

ANEXO INFORME TECNICO

SECRETARIA DE POLITICAS UNIVERSITARIAS
1ra. CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INVESTIGACION BASICA Y APLICADA DEL PROGRAMA
“UNIVERSIDAD Y TRANSPORTE ARGENTINO”

PROYECTO: DESARROLLO DE UN BANCO DE ENSAYO A LA FATIGA DE BOGIES FERROVIARIOS
DIRECTOR Ing. Eugenio F. Dattilo
Departamento de Mecánica – Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda
Av. Ramón Franco 5050 (1870), Villa Dominico, Avellaneda, Buenos Aires, Argentina
mecanica@fra.utn.edu.ar - efdattilo@yahoo.com.ar

1. OBJETO

El objeto de esta memoria es el análisis de bogies de carga. Se tomarán las dimensiones y cargas actuantes indicadas por el comitente buscando mediante ajustes y optimizaciones que todos los elementos que conforman la estructura cumplan con los requerimientos de seguridad establecidos en normas vigentes.

2. ALCANCE

El alcance es observar a través del estado tensional y deformacional, el comportamiento del bogie para situaciones posibles de carga. No está al alcance de este informe el comportamiento de la estructura del bogie para fenómenos de fatiga ya sea por repeticiones y/o carga y descarga.

3. REFERENCIAS

Se utiliza para la elaboración del modelo de la estructura, toda la información suministrada por el comitente entregada en soporte magnético bajo archivos con formato pdf, doc y ppt.

4. MATERIALES

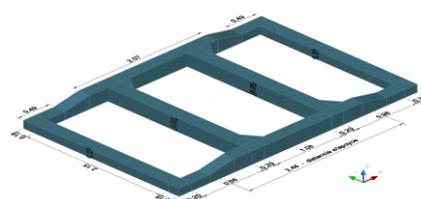
En la elaboración del modelo de análisis se considerará material acero cuyas características se adjuntan:

Modulo de elasticidad 2.100.000 kg/cm²

Peso específico 1785 kg/cm³

5. HERRAMIENTA DE CÁLCULO

Se utiliza como herramienta de cálculo el software RAMadvanse como auxiliar del análisis.



ANEXO INFORME TECNICO

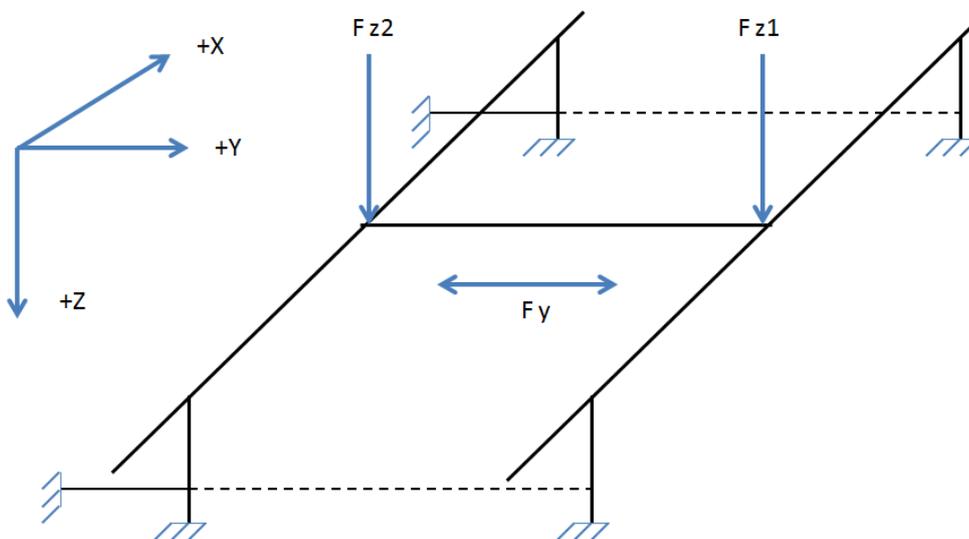
6. ESTADOS DE CARGAS

Se tendrán en cuenta los estados de cargas de peso propio (CM) del bogie con cargas vivas (CV).

PESO PROPIO (CM): El software utilizado tiene en cuenta el peso propio de los elementos de acero que conforman la estructura del bogie.

CARGA VIVA (CV): Corresponde a la carga de servicio del bogie.

La norma define las condiciones de contorno a utilizar, que pueden apreciarse en la siguiente gráfica:

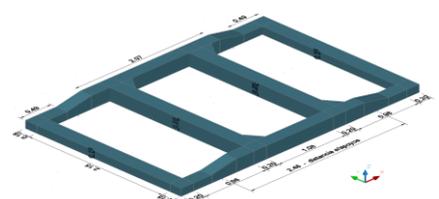


De esto se deduce que se deben fijar los desplazamientos verticales en las suspensiones primarias y los desplazamientos según el eje transversal del bogie solamente en las suspensiones primarias de uno de los dos largueros.

De acuerdo con la ficha técnica **UIC 515-4** utilizada como referencia, los ensayos estáticos para la verificación de la capacidad de carga de los bogies se subdividen en 4 grupos:

- Ensayos estáticos para simular cargas excepcionales
- Ensayos estáticos para simular las principales fuerzas sufridas en servicio
- Ensayos estáticos para simular fuerzas particulares ocurridas en servicio
- Ensayos de fatiga destinados a verificar la resistencia del bastidor del bogie.

De las cuales se analizará la 1era. Y las acciones se calcularán según las siguientes expresiones:



ANEXO INFORME TECNICO

Fuerzas Verticales:

Las fuerzas verticales, medidas en Newtons, que deben ser utilizadas en el ensayo (calculadas a partir de las cargas excepcionales y válidas para todo vehículo con cargas simétricas vienen dadas por:

$$F_{z_1} = F_{z_2} = \frac{1.4}{4} (m_{vc1} - 2 \cdot m') \cdot g$$

Donde: m' = masa del bogie en Kg
 $c1$ = Carga de ensayo en kg calculada teniendo en cuenta los siguientes puntos:
Se tiene 4 pasajeros por m2, cuya masa es de 80kg incluyendo equipaje en mano
Se tiene 300kg por m2 de compartimiento de equipajes
 m_{vc1} = Masa del vehículo en kg con la carga de ensayo
donde $m_{vc1} = m_{vom} + c1$
con m_{vom} : Masa del vehículo en orden de marcha (vacío) en kg

La fuerza transversal

Fuerza transversal por bogie en newtons en el ensayo se toma

$$F_{y_{m\acute{a}x}} = 2 \cdot \left(10^4 + \frac{m_{vc1} \cdot g}{12} \right)$$

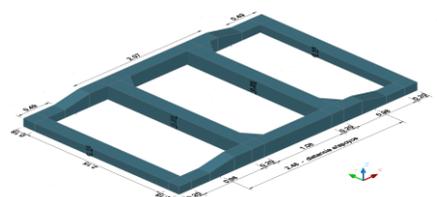
Calculada a partir del límite de cambio de la vía de acuerdo con la teoría de Prud'homme.

Según la norma se considera el alabeo soportado por el bastidor del bogie como aquel que soporta cuando el bogie, montado con la suspensión, soporta una torsión de la vía máxima del 10%. Las fuerzas longitudinales no se simulan en el programa de ensayos.

Los ensayos deben someter al bastidor del bogie a diferentes casos de cargas que simularán:

- Circulación en vía recta
- Circulación en vía curva
- Variación en las fuerzas dinámicas debido a la rotación y a los rebotes

El efecto de las curvas en el modelo, se tienen en cuenta a través de una fuerza transversal y rotación definido por un 10% de las fuerzas verticales. Las variaciones dinámicas en el modelo, se tienen en cuenta a través de un impacto definido por un 20% de las fuerzas verticales.



ANEXO INFORME TECNICO

NOTA:

El análisis a desarrollar tiene características de investigación, en el cual se tendrán en cuenta un escalonado de cargas verticales desde 5tn hasta 50tn por lo cual se considerarán implícitos los incrementos de las cargas verticales por los efectos de curva e impacto. En cada escalón de carga tomará registro de las tensiones y las deformaciones máximas obtenidas. Luego, las combinaciones a tener en cuenta en el análisis de la estructura del Bogie tendrán la forma $C_i = CM + CV$. Ver siguiente listado:

C1 = CM + 20 FZ (Mitad del escalonado de cargas verticales sin cargas horizontales)

C2 = CM + 50 FZ (Maxima carga vertical sin cargas horizontales)

C3 = CM + 5 FZ + FY

C4 = CM + 10 FZ + FY

C5 = CM + 15 FZ + FY

C6 = CM + 20 FZ + FY

C7 = CM + 25 FZ + FY

C8 = CM + 30 FZ + FY

C9 = CM + 35 FZ + FY

C10 = CM + 40 FZ + FY

C11 = CM + 45 FZ + FY

C12 = CM + 50 FZ + FY

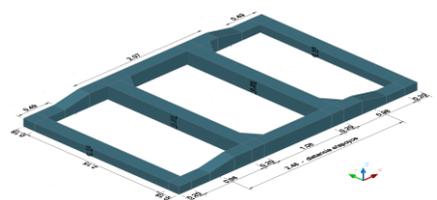
Para cada caso: FZ = 1tn (unitaria)

FY = 2tn (según ecuación)

7. DESCRIPCIÓN DEL BOGIE

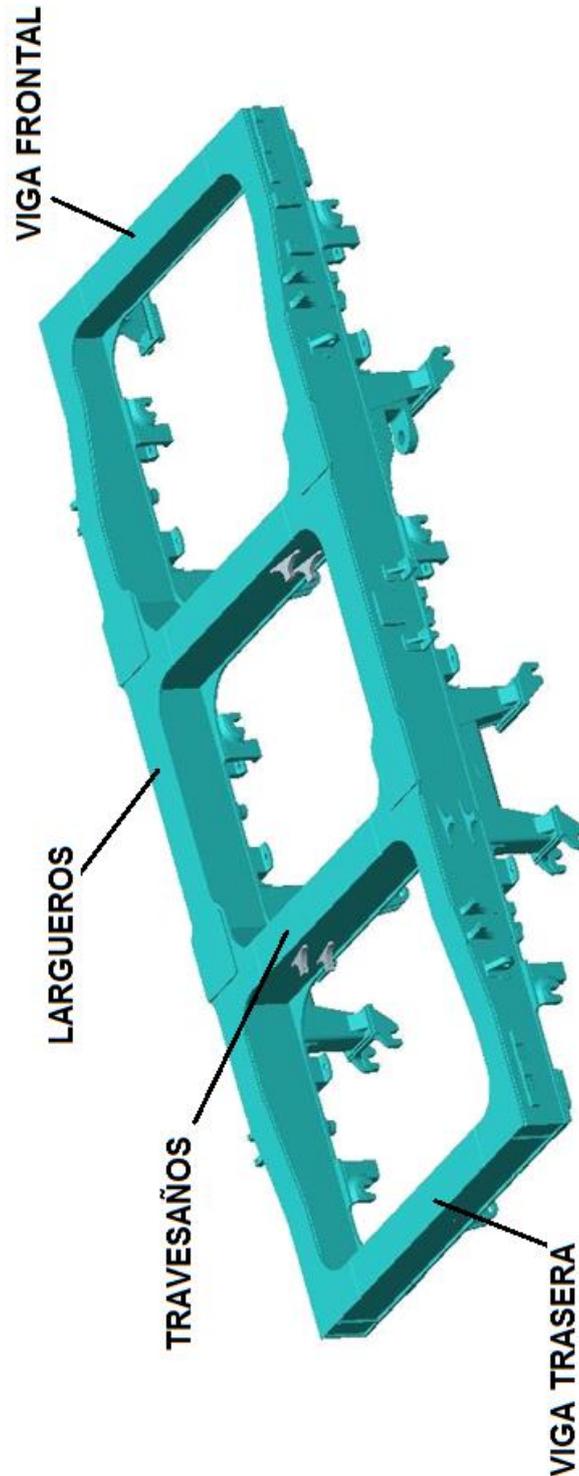
Se adjuntan los parámetros técnicos representativos del Bogie para la elaboración del modelo y su posterior análisis:

Máxima velocidad (km/h)	120 /160
Trocha (mm)	2150
Peso por eje (t)	5 tn a 60 tn
Distancia entre ejes (mm)	2480
Diámetro de rueda (nuevo/desgastado) (mm)	1050/980
Perfil de la banda de rotamiento:	Correspondiente a las normas argentinas

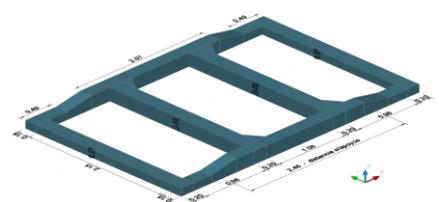


ANEXO INFORME TECNICO

En la siguiente imagen se adjunta la tipología del Bogie a analizar:

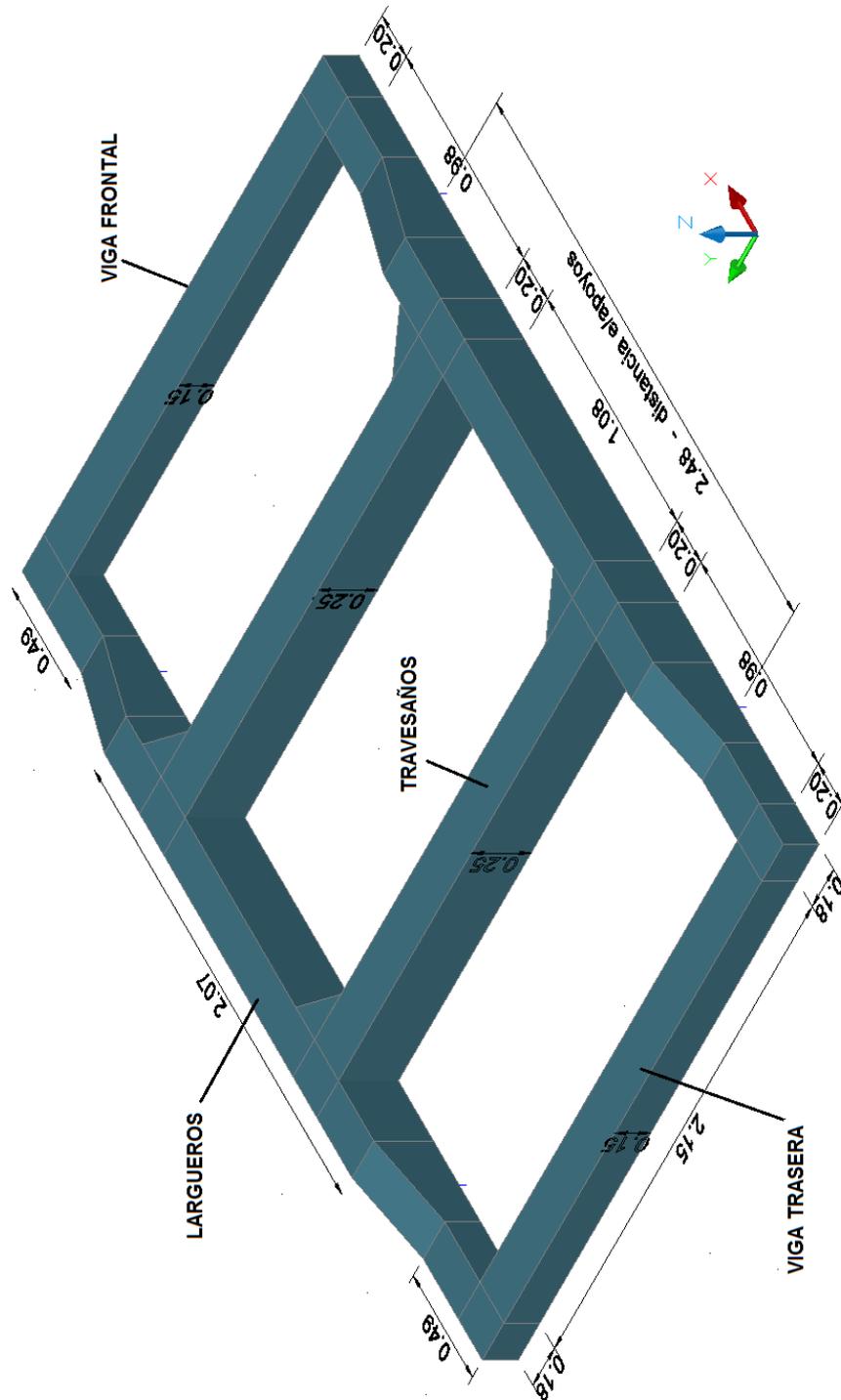


Sobre la base de la tipología del Bogie, por medio de elementos finitos planos, se desarrolla un modelo matemático simplificado para su análisis.

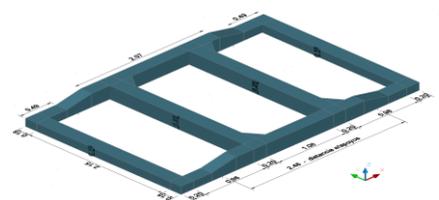


ANEXO INFORME TECNICO

De la información suministrada se adjunta el esquema en axonométrica del modelo del Bogie a analizar con las dimensiones globales:

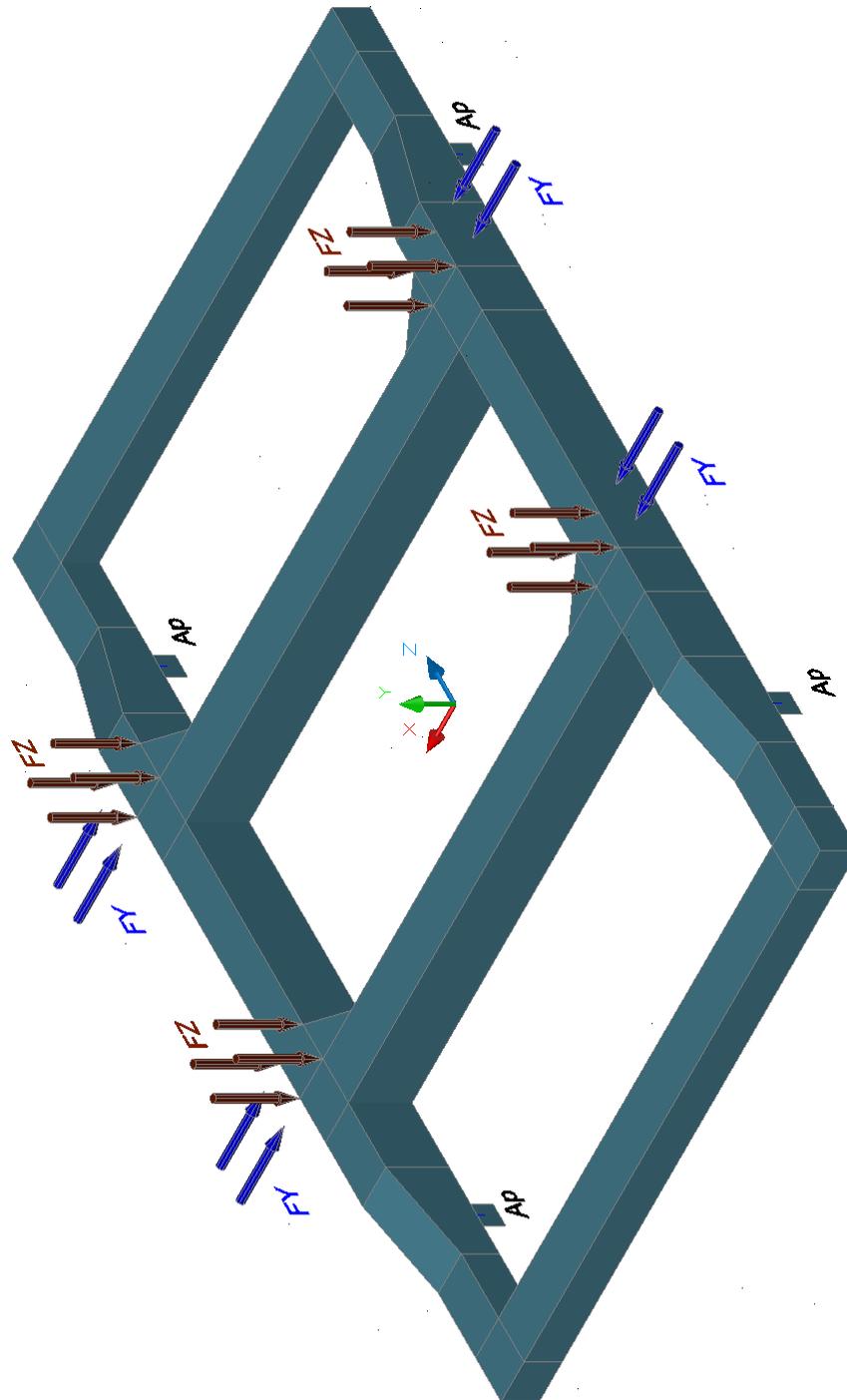


Para el desarrollo del análisis, se utilizan espesores 10mm para las placas de las vigas longitudinales y transversales y de 5mm para las placas rigidizadoras internas.



ANEXO INFORME TECNICO

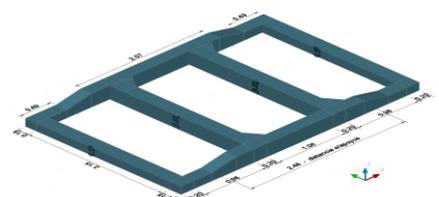
Esquema de Bogie indicando cargas verticales, horizontales y los puntos de apoyo:



FZ : Cargas Verticales

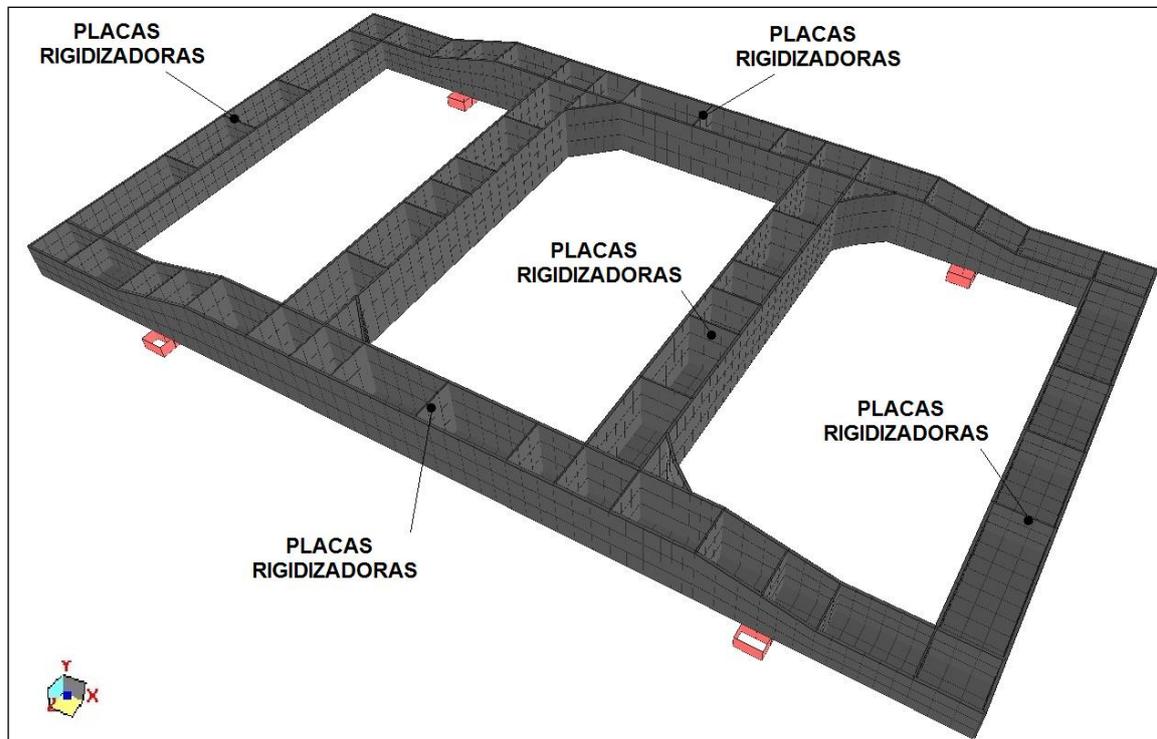
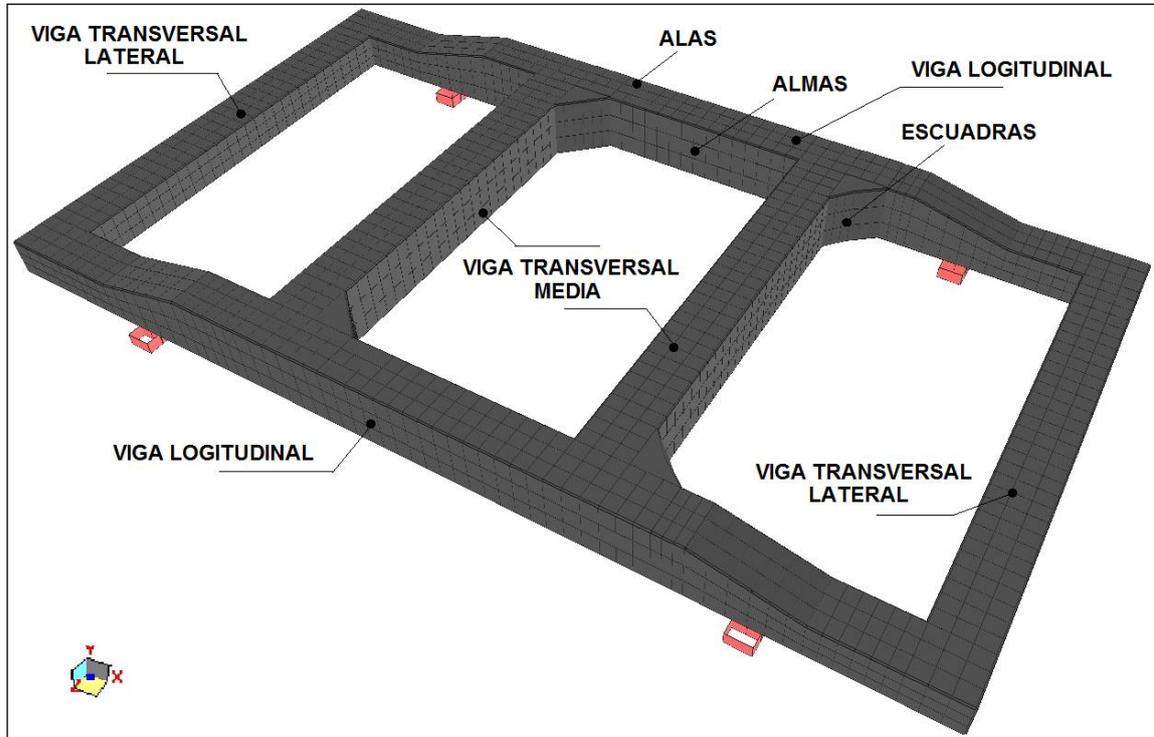
FY : Cargas Horizontales Transversales (no actúan en ambas direcciones simultáneamente)

Ap : Puntos de Apoyo

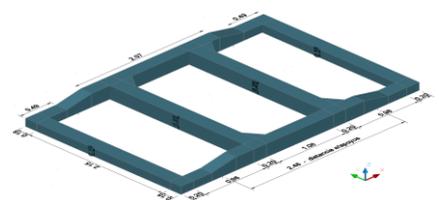


ANEXO INFORME TECNICO

8. MODELO DE CÁLCULO



Como se indicó anteriormente, se utilizan espesores 10mm para las placas de las vigas longitudinales (o Largueros) y transeversales y de 5mm para las placas rigidizadoras internas.



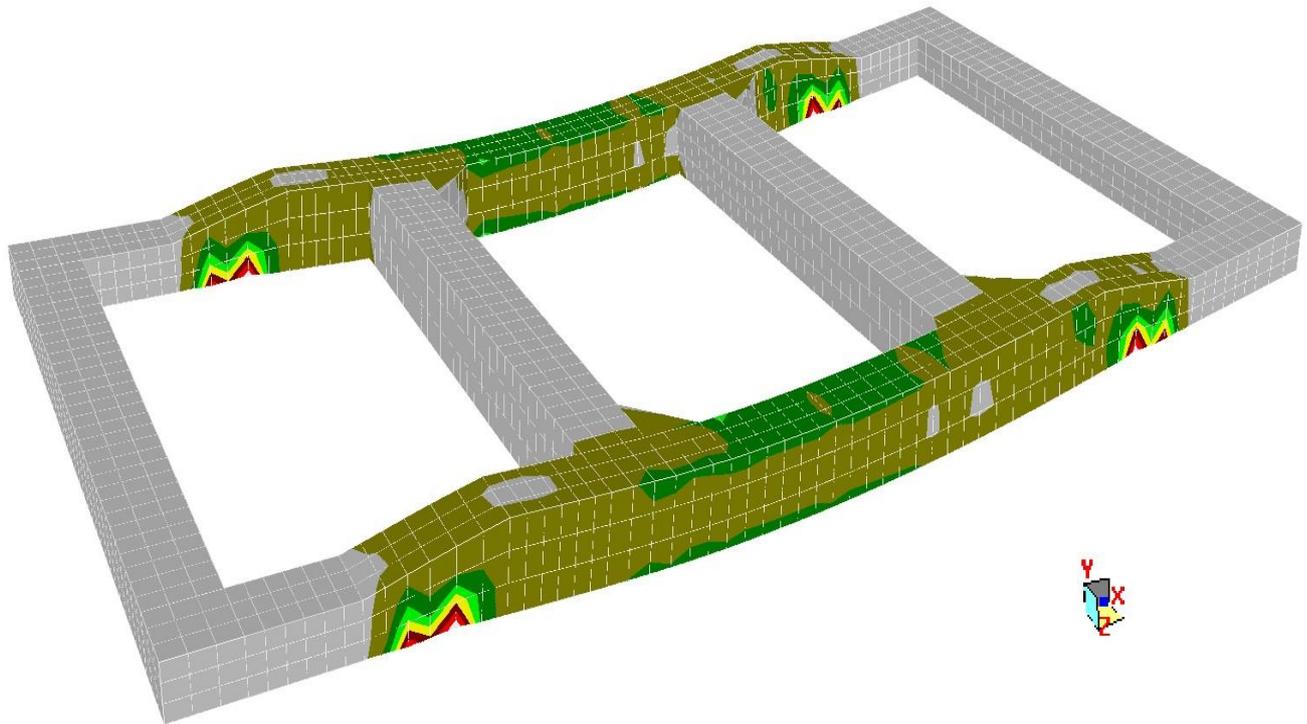
ANEXO INFORME TECNICO

9. RESULTADOS DEL ANALISIS

ESTADO TENSIONAL

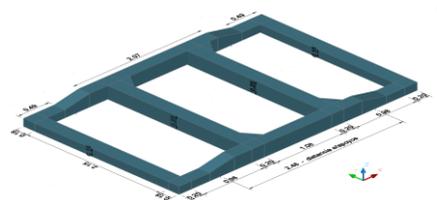
Se adjuntan 2 esquemas indicando las zonas en las que se obtiene la máxima concentración de tensiones.

ESQUEMA 1 – CONCENTRACION DE TENSIONES EN APOYOS



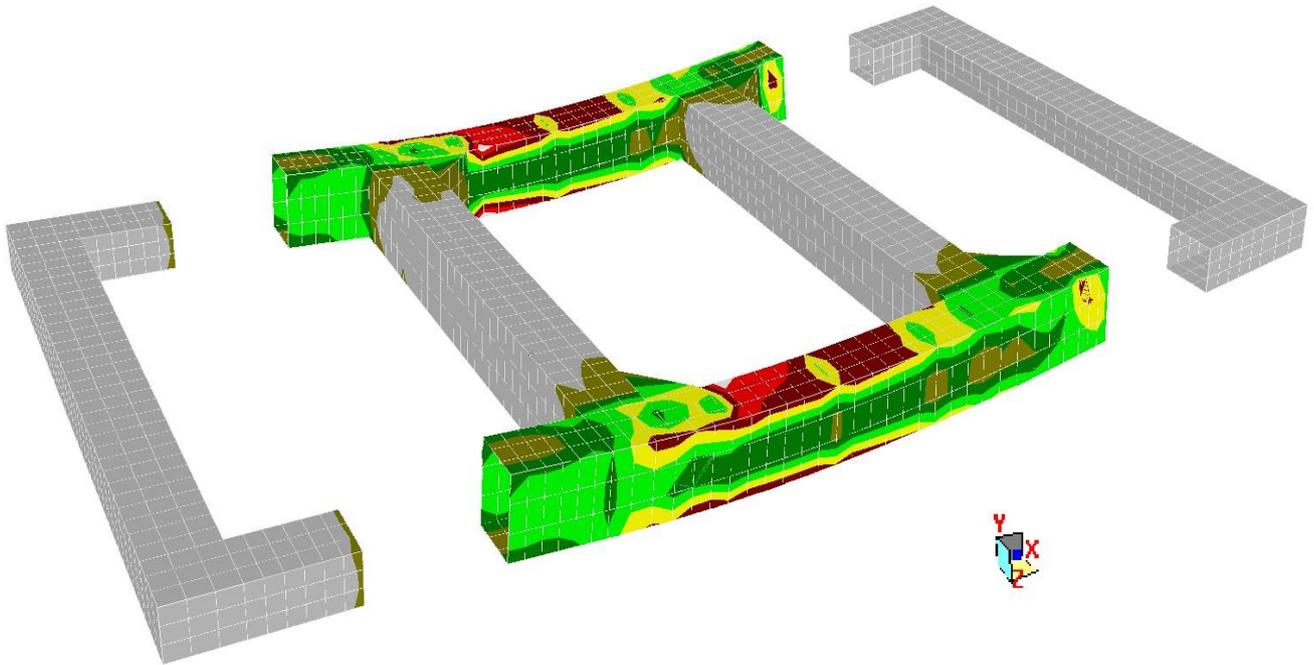
De acuerdo al modelo, las máximas concentraciones de tensiones se dan en las zonas de apoyo y los valores para cada combinación se adjuntan:

c1 =	CM + 20 FZ	Tension máxima en servicio =	993 kg/cm²
c2 =	CM + 50 FZ	Tension máxima en servicio =	2459 kg/cm²
c3 =	CM + 5 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	302 kg/cm²
c4 =	CM + 10 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	542 kg/cm²
c5 =	CM + 15 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	785 kg/cm²
c6 =	CM + 20 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	1028 kg/cm²
c7 =	CM + 25 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	1272 kg/cm²
c8 =	CM + 30 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	1516 kg/cm²
c9 =	CM + 35 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	1760 kg/cm²
c10 =	CM + 40 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	2004 kg/cm²
c11 =	CM + 45 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	2248 kg/cm²
c12 =	CM + 50 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	2493 kg/cm²



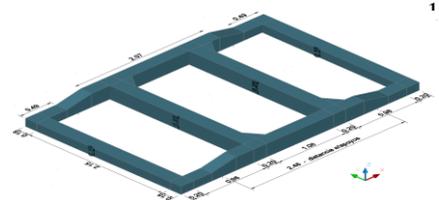
ANEXO INFORME TECNICO

ESQUEMA 2



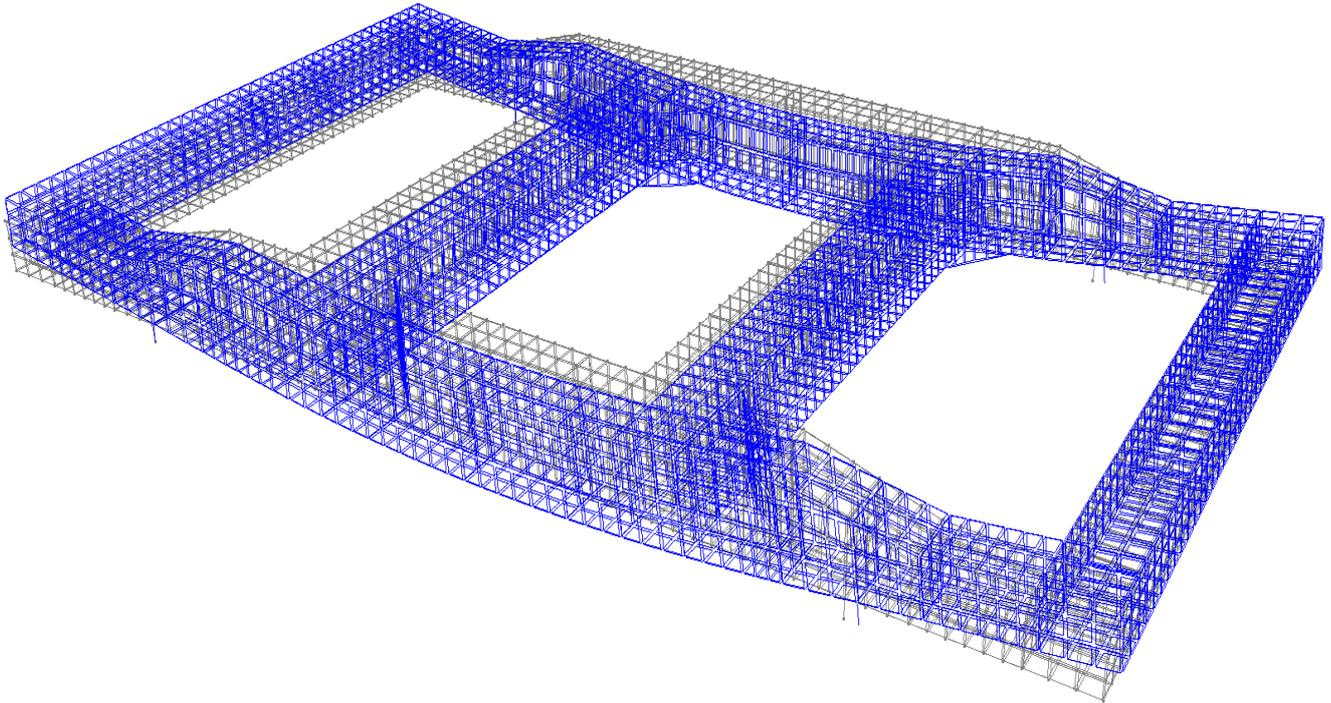
El esquema anterior tiene por objetivo observar las máximas concentración de tensiones en las zonas de aplicación de las cargas. Las tensiones en estas zonas son sensiblemente mas bajas que en la zona de apoyos según siguiente detalle:

c1 =	CM + 20 FZ	Tension máxima en servicio =	381 kg/cm²
c2 =	CM + 50 FZ	Tension máxima en servicio =	944 kg/cm²
c3 =	CM + 5 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	116 kg/cm²
c4 =	CM + 10 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	205 kg/cm²
c5 =	CM + 15 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	295 kg/cm²
c6 =	CM + 20 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	385 kg/cm²
c7 =	CM + 25 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	475 kg/cm²
c8 =	CM + 30 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	564 kg/cm²
c9 =	CM + 35 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	654 kg/cm²
c10 =	CM + 40 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	744 kg/cm²
c11 =	CM + 45 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	834 kg/cm²
c12 =	CM + 50 FZ + FY	Tension máxima en servicio =	925 kg/cm²



ANEXO INFORME TECNICO

DEFORMACIONES

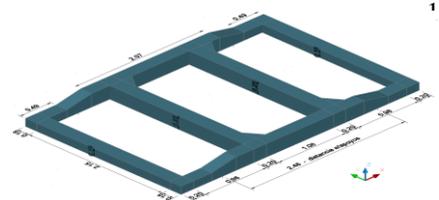


Las deformaciones máximas se obtienen en el centro de la luz de la distancia entre apoyos y se detallan a continuación para cada escalonado de cargas:

	Apoyo s/modelo	Apoyo Tipo cuchilla
c1 = CM + 20 FZ	-0.650	-1.237 mm
c2 = CM + 50 FZ	-1.603	-3.061 mm
c3 = CM + 5 FZ + FY	-0.175	-0.329 mm
c4 = CM + 10 FZ + FY	-0.334	-0.633 mm
c5 = CM + 15 FZ + FY	-0.493	-0.937 mm
c6 = CM + 20 FZ + FY	-0.652	-1.240 mm
c7 = CM + 25 FZ + FY	-0.810	-1.544 mm
c8 = CM + 30 FZ + FY	-0.969	-1.848 mm
c9 = CM + 35 FZ + FY	-1.128	-2.152 mm
c10 = CM + 40 FZ + FY	-1.287	-2.456 mm
c11 = CM + 45 FZ + FY	-1.446	-2.760 mm
c12 = CM + 50 FZ + FY	-1.604	-3.064 mm

Se detallan 2 descensos, y tienen que ver con los descensos que experimenta el modelo analizado y un modelo con apoyos tipo cuchillas, contemplando la posibilidad de que los apoyos giren.

Los descensos son relativos y deben sumarse a éstos, los experimentados por la suspensión.



ANEXO INFORME TECNICO

Resultados del análisis:

c1=CM+20FZ

	Reaccion	Descenso
	kg	cm
Carga R1	4488	-0.0449
Carga R2	6202	-0.0620
Carga R3	4518	-0.0452
Carga R4	6214	-0.0621

c2=CM+50FZ

	Reaccion	Descenso
	kg	cm
Carga R1	10839	-0.1084
Carga R2	15108	-0.1511
Carga R3	10912	-0.1091
Carga R4	15144	-0.1514

c6=CM+20FZ+FY

	Reaccion	Descenso
	kg	cm
Carga R1	4438	-0.0444
Carga R2	6135	-0.0614
Carga R3	4568	-0.0457
Carga R4	6276	-0.0628

c12=CM+50FZ+FY

	Reaccion	Descenso
	kg	cm
Carga R1	10790	-0.1079
Carga R2	15042	-0.1504
Carga R3	10962	-0.1096
Carga R4	15206	-0.1521

Los descensos obtenidos sugen de adoptar una constante elástica de 100000 kg/cm lo que establece que, en función de las cargas actuantes, deberá calcularse la constante del resorte fijando el descenso máximo según la limitación establecida.

