

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO SEDE
LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERIA
DE BUS POR SOFTWARE DE COMPUTADOR BAJO
NORMAS TECNICAS INTERNACIONALES”**

**Marco Andrés Orozco Salcedo
Juan Carlos Velásquez Benalcázar**

LATACUNGA – ECUADOR

2005

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores: Marco Andrés Orozco Salcedo y Juan Carlos Velásquez Benalcázar, bajo mi dirección y codirección.

Ing. Oswaldo Jácome
DIRECTOR

Ing. Oscar Arteaga
CODIRECTOR

DEDICATORIA

Voluntad, paciencia, y tenacidad son tres cualidades que fueron necesarias para culminar este proyecto y fueron tres personas las que me enseñaron estas virtudes.

Este trabajo va dedicado con mucho cariño a esas tres personas que siempre han estado junto a mí, Mi Madre, Mi Padre y Mi Hermano.

Marco Andrés Orozco Salcedo

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a personas que fabrican carrocerías, transportistas y todas las personas que de alguna manera nos vemos relacionados con este medio, con el afán de que todo lo investigado y presentado en este proyecto sirva como fuente de información para fabricar estructuras seguras y confiables.

A mis padres; Marcelo y Grace, a mi esposa; María Belén y a mi hijo; Marcelo José, ya que son la fuente de inspiración para mi superación personal.

Juan Carlos Velásquez Benalcázar

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a Dios y a mi familia, en especial al apoyo incondicional de mis padres, gracias por confiar en mí y haberme dado la oportunidad de lograr una carrera universitaria.

Un sincero agradecimiento a los ingenieros Oscar Arteaga y Oswaldo Jácome por brindarnos su valioso conocimiento técnico y haber guiado este proyecto a su culminación.

Agradezco también a la empresa de carrocerías “PATRICIO CEPEDA”, y particularmente a la ingeniera María Alejandra Cepeda, por su enorme colaboración, sin la cual hubiera sido muy difícil llevar este proyecto a su fin.

Además quiero agradecer al ingeniero Pablo Viteri por brindarnos una gran ayuda con información muy valiosa para los fines de este proyecto.

Marco Andrés Orozco Salcedo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme una familia que ha sido mi hombro a lo largo de toda mi vida estudiantil, en especial a mis padres: Marcelo y Grace que han sido incondicionales en todos los proyectos que me he propuesto.

A mis abuelitos: Luchito y Coquita, ya que sin su apoyo no hubiese sido posible la elaboración de este proyecto.

A mi esposa María Belén, por decirme las palabras precisas en los momentos más difíciles.

Y a todas las personas que de alguna manera han contribuido para que este proyecto salga adelante.

Juan Carlos Velásquez Benalcázar

TABLA DE CONTENIDO

Carátula	I
Certificación	II
Dedicatoria 1	III
Dedicatoria 2	IV
Agradecimiento 1	V
Agradecimiento 2	VI
Tabla de Contenido.....	VII
Indice de Figuras.....	X
Indice de Tablas	XIV

I.- INTRODUCCION 1

1.1.- Estructuras.....	1
1.2.- Carrocería de Buses	9
1.3.- Normas de Seguridad para Estructuras de Carrocerías de Buses	18
1.4.- Normas de Diseño para Estructuras de Carrocerías de Buses.....	37
1.5.- Características y Alcance del Software.....	40

II.- PARAMETROS DE DISEÑO 42

2.1.- Fuerzas que actúan sobre la Carrocería del Bus.....	42
2.2.- Parámetros de Diseño y Carga.....	47

III.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA..... 64

3.1.- Diagrama de la Carrocería.....	64
3.2.- Representación Fotográfica de la Estructura	66
3.3.- Modelación Geométrica de la Estructura en Computadora.....	70
3.4.- Diseño Preliminar de la Estructura.....	100
3.5.- Diseño Final de la Estructura	115

IV.- RESULTADOS DEL ANALISIS..... 118

4.1.- Resultados Obtenidos en el Diseño del Sistema Estructural	118
4.2.- Comparación de los Resultados del Diseño Estructural	124

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 125

5.1.- Conclusiones	125
5.2.- Recomendaciones	126

ANEXOS

1.1.- Especificaciones del Chasis GD1JPTZ Serie para Bus	128
2.1.- Artículos: 5.1.3., 5.1.6 y 5.1.7. de las Normas Internacionales	129
3.1.- Cálculo Manual de Pórtico	130

BIBLIOGRAFIA 131

INDICE DE FIGURAS

1.1.- Proceso Cíclico de Análisis y del Diseño. σ_i = esfuerzos; S_i = tamaños de los miembros; C_i = costo; F_i = fuerzas de los miembros; Δ_i = desplazamientos estructurales.....	2
1.2.- Esfuerzos Resultantes en C.....	6
1.3.- Miembro de un Marco, Estado Deformado y Desplazamientos	9
1.4.- Estructura de Refuerzo del Recubrimiento Externo	10
1.5.- Estructura de Refuerzo del recubrimiento Interno.....	11
1.6.- Estructura de Esqueleto.....	12
1(a). Sección Lateral	23
1(b). Sección Longitudinal. Sección A-A del vehículo en el Plano Vertical del eje Medio de los Asientos Interiores	24
1 Ensayo de Vuelco en una Sección de la Carrocería.....	27
1.7 Energía Total.....	31
2.1.- Fuerzas Verticales que actúan en la parte Posterior de la Carrocería.....	43
2.2.- Fuerzas Verticales que actúan en la parte Delantera de la Carrocería.....	44
2.3.- Fuerzas Longitudinales.....	45
2.4.- Fuerzas Transversales.....	46
3.1.- Diagrama de la Carrocería.....	65
3.2.- Fotografía General de la Estructura.....	66
3.3.- Estructura del Piso.....	67
3.4.- Tejido del Techo	67
3.5.- Zócalo	68
3.6.- Parte Delantera Superior	69

3.7.- Parte Frontal del Bus	69
3.8.- Claraboya.....	70
3.9.- Diagrama de Líneas.....	71
3.10.- Importación, paso a)	72
3.11.- Importación, paso b)	73
3.12.- Importación, paso c)	74
3.13.- Importación, paso d)	75
3.14.- Importación, paso e)	76
3.15.- Importación. Procedimiento Terminado	77
3.16.- Definición de Secciones, paso a).....	78
3.17.- Definición de Secciones, paso b).....	78
3.18.- Definición de Secciones, paso c).....	79
3.19.- Definición de Secciones, paso d).....	80
3.20.- Definición de Secciones, paso e).....	81
3.21.- Definición de Secciones, paso f).....	82
3.22.- Asignaciones de Miembros	83
3.23.- Visualización de Perfiles	84
3.24.- Perfiles de la Estructura.....	84
3.25.- Propiedades Mecánicas Predeterminadas.....	85
3.26.- Propiedades del Material	86
3.27.- Modificación de Propiedades del Material.....	87
3.28.- Asignación de Restricciones en Apoyos	88
3.29.- Asignación Total de Apoyos.....	89
3.30.- Estados de Carga	90
3.31.- Asignación de Carga Muerta (CM).....	91

3.32.- Carga Muerta (CM)	92
3.33.- Carga Muerta (CM) en la Sección.....	92
3.34.- Carga Viva (CV).....	93
3.35.- Carga Viva (CV) en el Techo de la Estructura	94
3.36.- Carga Viva (CV) en la Cajuela	95
3.37.- Asignación de la Carga de Frenado (CF).....	96
3.38.- Carga de Frenado (CF).....	97
3.39.- Carga Lateral o de Giro.....	98
3.40.- Combinaciones de Carga.....	99
3.41.- Definición de las Combinaciones de Carga	100
3.42.- Análisis de la Estructura, paso a).....	101
3.43.- Análisis de la Estructura.....	101
3.44.- Cuadro de Dialogo. Deformación por COMB1	102
3.45.- Deformación por la Combinación de Cargas COMB1	103
3.46.- Reacciones por COMB1	104
3.47.- Reacciones Mostradas como Flechas	105
3.48.- Reacciones	106
3.49.- Efecto de las Cargas en los Miembros Estructurales.....	107
3.50.- Fuerza Axial por COMB1	108
3.51.- Diagrama de corte en el Eje Local 2-2.....	109
3.52.- Diagrama de Corte en el Eje Local 3-3	110
3.53.- Diagrama de Torsión	111
3.54.- Diagramas de Momentos en el Eje 2-2.....	112
3.55.- Diagramas de Momentos en el Eje 3-3.....	113
3.56.- Diseño de la Estructura.....	114

3.57.- Diseño Satisfactorio	116
4.1.- Efecto de las Cargas Aplicadas	118
4.2.- Eficiencia del Elemento 2023 de la Carrocería de Referencia	120
4.3.- Eficiencia del Elemento 2023 del Diseño Satisfactorio	122

INDICE DE TABLAS

1.1 Capacidades y Evidencias para el Desarrollo de una Estructura	12
1.2 Pasos Relacionados para el Desarrollo de una Estructura	15
4.2 Fuerzas, Momentos y Torsión en el Elemento 2023 del Diseño Satisfactorio	121
4.1 Fuerzas, Momentos y Torsión en el Elemento 2023 de la Carrocería de Referencia.....	123

I.- INTRODUCCION

1.1.- ESTRUCTURAS

1.1.1.-INGENIERIA Y ANALISIS ESTRUCTURAL

Ingeniería Estructural consiste en dos etapas: la del análisis y el diseño de una estructura, tiene por objetivos técnicos del análisis, determinar las fuerzas y desplazamientos de una estructura dada, y por objetivos técnicos de diseño la selección y el detallamiento de los diferentes componentes del sistema estructural.

Para el diseño de una estructura es muy importante saber el tamaño de todos sus miembros, los mismos que están determinados por decisiones de diseño, que suelen basarse en el conocimiento de las fuerzas que actúan en la estructura mediante un análisis previo. Para empezar dicho análisis, se debe realizar estimaciones que nos lleven a determinar un diseño preliminar estableciendo temporalmente el tamaño de los miembros, para en lo posterior hacer un análisis más detallado que determine fuerzas y desplazamientos, que nos pueden conducir a un rediseño y un análisis exacto, como se muestra en la figura 1.1.

“La respuesta de una estructura, debida a un número de cargas aplicadas simultáneamente, se obtiene mediante la suma de las respuestas de las cargas individuales, aplicando por separado cada una de ellas a la estructura y el efecto de un sistema de cargas es independiente del orden en el cual se hayan aplicado las cargas individuales.”¹

Para estructuras pequeñas o sencillas el diseño óptimo puede ser encontrado por ensayo y error, para sistemas estructurales más complejos, se necesita utilizar métodos conocidos como la programación lineal o no lineal.

¹ Laible J: Análisis Estructural; 1ra. Edición, Mc Graw-Hill, México, 1992, Capítulo I, Pag. 11

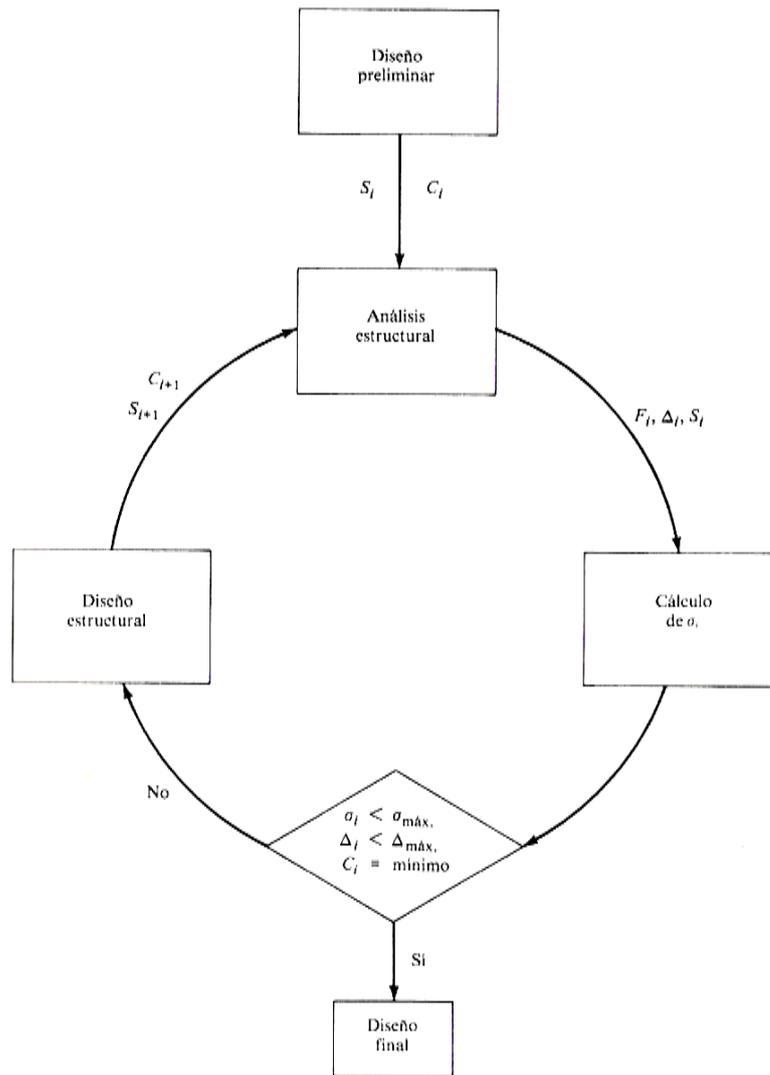


Figura 1.1.- Proceso cíclico de análisis y del diseño. σ_i = esfuerzos; S_i = tamaños de los miembros; C_i = costo; F_i = fuerzas de los miembros; Δ_i = desplazamientos estructurales

En la mayoría de proyectos se debe incluir fases de planeación general o de conceptualización, estimación de tiempos, fabricación, construcción, inspección de una estructura, y también influye mucho el criterio y la experiencia del ingeniero que busca en todo diseño estructural, seguridad y bajos costos, ya que errores cometidos en cualquier fase del proyecto pueden resultar catastróficos.

1.1.2.- SISTEMAS ESTRUCTURALES

Una estructura es un ensamblaje de miembros individuales. El ensamblaje total se denomina armazón. El armazón es un sistema de miembros conexos que soporta cargas impuestas por su propio peso y por el peso de materiales fijos (cargas muertas), así como las cargas impuestas por la gente, por objetos móviles o por las fuerzas de la naturaleza (cargas vivas).

1.1.3.- MODELADO DE ESTRUCTURAS: DIAGRAMAS DE LINEA, CONEXIONES Y SOPORTES

Es importante la formación de un modelo de la estructura real que tenga un tratamiento matemático relativamente sencillo, adoptando una cantidad de idealizaciones y simplificaciones con la finalidad de reducir la complejidad del problema.

Con respecto a las idealizaciones, algunas tratan directamente con descripciones geométricas de la estructura real, otras acerca del comportamiento del material, la forma en que los miembros individuales de una estructura están conectados entre sí y como están sujetos entre sí los elementos de la frontera a los soportes del sistema. Una vez hecho esto, se aplican al modelo los procedimientos de análisis para determinar fuerzas y desplazamientos deseados.

Para analizar el marco de la estructura se debe construir primero un diagrama de líneas que por lo general siguen el centroide de la sección transversal de cada uno de los elementos.

El momento de inercia y el área constituyen propiedades importantes para el análisis del marco. Una vez construido el diagrama de líneas, se idealizan las conexiones de los miembros y los soportes. En un soporte, el extremo del elemento columna puede tener rotación libre, estar parcialmente fijo o estar empotrado.

La incertidumbre y la idealización de las propiedades del material son importantes para la determinación de factores de seguridad para el diseño de estructuras.

1.1.4.-INTRODUCCIÓN A LA DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Para la determinación de las cargas en la estructura, es necesario un análisis previo de las condiciones a las que estará sometida la estructura, junto con todas las normas aplicables en la construcción. Estos aspectos constituyen la base para iniciar el modelado de las condiciones de carga.

TIPOS DE CARGAS

- **CARGAS MUERTAS**

Consisten en el peso estructural por sí mismo, se basan en el conocimiento del peso volumétrico y en las dimensiones del material utilizado para la construcción del sistema estructural.

- **CARGAS VIVAS**

Son fuerzas de la naturaleza y no son permanentes o están asociadas con el uso del área, su determinación es complicada debido a dos factores:

- 1) La incertidumbre de la magnitud de la carga en sí misma.
- 2) El lugar sobre el que actúa la carga en cualquier instante.

Sus factores de seguridad son mayores que para las cargas muertas.

Algunas cargas vivas son:

- Cargas debidas al viento.
- Cargas de ocupación o uso.
- Temperatura y errores de fabricación.

1.1.5.- EQUILIBRIO ESTÁTICO²

Se da cuando la resultante de todas las fuerzas y de todos los momentos es igual a cero. Si el sistema estructural está en equilibrio cualquier parte de él lo estará. Para que exista dicho estado en un sistema coplanario se deben cumplir simultáneamente tres condiciones:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0$$

1.1.6.- ESFUERZOS RESULTANTES

Si a un miembro estructural LR , como se muestra en la figura 1.2, se corta por un punto dado C , separándolo en dos partes, se presentan esfuerzos en la cara de corte de cada parte. Estos esfuerzos son:

- Fuerza Normal (N), es igual a la suma algebraica de todas las fuerzas y componentes de fuerzas que actúan normalmente a la sección y a un lado de esta.

² Tuma J: Análisis Estructural; 1ra. Edición, Schaum Mc Graw-Hill, Capítulo I, Pag. 5 - 7

- Fuerza Cortante (V), o fuerza tangencial en una sección dada es igual a la suma algebraica de todas las fuerzas y componentes de fuerzas que actúan paralelamente a la sección y sobre un lado de ésta.
- Momento de flexión (M).- es igual a la suma algebraica de todos los pares de fuerzas y de todos los momentos estáticos de las fuerzas que actúan sobre un lado de la sección, con respecto a su centroide.

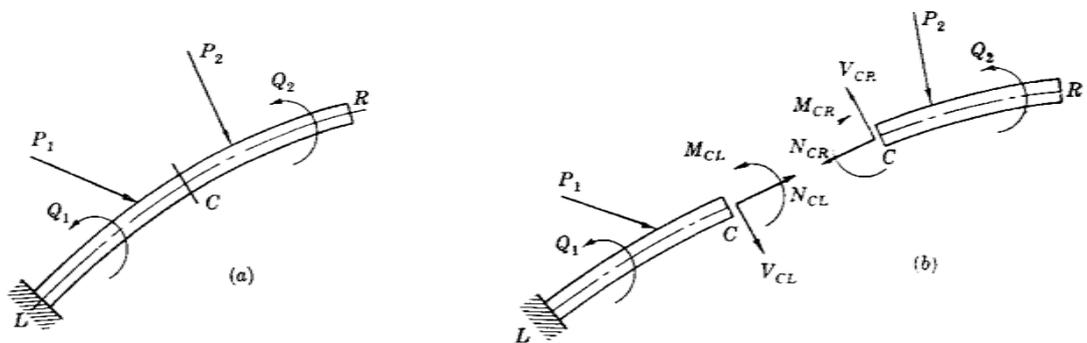


Figura 1.2.- Esfuerzos resultantes en C

Los esfuerzos en la cara de corte de la parte CL , representan el efecto de la parte retirada CR y viceversa, es decir, los esfuerzos son iguales en magnitud y opuestos en sentido.

$$N_{CL} - N_{CR} = 0$$

$$V_{CL} - V_{CR} = 0$$

$$M_{CL} - M_{CR} = 0$$

1.1.7.- CONVENCIONES DE SIGNOS

Para el cálculo de reacciones se utiliza la convención de signos de estática; es decir:

- Todas las fuerzas o componentes de fuerzas que actúan a lo largo del eje X son positivas si actúan de izquierda a derecha, y son negativas si actúan de derecha a izquierda.
- Todas las fuerzas o componentes de fuerzas que actúan a lo largo del eje Y son positivas si actúan hacia arriba, y son negativas si actúan hacia abajo.
- Todos los momentos son positivos si rotan en sentido horario, y negativos si rotan en el sentido opuesto.

Para el cálculo de esfuerzos se introduce la convención de signos de deformación:

- Todas las fuerzas que producen alargamiento son positivas, y las que producen acortamiento son negativas.
- Las fuerzas que producen empuje en sentido horario son positivas, y las que producen en sentido opuesto son negativas.
- Los momentos que producen alargamiento en la parte inferior de un miembro son positivos, y los que producen alargamiento en la parte superior son negativos.

1.1.8.- DETERMINACION E INDETERMINACION ESTATICA

Se dice que una estructura es estáticamente determinada, cuando las reacciones se pueden calcular a partir de las ecuaciones de equilibrio estático.

Y una estructura es estáticamente indeterminada, cuando sus reacciones no se pueden calcular a partir de las ecuaciones de equilibrio estático solamente y también se debe considerar las condiciones de deformación.

Los sistemas estructurales pueden concebirse como la sucesión de cuerpos conectados. Se puede pensar que cada miembro y junta de un marco es un cuerpo. A su vez estos están conectados ya sea por juntas rígidas y de pasador.

1.1.9.- GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad de una estructura, es el número mínimo de parámetros necesarios para describir, de manera única la figura deformada de la estructura.

Los parámetros pueden ser ciertos desplazamientos y rotaciones en diversos puntos de la estructura. En la ilustración 1.3, muestra un perfil deformado de un miembro de un marco bidimensional. Los seis desplazamientos constan del desplazamiento independiente en las dos direcciones cartesianas y de una rotación. En el caso de ser parte de un marco rígido, entonces los tres desplazamientos en los extremos de los miembros que se ensamblan en dicha junta serían los mismos.

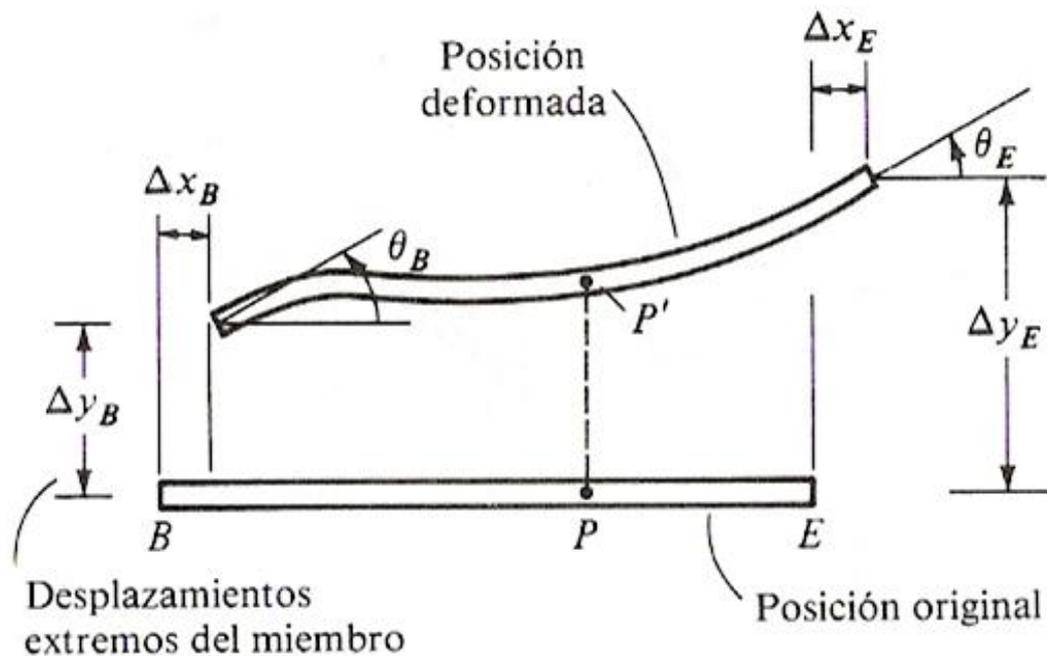


Figura 1.3.- Miembro de un marco, estado deformado y desplazamientos extremos

1.2.- CARROCERIA DE BUSES³

Las diferentes formas de construcción de la estructura de la carrocería de un bus, han ido cambiando con el transcurso del tiempo, en épocas anteriores el piso de la carrocería estaba elaborado por tablonces, que eran perfiles en forma de “u” dobles unidos unos contra otros, lo cual hacía que la estructura fuese muy pesada.

En la actualidad las cosas han ido mejorando, y con ellas también las técnicas de fabricación de las estructuras, ahora están formadas por un sistema de barras de perfiles de acero estructural, unidas entre ellas mediante soldaduras y/o con uniones empernadas. Formando así las partes principales de la carrocería como son: el piso, las paredes laterales, techo, parte posterior, parte frontal, etc.

³ Santana H: Análisis en la Construcción de la Estructura Metálica de Autobuses de la Empresa “Carrocerías Varma” Ambato; Ecuador, 2002; Capítulo I, Pag. 28, 29

1.2.1.- TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA CARROCERIAS⁴

Las estructuras de carrocerías de buses pueden ser clasificados de acuerdo a cual parte de la estructura soporta la fuerza externa, desde la superficie de rodamiento, mientras el vehículo esta detenido o en operación.

A continuación tenemos los principales tipos más comunes de estructuras de carrocerías de buses que se usan actualmente, indicando sus principales características:

1.2.2.- ESTRUCTURA DE ESFUERZO DE RECUBRIMIENTO EXTERNO

Los paneles exteriores son los principales elementos de la resistencia de la estructura de la carrocería, como se muestra en la figura 1.4. El tamaño de las aberturas en los paneles exteriores debe ser restringido a fin de asegurar la rigidez suficiente. (Ejemplo: El tamaño de las ventanas o puertas esta limitado). Una gran cantidad de remaches usados en este tipo de construcción, desmerece del vehículo.

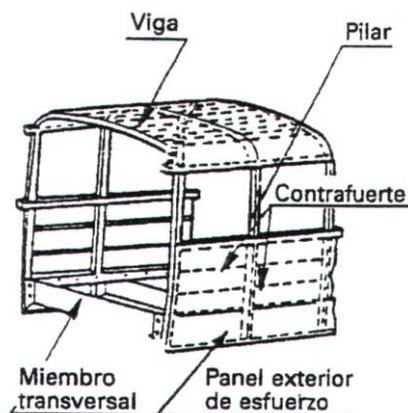


Figura 1.4.- Estructura de refuerzo del recubrimiento externo

⁴ Manual para Montaje de Carrocerías Hino Motors, Ltd sección: 4 – 2 – 1

1.2.3.- ESTRUCTURA DE ESFUERZO DE RECUBRIMIENTO INTERNO

Los paneles interiores son los principales elementos de la resistencia de la estructura de la carrocería.

Debido a que los elementos de la resistencia están en el interior de la carrocería, el exterior puede ser cubierto con paneles decorativos exteriores (plancha de bobina galvanizada de una sola hoja), dando a este tipo de carrocerías una ventaja en su apariencia como se muestra en la figura 1.5.

Los paneles interiores deben mantenerse para asegurar la rigidez suficiente, por lo que, este tipo de carrocerías tiende a ser mas pesada que las otras.

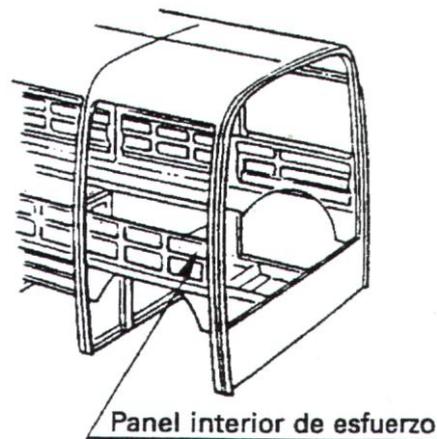


Figura 1.5.- Estructura de refuerzo del recubrimiento interno

1.2.4.- ESTRUCTURA DE ESQUELETO

La resistencia y rigidez se deben a una integración entre el bastidor del chasis y la estructura de la carrocería, como se muestra en la figura 1.6.

Este tipo de carrocerías ofrece ventajas considerables y libertad en el diseño y la apariencia de la carrocería. (La apariencia es limpia, sin remaches en los paneles exteriores y las ventanas y puertas pueden hacerse más grandes).

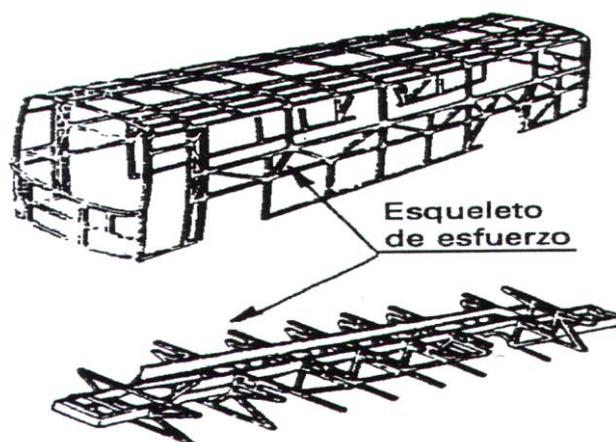


Figura 1.6.- Estructura de esqueleto

1.2.5.- PASOS EN EL DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA

TABLA 1.1 CAPACIDADES Y EVIDENCIAS PARA EL DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA⁵

CAPACIDADES	EVIDENCIAS
Comprender los procesos de fabricación de piezas y/o conjuntos de la estructura	Identifica cada una de las partes de una estructura Describe el proceso de elaboración de cada parte de la estructura del bus Identifica materiales, formas y

⁵ Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República de Argentina, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Trayecto Técnico Profesional en Automotores, Módulo: Estructura del Vehículo, Pag. 5, 6

CAPACIDADES	EVIDENCIAS
	determina sus aplicaciones
Interpreta las características constructivas de las estructuras de los buses. (bastidores, carrocerías monocasco o integral)	<p>Selecciona el proceso de fabricación adecuado para cada pieza, teniendo en cuenta sus características tecnológicas y función dentro de la estructura</p> <p>Describe el proceso de elaboración de cada parte de la estructura del bus</p> <p>Interpreta catálogos o documentación técnica para determinar los procesos de elaboración de las estructuras de los vehículos</p>
Conocer y aplicar los procesos de mecanizado, conformado, estampado, para obtener distintas piezas y/o componentes de la estructura	<p>Analiza y selecciona las secuencias a seguir para un determinado proceso de fabricación, respetando las normas de higiene y seguridad</p> <p>Define la secuencia de mecanizado más adecuada a la situación o a las características de la estructura</p>
Comprobar las condiciones óptimas de los anclajes de los componentes, sistemas e instalaciones del automotor	<p>Identifica cada una de las partes de una estructura</p> <p>Define las funciones y características de cada una de las partes de la estructura de un automotor</p>

CAPACIDADES	EVIDENCIAS
	<p>Relaciona las funciones de las partes con su montaje y estado actual en general</p> <p>Cumple con las normas de seguridad y medio ambiente</p>
<p>Operar calibres de comparación e instrumentos de medición para efectuar el control de la calidad en la fabricación</p>	<p>Planifica la utilización de los instrumentos de medida y las operaciones a realizar en la comprobación de calidad</p> <p>Calibra los instrumentos</p> <p>Opera los instrumentos aplicando método y calidad</p>
<p>Operar máquinas, herramientas e instrumentos para efectuar el ensamble y montaje de componentes de la estructura de los buses</p>	<p>Utiliza máquinas, herramientas e instrumentos para efectuar el ensamble, armado, soldadura de diversos componentes</p> <p>Efectúa el montaje de los diferentes componentes de la estructura de vehículos</p> <p>Aplica normas de seguridad e impacto ambiental</p>

A continuación se muestra la tabla 1.2, en la que se indican varios aspectos relacionados con la elaboración de la estructura de un automotor:

TABLA 1.2 PASOS RELACIONADOS PARA EL DEASARROLLO DE UNA ESTRUCTURA⁶

TEMA GENERAL	DESCRIPCION DEL TEMA
<ul style="list-style-type: none"> • DESCRIPCION GENERAL DE LA ESTRUCTURA DEL BUS Y SU COMPOSICION EN GENERAL 	<ul style="list-style-type: none"> • Se especificarán las características, propiedades, funciones, etc. de las distintas partes de la estructura de un automotor. (Automóvil, camión, acoplado, etc.) • Cuerpo de la estructura • Tejido del techo • Puertas • Tapa del motor • Guardabarros • Parantes • Piso • Compartimientos de maletas • Paragolpes • Otras
<ul style="list-style-type: none"> • MATERIALES PARA LA FABRRICACION DE LA ESTRUCTURA DE LOS AUTOMOTORES 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfiles • Tubos estructurales • Calidades • Proceso de laminación • Tratamientos superficiales • Calibres • Tratamiento de envejecimiento

⁶ Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República de Argentina, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Trayecto Técnico Profesional en Automotores, Módulo: Estructura del Vehículo, Pag. 9, 10

	<ul style="list-style-type: none"> • Tolerancia a tener en cuenta
<ul style="list-style-type: none"> • PROCESO PARA LA FABRICACION DE LAS DIVERSAS PARTES DE LA ESTRUCTURA 	<ul style="list-style-type: none"> • Curvado y máquinas de curvar planchas en frío • Plegado de chapas • Sentido de plegado a tener en cuenta • Cizallado • Punzonado • Prensado • Soldado • Estampado • Generalidades sobre matricería. • Se trata de conocer los fundamentos del proceso de fabricación de las partes componentes de la estructura del bus
<ul style="list-style-type: none"> • ENSAMBLADO DE LA ESTRUCTURA DE LOS AUTOMOTORES 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de ensamblado de la estructura: piso, techo, parantes, puertas, frente, etc
<ul style="list-style-type: none"> • SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA DEL VEHICULO 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos básicos de los diversos tipos de soldadura • Soldadura autógena u oxiacetilénica, eléctrica, por

	puntos, automáticas, semiautomáticas
<ul style="list-style-type: none"> • VERIFICACION DE ESTRUCTURAS 	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos utilizados para la verificación • Metodologías a emplear en la verificación • Puntos de soldadura o unión de las estructuras • Reglamentaciones y normativas • Informes técnicos; elaboración y lectura
<ul style="list-style-type: none"> • NORMAS DE SEGURIDAD 	<ul style="list-style-type: none"> • Deformaciones de las carrocerías en caso de impacto • Barras de protección lateral • Barras de protección de techo: como jaula antichoque o jaula antivuelco • Sistemas telescópicos bastidores • Sistemas de impacto con desprendimiento del motor • Diferencias entre carrocerías • Sistemas de seguridad dentro del habitáculo: cinturones de seguridad, cabeceras, etc
<ul style="list-style-type: none"> • NORMAS LEGALES 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de normas jurídicas respecto a la operación de las estructuras de los automotores. Normas locales y nacionales

	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de normas jurídicas respecto a la verificación de las estructuras de los automotores. Normas locales y nacionales
--	--

Para nuestro proyecto, se utilizará un chasis HINO GD JPTZ SERIE PARA BUS, y tomando como referencia la estructura utilizada en CARROCERIAS PATRICIO CEPEDA. Ver Anexo 1.1.

1.3.- NORMAS DE SEGURIDAD PARA ESTRUCTURAS DE CARROCERIAS DE BUSES⁷

B.O.E. (BOLETIN OFICIAL ESPAÑOL) 29 Octubre 1992, núm. 260.

2328. Acuerdo

MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

AUTOMOVILES. Reglamento No. 66 sobre prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos de gran capacidad para el transporte de personas respecto a la resistencia mecánica de su superestructura.

N. de R.- El acuerdo de Ginebra al que debe anexionarse el presente se inserta en R. 1962, 7; R. 1977, 2158 y N. Dicc. 25035.

REGLAMENTO NUMERO 66

Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos de gran capacidad para el transporte de personas respecto a la resistencia mecánica de su superestructura.

⁷ Normas Internacionales, Artículo 2328

1. CAMPO DE APLICACION

Este Reglamento se aplica a los vehículos de un solo piso construidos para el transporte de más de 16 personas sentadas o de pie, además del conductor y la tripulación. Nada en este Reglamento impide que las partes contratantes limiten el campo de aplicación a categorías concretas de vehículos.

2. DEFINICIONES

A los efectos del presente Reglamento se entiende de:

- 2.1. Por “Homologación de un vehículo”, la homologación de un tipo de vehículo en lo que se refiere a las características de construcción especificadas en este Reglamento.
- 2.2. Por un “Tipo de vehículo”, los vehículos que no tienen diferencias esenciales en cuanto a las características de construcción especificadas en este Reglamento.
- 2.3. Por “Compartimiento de pasajeros”, el espacio destinado a los pasajeros, excluido cualquier espacio ocupado por instalaciones fijas, tales como bares, cocinas o servicios.
- 2.4. Por “Habitáculo del conductor”, el espacio destinado al conductor, y que comprende su asiento, el volante, los mandos, los instrumentos y otros aparatos necesarios para conducir el vehículo.
- 2.5. Por “Masa en vacío en orden de marcha”, la masa del vehículo en orden de marcha, sin ocupantes ni carga, pero con carburante, líquido refrigerante, lubricante, herramientas y rueda de repuesto en su caso.

- 2.6. Por “Espacio de supervivencia”, el espacio que se debe mantener en el compartimiento de los pasajeros durante y después de uno de los ensayos a efectuar sobre la estructura, descritos en el punto 6 de este Reglamento.
- 2.7. Por “Superestructura”, las partes de la estructura del vehículo que contribuyen a la resistencia del vehículo en caso de un accidente de vuelco.
- 2.8. Por “Sección de la carrocería”, una sección que contiene, como mínimo, dos montantes verticales idénticos de cada lado, representativos de una o varias partes de la estructura del vehículo.
- 2.9. Por “Energía total”, la energía que se considera absorbida por la estructura completa del vehículo. Se puede determinar según se indica en el apéndice 1 del anexo 5 del presente Reglamento.

5. ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS GENERALES

- 5.1. La superestructura del vehículo tendrá la resistencia suficiente para asegurar que durante y después de pasar por uno de los métodos de ensayo o cálculo prescrito en el punto 6:
- 5.1.1 Ninguna parte desplazada del vehículo invada el espacio de supervivencia, definido en el punto 7.
- 5.1.2 Ninguna parte del espacio de supervivencia sobresalga de la estructura deformada.
- 5.2. Para el cumplimiento del párrafo 5.1, el vehículo incluye todos los elementos, montantes y paneles estructurales y todas las partes rígidas salientes, como los porta - equipajes, aparatos de ventilación, etc., con la exclusión de las paredes, separaciones, arcos u otros elementos de

refuerzo de la superestructura del vehículo, así como las instalaciones fijas tales como bares, cocinas o servicios.

6. METODOS DE ENSAYO

6.1. Cada tipo de vehículo será ensayado de acuerdo con uno de los métodos siguientes, a elección del fabricante o de acuerdo con otro método alternativo aprobado por la autoridad competente:

6.1.1. Un ensayo de vuelco en un vehículo completo, de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo 3 de este Reglamento.

6.1.2. Un ensayo de vuelco en una sección o secciones de la carrocería representativa de un vehículo completo, de acuerdo con el anexo 4 del presente Reglamento.

6.1.3. Un ensayo de péndulo sobre una sección o secciones de la carrocería, de acuerdo con el anexo 5 de este Reglamento.

6.1.4. Una verificación de la resistencia de la superestructura por un cálculo, de acuerdo con el anexo 6 de este Reglamento.

6.2. Si los métodos de ensayo descritos en los puntos 6.1.2, 6.1.3 o 6.1.4, no permiten tener en cuenta diferencias importantes entre dos secciones del vehículo (por ejemplo, la instalación de aire acondicionado en el techo), se presentará al servicio técnico métodos de ensayo o cálculos adicionales. Si no se entrega esta información adicional, puede ser exigido que el vehículo sea sometido al método de ensayo descrito en el punto 6.1.1.

7. ESPACIO DE SUPERVIVENCIA

- 7.1. A los fines del punto 5.1 del presente Reglamento, el espacio de supervivencia representa en el compartimiento de los pasajeros, el volumen que se obtiene desplazando en línea recta el plano vertical transversal indicado en la figura 1(a) del presente Reglamento, de manera que se pase el punto R de la figura 1(a) desde el punto R del último asiento exterior a través del punto R de cada asiento exterior intermedio hasta el punto R del primer asiento exterior del viajero.
- 7.2. Se presumirá que el punto R indicado en la figura 1(b) está a 500 mm. por encima del suelo debajo de los pies de los pasajeros, a 300 mm. de la cara interna del lateral del vehículo y a 100 mm. por delante del respaldo del asiento, en el eje medio de los asientos exteriores.

8. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

- 8.1. Si se prueban secciones de la carrocería, el servicio técnico responsable de hacer los ensayos se asegurará de que el vehículo cumple las condiciones especificadas en el apéndice 2 del anexo 5 del presente Reglamento que contiene requisitos para la distribución de las partes principales de la superestructura de un vehículo que absorbe energía.

FIGURAS Y ANEXOS DEL PRESENTE REGLAMENTO

FIGURA 1

ESPACIO DE SUPERVIVENCIA

(TODAS LAS DIMENSIONES EN MILIMETROS)

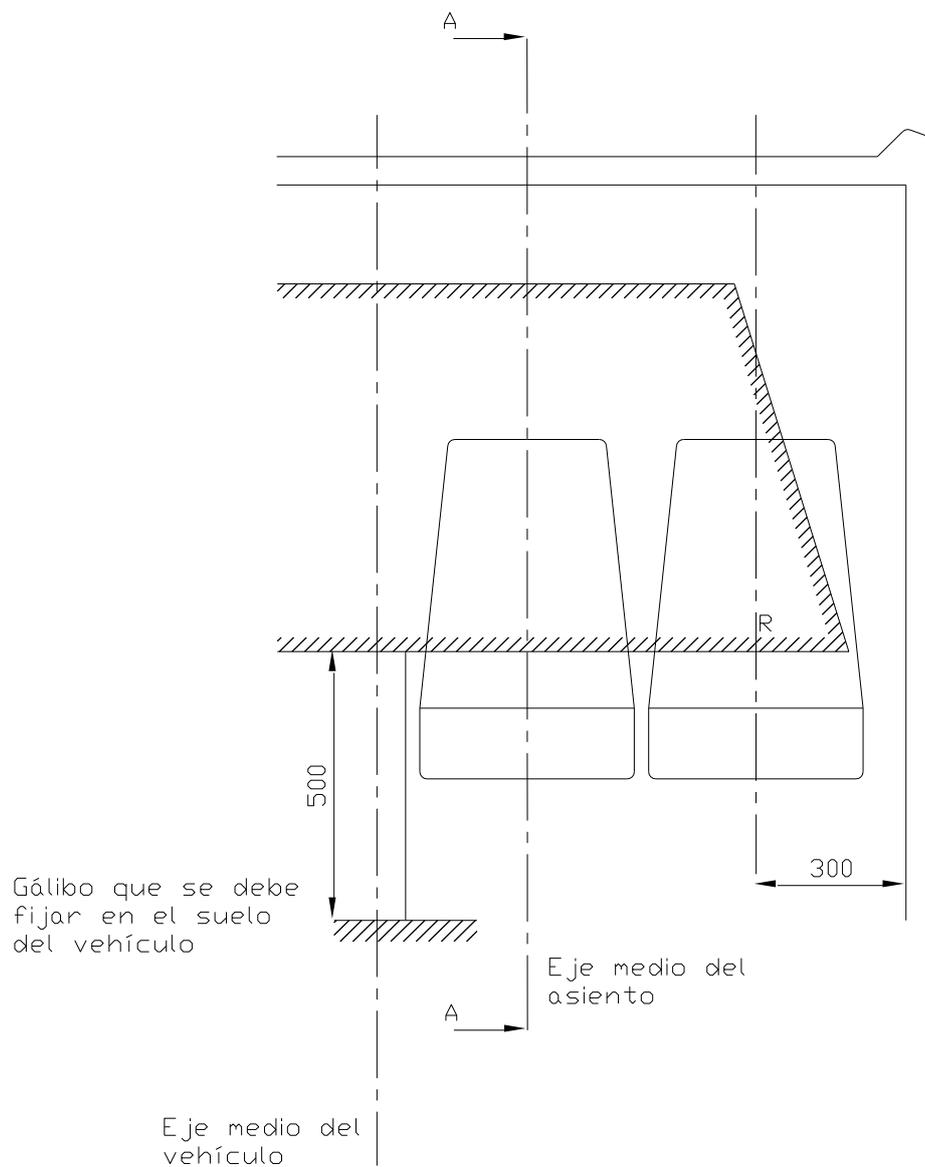


Figura 1(a). Sección lateral

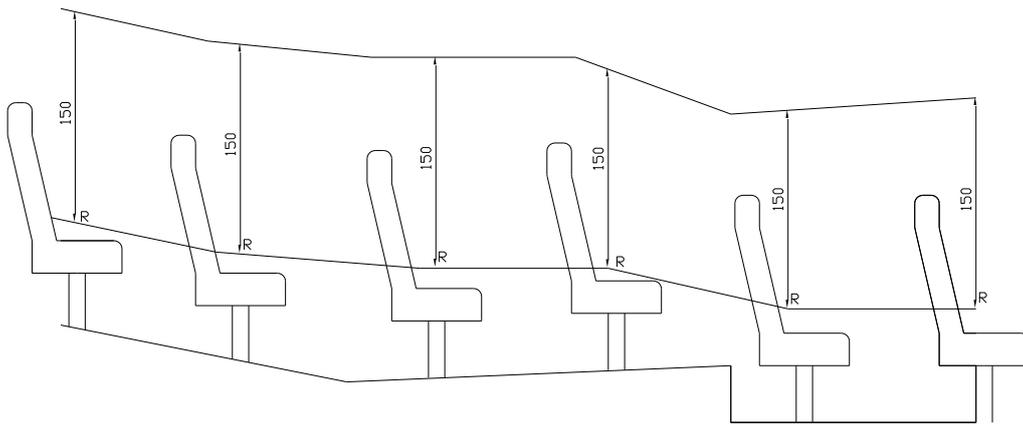


Figura 1(b). Sección longitudinal. Sección A-A del vehículo en el plano vertical del eje medio de los asientos interiores

ANEXO 3

ENSAYO DE VUELCO EN UN VEHICULO COMPLETO

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- 1.1. El vehículo, aunque no es necesario que esté totalmente terminado, será representativo de la producción de vehículos en cuanto su masa en vacío en orden de marcha, centro de gravedad y distribución de masas tal y como lo declara el fabricante.
- 1.2. Si los asientos del conductor y de los pasajeros son regulables, se pondrán con el respaldo en posición vertical. Si los asientos se pueden regular en altura, estarán en la posición más alta.
- 1.3. Todas las puertas y ventanas que pueden ser abiertas, deberán ser cerradas normalmente, pero no bloqueadas. Las ventanas y mamparos o pantallas que normalmente están acristaladas, pueden o no estar provistas de sus vidrios a petición del solicitante. Si están desprovistos de sus

vidrios, deberá instalarse en el vehículo un peso equivalente en los lugares adecuados.

1.4. Los neumáticos se deberán hinchar a la presión prescrita por el fabricante del vehículo, y si el vehículo tiene un sistema de suspensión neumática, se asegurará la alimentación de aire. Todo sistema de nivelado automático se deberá ajustar al nivel especificado por el fabricante, con el vehículo sobre una superficie plana y horizontal. Los amortiguadores deberán estar en buen estado de funcionamiento.

1.5. El carburante, el ácido de batería y otros combustibles, materias explosivas o corrosivas se sustituirán por otras materias con tal de que se cumplan las condiciones del punto 1.1.

1.6. El área de impacto será de cemento u otro material rígido.

2. METODO DE ENSAYO (Véase figura 1 del presente anexo)

2.1. El vehículo se situará en una plataforma a fin de ser volcado sobre un costado. Este costado será determinado por fabricante.

2.2. La posición del vehículo en la plataforma será tal que cuando la plataforma estén posición vertical:

2.2.1. El eje de rotación estará paralelo al eje longitudinal del vehículo.

2.2.2. El eje de rotación estará entre 0 y 200 milímetros desde el escalón vertical entre los dos niveles.

2.2.3. El eje de rotación estará entre 0 y 100 milímetros desde la cara exterior del neumático del eje más ancho.

- 2.2.4. El eje de rotación estará entre 0 y 100 milímetros debajo del plano horizontal en la posición inicial en la cual están los neumáticos, y
- 2.2.5. La diferencia entre la altura del plano horizontal de la posición inicial y el plano horizontal situado debajo, sobre el cual se llevará a cabo el impacto, no será menor de 800 milímetros.
- 2.3. Se pondrán medios para que el vehículo no se mueva según el eje longitudinal.
- 2.4. Los aparatos de ensayo debe impedir que los neumáticos se deslicen de lado en el sentido del vuelco mediante paredes laterales.
- 2.5. Los aparatos de ensayo asegurarán el levantamiento simultáneo de los ejes del vehículo.
- 2.6. La velocidad angular no será superior a cinco grados por segundo (0.087 rad/seg).
- 2.7. Se utilizará fotografía ultrarrápida, gálibos deformables y otros medios apropiados para determinar que se cumplen las condiciones previstas en el punto 5.1 del presente Reglamento. Esto se verificará en al menos dos lugares, en principio en la parte delantera y trasera del compartimiento del pasajero, los lugares exactos serán elegidos por el servicio técnico. Los gálibos se fijarán en partes de la estructura prácticamente no deformables.

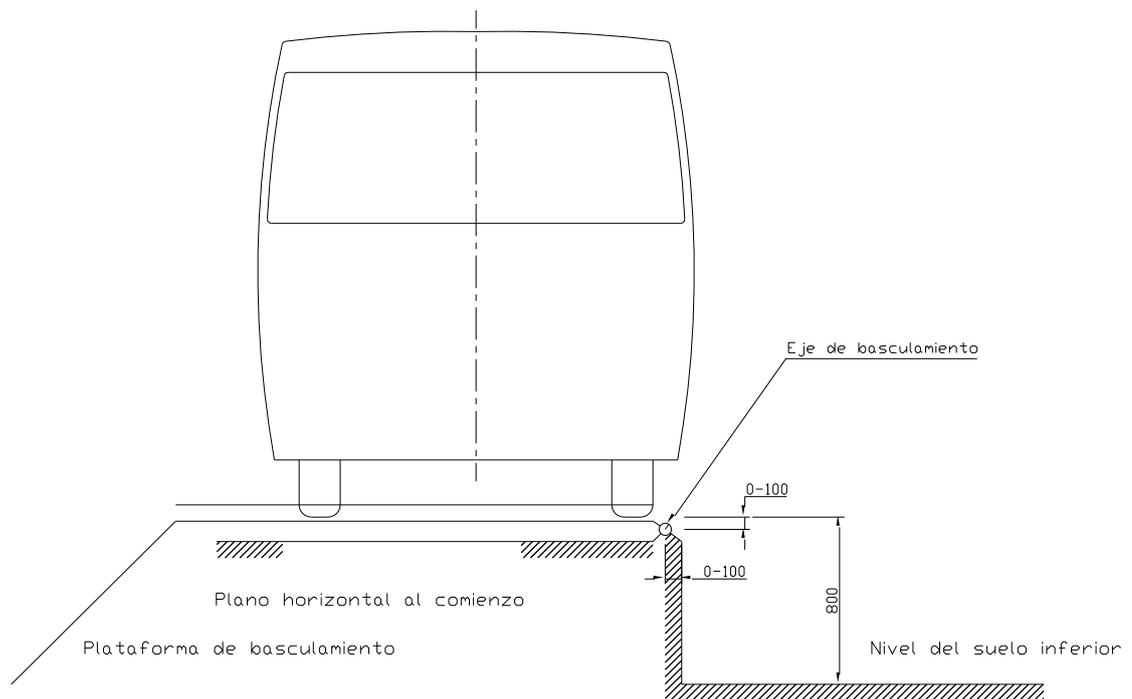


Figura 1

ANEXO 4

ENSAYO DE VUELCO EN UNA SECCION DE LA CARROCERIA

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- 1.1. La sección de la carrocería representará una sección del vehículo en vacío.
- 1.2. La geometría de la sección de la carrocería, el eje de rotación y la posición del centro de gravedad en sentido vertical y lateral serán representativas del vehículo completo.
- 1.3. El fabricante deberá especificar la masa de la sección, expresada como un porcentaje de la masa en vacío en orden de marcha.

1.4. El fabricante deberá especificar la energía que debe absorber la sección, expresada como un porcentaje de la energía total que sería absorbida por un vehículo completo.

1.5. El porcentaje total de la energía descrita en el punto 1.4 no será menor que el porcentaje de la masa en vacío en orden de marcha descrito en el punto 1.3.

1.6. Se podrán aplicar las condiciones de ensayo especificadas en el punto 1.6 del anexo 3 y en los puntos 2.1 hasta el punto 2.6 del anexo 5.

2. METODO DE ENSAYO

2.1. El método de ensayo será el mismo que el descrito en el anexo 3, excepto que sustituirá el vehículo completo por la sección de la carrocería descrita anteriormente.

ANEXO 5

ENSAYO DE PENDULO EN UNA SECCION DE LA CARROCERIA

1. NIVEL ENERGIA Y DIRECCION DEL IMPACTO

1.1. La energía que se debe transmitir a una sección concreta de la carrocería será la suma de las energías declaradas por el fabricante que se deben asignar a cada uno de los arcos de la sección transversal en esa sección concreta de la carrocería.

1.2. La proporción apropiada de la energía prescrita en el apéndice 1 del presente anexo se aplicará a la sección de la carrocería por el péndulo, de tal forma que en el momento del impacto la dirección del movimiento del péndulo haga un ángulo de 25 grados ($+0^{\circ}$ -5°) con el plano medio

longitudinal vertical de la sección de la carrocería. El ángulo preciso dentro de este margen puede especificarse por fabricante del vehículo.

2. CONDICIONES DEL ENSAYO

- 2.1. Se debe realizar el número suficiente de ensayos para que el servicio técnico que realice los ensayos pueda convencerse de que se cumple la condición enunciada en el apartado 5.1 del presente Reglamento.
- 2.2. A los fines del ensayo, la sección de la carrocería debe comprender secciones de la estructura normal instaladas entre los montantes y unidas al suelo, a la base del vehículo, a los laterales y al techo. También se deben instalar, cuando existan, secciones de elementos tales como portaequipajes, conducciones de ventilación, etc.
- 2.3. Todas las puertas y ventanas practicables de la carrocería deben estar cerradas normalmente pero no bloqueadas. Las ventanas y mamparos o pantallas que normalmente están acristaladas pueden o no estar provistas de sus vidrios a petición del solicitante.
- 2.4. Si el constructor lo desea, se pueden instalar asientos en las posiciones normales, teniendo en cuenta la estructura de la sección de la carrocería. Se deben situar en su lugar los elementos normales de fijación y de unión entre los diversos elementos estructurales y accesorios. Si los respaldos son regulables estarán en su posición más vertical y si la altura de los asientos es ajustable estarán en su posición más alta.
- 2.5. El lateral de la sección de la carrocería que debe ser golpeado se elegirá por el constructor. Cuando el ensayo debe realizarse sobre varias secciones de la carrocería todas deben recibir el choque por el mismo lado.

- 2.6. Se utilizará fotografía ultrarrápida, gálibos deformables u otros medios adecuados para determinar que se cumplen las condiciones previstas en el apartado 5.1 del presente Reglamento. Los gálibos deformables debe fijarse en una parte de la estructura prácticamente indeformable.
- 2.7. La sección de la carrocería a someter a ensayos debe fijarse de manera segura y firme en el soporte, con ayuda de sus travesaños o de los elementos que los reemplacen, de forma que se evite que el soporte y sus fijaciones absorban una parte notable de la energía durante el impacto.
- 2.8. El péndulo debe ser lanzado desde una altura tal que golpee la sección de la carrocería a una velocidad comprendida entre tres y ocho metros por segundo.

3. DESCRIPCION DEL PENDULO

- 3.1. La superficie de impacto del péndulo debe ser de acero o de madera contrachapada de 20 mm. ± 5 mm. de ancho, y debe tener una masa regularmente repartida. La superficie de impacto debe ser rectangular y plana, con una anchura que no sea menor que la de la sección de la carrocería que está sometida a ensayo, y a una altura como mínimo de 800 mm. Sus bordes se redondearán con un radio de curvatura de 15 milímetros como mínimo.
- 3.2. El cuerpo del péndulo estará rígidamente fijado a dos barras rígidas. Los ejes de las barras estarán como mínimo a 3500 milímetros del centro geométrico del cuerpo del péndulo.

ANEXO 5 – APENDICE 1

CALCULO DE LA ENERGIA TOTAL

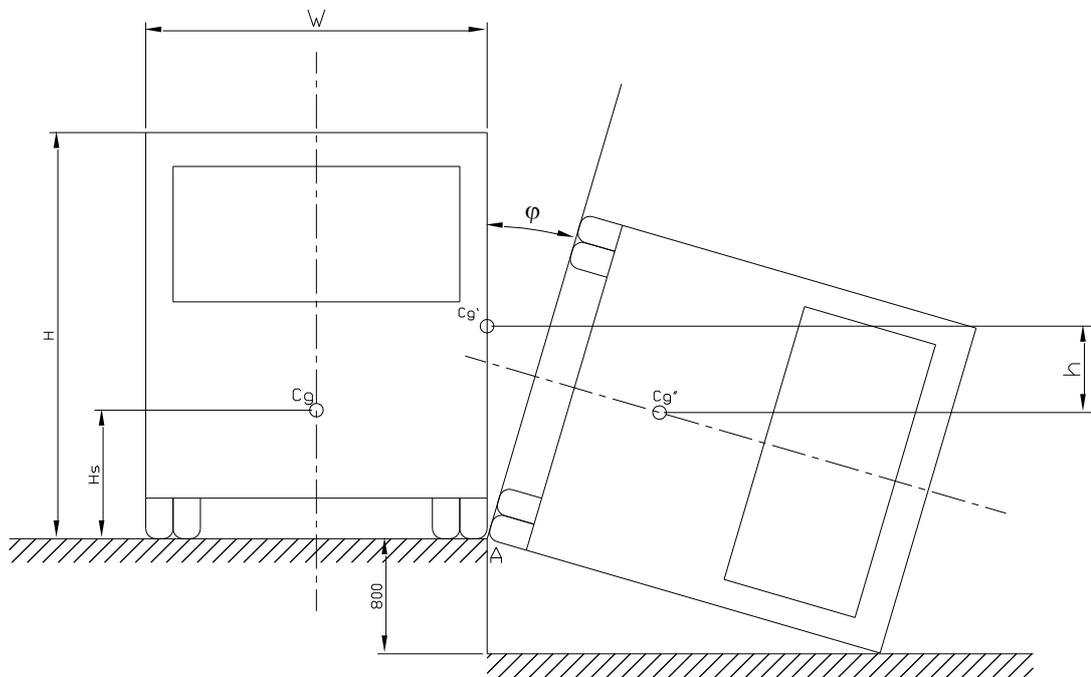


Figura 1.7 Energía total

HIPOTESIS

- 1) Se supone que la sección transversal del cuerpo es rectangular.
- 2) Se supone que la suspensión está fijada de forma rígida.
- 3) Se supone que el movimiento de la sección de la carrocería es una rotación perfecta alrededor del punto "A".

CALCULO DE LA ENERGIA TOTAL (E*)

Si la caída del centro de gravedad (h) está determinada por métodos gráficos, E* se puede encontrar por la fórmula:

$$E^* = 0,75M \cdot g \cdot h(Nm)$$

Alternativamente, E* puede calcularse por la fórmula:

$$E^* = 0,75M \cdot g \left(\sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_s^2} - \frac{W}{2H} \sqrt{H^2 - 0,8^2} + 0,8 \frac{H_s}{H} \right) (Nm)$$

Donde:

M = masa del vehículo en vacío en orden de marcha (Kg).

g = 9,8 m/s²

W = ancho total del vehículo (m).

H_s = altura del centro de gravedad del vehículo en vacío (m).

H = altura del vehículo (m).

ANEXO 5 – APENDICE 2

REQUISITOS PARA LA DISTRIBUCION DE LAS PARTES PRINCIPALES DE LA SUPERESTRUCTURA QUE ABSORBEN ENERGIA

1. Se debe realizar un número suficiente de ensayos para que el servicio técnico que realice los ensayos pueda convencerse de que el vehículo completo cumple los requisitos enunciados en el apartado 5.1 del presente Reglamento. Esto no requerirá necesariamente más de una prueba.
2. Se pueden utilizar cálculos basados en datos obtenidos de un ensayo de una sección de la carrocería para demostrar la aceptabilidad de otra sección de la

carrocería no idéntica a la ya ensayada, si tiene en común muchas características estructurales.

3. El fabricante deberá indicar que pilares de la superestructura se consideran como contribuyentes a su resistencia, precisando la cantidad de energía (E_i) que debería absorber cada pilar. Estas indicaciones deberán cumplir los siguientes criterios.

$$1. \sum_{i=1}^{i=m} E_i \geq E^*$$

Donde m es el número total de pilares indicados

$$2. (a) \sum_{i=1}^{i=n} E_{iF} \geq 0,4E^*$$

Donde n es el número de pilares indicados delante del centro de gravedad del vehículo.

$$(b) \sum_{i=1}^{i=p} E_{iR} \geq 0,4E^*$$

Donde p es el número de pilares indicados detrás del centro de gravedad del vehículo.

$$3. L_F \geq 0,4I_f$$

$$4. L_R \geq 0,4I_r$$

$$5. \frac{d_{m\acute{a}x}}{d_{m\acute{i}n}} \leq 2,5$$

Esto será aplicable únicamente donde d_{max} es mayor que 0,8 x deflexión máxima permitida sin intrusión en el espacio de supervivencia.

Donde:

E_i = es la cantidad de energía declarada que puede ser absorbida por el pilar i de la superestructura.

E_{iF} = es la cantidad de energía declarada que puede ser absorbida por el pilar i por delante del centro de gravedad del vehículo.

E_{ir} = es la cantidad de energía declarada que puede ser absorbida por el pilar i por detrás del centro de gravedad del vehículo.

$d_{m\acute{a}x}$ = es la mayor deformación medida en el sentido del impacto de una sección de la estructura de la carrocería después de la absorción de la energía de impacto indicada para esa sección.

d_{min} = es la menor deformación medida en el sentido del impacto y en el mismo punto que para $d_{m\acute{a}x}$ de una sección de la estructura de la carrocería después de la absorción de la energía de impacto indicada para esta sección.

$$L_F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (E_{iF} \cdot I_{if})}{\sum_{i=1}^{i=n} E_{iF}} =$$

Distancia media ponderada de los pilares declarados delante del centro de gravedad del vehículo.

$$L_F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (E_{iF} \cdot I_{if})}{\sum_{i=1}^{i=n} E_{iF}} =$$

Distancia media ponderada de los pilares declarados detrás del centro de gravedad del vehículo.

Siendo:

l_{if} = la distancia entre el centro de gravedad del vehículo y el i -ésimo pilar, por delante de este centro de gravedad.

l_{ir} = la distancia entre el centro de gravedad del vehículo y el i -ésimo pilar, por detrás de este centro de gravedad.

l_f = la distancia entre la delantera del vehículo y su centro de gravedad.

l_r = la distancia entre la trasera del vehículo y su centro de gravedad.

ANEXO 6

VERIFICACION DE LA RESISTENCIA MECANICA DE LA SUPERESTRUCTURA POR MEDIO DE CALCULO

1. Se puede demostrar que la superestructura o una sección de la misma cumplen el requisito especificado en el apartado 5.1, del presente Reglamento, por medio de un método de cálculo aprobado por el servicio técnico encargado de realizar los ensayos.
2. Si la estructura es susceptible de ser deformada más allá del límite elástico de los materiales utilizados, los cálculos deben simular el comportamiento de la estructura cuando sufre importantes deformaciones plásticas.
3. El servicio técnico responsable de realizar los ensayos puede exigir que se realicen ensayos a partes de la estructura para verificar las hipótesis aplicadas al cálculo.
4. Preparativos de cálculos
 - 4.1.- Los cálculos no pueden empezar hasta que no se haya analizado la estructura, y se haya construido un modelo matemático de ella. En esta operación se definen los diversos largueros que deben ser considerados y se identificarán los puntos donde pueden surgir articulaciones plásticas. Se deben indicar las dimensiones de los largueros y las propiedades de los materiales utilizados. Se deben efectuar ensayos en los puntos de articulación para determinar la fuerza (momento de rotación / deformación) en el modo plástico, ya que son datos indispensables para los cálculos. Se deben determinar la velocidad de deformación y el límite dinámico de elasticidad correspondiente a esta velocidad. Se debe indicar la repartición admitida en los cálculos de las cargas sobre la longitud del vehículo.

4.2.- El método de cálculo debe tomar en consideración las deformaciones hasta los límites elásticos de los materiales, seguido de la identificación de donde se formarán articulaciones plásticas primarias y secundarias, salvo que se conozca por experiencia la posición y secuencia de formación de articulaciones plásticas. El método tendrá en cuenta los cambios de geometría de la estructura que intervienen al menos hasta el estado en que las deformaciones sobrepasen los límites aceptables. Los cálculos simularán la energía y dirección del impacto que se darían si esa superestructura concreta fuera sometida al ensayo de vuelco prescrito en el anexo 3.

La fiabilidad del método de cálculo debe haber sido mostrada por comparación con los resultados de ensayos físicos, que no necesariamente deben realizarse sobre el vehículo sometido a la homologación.

ENSAYOS SOBRE SECCIONES DE LA SUPERESTRUCTURA

5. Cuando se utiliza un método de cálculo para una sección solamente de una superestructura completa, se aplicarán las mismas condiciones que para el vehículo completo.

ESTADOS PARTE

Alemania. Fecha de entrada en vigor: 16 de Julio de 1988

Bélgica. Fecha de entrada en vigor: 7 de Agosto de 1990

España. Fecha de entrada en vigor: 6 de Junio de 1992

Hungría. Fecha de entrada en vigor: 1 de Diciembre de 1986

Países Bajos. Fecha de entrada en vigor: 2 de Mayo de 1988

Reino Unido. Fecha de entrada en vigor: 1 de Diciembre de 1986

Francia. Fecha de entrada en vigor: 21 de Septiembre de 1990

El presente reglamento entró en vigor, de forma general, el 1 de Diciembre de 1986, y para España el 6 de Junio de 1992, de conformidad con lo establecido en el artículo 1(8) del Acuerdo (R. 1962,7; R. 1977, 2158 y N. Dicc.25035).

1.4.- NORMAS DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DE CARROCERIAS DE BUSES⁸

1.4.1.- DEFINICIONES

Bus. Un vehículo concebido y equipado para el transporte público de más de 16 viajeros. Existen tres clases de vehículos:

Clase I : autobuses urbanos.

Clase II : autobuses o autocares interurbanos.

Clase III : autocares de turismo.

Autobús. Vehículo automotor de seis o más llantas, de estructura integral o convencional con capacidad de más de 30 personas.

Carrocería. Elementos que conforman la configuración de un vehículo, tales como: costados, toldo, puertas, piso, accesos, ventanillas, asientos, sistema de luces, entre otros.

Centro de Gravedad Vehicular. Es el punto teórico geométrico donde se encuentran concentradas las fuerzas y los momentos aplicados al vehículo en su conjunto.

⁸ Norma Oficial Mexicana, NOM-067-SCT-2/SEC OFI, 1999, Transporte Terrestre, Pag. 36- 38

Constancia de Capacidad y Dimensiones. Documento suscrito por el fabricante, en el que se hace constar el peso vehicular y la capacidad, así como las dimensiones del vehículo y tipo de llantas, destinado al transporte de pasajeros.

Chasis Bastidor de un vehículo automotor formado por dos largueros (vigas) rígidos que soportan e incluyen todas las partes mecánicas de la unidad, tales como: tren motriz, suspensión, dirección, sistema de frenos neumáticos, entre otros.

Estabilidad Dinámica o Estática Vehicular. Es la condición que guarda el vehículo en reposo o en movimiento para que la suma de fuerzas y de momentos en su conjunto sean nulos con respecto al centro de gravedad, y de esta forma permanezca en su posición de equilibrio.

Estructura Integral. Conjunto de elementos estructurales de perfil cuadrado, rectangular canal en, "C", "H", "L" o "Z" que conforman una armadura, la cual da forma y soporta los elementos y esfuerzos de un vehículo.

Longitud de un Vehículo. Dimensión longitudinal de un vehículo o combinación de vehículos con inclusión de su carga o dispositivos para sostenerla.

Peso. Es la fuerza ejercida por el vehículo (o una parte definida del mismo) sobre un plano horizontal de contacto, bajo condiciones estáticas. Los pesos se miden estando el vehículo estacionado, con las ruedas en posición paralela al eje del vehículo.

Peso Bruto Vehicular (PBV). Es el peso vehicular, más la capacidad de pasajeros y/o su carga útil.

Peso Seco del Vehículo o Tara. Peso del vehículo, en orden de marcha, excluyendo la carga.

Peso Vehicular: Es el peso real del vehículo en condiciones de operación con todo el equipo estándar de fábrica y con combustible a la capacidad nominal del tanque.

Relación Potencia/Peso. Es la relación de la potencia neta al peso bruto vehicular.

Sección de la Carrocería. Una sección que contiene, como mínimo, dos montantes verticales idénticos de cada lado, representativos de una o varias partes de la estructura del vehículo.

Superestructura: Las partes de la estructura del vehículo que contribuyen a la resistencia del vehículo en caso de un accidente del vuelco.

Material de la Estructura: aluminio estructural, acero perfilado o tubular galvanizados o protegidos contra la corrosión.

Sujeción de Chasis y la Carrocería: Para los elementos de sujeción de la carrocería al chasis, debe respetarse el diseño y recomendaciones del fabricante del chasis para este propósito, dicho fabricante debe proveer obligatoriamente el manual, los planos y las especificaciones técnicas respectivas.

El diseño y los cálculos correspondientes de los elementos que determinan el peso bruto vehicular, los debe tener disponibles el fabricante del vehículo, comprobando que dichos componentes soportan las cargas y fatigas a que se someta la unidad de acuerdo con su peso bruto vehicular de diseño y demás condiciones de seguridad y comodidad que deben cumplir.

En todas las unidades el eje direccional debe ser rígido. Los ejes delantero y trasero deben disponer de un sistema de suspensión neumático o mecánico (de muelles) acordes al peso vehicular de la unidad, considerando la distribución de cargas máximas por eje y demás componentes mecánicos.

La distribución del peso bruto vehicular en los ejes estará de acuerdo a las especificaciones de diseño; la capacidad máxima en ellos no debe exceder 5% las especificaciones del fabricante. Esto se verifica pesando cada uno de los ejes en una báscula de pesaje por ejes.

1.5.- CARACTERISTICAS Y ALCANCE DEL SOFTWARE⁹

1.5.1.- INTRODUCCION

Debido a la disponibilidad de la computadora, y gracias a su capacidad de cálculo, se ha obtenido un efecto positivo en los programas para el análisis estructural.

Hay muchas ventajas en el uso de esta herramienta de cálculo en ingeniería estructural. El uso de la computadora permite optimizar el diseño al ser factible considerar diversos sistemas estructurales, geometrías o secciones para una misma estructura en un tiempo razonable. También se puede aumentar la confiabilidad estructural al poder considerarse con relativa facilidad diversos escenarios o combinaciones de cargas más allá de las mínimas requeridas por un código.

El mismo objetivo se logra al acercar más el modelo analítico, a la estructura real haciéndolo más sofisticado y detallado (por ejemplo, considerando efectos tridimensionales, etc.).

1.5.2.- CARACTERISTICAS

SAP2000 se basa en un programa escrito en FORTRAN inicialmente desarrollado a comienzos de los años setenta por el Dr. Edward L. Wilson. El programa se llamaba originalmente SAP IV por las siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural).

⁹ Manual SAP 2000

El programa SAP2000 está basado en el método de rigidez matricial. No obstante, esto es transparente para el usuario. En ningún momento durante el uso del programa se requiere conocer los detalles de este método.

1.5.3.- ALCANCE

El programa SAP2000 está en capacidad de realizar análisis de vigas, cerchas, pórticos, e incluso el análisis dinámico de estructuras, encargándose además del diseño de la estructura, indicándonos por medio de colores la eficiencia de los miembros estructurales sometidos a carga.

Es importante mencionar los pasos que el usuario deberá seguir para ingresar los datos al programa, éstos pasos son:

- Crear la geometría de la estructura.
- Definir las secciones y los materiales a utilizar.
- Asignar dichas secciones a los miembros estructurales.
- Asignar las cargas a la estructura.
- Correr el programa.

En cuanto al análisis de la estructura, el programa, nos proporciona todos los datos importantes como: diagrama de fuerzas, diagrama de momentos, reacciones, e incluso animaciones de la deformación estructural debido a las cargas aplicadas.

II.- PARAMETROS DE DISEÑO

2.1.- FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE LA CARROCERIA DEL BUS¹⁰

Al construir una carrocería de un autobús es importante que dicha estructura deba resistir todas las fuerzas dinámicas que se generan.

La función más importante para las secciones delantera y posterior del chasis es servir de fijación y proporcionar la posición correcta a todos los componentes. El bastidor ha de tener la rigidez suficiente para que los ejes de las ruedas sigan las trayectorias calculadas en los movimientos de suspensión en combinación con los movimientos que se producen al frenar, al girar y en las pendientes. El bastidor trasmite también al suelo las cargas dinámicas.

El costado de un autobús puede ser considerado como una “viga” muy alta y por lo tanto muy resistente a la flexión. Es fácil obtener un autobús más ligero y rígido con la ayuda de una carrocería de diseño correcto que haciendo un bastidor fuerte.

Es la carrocería junto con el bastidor, la que conjuntamente forman una unidad rígida. Una carrocería de un autobús tiene que resistir una combinación de fuerzas dinámicas en todos los sentidos. Las fuerzas actúan en tres sentidos principales: vertical, longitudinal y transversal.

2.1.1.- FUERZAS VERTICALES

Las fuerzas verticales se forman a causa de las aceleraciones debidas a los movimientos de la suspensión. También al tomar las curvas aparecen fuerzas verticales que actúan sobre los costados de la carrocería y vigas sobresalientes.

¹⁰ Santana H: Análisis en la Construcción de la Estructura Metálica de Autobuses de la Empresa “Carrocerías Varma” Ambato; Ecuador, 2002; Capítulo I, Pag. 33 - 37

Las fuerzas verticales en la parte posterior de la carrocería son absorbidas por el eje posterior a través de cuatro o seis fuelles neumáticos.

Estas fuerzas llegan a los fuelles principales a través del cuerpo de la carrocería. Las fuerzas se propagan desde las fijaciones posteriores, pasando por las vigas sobresalientes, saliendo y subiendo por los costados de la carrocería y siguiendo hacia delante a las vigas, bajo las cuales están montados los fuelles de aire del eje posterior, como se muestra en la figura 2.1.

Como caso extremo pueden aparecer torsiones, por ejemplo, al conducir por malos caminos si la rueda delantera de un lado y la posterior del otro lado son comprimidas al mismo tiempo contra el tope de las ballestas.

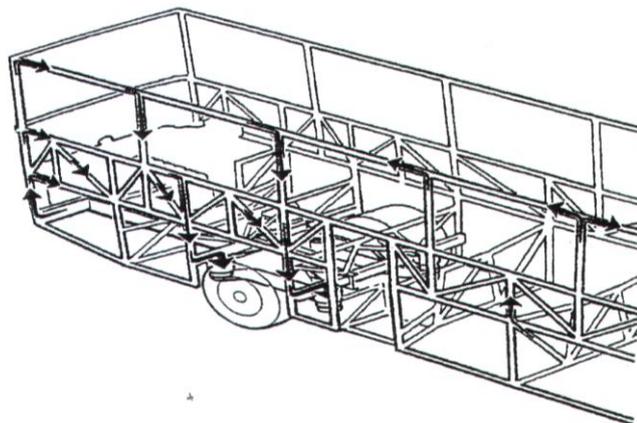


Figura 2.1.- Fuerzas verticales que actúan en la parte posterior de la carrocería¹¹

Parecidas fuerzas ascendentes y descendentes procedentes del voladizo delantero llegan a los fuelles del eje delantero. Este voladizo no es tan grande como el posterior, no obstante si hay una abertura para una puerta aparecerán problemas.

Como una gran parte de la carga vertical ha de pasar alrededor (principalmente encima) de la puerta, esta zona queda expuesta a muy grandes esfuerzos.

¹¹ Manual del carrocerero Scania sección D4.

El peso de los pasajeros y del equipaje se concentra en la sección entre los ejes. También aquí las fuerzas siguen el camino más rígido a los costados de la carrocería a los fuelles de la suspensión.

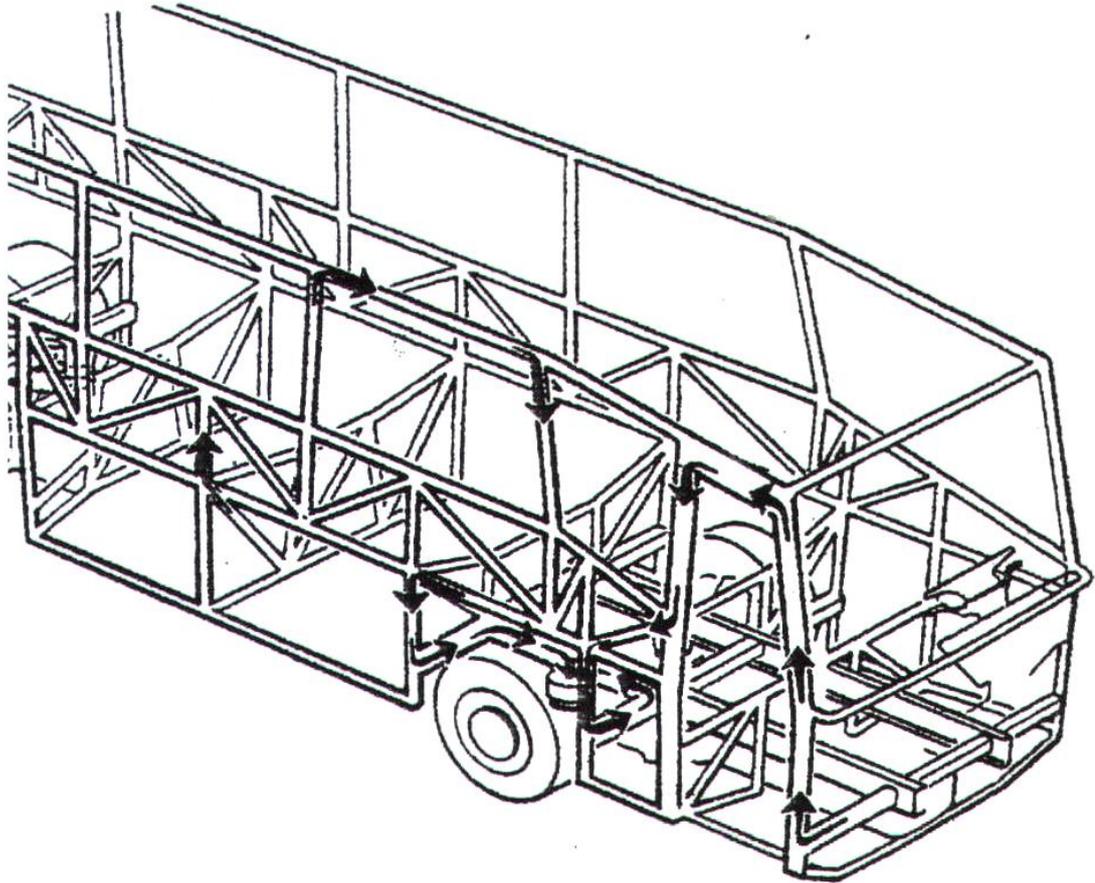


Figura 2.2.- Fuerzas verticales que actúan en la parte delantera de la carrocería¹²

2.1.2.- FUERZAS LONGITUDINALES

Las fuerzas que generan los pasajeros y el peso del equipaje al frenar el vehículo han de transmitirse a través del suelo y de los soportes de este a los largueros para descender seguidamente a las barras de reacción. Las fijaciones del suelo han de hacerse de manera que sean capaces también de resistir las fuerzas longitudinales y transversales.

¹² Manual del Carrocero Scania Sección D5

Las fuerzas longitudinales aparecen normalmente al frenar el vehículo, pero pueden formarse también al pasar sobre los baches del pavimento. Al frenar el vehículo la reacción del piso transmite a los costados de la carrocería donde es absorbido por las cuadernas y las ventanillas, especialmente si están escalonadas. Las fuerzas se reúnen en la parte inferior de los costados de la carrocería propagándose a través de las barras de reacción a las ruedas. En la mayor parte de los casos se da al maletero forma de armazón. Su acoplamiento a las partes delantera y trasera del chasis es una parte vital del armazón total de la carrocería y es muy importante tener en cuenta las fuerzas que se originan en esta zona.

Las fuerzas actuantes son longitudinales y como todas estas fuerzas acaban concentrándose en las barras de reacción, como se muestra en la figura 2.3.

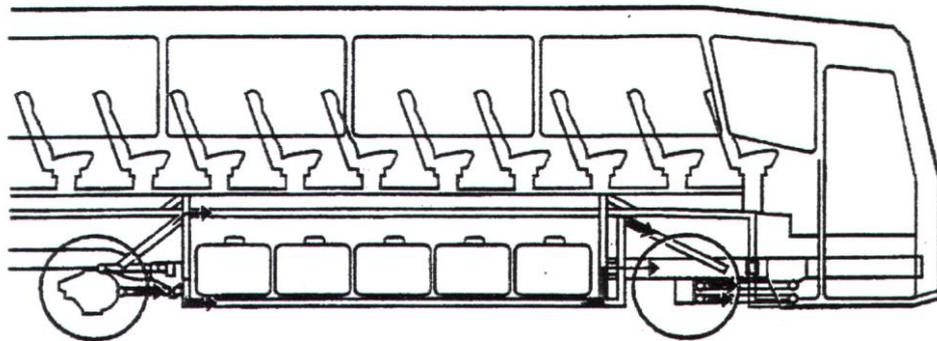


Figura 2.3.- Fuerzas longitudinales¹³

2.1.3.- FUERZAS TRANSVERSALES

Las fuerzas transversales aparecen al tomar curvas y al cambiar de carril. La sección del techo es empujada hacia fuera siendo frenado ese movimiento por la parte inferior de la carrocería y por las ruedas. La carrocería se ve sometida a las fuerzas transversales y vista desde adelante parece asumir la forma de un romboide.

¹³ Manual del carrocerero Scania Sección D6

Todo ello origina tensiones en las esquinas entre las cuadernas de los costados de la carrocería y las vigas transversales del techo. Fuerzas equivalentes aparecen en la parte inferior de las cuadernas laterales, en la unión de las vigas sobresalientes, donde actúan como fuerzas de flexión transversales. El extremo posterior refuerza la parte trasera de la carrocería, y el extremo delantero con el parabrisas, la parte delantera.

Todas las fuerzas transversales originadas por una carrocería cargada con pasajeros y equipaje constituyen fuerzas laterales en el suelo donde son transmitidas a las barras de reacción donde son absorbidas. Al tomar curvas se originan fuerzas transversales que tienden a flexionar a la carrocería alrededor de las fijaciones de los ejes. Estas fuerzas son absorbidas principalmente por el suelo y en cierta medida por el techo.

Es importante que tanto el suelo del maletero como el compartimiento de pasajeros tengan una suficiente rigidez en sentido transversal, como se muestra en la figura 2.4.

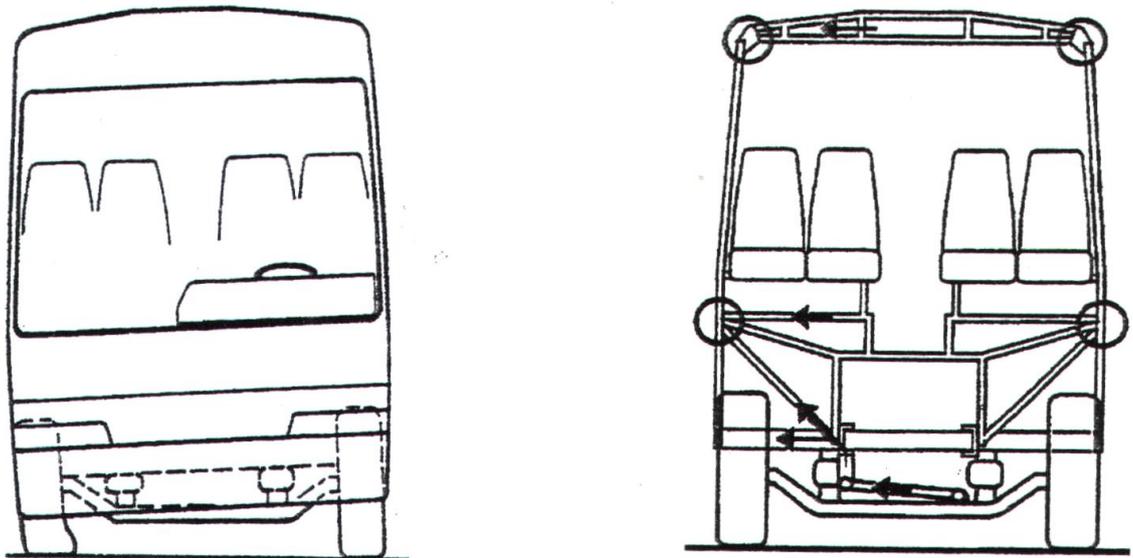


Figura 2.4.- Fuerzas transversales

2.2.- PARAMETROS DE DISEÑO Y CARGAS

2.2.1.- CONSIDERACIONES PARA EL DIBUJO DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA

- Aparte de la estructura propiamente dicha, se toman en cuenta elementos como el techo, piso, apoyos, cajuelas.
- La estructura se une en forma rígida al bastidor.
- Los apoyos de suspensión se consideran fijos tanto en traslación como en rotación con los seis grados de libertad restringidos intentando simular la condición teórica de empotramiento perfecto sobre el chasis.
- Todos los miembros estructurales están dibujados por separado.

2.2.2.- CONSIDERACIONES SOBRE LA GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

Los desplazamientos estructurales generados al aplicarse las cargas en la estructura son despreciables.

2.2.3.- CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACION DE LAS CARGAS

- Las cargas son de naturaleza estática y dinámica.
- Sobre los nodos existen fuerzas concentradas y sobre los elementos estructurales existen fuerzas distribuidas.

2.2.4.- CONSIDERACIONES ACERCA DEL MATERIAL

Los elementos se consideran elásticos lineales. Los miembros estructurales están constituidos de acero galvanizado y acero negro según sea su geometría.

2.2.5.-CONSIDERACIONES PARA EL ANALISIS DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA

La estructura analizada se encuentra unida al bastidor del bus a través de conexiones empernadas y soldadas al mismo, las cuales se consideran como puntos de apoyo

Es importante señalar que para estos apoyos se consideran todas las restricciones; es decir fijos en traslación ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) y en rotación ($\theta_{xx} = \theta_{yy} = \theta_{zz} = 0$).

2.2.6.-CARGAS APLICADAS

2.2.6.1.-CARGAS ESTATICAS¹⁴

2.2.6.1.1.- CARGA MUERTA (CM)

La Carga Muerta está constituida por el peso propio de la estructura mas el peso del resto de elementos de la carrocería, dando un total de 54292 N [5540 Kg. x 9.8 m/s²], y es uniformemente distribuida.

2.2.6.1.2.- CARGA VIVA (CV)

- Peso de los pasajeros.

Como el vehículo del análisis es considerado de clase III, se utiliza una carga de 695.8 N [71 Kg. x 9.8 m/s²] por persona, y añadiéndole a este valor una maleta de mano de 29.4 N [3Kg. x 9.8 m/s²]; es decir, en total se asume una carga de 725.2 N [74 Kg. x 9.8 m/s²] por cada pasajero, tomando en cuenta que la estructura está diseñada para 42 personas, tenemos un valor de 30458.4 N. Además se consideran la carga del conductor y del tripulante que es de 735 N [75 Kg. x 9.8

¹⁴ Normas Internacionales, Reglamento 36.03, Artículos 5.1.3 – 5.1.7, 5.3.2 – 5.3.3

m/s²] cada uno, por lo que la carga total debido al peso de los pasajeros es: 31928.4 N [3258 Kg. x 9.8 m/s²], y es considerada uniformemente distribuida. Artículos 5.3. y 5.1.3. Ver anexo 2.1.

- Equipaje

Para el equipaje se considera una carga uniformemente distribuida y que debe ser igual numéricamente a 100 veces el volumen de la cajuela en metros cúbicos; es decir, para este caso, teniendo un volumen de la cajuela de 1.22 [m³], se obtiene una carga de 1195.6 N [122 Kg. x 9.8 m/s²]. Artículo 5.1.6. Ver anexo 2.1.

Se considera además una carga uniformemente distribuida en el techo del autobús y que corresponde a una presión mínima de 735 Pa. [75 Kg./m² x 9.8 m/s²], como el área destinada a carga del techo del autobús es de 2.7 m², la carga debido al equipaje en el techo es 1984.5 N. [202.5 Kg. x 9.8 m/s²]. Artículo 5.1.7. Ver anexo 2.1.

2.2.6.2.-CARGAS DINAMICAS

2.2.6.3.-CARGA DE ACELERACION O FRENADO (CF)¹⁵

Se ha considerado cargas de aceleración o frenado partiendo del parámetro de frenado de pánico; es decir, el vehículo circulando a una velocidad de 80 Km./h a su máximo peso bruto vehicular sobre una superficie horizontal, debe frenar totalmente en una distancia no mayor de 85 m. utilizando los frenos de servicio dando como resultado una carga de 37669.75 N. [3843.85 Kg. x 9.8 m/s²], aplicada en los 14 nodos de las cerchas principales a la altura del zócalo, logrando una carga de 2690.69 N [274.56 Kg. x 9.8 m/s²] por cada nodo.

¹⁵ Norma Oficial Mexicana, NOM-067-SCT-2/SEC OFI, 1999, Transporte Terrestre, Pag. 48

CALCULOS

Datos:

Velocidad inicial (V_0): 80 Km./h. = 22.22 m/s.

Velocidad final (V): 0 Km./h.

Desplazamiento (S): 85 m.

Masa total (M): 12989.57 Kg.

Desarrollo:

$$V^2 = V_0^2 + 2aS; a = \frac{V^2 - V_0^2}{2S}; a = \frac{0 - (22.22)^2}{2(85)}; a = -2.9 \text{ m/s}^2$$

$$F = M.a; F = 12989.57 \times 2.9; F = 37669.75 \text{ N.}$$

Fuerza en cada nodo:

$$\frac{37669.75}{14 \text{ nodos}} = 2690.69 \text{ N.}$$

2.2.6.4.-CARGAS LATERALES (CC)¹⁶

Para este caso se ha tomado en cuenta el parámetro de estabilidad en curvas, es decir, se traza un círculo de 60 m. de diámetro, y la unidad debe dar vueltas por el exterior del círculo a una velocidad promedio de 38 Km./h. dando como resultado una carga de 48191.30 N. [4917.48 Kg. x 9.8 m/s²], aplicada en los 14 nodos de las cerchas principales a la altura del zócalo, logrando una carga de 3442.23 N [351.24 Kg. x 9.8 m/s²] por cada nodo.

¹⁶ Norma Oficial Mexicana, NOM-067-SCT-2/SEC OFI, 1999, Transporte Terrestre, Pag. 49

CALCULOS

Datos:

Radio de giro (R): 30 m.

Velocidad tangencial (V): 38 KM./h. = 10.55 m/s.

Masa total (M): 12989.57 Kg.

Desarrollo:

$$a_c = \frac{V^2}{R}; \quad a_c = \frac{(10.55)^2}{30}; \quad a_c = 3.71 \frac{m}{s^2};$$

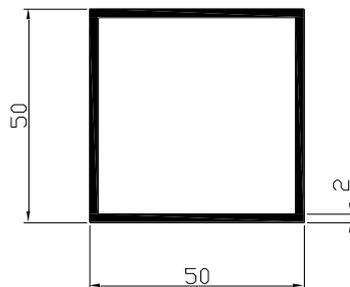
$$F_c = M.a_c; \quad F_c = 12989.57 \times 3.71; \quad F_c = 48191.30 N.$$

Fuerza en cada nodo:

$$\frac{48191.15}{14 \text{ nodos}} = 3442.23 N.$$

2.2.7.- PERFILES UTILIZADOS¹⁷

- Perfiles cuadrados.



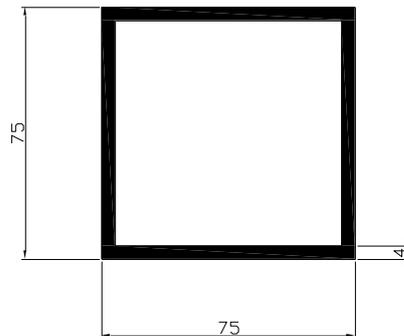
¹⁷ Archivos de Carrocerías PATRICIO CEPEDA

APLICACIONES:

Largueros del piso, ventanas, diagonales, tubo de refuerzo lateral y parte frontal.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Calidad del acero: ASTM A500-93.
- ✓ Recubrimiento: negro o galvanizado.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].
- ✓ Nomenclatura: TC50X50X2.

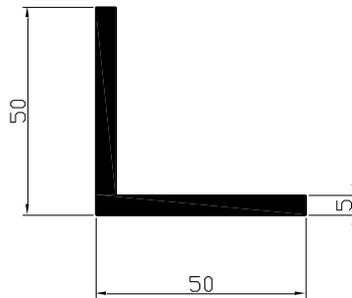


APLICACIONES:

Rieles del piso y apoyos.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Calidad del acero: ASTM A 500-93.
- ✓ Recubrimiento: negro o galvanizado.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].
- ✓ Nomenclatura: TC75X75X4.
- Ángulos.



APLICACIONES:

Ángulos del piso, parte inferior.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.

- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].
- ✓ Denominación: AL50X50X5
- Perfiles abiertos.

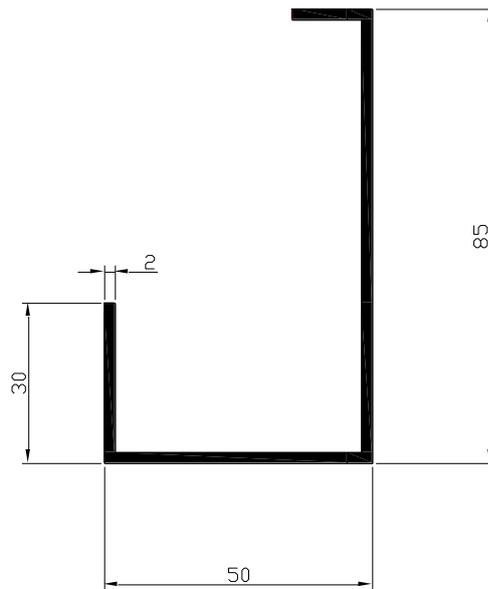


APLICACIONES:

Guías laterales.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero : laminado en caliente
- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].



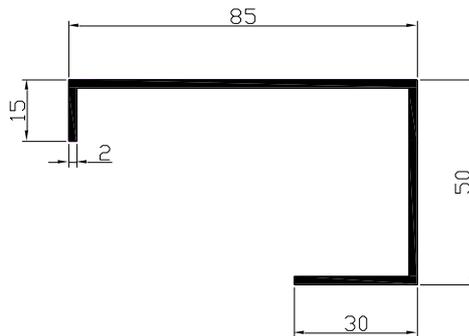
APLICACIONES:

Cercos de ventanas.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero : laminado en caliente.

- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].

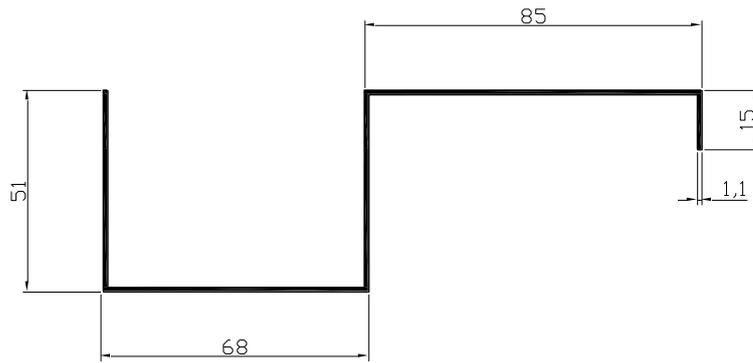


APLICACIONES:

Claraboya

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero : laminado en caliente.
- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].



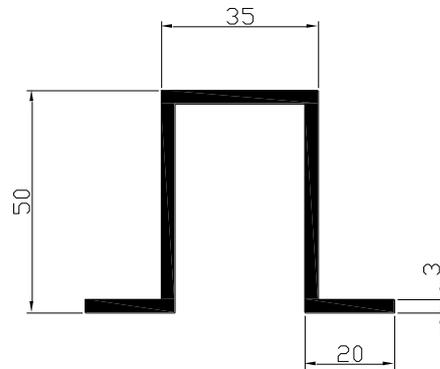
APLICACIONES:

Claraboya

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero: laminado en frío.
- ✓ Calidad del acero: ASTM A 366 Tipo B.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].

- Omegas.

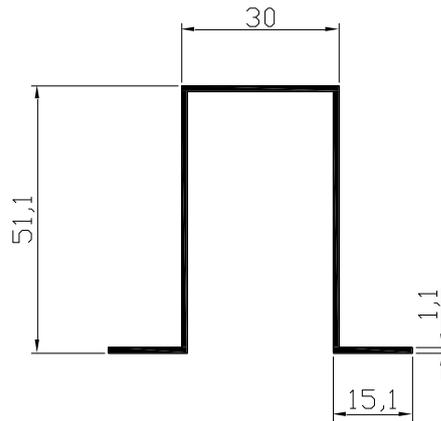


APLICACIONES:

Cerchas.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].

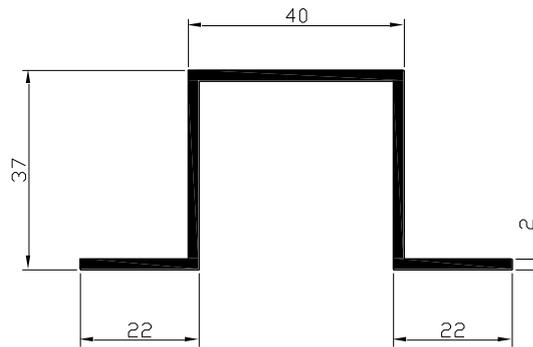


APLICACIONES:

Tejido del techo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero: laminado en frío.
- ✓ Calidad del acero: ASTM A 366 Tipo B.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].



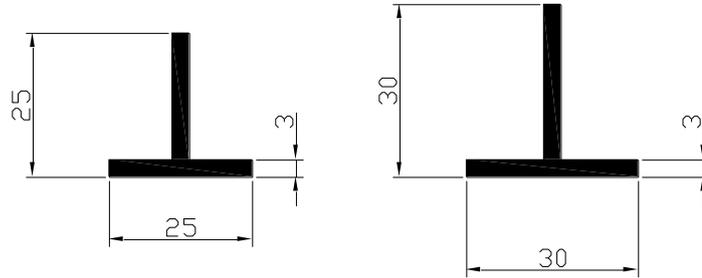
APLICACIONES:

Parte delantera del techo

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero : laminado en caliente.
- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].

- Tees.



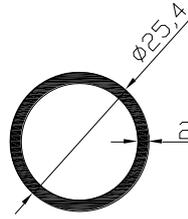
APLICACIONES:

Respaldo, parte delantera del techo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].
- ✓ Designación: TEE25X3, TEE30X3.

- Tubos redondos.



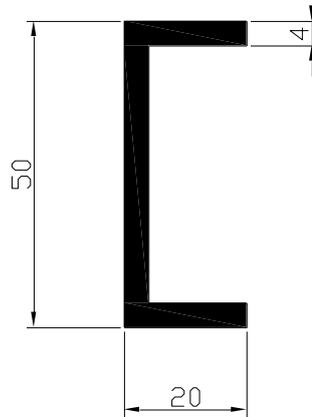
APLICACIONES:

Parte delantera.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Calidad del acero: ASTM A500-93.
- ✓ Recubrimiento: galvanizado.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].

- Canales “U”.



APLICACIONES:

Recubrimiento de ruedas.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Fabricado a partir de plancha de acero : laminado en caliente.
- ✓ Calidad del acero: ASTM A 36.
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $f_y = 248 \text{ MPa}$. [2530 Kg/cm^2].
- ✓ Módulo de elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$. [$2.03 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$].
- ✓ Módulo de elasticidad por corte: $G = 80 \text{ GPa}$. [815494 Kg/cm^2].
- ✓ Designación: CU50X20X4.

III.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

3.1.- DIAGRAMA DE LA CARROCERIA

En la figura 3.1, se muestra el diagrama de la carrocería que PATRICIO CEPEDA utiliza para la fabricación de sus buses, y es a partir de esta estructura, que nosotros hemos hecho el diseño para nuestro proyecto.

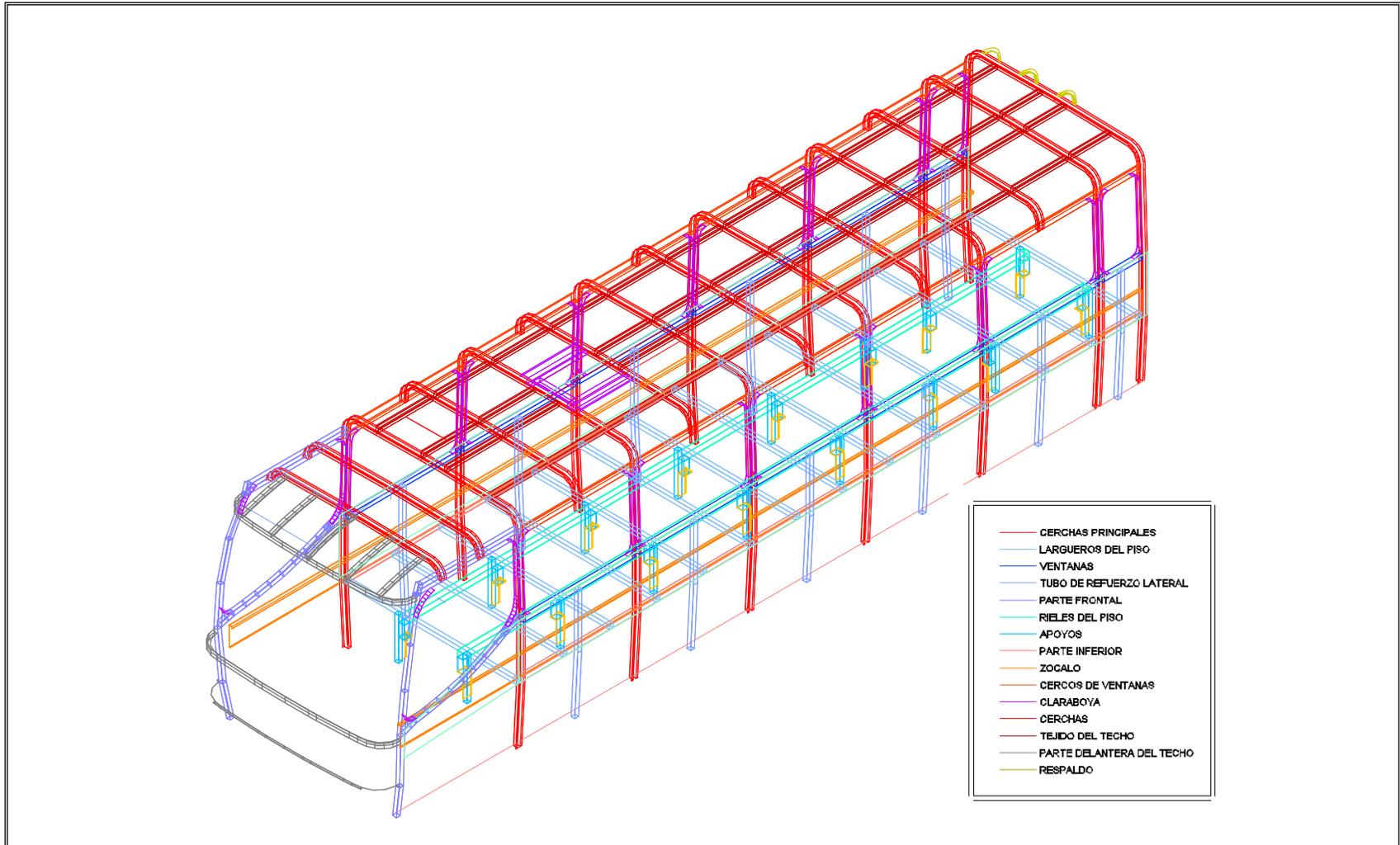


Figura 3.1.- Diagrama de la carrocería

3.2.- REPRESENTACION FOTOGRAFICA DE LA ESTRUCTURA

3.2.1.- DESCRIPCION

El sistema estructural del proyecto, corresponde al tipo de estructura de esqueleto y comprende el uso de cerchas completas cuyo perfil es del tipo omega 35X50X20X3, situadas a lo largo del bus que se unen mediante soldadura a otros miembros estructurales como: largueros, zócalos y travesaños en el techo, como se puede observar en la figura 3.2.



Figura 3.2.- Fotografía general de la estructura

Dentro de la geometría de la estructura y particularmente en el piso se observa que se encuentra formado por perfiles cuadrados del tipo TC50X50X2, además de diagonales del mismo tipo de perfil, como se puede observar en la figura 3.3, y

cuya utilidad es evitar la oscilación del resto de componentes de la estructura y mantener un equilibrio.



Figura 3.3.- Estructura del piso

La estructura del techo esta conformada por perfiles del tipo omega, fabricados a partir de plancha de acero laminado en frío y unidos mediante soldadura a los demás miembros estructurales como se observa en la figura 3.4.

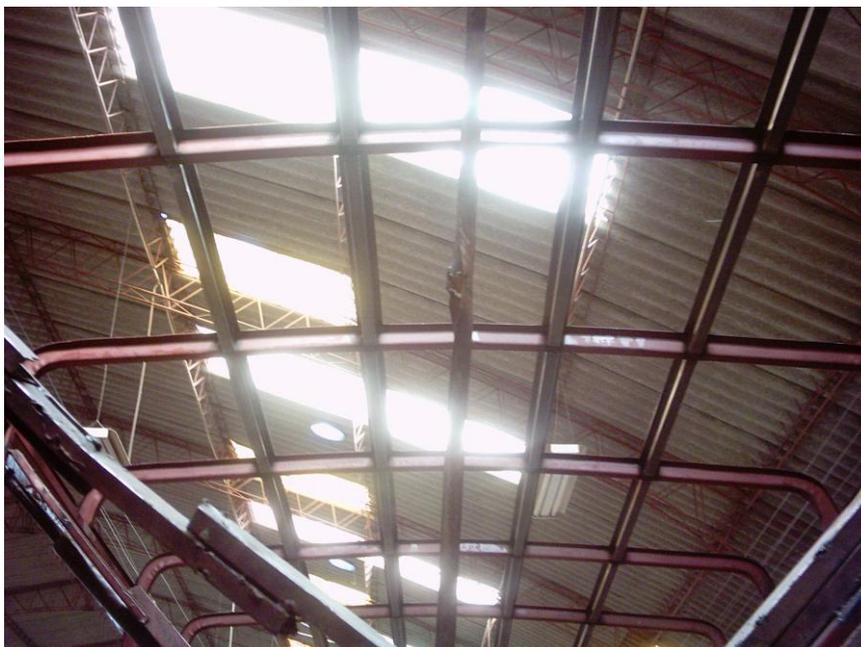


Figura 3.4.- Tejido del techo

Las cerchas anteriormente mencionadas, se encuentran soldadas a las guías laterales dispuestas a manera de zócalo, cuyo perfil está constituido de plancha de acero laminado en caliente como se indica en la figura 3.5.



Figura 3.5.- Zócalo

En la parte delantera, específicamente en la parte superior, la estructura presenta perfiles del tipo omega, fabricados a partir de plancha de acero laminado en frío, y además de perfiles del tipo TEE, como se ilustra en la figura 3.6.



Figura 3.6.- Parte delantera superior

Para la parte frontal del bus se utilizan perfiles cuadrados del tipo TC50X50X2, como se observa en la figura 3.7.



Figura 3.7.- Parte frontal del bus

Para la parte de la claraboya, se utilizan perfiles fabricados de plancha de acero laminado en caliente como se muestra en la figura 3.8.



Figura 3.8.- Claraboya

3.3.- MODELACION GEOMETRICA DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA

3.3.1.- CREACION DE LA GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

El programa SAP2000 permite crear la geometría de la estructura directamente, pero, debido a la complejidad de la estructura, este software nos da la facilidad de modelar el sistema en el programa de dibujo AUTOCAD, para luego trasladar o exportar, dicho sistema al programa de análisis estructural.

Partiendo de la estructura modelada en el programa de computación AUTOCAD, se procedió a pasar dicho sistema estructural al programa de diseño

estructural SAP2000 tomando en cuenta que todos los perfiles de los miembros estructurales debían estar representados por su eje centroidal, a través del siguiente procedimiento:

3.3.1.1.- PROCEDIMIENTO

- a) Utilizando el programa AUTOCAD, dibujar el modelo de la estructura de la carrocería mediante líneas que representan el eje centroidal de todos los perfiles estructurales del sistema, tomando en cuenta las zonas en donde existen curvaturas, representándolas por segmentos de recta, ya que el programa SAP2000 solo toma en cuenta rectas, no segmentos de arco, llegando de esta manera a obtener un diagrama de líneas, como se muestra en la figura 3.9.

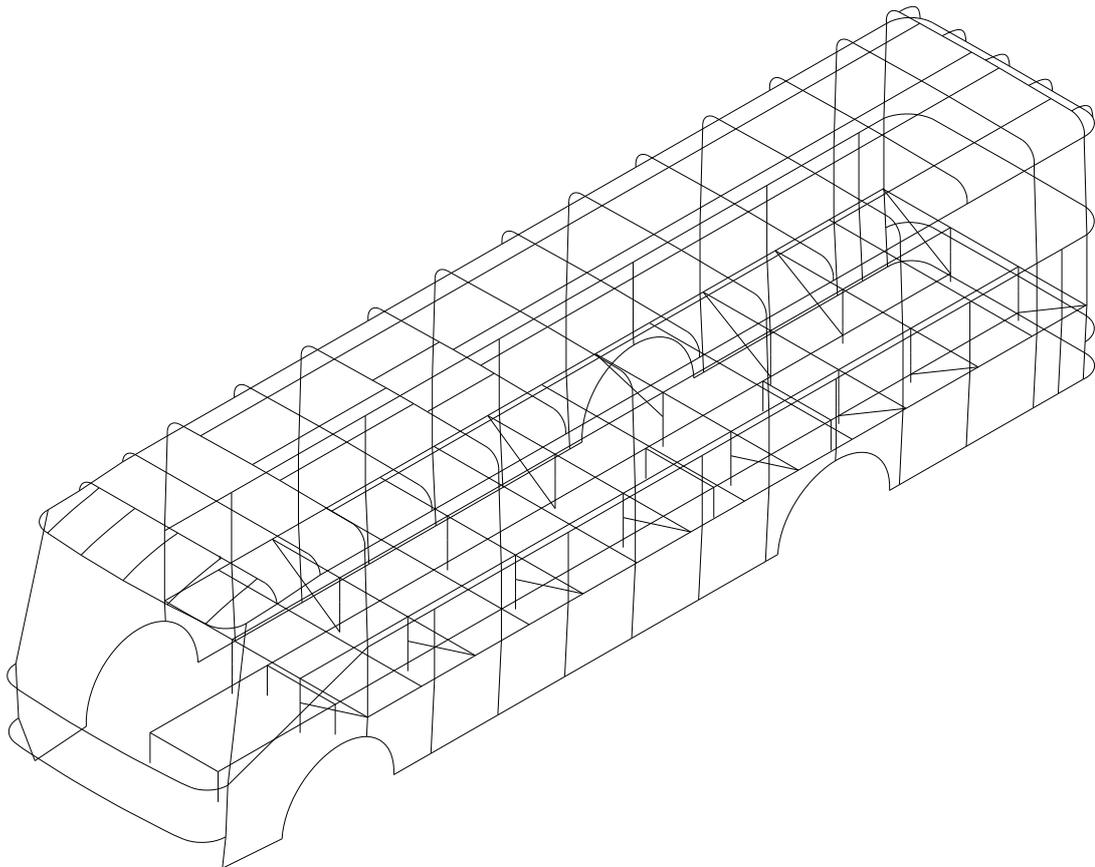


Figura 3.9.- Diagrama de líneas

- b) Dentro del área de trabajo del programa AUTOCAD, es de mucha importancia ubicar la estructura en el origen del eje de coordenadas y en una sola capa “layer”. No está demás mencionar que se debe ser en extremo cuidadoso con las medidas, ya que el programa SAP2000 toma en cuenta estas variaciones.
- c) Luego se procede a guardar el archivo con la extensión dxf. Ejemplo: estructura.dxf.

3.3.2.- IMPORTACION DEL MODELO

- a) Ingresar al programa SAP2000, en la barra de herramientas seleccionar archivo “file”, nuevo modelo “new model”, aparece una caja de dialogo como se ilustra en la figura 3.10.

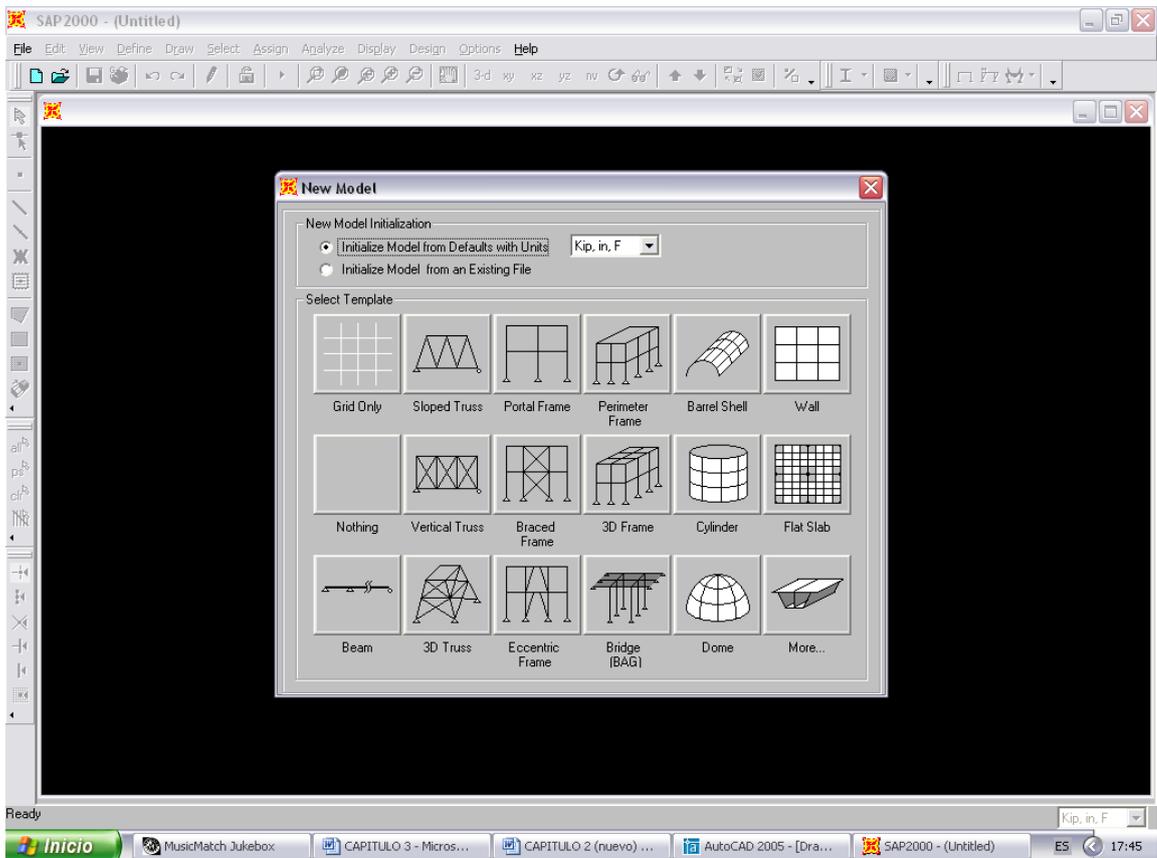


Figura 3.10.- Importación, paso a)

- b) En la caja de dialogo, se selecciona el icono de malla “grid only”. Luego aparece otro cuadro de dialogo donde se mencionan datos de cantidad y dimensión de malla, en este momento no es de mayor trascendencia así que pulsamos OK. como se muestra en la figura 3.11.

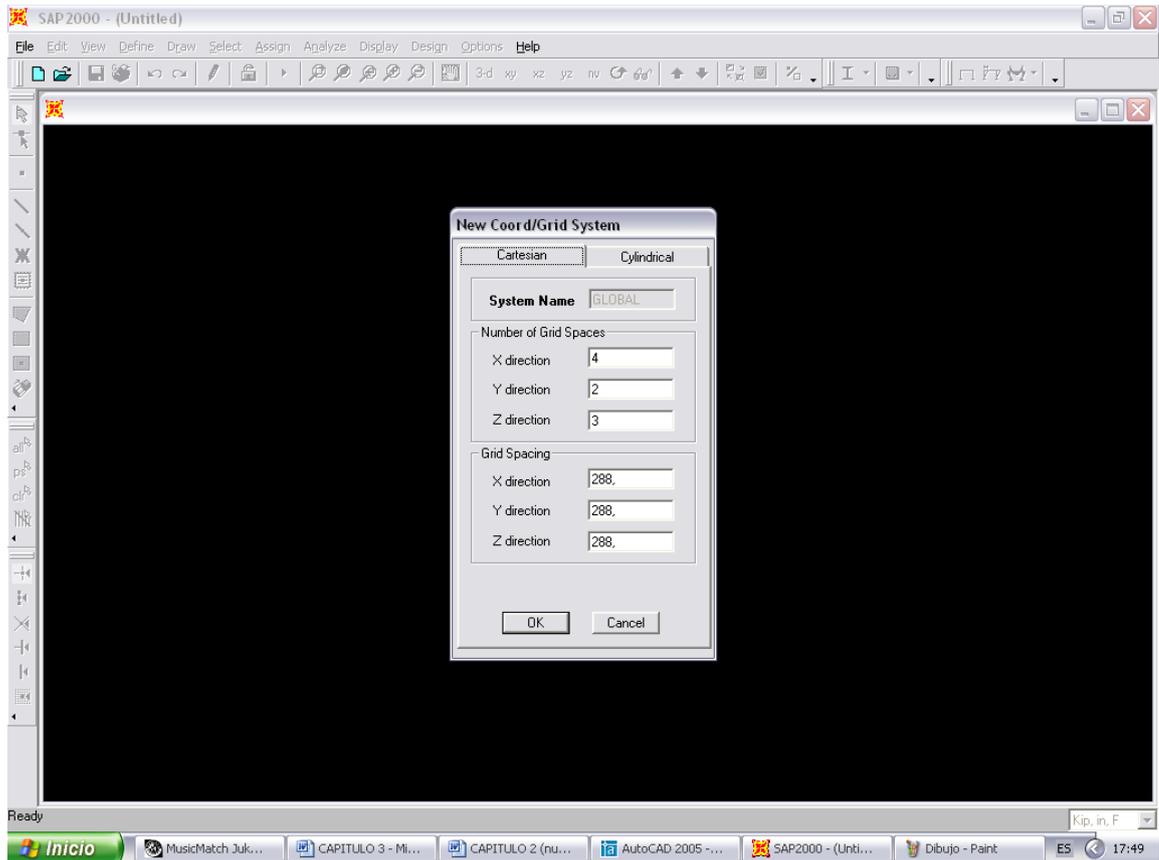


Figura 3.11.- Importación, paso b)

- c) Luego, se selecciona en la barra de herramientas, archivo “file”, importar “import” autocad “AutoCAD .dxf file”. Como se ilustra en la figura 3.12. Y seleccionamos el archivo del modelo creado en AUTOCAD.

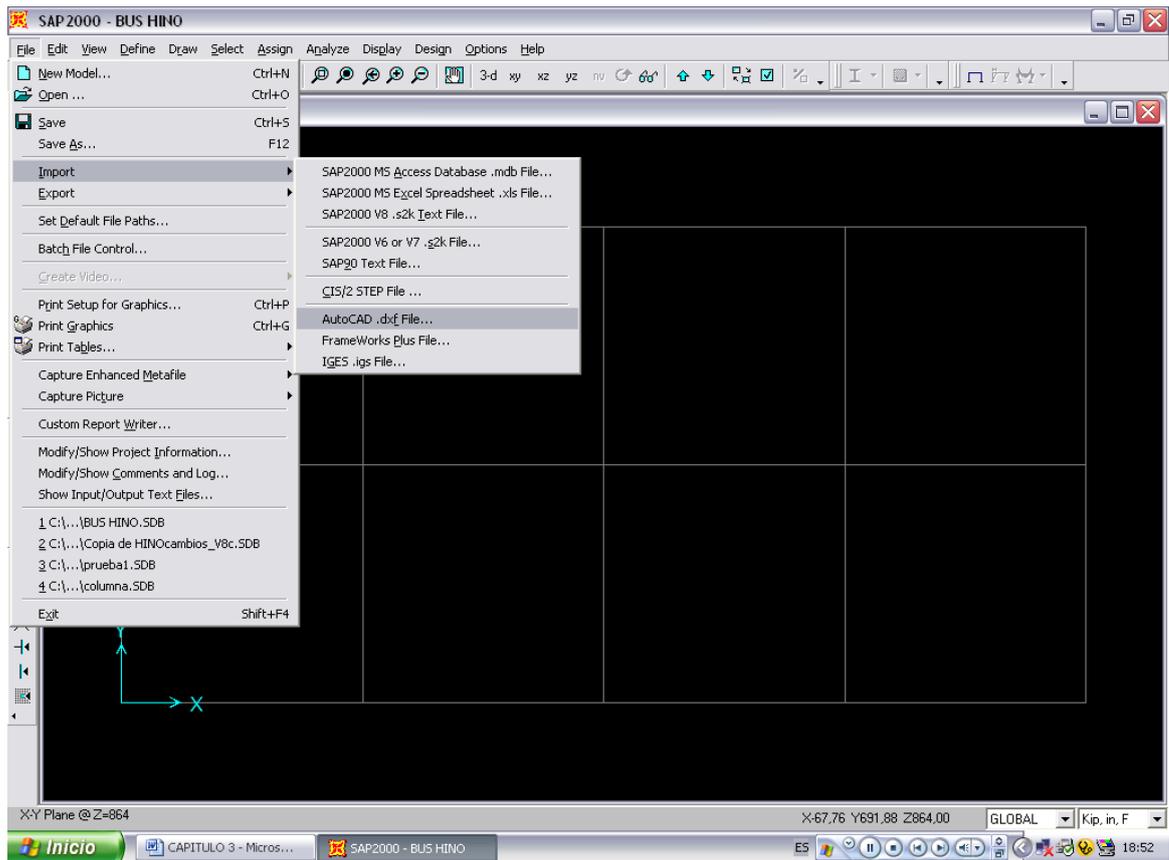


Figura 3.12.- Importación, paso c)

- d) Aparece un cuadro de dialogo en el que seleccionamos el eje Y como el vertical, además seleccionamos el sistema de unidades que se va a utilizar para cargas, dimensiones y temperatura, para lo que seleccionamos las unidades (Kgf, m, °C) como se muestra en la figura 3.13.

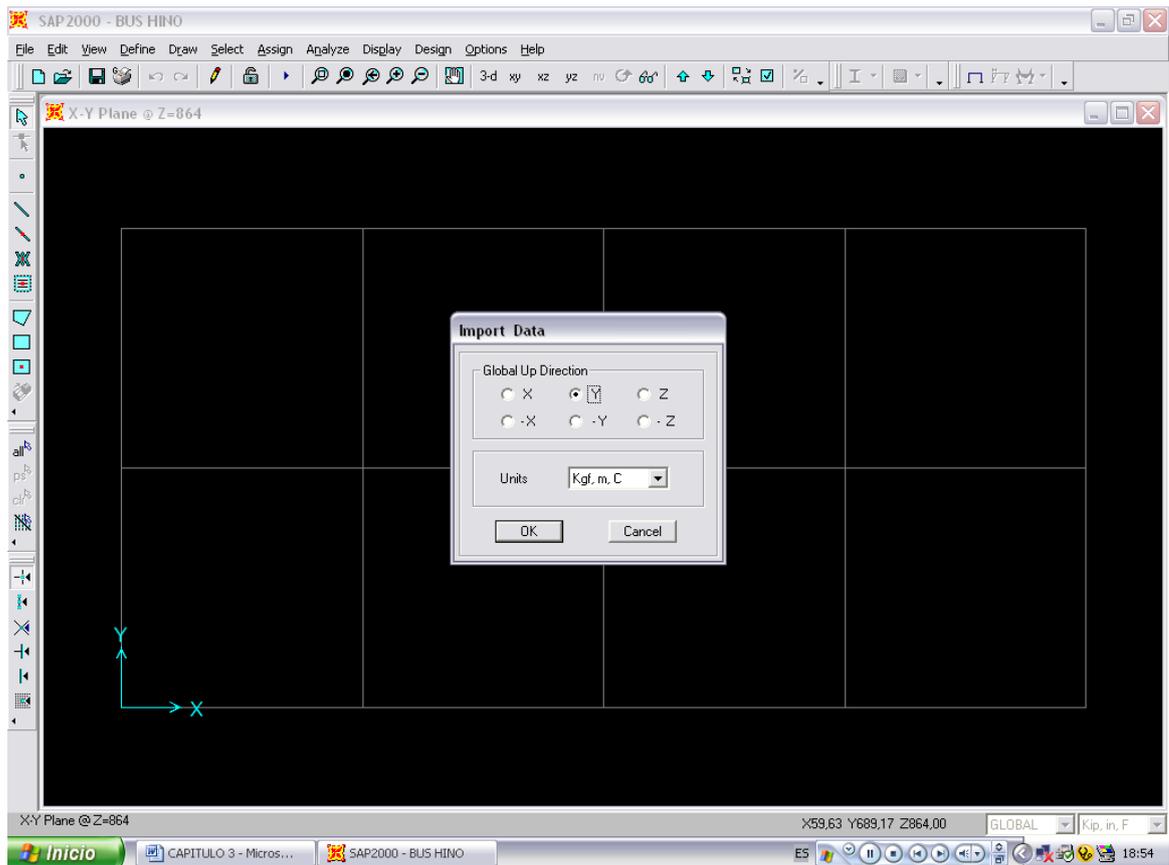


Figura 3.13.- Importación, paso d)

- e) Finalmente pulsamos OK, aparece un cuadro de dialogo en el que, en la opción “Frames”, seleccionamos la capa “layer” en la que se modeló la estructura que se va a utilizar, como se indica en la figura 3.14.

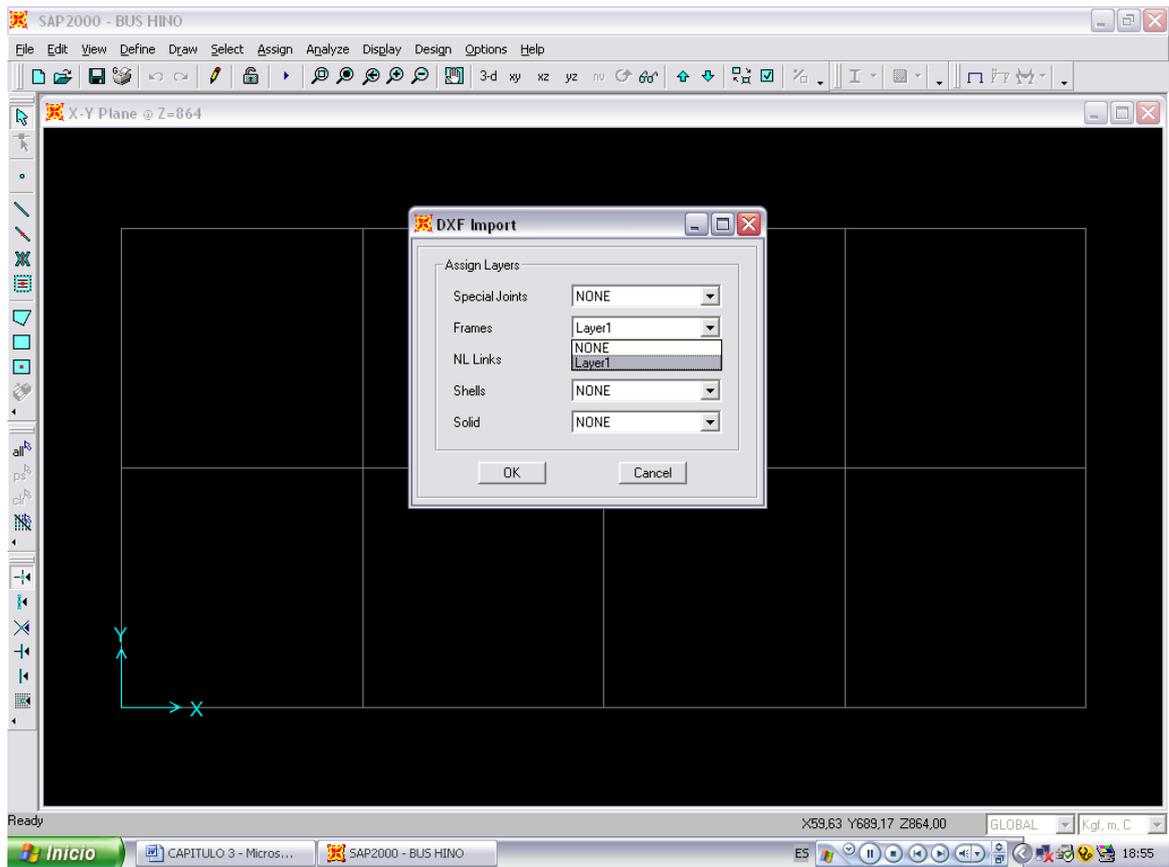


Figura 3.14.- Importación, paso e)

- f) El producto final del procedimiento de importación se observa a continuación en la figura 3.15.

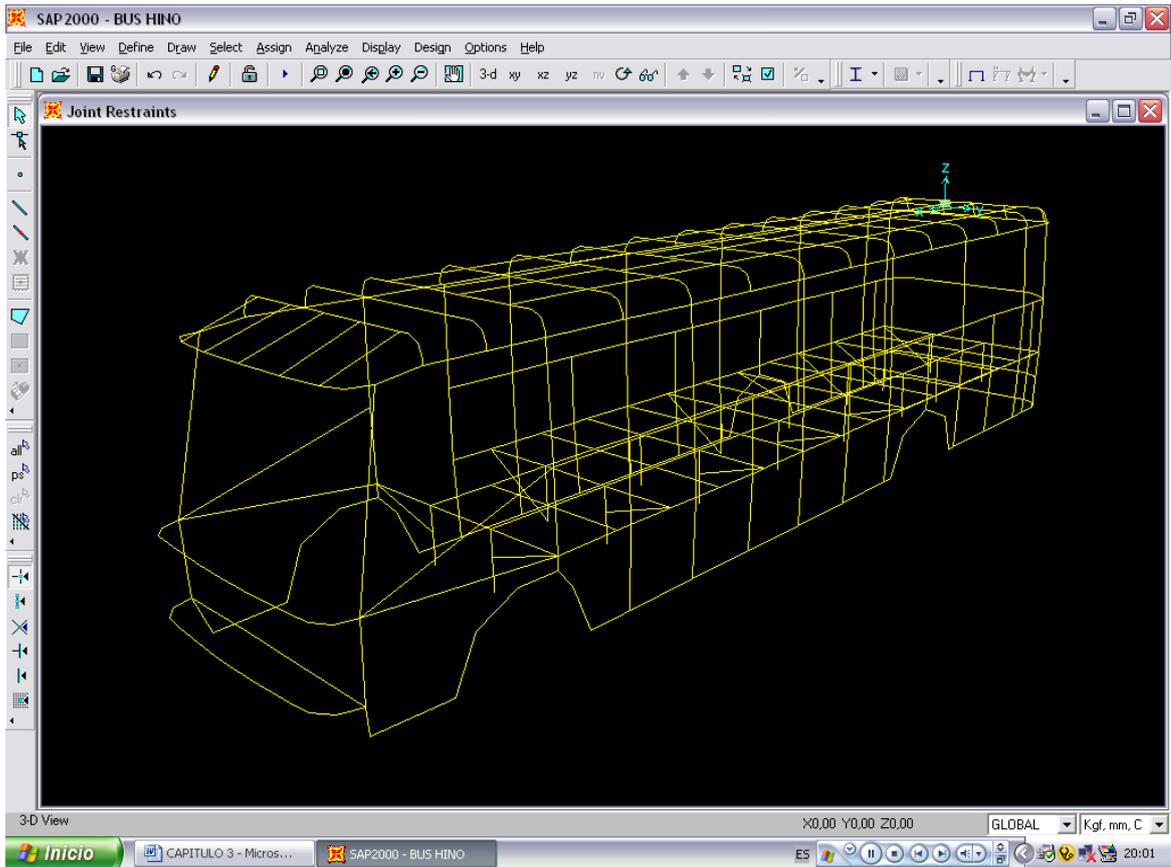


Figura 3.15.- Importación. Procedimiento terminado

3.3.3.- DEFINICION Y ASIGNACION DE LAS SECCIONES Y LOS MATERIALES A UTILIZAR

Para definir las secciones de cada miembro estructural se procede de la siguiente manera:

3.3.3.1.-ASIGNACION DE PERFILES

- a) Se selecciona el miembro de la estructura y a continuación en la barra de herramientas, se selecciona asignar “Assign”, luego, “Frame/Cable”, “Sections”, aparece un cuadro de dialogo de las características mostradas en la figura 3.16.

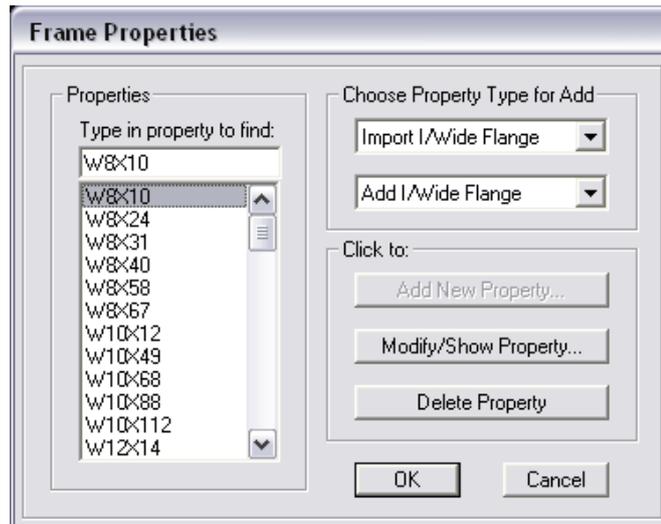


Figura 3.16.- Definición de secciones, paso a)

- b) Dependiendo del miembro estructural que sea, procedemos a seleccionar el perfil; por ejemplo: para la elección del perfil cuadrado del tipo TC50X50X2, seleccionamos los largueros del piso, ventanas, diagonales, tubo de refuerzo lateral y parte frontal, luego en el cuadro de dialogo de la figura 3.16, en la parte derecha elegimos el perfil, luego seleccionamos la pestaña “Add New Property” como se muestra en la figura 3.17.

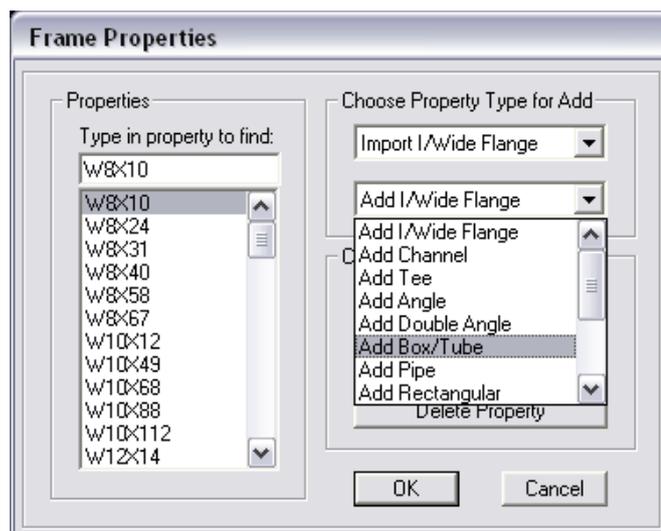


Figura 3.17.- Definición de secciones, paso b)

- c) Luego, en el cuadro de dialogo siguiente se procede a dimensionar al perfil, seleccionar el material, acero "steel" y le asignamos un nombre, en este caso TC50X50X2, como se indica en la figura 3.18. Aparece luego con letras verdes sobre el miembro estructural la asignación del mismo.

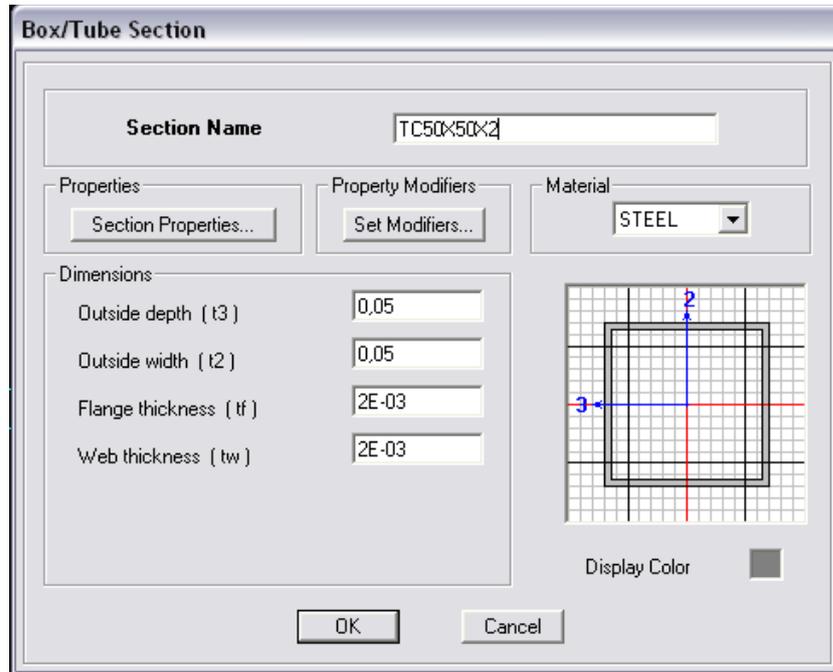


Figura 3.18.- Definición de secciones, paso c)

Existe un sinnúmero de perfiles que se pueden encontrar dentro de las opciones proporcionadas por el programa, perfiles de sección circular, rectangular, canales, ángulos, etc.; pero en el caso de este proyecto no son suficientes ya que como se mencionó en el capítulo II, la estructura utiliza miembros de secciones tales como omegas, además de perfiles fabricados por la empresa de diferente geometría. Afortunadamente SAP2000 permite el ingreso de estos perfiles de la manera que a continuación se cita:

- d) Luego de cumplir con el paso a, en el cuadro de dialogo de la figura 3.16, se selecciona la opción "Add SD Section", y se procede a asignar el nombre, el material, como se muestra en la figura 3.19.

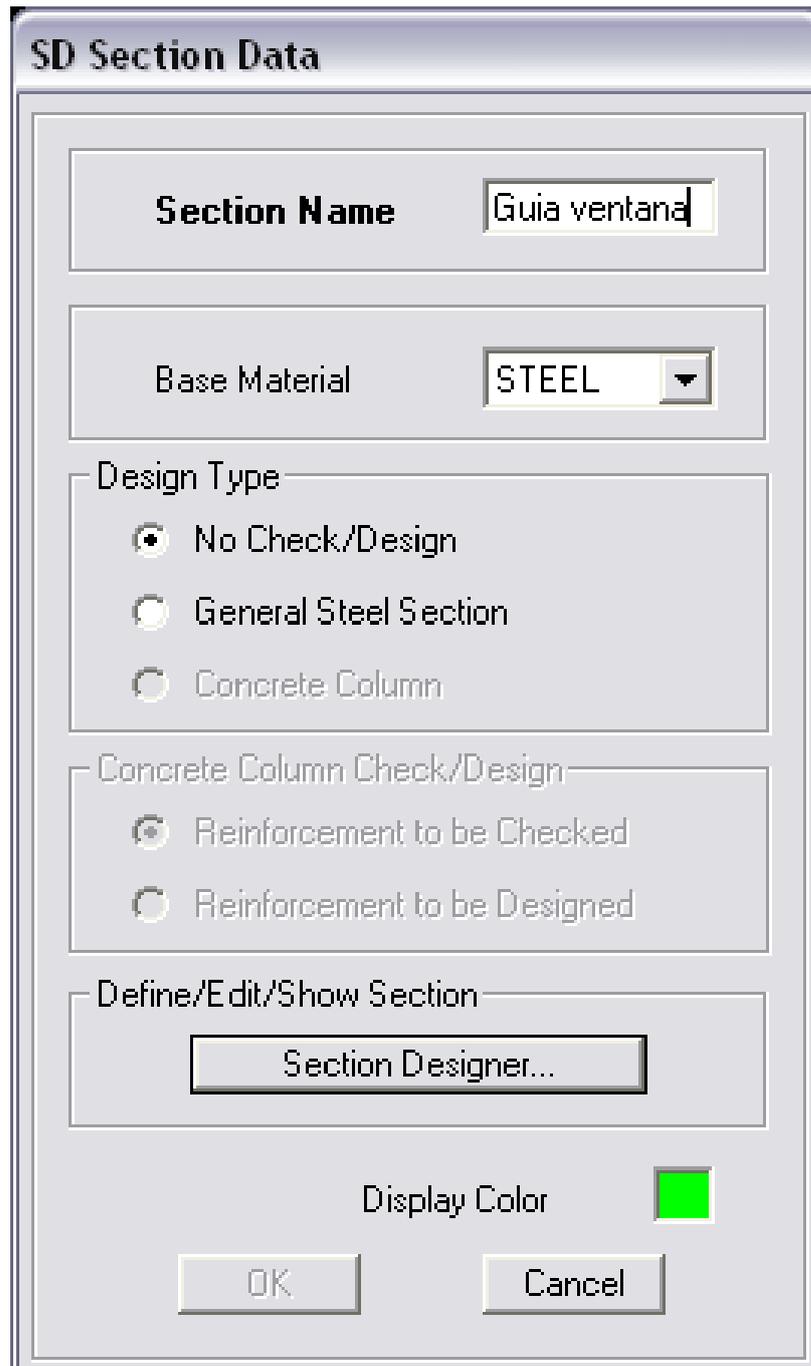


Figura 3.19.- Definición de secciones, paso d)

- e) Ingresar al espacio de diseño pulsando el icono "Section Designer", apareciendo el área de trabajo como se ilustra en la figura 3.20.

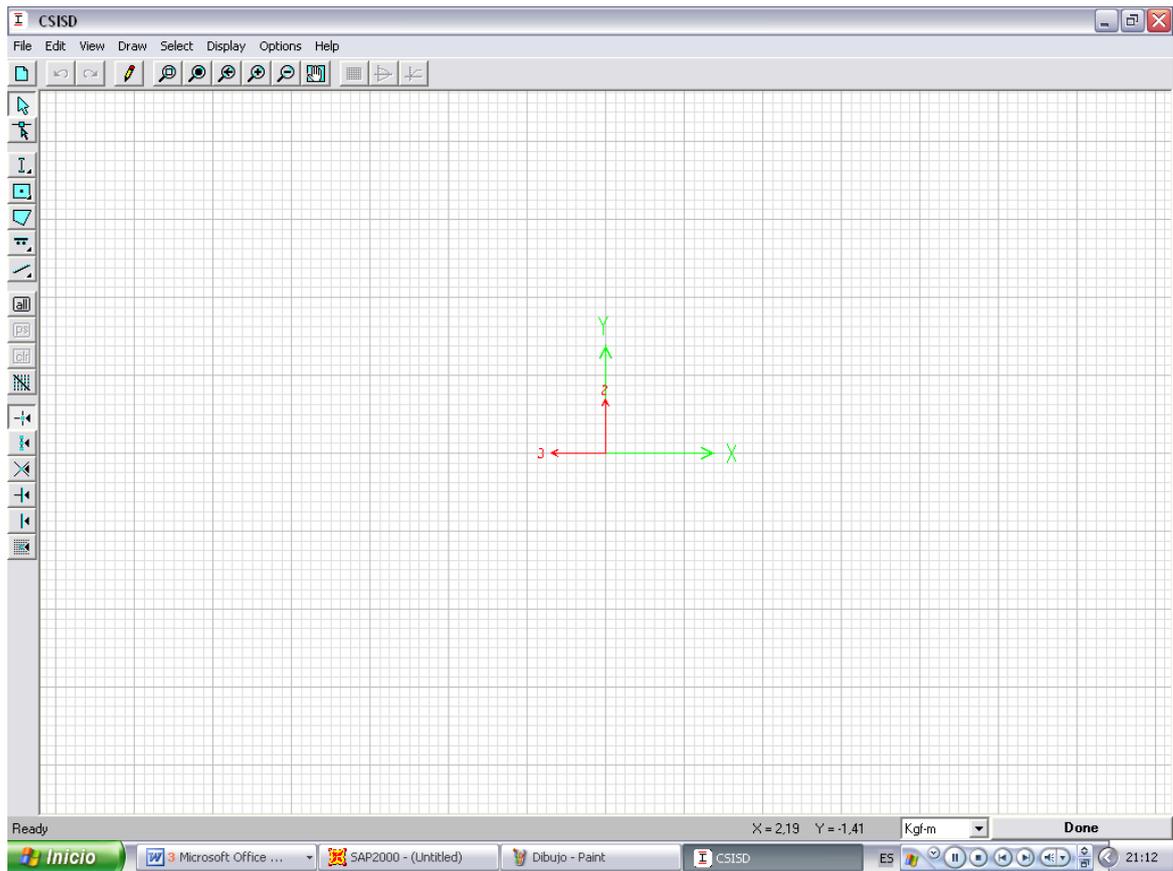


Figura 3.20.- Definición de secciones, paso e)

- f) Mediante los iconos de la izquierda del área de dibujo se establece la geometría del perfil como por ejemplo para el perfil utilizado en las guías de ventana del sistema estructural en estudio, el resultado aparecería como se indica en la figura 3.21.

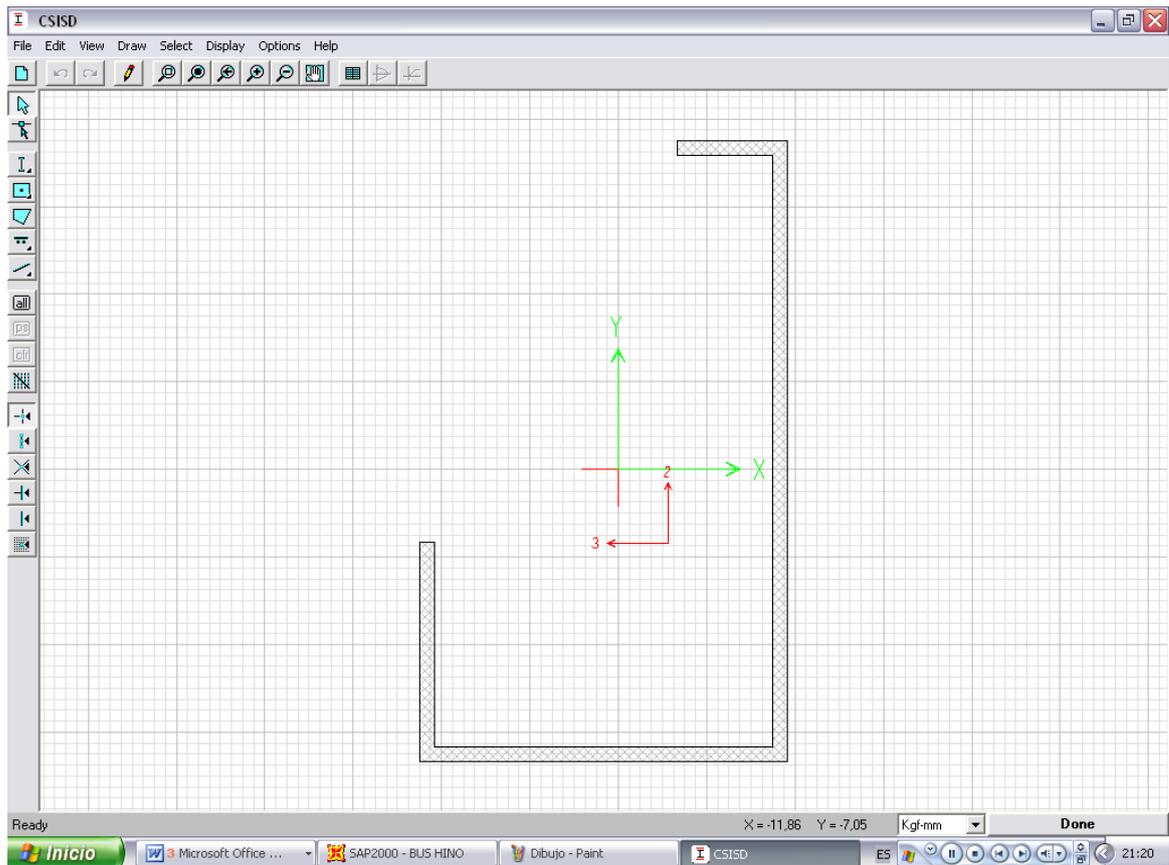


Figura 3.21.- Definición de secciones, paso f)

- g) Para finalizar, se procede a pulsar el icono de listo "Done". De igual forma que con los perfiles predeterminados por el programa, la asignación aparece con letras verdes sobre cada miembro estructural asignado. El resultado final de la asignación se puede observar en la siguiente figura 3.22.

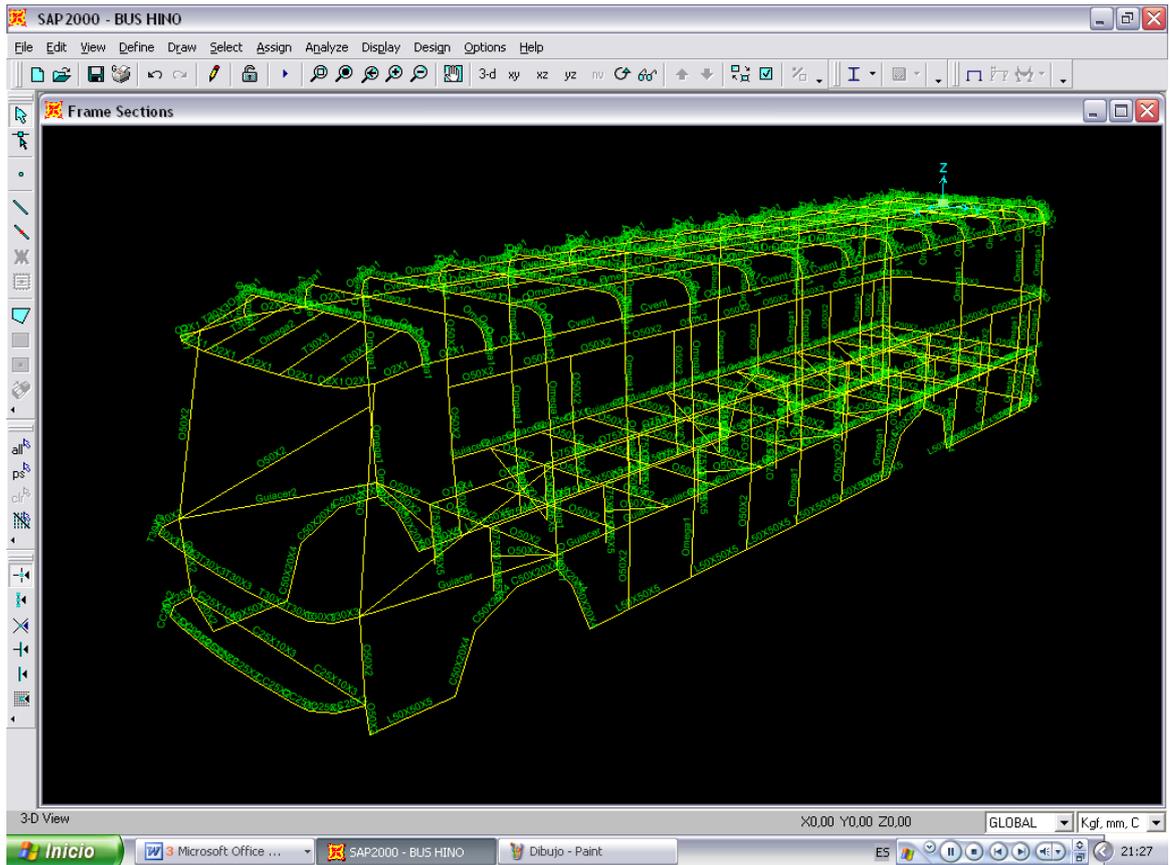


Figura 3.22.- Asignaciones de miembros

El programa permite al usuario además de observar el tipo de perfil asignado mediante letras verdes, la observación del perfil en tres dimensiones, para lo cual se ubica en la barra de herramientas, la opción "View", "Set Display Options", apareciendo el cuadro de dialogo de la figura 3.23., en donde se selecciona la opción "Shade Objets", llegando a apreciar la estructura con los perfiles correspondientes como se muestra en la figura 3.24.

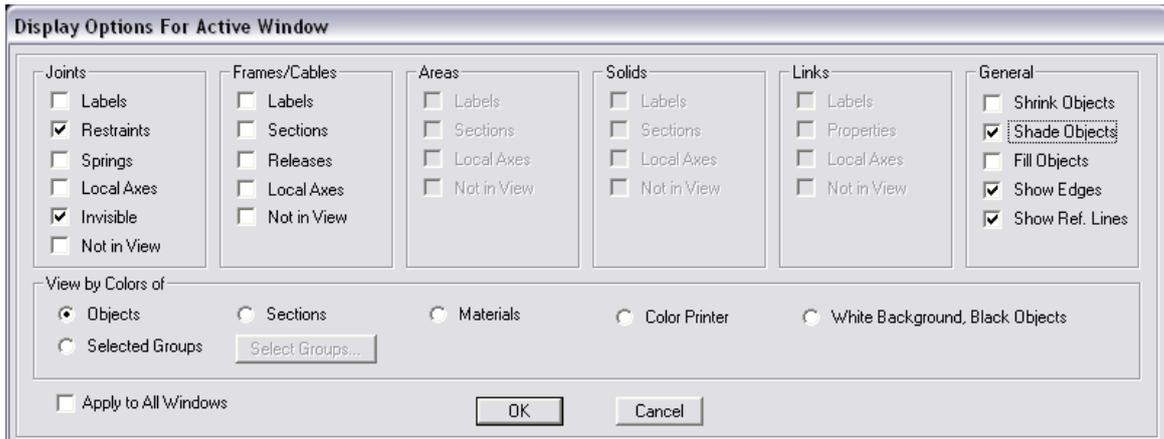


Figura 3.23.- Visualización de perfiles

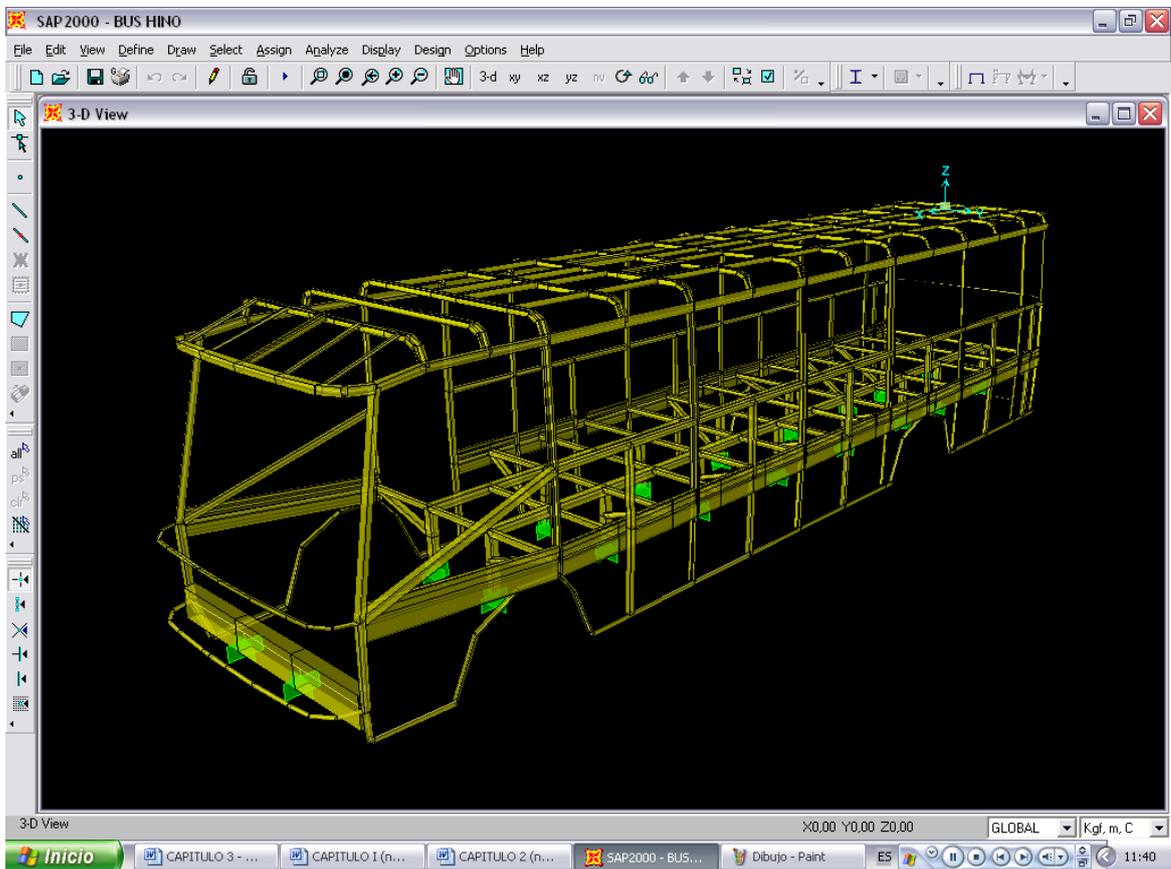


Figura 3.24.- Perfiles de la estructura

Material Property Data	
Material Name	STEEL
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic <input type="radio"/> Anisotropic
Display Color	Color [Blue]
Type of Design	Design: Steel
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	800,3801
Weight per unit Volume	7849,0476
Modulus of Elasticity	2,039E+10
Poisson's Ratio	0,3
Coeff of Thermal Expansion	1,170E-05
Shear Modulus	7,842E+09
Design Property Data	
Minimum Yield Stress, Fy	25310507
Minimum Tensile Stress, Fu	40778038
Material Damping - Advanced...	
OK Cancel	

Figura 3.25.- Propiedades mecánicas predeterminadas

Con respecto al material utilizado, se encontró que los perfiles utilizados en la fabricación de la carrocería, a pesar de ser todos de acero, existía una variación en cuanto a la propiedad mecánica del límite de fluencia, como se observa en la figura 3.25; esto se da de acuerdo al lugar en donde se conseguía el material, puesto que cada fabricante presentaba sus normas mediante catálogos.

Para asignar la propiedad del límite de fluencia al miembro estructural correspondiente se continúa el procedimiento de la siguiente manera:

- h) En la barra de herramientas, se selecciona la opción definir “define”, materiales “materials”, aparece un cuadro de dialogo de las características que se ilustran en la figura 3.26.

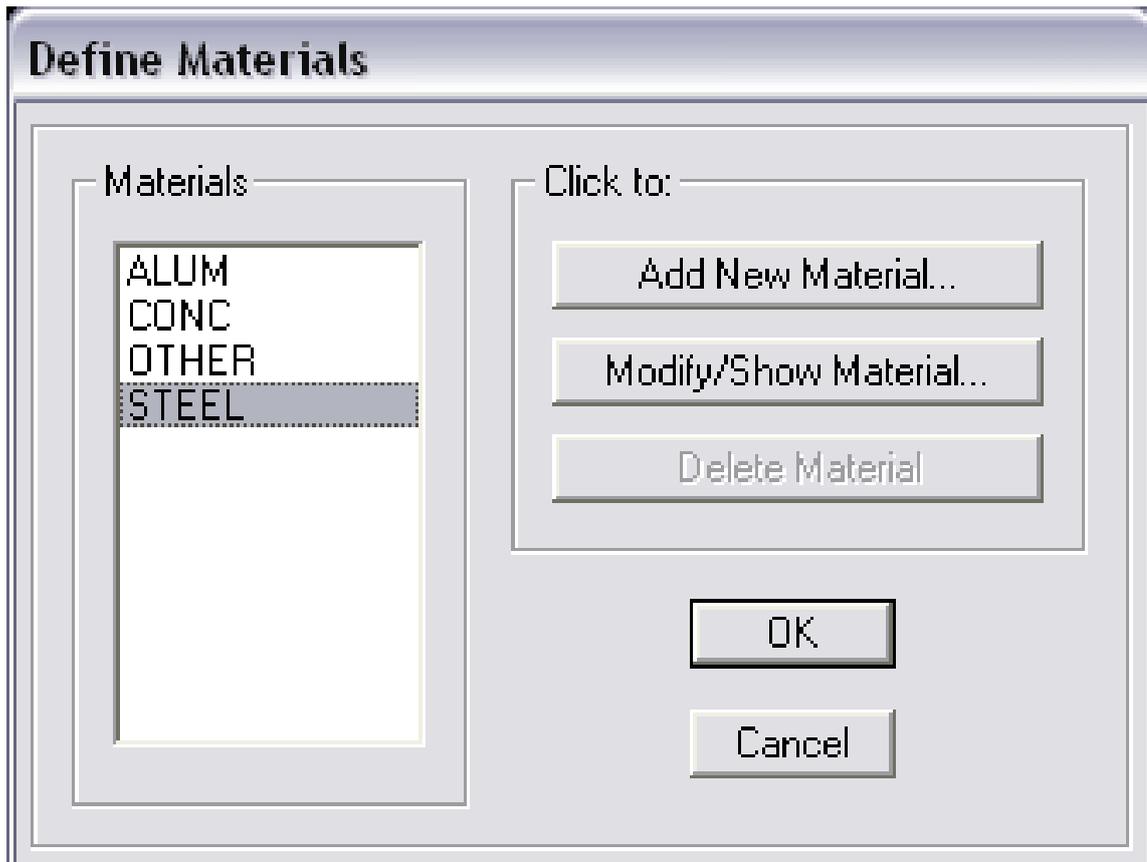


Figura 3.26.- Propiedades del material

- i) Se selecciona la opción "Add New Material", llegando a un cuadro de dialogo como se muestra en la figura 3.27, donde además de seleccionar el nombre del material, se tiene la posibilidad de cambiar el valor de algunas propiedades del material. El límite de fluencia del material está situado a la derecha del cuadro y está definido como "Minimun Yield Stress, F_y ".

Figura 3.27.- Modificación de propiedades del material

- j) Al momento de asignar el perfil correspondiente al miembro estructural de diferente límite de fluencia, en el cuadro de dialogo de la figura 3.18, se selecciona el material correspondiente.

3.3.4.- COLOCACION DE LOS APOYOS EN LA ESTRUCTURA

3.3.4.1.-CONSIDERACIONES

Tomando en cuenta que la estructura se une en forma rígida al bastidor, los apoyos de suspensión se consideran fijos tanto en traslación como en rotación, con los seis grados de libertad restringidos, con la finalidad simular la condición de empotramiento perfecto sobre el chasis. Para asignar los apoyos del sistema estructural se sigue el siguiente procedimiento:

3.3.4.2.-PROCEDIMIENTO

- a) Se selecciona los nodos de la estructura en donde van a ir ubicados los apoyos, tomando en cuenta la consideración anterior, se seleccionan los lugares en donde la estructura se une al chasis.
- b) Luego de seleccionar cuidadosamente los puntos de apoyo, en la barra de herramientas, se selecciona “assign”, “joint”, “restraints”, llegando a un cuadro de dialogo como se ilustra en la figura 3.28.

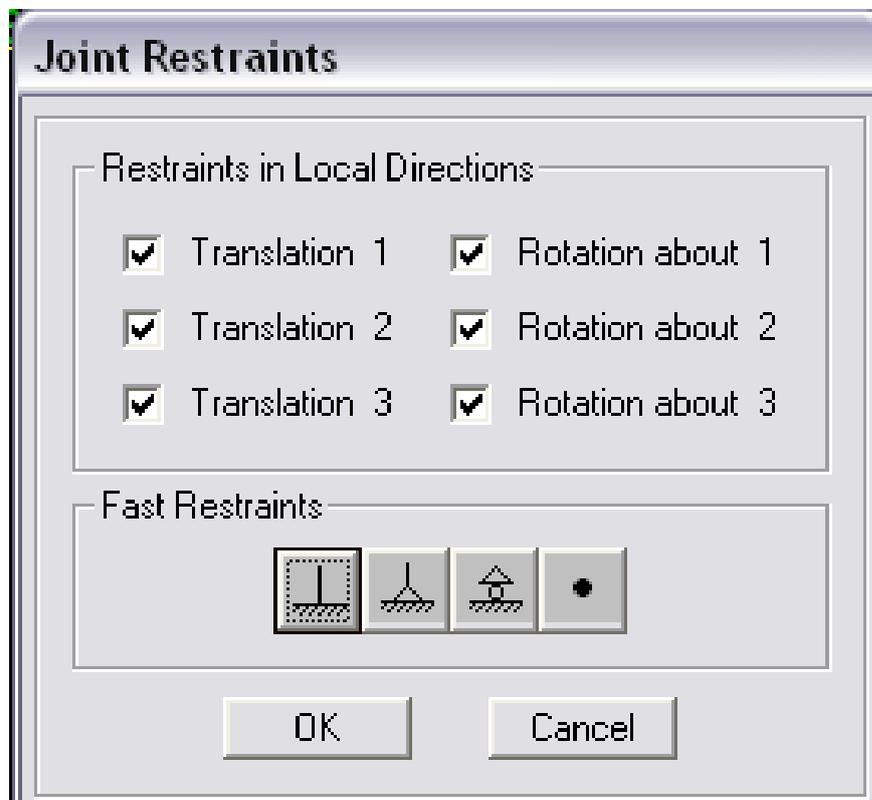


Figura 3.28.- Asignación de restricciones en apoyos

- c) En este cuadro de dialogo se selecciona el tipo de apoyo, empotramiento que se ubica primero a la izquierda y se asignan los grados de libertad, en este caso presenta todas las restricciones en traslación y rotación. Los números 1, 2 y 3, representan los ejes de los apoyos, el eje 1 es paralelo a X, el 2 a Y y el eje 3 es paralelo al eje Z.

- d) Finalmente se tiene la estructura completa con todos los apoyos como se puede observar en la figura 3.29.

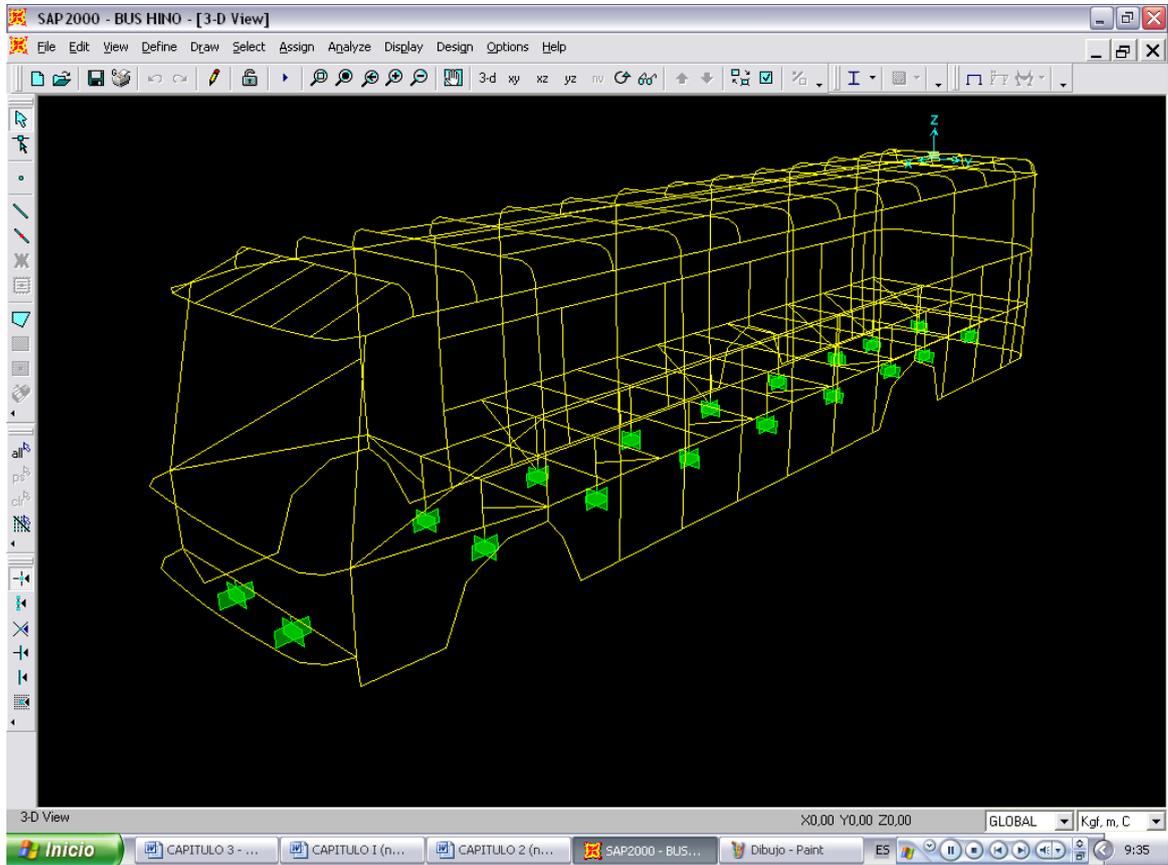


Figura 3.29.- Asignación total de apoyos

3.3.5.- ASIGNACION DE CARGAS A LA ESTRUCTURA

3.3.5.1.-CONSIDERACIONES

Para el diseño del sistema estructural se han tomado en cuenta cuatro tipos de cargas, carga muerta (CM), carga viva (CV), carga de frenado (CF) y carga lateral (CC). Las dos primeras son consideradas distribuidas y las dos siguientes puntuales. La asignación de estas cargas se describe en el siguiente procedimiento:

3.3.5.2.-PROCEDIMIENTO

- a) Primero se parte de definir estados de carga, para lo cual en la barra de herramientas, se selecciona “Define”, “Load Cases”, llegando a obtener el cuadro de dialogo de la figura 3.30. En este cuadro de dialogo, seleccionamos el nombre de la carga y el tipo. La carga muerta (CM), es del tipo “DEAD” (muerta), la carga viva (CV), es del tipo “LIVE” (viva), la carga de frenado (CF) y la carga lateral (CC), son del tipo “QUAKE” (temblor o sismo).

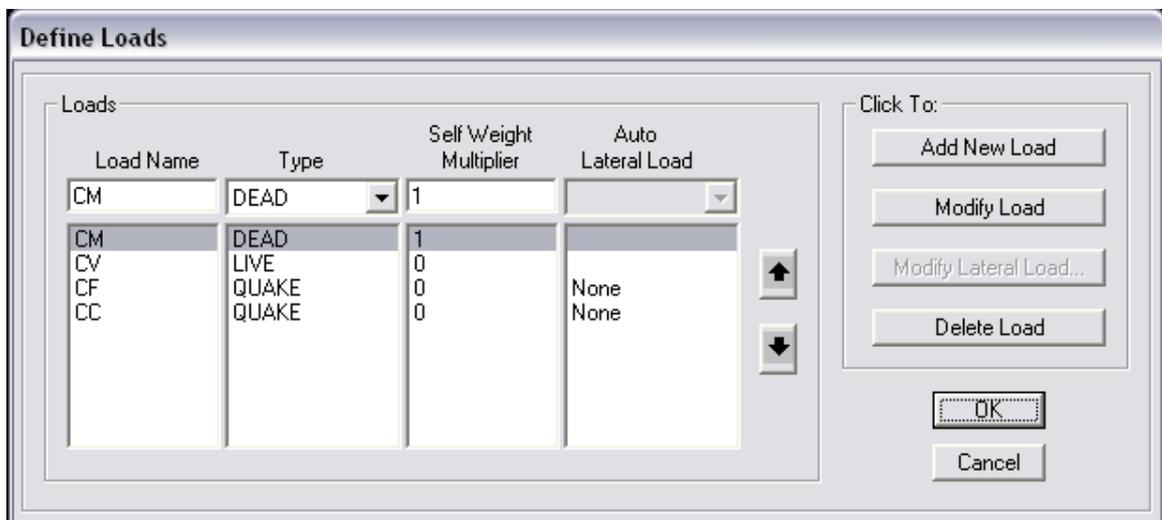


Figura 3.30.- Estados de carga

- b) Posteriormente, se seleccionan los miembros estructurales que están sometidos a carga, empezando por la carga muerta (CM), se seleccionan todos los travesaños del piso, donde actuará esta carga, luego, se asigna el valor, para lo cual en la barra de herramientas, se selecciona “Assign”, “Frame Loads”, “Distributed”, ya que la carga es del tipo distribuida. Aparece un cuadro de dialogo como el de la figura 3.31, en donde se selecciona el estado de carga, “Load Case Name”, la dirección de la carga a través del sistema de coordenadas, “Load Type and Direction”, las unidades y magnitud de la misma. Como ésta es una carga uniformemente distribuida se asigna su valor en la parte de “Uniform Load”.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: Units:

Load Type and Direction: Forces Moments
 Coord Sys:
 Direction:

Options: Add to Existing Loads
 Replace Existing Loads
 Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Load	<input type="text" value="0,"/>	<input type="text" value="0,"/>	<input type="text" value="0,"/>	<input type="text" value="0,"/>

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load:

Figura 3.31.- Asignación de carga muerta (CM)

- c) En el diagrama de la estructura aparece gráficamente asignada la carga muerta (CM), como se muestra en la figura 3.32. Para una mejor visualización de la asignación de la carga, a continuación en la figura 3.33, se presenta una sección del bus ubicada en el plano YZ con la respectiva carga muerta (CM).

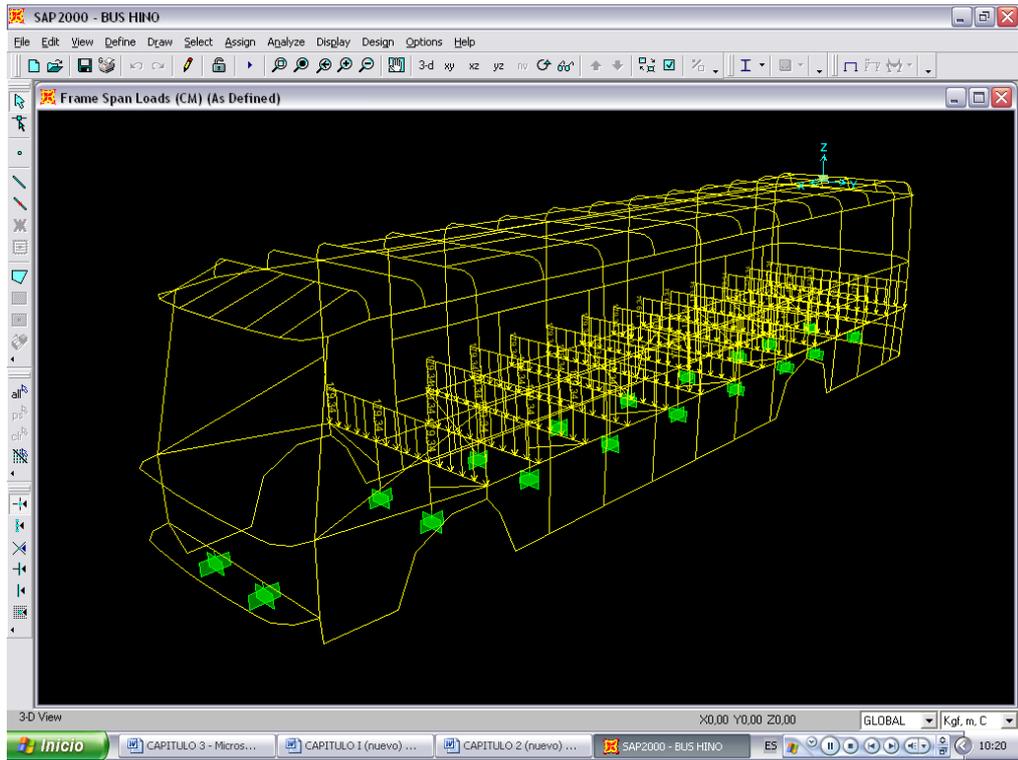


Figura 3.32.- Carga muerta (CM)

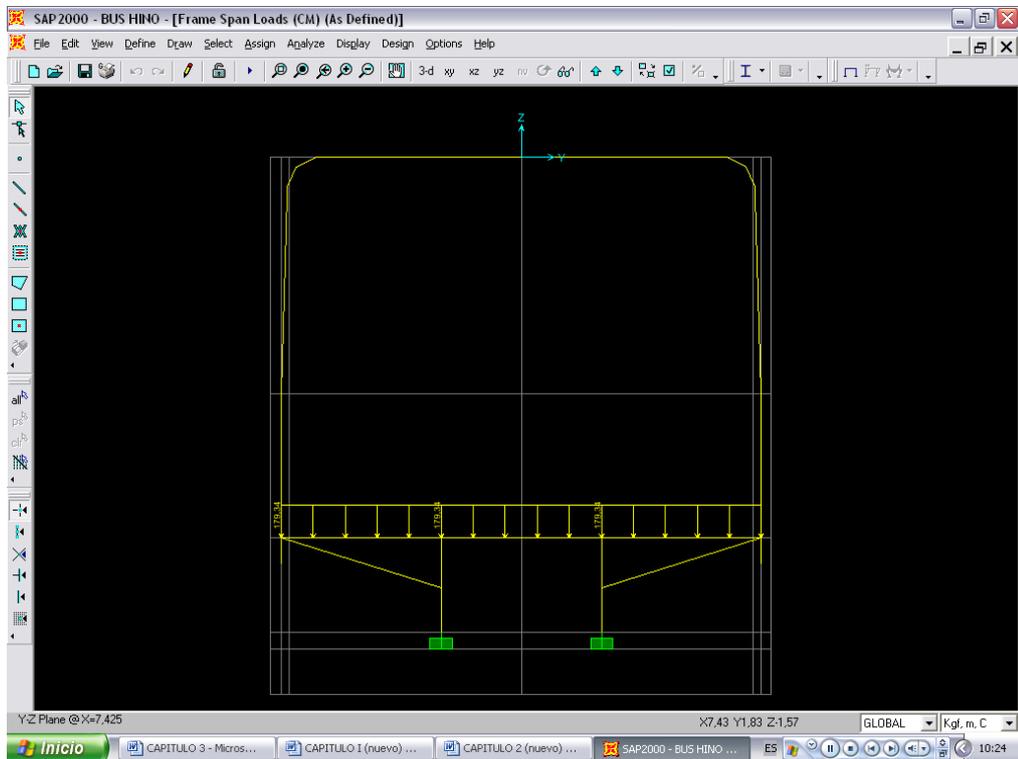


Figura 3.33.- Carga muerta (CM) en la sección

- d) De igual manera para la carga viva (CV), se seleccionan los miembros sometidos a esta solicitación, luego se selecciona “Assign”, “Frame Loads”, “Distributed”, ya que la carga también es del tipo distribuida. En el cuadro de dialogo de la figura 3.31, se selecciona el estado de carga, la dirección de la carga, las unidades y magnitud de la misma. Como esta es una carga uniformemente distribuida se asigna su valor en la parte de “Uniform Load”. La carga viva, además de actuar en el piso, también afecta al techo y en la cajuela, por lo que se procede de igual manera para estas partes de la estructura. La asignación de la carga viva (CV), en los miembros estructurales se puede ver en la figura 3.34 mostrada a continuación.

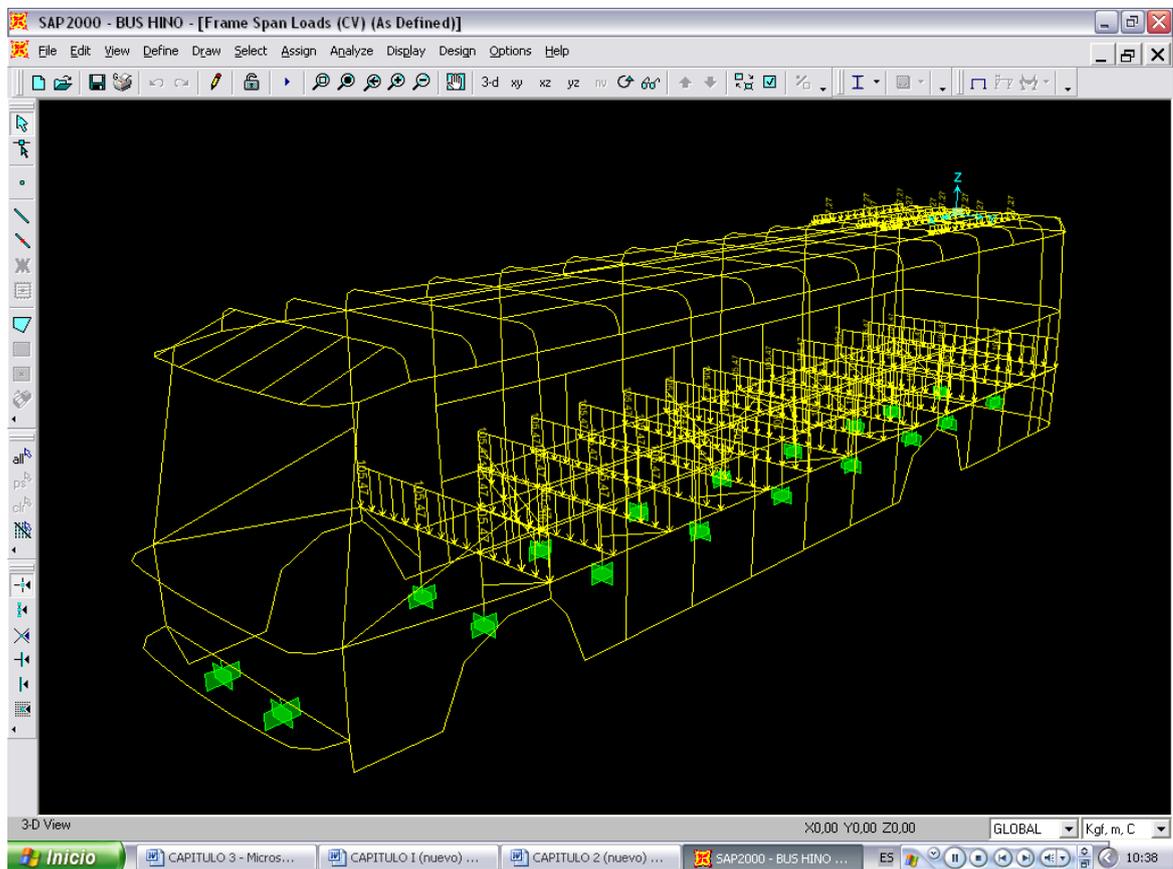


Figura 3.34.- Carga viva (CV)

Para una mejor visualización de la carga viva (CV), se presentan la figura 3.35, en donde se puede observar de mejor manera le actuación de la carga viva en el techo de la carrocería.

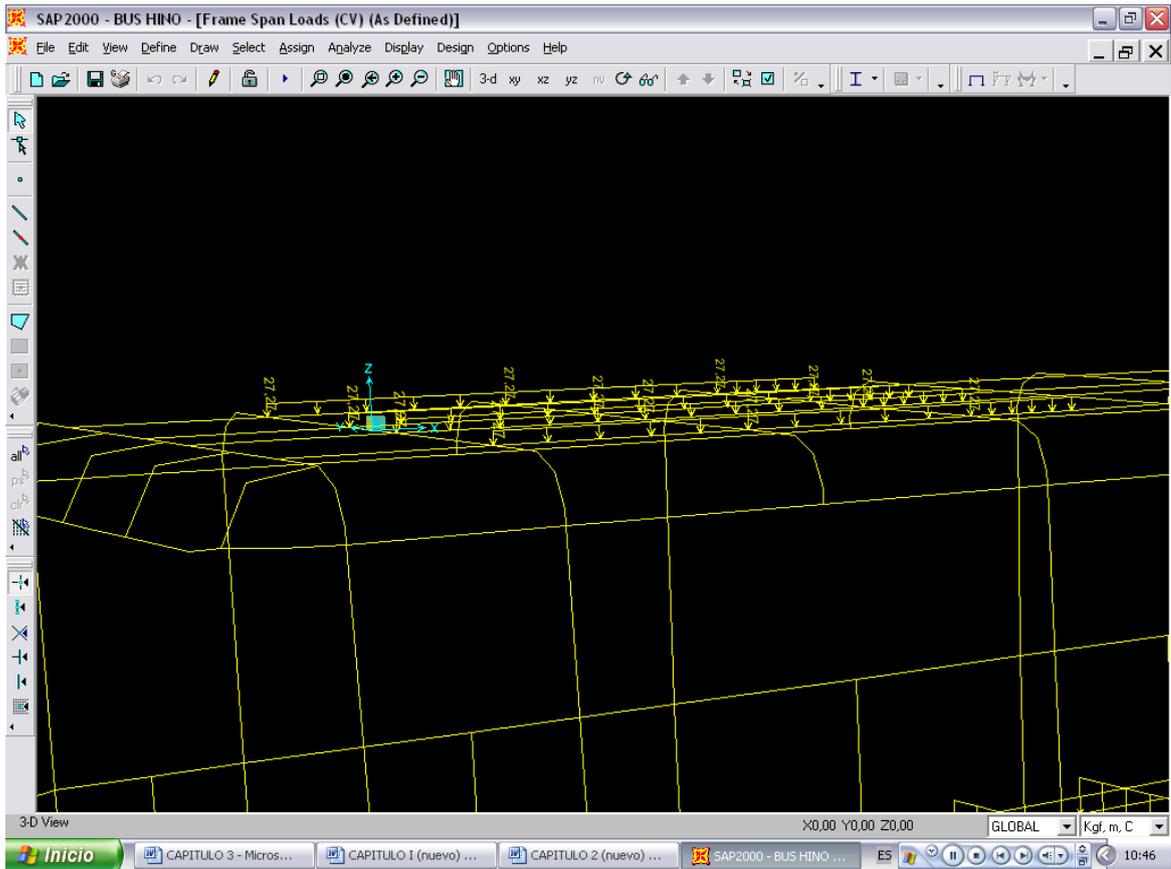


Figura 3.35.- Carga viva (CV) en el techo de la estructura

En la figura 3.36, se presenta una mejor visualización de la carga viva (CV) en la cajuela, esta carga se considera uniformemente distribuida en las diagonales que la contienen.

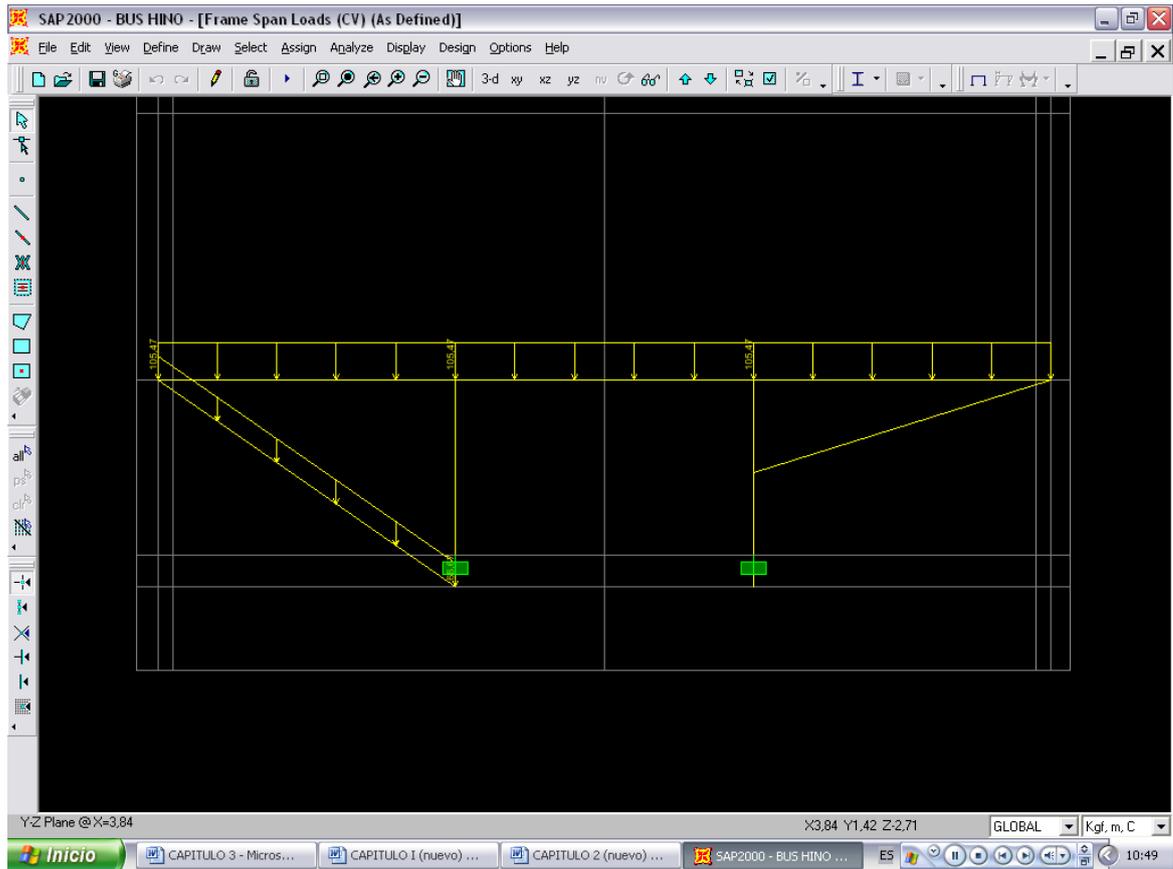


Figura 3.36.- Carga viva (CV) en la cajuela

Luego de terminada la asignación de las cargas estáticas se procede con la asignación de las cargas dinámicas, es decir las cargas de frenado (CF), y las cargas laterales o de giro (CC), para lo cual se continúa el procedimiento de la siguiente, manera:

- e) Para la carga de frenado (CF), se seleccionan los nodos que están sometidos a dicha carga, es decir los nodos situados en las cerchas principales a cada lado del bus a la altura del zócalo, luego, se asigna el valor, para lo cual en la barra de herramientas, se selecciona “Assign”, “Joint Loads”, “Forces”, ya que la carga es del tipo concentrada. Aparece un cuadro de dialogo como el de la figura 3.37, en donde se selecciona el estado de carga, la dirección de la carga a través del sistema de coordenadas, “Loads”, “Force Global”, las unidades y magnitud de la

misma. Como esta es una carga que actúa puntual en la dirección del bus, es decir paralela al eje X, se asigna el valor en dicho eje.

Joint Forces

Load Case Name: CF

Units: Kgf, m, C

Loads:

- Force Global X: 274,56
- Force Global Y: 0,
- Force Global Z: 0,
- Moment about Global X: 0,
- Moment about Global Y: 0,
- Moment about Global Z: 0,

Coordinate System: GLOBAL

Options:

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

Figura 3.37.- Asignación de la carga de frenado (CF)

Aparecen luego las cargas de frenado asignadas como se muestra en la figura 3.38.

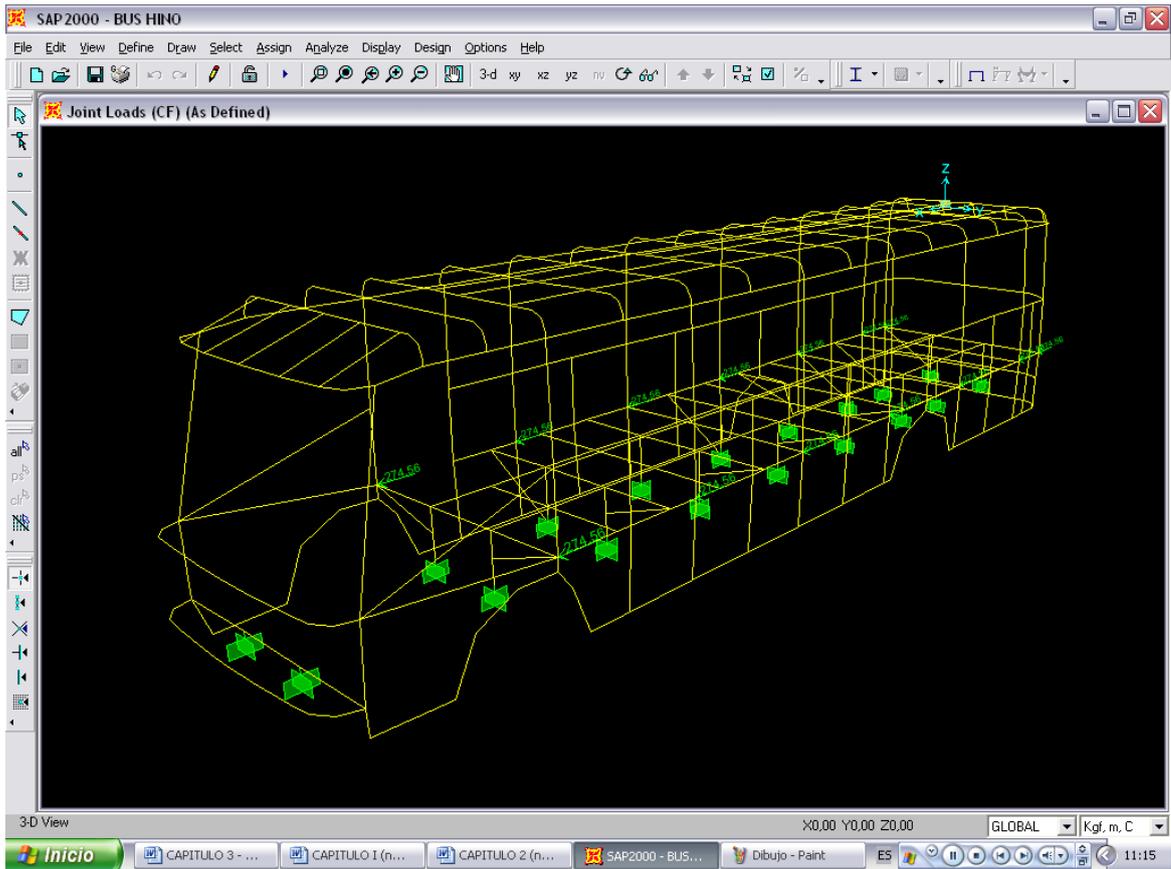


Figura 3.38.- Carga de frenado (CF)

- f) De igual forma para las cargas de giro o laterales (CC), se seleccionan los nodos que están sometidos a dicha carga, es decir los nodos situados en las cerchas principales a cada lado del bus a la altura del zócalo, luego, se asigna el valor, para lo cual, en la barra de herramientas se selecciona “Assign”, “Joint Loads”, “Forces”, ya que la carga es del tipo puntual. Aparece el cuadro de dialogo de la figura 3.37, en donde se selecciona el estado de carga, la dirección de la carga a través del sistema de coordenadas, “Loads”, “Force Global”, las unidades y magnitud de la misma. Como esta es una carga que actúa perpendicular a la dirección del bus, es decir paralela al eje Y, se asigna el valor en dicho eje. Se muestra la asignación de dicha carga en la figura 3.39.

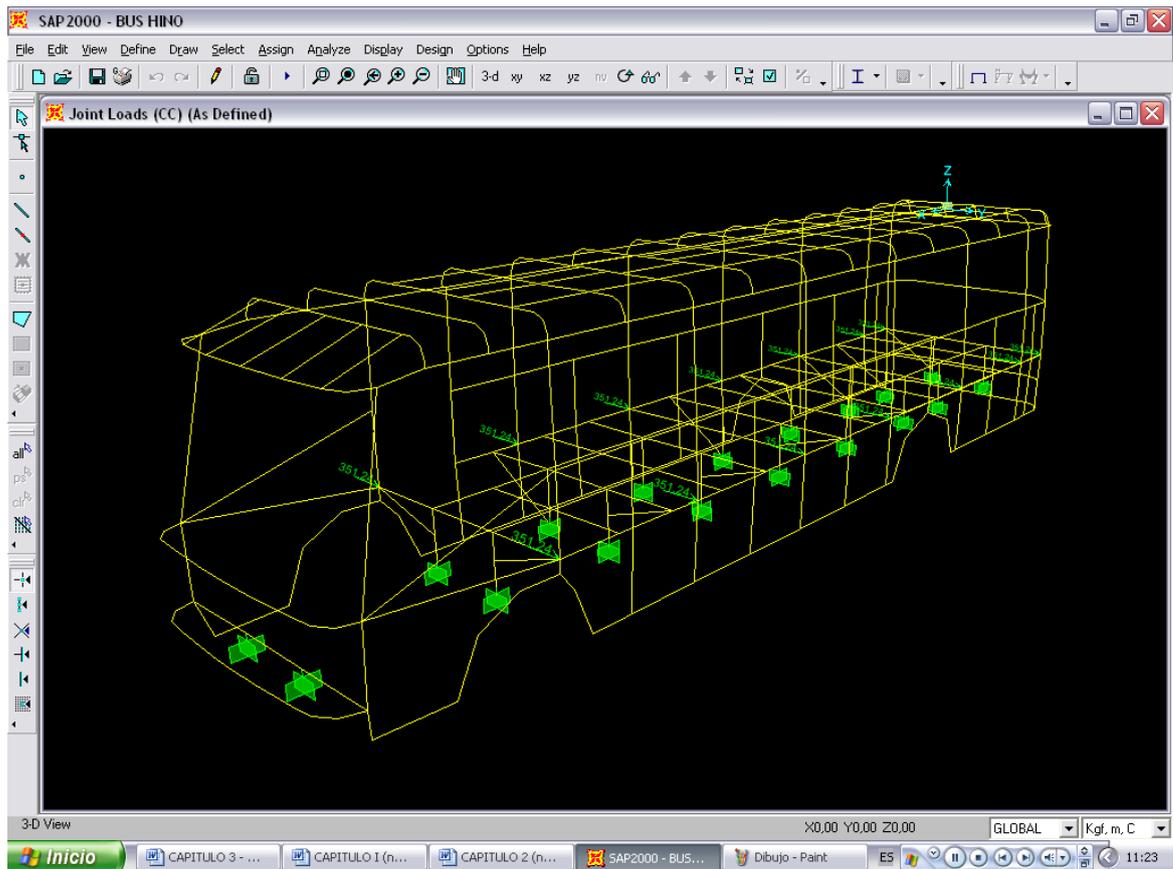


Figura 3.39.- Carga lateral o de giro (CC)

Es importante considerar combinaciones de carga, para que el programa diseñe la estructura en base a la combinación de cargas más crítica. Para el efecto se han utilizado tres tipos de combinaciones de carga definidos de la siguiente manera:

- g) En la barra de herramientas, se selecciona la opción “Define”, “Combinations”, llegando al cuadro de dialogo presentado en la figura 3.40.

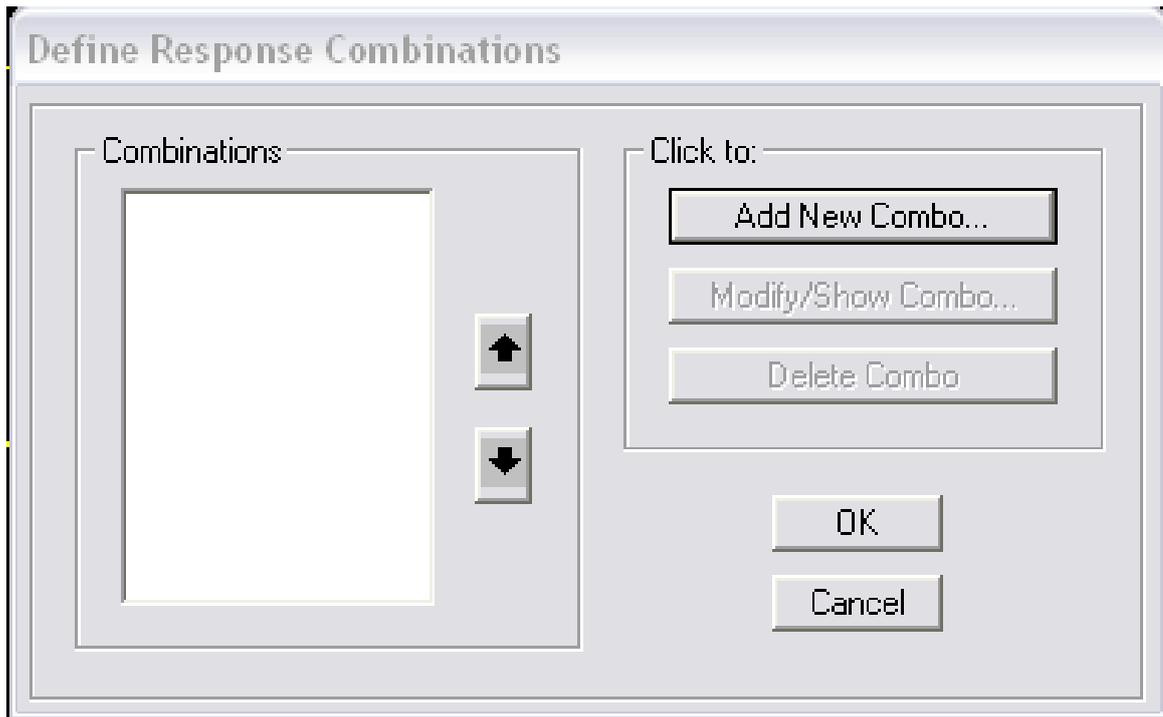


Figura 3.40.- Combinaciones de carga

- h) Luego seleccionar el botón denominado “Add New Combo”, llegando al cuadro de dialogo de la figura 3.41, en donde se seleccionan las combinaciones de carga a ser utilizadas. En este caso se utilizaron las siguientes tres combinaciones:

COMB1: CM+CV+CF+CC

COMB2: CM+CV+CF

COMB3: CM+CV+CC

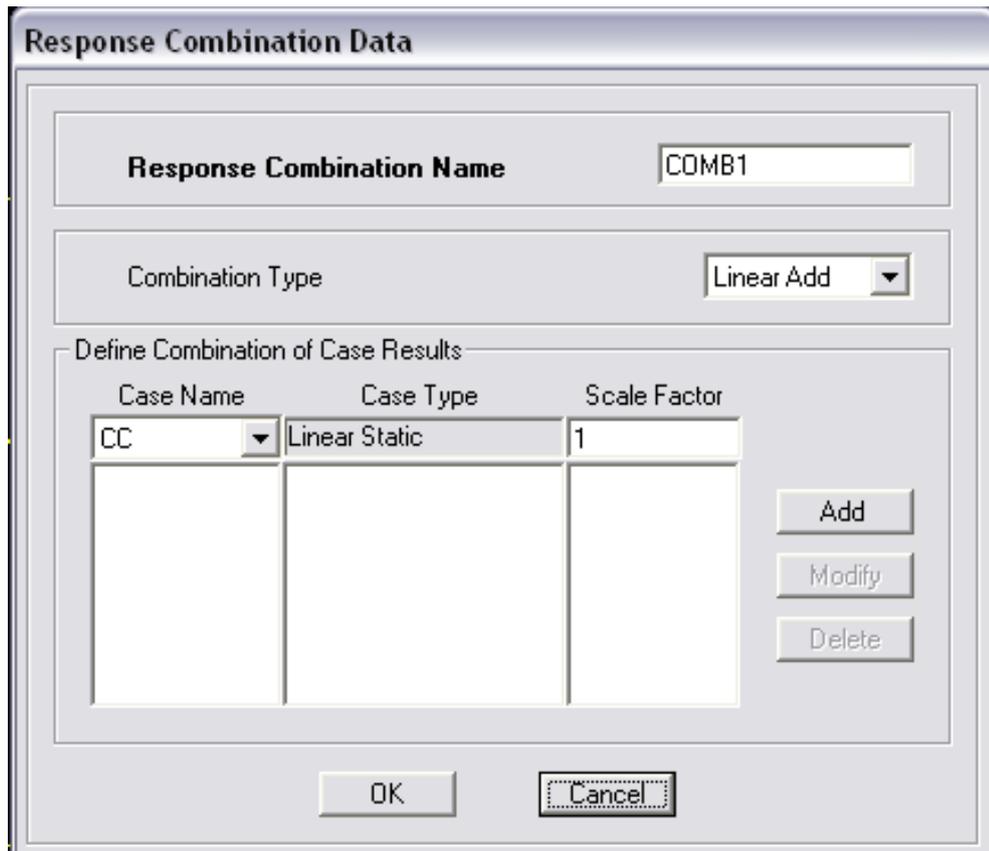


Figura 3.41.- Definición de las combinaciones de carga

3.4.- DISEÑO PRELIMINAR DE LA ESTRUCTURA

Luego de la culminación de los pasos anteriores, creación de la geometría de la estructura, definición y asignación de perfiles y materiales, asignación de apoyos y sus respectivas restricciones, y por último asignación de cargas, se procede a “correr el programa”, es decir darle una serie de instrucciones con la finalidad de analizar la estructura, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

3.4.1.- PROCEDIMIENTO

- a) Luego de haber guardado el archivo, se procede a ubicar en la barra de herramientas la opción “Analyze”, “Run Análisis”, presentándose un cuadro de dialogo que presenta los estados de carga del proyecto, como se muestra en la figura 3.42.

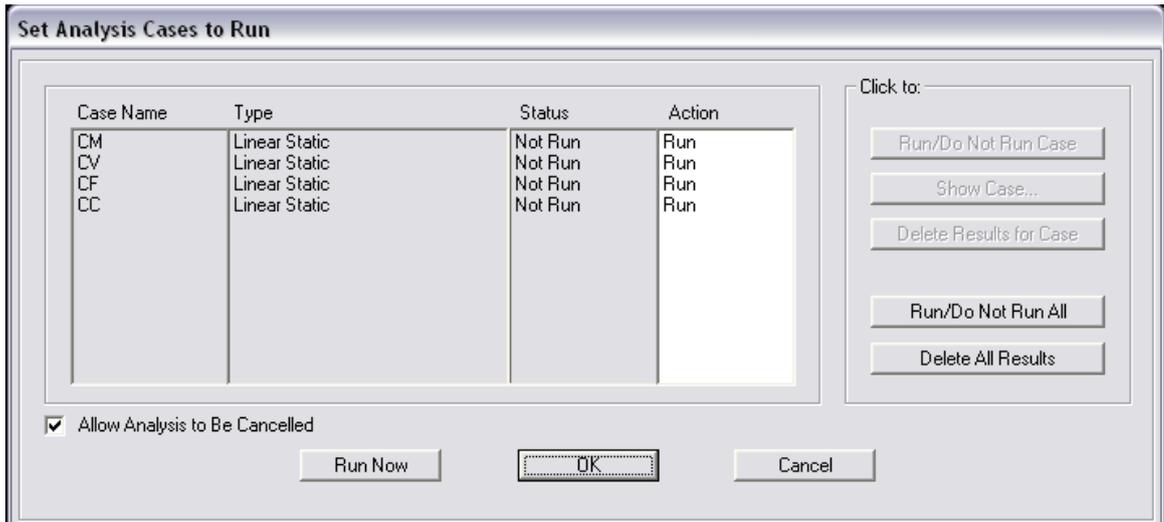


Figura 3.42.- Análisis de la estructura, paso a)

- b) Se procede a seleccionar el icono “Run Now”, luego el programa procede al análisis de la estructura, procedimiento que culmina con la presentación del cuadro de diálogo que se ilustra en la figura 3.43.

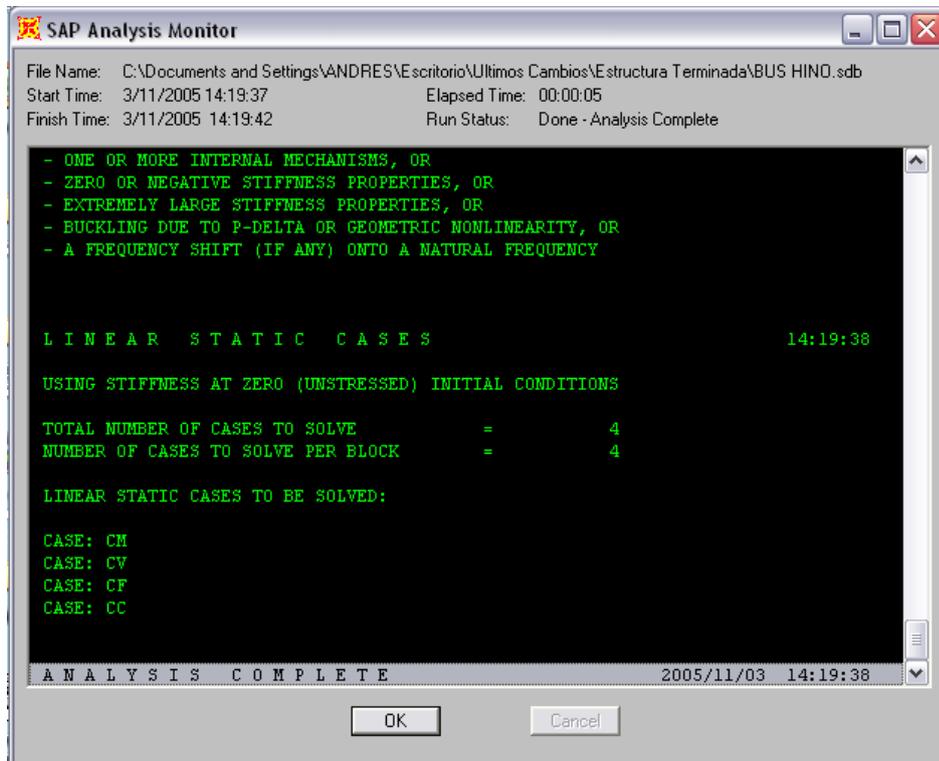


Figura 3.43.- Análisis de la estructura

- c) Finalmente aparece la estructura ya analizada, con un botón en la parte inferior derecha de la pantalla llamado “Start Animation”, y que además de otras opciones, al pulsar permite verificar que no existan partes sueltas en la estructura y que todas las uniones son correctas, al mismo tiempo que se observa la animación de la deformación estructural.

3.4.2.- DEFORMACION DE LA ESTRUCTURA POR CARGAS APLICADAS

El programa estructural SAP2000 nos permite obtener la deformación por cada uno de los estados de carga e inclusive por las combinaciones de carga definidas anteriormente.

Para observar el efecto de las cargas sobre la estructura, se decidió tomar en cuenta la combinación de carga denominada COMB1, ya que presenta todas las cargas aplicadas en la estructura, para lo cual en la barra de herramientas se selecciona la opción “Display”, “Show Deformed Shape”, llegando al cuadro de dialogo de la figura 3.44.



Figura 3.44.- Cuadro de dialogo. Deformación por COMB1

Finalmente obtenemos la deformación de la estructura debido a la aplicación de la combinación de carga (COMB1), como se muestra en la figura 3.45.

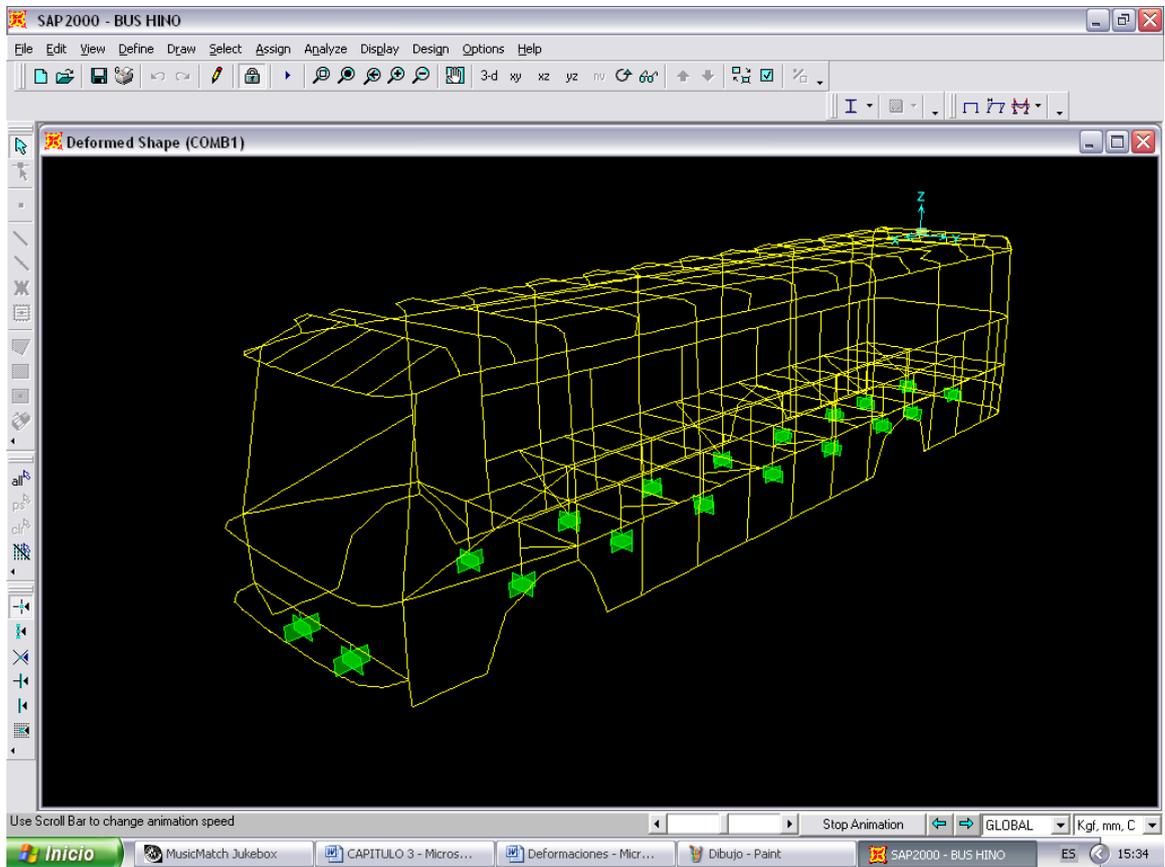


Figura 3.45.- Deformación por la combinación de cargas COMB1

3.4.3.- CALCULO DE REACCIONES EN LOS APOYOS DEBIDO A CARGAS APLICADAS

Dentro del análisis que realiza el programa estructural SAP2000, se cita el cálculo de las reacciones, que son fuerzas y momentos desarrollados en los puntos de apoyo, generados por cada uno de los estados de carga además de sus combinaciones. De igual forma que para las deformaciones, se toma la combinación 1 (COMB1), puesto que aquí están todas las cargas.

De la barra de herramientas, se selecciona la opción “Display”, “Show Forces/Stresses”, “Joints”, llegando al cuadro de dialogo mostrado en la figura 3.46.

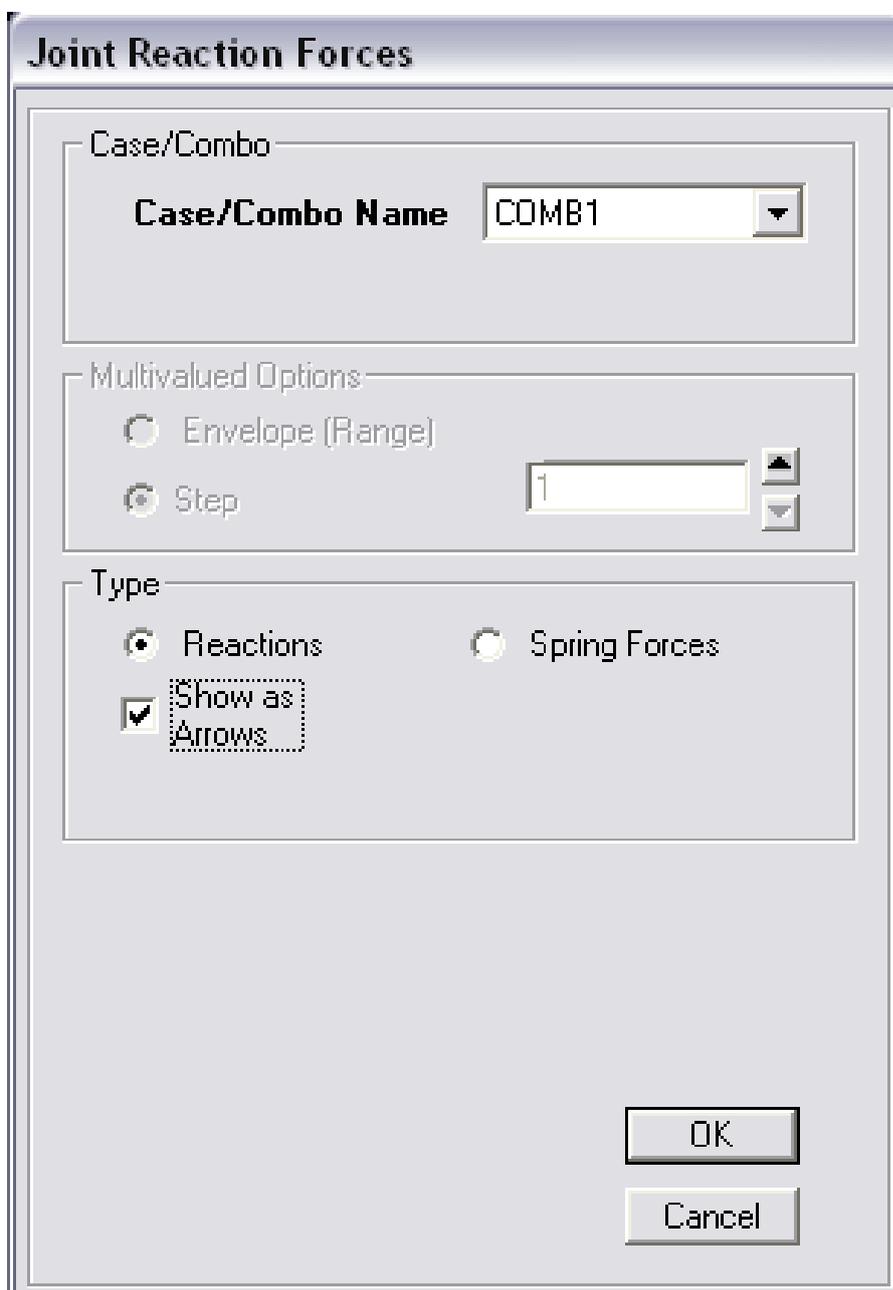


Figura 3.46.- Reacciones por COMB1

Los valores obtenidos y el sentido de las reacciones se pueden observar en la figura 3.47.

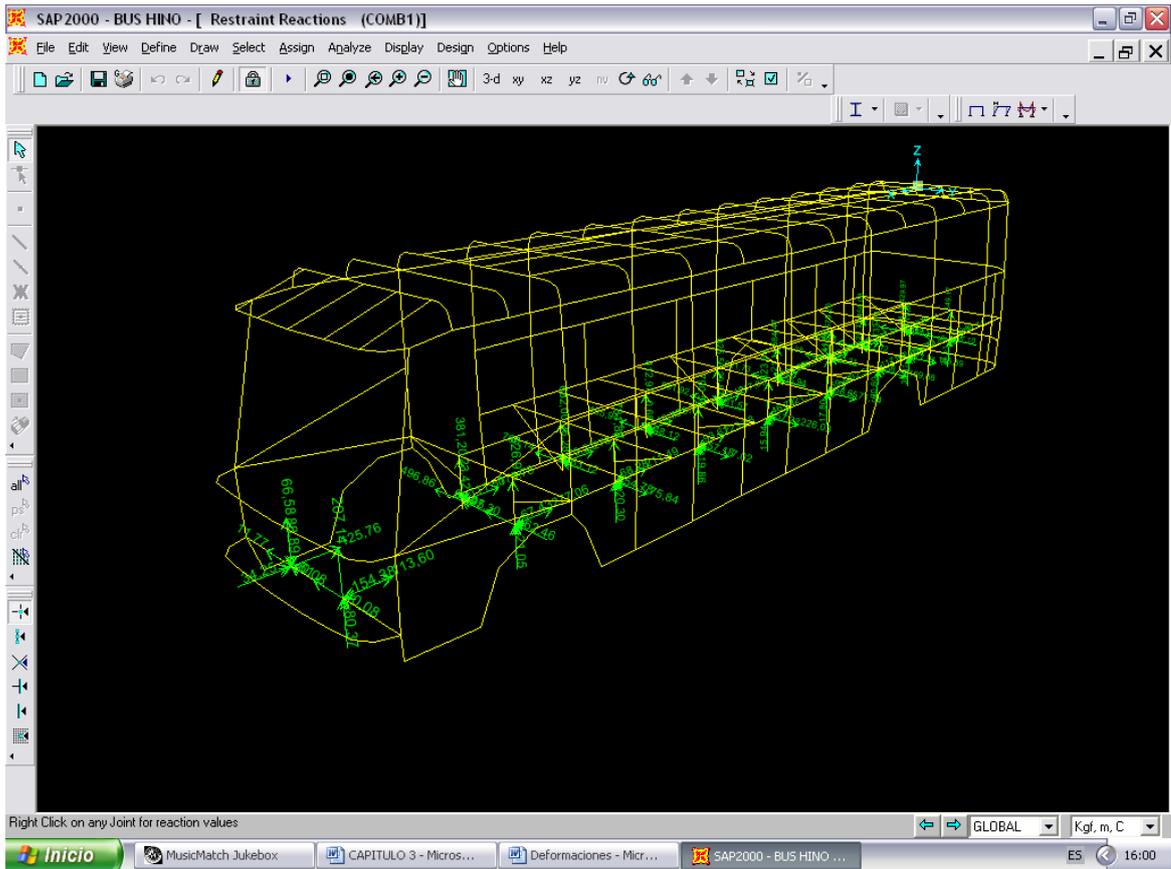


Figura 3.47.- Reacciones mostradas como flechas

Para una mejor visualización de los valores se puede desactivar la opción "Show as Arrows", en el cuadro de dialogo de la figura 3.46, llegando a obtener un diagrama como se muestra en la figura 3.48.

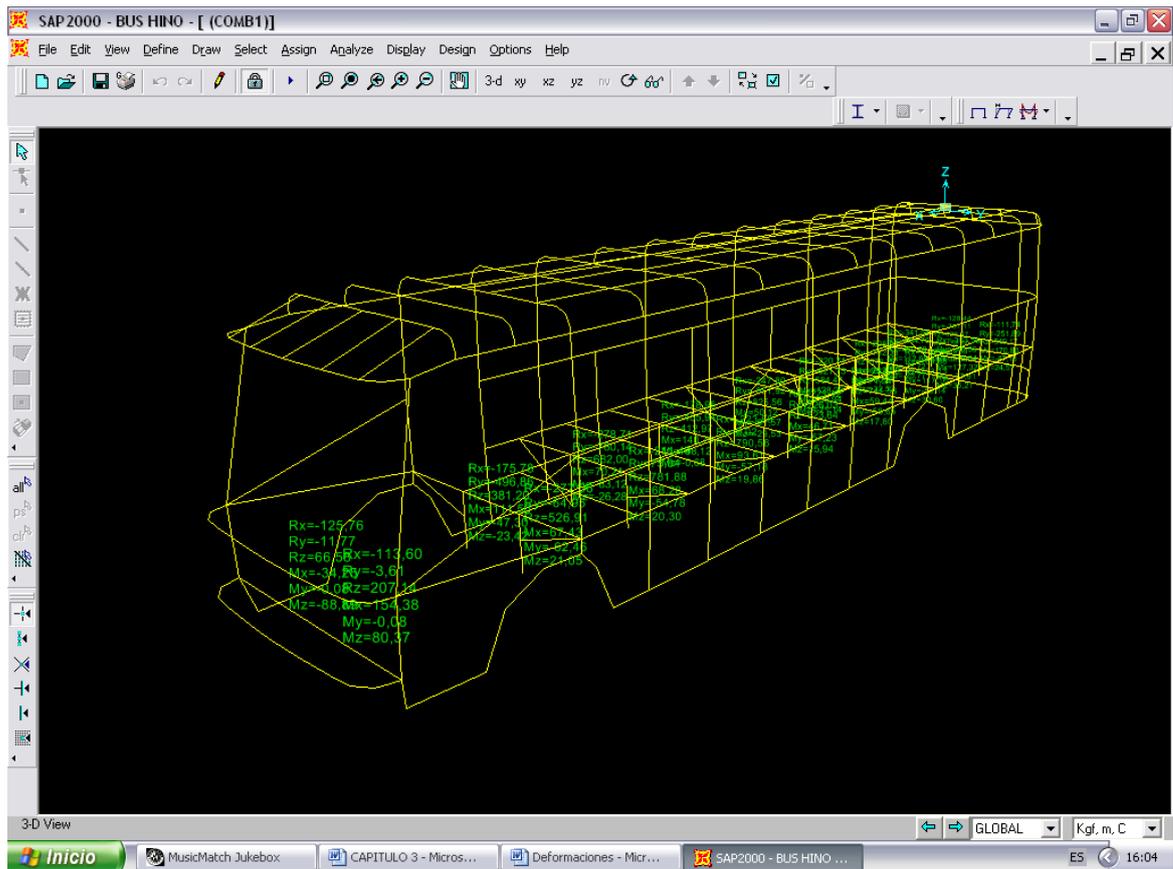


Figura 3.48.- Reacciones

3.4.4.-EFECTOS DE LAS CARGAS APLICADAS EN LOS MIEMBROS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

3.4.4.1.-CONSIDERACIONES

Es importante hacer una aclaración en cuanto a los ejes 1,2 y 3, en este caso constituyen los ejes locales del programa, el eje 1 sigue la dirección del elemento, el eje 2 es perpendicular al eje 1 y se ubica en el plano del elemento, y el eje 3 es perpendicular al plano formado por los dos anteriores.

SAP2000 permite la visualización de fuerzas y momentos desarrollados en los miembros estructurales de cada uno de los estados de carga, además de sus combinaciones. Como en las ocasiones anteriores, se toma la combinación (COMB1), y se procede a ubicar en la barra de herramientas, la opción “Display”,

“Show Forces/Stresses”, “Frames/Cables”, llegando al cuadro de dialogo mostrado en la figura 3.49.



Figura 3.49.- Efectos de las cargas en los miembros estructurales

La fuerza axial se genera gráficamente y está representada por dos colores rojo y amarillo, el color rojo significa que el miembro estructural se tiende a comprimir, el color amarillo, indica que el miembro se tiende a estirar, esto se puede observar en la figura 3.50.

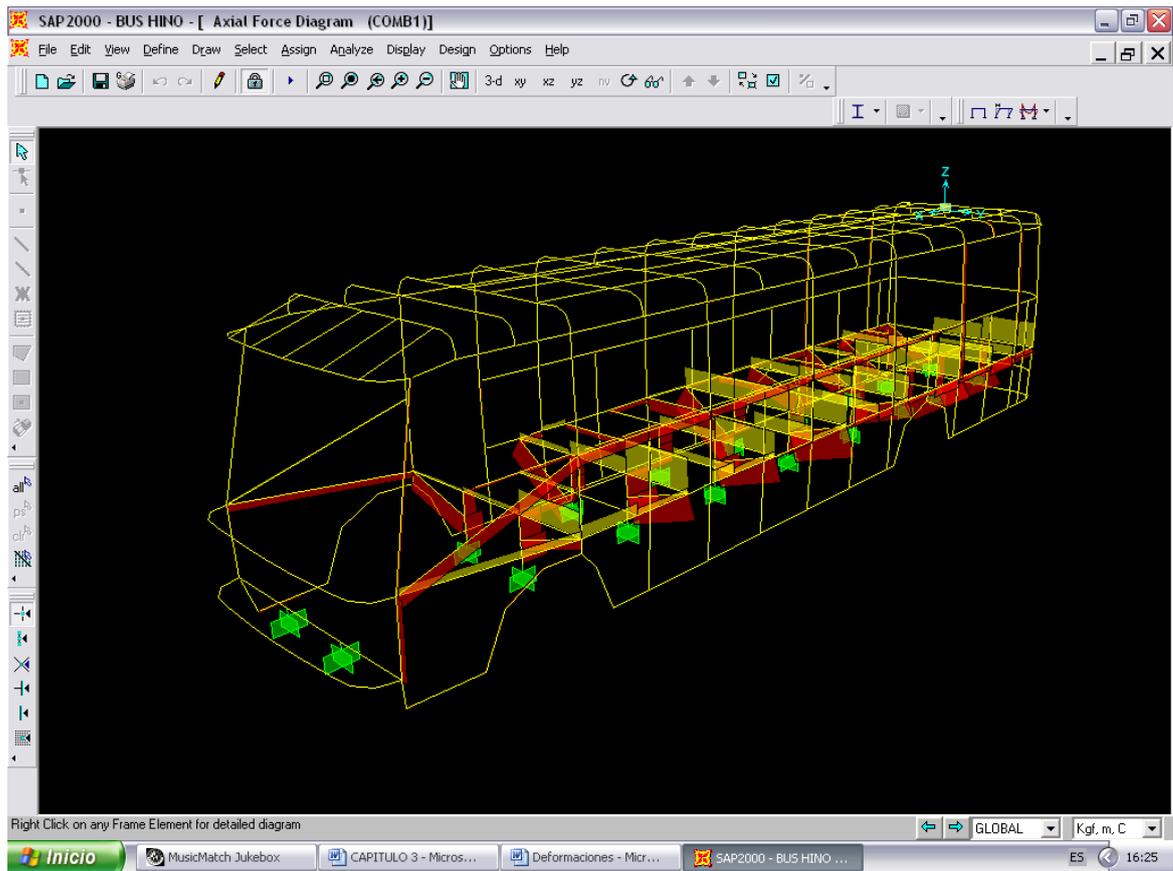


Figura 3.50.- Fuerza axial por COMB1

En la figura 3.51, se visualizará los diagramas de fuerzas, también llamados diagramas de corte en el eje 2-2, para lo cual en el cuadro de dialogo de la figura 3.49, se activa la opción "Shear 2-2".

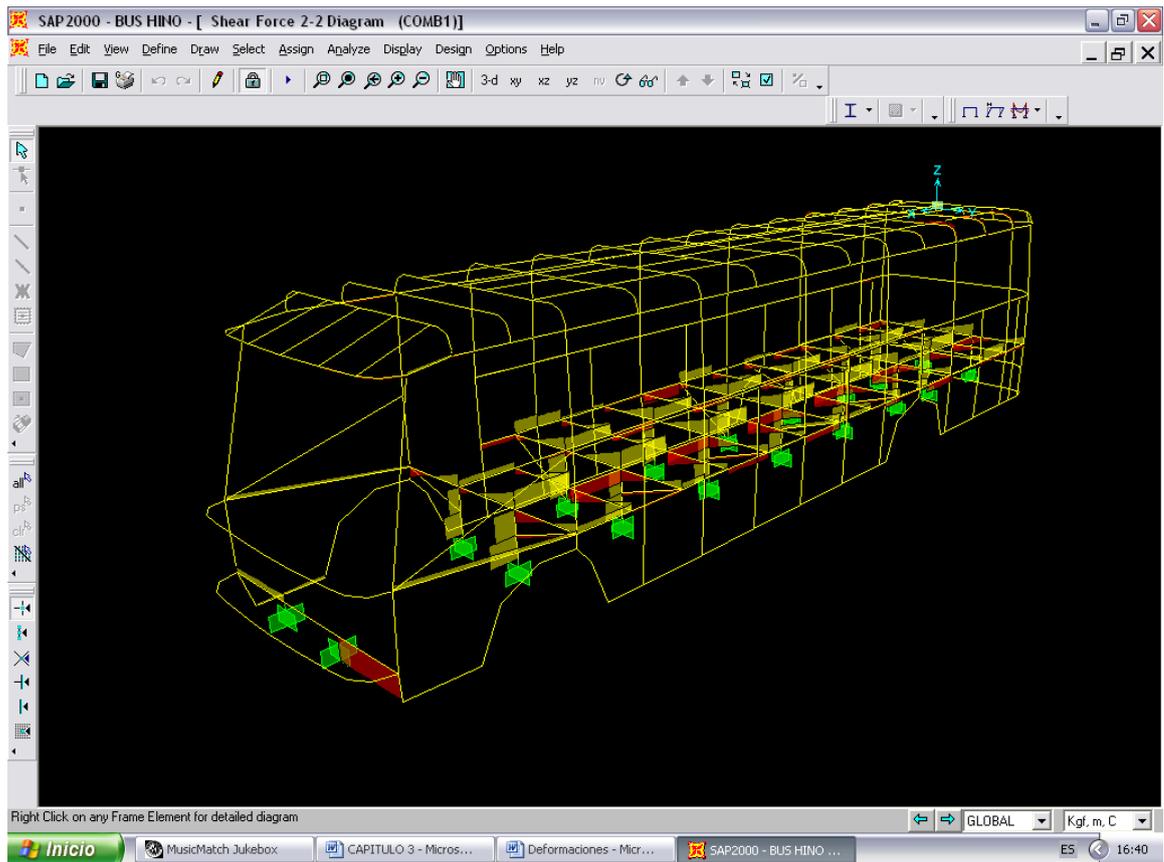


Figura 3.51.- Diagrama de corte en el eje local 2-2

En la figura 3.52, se observará los diagramas de fuerzas de los miembros de la estructura en el eje 3-3, previamente activando la opción “Shear 3-3” en el cuadro de dialogo de la figura 3.49.

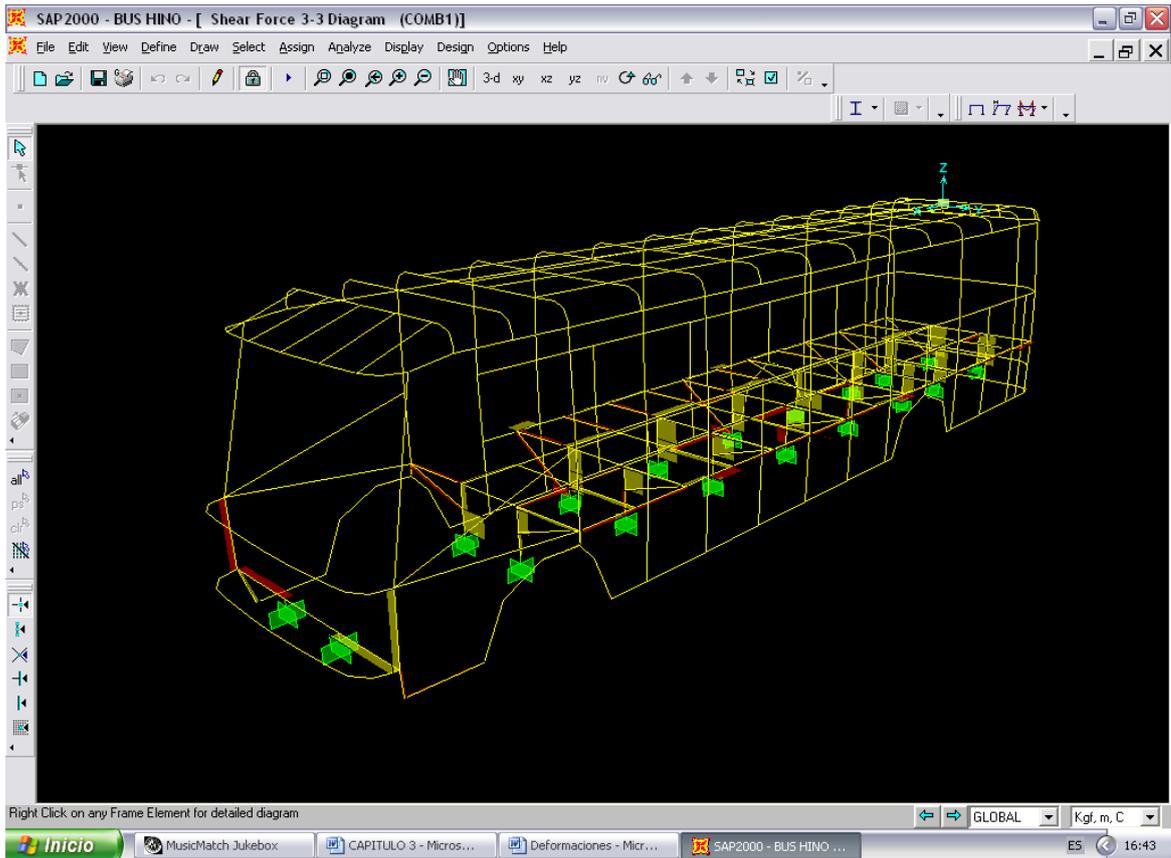


Figura 3.52.- Diagrama de corte en el eje local 3-3

En la figura 3.53, se puede observar los diagramas de torsión de los elementos estructurales de la carrocería, para lo cual se activa la opción "torsion" del cuadro de dialogo citado en la figura 3.49.

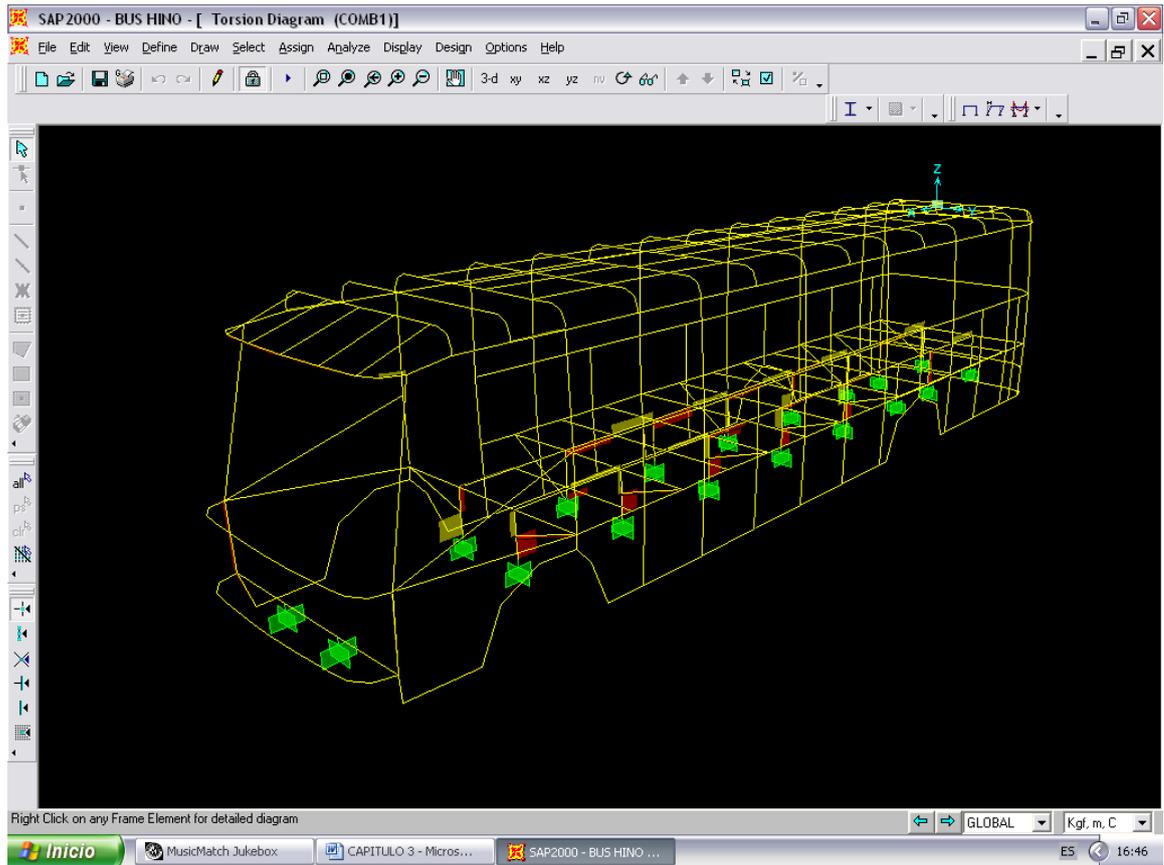


Figura 3.53.- Diagramas de torsión

En la figura 3.54, se puede observar los diagramas de momento en el eje local 2-2, para lo cual en el cuadro de dialogo de la figura 3.49, se activa la opción "Moment 2-2".

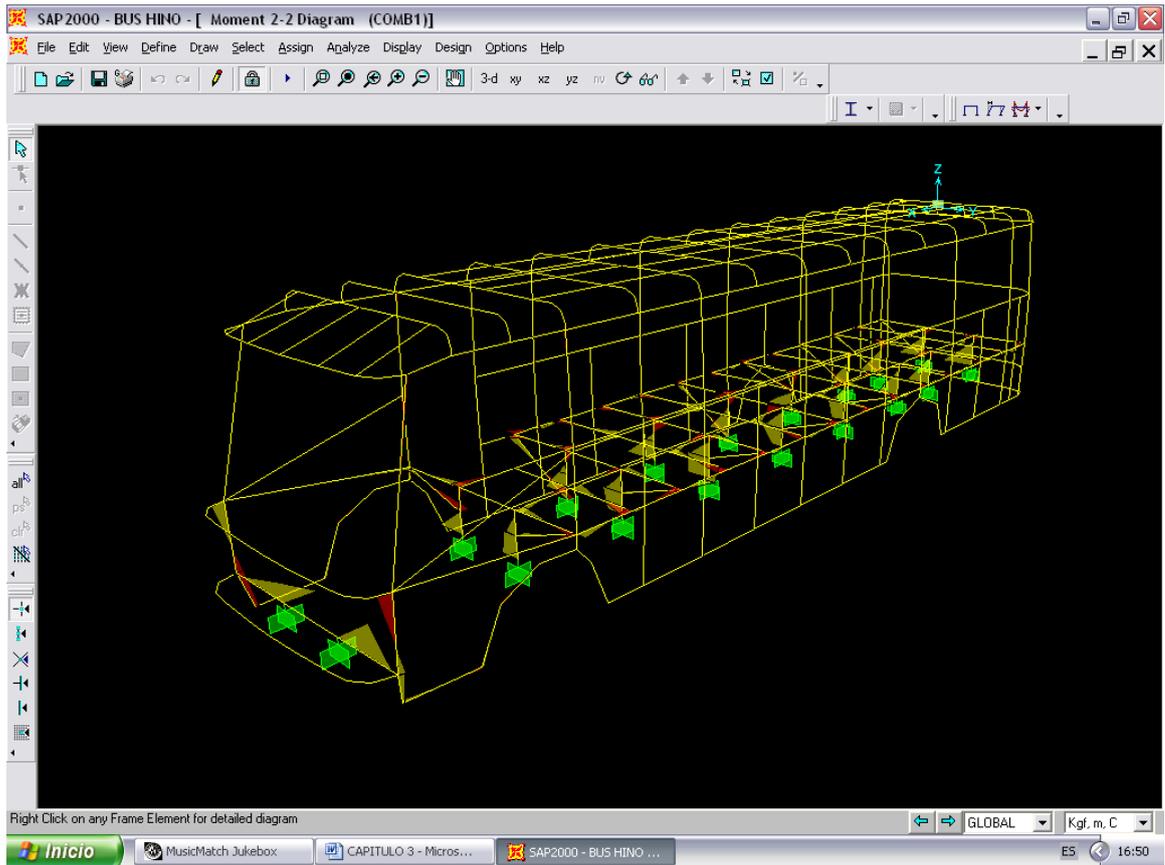


Figura 3.54.- Diagramas de momentos en el eje 2-2

En la figura 3.55, se muestra los diagramas de momentos de los miembros estructurales en el eje 3-3, para lo cual, en el cuadro de dialogo de la figura 3.49, se activa la opción "Moment 3-3".

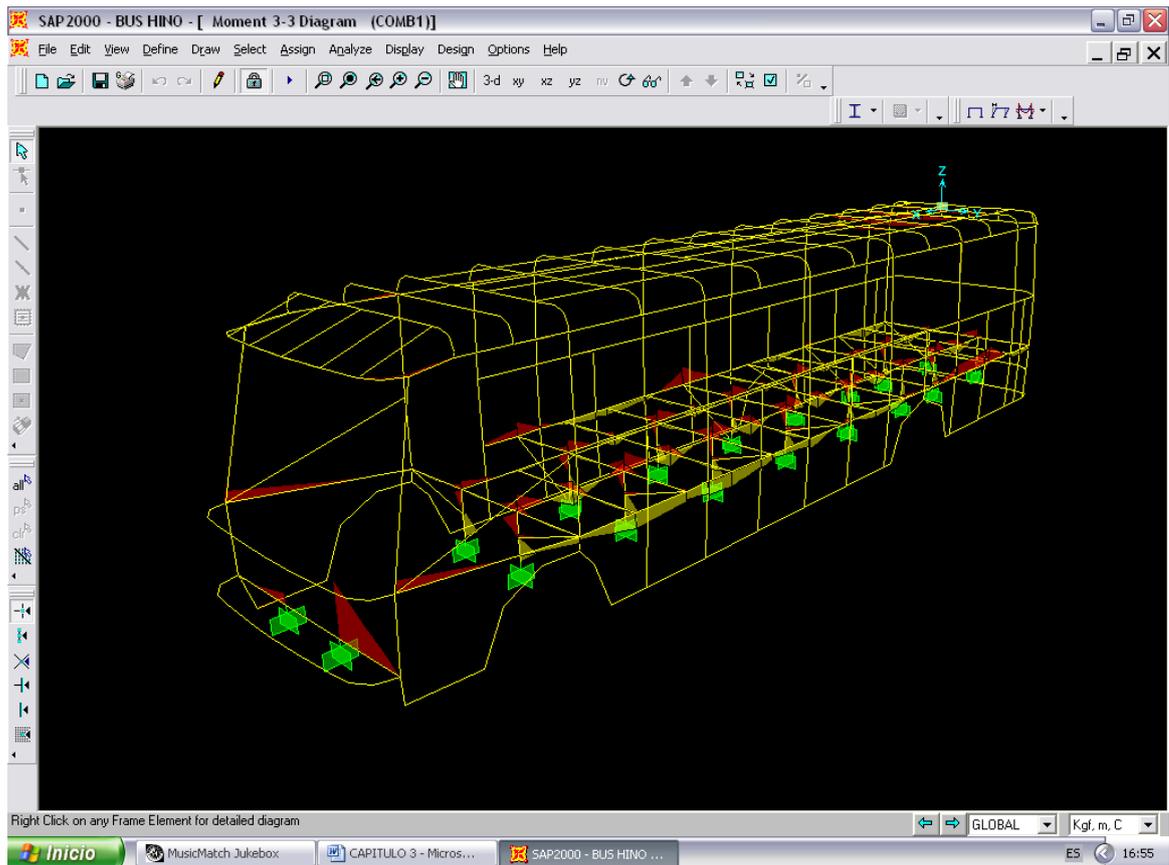


Figura 3.55.- Diagramas de momentos en el eje 3-3

3.4.6.- EFICIENCIAS DE LA ESTRUCTURA CON LOS PERFILES UTILIZADOS

El programa estructural SAP2000 permite realizar el diseño del sistema, para lo cual en la barra de herramientas, se selecciona la opción "Design", "Steel Frame Design", "Start Design/Check of Structure", obteniendo, luego de un instante, el diseño del sistema estructural como se muestra en la figura 3.56.

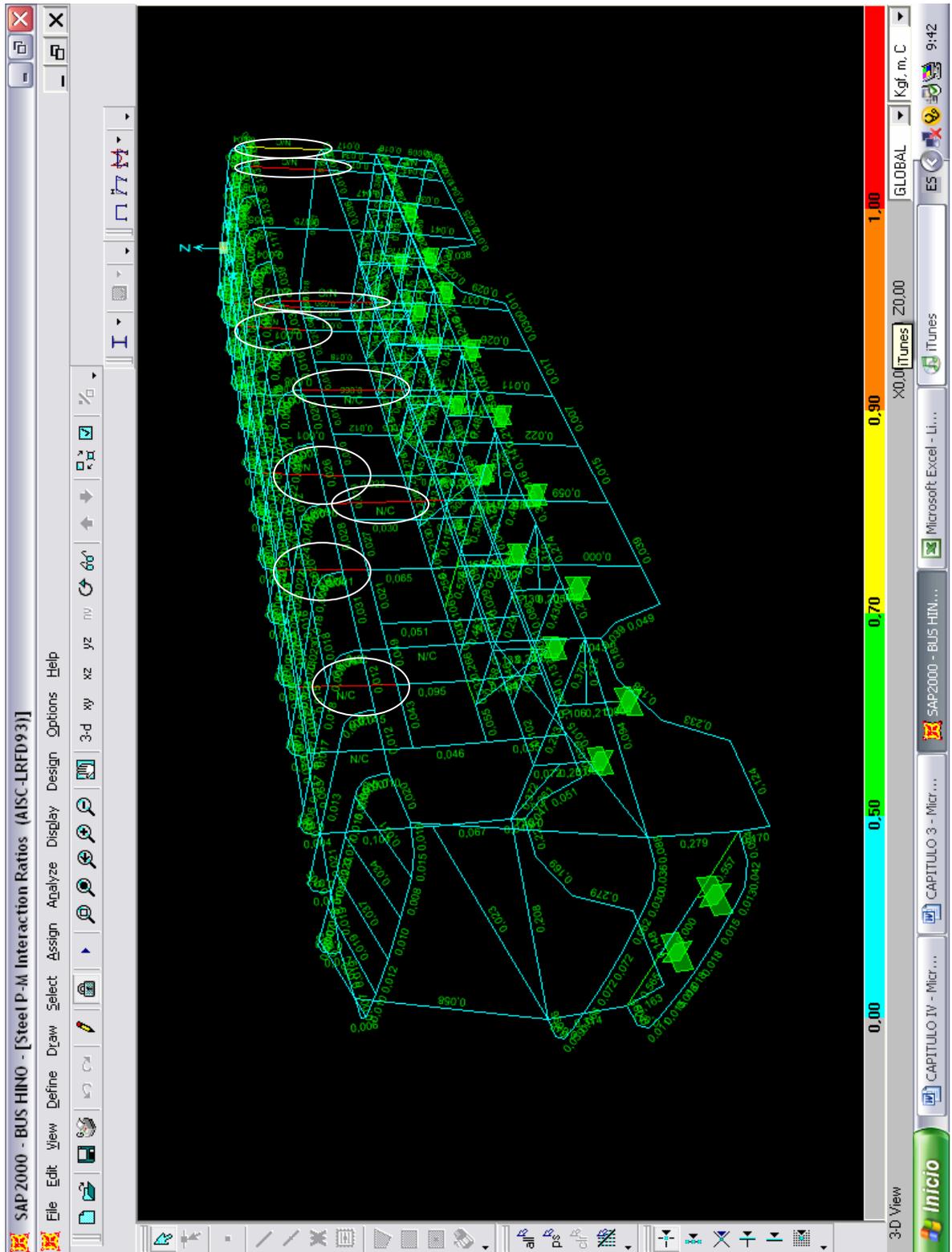


Figura 3.56.- Diseño de la estructura

Los miembros estructurales aparecen en colores, que van desde el color cian al rojo y en base a una escala, que aparece en la parte inferior del área de trabajo.

Los valores numéricos situados en cada miembro de la estructura, constituyen la eficiencia del perfil, y es la razón obtenida de la división de la solicitud actuante o esfuerzo calculado para la resistencia del material, o esfuerzo de diseño y su valor debe ser menor que 1, para establecer un diseño satisfactorio.

Se puede observar que existen miembros estructurales de color rojo y amarillo, el color rojo, indica que el perfil no cumple con la eficiencia requerida, es decir que la solicitud actuante es mayor que la resistencia del elemento, el color amarillo indica que el elemento tiene eficiencia satisfactoria y que puede ser utilizado para la construcción de la estructura. Del análisis de los elementos que aparecen de color rojo, se ocupará el capítulo IV.

3.5.- DISEÑO FINAL DE LA ESTRUCTURA

Es importante señalar que la mayoría de los perfiles utilizados en la fabricación de la estructura cumplen con la eficiencia requerida en función de las cargas aplicadas, pero el diseño anterior muestra que existen miembros estructurales que tienden a fallar a razón de las sollicitaciones existentes, estos miembros estructurales se ubican en las cerchas principales a la altura de las ventanas.

Utilizando la versatilidad que nos ofrece el programa SAP2000, se ha logrado establecer un diseño satisfactorio en todos los miembros estructurales, mediante el cambio de sección de los miembros que fallan.

Se propone utilizar perfiles cuadrados del tipo TC75X75X2, para todas las cerchas principales, logrando una eficiencia suficiente en los miembros estructurales, como se muestra en la figura 3.57.

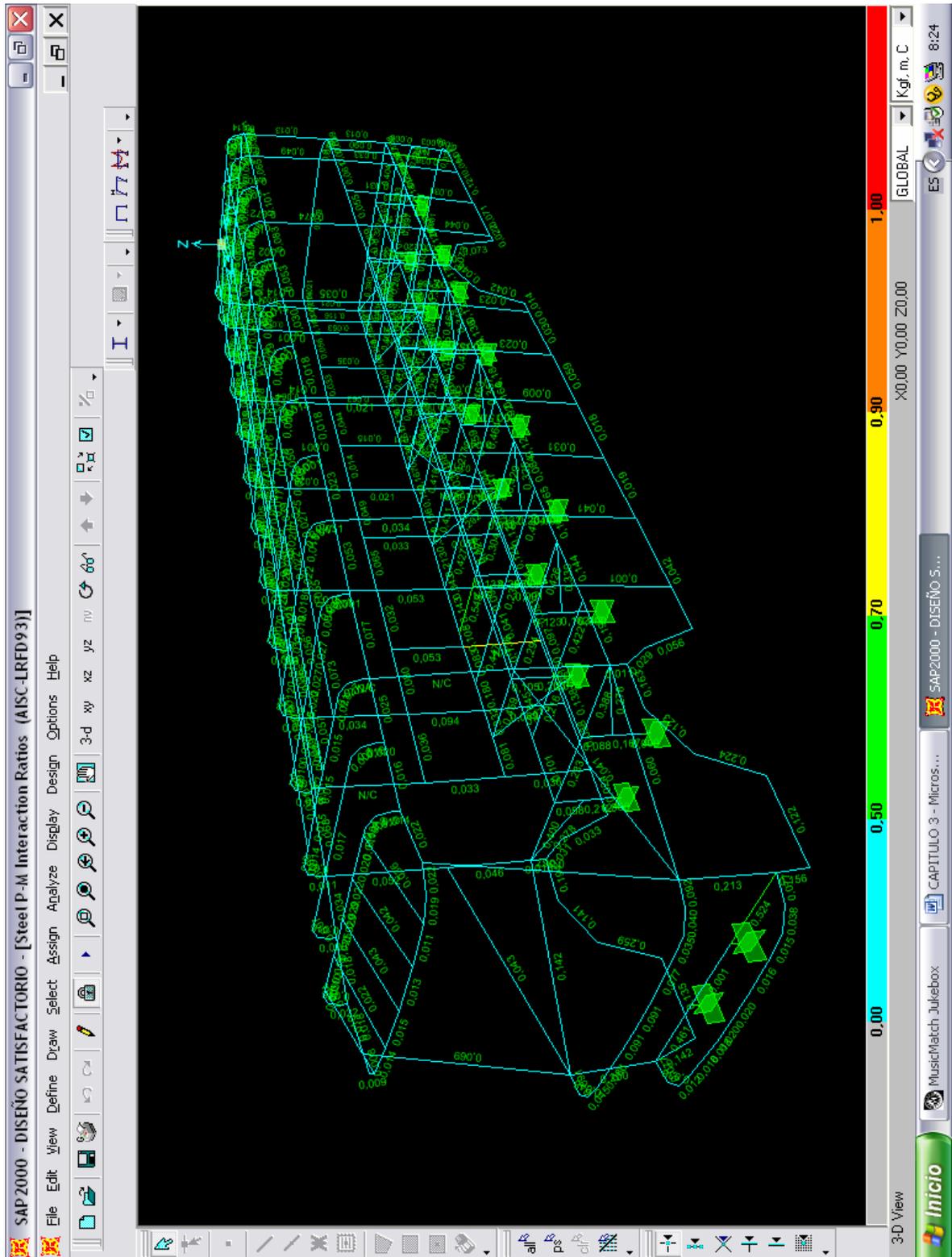


Figura 3.57.- Diseño satisfactorio

Además se pudo observar que el perfil utilizando en la parte del zócalo como guía de las cerchas está sobredimensionado, por lo cual se procedió a reemplazarlo con un perfil del tipo TC75X75X2, logrando el mismo efecto y una eficiencia aceptable.

En la parte derecha de la carrocería, se reemplazó un elemento de refuerzo lateral ubicado en el área de la cajuela, este perfil del tipo TC50X50X2, no cumplía con la eficiencia suficiente por lo que se utilizó un perfil del tipo TC60X60X2.

IV.- RESULTADOS DEL ANALISIS

4.1.- RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

4.1.1.- ANALISIS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CARROCERIA DE REFERENCIA

La estructura analizada consta de 631 miembros, y 445 nodos, el programa estructural SAP2000 nos permite observar los efectos de las cargas aplicadas en los demás miembros estructurales, para lo cual se procede a ubicar en la barra de herramientas, la opción “Display”, “Show Analisis Results Tables”, llegando al cuadro de dialogo de la figura 4.1, en donde se activa la opción “Frame Forces” ubicada en la segunda columna de dicho cuadro.

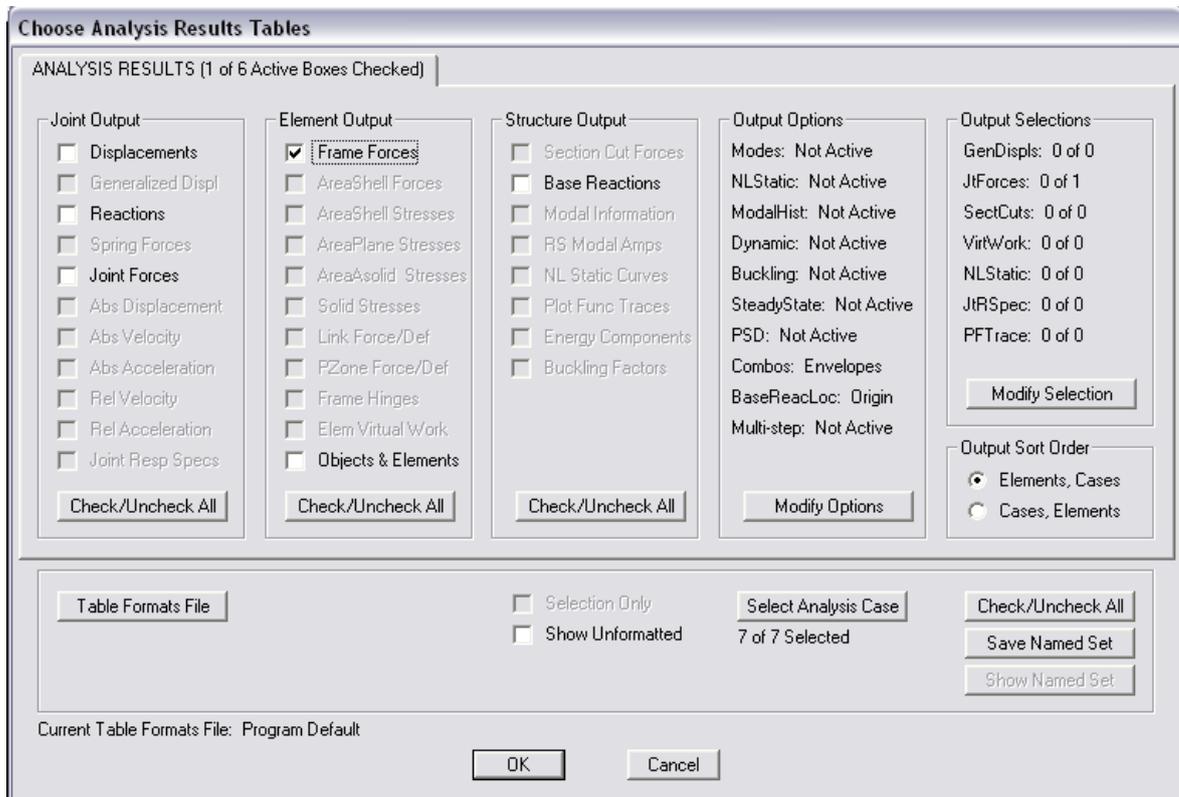


Figura 4.1.- Efecto de las cargas aplicadas

Obteniendo los resultados correspondientes a: fuerza axial (P), fuerza cortante en el eje 2 (V2), fuerza cortante en el eje 3 (V3), torsión (T), momento con respecto al eje 2 (M2), y momento con respecto al eje 3 (M3) del miembro estructural, como se puede ver en la tabla 4.1. Los ejes 1, 2 y 3 son los ejes locales del programa, ya mencionados anteriormente, es decir, el eje 1 sigue la dirección del elemento, el eje 2 es perpendicular al eje 1 y se ubica en el plano del elemento, y el eje 3 es perpendicular al plano formado por los dos anteriores.

Como se pudo observar en el capítulo III, en la etapa de diseño, existen miembros estructurales que no cumplen con la eficiencia requerida, cuya característica es su color rojo.

Los miembros estructurales en cuestión, son en total 9 ubicados a cada lado de la mayor parte de las cerchas principales, a la altura de las ventanas como se puede observar en la figura 3.56 del capítulo III. El programa SAP2000, permite analizar de una manera más profunda a estos miembros con la finalidad de entender por que fallan.

El análisis se lo realizará miembro por miembro empezando en la parte delantera izquierda de la carrocería y terminando con el miembro ubicado en la parte delantera derecha. La parte izquierda es la que es opuesta a la puerta de ingreso.

Para empezar el análisis el programa SAP2000, identifica a cada miembro con un número. Los miembros a ser analizados tienen asignados los números: 2023, 1989, 1955, 1726, 1733, 1734, 1956, 1990, 2024, en el orden antes descrito.

4.1.1.1.-ANALISIS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL 2023

A continuación en la tabla 4.1, se observarán los valores críticos del elemento en cuestión. En la figura 4.2, se observa la designación, el código de diseño, el tipo de sección asignada y el valor de la eficiencia del elemento, el programa toma

en cuenta la combinación más crítica del elemento, en este caso la combinación de carga número 3 (COMB-3).

El cuadro de la figura 4.2 se obtiene al seleccionar el elemento estructural y pulsar clic derecho del “mouse”. Es importante recordar que para que un perfil sea eficiente, su eficiencia debe ser menor que 1, en este caso resulta ser de 4.261, es decir que la sollicitación que actúa sobre el elemento es mucho mayor que la resistencia del mismo.

Steel Stress Check Information (AISC-LRFD93)

Frame ID: 2023 Analysis Section: Omega1
 Design Code: AISC-LRFD93 Design Section: Omega1

COMBO ID	STATION LOC	----MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK =	AXL + B-MAJ + B-MIN	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
COMB1	0,00	4,030 (C)	=	4,010 + 0,006 + 0,014	0,000	0,000
COMB1	466,56	3,635 (C)	=	3,626 + 0,007 + 0,002	0,000	0,000
COMB1	933,13	3,261 (C)	=	3,242 + 0,008 + 0,011	0,000	0,000
COMB2	0,00	4,093 (C)	=	4,081 + 0,003 + 0,008	0,000	0,000
COMB2	466,56	3,703 (C)	=	3,697 + 0,006 + 0,000	0,000	0,000
COMB2	933,13	3,331 (C)	=	3,313 + 0,008 + 0,010	0,000	0,000
COMB3	0,00	4,261 (C)	=	4,244 + 0,006 + 0,011	0,000	0,000
COMB3	466,56	3,870 (C)	=	3,860 + 0,007 + 0,003	0,000	0,000
COMB3	933,13	3,490 (C)	=	3,476 + 0,008 + 0,006	0,000	0,000

Modify/Show Overwrites: Overwrites Display Details for Selected Item: Details Display Complete Details: Tabular Data

Current Stylesheet: Program Default

OK Cancel Table Format File

Figura 4.2.- Eficiencia del elemento 2023 de la carrocería de referencia

Tabla 4.1 FUERZAS, MOMENTOS Y TORSION EN EL ELEMENTO 2023 DE LA CARROCERIA DE REFERENCIA

TABLE: Element Forces – Frames									
FRAME	STATION	OUTPUTCASE	CASETYPE	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
2023	0	CM	LinStatic	-20,3	-0,72	0,43	0	0,22	0,62
2023	0,46656	CM	LinStatic	-18,51	-0,78	0,43	0	0,02252	0,97
2023	0,93313	CM	LinStatic	-16,73	-0,84	0,43	0	-0,18	1,35
2023	0	CV	LinStatic	0,22	-0,15	0,83	0	0,41	-0,13
2023	0,46656	CV	LinStatic	0,22	-0,15	0,83	0	0,02797	-0,0568
2023	0,93313	CV	LinStatic	0,22	-0,15	0,83	0	-0,36	0,01142
2023	0	CF	LinStatic	1,09	0,06788	0,97	0	0,34	0,04049
2023	0,46656	CF	LinStatic	1,09	0,06788	0,97	0	-0,11	0,008816
2023	0,93313	CF	LinStatic	1,09	0,06788	0,97	0	-0,56	-0,02286
2023	0	CC	LinStatic	0,33	0,46	0,85	0	0,67	0,43
2023	0,46656	CC	LinStatic	0,33	0,46	0,85	0	0,27	0,21
2023	0,93313	CC	LinStatic	0,33	0,46	0,85	0	-0,13	0,0007639
2023	0	COMB1	Combination	-18,66	-0,34	3,08	0	1,64	0,97
2023	0,46656	COMB1	Combination	-16,87	-0,4	3,08	0	0,21	1,14
2023	0,93313	COMB1	Combination	-15,09	-0,46	3,08	0	-1,23	1,34
2023	0	COMB2	Combination	-18,99	-0,8	2,22	0	0,98	0,54
2023	0,46656	COMB2	Combination	-17,21	-0,86	2,22	0	-0,06225	0,93
2023	0,93313	COMB2	Combination	-15,42	-0,91	2,22	0	-1,1	1,34
2023	0	COMB3	Combination	-19,75	-0,41	2,11	0	1,31	0,93
2023	0,46656	COMB3	Combination	-17,96	-0,47	2,11	0	0,32	1,13
2023	0,93313	COMB3	Combination	-16,18	-0,52	2,11	0	-0,67	1,36

4.1.1.2.-ANALISIS DEL ELEMENTO 2023 DEL DISEÑO SATISFACTORIO

A continuación en la tabla 4.2, se observarán los valores críticos del elemento en cuestión. En la figura 4.3, se observa el valor de la eficiencia del elemento, el programa toma en cuenta la combinación más crítica del elemento, en este caso la combinación de carga número 1 (COM-1).

El cuadro de la figura 4.3, se observa, en primer lugar que ahora el programa diseña dicho elemento, ya no para la combinación 3 (COMB 3), sino para la combinación 1 (COM 1), que para el caso es la más crítica, porque el valor de la eficiencia es de 0.034, cumpliendo con la eficiencia permisible.

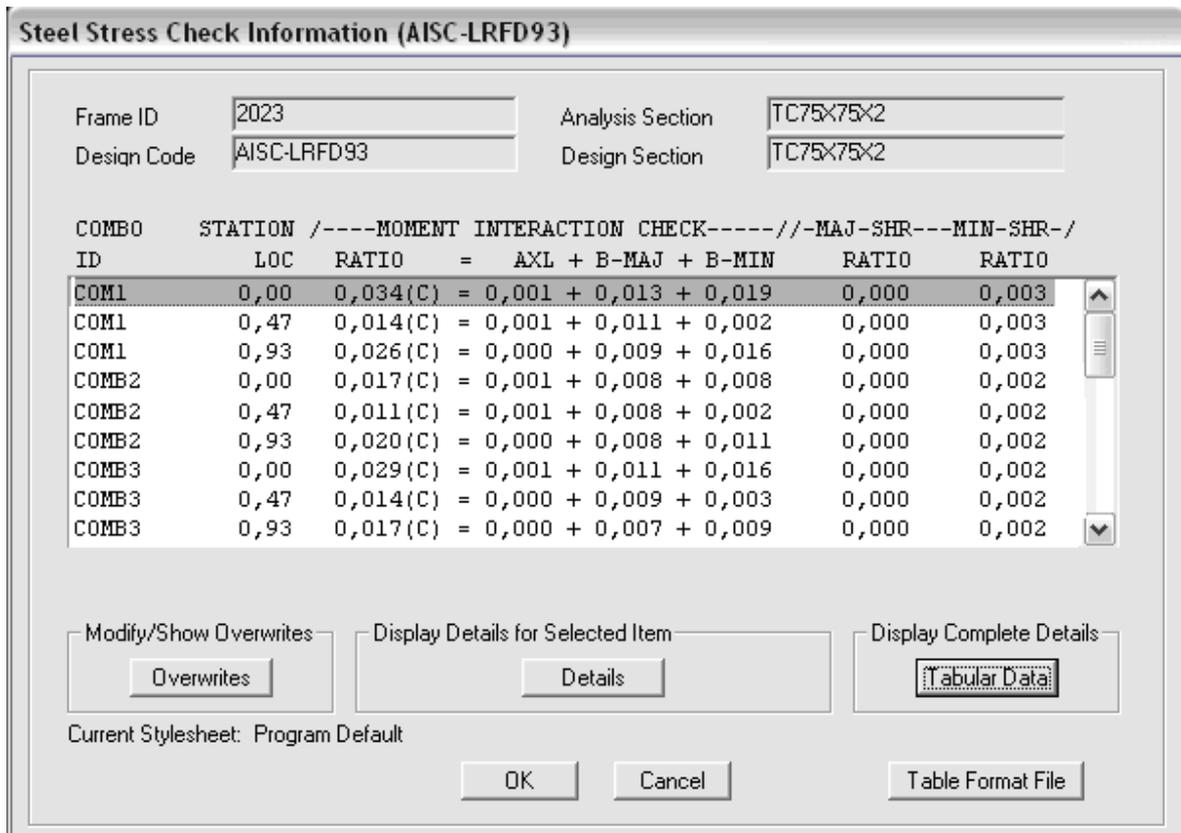


Figura 4.3.- Eficiencia del elemento 2023 del diseño satisfactorio

Tabla 4.2 FUERZAS, MOMENTOS Y TORSION EN EL ELEMENTO 2023 DEL DISEÑO SATISFACTORIO

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
2023	0	CM	LinStatic	-20,42	-0,12	1,46	0,2	0,59	1,9
2023	0,46656	CM	LinStatic	-18,29	-0,19	1,46	0,2	-0,0946	1,97
2023	0,93313	CM	LinStatic	-16,15	-0,25	1,46	0,2	-0,78	2,07
2023	0	CV	LinStatic	1,02	0,2	1,8	0,08778	0,87	0,02312
2023	0,46656	CV	LinStatic	1,02	0,2	1,8	0,08778	0,0268	-0,07011
2023	0,93313	CV	LinStatic	1,02	0,2	1,8	0,08778	-0,81	-0,16
2023	0	CF	LinStatic	3,1	0,14	2,7	-0,07121	0,76	-0,11
2023	0,46656	CF	LinStatic	3,1	0,14	2,7	-0,07121	-0,5	-0,18
2023	0,93313	CF	LinStatic	3,1	0,14	2,7	-0,07121	-1,75	-0,24
2023	0	CC	LinStatic	1,16	1,33	5,43	0,39	3,69	1,63
2023	0,46656	CC	LinStatic	1,16	1,33	5,43	0,39	1,16	1,01
2023	0,93313	CC	LinStatic	1,16	1,33	5,43	0,39	-1,37	0,39
2023	0	COM1	Combination	-22,7	1,51	11,92	0,68	6,12	4,15
2023	0,46656	COM1	Combination	-19,77	1,42	11,92	0,68	0,56	3,47
2023	0,93313	COM1	Combination	-16,85	1,32	11,92	0,68	-5	2,83
2023	0	COMB2	Combination	-23,86	0,18	6,49	0,29	2,43	2,52
2023	0,46656	COMB2	Combination	-20,93	0,08566	6,49	0,29	-0,6	2,46
2023	0,93313	COMB2	Combination	-18,01	-0,006345	6,49	0,29	-3,63	2,44
2023	0	COMB3	Combination	-18,24	1,41	8,69	0,68	5,15	3,55
2023	0,46656	COMB3	Combination	-16,11	1,34	8,69	0,68	1,09	2,91
2023	0,93313	COMB3	Combination	-13,97	1,28	8,69	0,68	-2,96	2,3

4.2.- COMPARACION DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Es importante señalar que el programa SAP2000, diseña en base a combinaciones de carga, que sean las más críticas para el elemento, es por esto que empleando el perfil omega la combinación más crítica es la combinación 3 (COMB 3) en la locación 0, como se puede ver en la figura 4.2, esto se debe a que se tiene la mayor sollicitación en esta combinación, como podemos ver en la tabla 4.1; en cambio, para nuestro diseño, empleando el perfil TC75X75X2, la combinación más crítica es la combinación 1 (COM 1) en la locación 0, ya que, es aquí donde se aplica la mayor cantidad de cargas combinadas, como se observa en la tabla 4.2.

En cuanto a las eficiencia del perfil omega, en comparación con el perfil TC75X75X2, se puede ver que este último tiene una eficiencia mucho más alta, como se observa en las figuras 4.2 y 4.3, por lo que se concluye que dicho perfil cumple con las exigencias de carga al cual va a estar sometido.

Para el análisis de los elementos restantes: 1989, 1955, 1726, 1725, 1733, 1734, 1956, 1990, 2024, se toma en cuenta el criterio anterior.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- ⇒ Mediante la realización de este proyecto, se estudia todos los factores que deben ser tomados en cuenta para brindar seguridad a personas que utilizan el servicio del transporte, diseñando una estructura, calculada para que la superestructura no sufra ninguna clase de deformación.
- ⇒ Se ha determinado que todos los países que pertenecen a la comunidad europea se han sumado o han acogido las normas que utiliza el B.O.E. (Boletín Oficial Español), para la homologación de vehículos de transporte de pasajeros, convirtiéndose en una norma internacional, esto se debe a que España cuenta con varios centros de estudio, como por ejemplo IDIADA (Instituto de Investigación Aplicada del Automóvil), es por esto que nuestra tesis utiliza las normas de dicho boletín.
- ⇒ El programa utilizado para la realización de este proyecto (SAP2000), facilita el cálculo de la estructura, al tener la posibilidad de observar diagramas de momentos, fuerzas, esfuerzos de corte, reacciones en cada elemento y en cada nodo, eficiencias, etc., conciben que elementos que no cumplan con los requerimientos necesarios para asegurarnos que la estructura no va a fallar, puedan ser reemplazados con facilidad, para obtener así el diseño ideal, sin que esto sea un motivo de retraso en la entrega del proyecto.
- ⇒ Se ha analizado la estructura que PATRICIO CEPEDA fabrica, y se ha determinado que la zona crítica se ubica en las cerchas principales, a la altura de las ventanas y por debajo de la parrilla, ya que en esta parte se ubican más cargas generadas por los equipajes, debido a que las eficiencias superan lo permisible (< 1), tal es el caso del elemento 2023,

analizado por completo en el capítulo IV, en el que su eficiencia al estar con la combinación de todas las cargas es de 4,261.

- ⇒ Otra determinación, que se ha sacado de la estructura de PATRICIO CEPEDA, es el de sobredimensionar el perfil del zócalo, si bien es cierto este zócalo sostiene de mejor manera abarcando mucha más área de las cerchas, hace a su vez que la estructura se vuelva demasiado rígida, volviéndose peligrosa para los ocupantes y para terceras personas, al no ser, la estructura la que absorba la mayor cantidad de energía que se produce en una colisión, porque al deformarse, se consigue que se disipe la mayoría de la energía que se genera.
- ⇒ Se concluye que para el diseño del proyecto, se establece perfiles cuadrados de 75X75X2, par el área de las cerchas a la altura de las ventanas y el zócalo, ya que las eficiencias entran dentro del parámetro, y la estructura se deforma mucho más.

5.2 RECOMENDACIONES

- ⇒ Se recomienda hacer primero el diagrama y el modelado de la estructura de la carrocería del bus en AUTOCAD, y luego pasarla al SAP2000, ya que para dibujar es mucho más fácil y manejable dicho programa.
- ⇒ Recomendamos analizar con criterio y conocimiento, en que vigas y en que nodos de la estructura se van a ubicar las cargas, con el propósito de que los datos obtenidos, sean los más aproximados a la realidad.
- ⇒ Se recomienda la capacitación y la implantación del programa SAP2000, en las carrocerías PATRICIO CEPEDA, con el fin de analizar todas las estructuras que dicha empresa realiza.

- ⇒ La utilización de un tubo cuadrado de 75X75x2, para el perfil del zócalo, con el fin de volver más flexible a la estructura, solventando los problemas mencionados en las conclusiones del proyecto.

- ⇒ Para los perfiles de las todas las cerchas, se recomienda cambiar por tubos cuadrados de 75X75X2, con el propósito de dar seguridad en la zona de las ventana, ya que son puntos débiles que se han detectado en el desarrollo de nuestra tesis.

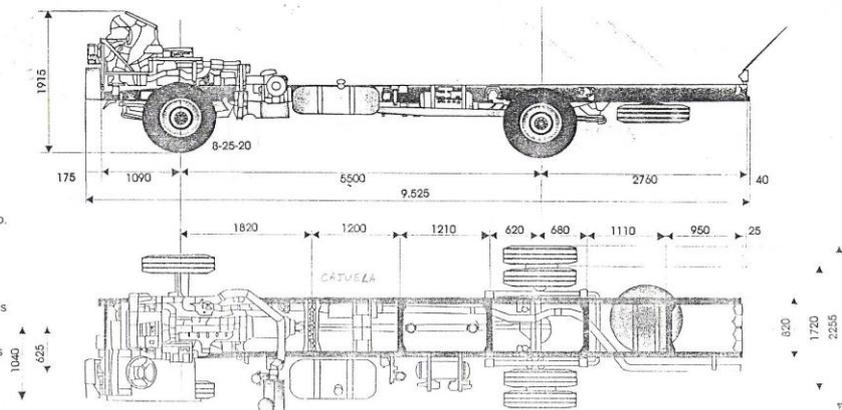
- ⇒ Brindar, por parte de carrocerías PATRICIO CEPEDA, a toda su clientela; capacidades de carga permisibles que las normas internacionales promulgan en sus reglamentos, ya que el sobrecargar la estructura, la tornaría peligros e insegura.

ANEXO 1.1

CHASIS GD1 JPTZ SERIE PARA BUS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Motor: Hino JO8C-TW
- Capacidad: 40 pasajeros
- Tipo: diesel turbo intercooler.
- Cilindros: 6 cilindros en línea.
- Sistema de Inyección: electrónica.
- Normas: Euro II.
- Potencia máxima: 177kw (240 HP) a 2500 rpm.
- Torque máximo: 716N.m (73Kgf) a 1500 rpm.
- Dirección: Hidráulica.
- Freno de servicio: Aire sobre hidráulico.
- Dimensión de forro delantero: 400 x 155 x 15.0 mm. (16.0 pl x 6.1 pl x 0.59 pl)
- Dimensión de forro posterior: 405 x 216 x 15.0 mm. (16.0 pl x 8.5 pl x 0.59 pl)
- Transmisión: Hino 6 velocidades +1 retroceso.
- Eje delantero: Viga en "I" Elliot inverso.
- Eje posterior: Enteramente flotante, reducción simple.
- Embrague: Monodisco seco con amortiguadores.
- Neumáticos: 8.25 x 20x 14 pr
- Suspensión delantera: Ballestas semielípticas con amortiguadores hidráulicos y estabilizadores
- Suspensión posterior: Ballestas semielípticas con amortiguadores hidráulicos y estabilizadores
- Tanque de combustible: 200 litros.
- Distancia entre ejes: 5.500 mm.
- Largo total: 9.525 mm.
- Ancho total: 2.255 mm.
- Vuelo posterior: 2.760 mm.
- Vuelo delantero: 1.090 mm.



ANEXO 2.1

Condiciones de Carga	Clase I		Clase II		Clase III	
	RIG	ARTIC	RIG	ARTIC	RIG	ARTIC
EN VACIO	20	20	25	20	25	20
CARGADO	25	20	25	20	25	20

- 5.1.3. En vacío se entiende, para el propósito del presente párrafo (5.1) y del párrafo 5.3, el vehículo en las condiciones descritas en el párrafo 2.16 (masa en vacío en orden de marcha) con la adición de 75 kg por la masa del conductor y 75 kg correspondiente a la masa de la tripulación, si hay un asiento para la tripulación como el descrito en el párrafo 5.7.1.8 (MV) (kg).
- 5.1.4. Cargado se entiende, para el propósito del párrafo (5.1), el vehículo en vacío como se describe en el párrafo 5.1.3 con la adición de una masa Q en cada asiento de viajeros, un número de masas Q correspondiente al número autorizado de viajeros de pie, uniformemente distribuida sobre el área S_1 , una masa igual a B, uniformemente distribuida en el compartimiento de equipajes y, cuando proceda, una masa igual a BX uniformemente distribuida sobre la superficie del techo equipada para el transporte de equipajes.
- 5.1.5. Los valores de Q para las diferentes clases de vehículos se indican en el párrafo 5.3.
- 5.1.6. B (kgf) debe ser igual, al menos en valor numérico a $100 \cdot V$ (m^3).
- 5.1.7. BX debe corresponder a una presión mínima de 75 kg/m^2 en toda la superficie del techo destinada para el transporte de los equipajes.
- 5.2. Superficie disponible para los viajeros.
- 5.2.1. La superficie total S_0 disponible para los viajeros determina deduciendo de la superficie total del piso del vehículo:
- 5.2.1.1. La superficie del habitáculo del conductor.

ANEXO 3.1

CALCULOS.-

Viga I y III

Datos:

Carga viva (CV): 105,47.Kg/m

Sección de la viga: perfil TC50X50X2.

Momento de inercia (I): $1,477 \times 10^{-7} \text{ m}^4$.

Distancia de la viga: 0.7487 m.

Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$.

Factor de diseño (N): 1.67

Desarrollo:

$$105,47 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot 0.7487 \text{ m.} = 78.96 \text{ Kg.}$$

$$\underline{R1 = R2 = 39.48 \text{ Kg.}}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I}; \sigma = \frac{7.39 \times 0.025}{1.477 \times 10^{-7}}; \sigma = 1250846.31009 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}; \sigma = \underline{\underline{125.08 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}};$$

$$\sigma_d = \frac{f_y}{N}; \sigma_d = \frac{2530}{1.67}; \sigma_d = \underline{\underline{1514.97 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}};$$

$$\underline{\underline{\text{eficiencia} = \frac{\sigma}{\sigma_d} = \frac{125.08}{1514.97} = 0,082 \text{ ;}}}$$

Viga II

Datos:

Carga viva (CV): 105,47.Kg/m

Sección de la viga: perfil TC50X50X2.

Momento de inercia (I): $1,477 \times 10^{-7} \text{ m}^4$.

Distancia de la viga: 0.7528 m.

Esfuerzo de fluencia: $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$.

Factor de diseño (N): 1.67

Desarrollo:

$$105,47 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot 0.7528 \text{ m} = 79.39 \text{ Kg.}$$

$$\underline{R1 = R2 = 39.69 \text{ Kg.}}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I}; \sigma = \frac{7.47 \times 0.025}{1.477 \times 10^{-7}}; \sigma = 1264387.2715 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}; \sigma = \underline{\underline{126.43 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}};$$

$$\sigma_d = \frac{f_y}{N}; \sigma_d = \frac{2530}{1.67}; \sigma_d = \underline{\underline{1514.97 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}};$$

$$\underline{\underline{\text{eficiencia} = \frac{\sigma}{\sigma_d} = \frac{126.43}{1514.97} = 0,083 \text{ } \pm}}$$

NOTA:

Las vigas mencionadas se encuentran numeradas de izquierda a derecha, viga I, viga II y viga III, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Laible J: Análisis Estructural; 1ra. Edición, Mc Graw-Hill, México, 1992
- Tuma J: Análisis Estructural; 1ra. Edición, Schaum Mc Graw-Hill
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República de Argentina, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Trayecto Técnico Profesional en Automotores, Módulo: Estructura del Vehículo
- Manual para Montaje de Carrocerías Hino Motors, Ltda. 2000 - 2002
- Santana H: Análisis en la Construcción de la Estructura Metálica de Autobuses de la Empresa “Carrocerías Varma” Ambato; Ecuador, 2002
- MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES. B.O.E. (BOLETIN OFICIAL ESPAÑOL) 29 Octubre 1992, núm. 260. 2328. Acuerdo. AUTOMOVILES. Reglamento No. 66
- Normas Internacionales
- Norma Oficial Mexicana, NOM-067-SCT-2/SEC OFI, Transporte Terrestre, 1999
- Manual SAP2000
- Manual del Carrocero Scania, 2002
- Archivos de Carrocerías PATRICIO CEPEDA
- Mott R: Resistencia de Materiales; 3ra. Edición, Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1996
- Internet