

CERTIFICADO DE EJECUCIÓN DE OBRA Y FABRICACIÓN

D. Hermenegildo Rodríguez Galbarro, Ingeniero Industrial y natural de Arahál, Colegiado Nº 2.391 por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental, CERTIFICA que:

.....

se ha procedido en las instalaciones de **“NOMBRE DEL TALLER”**, con C.I.F. **“NºCIF DEL TALLER”**, a la reforma del vehículo industrial marca IVECO, modelo 85E18, con número de bastidor ZCFA80D000222XXXX, y a la consiguiente ejecución de obra, realizada íntegramente en dichas instalaciones, destinada al montaje sobre el vehículo señalado de una carrocería compuesta por caja de carga ordinaria, tipo cerrada, con carrocería de 6.000 mm. de longitud, según se describe en las especificaciones técnicas recogidas en el presente proyecto que se acompaña, de fecha 23 de Febrero de 2.003 y realizado a petición de **“NOMBRE DEL PETICIONARIO”**.

Y para que así conste ante el correspondiente Organismo Inspector, se expide la presente.

En Sevilla, a 27 de Febrero de 2.003

EL INGENIERO INDUSTRIAL

PROYECTO DE REFORMA SOBRE EL VEHÍCULO MARCA IVECO MODELO 85E18, CON NÚMERO DE BASTIDOR ZCFA80D000222XXXX, PARA EL MONTAJE DE UNA CAJA DE CARGA ORDINARIA, TIPO CERRADA, CON CARROCERÍA DE 6.000 MM. DE LONGITUD.



PETICIONARIO: ***“NOMBRE DEL PETICIONARIO”***

INGENIERO INDUSTRIAL: HERMENEGILDO RODRÍGUEZ GALBARRO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Peticionario
2. Reglamentación aplicable
3. Descripción de la reforma
4. Características técnicas del vehículo
 - 4.1. Antes de la reforma
 - 4.2. Después de la reforma
5. Diseño y fabricación de los bastidores auxiliares
6. Cálculo del reparto de cargas por eje
7. Cálculo de la distribución de los esfuerzos cortantes y flectores
8. Coeficiente de seguridad del bastidor final
9. Diseño de los anclajes del carrozado al bastidor final
10. Estudio de la estabilidad del vehículo
 - 10.1. Estabilidad en la conducción
 - 10.2. Estabilidad longitudinal y transversal
 - 10.2.1. Cálculo del c.d.g. del vehículo en orden de marcha
 - 10.2.2. Estudio matemático
 - 10.2.3. Estudio práctico
11. Conclusiones

ANEXO DE CÁLCULOS

PLANOS

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Peticionario.

Se ha procedido a la redacción del presente proyecto sobre reforma de importancia en vehículo industrial por encargo de **“NOMBRE DEL PETICIONARIO”**, con domicilio a efectos de notificación en la localidad de **“DIRECCIÓN COMPLETA Y C.I.F. DEL PETICIONARIO”**.

2. Reglamentación aplicable.

El presente proyecto técnico tiene como objetivo principal el dar cumplimiento a la normativa vigente a fin de demostrar la viabilidad que tiene la reforma realizada sobre el vehículo marca IVECO modelo 85E18 con número de bastidor ZCFA80D000222XXXX, con el objetivo de obtener la necesaria aprobación por parte de la Autoridad competente para la autorización del funcionamiento por vías públicas del mencionado vehículo.

En particular se ha tenido en cuenta para la ejecución de la reforma objeto de este proyecto la siguiente reglamentación:

- Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de Circulación;
- Orden de 22 de mayo de 1989, por la que se modifican los anexos I y II del RD 736/1988;
- Orden CTE/3191/2002, de 5 de diciembre, por la que se tipifican nuevas reformas de importancia y se modifican los anexos I y II del RD 736/1988;
- Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos;
- Orden ITC/1900/2006, de 13 de junio de 2006, por la que se actualizan los anexos I y II del RD 2028/1986;
- Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos;

- Orden de 15 de septiembre de 2000, por la que se modifica el anexo XVIII "Placas de matrícula", del Reglamento General de Vehículos;
- Orden PRE/3298/2004, de 13 de octubre, por la que se modifica el anexo IX "Masas y Dimensiones", del Reglamento General de Vehículos;
- Manual de Reformas de Importancia, Revisión 2ª de 16/06/04.

3. Descripción de la reforma.

La reforma, tipificada en el RD 736/1988 de 8 de julio y las actualizaciones de sus anexos hasta la Orden CTE/3191/2002 de 5 de diciembre como Reforma Nº 42, consistirá en el desmontaje del carrozado anterior e instalación de una carrocería compuesta por caja ordinaria tipo cerrada, con carrocería de 6.000 mm. de longitud y anclada convenientemente al sobrebastidor del vehículo. Al tratarse del cambio de un tipo de carrocería de una caja ordinaria por otra caja de distintas dimensiones, que varían la estructura y dimensiones del bastidor, requieren su justificación mediante el presente proyecto técnico.

Para mejorar la resistencia del bastidor original del vehículo será necesario incorporar otro sobrebastidor auxiliar o falso bastidor, que servirá de refuerzo al primero, y sobre el que se apoyará el bastidor de la caja de carga. Dicho sobrebastidor irá anclado al autobastidor del vehículo por medio de tornillos de alta resistencia, calidad 8.8 y tuerca de seguridad, utilizando para ello los soportes que vienen instalados de fábrica repartidos a lo largo del chasis del vehículo. De esta forma, la carga quedará transmitida uniformemente a lo largo del bastidor.

4. Características técnicas del vehículo.

El vehículo que va a ser objeto de las reformas definidas por este proyecto, responde a la siguiente descripción técnica:

MARCA	IVECO
MODELO	85E18
Nº DE BASTIDOR	ZCFA80D000222XXXX
MARCA DEL MOTOR	IVECO
TIPO DE MOTOR	8060
Nº DE CILINDROS	6
CILINDRADA (cm ³)	5861
POTENCIA FISCAL/REAL (C.V.F./KW.)	29,86/130
Nº DE MATRÍCULA	---
TARA TOTAL CHASIS-CABINA (kg.)	3.185

TARA CHASIS-CABINA PRIMER EJE (kg.)	2.215
TARA CHASIS-CABINA SEGUNDO EJE (Kg.)	970

En los apartados siguientes se detallan aquellas otras características del vehículo que pueden ser o son objeto de reforma:

4.1. Antes de la reforma.

PESO MÁXIMO AUTORIZADO (Kg.)	8.600
P.M.A. SOBRE EL PRIMER EJE (Kg.)	3.400
P.M.A. SOBRE EL SEGUNDO EJE (Kg.)	5.800
NEUMÁTICOS	6 – 225/75R17,5
VÍA ANTERIOR (mm.)	1.835
VÍA POSTERIOR (mm.)	1.680
VOLADIZO POSTERIOR (mm.)	---
DISTANCIA ENTRE EJES (mm.)	4.185
LONGITUD TOTAL (mm.)	---
ANCHURA TOTAL (mm.)	---

4.2. Después de la reforma.

PESO MÁXIMO AUTORIZADO (Kg.)	8.600
P.M.A. SOBRE EL PRIMER EJE (Kg.)	3.400
P.M.A. SOBRE EL SEGUNDO EJE (Kg.)	5.800
NEUMÁTICOS	6 – 225/75R17,5
VÍA ANTERIOR (mm.)	1.835
VÍA POSTERIOR (mm.)	1.680
VOLADIZO POSTERIOR (mm.)	2.350
DISTANCIA ENTRE EJES (mm.)	4.185
LONGITUD TOTAL (mm.)	7.730
ANCHURA TOTAL (mm.)	2.200
ALTURA MÁXIMA (mm.)	2.850
LONGITUD DE CAJA DE CARGA (mm.)	6.000

5. Diseño y fabricación de los bastidores auxiliares.

Para conseguir una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor del vehículo, además de garantizar la correcta fijación de la carrocería prevista, se dispondrá de un sobrebastidor auxiliar o falso bastidor sobre el anterior en toda su longitud.

Asimismo, los largueros del sobrebastidor auxiliar serán unidos mediante travesaños, cuyo número dependerá del tipo de carrozado y equipamiento previsto, y serán dispuestos, si es posible, coincidiendo con los del bastidor del vehículo.

El tipo de material utilizado para el sobrebastidor auxiliar, así como de los travesaños añadidos será de:

- Acero St-52-3.

Las características mecánicas de este acero empleado son las siguientes:

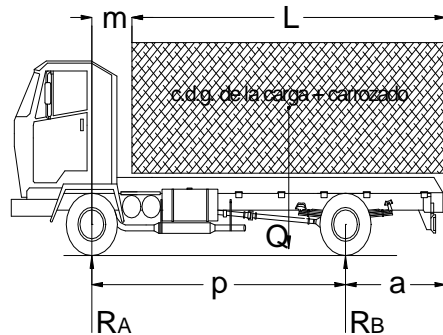
- Tensión de rotura..... $\sigma_r = 52\div 62 \text{ kg/mm}^2$.
- Límite de elasticidad..... $\sigma_e \geq 36 \text{ kg/mm}^2$.
- Alargamiento en rotura..... $\delta \geq 22 \%$.

6. Cálculo del reparto de cargas por eje.

Para el reparto de cargas sobre los ejes del vehículo, que es necesario conocer para el posterior diseño del bastidor, se van a considerar:

- Peso del carrozado añadido al autobastidor (Q_1).
- Peso máximo admitido de la mercancía a transportar o carga útil (Q_2).

Para vehículos 4x2 en posición de marcha y con carga uniformemente



repartida sobre la caja de carga, el cálculo de las reacciones sobre los ejes del vehículo (delantero (R_A) y trasero (R_B)) viene dado por las siguientes expresiones:

$$R_A = Q \cdot (L/2 - a) / p;$$

$$R_B = Q \cdot (L/2 + m) / p;$$

donde:

- L: Longitud de la caja en mm.
- a: Voladizo posterior en mm.
- p: Distancia entre ejes en mm.
- m: Distancia eje delantero al comienzo de la caja de carga
- Q: Peso del carrozado más la carga útil en Kg. ($Q_1 + Q_2$)

Por consiguiente el reparto total de cargas sobre los ejes del vehículo en posición de marcha será:

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	R'_A	R'_B	$R'_A + R'_B = Q'$
OCUPANTES	P_A	P_B	$P_A + P_B = P$
CARGA+CAJA	R_A	R_B	$R_A + R_B = Q$
TOTAL	$R'_A + P_A + R_A$	$R'_B + P_B + R_B$	$Q' + P + Q = Q_T$

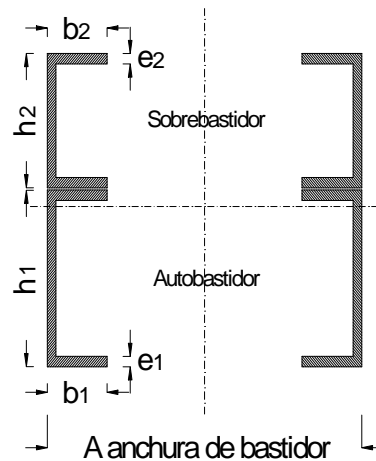
7. Cálculo de la distribución de los esfuerzos cortantes y flectores.

En el apartado correspondiente del anejo de cálculos se detallan las leyes de esfuerzos cortantes y momentos flectores, así como sus valores

máximos originados en el bastidor del vehículo carrozado para las nuevas dimensiones.

8. Coeficiente de seguridad del bastidor final.

En primer lugar, se definen las características mecánicas de la sección del bastidor que se ha empleado en el vehículo:



Siendo:

h_1 : longitud del alma del autobastidor.

h_2 : longitud del alma del sobrebastidor.

e_1 : espesor de pared del perfil del autobastidor.

e_2 : espesor de pared del perfil del sobrebastidor.

b_1 : anchura del ala del perfil del autobastidor.

b_2 : anchura del ala del perfil del sobrebastidor.

El módulo resistente de la sección total del bastidor con refuerzo viene dada por:

$$W_x = I_{xx} / y_{m\acute{a}x};$$

en la que:

I_{xx} = momento de inercia del perfil de un larguero del bastidor reforzado respecto al eje x-x neutro de la sección.

$y_{m\acute{a}x}$ = distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma.

La tensión de trabajo a flexión del bastidor con refuerzo viene dada por:

$$\sigma_f = M_{f\ m\acute{a}x} / (2 * W_x);$$

siendo:

σ_f = tensión de trabajo del bastidor con refuerzo a flexión.

$M_{f\ m\acute{a}x}$ = momento flector máximo que actúa sobre el bastidor reforzado.

W_x = módulo resistente a flexión del perfil de un larguero del bastidor con refuerzo.

Tomándose como referencia la tensión límite de elasticidad del material (σ_e) dada por el fabricante, el coeficiente de seguridad para el trabajo conjunto del bastidor vendrá dado por:

$$\lambda = \sigma_e / \sigma_f > 3$$

Además de lo anterior, cuando un bastidor se refuerza, se debe comprobar la seguridad de cada una de las partes que componen los largueros principales, dado que cada una de ellas ha de absorber un porcentaje del momento flector total máximo, por lo que el coeficiente de seguridad de cada una de las partes debe ser también mayor o igual a 3:

$$\sigma_{f1} = M_{f \text{ máx}1} / (2 * W_{x1}); \quad \lambda_1 = \sigma_e / \sigma_{f1} > 3$$

$$\sigma_{f2} = M_{f \text{ máx}2} / (2 * W_{x2}); \quad \lambda_2 = \sigma_e / \sigma_{f2} > 3$$

siendo:

W_{x1} = módulo resistente del perfil de un larguero del autobastidor sin refuerzo, con respecto a su eje neutro x_1-x_1 .

W_{x2} = módulo resistente del perfil de un larguero del sobrebastidor auxiliar, con respecto a su eje neutro x_2-x_2 .

$M_{f \text{ máx}1}$ = momento flector máximo que actúa sobre el autobastidor.

$M_{f \text{ máx}2}$ = momento flector máximo que actúa sobre el sobrebastidor.

σ_{f1} = tensión de trabajo a flexión que actúa sobre el autobastidor.

σ_{f2} = tensión de trabajo a flexión que actúa sobre el sobrebastidor.

9. Diseño de los anclajes del carrozado al bastidor final

El sistema de fijación del falso bastidor auxiliar al bastidor del vehículo se realizará por medio de tornillos de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, tuerca autoblocantes de seguridad calidad 10 y arandelas planas en ambos lados con dureza mínima 200 HB usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas.

Para la fijación de los tornillos se utilizarán los soportes que vienen preinstalados de fábrica en el bastidor del vehículo. Para guiar el sobrebastidor auxiliar contra el chasis del vehículo, la fijación superior deberá solapar el bastidor del vehículo, excepto en la primera de ellas.

En general, se utilizarán las uniones elásticas en la parte delantera del falso bastidor (dos en cada lado), en cambio las fijaciones rígidas por placas serán recomendables para la parte posterior del vehículo.

Las características mecánicas de los tornillos empleados en la fijación entre los dos bastidores son las siguientes:

Calidad..... M 8.8

Tensión de rotura..... σ_r / 80 kg/mm².

Tensión límite de elasticidad..... σ_e / 65 kg/mm².

Diámetro de la caña..... $d=16$ mm.

Área resistente..... $A_r=157$ mm².

Paso de rosca..... $p=2,00$ mm.

Número de tornillos usados..... $N=12$.

El esfuerzo más desfavorable se produce durante la frenada del vehículo. En este caso, el valor de la fuerza de inercia (I) en función de la deceleración (a_r) y de la carga (Q), es:

$$I = Q \cdot a_r / g; \quad \text{siendo } g \text{ la gravedad } (9,8 \text{ m/s}^2).$$

Por otro lado, la resistencia máxima a cortante debido al anclaje de los tornillos al chasis del vehículo se obtiene mediante las siguientes expresiones, según la calidad de los tornillos empleados:

- Para tornillos de Grado 4.6, 5.6 y 8.8, $R_m = (0,6 \cdot \sigma_r \cdot N \cdot A_r) / g_{Mb};$

- Para tornillos de Grado 4.8, 5.8, 6.8 y 10.9, $R_m = (0,5 \cdot \sigma_r \cdot N \cdot A_r) / g_{Mb};$

siendo:

N =número de tornillos utilizado en la fijación de los bastidores.

A_r =sección resistente de cada tornillo.

σ_r =resistencia a tracción última del tornillo empleado.

g_{Mb} =coeficiente parcial de seguridad a la resistencia de los tornillo (1,25).

El coeficiente final de seguridad obtenido en el anclaje será:

$$= R_m / I;$$

10. Estudio de la estabilidad del vehículo

A continuación, se comprobará que el vehículo reformado con las nuevas dimensiones cumple con los requisitos sobre estabilidad, a fin que pueda desarrollar su trabajo con las máximas garantías.

10.1. Estabilidad en la conducción.

Sobre este concepto, la práctica aconseja que el reparto de carga de las ruedas direccionales sobre un plano horizontal de un vehículo 4x2, como es el caso que nos ocupa, sea el siguiente:

Tipo de vehículo con carga más carrocería	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales	Tipo de vehículo en autobastidor	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales
4x2	$R_{AT} / 25\% Q_T$	4x2	$R'_A / 35\% Q'$

siendo:

Q_T =peso total del vehículo.

Q' =peso propio del vehículo (en autobastidor).

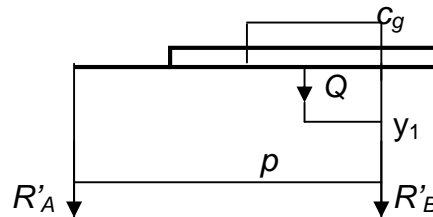
R_{AT} =reparto de la carga total sobre el eje delantero en plano horizontal.

R'_A =reparto de carga sobre el eje delantero debido al peso propio del vehículo (en autobastidor).

10.2. Estabilidad longitudinal y transversal.

Se realizará el estudio sobre la estabilidad del vehículo atendiendo a doble criterio, por un lado según lo que resulte de un estudio matemático y, por otro lado, de un estudio práctico basado en la experiencia.

10.2.1. Cálculo del c.d.g. del vehículo en orden de marcha.



Para el cálculo de la distancia c_g del centro de gravedad del vehículo al eje trasero se empleará la siguiente expresión:

$$c_g = (Q \cdot y_1 + R'_A \cdot p) / (Q + R'_A + R'_B);$$

donde:

$y_1 = L/2 - a$; siendo L la longitud de la caja y a el voladizo posterior.

R'_A y R'_B son las reacciones sobre los ejes delantero y trasero debido a la tara del autobastidor o chasis cabina.

Q es el peso del carrozado y la carga a transportar.

10.2.2. Estudio matemático.

a) Estabilidad longitudinal:

Desde un punto de vista matemático, para que el vehículo se encuentre en posición estable, es necesario que se verifique que:

$$R_{AT\alpha} > 0$$

siendo $R_{AT\alpha}$ el reparto de carga sobre el eje delantero en un plano de carretera con una inclinación de la propia carretera α cualquiera.

Por otro lado, para que el vehículo no deslice, se ha de verificar que:

$$F_a > R_p$$

siendo $F_a = Q_T \cdot \cos\alpha \cdot \mu_a$ la fuerza total de adherencia y μ_a el coeficiente de adherencia (en la práctica se suele tomar $\mu_a = 0,6$) y $R_p = Q_T \cdot \sin\alpha$ la resistencia al movimiento del vehículo debida a la pendiente.

Por lo tanto, para que un vehículo no bascule ni deslice han de cumplirse las anteriores condiciones, que también se pueden poner de manera resumida como:

$$\mu_a > tg\alpha < c_g/h$$

donde c_g es la distancia de c. d. g. del peso total del vehículo al eje trasero y h la altura del c. d. g. respecto al suelo. Además, como pendiente máxima de utilización se suele tomar en la práctica $tg\alpha=0,3$ (30%) con vehículo parado y $tg\alpha=0,4$ (40%) con vehículo en movimiento.

b) Estabilidad transversal:

De la misma manera, para que un vehículo colocado transversalmente no bascule ni deslice es necesario que se verifique:

$$\mu_a > tg\alpha < v/(2*h)$$

siendo v la vía media del vehículo.

El peralte máximo de una carretera suele ser del orden de un 10 %, pero en los cálculos se toma un 30 % en estado de reposo y un 40 % en movimiento, con objeto de tener un margen de seguridad.

10.2.3. Estudio práctico.

La práctica aconseja que se deberá cumplir en cualquier tipo de transformación lo que se indica en el siguiente cuadro para vehículos 4x2, que es el caso que nos ocupa.

TIPO DE VEHÍCULO CON CARGA MÁS CARROCERÍA	ESTABILIDAD LONGITUDINAL	ESTABILIDAD TRANSVERSAL*
4X2	$R_{AT\alpha} / R'_A$	$R_{i\alpha} / R'_i$

*suponiendo inclinado el vehículo sobre su costado derecho, siendo:

$R_{AT\alpha}$ =la carga total sobre el eje delantero para un ángulo α de giro del elemento de elevación.

R'_A =carga sobre el eje delantero debido al peso propio en chasis cabina.

$R_{i\alpha}$ =la carga total sobre las ruedas del lateral izquierdo del vehículo para un ángulo α de giro del elemento de elevación.

R'_i =la carga sobre las ruedas del lateral izquierdo del vehículo debido al peso propio en chasis cabina.

11. Conclusiones.

A la vista de lo indicado anteriormente en la memoria descriptiva, así como en el correspondiente anexo de cálculos y planos que se

detallan, se estima que el vehículo de referencia es apto para soportar las transformaciones indicadas en este proyecto, solicitándose por lo tanto de la Superioridad la aceptación de la reforma propuesta.

En Sevilla, a 23 de Febrero de 2003

EL INGENIERO INDUSTRIAL

Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Ingeniero Industrial
Col. N° 2.391



ANEXO DE CÁLCULOS

6. Cálculo del reparto de cargas por eje.

Tara del autobastidor o chasis cabina, $Q=3185$ kg.

Carga debido a ocupantes, $P=75$ kg.

Carga permitida máxima transportada, incluida caja, $Q=5340$ kg.

Las dimensiones de los parámetros utilizados en los cálculos, que definen la geometría del vehículo carrozado son las siguientes:

$a=2350$ mm. $p=4185$ mm. $L=6000$ mm. $m=535$ mm.

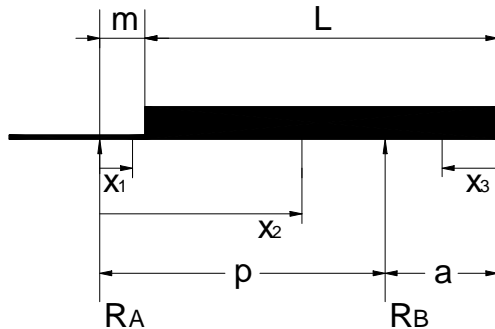
Las reacciones sobre los ejes delantero y trasero del vehículo en posición de marcha valen:

$$R_A = Q \cdot (L/2 - a) / p = 829 \text{ Kg}$$

$$R_B = Q - R_A = 4511 \text{ Kg}$$

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	2215 kg	970 kg	3185 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
CARGA ÚTIL+CAJA	829 kg	4511 kg	5340 kg
TOTAL	3119 kg	5481 kg	8600 kg

7. Cálculo de la distribución de los esfuerzos cortantes y flectores.



Para $x_1=0$:

$$V(0) = R_A = 829 \text{ kg}$$

$$M(0) = 0;$$

Para $m=0,53$ m. $\geq x_1 > 0$:

$$V(x_1) = R_A = 829 \text{ kg}$$

$$M(x_1) = R_A \cdot x_1 = 829 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{\text{máx}} = 439 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_1 = 0,53 \text{ m.}$$

Para $p=4,185$ m. $\geq x_2 > m=0,53$ m.:

$$V(x_2) = R_A - q \cdot (x_2 - m) = 829 - 890 \cdot (x_2 - 0,53); \text{ siendo } q = Q/L = 890 \text{ kg/m};$$

$$M(x_2) = R_A \cdot x_2 - q/2 \cdot (x_2 - m)^2 = 829 \cdot x_2 - 445 \cdot (x_2 - 0,53)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

$$\text{siendo } M_{\text{máx}} = -2458 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_2 = 4,185 \text{ m.}$$

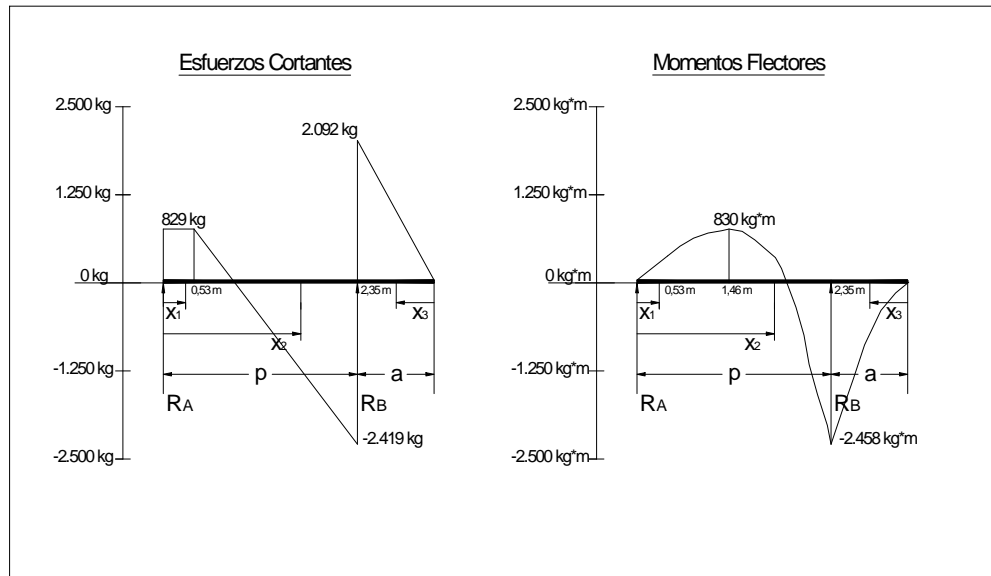
Para $a=2,350$ m. $\geq x_3 > 0$:

$$V(x_3) = q \cdot x_3 = 890 \cdot x_3 \text{ (Kg)}$$

$$M(x_3) = -q/2 \cdot (x_3)^2 = -445 \cdot (x_3)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{m\acute{a}x} = -2458 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_3 = 2,350 \text{ m}$.

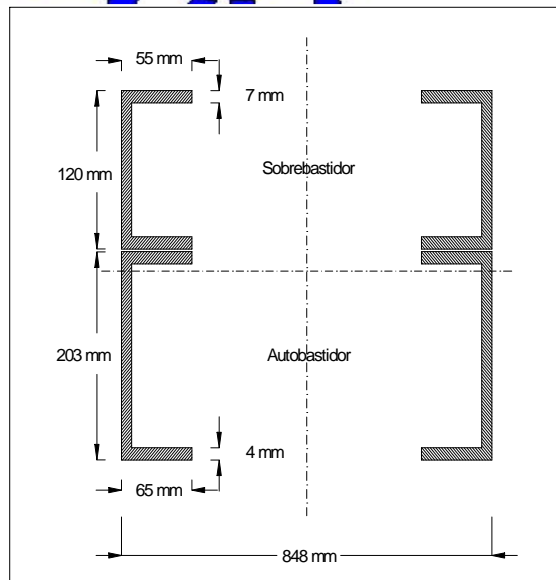
GRÁFICO DE ESFUERZOS



EN POSICIÓN DE MARCHA-

8. Coeficiente de seguridad del bastidor final

En primer lugar, se definen las características mecánicas de la sección del bastidor que se ha empleado en el vehículo:



Con estas dimensiones se calcula el módulo resistente de la sección total del bastidor con refuerzo, que vale:
 $W_x = 151 \text{ cm}^3$. (a flexión).

También es necesario conocer los momentos de inercia propios de cada una de las partes que componen el perfil del larguero (autobastidor sin refuerzo y sobrebastidor):

$$I_{x1}=783 \text{ cm}^4. \quad (\text{autobastidor sin refuerzo})$$

$$I_{x2}=331 \text{ cm}^4. \quad (\text{sobrebastidor o refuerzo})$$

Seguidamente se calcularán los coeficientes de seguridad para la situación de trabajo más desfavorable:

- Máximo flector obtenido (en valor absoluto): $M_{f\text{máx}}=2458 \text{ m}\cdot\text{kg}$, en la posición $x_3=2,35 \text{ m}$. del bastidor.

Los momentos flectores máximos absorbidos por cada una de las partes son directamente proporcionales a los momentos de inercia:

$$M_{f \text{ máx}1}=2 \cdot \lambda \cdot I_{x1}=2 \cdot 110,33 \cdot 783=172777 \text{ cm}\cdot\text{kg}$$

$$M_{f \text{ máx}2}=2 \cdot \lambda \cdot I_{x2}=2 \cdot 110,33 \cdot 331=73038 \text{ cm}\cdot\text{kg}$$

siendo:

$$\lambda = M_{f \text{ máx}} / (2 \cdot (I_{x1} + I_{x2})) = 245800 / (2 \cdot (783 + 331)) = 110,33 \text{ kg/cm}^3$$

Y sus tensiones de trabajo serán, respectivamente:

$$\sigma_{f1} = M_{f \text{ máx}1} / (2 \cdot W_{x1}) = 172777 / (2 \cdot 77) = 1122 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f2} = M_{f \text{ máx}2} / (2 \cdot W_{x2}) = 73038 / (2 \cdot 55) = 664 \text{ kg/cm}^2$$

donde:

$$W_{x1} = I_{x1} / y_{\text{máx}1} = 77 \text{ cm}^3$$

$$W_{x2} = I_{x2} / y_{\text{máx}2} = 55 \text{ cm}^3$$

Y la tensión de trabajo del conjunto, será:

$$\sigma_f = M_{f \text{ máx}} / (2 \cdot W_x) = 245800 / (2 \cdot 151) = 814 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de los coeficientes de seguridad:

$$\lambda_1 = \sigma_e / \sigma_{f1} = 3600 / 1122 = 3,2 \quad (\text{del autobastidor sin refuerzo})$$

$$\lambda_2 = \sigma_e / \sigma_{f2} = 3600 / 664 = 5,4 \quad (\text{del sobrebastidor auxiliar o refuerzo})$$

Y para el conjunto autobastidor y refuerzo:

$$\lambda = \sigma_e / \sigma_f = 3600 / 814 = 4,4$$

9. Diseño de los anclajes del carrozado al bastidor final.

Las características mecánicas de los tornillos empleados en la fijación entre el bastidor auxiliar y el del vehículo son las siguientes:

Calidad	M 8.8
Tensión de rotura	σ_r] 80 kg/mm ² .
Tensión límite de elasticidad	σ_e] 65 kg/mm ² .
Diámetro de la caña.....	d=16 mm.
Área resistente	$A_r=157 \text{ mm}^2$.
Paso de rosca	p=2,00 mm.
Número de tornillos usado	N=12.

La fuerza de inercia (I) producida durante la frenada vale:
 $I=Q*a_r/g=5449$ kg

siendo:
 $g=9,8$ m/s².
 $a_r=10$ m/s²
 $Q=5340$ kg

Por otro lado, la resistencia máxima a cortante debido al anclaje de los tornillos al chasis del vehículo se obtiene mediante la siguiente expresión, para la calidad del tornillo empleado 8.8:

- Para tornillos de Grados 8.8, $R_m=(0,6*\sigma_r *N*A_r)/g_{Mb}$;

que sustituyendo valores se obtiene una resistencia a cortante de:
 $R_m=72345$ kg;

El coeficiente final de seguridad obtenido en el anclaje será de:

=13

10. Estudio de la estabilidad del vehículo.

10.1. Estabilidad en la conducción

Se debe cumplir lo establecido en el siguiente cuadro:

Tipo de vehículo con carga más carrocería	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales	Tipo de vehículo en autobastidor	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales
4x2	$R_{AT} / 25\% Q_T$	4x2	$R'_{A1} / 35\% Q'$

siendo estos valores en orden de marcha:

$Q_T=8600$ kg.

$Q'=3185$ kg.

$R_{AT}=3119$ kg. / $25\% Q_T=2150$ kg.

$R'_A=2215$ kg. / $35\% Q'=1115$ kg, cumpliéndose lo establecido.

10.2. Estabilidad longitudinal y transversal contra el vuelco.

10.2.1. Cálculo del c.d.g. del vehículo en orden de marcha.

La expresión para el cálculo de la distancia c_g del centro de gravedad del vehículo al eje trasero es:

$c_g=(Q*y_1+(R'_A+P)*p)/(Q+P+R'_A+R'_B)=1518$ mm.

donde:

$R'_A=2215$ Kg

$Q=5340$ Kg

$p=4185$ mm.

$R'_B=970$ Kg

$P=75$ Kg

$y_1=L/2-a=650$ mm.

10.2.2. Estudio matemático.

a) Estabilidad longitudinal.

Se debe cumplir: $\mu_a > \text{tg}\alpha < c_g/h$
 como pendiente máxima de la carretera se tomará $\text{tg}\alpha=0,4$ (40%) para los cálculos posteriores. Para este caso se tiene:

$\mu_a=0,6 > \text{tg}\alpha=0,4$
 $c_g/h=1,518/1,50=1,01 > \text{tg}\alpha=0,4$

b) Estabilidad transversal.

Se debe cumplir: $\mu_a > \text{tg}\alpha < v/(2 \cdot h)$
 siendo:
 vía media del vehículo $v=(V_{delantera} + V_{trasera})/2=(1835+1680)/2=1757,5$ mm
 $\mu_a=0,6 > \text{tg}\alpha=0,4$
 $v/(2 \cdot h)=1757,5/(2 \cdot 1500)=0,59 > \text{tg}\alpha=0,4$

10.2.2. Estudio práctico.

La práctica aconseja que se deberá cumplir lo establecido en el siguiente cuadro:

TIPO DE VEHÍCULO CON CARGA MÁS CARROCERÍA	ESTABILIDAD LONGITUDINAL	ESTABILIDAD TRANSVERSAL*
4X2	$R_{AT\alpha} / R_A$	$R_{i\alpha} / R_i$

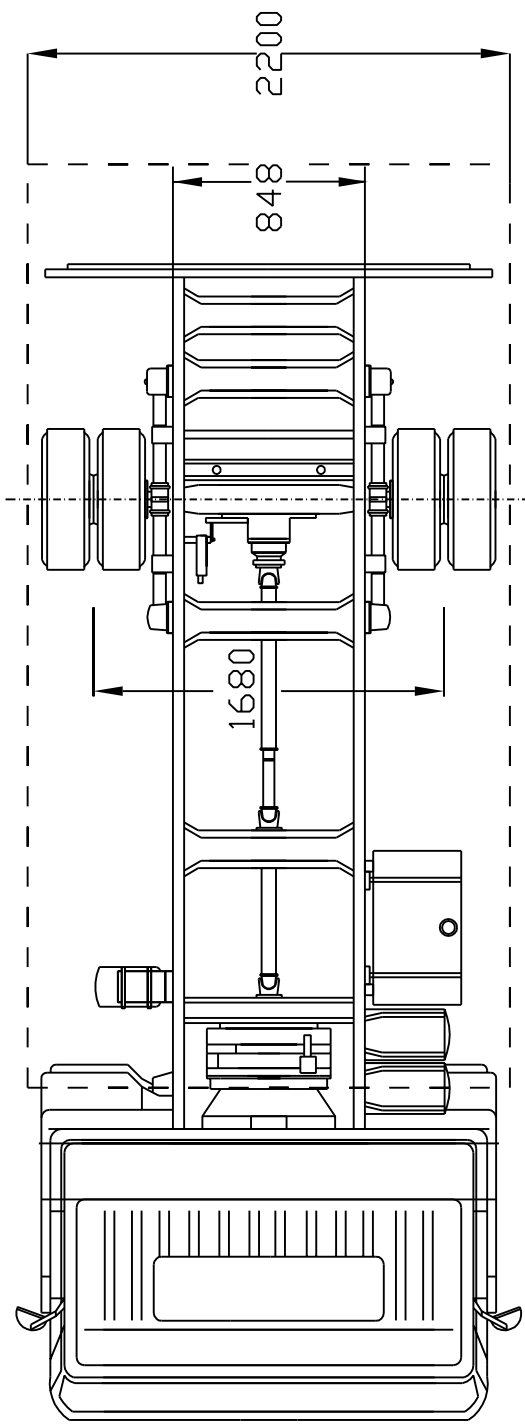
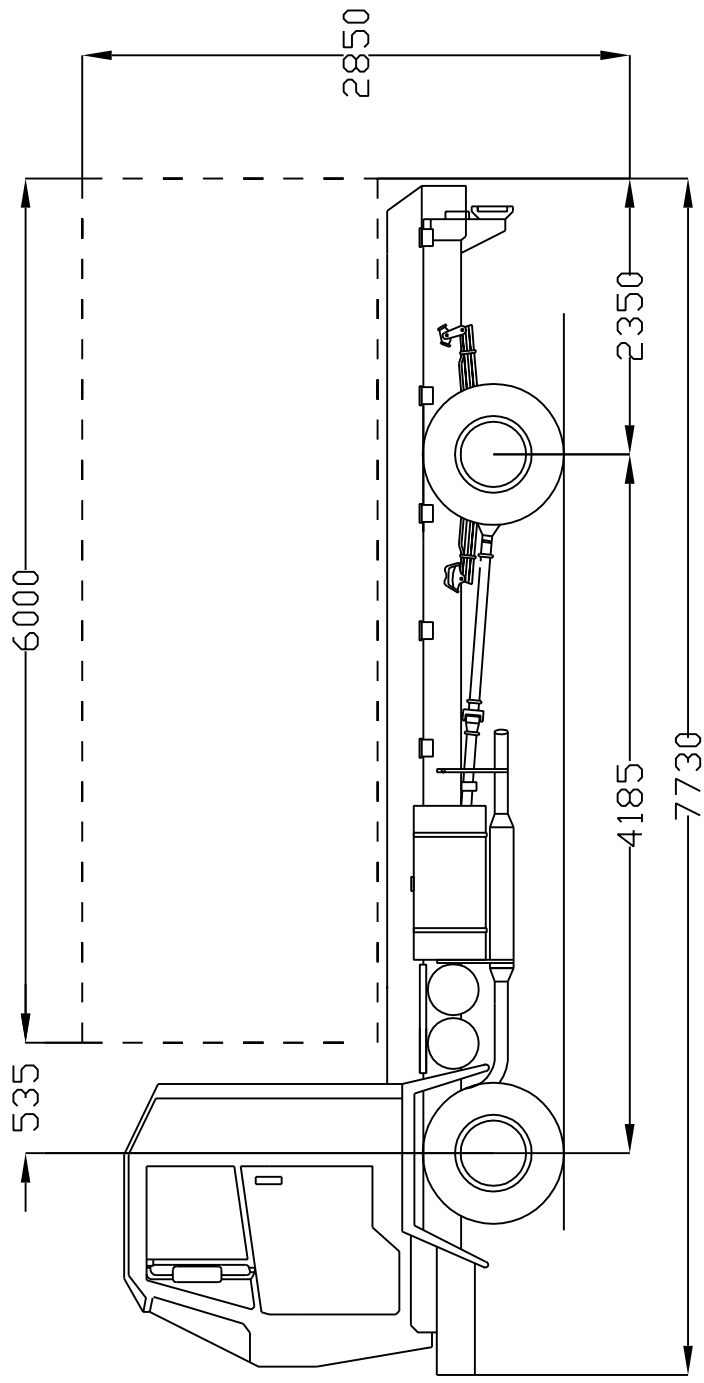
*suponiendo inclinado el vehículo sobre su costado derecho.

Siendo:

En posición de marcha
 Se cumple que $R_{AT}=3119$ kg / $R_A=2215$ kg.

EL INGENIERO INDUSTRIAL

Hermenegildo Rodríguez Galbarro
 Ingeniero Industrial
 Col. Nº 2.391



ARATEC , ingeniería	
Dimensiones del vehículo carrozado	Escala S/E
Fecha	23-02-03
Dibuj.	Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Comp.	Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Firma:	