplicación de las cargas estáticas actuantes se ha levantado un plano coordenado de la estructura T-02, que posteriormente nos servirá para la ubicación de las juntas o nudos de la estructura a ser analizada.

A continuación se presenta una tabla de los pesos actuantes con su ubicación muy aproximada en la carrocería.

No	Descripción	P (kg)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
1	Motor	120	3080	0	420
2	Caja de cambios	50	2700	0	300
3	Tanque de combus	40	610	360	540
4	Tripulante 1	80	1830	-360	600
5	Tripulante 2	80	1830	300	600
6	Tripulante 3	80	2400	0	800
7	Tripulante 4	80	2400	-300	800
8	Tripulante 5	80	2400	0	650
9	Llanta de repuesto	30	610	0	650
10	Carrocería	255	Distribuida uniforme		

Tabla No 5 Ubicación de pesos en la carrocería

En el caso de la estructura, se considerará un peso uniformemente distribuido por unidad de longitud.

El valor de 255 Kg. corresponde al peso total de la carrocería, es decir estructura tubular y recubrimiento con fibra de vidrio y la magnitud se ha obtenido del pesado real de dicha carrocería.

Precisamente por la particularidad de la carrocería, existen cargas actuantes que son puntuales en zonas donde no existe un miembro de la estructura tubular, como por ejemplo el peso del tanque de combustible, cuyas coordenadas indican el CG del tanque. Dicho tanque a su vez se apoya sobre una base de fibra de vidrio y esta a su vez en los miembros que rodean al C.G. del tanque, donde normalmente se hace la sujeción.

Por este motivo, a continuación se determinan las cargas distribuidas en los miembros de la estructura tubular.

Determinación de las cargas distribuidas

Ejemplo: Tanque de combustible (fig. 4)

De acuerdo a la fig y al plano cordenado T-O, se tiene:

Peso total = 70 kg.

Longitud total = $L_{3-7} + L_{7-10} + L_{10-4} + L_{4-3}$

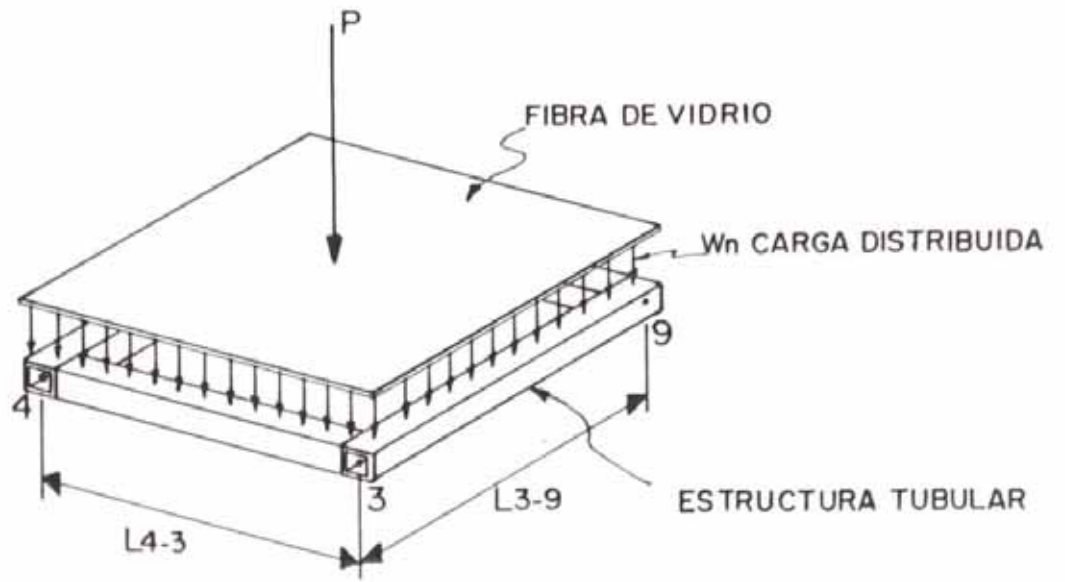


FIG. 4

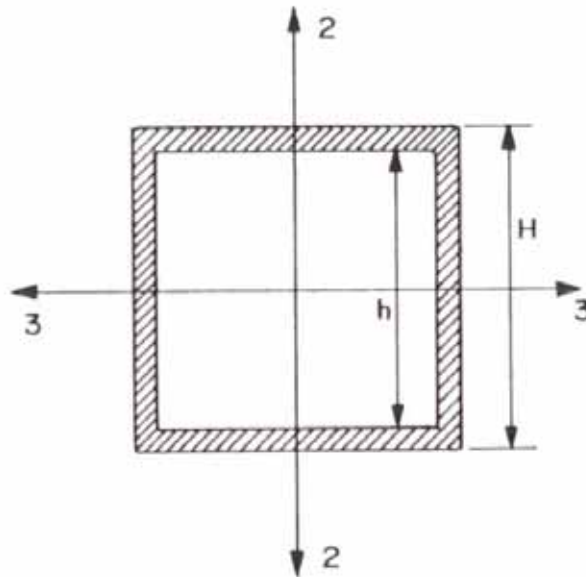


FIG. 5

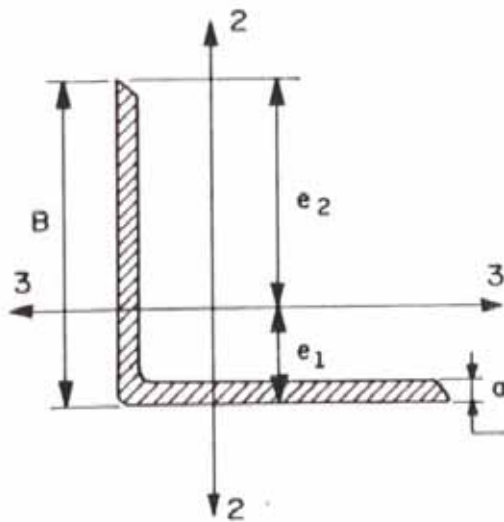


FIG. 6

$$= 550 + 720 + 550 + 720$$

$$L_e = 2540 \text{ mm}$$

$$W_1 = \frac{\text{peso total}}{\text{longitud total}} = \frac{70 \text{ kg}}{2540 \text{ mm}} = 0.02756 \text{ kg/mm}$$

De esta manera se obtiene la siguiente tabla:

n	Origen	P_e (kg)	L_e (mm)	W_{e1} (kg/mm)
1	Tanque de comb. y llanta de rep.	70	2540	0.0276
2	Trip. 1/trip. 2	60	1170	0.0684
3	Trip. 3,4 y 5	240	2880	0.0833
4	Carrocería	255	23000	0.011

Tabla No 6 Cargas distribuidas actuantes en la estructura tubular.

3.2.3 Medidas y propiedades resistivas de los componentes de la estructura

Luego de observar como se presentan los esfuerzos combinados se hace notar la aparición del Módulo Resistente, tanto con respecto a un eje ecuatorial como el polar. Estos se obtienen de la siguiente manera:

- Tubo Cuadrado (fig. 5)

$$I_{22} = I_{33} = \frac{H^4 - h^4}{12} \quad (4) \text{ Momento de inercia Ecuatorial}$$

$$I_p = I_{22} + I_{33} = \frac{H^4 - h^4}{6} \quad (5) \text{ Momento de inercia polar}$$

$$W_{33} = \frac{I_{33}}{H/2} = \frac{H^4 - h^4}{6H} \quad (6) \text{ M\u00f3dulo resistente ecuatorial}$$

$$W_p = 2 \cdot W_{33} = \frac{H^4 - h^4}{3H} \quad (7) \text{ M\u00f3dulo resistente Polar}$$

Angulo a 90° (fig 6)

$$I_{22} = I_{33} = \frac{1}{3} (ae_2^3 + Be_1^3 - (B-a)(e_1-a)^3)$$

$$e_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{B^2 + Ba - a^2}{2B - a} \right) \quad e_2 = B - e_1$$

(8) Momento de inercia ecuatorial

$$I_p = 2 \cdot I_{33} \quad (9) \text{ Momento de inercia Polar}$$

$$W_{33} = \frac{I_{33}}{e^2} \quad (10) \text{ M\u00f3dulo resistente Ecuatorial}$$

$$W_p = 2 \cdot W_{33} \quad (11) \text{ M\u00f3dulo resistente polar}$$

En la estructura de la carroceria aparte de presentar tubos y \u00e1ngulos como componentes de la estructura propiamente dicha, sus apoyos del sistema al piso son resortes posteriores y barras de torsi\u00f3n delantera, las dos

presentan una constante de rigidez obtenidas de la siguiente manera:

Constante de rigidez (K)

- Resortes (K_r)

$$K_r = \frac{G \cdot d}{8c^3n} \quad (12)$$

Donde :

d = Diámetro del alambre

c=D/d = Índice del resorte

D = Diámetro medio de la bobina

n = Número medio de espiras activas

G = Módulo de elasticidad de corte
(8300kg/mm²)

- Barra de torsión (K_{bt})

$$K_{bt} = \frac{\pi G \cdot d^4}{32 R^2 L} \quad (13)$$

Donde :

R = Brazo de palanca de la fuerza actuante

L = Longitud de la barra

d = Diámetro de la barra

G = Módulo de elasticidad de corte
(8300kg/mm²)

En el caso de la estructura, se han colocado los valores reales de los resortes posteriores y de la barra de torsión:

$$K_r = 4.35 \text{ kg/mm}$$

$$K_{bt} = 15.42 \text{ kg/mm}$$

No	Medida de Componente	De mm	Di mm	A mm ²	Peso por unidad de longitud (kg/mm)	Momento de inercia I (mm ⁴)	Módulo Resistente W (mm ³)	Módulo de Elasticidad E (kg/mm ²)	Esfuerzo Admisible a la tracción (kg/mm ²)	Esfuerzo Admisible al corte (kg/mm ²)
1	1 1/4 x 1 1/4 x 1/8"	31.75	25.4	363	0.0029	49,997	3149.4	21,000	24	18
2	1 1/4 x 1 1/4 x 1/8"	-	-	174	0.0014	14,100	650	21,000	24	18
3*	1"	33.4	26.6	320	0.0026	36,513	2186.4	21,000	24	18
4*	1 1/4"	42.1	35	430	0.0034	80,543.3	3826.28	21,000	24	18

* Alternativos

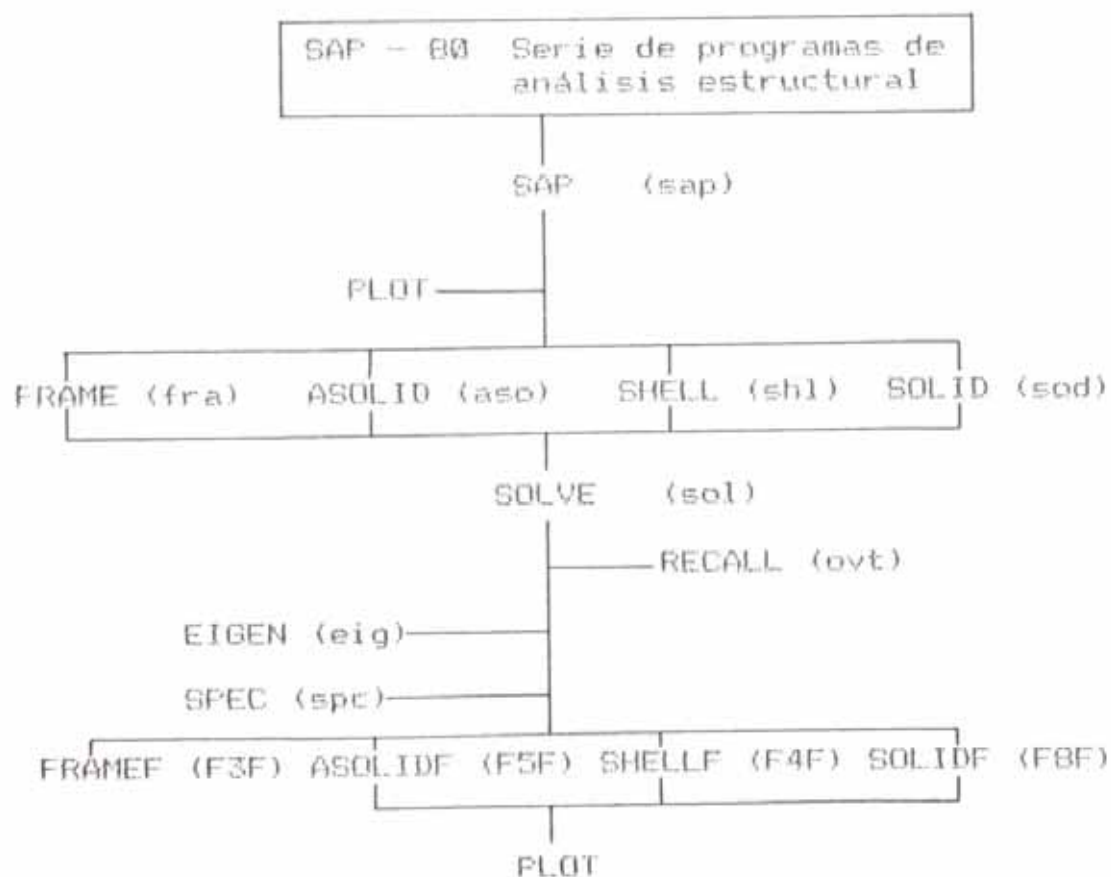
Tabla No 7 Medidas y Propiedades Físicas de los Componentes

3.3 Evaluación de la estructura haciendo uso de un software

3.3.1 Descripción del software SAP-80

El software Sap-80 es un software que reúne un grupo de programas, los cuales son utilizados de acuerdo a la configuración estructural a ser analizada y a los resultados que se desean obtener.

Orden de Ejecución :



Descripción del grupo de programas :

- 1) Programa SAP .- El programa SAP cuya extensión es (sap) reúne a un grupo de datos de ingreso del problema a solucionar y luego los clasifica para que posteriormente sean usados por los demás programas de ejecución.

Estos datos de ingreso se reúnen en un archivo de datos agrupados en bloques separados, los separadores de los bloques comprendidos en el SAP son:

SYSTEM = Comprende el # de juntas, el # de condiciones de carga, la frecuencia de la aplicación de carga y el número de modos dinámicos a ser evaluados.

RESTRAINT = Comprende las restricciones en los grados de libertad de un nudo definido. Muy frecuentemente se usa para definir los apoyos.

- LOADS = Comprende las fuerzas externas o momentos aplicadas en las juntas o nudos.
- SPRINGS = Comprende las características de un resorte, si existe en la estructura. El programa directamente define al resorte con un extremo al piso.
- MASS = Para un análisis dinámico, si es necesario colocar masas concentradas en los extremos de las juntas.
- POTENTIAL = Comprende las especificaciones de presión y temperatura en ciertas juntas.
- JOINT = Comprende las coordenadas de cada nudo, éste separador comprende varias variantes de

generación geométrica de la estructura.

COMBO = Agrupa las condiciones de fuerzas y las combinaciones deseadas para un análisis comparativo.

- 2) PLOT.- El plot acondiciona el software para usar el ploter tanto de ingreso como de salida.

Una variante es el PLOT6 que se usa para obtener una visualización gráfica de la estructura, posea diferentes variantes.

- 3) Programa FRAME .- El programa FRAME cuya extensión es (fra) define el tipo de estructura a estudiar dentro de una variedad de estas, tal como : ASOLID, SHELL, SOLID. FRAME define aquellas estructuras formadas por miembros que unen a dos juntas definidas.

ASOLID, SHELL y SOLID comprenden a las estructuras formadas por sólidos aximétricos, membranas y planos respectivamente.

Dentro del programa FRAME se incluyen los datos necesarios para definir los elementos de la estructura, tal como:

- Número de diferentes propiedades de los elementos (M)
- Número de diferentes tipos de cargas locales (L)
- Vector dirección de las condiciones de carga (X,Y,Z)
- Área de la sección del elemento (A)
- Momento de inercia con respecto a un eje (I)
- Módulo de Elasticidad (E)
- Peso por unidad de longitud (W)
- Masa por unidad de longitud (para el análisis dinámico) (M)
- Módulo torsional (J)
- Otros parámetros.

También dentro de este separador se incluye la definición de los miembros, es decir, se declara un miembro al unir dos juntas definidas en el sistema de coordenadas. Esta declaración de miembro por miembro incluye que material corresponde, la forma como ha sido ensamblada y si está sometida a una

carga local o tiene restricciones de desplazamiento.

- 4) Programa SOLVE.- Este programa de extensión (sol) ejecuta las ecuaciones planteadas y genera los archivos que se necesitan para usar los programas posteriores.
- 5) Programa RECALL .- Este programa de extensión (out) es el primer programa de salida de resultados y en el se comprende los desplazamientos y las reacciones a las diferentes condiciones de carga.
- 6) Programa FRAMEF .- Este programa de extensión (3F) tal igual como los otros ASOLIDF, SHELLF, SOLIDF, presentan todas las fuerzas y momentos a que es sometida cada miembro en las diferentes combinaciones de carga.

Metodología de Cálculo del SAP-80

El software SAP-80 usa para la evaluación de la estructura el análisis matricial, el cual se inicia con el planteamiento del sistema de ecuaciones que relaciona las cargas actuantes sobre cada miembro, sus propiedades

resistivas de cada elemento y la deformación que origina dicha relación.

Si se tiene :

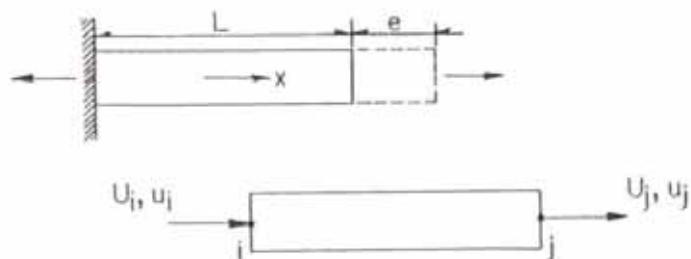


Fig. 8

Donde :

y :

$$\left. \begin{array}{ll} U_i, U_j & \text{Fuerzas} \\ u_i, u_j & \text{Deformaciones} \end{array} \right\} \begin{array}{l} e = u_j - u_i \\ F = U_i \\ F = -U_j \end{array} \quad (a)$$

$$F = \frac{AE}{L} e \quad (b)$$

de (a) y (b)

$$U_i = \frac{A \cdot E}{L} (u_i - u_j)$$

$$U_j = \frac{A \cdot E}{L} (-u_i + u_j)$$

Matricialmente:

$$\begin{bmatrix} U_i \\ U_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{A \cdot E}{L} & \frac{-A \cdot E}{L} \\ \frac{-A \cdot E}{L} & \frac{A \cdot E}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ u_j \end{bmatrix}$$

$$P = K \cdot d$$

Torsión :

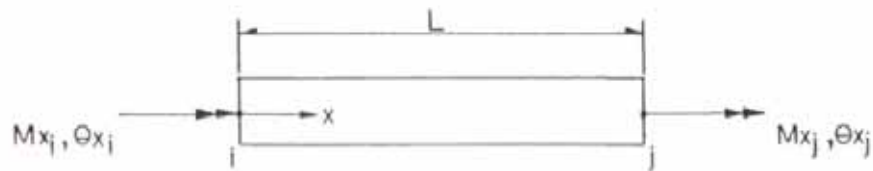


Fig. 10

Matricialmente :

$$\begin{bmatrix} M_{x_i} \\ M_{x_j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{G \cdot J}{L} & -\frac{G \cdot J}{L} \\ -\frac{G \cdot J}{L} & \frac{G \cdot J}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_{x_i} \\ \theta_{x_j} \end{bmatrix}$$

Donde :

- M_{x_i} , M_{x_j} = Momentos torsores
- θ_{x_i} , θ_{x_j} = Deformaciones angulares
- G = Módulo de elasticidad al corte
- J = Constante de rigidez torsional

Para completar el análisis de la estructura se hace la composición de dos elementos contiguos siguiendo el siguiente principio.

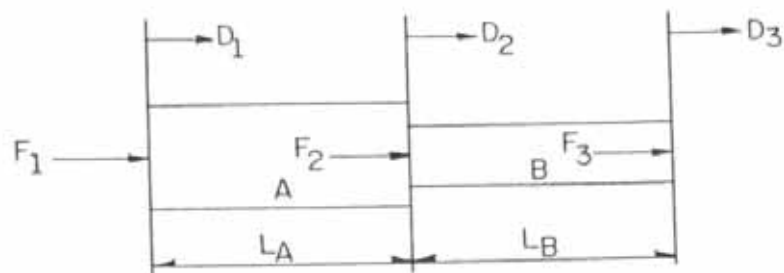


Fig. 11

$$\begin{bmatrix} U_i^A \\ U_j^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_A & -K_A \\ -K_A & K_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i^A \\ u_j^A \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} U_i^B \\ U_j^B \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} K_B & -K_B \\ -K_B & K_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i^B \\ u_j^B \end{bmatrix}$$

Donde :

$$K_A = \left(\frac{A \cdot E}{L} \right)_A$$

$$K_B = \left(\frac{A \cdot E}{L} \right)_B$$

En la estructura se tiene 3 grados de libertad D_1, D_2, D_3 , además :

$$u_2^A = u_2^B = D_2 \quad F_2 = U_2^A + U_2^B$$

$$u_1^A = D_1 \quad u_3^B = D_3 \quad F_1 = U_1^A \quad F_3 = U_3^B$$

Completando las matrices con ceros :

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1^A \\ U_2^A \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ U_2^B \\ U_3^B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_A & -K_A & 0 \\ -K_A & K_A & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_B & -K_B \\ 0 & -K_B & K_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_A & -K_A & 0 \\ -K_A & (K_A+K_B) & -K_B \\ 0 & -K_B & K_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}$$

$$F = K.D$$

Se observa que la matriz de rigidez K es obtenida por una simple superposición de las matrices individuales. Además la matriz de rigidez siempre sigue siendo simétrica y en forma diagonal, lo cual lleva al uso de un algoritmo sencillo para la solución del sistema de matrices planteada.

Si se tiene un estado de fuerzas tridimensionales con diferentes estados de carga variable, tendremos un miembro de la estructura con 12 grados de libertad, ó en cada uno, esto nos lleva a una matriz de

rigidez de cada elemento de 12×12 , la cual se muestra en la fig No 13.

Si se tiene :

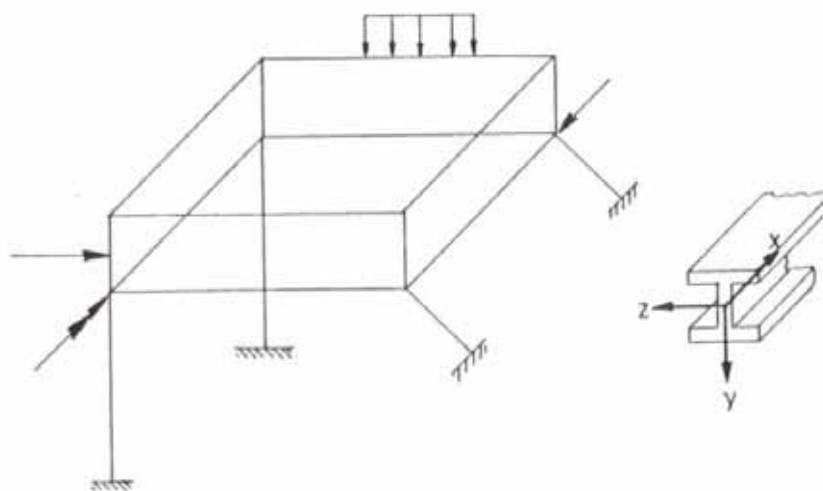


Fig. 12

$$P_i = [U_i, V_i, W_i, M_{x_i}, M_{y_i}, M_{z_i}] \quad \text{idem}$$

$$d_i = [u_i, v_i, w_i, \theta_{x_i}, \theta_{y_i}, \theta_{z_i}] \quad \text{en } j$$

3.3.2 Datos de Ingreso de la estructura

Para la obtención de la hoja de datos de la estructura a emplear en la ejecución del SAP-80, previamente se han establecido las siguientes premisas :

1º Unidades a utilizar : Fuerzas en Kg.
Medidas en mm.

2º Convención de Signos :

Mostrados desde la fig. 14 hasta la fig.1B.

3º Declaración de nudos y miembros :

Para la declaración de los nudos o juntas se ha trazado los ejes cordenados de acuerdo al plano No T-02 y para la declaratoria de los miembros se muestra la fig 20 en la cual se muestra la estructura en su totalidad notandose los 74 nudos y los 97 miembros.

4º Condiciones de carga a evaluar

Para la evaluación de la estructura se han definido 6 condiciones de carga y 4 combinaciones que a continuación las mostramos:

Condición de carga (L)

- L1 Peso de la carrocería distribuída uniformemente
- L2 Peso de pasajeros posteriores
- L3 Peso de pasajeros delanteros
- L4 Peso de motor y caja de cambios
- L5 Peso del tanque de combustible y llanta de repuesto
- L6 Fuerza inercial presentada en el caso de frenado

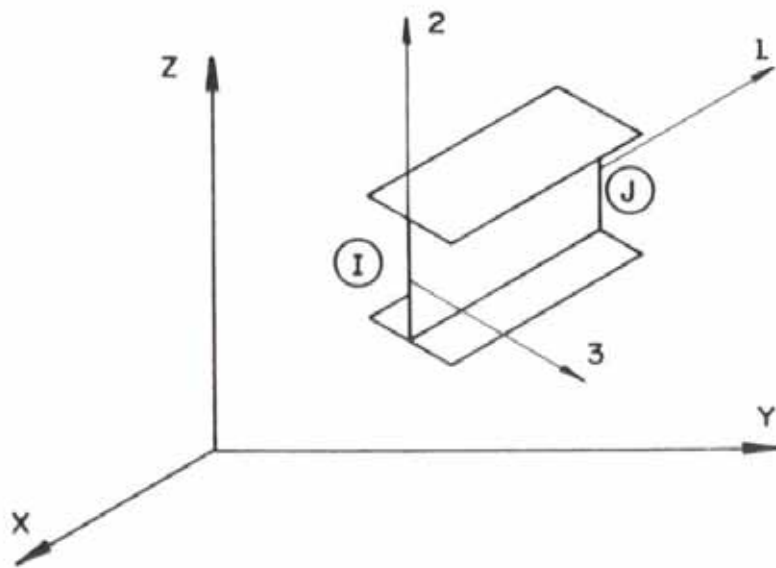


FIG.14 CORDENADAS LOCALES

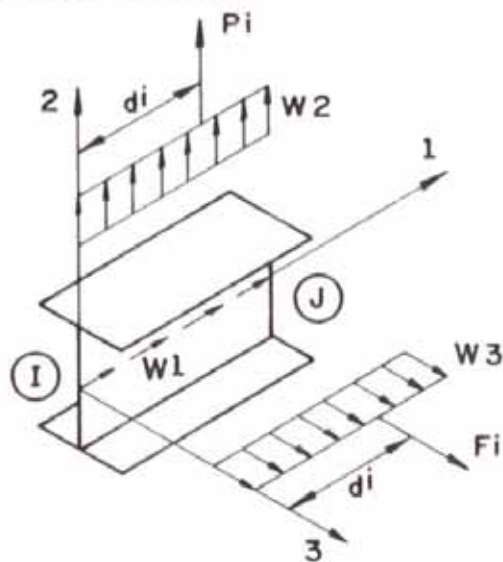


FIG.15 DEFINICION POSITIVA DE LA CARGA DE LOS MIEMBROS

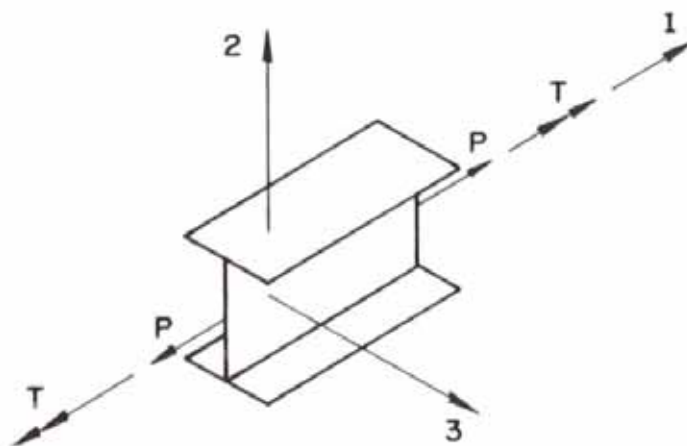


FIG.16 DEFINICION POSITIVA DE FUERZA AXIAL Y TORQUE

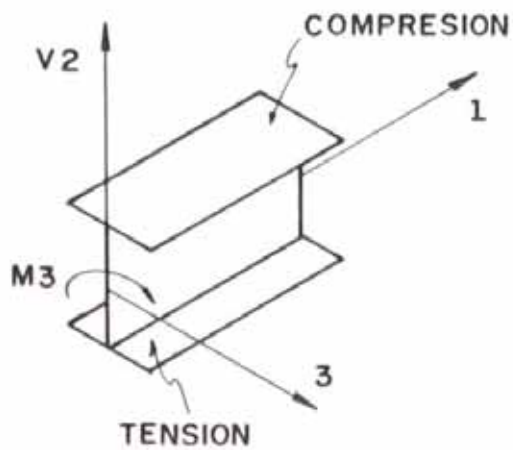


FIG. 17 DEFINICION POSITIVA DE MOMENTO Y CORTE EN EL PLANO 1-2

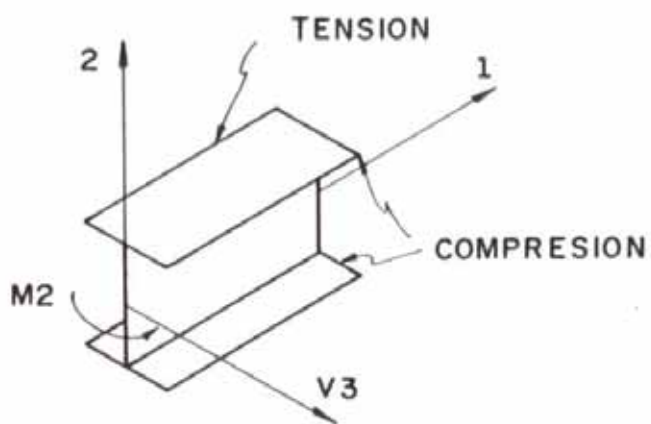


FIG. 18 DEFINICION POSITIVA DE MOMENTO Y CORTE EN EL PLANO 1-3

Combinación de cargas

- | | | |
|---|--|---------------------|
| 1 | peso sólo de la carrocería | (L1) |
| 2 | Carrocería, motor, caja, llanta
rep.tanq.,comb. | (L1+L4+L5) |
| 3 | item 2+peso de personas | (L1+L2+L3+L4+L5) |
| 4 | item 3+fuerza inercial | (L1+L2+L3+L4+L5+L6) |

Las figuras 21 y 22 muestran la forma como son aplicadas las cargas en la combinación 3 y 4 respectivamente.

Fuerza Inercial

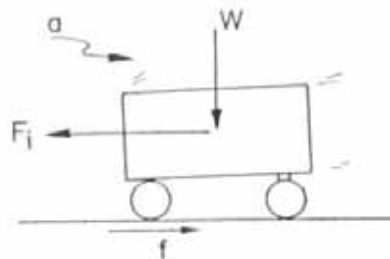


Fig. 19

Se tiene :

$$F_i = m \cdot a \quad (14)$$

Donde :

$F_i =$ Fuerza inercial producida por el frenado

$a =$ aceleración del frenado

Se sabe que :

$a = \beta g$ (β coef. de adherencia 0.8 valor máx)

en (14)

$F_i = 0.8 W$ (en dirección del mov.)

Cabe hacer notar que en la hoja de datos del programa se colocan las fuerzas puntuales actuantes en un nudo y ella abarca la magnitud de la fuerza en las tres direcciones y a su vez la magnitud de los momentos que esta podría originar si la fuerza no fuera centrada en el nudo.

En la fig. 21 y 22 se muestra tal detalle, para seguidamente mostraremos una tabla que se relaciona con la tabla No 5 y explica lo anteriormente mencionado.

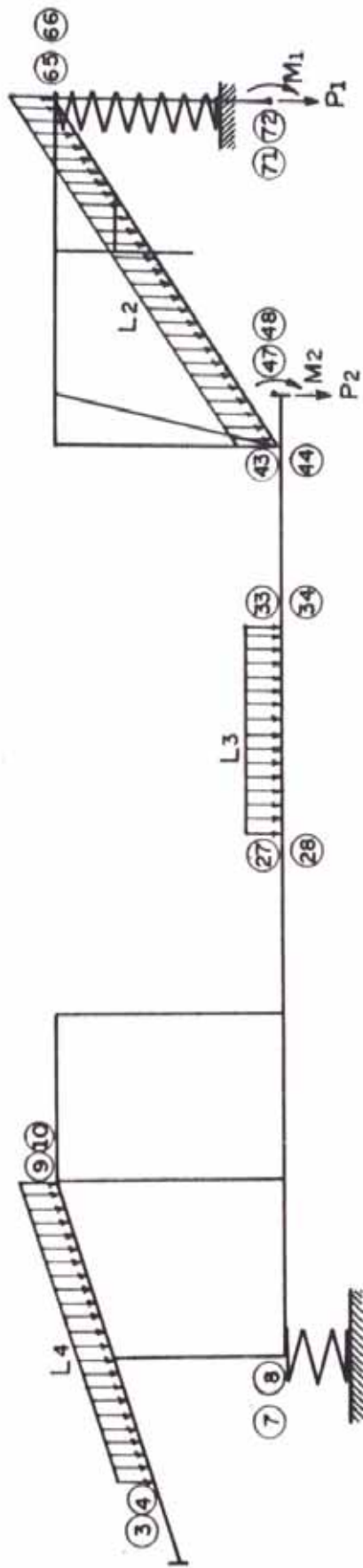


FIG. 2.1 COMBINACION DE CARGA 3

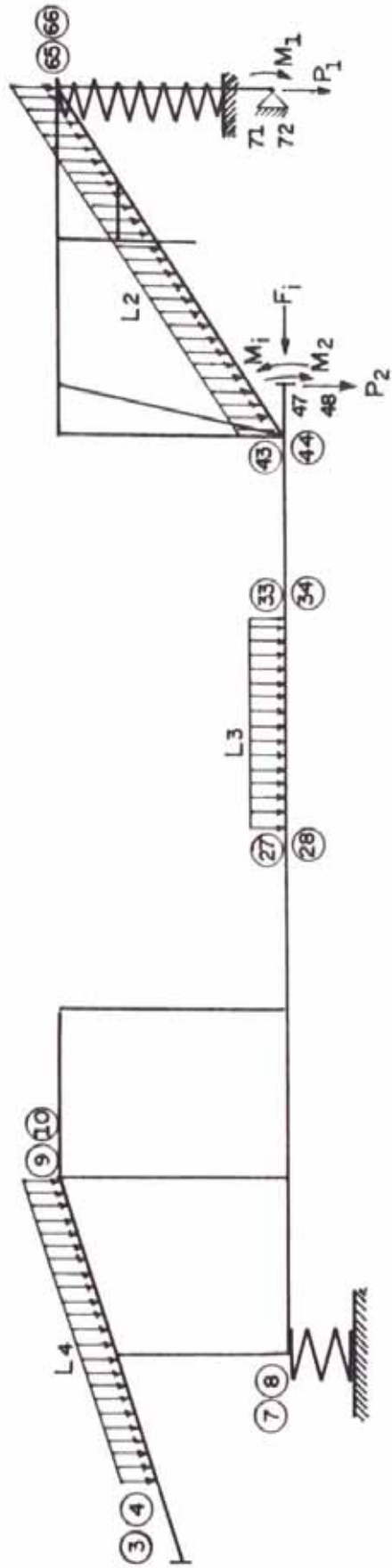


FIG.22 COMBINACION DE CARGA 4

CARGA		NUDO DE APLICACION	VECTOR FUERZA						
REPRES	DEBIDO A Kg		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
P ₁	Motor	120 71 y 72	0	0	-60	0	16200	0	
P ₂	Caja de cambio	50 47 y 48	0	0	-25	0	9500	0	
F ₁	Fuerza inercial	136 47 y 48	-68	0	0	0	-8820	0	

Tabla No 8. Cargas puntuales en la estructura tubular

3.3.3 Discusión de resultados

Luego de haber ejecutado la serie de programas, se obtiene un listado extenso de resultados, los que incluye: acciones y reacciones en cada nudo como vector fuerza, desplazamientos y rotaciones de cada nudo y cargas actuantes en cada miembro para las diferentes condiciones de carga.

Para verificar que se está procediendo debidamente en el uso del software se

observan las reacciones de los nudos de apoyo, estos deben ser equivalentes a la suma total vertical de cargas externas aplicadas a la estructura tubular.

Para la evaluación de los puntos críticos de la estructura, se ha creído conveniente incluir en el apéndice, sólo la hoja de datos de la estructura y las cargas en cada miembro a diferentes condiciones de carga.

Del listado de resultados, se han trazado para la condición 4, los diferentes diagramas de carga: Axial, Corte, Momento Flector y Momento torsor.

Por existir simetría, tanto en la estructura como en la aplicación de cargas, las Figs. 23,24,25,26 muestran sus respectivos diagramas, sólo en algunos miembros, entendiéndose que su simétrico guarda también simetría en su diagrama. Cabe mencionar que sólo se aprecian los diagramas cuya magnitud tenga significado en la evaluación de esfuerzos.

Evaluación de Esfuerzos en puntos críticos

Para la evaluación de los puntos críticos se usan las fórmulas (2) y (3), los valores de la tabla No. 7 y las figs. 23,24 25 y 26. Seguidamente se muestra la tabla No.9 en donde se resume lo anteriormente mencionado.

Se observa que los elementos 26 y 27 así como el 39 y 40 son los que obtienen el mayor esfuerzo en condiciones críticas de trabajo (Cargado totalmente mas frenado).

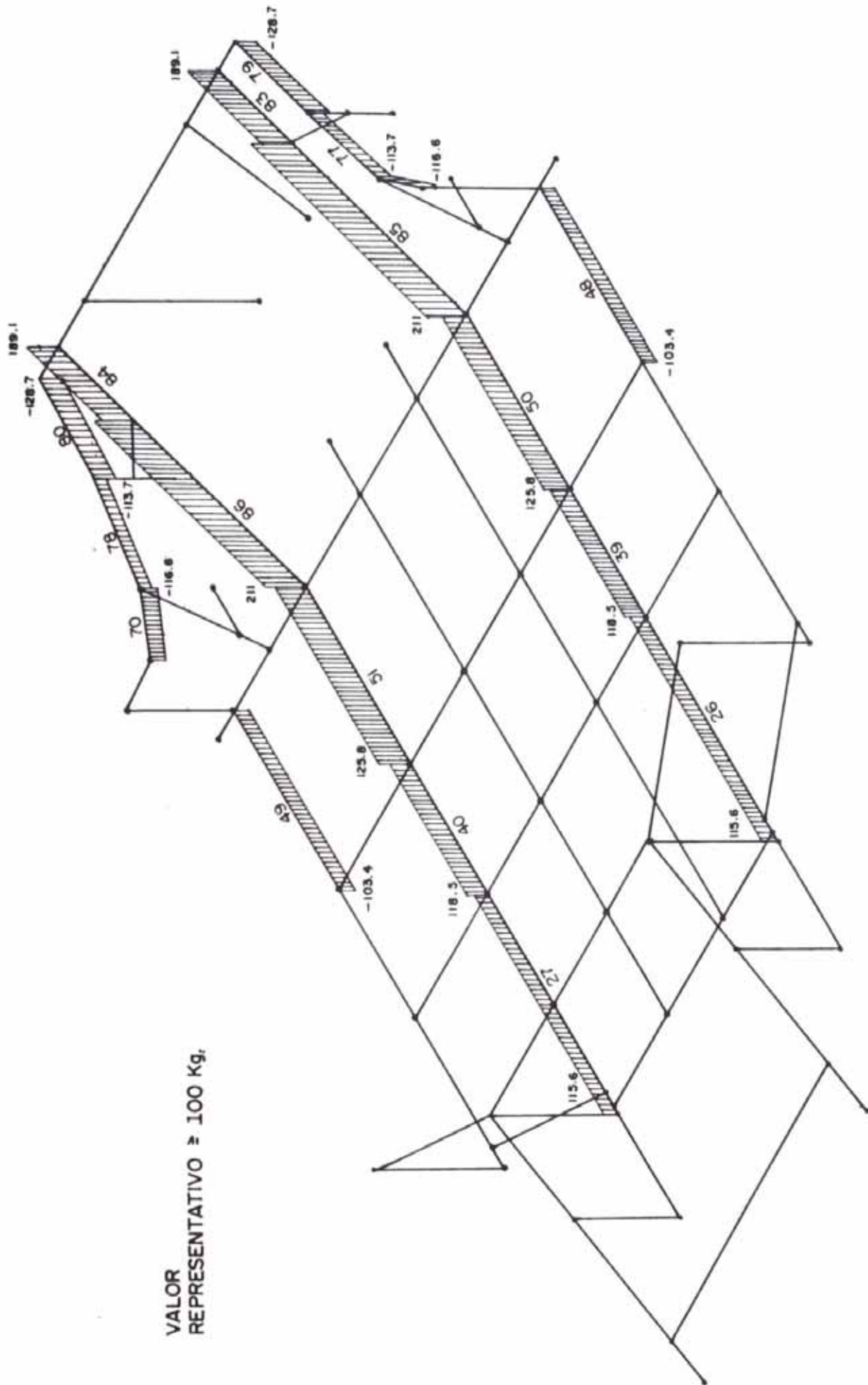
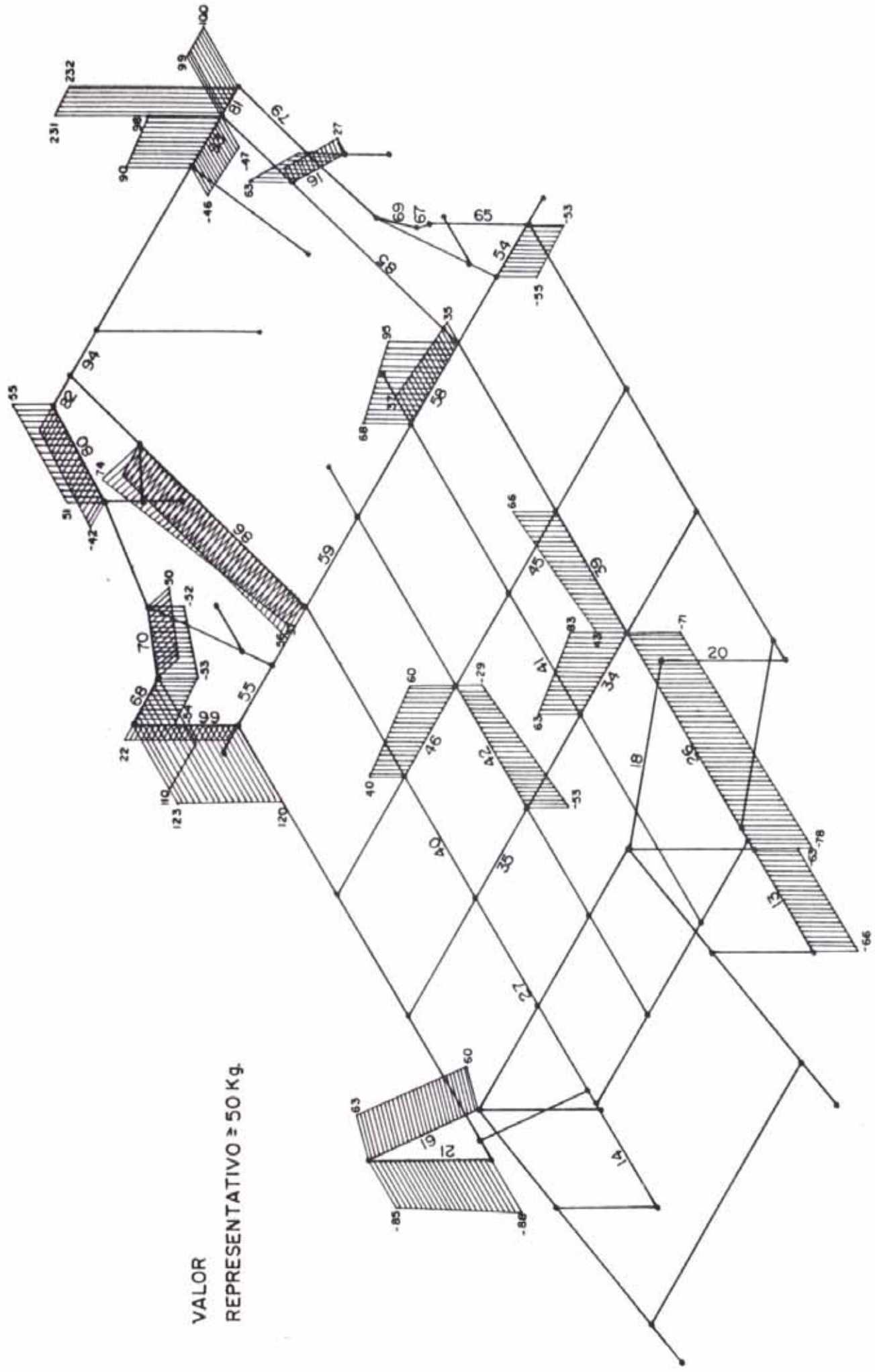
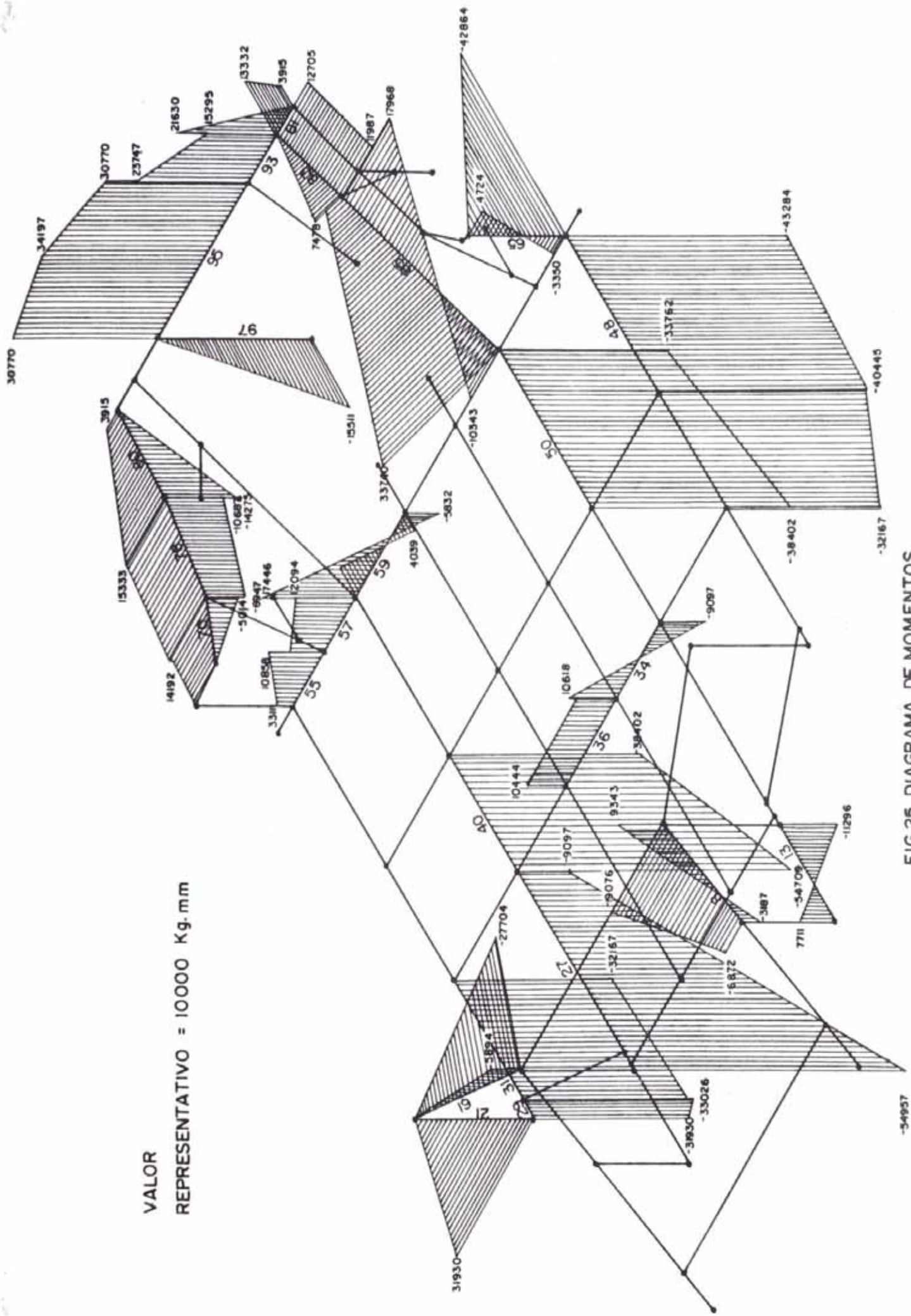


FIG.23 DIAGRAMA DE CARGA AXIAL



VALOR REPRESENTATIVO \approx 50 Kg.

FIG.24 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE



VALOR
 REPRESENTATIVO = 10000 Kg. mm

FIG.25 DIAGRAMA DE MOMENTOS

Miembro No	M (kg)	V ₁₋₂ (kg)	V ₂₋₃ (kg)	V (kg)	M ₁₋₂ (kg-mm)	M ₂₋₃ (kg-mm)	M (kg-mm)	M _c (kg-mm)	σ _{max} (kg/mm ²)	τ _{max} (kg/mm ²)	σ _{adm} (kg/mm ²)	τ _{adm} (kg/mm ²)
85,86	211	74	56	92.8	5477	17968	18784.2	-	6.54	0.38	24	18
85,86	211	37	56	67.1	33740	-10343	35289.7	-	11.78	0.28	24	18
81,82	-	232	100	252.6	21630	13332	25408.6	317	8.07	1.09	24	18
26,27	115.6	-78	-	78	-54957	-	54957	-	17.82	0.32	24	18
96,97	-	-	-	-	-15511	-	15511	4674	4.93	0.74	24	18
65,66	-	22	123	124.9	4724	-42864	43123.5	-	13.69	0.52	24	18
48,49	-103.4	-	-	-	-43284	-	43284	-	-14.02	-	24	18
54,55	-	-55	-	55	10858	-	10858	419	3.44	0.3	24	18
28,29	-	-	-	-	-33026	-	33026	501	10.48	0.08	24	18
30,40	118.5	43	-	43	-54709	-	54709	-	17.7	-	24	18

Tabla No 9. Esfuerzos en puntos críticos

CAPITULO 4

ANALISIS DEL RECUBRIMIENTO CON FIBRA DE VIDRIO DE LA CARROCERIA

4.1 La fibra de vidrio en el uso automotriz

La primera aparición de la fibra de vidrio fue como una fina decoración de las vasijas Sirias y Egipcias, posteriormente en forma de hebras en las hermosas creaciones de vidrio de Venecia. En Alemania y Francia se comercializó como un producto de vidrio a mediados de los años 1700.

En 1892 con otros productos de vidrio se incluyen un vestido y un parasol tejidos con fibra de vidrio, durante la exposición Columbia de Chicago.

Más tarde cuando se inicia la industria del plástico, se combinan las fibras de vidrio con resinas plásticas surgiendo así de este modo un nuevo material con propiedades diferentes a otros materiales ya conocidos: "EL PLASTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO".

Al llegar la segunda guerra mundial, la "Fibra de Vidrio" fue denominado como un material estratégico, material no magnético, aislante térmico - acústico y ligero en peso, fueron las principales características que hicieron de este producto un material importante en equipos bélicos de aire, tierra y mar.

Posteriormente, el primer gran suceso de la fibra dentro del campo automotriz fue en 1953, el modelo Corvette de ese año presenta su carrocería completamente en "Fibra de Vidrio".

En estos tiempos existen más de 154 diferentes aplicaciones dentro del campo automotriz, de estos 16 son funcionales y los siguientes son los de forma o decorativos. En la carrocería estudiada interviene la fibra de forma o decorativa.

4.1.1 Composición del plástico Reforzado con Fibra de Vidrio

Como anteriormente se ha mencionado, el producto conocido como "Fibra de Vidrio" viene a ser la mezcla de dos componentes distintos: Las fibras de vidrio y la resina plástica, conformando así un plástico reforzado con fibra de vidrio.

Existen diferentes formas de Fibra de Vidrio y a su vez diferentes tipos de resinas, su variedad se debe a la aplicación requerida.

Formas de Fibra de Vidrio

Las diferentes formas de fibras de vidrio se presentan en la tabla siguiente y su elaboración se muestra en la Fig. 27.

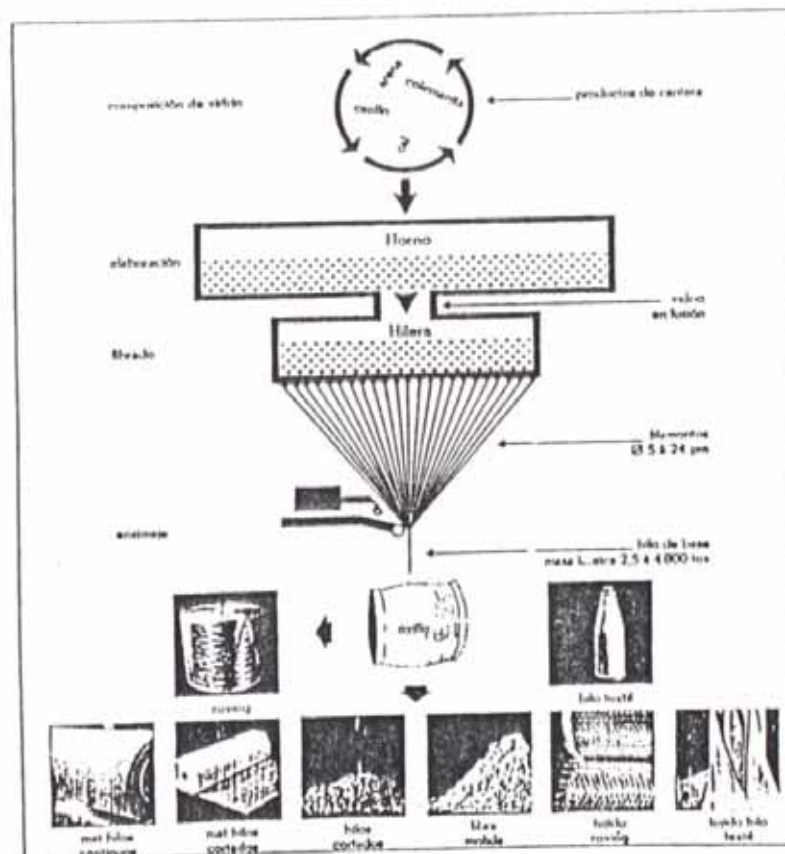


FIG. 27

Nº FIBRA DE VIDRIO	FORMA DE CONSTITUCION	PRESENTACION	APLICACION
1 ROVING	Hilos de 40 a 50 hebras	En rollos de diferentes long.	
2 MAT	Mantas conformadas por hebras de 4 a 6cm de longitud.	MAT 250 MAT 300 MAT 450 Pl.1mm esp. MAT 600 Pl.2mm esp.	
3 TELAS VOLAN	Hebras bidireccionales	Bobinas: V 200 V 250 1.2m ancho V 300 1.4m ancho	Tablas Hawaianas, tuberías, etc.
4 WOVEN ROVING	(Esterilla) Telas formadas por hilos más gruesos que el volan.	Bobinas: WR 500 1.2 m ancho WR 550 1.4 m ancho WR 600 1.8 m ancho	Gran resistencia Tanques, Embarcaciones.
5 SURFACINT MAT (S-MAT)	Absorbe resinas 5 veces su peso	Bobinas: 0.9 m ancho 1.2 m ancho	Para tratamiento anti corrosivo, tanques de combustible ó ácidos.
6 FAB MAT (F-MAT)	Unión del MAT y WOVEN ROVING	F-MAT 600 F-MAT 700 F-MAT 800	Trabajos de mayor envergadura.
7 CHOPET STRAND	Es el ROVING cortado en pedazos.	Hebras de 4 a 6 cm de longitud.	Es más barato.

Tabla Noº10 Formas de fibras de vidrio

Tipos de Resinas

Los diferentes tipos de resinas usadas con las fibras de vidrio en sus diferentes formas, dan una serie de combinaciones que tienen a su vez diferentes aplicaciones, a continuación se da una tabla que agrupa a las más conocidas. El uso de cada combinación depende de las propiedades físicas obtenidas.

Dentro del campo automotriz la resina usada normalmente para las cubiertas o molduras es la resina poliéster, dependiendo del tamaño o exigencias de la pieza el uso de la forma de fibras de vidrio.

R E S I N A S

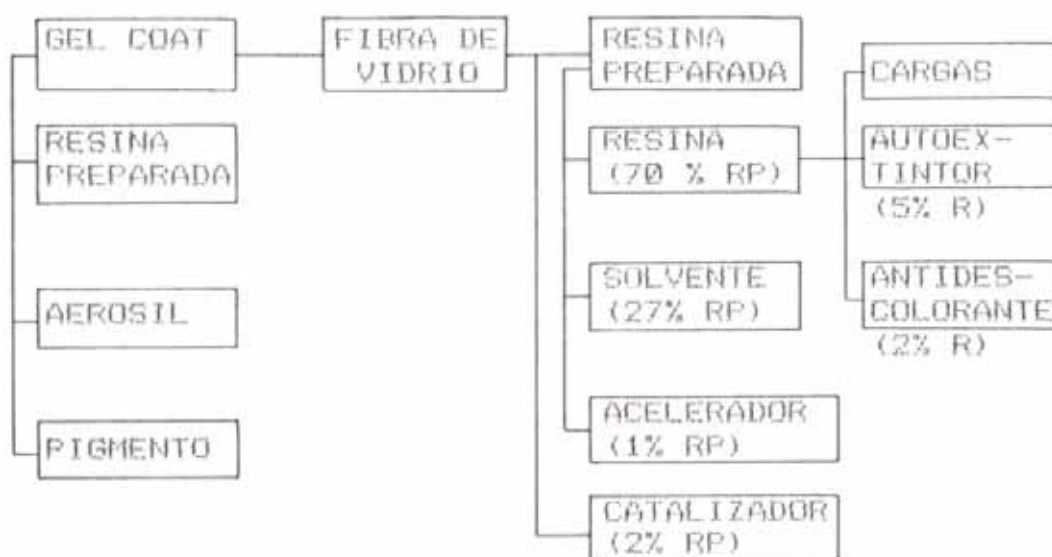
PROPIEDADES	FORMA DE FIBRA DE VIDRIO	POLIESTER	EPOXY	FENOLICO DE BAJA PRESION	MELAMINE	TEFLON SILICONA
PESO ESPECIFICO	Fab. Mat. Esterilla Roving	1.6-1.93 1.5-1.9 1.8-2.5	1.7-1.9 1.6-1.9 1.7-2.5	1.83 - 1.9	1.82 - 1.98	2.2 1.6-1.9
ESFUERZO DE TENSION (Kg/mm2)	Fab. Mat. Esterilla Roving	15.5-55 11 - 18 4 - 7	19 - 78 14 - 22 5 - 18	5 - 7	18 - 28	8 - 14 7-22
ESFUERZO DE COMPRESION (Kg/mm2)	Fab. Mat. Esterilla Roving	15.5-33 11 - 22 7 - 18	22 - 66 13 - 25 8 - 22	12 - 13	22 - 60	14 25-32
ESFUERZO AL PIMPACTO (Joules)	Fab. Mat. Esterilla Roving	18 - 39 11 - 29 3 - 25	14 - 41 14 - 34 7 - 28	21 - 23	7 - 23	7 - 8 11-21
MODULO DE ELASTICIDAD EN FLEXION (Kg/mm2)	Fab. Mat. Esterilla Roving	1268-2114 705-1904 352-1410	1410-2820 705-1410 352-1410	-	1410 - 2114	- 705-1763
RESISTENCIA AL CALOR (°C)	Fab. Mat. Esterilla Roving	94 - 282 94 - 282 94 - 282	72 - 282 72 - 282 72 - 282	282	141	249 188-310
DUREZA ROCKWELL	Fab. Mat. Esterilla Roving	M100-117 M90 -105 M90 -105	M103- 120	M90 - 99	M115 - 130	M60 M100

Tabla N° 11 Tipos de resinas plásticas

4.1.2 Preparación del plástico reforzado con fibra de vidrio

Para obtener un plástico reforzado con fibra de vidrio existen variaciones, tanto en la fibra como en la resina, esta última se compone de otras sustancias químicas que funcionalmente no varían para los diferentes preparaciones de resinas plásticas.

A continuación se presentan un cuadro genérico para la obtención de un plástico reforzado con fibra de vidrio.



Seguidamente daremos la definición de los componentes mostrados:

Gelcoat.- Componente que da el color de la pieza obtenida.

- Resina preparada, es la misma resina usada en la pieza agregada en dos componentes:
- Aerosil (Tixogel), polvo blanco miccible, le da a la resina la propiedad de adherencia.
- Pigmento, sustancia que dá el color deseado.

Resina Preparada (Poliester)

- Resina (Poliester), Líquido viscoso de color amarillento de 1.2 a 1.5 de densidad, es necesario adelgazarla para poder trabajarla y bañar la fibra de vidrio, este es un producto que para que endurezca requiere de un indicador y un catalizador, se almacena en un ambiente a 10°C y en estas condiciones puede durar hasta 10 meses.

Normalmente durante la preparación de la resina, se le agregan algunos aditivos especiales:

- Autoextintor.- Normalmente es el Dióxido de antimonio aditivo en polvo que se añade a la resina por seguridad contra incendios.
- Antidescolorante.- Tinuvin, escamas amarillentas el cual le da a la resina la propiedad de no descoloración por acción de la luz solar.
- Cargas.- Polvos que se le añaden a las resinas para disminuir el costo, dándole más espesor al producto, pueden ser: Talco, tiza, Polvos metálicos, Carbomix, etc.
- Solvente, el solvente que se utiliza es el Monoestireno, que es un tipo de resina más diluida con una densidad aproximada de 1.
- Acelerador o Iniciador, puede ser el Naftenato de Cobalto o el octato de Cobalto, que es un líquido espeso de

color rojo oscuro, constituido con 60% de contenido de metal.

Desde el momento en que se añade el acelerador, el tiempo de vida de la resina se acorta en condiciones de almacenamiento standar fluctuando entre los 3 a 4 meses.

- Catalizador, El Metil Etil Cetona (MEK) es un líquido claro incoloro que se agrega a la resina el momento de su aplicación efectuando así su polimerización, durando de 20 - 25 min. en frío y de 8-10 min. en calor.

Existen agentes de despegue o desmoldante que se utilizan durante el proceso de fabricación de una pieza, éste se aplica al molde trabajado.

Desmoldantes:

- Ceras en pasta, dentro de este tipo se pueden usar; Ceras de Carnauba, ceras de auto o ceras para el hogar.

El proceso es tan igual cuando se le saca brillo a un objeto, teniendo cuidado que el lustre sea parejo.

- Desmoldantes líquidos, los más usados: Desmolte K, polivinil de alcohol, ambos se pueden aplicar con soplete o a mano.

4.1.3 Tipos de procesos en el uso del plástico reforzado con fibra de vidrio

- 1) Método de contacto manual, - Es un método netamente artesanal, el cual básicamente requiere de cierta habilidad del operario, es un método lento y se obtienen productos de una cara lisa debido al uso de un molde abierto, tenemos dos tipos de moldes:
 - Molde hembra, nos dá piezas con acabado liso exterior.
 - Molde macho, nos dá piezas con acabado liso interior.

Este método se usa para un volúmen de producción bajo (100 - 200 Pzs.)

Secuencia de trabajo

- 1.- Se pulsa el molde con un pulidor de autos u otro similar, se obtiene el mayor brillo posible.
- 2.- Se aplica el desmoldante: 3 ó 4 capas de cera y el polivinil de alcohol.

- 3.- Se aplica el GELCOAT y se deja secar perfectamente hasta que deje de ser pegajoso.
- 4.- Cuando el gelcoat está seco se coloca la fibra en capas, colocando primero capas delgadas para eliminar el aire.
- 5.- Se aplica la resina preparada teniendo en cuenta que cuando se aplica previamente se le añade el catalizador (MEK). Siempre se deja una rebaba para hacer un recorte.

- 2) Método de Prensado en frío o doble molde.- Sirve para obtener piezas acabadas por ambas caras, viene a ser básicamente igual que el proceso anterior diferenciándolo que son dos moldes que al final se prensan. Es un proceso para un volumen de producción mediana (200-1000pzs.).
- 3) Injectado en frío.- Es similar al método de prensado pero se utiliza para producciones mayores puesto que los tiempos son menores, su secuencia de trabajo implica:

- Aplicación del Gelcoat
 - Aplicación de la capa de Fibra de Vidrio
 - Se colocan los dos moldes en posición
 - Se inyecta la resina preparada con el catalizador.
- 4) Método de Enrollamiento.-Se utiliza para la fabricación de tuberías tanques y cilindros.

4.2 Forma de distribución y fabricación del recubrimiento con fibra de vidrio de la carrocería estudiada

Luego de haber estudiado el uso de la fibra de vidrio como "plástico reforzado" dentro del campo automotriz, sabemos que existen diferentes procesos así como diferentes tipos de plásticos reforzados. Para nuestro caso, consideramos la resina Poliester, la fibra Roving y Mat, el proceso manual y prensado, que vienen a ser los característicos de nuestro medio.

4.2.1 Distribución de moldes de la carrocería estudiada

De acuerdo al plano N°T-05 en donde se presenta una explosión completa de la cubierta o envoltente de la estructura. Se distinguen las piezas que se obtendrían de los respectivos moldes a ser fabricados.

A continuación se muestra la Tabla N° 12 en donde se mencionan los detalles más resaltantes de las piezas, de acuerdo a los planos referenciales también mencionados.

Identificación de pieza en plano de explosión				
Item	Denominación	Referencia (Nºplano)	Cantid. (Uni.)	Peso Tot. aprox. (Kg.)
1	Cuerpo Principal	T-04,T-05	1	70
2	Cubierta Delantera	T-05	1	10.4
3	Guardafangos delan.	T-05	2	3.4
4	Guardafangos post.	T-05	2	11.6
5	Puertas	T-04,T-05	2	10.2
6	Capo	T-04,T-05	1	6
7	Mascarilla	T-04,T-05	1	1.5
8	Parabrisas	T-01,T-05	1	2.2
9	Tolva	T-01,T-05	1	12.8
10	Tapa posterior	T-01,T-05	1	1.2
Peso total en Fibra de la Carrocería (Kg)				129.3

Tabla N°12 Distribución de moldes.

Para la obtención de los pesos aprox. se ha considerado la equivalencia normalmente usada:

$$\text{Peso Real (Kg.)} = (1.6) \times (\text{Esp. mm}) \times (\text{Area m}^2).$$

(15)

Consideraciones para la fabricación de los moldes y piezas en fibra de vidrio

- De los moldes. - Normalmente los moldes para una copia de una pieza en Fibra de Vidrio son hechos de la misma Fibra de Vidrio con algunos refuerzos metálicos encima de ésta, para de esta manera sacar un molde que

es reforzado convenientemente para un trabajo continuo.

Cuando se desea obtener una pieza nueva se hace un molde de madera la cual ha sido tallada al nuevo diseño, en algunas ocasiones se hacen moldes de aluminio, dependiendo de la complejidad de la pieza.

En nuestro caso la carrocería ya existente serviría como pre-molde, efectuando ciertas modificaciones en algunas zonas de la carrocería.

De la carrocería estudiada observamos que la mayor complejidad presentada sería en el cuerpo principal, que justamente determina las demás piezas complementarias. En la Figura N°28 se muestra un esquema de como sería el mencionado molde, observándose que en la zona de los parachoques tendrían que existir postizos para el desmolde respectivo de la pieza completa.

- De las piezas.- Todas las piezas obtenidas presentan un espesor entre 3 - 4mm algunas de ellas contienen refuerzos metálicos, sobre todo en las zonas de amarre (caso bisagras), debido a que el material

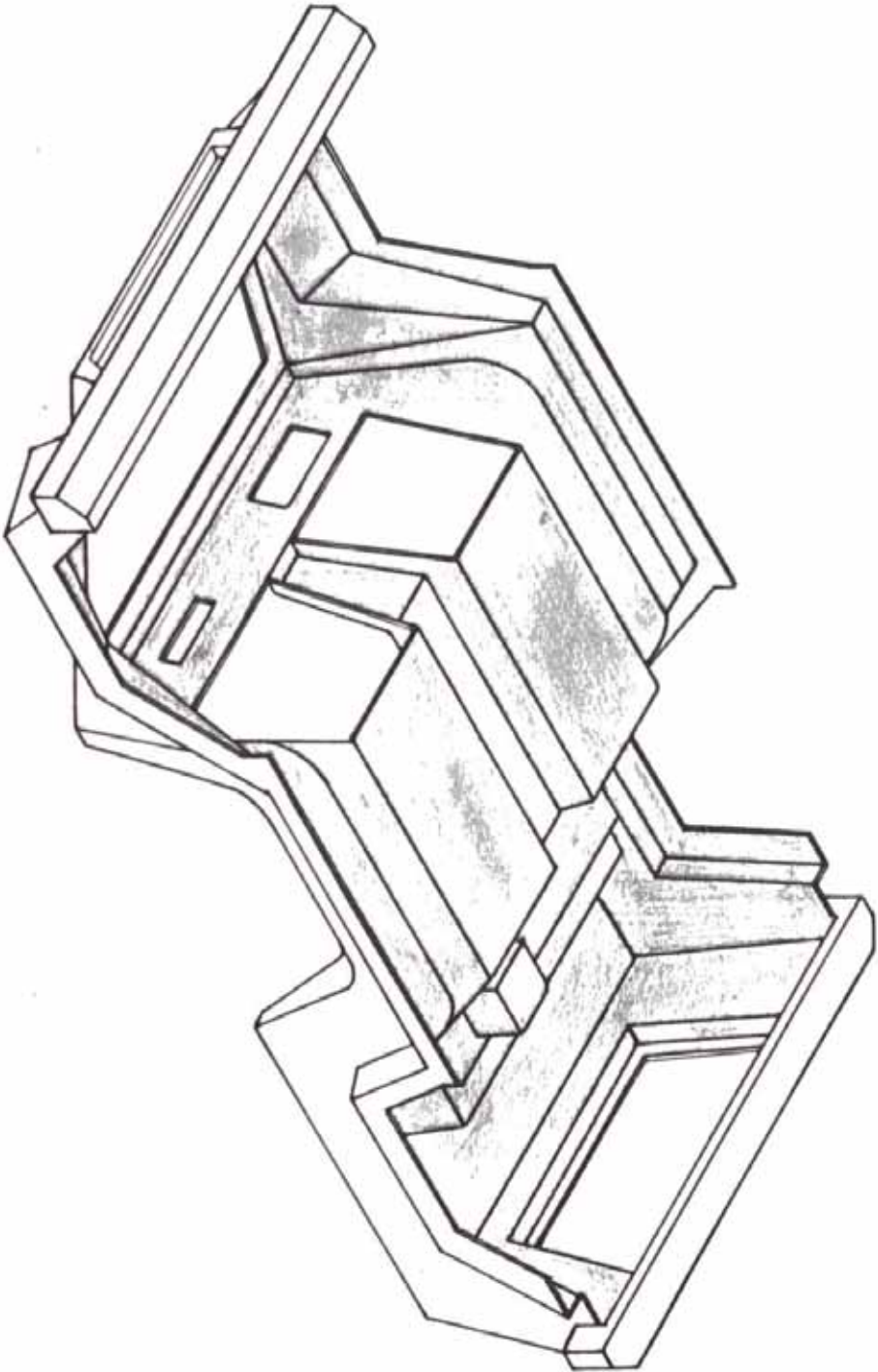


FIG. 28

plástico se debilita en esta zona por su continuo uso. Dichos refuerzos metálicos son insertos que se colocan al momento de laminar quedando sujetos por la propia resina plástica, debido al espesor de la piezas obtenidas, estos refuerzos son también limitados en su espesor, considerandose en nuestro caso planchas de 2mm de espesor.

4.2.2 Ruta del proceso de fabricación

La capacidad a instalar para los procesos de fabricación está ligado directamente a los volúmenes de producción, entendiéndose que los medios de producción a utilizarse serían los básicos para una fabricación piloto, estimaremos un diagrama de precedencias Fig. N° 29 en el cual se indica la secuencia que deben seguir las operaciones, las cuales están numeradas de acuerdo al puesto de trabajo que pertenecen que son descritos en la siguiente tabla.

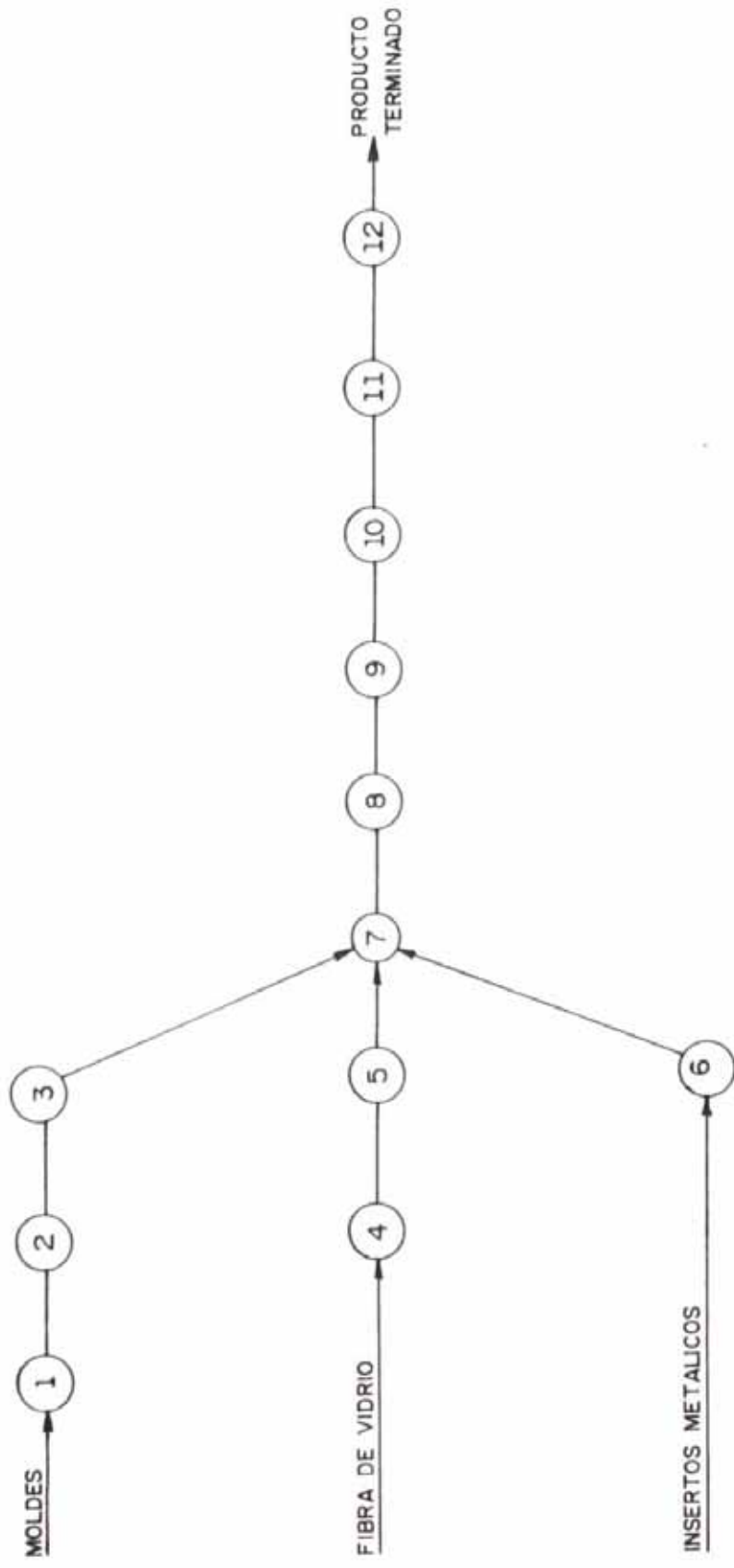


FIG. 29 DIAGRAMA DE PRECEDENCIA DE OPERACIONES

 N°PUESTO DESCRIPCION DEL PUESTO

1	Limpieza/Encerado/Pulido (MOLDES)
2	Aplicación del Gel Coat
3	Secado Gel Coat
4	Corte de Fibra
5	Pesar Fibra, Resina y MEK
6	Esmerilado/Masillado/Secado (INSERTOS METALICOS)
7	Laminado / Prensado
8	Primer secado / Corte rebabas
9	Segundo secado / Desmolde
10	Lijado de Bordes
11	Limpieza y Revisión de Productos
12	Rellenar con Gel Coat / secado /lijado/pulido

Tabla No 13 Descripción de los tiempos standard de los puestos de trabajo.

4.2.3 Estimación de los tiempos standard de producción por producto trabajado

Siendo importante estimar los tiempos standard de producción para las operaciones a efectuar en vista de evaluar los costos de fabricación, se tiene la Tabla N° 14 en la cual se muestra la descripción del producto, los tiempos estimados por operación, así como el acumulado.

Cabe mencionar que los tiempos se han estimado de acuerdo a reportes reales de la

empresa ETRAMSA, teniendo en cuenta la similitud de medidas y formas con piezas reales ya fabricadas en dicha empresa.

4.2.4 Estimación de los requerimientos mínimos como medio de producción

Consideraremos como requerimiento mínimo de personal simultáneo a 2 personas, lo cual nos llevará a estimar el mínimo de herramientas necesarias para la fabricación total del producto.

A continuación se muestra la tabla N° 15 en donde se detallan las herramientas mínimas necesarias.

TIEMPOS STANDARD ESTIMADOS POR PUESTOS (Hrs.) TOTAL Hrs.

Item	Denominación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sub-Total	Total
1	Cuerpo Principal	8	1.16	0.5	1.5	1.16	0.8	2.0	1.5	2.0	1.5	0.75	1.16	-	40.03
2	Cubierta delantera	3.0	0.75	0.5	0.75	0.4	-	4	0.8	1.24	0.75	0.32	0.5	-	13.01
3	Guardafangos del.	2.0	0.50	0.5	0.5	0.3	-	1.0	0.75	1.16	0.5	0.24	0.24	7.69	15.38
4	Guardafangos pos.	3.0	0.75	0.5	0.75	0.3	-	2.0	0.75	1.24	0.5	0.24	0.24	10.27	20.54
5	Puertas	2.0	0.75	0.5	0.75	0.3	0.16	1.5	0.75	1.16	0.5	0.24	0.24	8.85	17.7
6	Capo	2.0	0.50	0.5	0.50	0.3	0.16	1.5	0.75	1.16	0.5	0.24	0.24	-	8.35
7	Mascarilla	2.5	0.75	0.5	0.50	0.4	0.32	2.0	0.80	1.24	0.5	0.24	0.32	-	10.07
8	Parabrisas	2.0	0.50	0.5	0.50	0.3	0.16	1.5	0.75	1.16	0.5	0.24	0.24	-	8.35
9	Capota	3.5	1.5	0.5	1.0	0.4	-	4	1.00	1.24	0.75	0.32	0.75	-	14.96
10	Tapa de Maletera	2.5	0.75	0.5	0.75	0.3	0.16	1.5	0.75	1.16	0.5	0.24	0.32	-	9.43

TOTAL DE TIEMPOS (Hrs.) 157.82

Tabla N° 14

ITEM	DESIGNACION	CANT.	APLICACION
1	Balanza	1	Dar proporción de componentes
2	Gilgotina	1	Cortar Fibra
3	Espatulas de Acero	2	Masillado, Limpieza
4	Cuchillas de Acero	2	Cortar rebabas
5	Brocha cerda de 2 1/2"	2	Laminación (Fibra + Resina)
6	Brocha cerda de 1"	2	Laminación (Fibra + Resina)
7	Prensa "C" de 6"	4	Prensado de Moldes
8	Lijadora circular	1	Dar acabado
9	Rodillos de fierro	2	Apisonar la laminación
10	Martillo de goma	2	Desmolde
11	Pistola de succión 1/4Gl.1	1	Aplicación del Gel Coat
12	Moldes de Productos	1	
*	Pistola de Aplicación de resina o resina-fibra	1	De usarse esta herramienta, se eliminaría Brochas, Gilgotina, Balanza, cuchillas.

Tabla N° 15 Requerimientos mínimos como medio de producción.

CAPITULO 5

ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO AERODINAMICO DE LA CARROCERIA ESTUDIADA

5.1 Generalidades

5.1.1 Ecuación del movimiento del vehículo

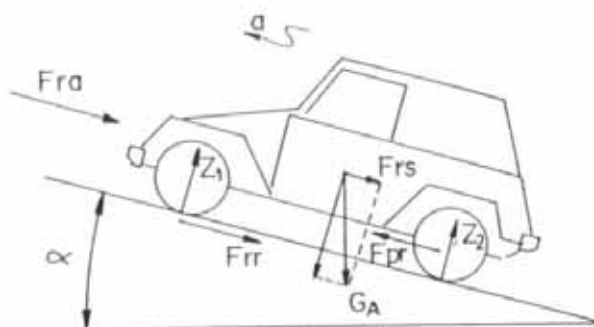


Fig. N° 30

Aplicando la 2da. Ley de Newton:

$$\sum F = m \cdot a$$

$$F_{pr} - F_{ra} - F_{rr} - F_{rs} = F_{ri}$$

También:

$$F_{pr} = F_{ra} - F_{rr} - F_{rs} - F_{ri} \quad (16)$$

Donde:

F_{pr} = Fuerza de propulsión

F_{ra} = Fuerza de resistencia aerodinámica

F_{rr} = Fuerza de resistencia a la
rodadura

F_{rs} = Fuerza de resistencia a la
pendiente

F_{ri} = Fuerza de resistencia a la inercia

- Fuerza de Propulsión:

También conocida como fuerza de tracción, es la fuerza que se transmite desde el motor hacia las ruedas motrices, su relación es la siguiente:

$$F_{pr} = \frac{M_e \cdot i_T \cdot \eta_T}{r_R} \quad (17)$$

Donde:

F_{pr} = Fuerza de propulsión

M_e = Par motor efectivo

i_T = Relación de transmisión total

η_T = Eficiencia total de la
transmisión

r_R = Radio de rodadura de la
rueda.

- Fuerza de resistencia a la rodadura

Es la fuerza que se opone al movimiento del vehículo y su magnitud depende de las condiciones del camino y de las ruedas, su relación es:

$$F_{rr} = \sum_{i=0}^n Z_i f_i$$

En el caso de un vehículo 4x2

$$F_{rr} = Z_1 \cdot f_1 + Z_2 \cdot f_2$$

$$F_{rr} = f \cdot (Z_1 + Z_2)$$

$$F_{rr} = f \cdot G_n \cdot \cos \alpha \quad (18)$$

- Fuerza de resistencia a la Pendiente

Viene a ser la componente del peso del vehículo paralela a la carretera.

$$F_{rs} = f \cdot G_n \cdot \sin \alpha \quad (19)$$

- Fuerza de resistencia a la carretera

Es igual a la suma de las fuerzas de resistencia a la rodadura más la resistencia a la pendiente.

$$F_{rc} = F_{rr} + F_{rs}$$

$$F_{rc} = f \cdot G_n \cdot \cos \alpha + G_n \cdot \sin \alpha$$

$$F_{rc} = (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot G_n$$

$$F_{rc} = c \cdot G_n \quad (20)$$

Donde:

c = Coeficiente de resistencia a la carretera.

$$(c \approx f+i; i = \tan\alpha)$$

- Fuerza de resistencia Aerodinámica

Es la resultante de todas las fuerzas (normales y tangenciales) con la que el aire actúa sobre el vehículo, su equivalente es:

$$F_{ra} = \frac{1}{2} \rho_a \cdot c_{ra} \cdot A \cdot v_a^2 \quad (21)$$

Donde:

ρ_a = Densidad del aire (Nivel del mar
 $\rho=1.226 \text{ Kg/m}^3$)

c_{ra} = Coeficiente adimensional de forma del automóvil

A = Área frontal del vehículo

v_a = Velocidad del automóvil

- Fuerza de resistencia a la Inercia

Es la fuerza de inercia del vehículo que se opone al cambio de su estado de reposo, equivale a:

$$F_{ri} = \frac{G_v \cdot K_m \cdot a_v}{g} \quad (22)$$

Donde:

F_{ri} = Fuerza de resistencia a la inercia

G_v = Peso del Vehículo

a_v = Aceleración del vehículo

g = Aceleración de la gravedad

K_m = Factor de inercia rotacional

$$K_m = 1 + K_1 i_{cv}^2 + K_2;$$

$$\left. \begin{array}{l} K_1 = 0.04-0.06 \\ K_2 = 0.03-0.05 \end{array} \right\} \text{Para el vehículo completamente cargado.}$$

5.1.2 Diagrama de Propulsión del Vehículo

Después de haber analizado la ecuación del movimiento del vehículo con las respectivas fuerzas aplicadas, podemos observar que algunos de estas fuerzas podemos llevarlas a un gráfico y así poder hacer un análisis rápido y claro.

Si de la ecuación de balance de fuerzas agrupamos a las fuerzas que no dependen de la carretera pero si de la velocidad, entonces:

$$F_{pr} - F_{ra} = F_{rc} + F_{ri} = F_d$$

Donde:

F_d = Fuerza disponible, que sirve para vencer la resistencia de la carretera y la resistencia a la inercia.

Entonces, de un gráfico fuerza & Velocidad se obtienen para cada cambio, la fuerza de propulsión y la fuerza disponible y así obtendremos indirectamente:

- a) La máxima velocidad del vehículo para determinadas condiciones de la carretera.
- b) La pendiente que puede sobreponer el vehículo a diferentes velocidades de movimiento y por diferentes carreteras.
- c) Determinar las máximas pendientes para cada una de las reducciones de la caja.

En la Fig. N° 31 se muestra las tendencias de las curvas del diagrama de propulsión.

5.1.3 Característica Dinámica del Vehículo

Se denomina característica dinámica del vehículo al gráfico de la variación del

factor dinámico del mismo respecto de su velocidad para cada cambio de la caja.

Si:

$$D = \frac{F_d}{G_0} = \frac{F_{pr} - F_{ra}}{G_0}$$

y:

$$F_{pr} - F_{ra} = F_{rc} + F_{ri}$$

entonces:

$$D = c + \frac{K_m \cdot a_0}{g} \quad (23)$$

Las características dinámicas permite solucionar las diferentes tareas del diagrama de tracción, como:

- La velocidad máxima de un vehículo:
Como la velocidad máxima se da cuando $a_0 = 0$, entonces $D=c$ (gráficamente).
- La máxima pendiente que puede vencer al vehículo a $v_0=cte$.

$$D_{max} = f + i_{max}$$

$$D_{max} - f = i_{max} \text{ (gráficamente)}$$

- La aceleración máxima

$$a_{0max} = \frac{D_{max} - c}{K_m} \cdot g \quad (24)$$

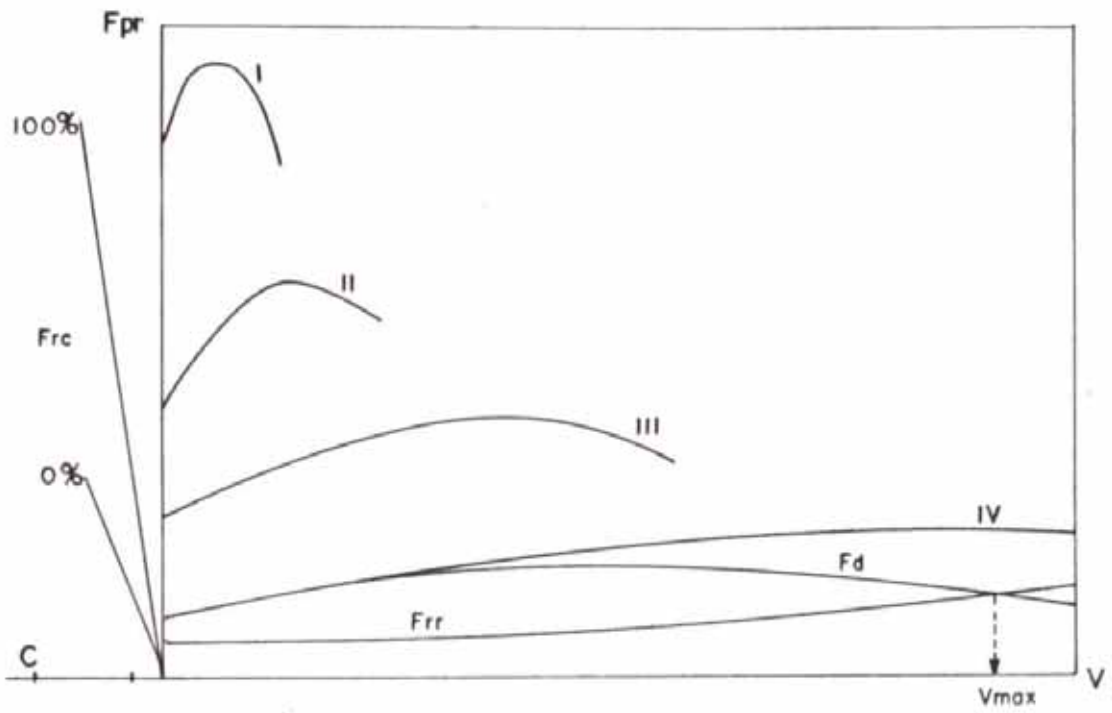


Fig 31

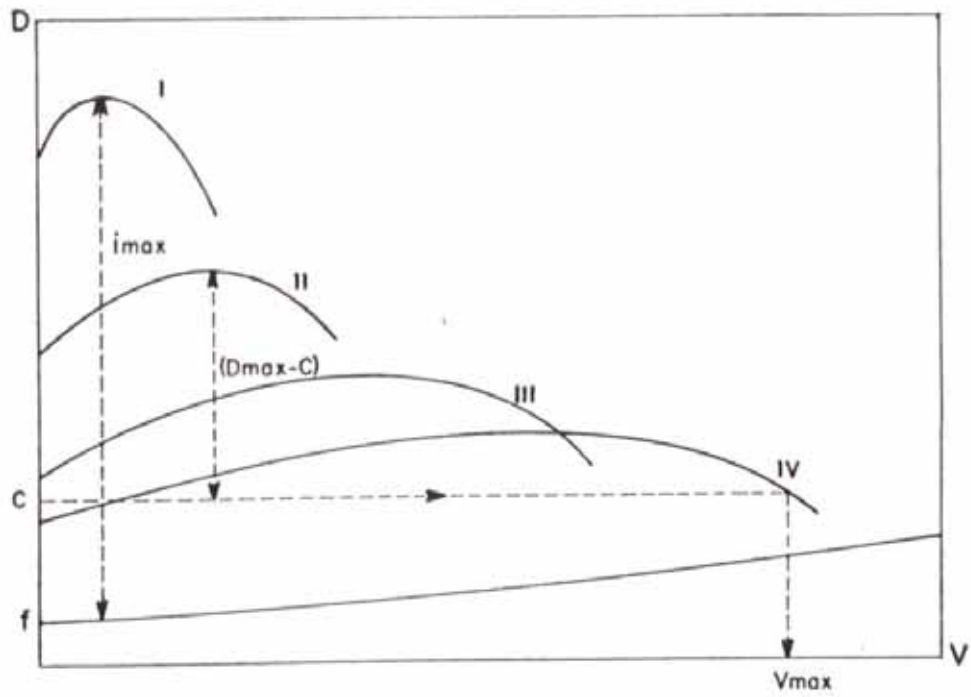


Fig 32

En la Fig. N° 32 se muestra la tendencia de la característica dinámica.

5.2 Aerodinámica de la Carrocería Estudiada

Hablar de aerodinámica implica vencer la resistencia aerodinámica, esta resistencia se debe a tres fuentes diferentes:

- 1.- La forma de arrastre, el cual es originado por la turbulencia en la estela del vehículo. Es función de la forma de la carrocería, particularmente de la forma posterior. Esta componente es usualmente la de mayor significancia en la resistencia aerodinámica.
- 2.- La función de la superficie, la cual es originada por las fuerzas en las superficies exteriores del vehículo debido al flujo de aire. Para superficies normales esta componente es aproximadamente 10% de la resistencia aerodinámica total.
- 3.- Resistencia del aire debido al flujo a través del sistema de enfriamiento tanto interior como del motor; esta componente representa un poco porcentaje del total del arrastre.

Sabemos que la resistencia aerodinámica es usualmente expresada de la siguiente forma:

$$F_{ra} = \frac{\rho \cdot C_D \cdot A \cdot v_a^2}{2}$$

Donde ρ es la densidad establecida a unas condiciones standard de prueba aerodinámica referida, C_D es el coeficiente aerodinámico que representa la combinación de efectos de los tres componentes descritos anteriormente, A es el área característica del vehículo usualmente tomado como área frontal y v_a es la velocidad relativa del vehículo con respecto al viento.

Es interesante notar que la resistencia aerodinámica es proporcional al cuadrado de la velocidad y la potencia requerida para sobrepasar la resistencia aerodinámica se incrementa con el cubo de la velocidad. Si la velocidad del vehículo es el doble, la potencia se incrementa en 8 veces; lo cual refleja la importancia de la aerodinámica en la economía total del vehículo.

5.2.1 Simulación Aerodinámica en el campo automotriz

Un análisis completo o entendible de las características aerodinámicas de un vehículo no pueden ser hechas sólo por la medición de las fuerzas aerodinámicas en un túnel de viento, la visualización del flujo de aire

puede conducir a una más clara comprensión posterior. Por esto, a continuación se detalla el uso de estas dos pruebas.

A) Determinación de las Fuerzas Aerodinámicas en un túnel de viento

Hace 53 años en 1938, en la universidad técnica de stuttgart, se hizo una revisión del campo de la técnica de la simulación aerodinámica, se examinaron específicamente los siguientes seis métodos:

- 1.- Un modelo libremente suspendido en el tunel del viento
- 2.- Un plano fijo que representa el camino debajo del modelo
- 3.- Dos modelos simétricamente opuestos libremente suspendidos en el tunel de viento
- 4.- Una faja en movimiento representando el camino debajo del modelo.
- 5.- Un plano fijo con succión o soplado para remover la capa límite.
- 6.- Usando el piso del tunel de viento como representación del camino.

El trabajo de diferentes investigadores con estos seis métodos, mostró considerables

variaciones en el coeficiente de arrastre. La conclusión fue que la faja en movimiento ofrecía la mejor posibilidad en la simulación del camino.

Con el pasar de los años, en USA, el plano fijo vino a ser el uso general en las pruebas de automóviles, debido a la simplicidad mecánica y al factor que los resultados de las pruebas generalmente mostraron buen resultado con una escala natural del vehículo.

Las fuerzas y momentos, los valores referenciales y el sistema de coordenadas se muestran en la Fig. 33.

Prueba en un plano fijo

Una instalación típica de un plano fijo es mostrado en la Fig. 34 y el sistema de soporte del modelo dentro de la placa plana es mostrada en el Fig.35. El centro principal de la balanza viene a través del piso del tunel dentro de la placa plana y se registran todas las fuerzas aplicadas al modelo.

La armazón en forma de "H" tiene una regulación que se ajusta a las distancias de

las ruedas, la altura del soporte es tal que la base debajo del modelo es tangente con la placa plana.

La influencia de la capa límite en la placa plana son obviados en los resultados obtenidos.

Las fuerzas son medidas con una balanza mecánica de seis componentes, compensada electrónicamente con la ayuda de pesas en movimiento, los datos son acumulados en un procesador de datos. Esta balanza puede ser rotada a través de $\pm 90^\circ$ al rededor del eje vertical para que el viento transversal pueda ser simulado. Una distribución total de un tunel de viento se muestra en la Fig.36, éste pertenece a la Volkswagen y es del tipo cerrado en el ducto y abierto en la sección de prueba. El estrechamiento tiene un ratio de contracción de 4:1, la velocidad máxima del viento es de 175 km/h la cual cubre los rangos de velocidad de la mayoría de la producción de automóviles standar. El gradiente de presiones en la sección de prueba en la localización del vehículo, medido en la sección total, es igual a cero.

B) Visualización del flujo de aire en un tunel de viento

Los métodos de visualización del flujo de aire pueden ser agrupados dentro de las siguientes categorías:

- 1.- Estudiar la moción de la capa límite en una carrocería por el método de penachos o el método del tinte de aceite, no siendo fácilmente ejecutable en un común tunel de viento.
- 2.- Estudiar el flujo de aire lejano desde la superficie de una carrocería, que esta fuera de la capa límite, aquí se aplica un tunel de agua o tunel de humo.

Uno de los problemas prácticos de la utilización del tunel de agua o tunel de humo es que el número de reynolds obtenido en un tunel de agua es muy pequeño.

Ejm. El número de Reynolds en la zona de las llantas es de 1×10^4 y 2×10^4 en el mejor de los casos, mientras que los automóviles actuales llegan a $1 \times 10^6 - 1 \times 10^7$ y en el túnel

de viento se llega a 1×10^5 y 1×10^6 , por su puesto que es preferible usar número de Reynolds alto; por esto, el tunel de humo es un instrumento de mayor aplicación.

Si bien el tunel de humo tiene sus limitaciones, estas se han ido superando paulatinamente, tal es el caso que sólo se hacían pruebas en tunel de humo en las dos dimensiones pero ahora ya se efectúan en las tres dimensiones.

Descripción de un tunel de humo

El tunel de humo consiste de tres partes fundamentales: El tunel de viento, el generador de humo y la boquilla de humo. Un bosquejo del tunel de humo es presentado en la Fig.37. El tipo de tunel de viento es un circuito abierto de fácil construcción para el escape de la acumulación de vapor de kerosene en el circuito.

Lo importante en un tunel de humo para efectuar una buena visualización, es generar líneas limpias de humo y estas se consiguen haciendo que la turbulencia sea baja, las líneas de humo tienen que ser ajustadas y regular la velocidad del humo.

Para entender la relación entre la forma de la carrocería y sus características aerodinámicas, se muestran las Fig(s). 38 y 39 en donde se aprecian líneas de flujo de aire de recorrido diferente marcando así las diferencias de las formas de las carrocerías.

5.2.2 Influencia de los factores constructivos de la carrocería para la obtención del coeficiente de forma

Es usual obtener un sólo valor específico C_D para un vehículo. Sin embargo, algunos automóviles poseen un rango del C_D . Los parámetros que influyen en el arrastre son divididos en la Fig.40, se distinguen: La influencia de la posición del vehículo (Ang. de ataque, altura libre); condiciones de uso, el flujo del aire de enfriamiento y sobre todo la forma del vehículo que es materia de estudio en el presente acápite.

El Método de Optimización

Los coeficientes de forma en vehículos medianos con formas no muy complejas muestran que en el peor de los casos equivale aproximadamente a $C_D = 0,40$, si se desea obtener una reducción mayor del coeficiente

de arrastre, el método de optimización trata de ilustrar la variación del C_D de acuerdo a las variaciones en la forma de la carrocería, esto por supuesto nos lleva a reducir el valor del C_D .

Cabe mencionar, que todos los resultados presentados a continuación fueron obtenidos de la VOLKSWAGENWERK'S climatic wind tunnel, que anteriormente ya se ha descrito.

El modelo es uno a escala natural que es una completa imitación del vehículo standard, incluyendo ventanas, líneas de juntas, equipos exteriores, etc. No es un modelo rígido pues posee un sistema de suspensión respondiendo a los efectos de sustentación y "Pitching moment" (saltos).

Las condiciones standard para la posición del vehículo son tomadas a la mitad de la capacidad de carga, complaciendo las normas DIN en lo que se refiere a economía de combustible y tope de velocidad.

Los modelos también incluyen la circulación del aire de enfriamiento a través del vehículo.

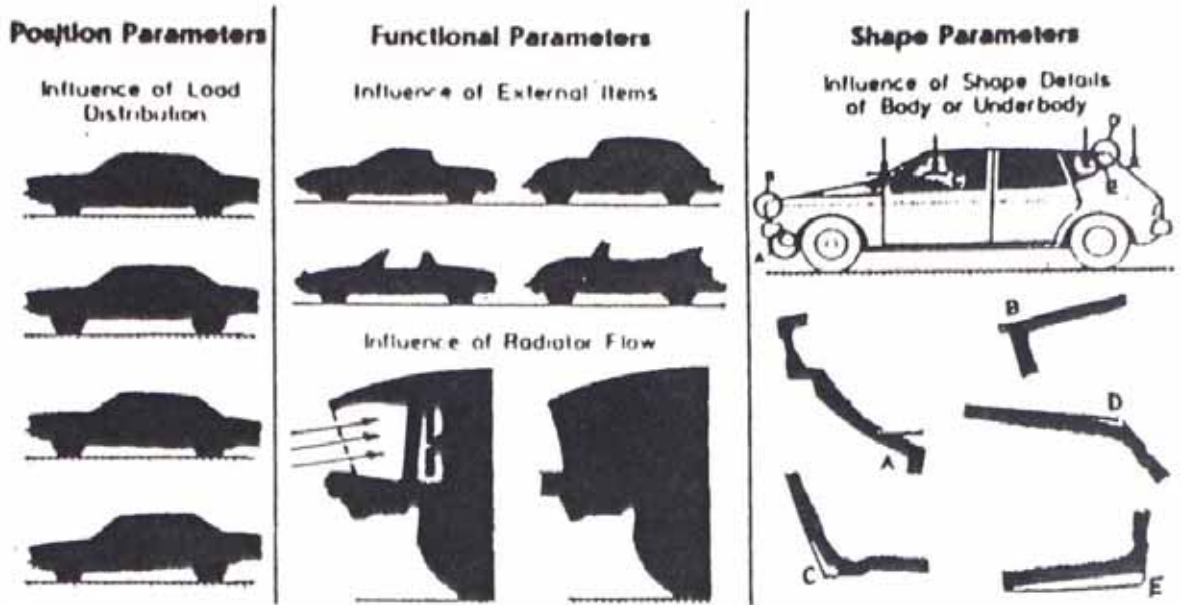


FIG.40 Los tres tipos diferentes de parámetros influyentes en el coeficiente de arrastre aerodinámico.

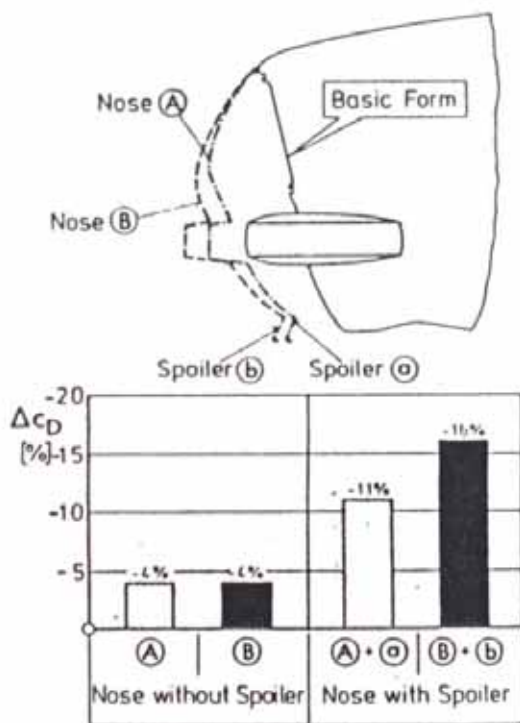


FIG.42 Conjunción de la forma del extremo frontal y el deflector.

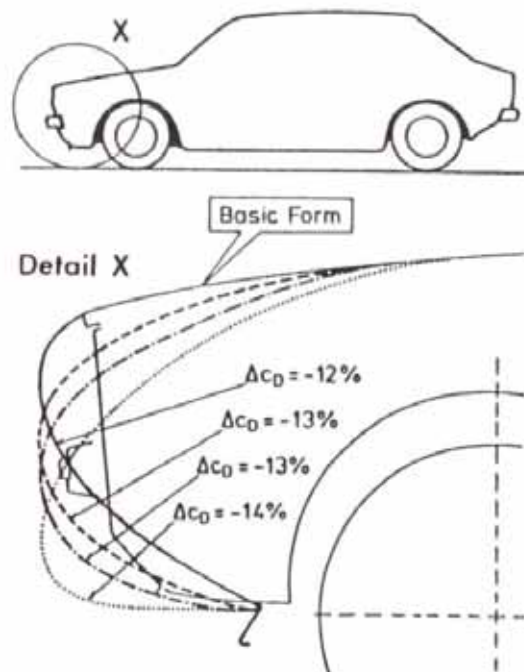


FIG.41 Decrecimiento del arrastre en la configuración del extremo frontal.

La gráfica muestra que bajando insignificadamente ($Z=-50\text{mm}$) o levantando a una altura de $Z=100\text{mm}$ no produce ningún cambio en el arrastre.

Con la elevación del extremo posterior entre 100 y 150mm, el coeficiente de arrastre cae desde la forma básica con $C_D = 0.4$ en 8%, a $C_D = 0.37$. Una mayor elevación del extremo posterior nos lleva al campo de las STATION WAGON, como muestra el contorno referido en la forma B. Este proporciona un coeficiente de arrastre de $C_D = 0.38$.

La prueba de la influencia de la elevación de la tapa de la maletera fue ejecutada sin cambios a los laterales del posterior manteniendo el flujo de aire incambiable dentro de la cola.

La influencia del estrechamiento del posterior y los paneles laterales es mostrado por el mismo vehículo en la Fig.44. La altura de la tapa de la maletera permanece invariable a medida que las paredes fueron estrechándose.

Las siguientes observación trata sobre la influencia del ángulo de inclinación del

Diseño del extremo frontal

El grado de reducción del arrastre puede ser encontrado máximamente por medio de un óptimo diseño del extremo del frontal, en la Fig. 41 nosotros vemos un óptimo extremo del frontal de este tipo. La línea continua, la cual flexando dentro de la forma original en la nariz corta la región de la línea, se obtiene una reducción en el coeficiente de arrastre de $\Delta C_D = 12\%$. Si nosotros partimos desde la carrocería original, como se muestra en la Fig.42, es posible encontrar formas con la misma dimensión principal con la cual se obtiene una igual o mejor reducción del coeficiente de arrastre llamandose forma "optima". Un componente del extremo del frontal, que es usado generalmente es el SPOLIER o deflector, la Fig. 42 muestra los efectos de su uso cuando se asocia con diferentes extremos con diferentes extremos del frontal.

En este ejemplo la nariz adicional fue colocada delante de la forma básica, por lo que el vehículo fue incrementando en longitud. Cuando las narices A y B son usadas sin SPOLIER, una reducción idéntica en

el arrastre de 4% fue obtenida, sin embargo se obtiene un 11% de caída en el C_D por la nariz de la forma A+a, pero 16% por la forma B+b.

Esto muestra que los efectos del SPOLIER en el extremo frontal no es simplemente para proteger del flujo de aire en la parte inferior.

Diseño del extremo posterior

Puesto que en el caso de diseño del extremo frontal los resultados pueden ser transferidos con algunas limitaciones a otros vehículos de diferentes tipos, con tal que las principales dimensiones sean similares, una transferencia de optimización de resultados del extremo posterior del carro no es suficientemente posible. El flujo patrón en la parte posterior del vehículo es determinado por el régimen del flujo en el frontal, la aerodinámica de la longitud total del vehículo además de las tres dimensiones naturales del extremo posterior.

Como un ejemplo de optimización del extremo posterior en un carro NOTCHBACK (tipo sedan). La Fig.43 muestra la influencia de la altura de la tapa de la maleta en el coeficiente de arrastre C_D .

extremo posterior, en los tipos FASTBACK y SQUAREBACK.

Un posterior tipo FASTBACK, es definido en el cual la línea de separación es localizada en la inclinación de la línea posterior, es decir, la ventana posterior, la cual forma parte del panel inclinado, está en una región de adherencia del flujo de aire, y de este modo permanece libre de la acumulación de polvo.

Un posterior tipo SQUAREBACK, posee una separación en el nivel del techo por lo que en todo el posterior incluyendo su ventana descansa la separación del flujo de aire, por eso es, que el polvo es depositado en el vidrio, siempre y cuando no haya una variación del flujo patrón de la estela. En la Fig. 45 puede verse la influencia de la inclinación del posterior en el arrastre y la localización de la separación.

La transición desde la forma SQUARE a FASTBACK no toma un lugar repentinamente en una inclinación específica (ángulo), esto ocurre en una zona de transición mostrada como una zona sombreada en el gráfico. En esta zona de transmisión la línea de

separación oscila entre el tope y la parte inferior del C_D . Si el ángulo β es más reducido, el C_D cae. En una inclinación FASTBACK para un ángulo de 23° el mismo coeficiente de arrastre $C_D = 0.40$ es obtenido como el flujo en un SQUAREBACK. Este ángulo $\beta = 23^\circ$ representa el límite aproximado que es aceptado para un sedán, permitiendo una razonable visión de la parte posterior.

Ángulos más pequeños de aproximadamente 15° , son aplicados en coupés. Si el patrón del flujo en la sección frontal del carro es desfavorable, el ángulo límite es reducido de 30° a 25° , si el frontal tiene un excelente patrón de flujo y la separación no ocurre en la parabrisas, el ángulo límite puede ser 35° .

La influencia de SPOLIER posterior en el arrastre y la sustentación en el eje posterior para un coupé es mostrado en la Fig.46.

Existen por supuesto influencias en el arrastre C_D , por parte de la forma de otras zonas de un vehículo, pero no representan tanta importancia como los mencionados anteriormente.

Para efectos de cálculo de la performance del vehículo con la carrocería estudiada de acuerdo a lo expuesto anteriormente y observando el plano T-01, consideramos un coeficiente de forma:

$$C_a = 0,4$$

5.3 Cálculo de la performance del vehículo con la carrocería estudiada

Los cálculos a efectuar seguidamente se basan en los datos técnicos presentados en el capítulo 2, donde se describe el auto tomado en consideración para analizar su carrocería.

5.3.1 Secuencia de cálculo

a) Potencia y Par efectivo del motor

$$P_e = p_n [a(W_e/W_n) + b(W_e/W_n)^2 + c(W_e/W_n)^3]$$

Donde:

$$a = 1 \quad b = 1 \quad c = 1 \quad (\text{motor ECH})$$

$$N_e = \frac{P_e}{W_e}$$

b) Velocidad lineal del vehículo

$$V_A = \frac{r_{re} \cdot W_e}{i_{re} \cdot i_{cv}}$$

Donde:

$$rR = 0.5.D + \lambda B \quad \text{y} \quad \lambda = 0.88 \quad (\text{V. ligeros})$$

c) Fuerza de Propulsión

$$F_{PR} = \frac{M_{0.1} r + i_{cr} + i_{cv}}{rR} \times D_T$$

d) Fuerza de Resistencia al camino

$$F_{RC} = F_{RR} + F_{RW}$$

$$F_{RC} = G_{0.1} (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Donde:

$$c = f + i; \quad i = \tan \alpha; \quad f = f_0 \cdot \left(\frac{1 + v_0^2}{1500} \right)$$

e) Fuerza de Resistencia Aerodinámica

$$F_{RA} = \frac{1}{2} \rho_a \cdot A \cdot C_{0.1} \cdot v_0^2$$

Donde:

$$\rho_a = 1.226 \text{ Kg/m}^3$$

f) Factor Dinámico

$$D = \frac{F_{PR} - F_{RA}}{G_{0.1}}$$

g) Aceleración del vehículo

$$a_0 = \frac{D - C}{K_m} \cdot g$$

5.3.2 Especificaciones Técnicas para el cálculo de la performance

Para la obtención tanto del Diagrama de Propulsión y el Factor Dinámico, se hacen los cálculos respectivos de acuerdo a lo anteriormente mostrado, teniendo en cuenta, que las especificaciones de un vehículo vienen dadas en unidades comerciales se tiene la tabla N°16 en la cual se muestran los datos tal y como son presentados en las especificaciones del vehículo evaluado.

SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD	DENOMINACION
Pn	60	HP	Potencial Maximal
Np	4600	rpm	Revoluciones a potencia max.
Tm	12	Kg-m	Torque máximo
Nt	3000	rpm	revoluciones a torque max.
a	1	cte.	coef. leyderman
b	1	cte.	coef. leyderman
c	1	cte.	coef. leyderman
D	15	pulg.	Diametro del arco
B	5.6	pulg.	Ancho del neumático
irf	4.375		Relación de reducción final
icv-1	3.80		Relación de reducción Primera
icv-2	2.06		Relación de reducción Segunda
icv-3	1.32		Relación de reducción Tercera
icv-4	0.89		Relación de reducción Cuarta
ncv	0.97		Eficiencia de la caja de velocid(s)
n	1		Numero de juntas universales
nc	0.995		Eficiencia del árbol cardánico
nT	0.995		Eficiencia de la transmisión
fo	0.015		Coef. de resistencia a la rodadura
GA	1240	Kg.	Peso Bruto Vehicular
A	2.24	m2	Area frontal
CA	0.4		coef. de forma

Tabla N° 16

5.3.3 Obtención del Diagrama de Propulsión y Factor Dinámico

De acuerdo a las especificaciones y la secuencia de cálculo, se ha procedido a efectuar los cálculos debidos obteniendo la tabla N°17, posteriormente los gráficos mostrados en las figuras 47 y 48, de dichos gráficos y de la tabla se obtienen los siguientes parámetros fundamentales en la evaluación del vehículo:

Velocidad Máxima

De las intersecciones de las curvas tanto en el diagrama de propulsión como en el Factor Dinámico, se tiene:

$$V_{max} = 130 \text{ Km/hr.}$$

Máxima pendiente superable

Del diagrama de Factor Dinámico, en la primera velocidad, se tiene:

$$i_{max} = D_{max} - f$$

$$i_{max} = 0.436515 - 0.015249$$

$$i_{max} = 0.421266$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.421266$$

$$\alpha = 22.84^\circ$$

Aceleraciones máximas

Considerando un terreno plano, se tiene:

$$a^n_{\text{omax}} = \left(\frac{D_{\text{max}} - f}{K_m^n} \right) \cdot g \quad K_m^n = 1 + 0.06 \cdot 10^{-n^2} + 0.05$$

Entonces:

1ra: $D^1_{\text{max}} = 0.436515$

$$f_1 = 0.015249$$

$$K_m^1 = 1.9164$$

$$a^1_{\text{omax}} = \left(\frac{0.436515 - 0.015249}{1.9164} \right) \cdot 9.8$$

$$a^1_{\text{omax}} = 2.154 \text{ m/s}^2$$

2da: $D^2_{\text{max}} = 0.234018$

$$f = 0.01549$$

$$K_m^2 = 1.30046$$

$$a^2_{\text{omax}} = \left(\frac{0.234018 - 0.01549}{1.30046} \right) \cdot 9.8$$

$$a^2_{\text{omax}} = 1.642 \text{ m/s}^2$$

3ra: $D^3_{\text{max}} = 0.145815$

$$f = 0.01621$$

$$K_m^3 = 1.1545$$

$$a^3_{\text{omax}} = \left(\frac{0.145815 - 0.01621}{1.1545} \right) \cdot 9.8$$

$$a^3_{\text{omax}} = 1.10 \text{ m/s}^2$$

4ta: $D^4_{\text{max}} = 0.093109$

$$f = 0.01621$$

$$K_m^4 = 1.0975$$

$$a^4_{\text{omax}} = \left(\frac{0.093109 - 0.01621}{1.0975} \right) \cdot 9.8$$

$$a^4_{\text{omax}} = 0.686 \text{ m/s}^2$$

CAPITULO 6

EVALUACION ECONOMICA DE LA CARROCERIA ESTUDIADA

Como se ha mencionado, en el presente estudio se estimarán los costos de la carrocería de acuerdo a una producción piloto, para que de esta manera, sus costos de inversión de moldes no eleven el costo final de la carrocería, lo cual sucedería de fabricarse un sólo prototipo.

La producción piloto será considerada en cien piezas, puesto que es el tiempo promedio de vida de los moldes de fibra de vidrio.

6.1 Costo Total de la Carrocería

Para la obtención del costo de la carrocería, se ha creído conveniente usar el mismo procedimiento usado en la empresa ETRAMSA, el cual tiene una configuración mostrada en la Fig.49, previamente, se explicará en forma breve la significancia de los documentos en la configuración mencionada.

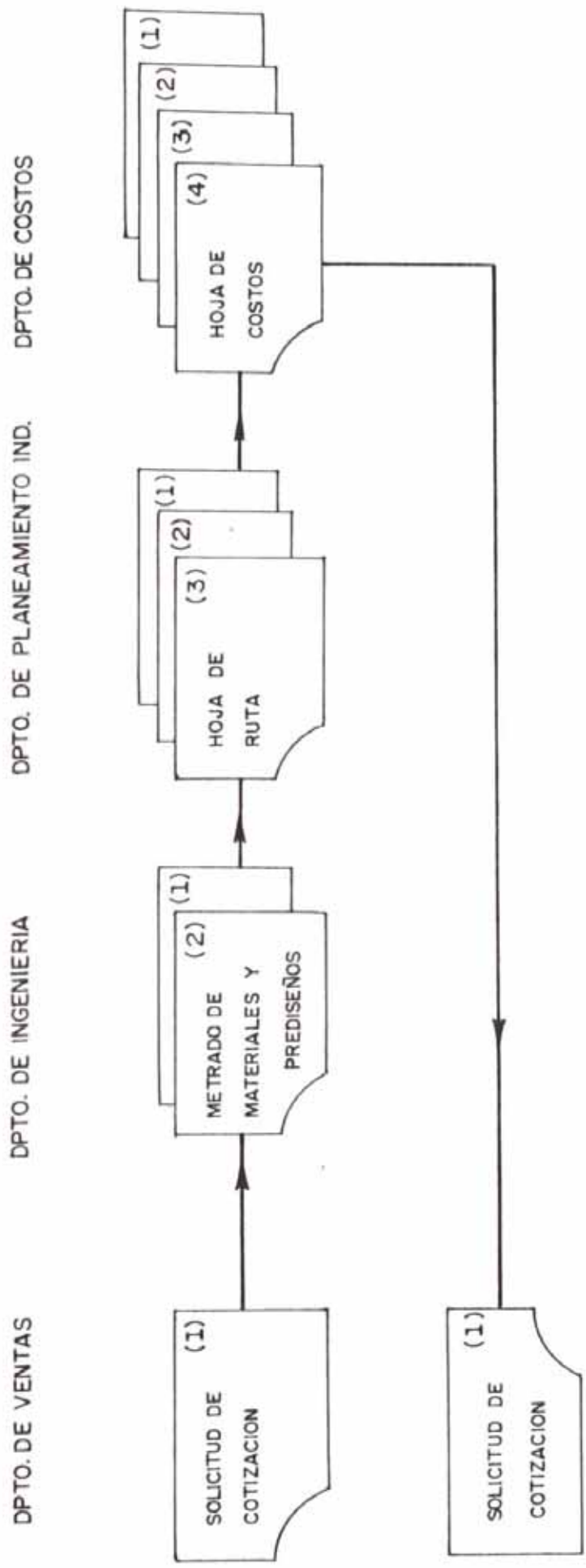


FIG. 49

- (1) Solicitud de Cotización. - Este documento es emitido por el Departamento de ventas y visado por la gerencia de comercialización, en el se debe indicar los datos necesarios (Requerimientos, esquema y/o planos, cantidades, etc.) que servirán de base para la evaluación respectiva del Departamento de Ingeniería y el Departamento de Planeamiento Industrial.
Nótese en la Fig. que éste documento recorre las cuatro secciones, por lo tanto lleva el control de los respectivos Dptos. y es el único documento que retorna a su lugar de origen ya con el costo total del producto.
- (2) Metrado de Materiales. - Este documento es emitido por el Dpto. de Ingeniería y reúne un listado de materiales estructurado de tal forma que se complementa con un esquema o prediseño, para dar las facilidades del caso al Dpto. de Planeamiento Industrial.
- (3) Hoja de Ruta. - Este documento es emitido por el Dpto. de planeamiento e indica la ruta del proceso a ser seguido por el producto a fabricar, en él se indican las horas - hombre y horas-máquina de la sección correspondiente, estimadas de acuerdo a tablas ya establecidas o datos estadísticos tabulados.

(4) Hoja de Costos.- Este documento es emitido por el Dpto. de Costos e indica la estructura de costos final que tiene el producto evaluado, reúne las siguientes partes:

* Costo Total de Materiales.- Basado específicamente en el metrado de materiales.

* Costo Primo.- Es el costo total de materiales más la mano de obra directa.

* Costo de Fabricación.- Es el costo primo más los costos indirectos.

- Costos indirectos.- Reúne a los costos de servicio (Alquiler, agua, luz, etc.), normalmente se dá el costo de la hora y se multiplica por las H - H empleadas.

* Costo de Producción.- Es el costo de fabricación más los gastos administrativos y financieros.

- Gastos administrativos y financieros.- Reúne, como su nombre lo dice, los gastos de la mano de obra administrativa y deberes con la banca o fuente de financiamiento. También se acostumbra a dar el costo por hora.

* Costo Total General.- Es costo de producción más los gastos de venta y distribución.

- Gastos de venta y distribución.- Incluyen los gastos que ocurren por embalaje, flete y otros.

En el presente capítulo sólo se considerara hasta el costo de fabricación, puesto que en este estudio no se contempla la comercialización de la carrocería evaluada.

6.1.1 Netrado de Materiales

Para el metrado de materiales se han tenido las siguientes consideraciones:

- No se incluyen tren motriz
- No se incluyen sistema de suspensión delantero ni trasero, ni dirección
- No se incluyen sistemas de mando de frenos y embrague
- No se incluyen aros ni llantas
- No se incluyen controles visuales (velocímetro, amperímetro, medidores, etc.)

Todas estas consideraciones se han tenido en cuenta tal y como es un carrozado sobre un chasis convencional, esto debido a la alternativa que podría representar la carrocería estudiada, es decir reemplazar una carrocería de un vehículo en uso.

Seguidamente mostramos la Tabla N° 18 en donde se presenta el metrado de materiales.

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	Kg.
1	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x680mm (Estruc.)	Pz.	5	-
2	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x250mm (Estruc.)	Pz.	6	-
3	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x320mm (Estruc.)	Pz.	4	-
4	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x1580mm (Estruc.)	Pz.	3	-
5	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x450mm (Estruc.)	Pz.	4	-
6	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x950mm (Estruc.)	Pz.	3	-
7	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x1400mm (Estruc.)	Pz.	2	-
8	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x700mm (Estruc.)	Pz.	4	-
9	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x340mm (Estruc.)	Pz.	2	-
10	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x220mm (Estruc.)	Pz.	2	-
11	ISO-I, ligero (tubo)	Ø 1 1/4"x11/4"x360mm (Estruc.)	Pz.	2	-
12	LAC (comercial)	< 3x32x32x300mm (Estruc.)	Pz.	4	1.84
13	LAC (comercial)	< 3x32x32x250mm (Estruc.)	Pz.	4	1.54
14	LAC (comercial)	< 3x32x32x130mm (Estruc.)	Pz.	2	0.40
15	LAC (comercial)	R 3x120x200mm (sop.parach.delant.)	Pz.	2	1.15
16	LAC (comercial)	R 3x60x310mm (refuerzo)	Pz.	2	0.90
17	A283°C (Estructu.)	R 3x150x120mm (sop.trans.delant.)	Pz.	2	0.86
18	A283°C (Estructu.)	R 3x60x150mm (sop.motor)	Pz.	1	0.22
19	A283°C (Estructu.)	R 3x140x140mm (sop.resorte.)	Pz.	2	0.47
20	A283°C (Estructu.)	R 3x32x32x200mm (sop.amorti.)	Pz.	2	0.61
21	SAE 1045 (Eje.)	Ø1x 1/2"x200mm (sop.motor)	Pz.	2	3.63
22	SAE 1045 (Eje.)	Ø1"x100mm (sop.pivot pos.)	Pz.	2	0.81
23	Tubo electrosoldado	Ø11/4"x1500mm (Timón)	Pz.	1	-
24	Soldadura electrica	E 6011-Ø 1/8"	Kg.	-	0.82
25	Acondicionador de metales		Gl.	0.75	-
26	Pintura Zincromato		Gl.	0.3	-
27	Thiner Special		Gl.	0.6	-

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	Kg.
28	Fibra de vidrio	Cuerpo principal	Pz.	1	70
29	Fibra de vidrio	Cubierta delantera	Pz.	1	10.4
30	Fibra de vidrio	Guardafangos delanteros	Pz.	2	3.4
31	Fibra de vidrio	Guardafangos posteriores	Pz.	2	11.6
32	Fibra de vidrio	Puertas	Pz.	2	10.2
33	Fibra de vidrio	Capó	Pz.	1	6
34	Fibra de vidrio	Mascarilla	Pz.	1	1.5
35	Fibra de vidrio	Parabrisas	Pz.	1	2.2
36	Fibra de vidrio	Capota	Pz.	1	12.8
37	Fibra de vidrio	Tapade motor	Pz.	1	1.2
38	LAC	R 2x60x60 mm insertos metálicos	Pz.	20	1.15
39	A283°C	R 2x50x100mm bisagras	Pz.	16	1.28
40	SAE 1045	O 3/8"x100 mm eje - bisagras	Pz.	8	0.456
41	SAE 1045	O 1/2"x100mm bocina bisagras	Pz.	8	0.724
42	Aceero	Perno M6x21 c/tuerca avellanada	Pz.	24	-
43	Masilla plástica		Gl.	0.25	-
44	Pintura base		Gl.	1.8	-
45	Thiner para base		Gl.	3.6	-
46	Masilla acrilica		Gl.	0.25	-
47	Pintura acrilica		Gl.	1.8	-
48	Thiner acrilico		Gl.	3.6	-
49	Jebe Duro	Frisa cod.PD-012 Jetec Vidrio Fijo	m.	10	-
50	Jebe Duro	Seguro cod. PD-016 Jetec Vidrio F.	m.	10	-
51	Jebe Duro	Frisa cod. PD-063 Jetc vent.puerta	m.	3	-
52	Jebe esponjoso	Cod.PE-1012 Jetec sup.capota	m.	6	-
53	Jebe esponjoso	cod.PE-1004 jetec. sujet. puerta	m.	4	-
54	Jebe esponjoso	cod.PE-1001 jetec. sujet. capó	m.	5	-

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	Kg.
55	Vidrio laminado	AS-1 5mmx700x400 ventanas	Pz.	2	-
56	Vidrio laminado	AS-1 5mmx1200x350 parab. delant.	Pz.	1	-
57	Vidrio laminado	AS-1 5mmx350x1100 parab. poster.	Pz.	1	-
58	Vidrio laminado	AS-1 5mmx350x600 vidrios fijos	Pz.	2	-
59	Chapa c/manija y llave para puerta		Pz.	1	-
60	Chapa c/manija y llave para tapa de motor		Pz.	1	-
61	Cerrojo de capó con sistema de cable		Pz.	1	-
62	Espejo retrovisor exterior		Pz.	1	-
63	Espejo retrovisor interior		Pz.	1	-
64	Motor trico con articulación 12v		Pz.	1	-
65	Sistema de cremallera para vidrios de puertas		Pz.	2	-
66	Manija para vidrios de puertas		Pz.	2	-
67	Brazos limpia parabrisas con plumillas		Pz.	2	-
68	Faro delantero tipo rectangular		Pz.	2	-
69	Faro posterior tipo 3 luces		Pz.	2	-
70	Faro direccional rectangular ambar		Pz.	2	-
71	Foco 12V-15/55W	2 contactos (luz alta y baja)	Pz.	2	-
72	Foco 12V-10W	1 contacto (Direcc. retroceso)	Pz.	2	-
73	Foco 12V-10/21W	2 contactos (Ruta y freno)	Pz.	2	-
74	Plafonier	Luz interior	Pz.	1	-
75	Foco 12V-15W	Luz interior	Pz.	1	-
76	Cable #14	Rojo y negro (corriente y tierra)	m.	20	-
77	Cable #16	Verde, amarillo, azul, verde	m.	5	-
78	Spaguetti N°5		Pz.	2	-
79	Connector faston		Pz.	4	-
80	Connector faston		m.	1.5	-
81	Linolium	6 contactos (luz posterior)	Pz.	1	-
82	Triplay	4 contactos (luz delantera)	Pz.	1	-
83	Triplay	Forro de piso	Pz.	1	-
84	LAC	16x350x1150 (asiento posterior)	Pz.	1	-
85	Espuma dura	16x200x1150 (respaldo posterior)	Pz.	1	-
86	Espuma semi - dura	2x50x50 (refuerzos de asiento)	Pz.	1	-
87	Korovil	3"x350x1150 (asiento)	Pz.	1	-
88	Aceros	2"x200x1150 (respaldo)	Pz.	6	-
89	Hilo de algodón	Forro:asientos, techo, puertas	m.	32	-
90	Aceros	Autorroscante N°10x3/4" c/piana N°24	Pz.	25	-
91	LAC	Perno c/tuerca M8x21 (suj. capóta, var)	m.	60	-
92	Terokal	3x30x50 (suj. de asientos)	Pz.	6	0.23
93	Asiento unipersonal	Forro piso, techo, puertas Tipo V. W.	Bl. Pz.	0.3 2	-

Tabla N° 18 Metrado de materiales

6.1.2 Hoja de Ruta

Seguidamente se muestra la Tabla N°19, en donde se obtiene las horas - hombre del proceso de fabricación, cabe hacer la aclaración que los costos de horas hombre son diferentes en las diferentes secciones de procesos, por ese motivo se ha usado la codificación ETRAMSA para posteriormente obtener un costo de hora - hombre promedio.

Cabe aclarar que la fabricación de los moldes está prorrateado en 100 unidades, es decir, los moldes a fabricar requieren en promedio de 600 hrs., pero cada molde sirve para producir 100 pz. en cada pieza se incluyen 6 horas de fabricación de moldes.

Costo de Mano de Obra Promedio

El costo de mano de obra promedio ponderado basado en la hoja de ruta y los costos de mano de obra de cada sección, a continuación se detalla su obtención:

ITEM	SECCION	OPERACION	DESCRIPCION	C.C.	N° OPERARIOS	H-H	H-M
1	Corte	Habilitamiento de planchas	Habilitamiento de planchas	67140	1	6	4
2	Presas excéntricas	Troqueles y piquetes	Troqueles y piquetes	67110	1	2	1
3	Plegadora	Ángulos y planchas dobladas	Ángulos y planchas dobladas	67130	1	4	3
4	Maestranza	Ejes, bisagras, etc.	Ejes, bisagras, etc.	67210	1	3	2.25
5	Habilitamiento de banco	Habilitamiento de tubos	Habilitamiento de tubos	67120	1	15	2.5
6	Pintura Anticorrosiva	Pintura Zincromato.	Pintura Zincromato.	65210	1	2	-
7	Producción de carrozado	Armado de Estructura	Armado de Estructura	65000	2	50	5
8	Fibra de Vidrio.	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	67600	2	158	-
9	Fibra de Vidrio	Fabricación de Moldes	Fabricación de Moldes	67600	2	6	-
10	Pintura	Pintura de acabado	Pintura de acabado	65220	2	8	-
11	Carpintería	Fabrica de asiento posterior	Fabrica de asiento posterior	67700	1	6	-
12	Producción de carrozado	Montaje final: acces. vidrios, sistema eléctrico, etc.	Montaje final: acces. vidrios, sistema eléctrico, etc.	65000	3	60	-
				TOTAL		320	17.75

Tabla N° 19

ITEM	CODIGO	CENTRO DE COSTOS	COSTO HORAS- HOMBRE U.S\$	N° HORAS- HOMBRE	SUB TOTAL U.S\$
1	67140	Corte	2.14	6	12.84
2	67110	Prensas exéntricas	1.24	2	2.48
3	67130	Plegadoras	1.53	4	6.12
4	67210	Maestranza	1.62	3	4.86
5	67120	Habilitamiento de banco	1.75	15	26.25
6	67210	Pintura anticorrosiva	1.33	2	2.66
7	65000	Produc. de carrozado	1.04	110	114.4
8	67600	Fibra de vidrio	1.00	206	206.0
9	65220	Pintura automotriz	1.21	8	9.68
10	67700	Carpinteria y tapizado	1.19	6	7.14
			TOTAL	362	392.43

Tabla N° 20

$$\text{COSTO H-H (promedio)} = \frac{392.43}{362} = 1.08$$

6.1.3 Hoja de costos

En la Tabla N° 21 se muestra la hoja de costos considerando los precios de los materiales, como precios unitarios actuales en el mercado. Al final se muestra el costo estimado de fabricación de la carrocería evaluada.

El costo de fabricación obtenido nos dá un valor base del producto para su comercialización, puesto que el precio de comercialización depende mucho del mercado al cual se quiere llegar y en el caso de la carrocería, existirían quizás dos formas de comercialización:

- Comercializar la carrocería sólo como remplazo de una carrocería deteriorada de un vehículo en uso.
- La carrocería formaría parte de una integración total de un vehículo a ensamblar.

De las dos formas antes mencionadas, la primera tendría como inconveniente quizás, el precio actual de los vehículos en el país que depende mucho de la situación política del momento.

La segunda forma de comercialización es más viable y a su vez innovadora, puesto que marcaría un inicio hacia la fabricación total de un vehículo en el país, por su puesto que esto llevaría al desarrollo progresivo de un proyecto a largo plazo, comenzando por la selección y ubicación del tren motriz en el mercado internacional, la evaluación de la integración nacional en el vehículo, la fabricación de un prototipo, los ajustes de diseño para sobrepasar las más exigentes pruebas y por último hacer un estudio global del proyecto de fabricación y comercialización del producto.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	COSTO U.S\$	%	
					UNITARIO TOTAL	
1	ISO-I Ligero 1 1/4"	m.	24	5.63	135.12	7.58
2	Electrosoldado 0 1 1/4"x2.mm	m.	1.5	1.67	2.505	0.14
3	LAC 3mm	Kg.	6.95	1.28	8.896	0.50
4	A283°C 3mm	Kg.	3.45	1.28	4.416	0.25
5	SAE 1045	Kg.	5.62	3.26	18.321	1.03
6	E6011-1/8"	Kg.	0.82	4.42	3.624	0.20
7	Fibra de Vidrio	Kg.	130.6	3.49	455.794	25.6
8	Acondicionador de Metales	Gl.	0.75	9.34	7.005	0.39
9	Zincromato epoxico	Gl.	0.3	50.71	15.213	0.85
10	Thiner especial	Gl.	0.6	2.33	1.398	0.08
11	Masilla plástica	Gl.	0.25	27.46	6.865	0.37
12	Pintura base	Gl.	1.80	30.56	55.008	3.09
13	Thiner para base	Gl.	3.6	8.46	30.456	1.71
14	Masilla acrílica	Gl.	0.25	31.21	7.803	0.437
15	Pintura acrílica	Gl.	1.80	30.56	55.008	3.08
16	Thiner acrílico	Gl.	3.60	15.6	56.16	3.15
17	Frisas(jebe duro)	m.	23	3.83	88.09	4.94
18	Frisas(jebe esponjoso)	m.	15	3.2	48	2.69
19	Vidrio laminado 5mm	m².	1.6	71.43	114.288	6.41
20	Perno M6x21 cabeza avellanada	Pz.	24	0.02	0.48	0.027
21	Tuerca M6	Pz.	24	0.043	1.032	0.058
22	Perno M8x11	Pz.	60	0.027	1.62	0.09
23	Tuerca M8	Pz.	60	0.057	3.42	0.19
24	Autorrascante N°10x3/4" c/plana	Pz.	32	0.063	2.016	0.113
25	Linolium	m².	2	4.77	2.54	0.14
26	Korovil	m².	6	7.63	45.78	2.57
27	Terokal	Gl.	0.30	14.36	4.308	0.24
28	Triplay 16mm	m².	0.70	8.91	6.237	0.35
29	Espuma dura 3"	m².	0.4	6.24	2.496	0.14
30	Espuma semidura 2"	m².	0.23	3.66	0.842	0.05
31	Hilo de algodón N°24	m.	25	0.14	3.5	0.20

CONCLUSIONES

- (1) El análisis global efectuado en los cinco capítulos precedentes, nos lleva a la confirmación de la factibilidad de la fabricación local de la carrocería estudiada. Tal confirmación se basa en las siguientes conclusiones:
- (2) Basados en la ley automotriz, cumplimos con el objetivo fundamental de propiciar la disminución de la dependencia externa de productos automotrices, tratando de aportar una idea con fundamento técnico y teórico del diseño de una carrocería de un automóvil comercial.
- (3) Desde el punto de vista del análisis teórico-práctico, el análisis estructural efectuado es un paso importante al acercamiento real del comportamiento de una estructura y abre a su vez varios caminos hacia una evaluación más precisa del comportamiento estructural de un vehículo cualesquiera.

Con respecto a la carrocería estudiada, diremos que la estructura analizada es lo suficientemente capaz de soportar las más exigentes condiciones de trabajo guardando un margen de 38% de seguridad.

(4) La conformación de la carrocería, hace que su proceso de fabricación se amolde a los procesos actuales desarrollados en nuestro medio y a su vez su forma y medida tenga una aceptación debida.

(5) El análisis aerodinámico presentado muestra que para obtener resultados bastantes cercanos a los reales, es necesario tener las instalaciones adecuadas con los mínimos requerimientos.

En lo referente al vehículo tomado como base, su performance ($V_{max} = 130$ Km/hr y 22° pend. max. superable) representa a un vehículo muy apropiado para el medio.

(6) El costo de fabricación de la carrocería (2383 U.S. \$) hace suponer que su precio comercial (+ 3000 U.S. \$) no tenga aceptación actual como pieza única, pero formando parte de una integración total, quizás se tendría un vehículo con un precio muy competitivo, esto dependiendo de los costos del tren motriz que mucho tiene que ver con la situación de las importaciones.

(7) La posible cristalización de la idea presentada en este estudio traería más adelante el desarrollo de nuevas autopartes que integren el vehículo llegando quizás a un 100% de integración.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ley de la industria automotriz N°23741 El Peruano
- (2) Boletín de la Asociación automotriz del Perú APIA - Av. Dos de Mayo 299. San Isidro
- (3) Manual del Ingeniero mecánico Lionel S. Marks
- (4) SAP-80 Series of structural analysis programs - version dated jun 1987 Edward L. Wilson
- (5) Matrix and finite element displacement analysis of structures D. J. Dawe Oxford Engineering
- (6) Manual de automóviles Arias Paz
- (7) Fibra de Vidrio ITINTEC
- (8) Fiber Glass J. Gilbert Mohr
- (9) Theory of Ground vehicles Mong, J.Y.
- (10) Fundamento del diseño del automóvil Cezary Szczepaniak
- (11) Dinámica de propulsión y economía de Combustible del Vehículo Carlos Munares T.
- (12) Automotive Aerodynamics - Progress in Technology series-Volume 16 (1978) SAE.
 - The influence of Wind Tunnel William H. Bettes Solid Boundaries on Kent B. Kelly automotive test data (C.M.C.)

- Problems of ground simulation in automotive aerodynamics
F.N. Beauvais
(Ford) S.C. Tignor
I.R. Turner
- Three Dimensional Airflow Visualization by smoke tunnel (Isuzu)
Norihiko Oda and
Teruo Hoshino
- The Optimization of body-details A method for reducing the aerodynamic drag of road vehicles.
H. Hucho
L.J. Janssen
H.J. Emmelmann
(Volkswagenwerk)