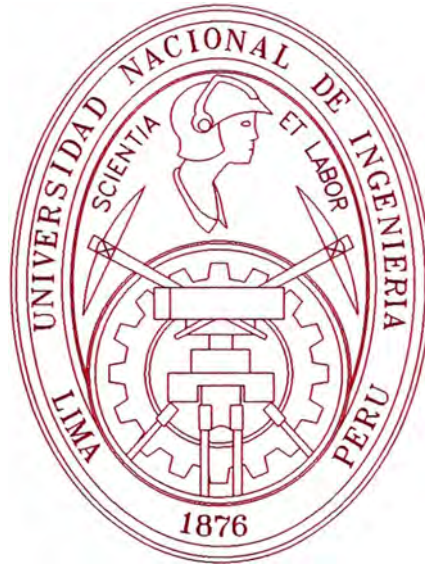


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VAGONES DE USO
FERROVIARIO MEDIANTE EL MÉTODO DE
ELEMENTOS FINITOS PARA AUMENTO DE
CAPACIDAD DE CARGA”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

DANTE ROSALES LIVIAC ESPINOZA

PROMOCIÓN

2000 - I

LIMA – PERÚ

2006

Dedicado a mis padres

Alejandro y Nelly

y a mis hermanos

por su constante apoyo

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|---|-------|----|
| PROLOGO | ..... | 01 |
| CAPITULO 1 | | |
| 1. INTRODUCCION | ..... | 03 |
| CAPITULO 2 | | |
| 2. ANTECEDENTES | ..... | 05 |
| 2.1. Generalidades del transporte a través de la línea férrea | ..... | 05 |
| 2.2. Vagones usados para el transporte de carga a través de la línea férrea | ..... | 06 |
| 2.2.1. Hopper | ..... | 06 |
| 2.2.2. Plataforma Cajón | ..... | 07 |
| 2.2.3. Plataforma | ..... | 08 |
| 2.2.4. Bodega | ..... | 08 |
| 2.2.5. Tanque | ..... | 09 |
| 2.3. Partes de vagones de uso ferroviario | ..... | 10 |
| CAPITULO 3 | | |
| 3. ANALISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE DISEÑO E INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADORA | ..... | 16 |
| 3.1. Análisis estructural | ..... | 16 |
| 3.2. Generalidades de la Mecánica de Materiales | ..... | 18 |
| 3.3. El método de elementos finitos | ..... | 19 |

II

| | |
|---|----|
| 3.3.1. Fundamento teórico | 22 |
| 3.4. Criterios de falla | 33 |
| 3.4.1. Criterio de esfuerzo normal Máximo | 35 |
| 3.4.2. Criterio de falla de Mohr | 37 |
| 3.4.3. Criterio de Tresca | 39 |
| 3.4.4. Criterio de Von Mises | 41 |
| 3.5. Herramientas CAD CAE | 45 |
| 3.6. Etapas de aplicación. | 49 |
| 3.6.1. Pre procesamiento | 49 |
| 3.6.2. Procesamiento | 50 |
| 3.6.3. Post procesamiento | 51 |

CAPITULO 4

| | |
|--|----|
| 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 52 |
| 4.1. Requerimiento de unidades para transporte de carga a través de la línea férrea. | 52 |
| 4.2. Estado inicial de las plataformas | 53 |
| 4.2.1. Pre procesamiento | 54 |
| 4.2.1.1. Determinación del modelo geométrico | 54 |
| 4.2.1.2. Definición del material | 54 |
| 4.2.1.3. Definición de las restricciones | 55 |
| 4.2.1.4. Determinación de las cargas actuantes | 56 |
| 4.2.1.5. Mallado del modelo | 57 |
| 4.2.2. Procesamiento | 58 |

III

| | |
|---|----|
| 4.2.3. Post procesamiento | 58 |
| 4.2.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos | 58 |
| 4.2.3.2. Determinación del factor de seguridad | 60 |
| 4.3. Análisis para transportar 70 toneladas de carga | 63 |
| 4.3.1. Pre procesamiento | 63 |
| 4.3.1.1. Determinación del modelo geométrico | 64 |
| 4.3.1.2. Definición del material | 64 |
| 4.3.1.3. Definición de las restricciones | 65 |
| 4.3.1.4. Determinación de las cargas actuantes | 65 |
| 4.3.1.5. Mallado del modelo | 67 |
| 4.3.2. Procesamiento | 68 |
| 4.3.3. Post procesamiento | 69 |
| 4.3.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos | 69 |
| 4.3.3.2. Determinación del factor de seguridad | 70 |
| 4.4. Comparación de resultados | 73 |

CAPITULO 5

| | |
|---|----|
| 5. ANALISIS ESTRUCTURAL DE PLATAFORMA MODELO | 75 |
| 5.1. Modelado de plataforma de 50 toneladas de capacidad máxima | 76 |
| 5.1.1. Pre procesamiento | 76 |
| 5.1.1.1. Determinación del modelo geométrico | 76 |
| 5.1.1.2. Definición del material | 77 |
| 5.1.1.3. Definición de las restricciones | 78 |
| 5.1.1.4. Determinación de las cargas actuantes | 79 |

IV

| | |
|---|----|
| 5.1.1.5. Mallado del modelo | 80 |
| 5.1.2. Procesamiento | 81 |
| 5.1.3. Post procesamiento | 82 |
| 5.1.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos | 82 |
| 5.1.3.2. Determinación del factor de seguridad | 83 |
| 5.2. Resultados obtenidos | 86 |

CAPITULO 6

| | |
|--|----|
| 6. ALTERNATIVAS DE ACONDICIONAMIENTO DE PLATAFORMA | 87 |
| 6.1. Alternativa con vigas de 12” | 88 |
| 6.2. Alternativa con vigas de 24” | 91 |

CAPITULO 7

| | |
|---|-----|
| 7. MODELADO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS | 95 |
| 7.1. Alternativa con vigas de 12” | 95 |
| 7.1.1. Pre procesamiento..... | 95 |
| 7.1.1.1. Determinación del modelo geométrico | 96 |
| 7.1.1.2. Definición del material | 96 |
| 7.1.1.3. Definición de las restricciones..... | 98 |
| 7.1.1.4. Determinación de las cargas actuantes | 98 |
| 7.1.1.5. Mallado del modelo | 100 |
| 7.1.2. Procesamiento | 100 |
| 7.1.3. Post procesamiento | 101 |
| 7.1.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos | 101 |

| | |
|---|-----|
| 7.1.3.2. Determinación del factor de seguridad | 103 |
| 7.2. Alternativa con vigas de 24" | 105 |
| 7.2.1. Pre procesamiento..... | 105 |
| 7.2.1.1. Determinación del modelo geométrico..... | 105 |
| 7.2.1.2. Definición del material..... | 106 |
| 7.2.1.3. Definición de las restricciones | 107 |
| 7.2.1.4. Determinación de las cargas actuantes..... | 108 |
| 7.2.1.5. Mallado del modelo | 109 |
| 7.2.2. Procesamiento | 109 |
| 7.2.3. Post procesamiento | 110 |
| 7.2.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos | 110 |
| 7.2.3.2. Determinación del factor de seguridad | 112 |
| 7.3. Comparación de resultados..... | 114 |
| CONCLUSIONES | 116 |
| BIBLIOGRAFIA | 118 |
| ANEXOS | 119 |

PROLOGO

El Capitulo 1 indica el propósito del trabajo de análisis estructural usando elementos finitos, mediante software de diseño e ingeniería asistida por computadora, aplicado a un caso real presentado en el ámbito laboral.

El Capitulo 2 describe el transporte a través de la línea férrea, los diferentes vagones que se usan para el transporte de carga y las partes más importantes de estos vagones.

El Capitulo 3 trata sobre análisis estructural, generalidades de la mecánica de materiales, el método de elementos finitos, los criterios de fallas comúnmente usados en el análisis estructural, herramientas usadas en la simulación numérica para el diseño e ingeniería asistida por computadora y las etapas de aplicación del análisis estructural por el método de elementos finitos.

En el Capitulo 4 se plantea el problema referente a la capacidad de transporte de carga de vagones que se tienen disponibles, la necesidad de transportar mayor tonelaje por vagón, se modela y analiza la plataforma original para diferentes tipos de carga.

En el Capitulo 5 se modela una plataforma original de fabricación Rumana mediante software de diseño e ingeniería asistida por computadora, los

resultados de este análisis se usaran como referencia para la solución del problema planteado en el Capitulo 4.

En el Capitulo 6 se busca alternativas de acondicionamiento de plataforma para que puedan transportar mayor tonelaje de carga, generando modelos mediante un software de diseño asistido por computadora.

En el Capitulo 7 se analiza los modelos de acondicionamiento de plataforma del capitulo 6 mediante software de Ingeniería Asistida por Computadora.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El presente trabajo busca encontrar mediante un análisis estructural computacional, la mejor alternativa técnica para aumentar la capacidad de carga a una plataforma de uso ferroviario.

Debido a que no se cuenta con parámetros y normas de fabricación de vagones de uso ferroviario, se toma de referencia los resultados obtenidos al modelar y analizar la estructura de un vagón existente.

Se realiza la modelación y análisis de las diferentes alternativas de reforzamiento de la estructura de una plataforma, comparándolas con el modelo de referencia.

Para el análisis estructural se utiliza programas computacional que usan elementos finitos, para el diseño de los modelos se usa un software comercial CAD (Diseño asistido por Computadora) y para el análisis de las estructuras con un software comercial CAE (Ingeniería Asistida por Computadora)

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

2.1. Generalidades del transporte a través de la línea férrea

El ferrocarril forma parte de la amplia gama de diferentes tipos de transporte como, terrestre, marítimo y aéreo. El Ferrocarril es un medio de transporte a gran escala en vagones con ruedas guiadas que se desplazan sobre rieles paralelos, remolcados por un vehículo motor, denominado locomotora, que genera la energía necesaria para el movimiento del conjunto.

Se trata de un modo de transporte con ventajas comparativas en ciertos aspectos, tales como el consumo de combustible por tonelada kilómetro transportado, transporte a gran escala de mercancía o personas y disminución del impacto ambiental, que hacen relevante su uso en el mundo moderno.

Su desarrollo se produjo en la primera mitad del siglo XIX como parte de la Revolución industrial, haciendo uso de la ventaja técnica que supone el bajo coeficiente de rodadura metal sobre metal, causando una transformación completa de la sociedad al permitir el transporte de personas y mercaderías a un bajo costo y en forma regular y segura.

2.2. Vagones usados para el transporte de carga a través de la línea férrea

Se llama material rodante a todos los tipos de vehículos dotados de ruedas capaces de circular sobre una vía férrea, el material rodante es el conjunto de vehículos que forman los trenes. El vagón es un material rodante destinado al transporte que carece de sistema de propulsión propio.

Los vagones se clasifican de acuerdo al tipo de mercancía que pueden transportar

2.2.1. Hopper

Vagón tolva, que tiene la descarga por gravedad a través de las compuertas ubicadas en la parte inferior, en algunos casos las compuertas son transversales o longitudinales a la vía férrea



Hopper (Fig. 01)

2.2.2. Plataforma Cajón

Vagón con barandas en los extremos y los laterales sin cobertura en la parte superior, el piso es plano y las barandas laterales se usan como compuertas, ideal para transporte de carga en bultos, las plataformas cajón se distinguen por tener barandas laterales altas o barandas bajas.



Plataforma cajón de barandas altas (Fig. 02)

2.2.3. Plataforma

Vagón que tiene el piso plano sin barandas estructura superior alguna, ideal para transportar cargas largas.



Plataforma (Fig. 03)

2.2.4. Bodega

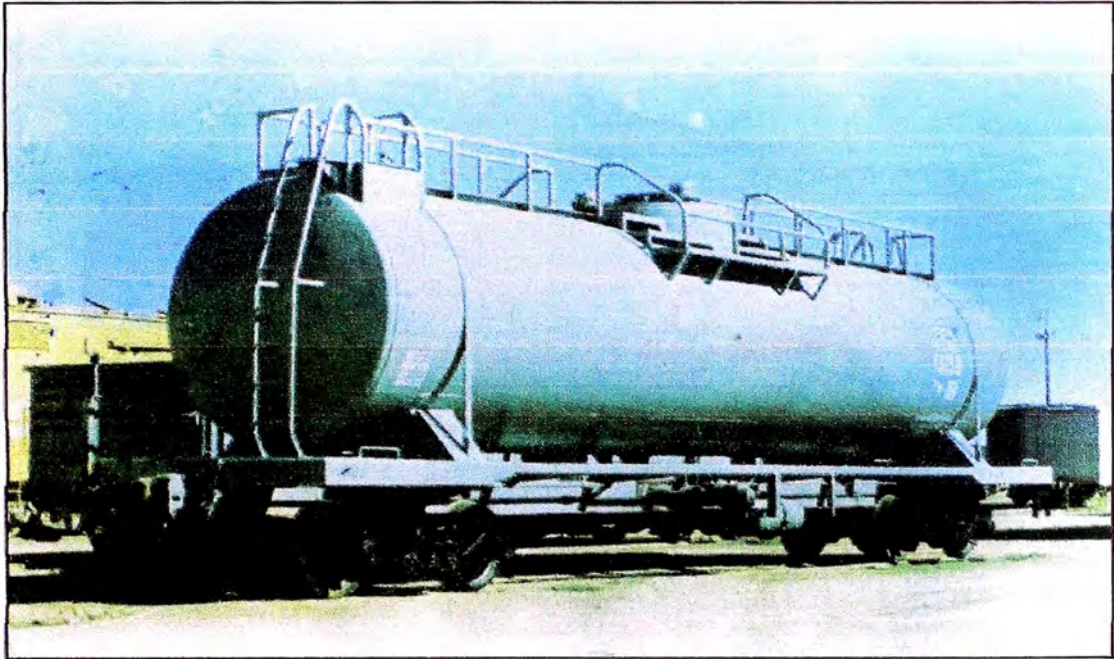
Vagón con piso plano, lado alto y techo, las puertas están ubicada a los lados pueden ser corredizas o batibles, usado para servicio general y especialmente para cargas que deben ser protegidas del medio ambiente.



Bodega (Fig. 04)

2.2.5. Tanque

Vagón que tiene como cuerpo un tanque, este tanque es especial dependiendo del transporte al que ha sido destinado. Transportan líquidos como diferentes hidrocarburos, diferentes tipos de ácidos, gases comprimidos o sólidos granulados.



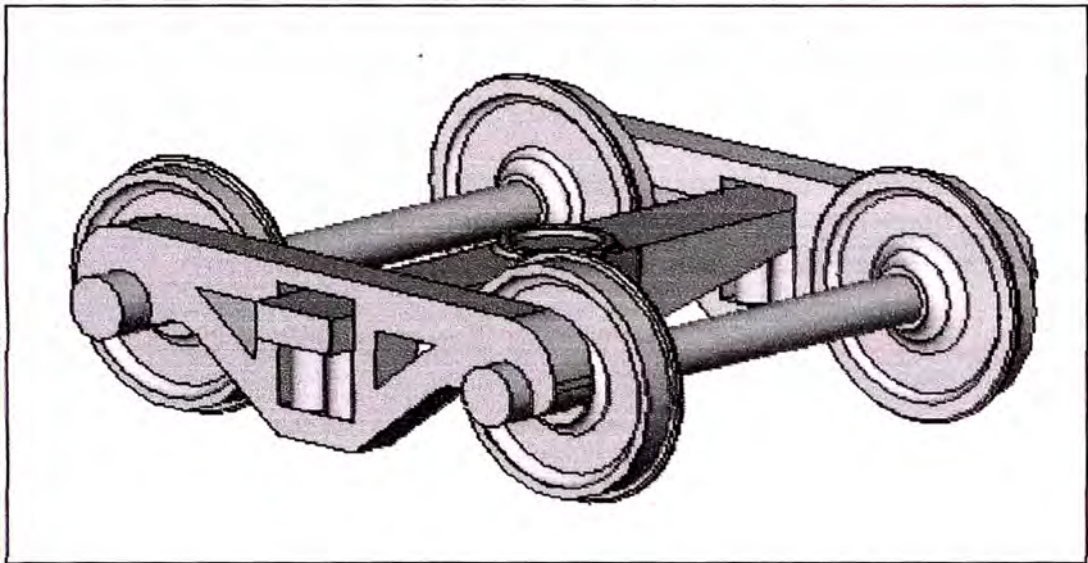
Tanque (Fig. 05)

2.3. Partes de vagones de uso ferroviario

Los vagones de uso ferroviario se componen de tres partes principales, el sistema de suspensión, tracción y la carrocería.

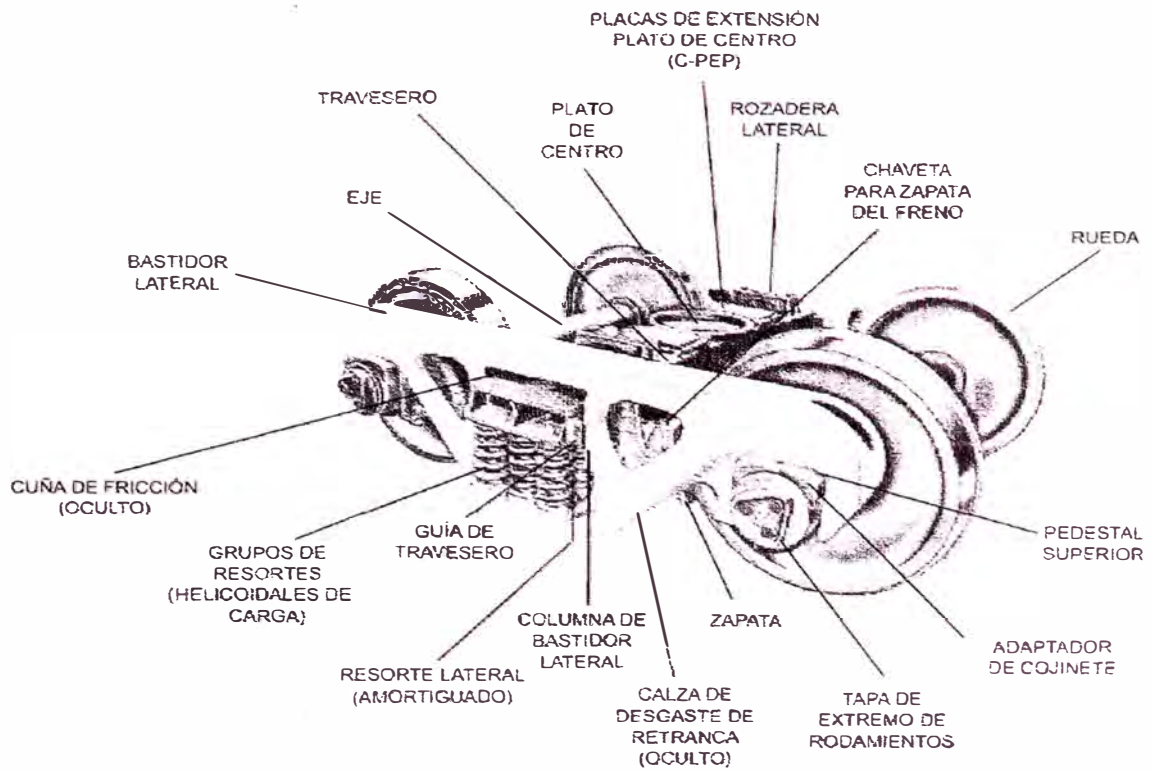
- Sistema de suspensión

Compuesto por los Truques, es la que soporta el peso total del vagón, tiene un punto de apoyo con la carrocería este punto se llama “Plato centro” (ubicado en el centro del truque), es la zona en donde reciben el peso de la carga y la carrocería.



Truque (Fig. 06)

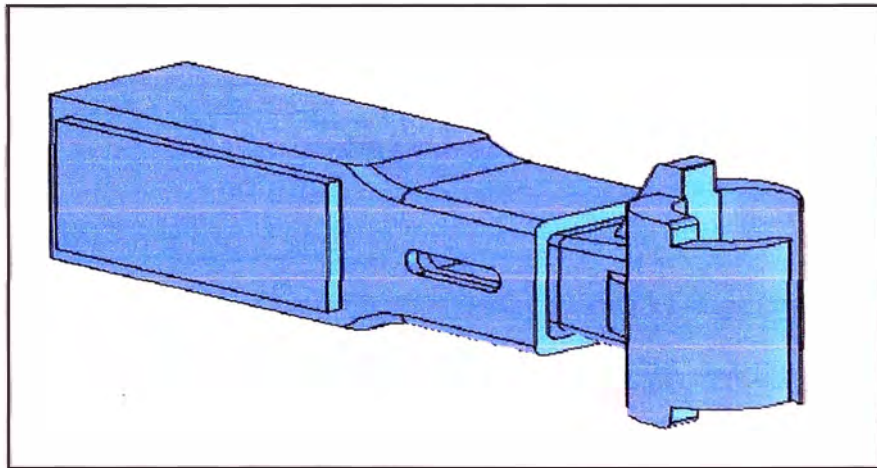
PARTES DE UN TRUQUE



Partes de truque (Fig. 07)

- Sistema de Tracción

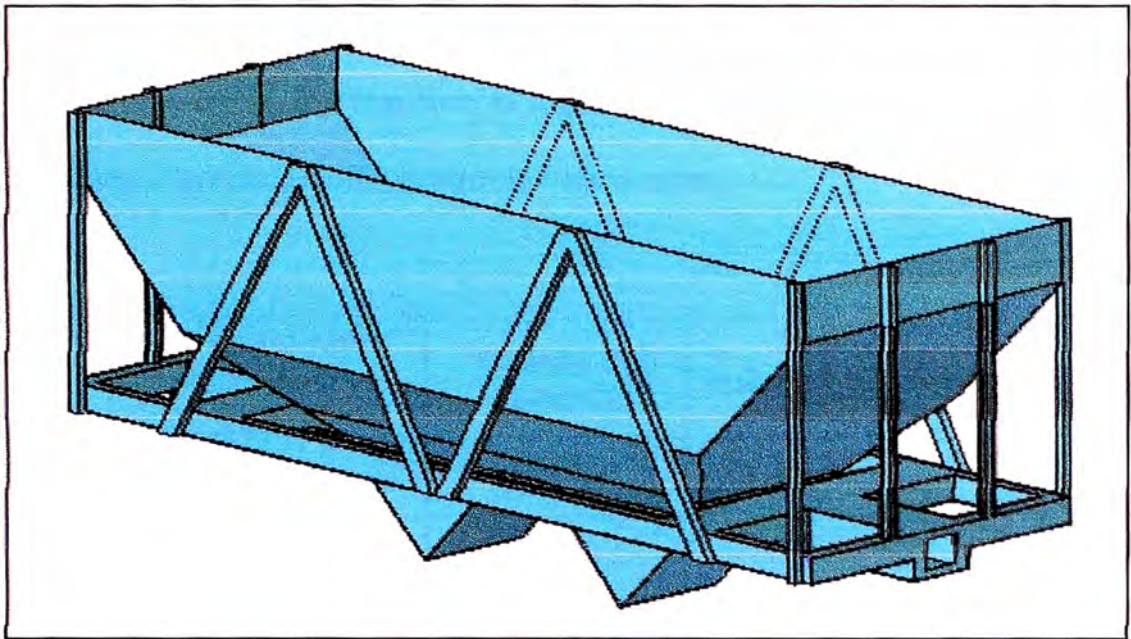
Compuesto principalmente por los “Enganche”, este mecanismo sirve para acoplar vagones consecutivamente y son lo suficientemente fuertes para resistir los golpes y jalones durante el recorrido del tren.



Enganche completo (Fig. 08)

- Carrocería

La carrocería sirve principalmente para contener los productos que se transportan, dependiendo el tipo de vagón pueden ser Tolvas, Tanques, Plataforma o Bodegas.



Carrocera (tolva) (Fig. 09)

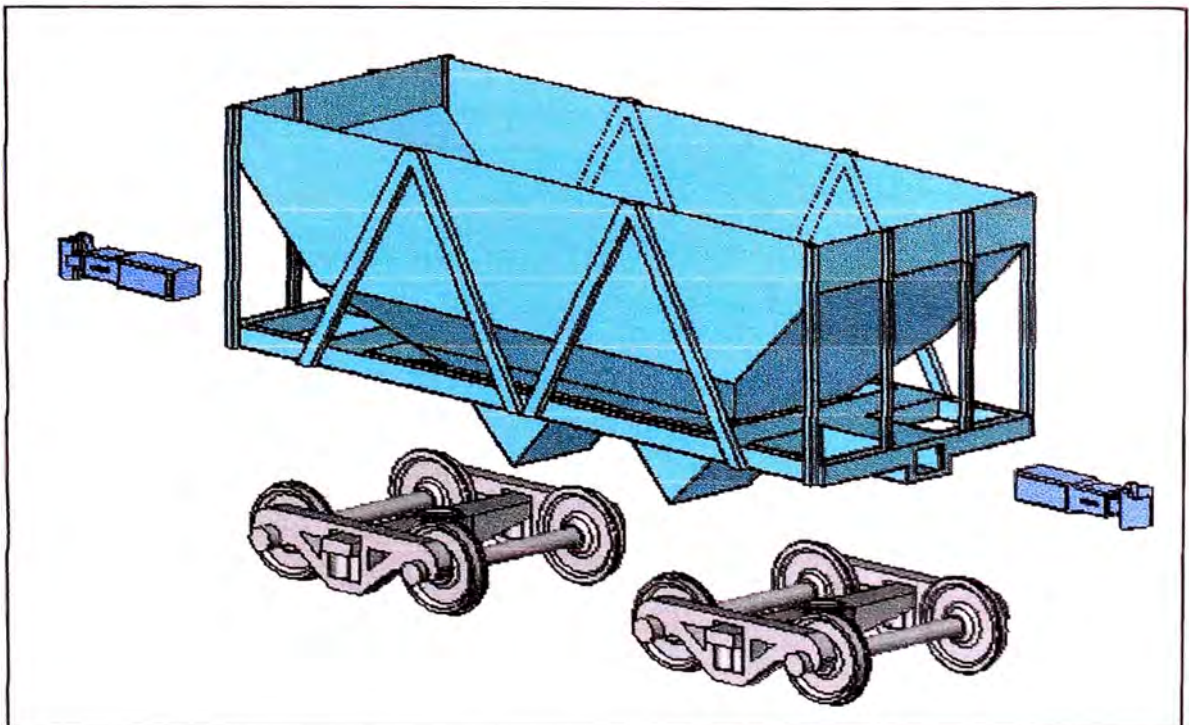
Los Vagones de carga también se clasifican por el tonelaje de transporte a la que están diseñados, pudiendo ser de 30, 40, 50, 70, 90, 120 toneladas, los truques y los enganches están fabricados para cada necesidad de transporte.

Según las normas de intercambio de la A.A.R. (Association of American Railroads) regla 47, 48, 50 y las normas F.R.A. (Federation Railroads of American), parte 215 “normas de seguridad para vagones de carga”, los truques, ejes, cojinetes y platos centro están diseñados para el tonelaje que van a transportar.

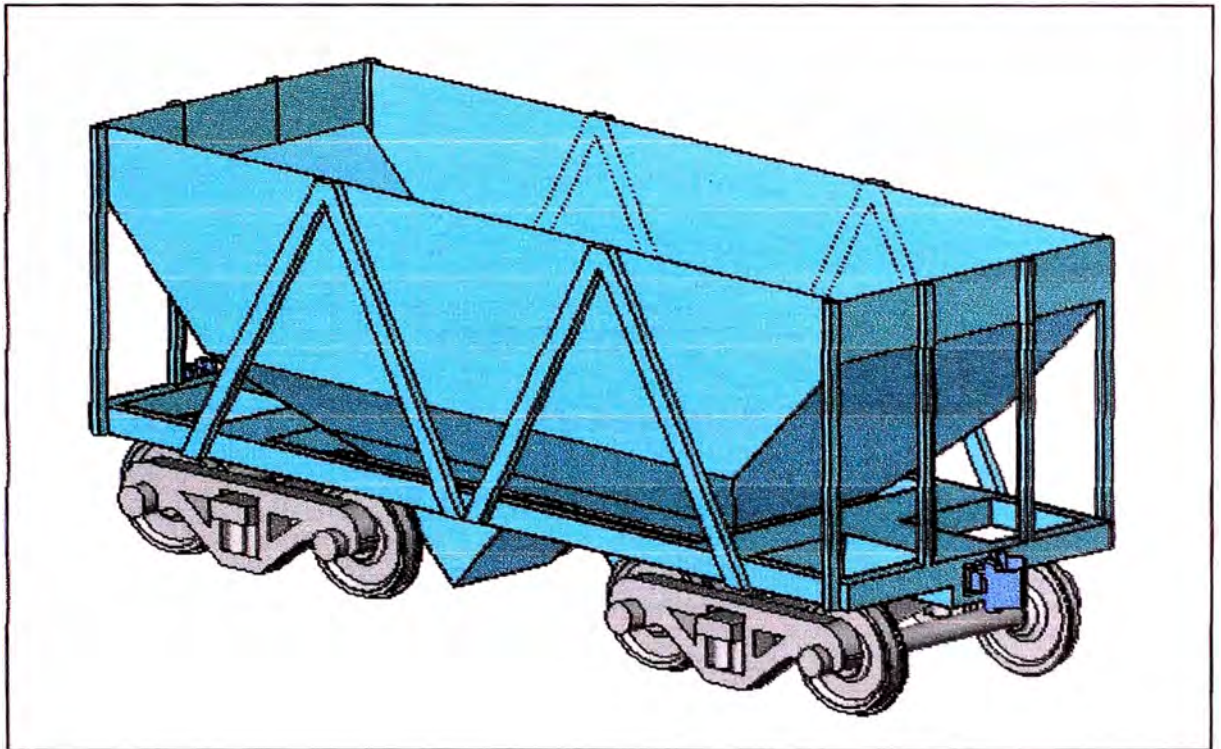
Para los truques, a mayor tonelaje aumentan la cantidad y la configuración de los resortes, el diámetro del plato centro, el diámetro de los ejes y los rodamientos también aumentan.

| | Carga máxima sobre rieles (Lbs) | Medida del cojinete | Tonelaje máximo de carga del vagón | Medida del Plato Centro |
|----|--|----------------------------|---|--------------------------------|
| 01 | 315,000 | 7" x 12" | 120 | 16" |
| 02 | 286,000 | 6 ½" x 12" | 90 | 14" |
| 03 | 220,000 | 6" x 11" | 70 | 14" |
| 04 | 177,000 | 5 ½" x 10" | 50 | 12" |
| 05 | 150,000 | 5" x 9" | 40 o 30 | 8" |

Para los enganches, se usa enganches tipo E60 para transportar 70 o más toneladas.



Despiece del Vagón (Fig. 10)



Vagón completo (Hopper) (Fig. 11)

CAPITULO 3

ANALISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE DISEÑO E INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADORA

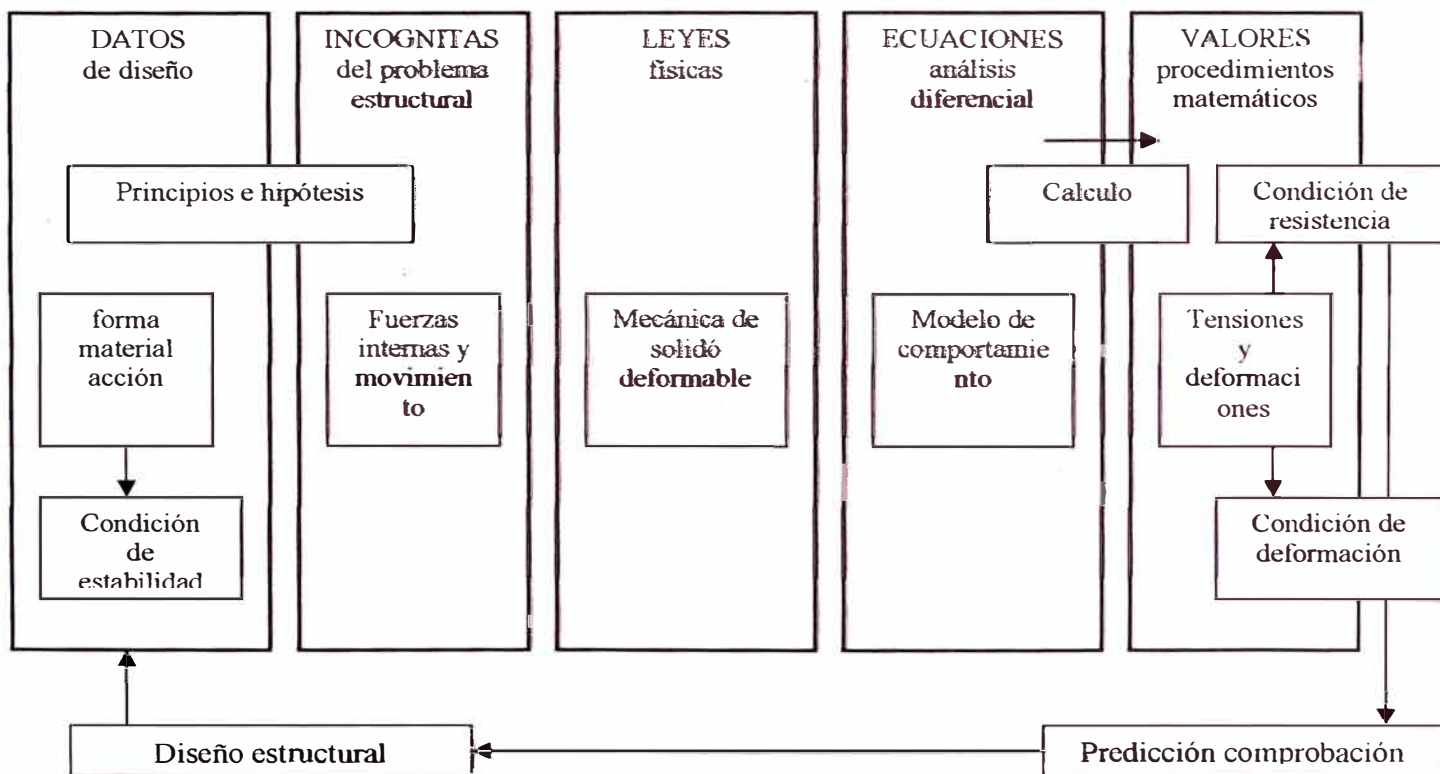
3.1. Análisis estructural.

Análisis, es el proceso que permite determinar la respuesta de un sistema específico a un entorno restringido por cargas y restricciones.

Diseño por otra parte, es el proceso de definición del sistema. El análisis por tanto, es un importante aspecto del diseño. El análisis determina si la pieza o conjunto de piezas cumplen con el factor de seguridad mínimo bajo una condición de servicio determinada, además de los requisitos de seguridad muchas veces existen otros factores que afectan a la forma final del diseño.

El Diseño en ingeniería es un proceso iterativo, el diseño se modifica continuamente hasta cumplir un criterio aceptable de calidad definido por el factor de seguridad, costo, conveniencia y estética.

El Análisis Estructural, comprende el diseño, cálculo y comprobación de la estructura. Por tanto, tiene establecido su objeto en la estructura y su finalidad en el cálculo como comprobación de lo diseñado.



Modelo genérico de análisis estructural (Fig. 12)

3.2. Generalidades de la Mecánica de Materiales.

La Mecánica de Materiales es la rama de la mecánica que estudia los efectos internos que experimenta un cuerpo bajo carga, considerando a los elementos estructurales como modelos idealizados sometidos a restricciones y cargas simplificadas. En la mecánica de materiales el concepto de importancia primordial son los esfuerzos y las deformaciones producidas en una variedad de miembros estructurales por cargas axial, torsional y flexional.

En la resistencia de materiales se ha desarrollado procedimientos de cálculo mediante los cuales se puede determinar los esfuerzos y deformaciones que corresponden a determinado estados de carga, ello posibilita predecir si los esfuerzos en un elemento o pieza están dentro del límite admisible, es decir se puede predecir si la pieza se deformara excesivamente o si fallara.

Así también se puede calcular las dimensiones necesarias de una pieza si es que se conocen las características del material y el estado de cargas al cual es sometido, mejor dicho, si se conociera las dimensiones y características del material, entonces se pueden calcular las máximas cargas externas que la pieza estaría en condiciones de soportar para ciertos márgenes de seguridad.

En todos los cálculos de resistencia es necesario hacer simplificaciones o idealizaciones, debido a que en realidad la verdadera distribución de esfuerzos en una pieza es muy complicada y es muy difícil de predecir a partir de procedimientos analíticos. La teoría de elasticidad proporciona algunos métodos analíticos muy complicados y con muchos condicionamientos y restricciones en su aplicación. En los últimos años se han desarrollado métodos que permiten evaluar con muy buena aproximación los verdaderos esfuerzos, entre ellos se puede mencionar el método fotoelástico, el método de los elementos de borde y el método de elementos finitos

3.3. El método de elementos finitos

El método de los elementos finitos MEF (FEM en inglés) es un método numérico para resolver ecuaciones diferenciales por medio de aproximaciones discretas.

El método se basa en dividir el cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema en una serie de subdominios no intersectantes entre sí denominados elementos finitos, estos elementos pueden tomar formas simples (líneas, triángulos,

rectángulos, tetraedros, paralelepípedos) se ensamblan de diferentes maneras para representar la solución de una región cualquiera.

En esencia, el MEF es un método que permite aproximar numéricamente la solución de ecuaciones diferenciales, y ecuaciones en derivadas parciales. Es bien conocido que, salvo casos muy particulares, la obtención analítica de soluciones de tales ecuaciones es imposible, y la única posibilidad que nos queda es obtener soluciones aproximadas.

Típicamente el método de los elementos finitos, se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y posteriormente a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y tensiones respectivamente, cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformable o más generalmente un problema de mecánica de medios continuos. El método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la facilidad de introducir dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Además el método es fácilmente adaptable y las aplicaciones van desde el análisis por deformación y esfuerzo en cualquier tipo de estructura hasta el análisis de los campos del flujo de calor, de fluidos magnéticos y otros problemas de flujo. Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia en la práctica ingenieril los métodos numéricos y en particular los elementos finitos se convierten en la única alternativa práctica de cálculo.

El análisis de elementos finitos para un problema físico puede ser descrito de la siguiente forma:

- El sistema físico se divide en series de elementos que están conectados por un número discreto de puntos nodales, este proceso se denomina “Discretización”
- Una expresión matricial se desarrolla para relacionar las variables nodales de cada elemento. La matriz resultante en cada elemento se conoce como Matriz de rigidez, Para un problema discreto, la matriz de rigidez puede ser generada a partir de un análisis físico simple, para problemas continuos la matriz de rigidez se obtiene mediante un proceso matemático que utiliza técnicas variacionales o métodos de residuos ponderados.
- Las matrices de rigidez se combinan o “ensamblan” para formar un conjunto de ecuaciones algebraicas que describen el sistema global. La matriz de coeficientes del problema global se conoce como Matriz Global, el procedimiento de ensamble se realiza para cumplir condiciones de compatibilidad en la unión de elementos.

- Condiciones de borde son incorporadas dentro de la matriz global.
- El conjunto de ecuaciones algebraica se resuelve mediante algún método matricial adecuado.

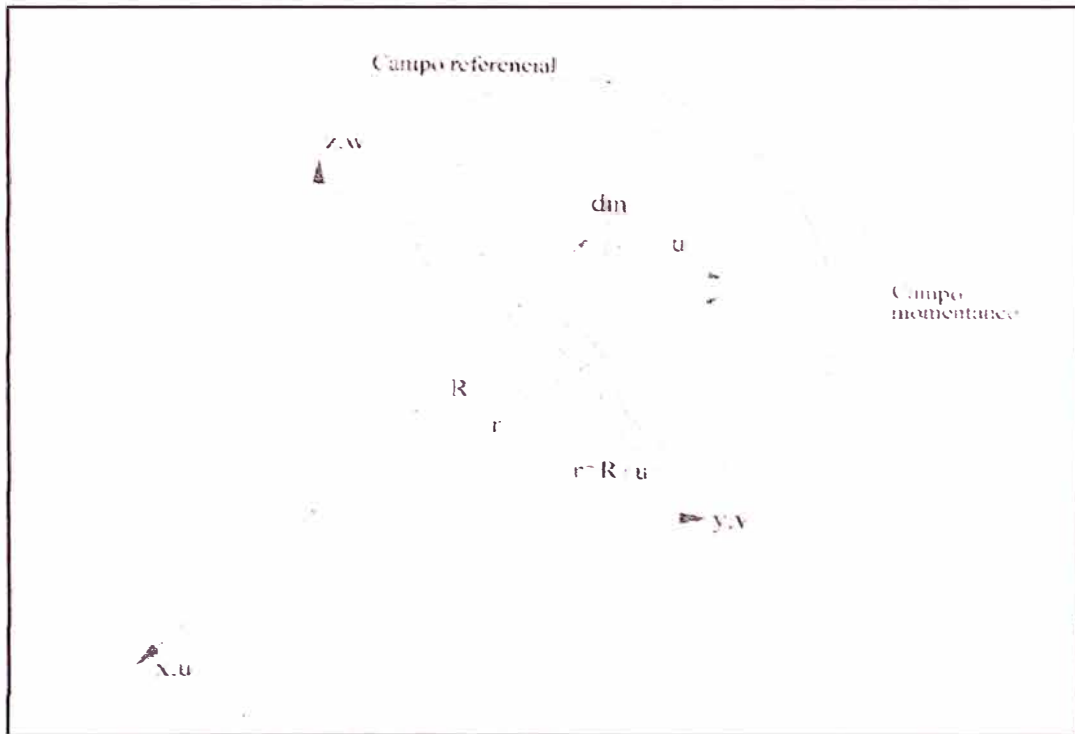
Una importante propiedad del método es la convergencia, si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones.

A pesar de su carácter aproximado, el Método de elementos finitos es una herramienta muy útil que permite realizar una gran cantidad de análisis en componentes y estructuras complejos, dichos análisis serian muy difícil de realizar por los método analíticos clásicos.

3.3.1. Fundamento teórico

Sea un solidó tridimensional como el que se muestra en la figura N° 13, el movimiento de un punto material perteneciente al solidó, queda totalmente definido por las tres componentes del vector desplazamiento u , $u = \{u, v, w\}$ donde u, v, w son los

desplazamientos del punto según los ejes cartesianos x, y, z , respectivamente.



Sólido tridimensional (Fig. 13)

Con el campo de desplazamiento, obtenemos de la teoría de la elasticidad clásica el siguiente campo de deformaciones para el punto material.

$$\varepsilon = (\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz})^T \quad (1)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (2)$$

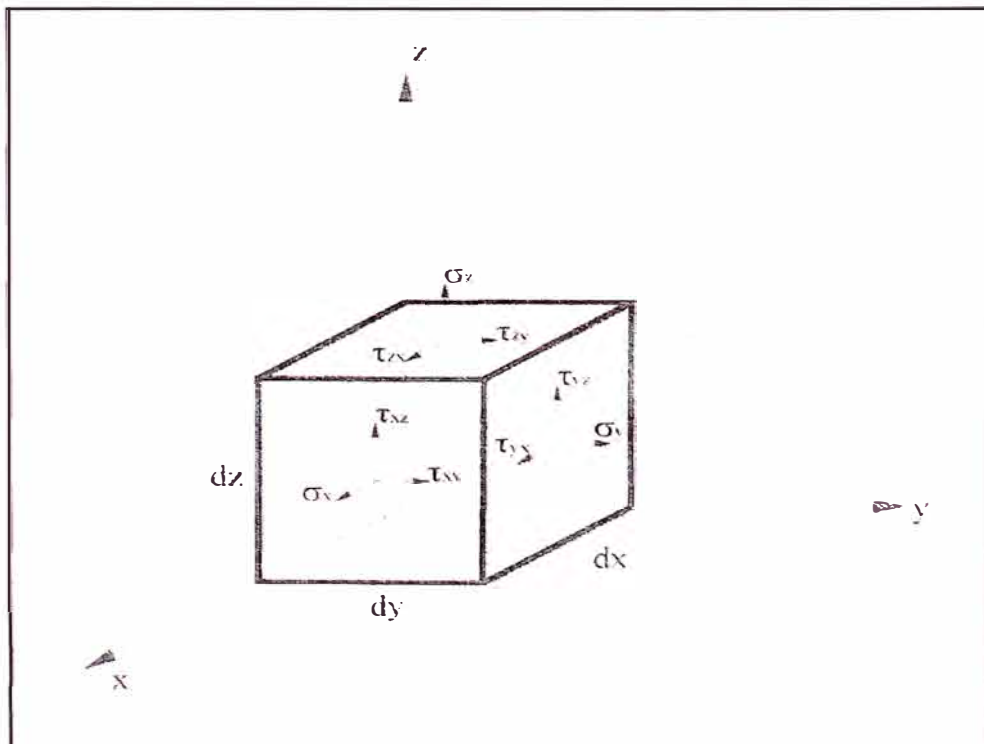
$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \quad (3)$$

Donde $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ son las deformaciones unitarias y $\gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$ son las deformaciones angulares.

El punto material dm esta sometida a un conjunto de 6 componentes de tensión y esta definido de la siguiente manera:

$$\sigma = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz})^T \quad (4)$$

Donde $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ son las tensiones normales y $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ son las tensiones tangenciales o de corte; en la figura 14 se muestra el convenio de signos de dichas tensiones.



Convenio de signos de Einstein (Fig. 14)

La relación entre las seis deformaciones y las seis tensiones viene expresada en el caso más general de elasticidad anisotrópica por una matriz constitutiva de tamaño 6x6 simétrica y con 21 coeficientes independientes. Un caso más simplificado y usual en la práctica es el de la elasticidad isotrópica, el número de coeficientes en la matriz de materiales D se reduce a dos: el módulo de elasticidad E y el coeficiente de Poisson ν . En dicho caso, la ecuación constitutiva puede escribirse directamente (teniendo en cuenta los vectores de deformación y tensiones iniciales) de la siguiente forma:

$$\sigma = D \cdot (\varepsilon - \varepsilon^0) + \sigma^0 \quad (5)$$

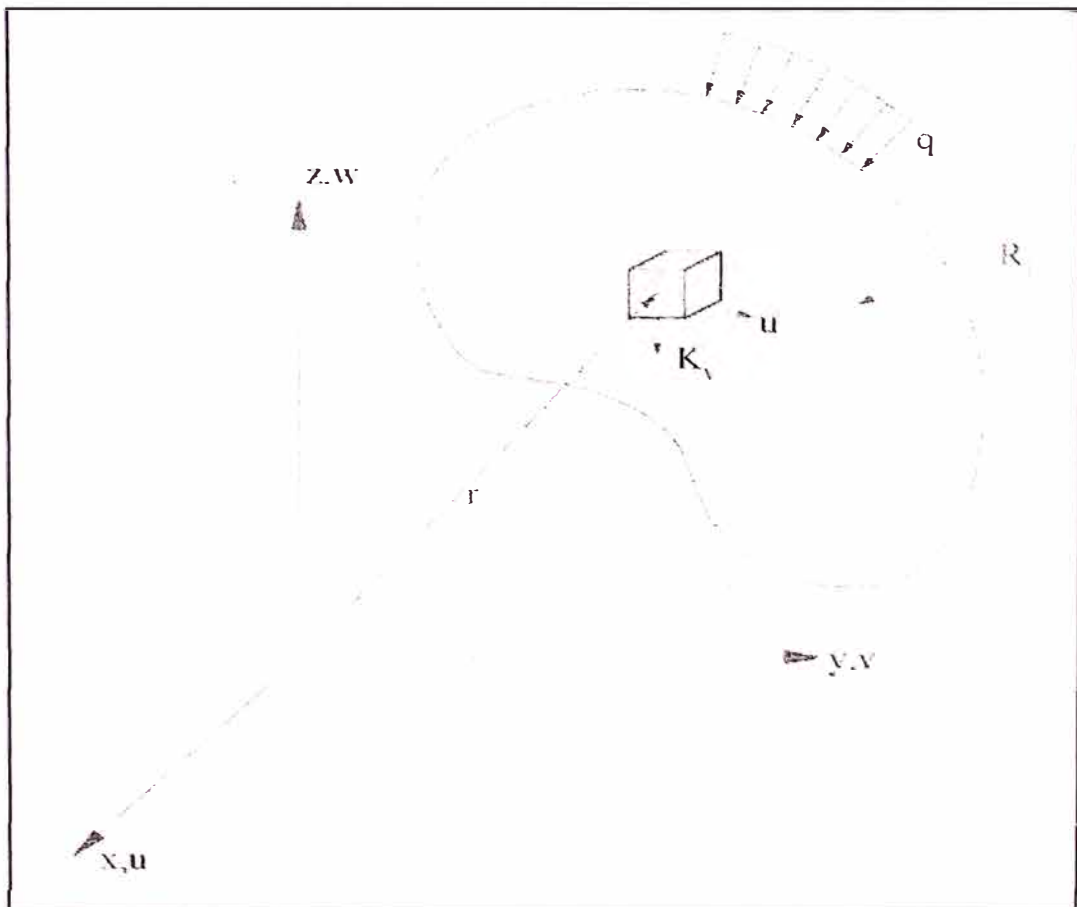
y la matriz constitutiva D (matriz simétrica) viene dada por:

$$D = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 & 0 & 0 \\ & 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 & 0 & 0 \\ & & 1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & 1-2\nu & 0 & 0 \\ & & & & 2(1-\nu) & 0 \\ & & & & & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \\ & & & & & & 1-2\nu \\ & & & & & & & 2(1-\nu) \end{bmatrix} \quad (6)$$

El principio del trabajo virtual (PTV) nos genera el equilibrio dentro del sólido y viene dado por la siguiente expresión:

$$\iiint_V \delta \varepsilon^T \sigma dV = \iiint_V \delta u^T K_v dV + \iint_A \delta u^T q dA + \sum R_i \delta u^T R_i \quad (7)$$

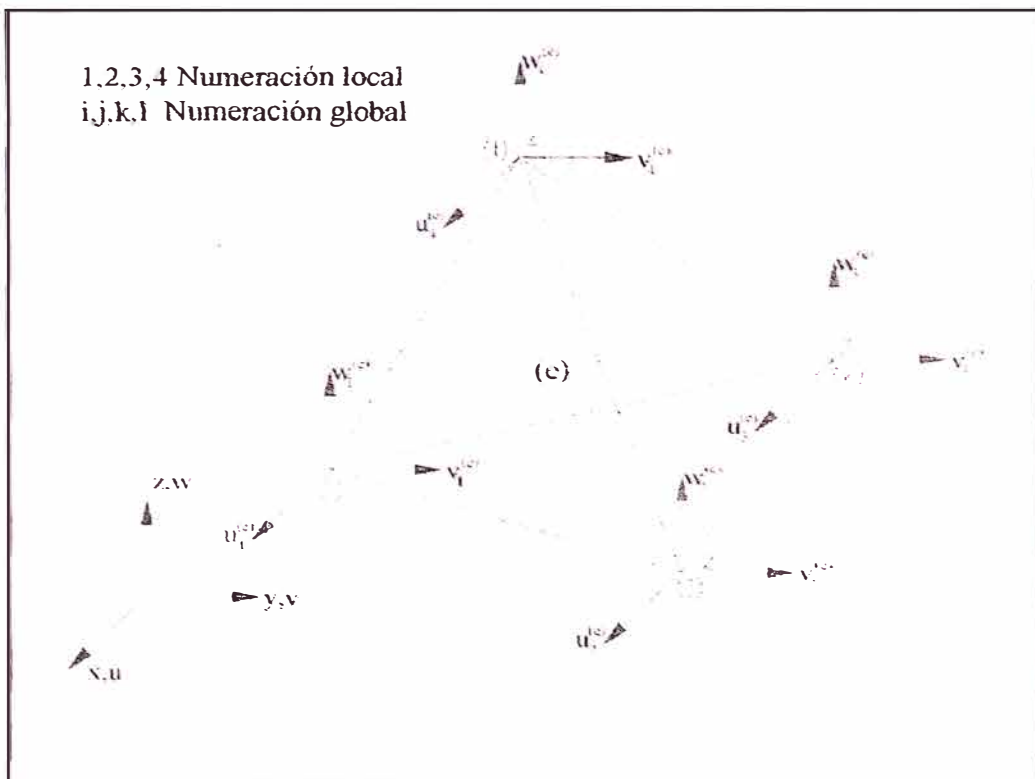
Donde V es el volumen y A la superficie del cuerpo sobre los que actúan las fuerzas de masa K_v , de superficie q y puntuales R_i respectivamente, figura 15.



Principio de trabajo virtual (Fig. 15)

En la expresión de PTV intervienen solo las primeras derivadas de los desplazamientos, lo que exige una continuidad de clase C_0 en la aproximación de los elementos finitos.

En la formulación de los elementos finitos se introducirá las matrices y vectores de un elemento sencillo, como es el tetraédrico de cuatro nodos, que es el análogo del triangular de tres nodos en el caso bidimensional



Elemento tetraedrico (Fig. 16)

Consideremos un sólido tridimensional discretizado en elementos tetraédricos de cuatro nodos. El campo de

desplazamientos en el interior de un elemento se puede aproximar por

$$\mathbf{u} = \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} N_1 u_1 + N_2 u_2 + N_3 u_3 + N_4 u_4 \\ N_1 v_1 + N_2 v_2 + N_3 v_3 + N_4 v_4 \\ N_1 w_1 + N_2 w_2 + N_3 w_3 + N_4 w_4 \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^4 \mathbf{N}_i \mathbf{u}_i^{(e)} = \mathbf{N} \mathbf{u}^{(e)} \quad (8)$$

Donde:

$$\mathbf{N} = [N_1, N_2, N_3, N_4] \quad \mathbf{N}_i = \begin{bmatrix} N_i & 0 & 0 \\ 0 & N_i & 0 \\ 0 & 0 & N_i \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\mathbf{u}^{(e)} = \begin{Bmatrix} u_1^{(e)} \\ u_2^{(e)} \\ u_3^{(e)} \\ u_4^{(e)} \end{Bmatrix}, \quad \mathbf{u}_i^{(e)} = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{Bmatrix} \quad (10)$$

Son las matrices de funciones de formula y vector de desplazamientos de elementos y de un nodo.

La expresión analítica de las funciones de forma N_i se puede obtener de modo similar que en el elemento triangular de tres nodos. Los cuatro nodos del elemento tetraédrico definen una variación lineal de los desplazamientos en los coordenadas xyz de tal forma que:

$$\begin{aligned}
 u &= \alpha_1 + \alpha_2 \cdot x + \alpha_3 \cdot y + \alpha_4 \cdot z \\
 v &= \alpha_5 + \alpha_6 \cdot x + \alpha_7 \cdot y + \alpha_8 \cdot z \\
 w &= \alpha_9 + \alpha_{10} \cdot x + \alpha_{11} \cdot y + \alpha_{12} \cdot z
 \end{aligned} \tag{11}$$

Las constantes α_i se obtienen sustituyendo adecuadamente las coordenadas de los nodos e igualando los desplazamientos a sus valores nodales.

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \alpha_1 + \alpha_2 \cdot x_1 + \alpha_3 \cdot y_1 + \alpha_4 \cdot z_1 \\
 u_2 &= \alpha_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \alpha_3 \cdot y_2 + \alpha_4 \cdot z_2 \\
 u_3 &= \alpha_1 + \alpha_2 \cdot x_3 + \alpha_3 \cdot y_3 + \alpha_4 \cdot z_3 \\
 u_4 &= \alpha_1 + \alpha_2 \cdot x_4 + \alpha_3 \cdot y_4 + \alpha_4 \cdot z_4
 \end{aligned} \tag{12}$$

Resolviendo el sistema anterior y sustituyendo los valores de α_i , se encuentra tras ordenar términos

$$u = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{6V^{(e)}} \cdot (a_i + b_i \cdot x + c_i \cdot y + d_i \cdot z) \cdot u_i \tag{13}$$

De donde se deduce que la función de forma del nodo i es

$$N_i = \frac{1}{\delta V^{(e)}} (a_i + b_i x + c_i y + d_i z) \quad (14)$$

Donde $V^{(e)}$ es el volumen del elemento, y

$$a_i = \det \begin{pmatrix} x_j & y_j & z_j \\ x_k & y_k & z_k \\ x_l & y_l & z_l \end{pmatrix} \quad b_i = -\det \begin{pmatrix} 1 & y_j & z_j \\ 1 & y_k & z_k \\ 1 & y_l & z_l \end{pmatrix}$$

$$c_i = \det \begin{pmatrix} x_j & 1 & z_j \\ x_k & 1 & z_k \\ x_l & 1 & z_l \end{pmatrix} \quad d_i = -\det \begin{pmatrix} x_j & y_j & 1 \\ x_k & y_k & 1 \\ x_l & y_l & 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Obteniéndose los distintos coeficientes para los valores de $i = 1, 2, 3, 4$ mediante la adecuada permutación cíclica de los subíndices i, j, k, l .

Sustituyendo el valor aproximado del campo de desplazamiento en la definición del campo de deformaciones obtenemos la siguiente relación:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^4 \begin{pmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \cdot u_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \cdot v_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \cdot w_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \cdot u_i + \frac{\partial N_i}{\partial x} \cdot v_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \cdot u_i + \frac{\partial N_i}{\partial x} \cdot w_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \cdot v_i + \frac{\partial N_i}{\partial y} \cdot w_i \end{pmatrix} \quad \varepsilon = \sum_{i=1}^4 B_i \cdot u_i^{(e)} \quad \varepsilon = B \cdot u^{(e)} \quad (16)$$

Donde B es la matriz de deformación dado por $B = (B_1 \ B_2 \ B_3 \ B_4)$ siendo B_i la matriz de deformación del nodo i, con

$$B_i = \begin{pmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial N_i}{\partial z} \\ \frac{\partial N_i}{\partial x} & \frac{\partial N_i}{\partial y} & 0 \\ \frac{\partial N_i}{\partial x} & 0 & \frac{\partial N_i}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial y} & \frac{\partial N_i}{\partial z} \end{pmatrix} \quad B_i = \frac{1}{eV^{(e)}} \begin{pmatrix} b_i & 0 & 0 \\ 0 & c_i & 0 \\ 0 & 0 & d_i \\ c_i & b_i & 0 \\ d_i & 0 & b_i \\ 0 & d_i & c_i \end{pmatrix} \quad (17)$$

Sustituyendo en la ecuación del PTV (principio del trabajo virtual) particularizada para un solo elemento y haciendo uso de (7) y (15) se obtiene la ecuación de equilibrio del elemento dado por:

$$K^{(e)} \cdot u^{(e)} - f^e = q^{(e)}$$

Donde $K^{(e)}$ es la matriz de rigidez del elemento, f^e es el vector de fuerza equivalentes nodales y $q^{(e)}$ es el vector de fuerzas nodales de equilibrio (que desaparecen en el ensamblaje).

La matriz de rigidez para el elemento tetraédrico de 4 nodos se puede encontrar de una forma explicita sencilla de $K^{(e)}_{ij}$ puesto que todas las cantidades subintegrales son constantes, como:

$$K_{ij}^{(e)} = B_i^T D B_j V^{(e)}$$

El vector de fuerzas nodales equivalentes $f^{(e)}$ tiene la expresión siguiente :

$$f^{(e)} = \iiint_{V^{(e)}} N^T K_v dV + \iint_{A^{(e)}} N^T q dA + \iiint_{V^{(e)}} B^T D \varepsilon^0 dV - \iiint_{V^{(e)}} B^T \sigma^0 dV$$

Donde la primera integral representa el vector de fuerza de volumen; la segunda el de fuerza de superficie; y la tercera y cuarta los vectores de fuerzas debidas a deformaciones y tensiones iniciales, respectivamente.

La aproximación lineal del elemento tetraédrico de cuatro nodos le confiere una precisión limitada ya que solo puede modelar exactamente un campo de tensiones o deformaciones uniformes. Esto implica que en zonas donde se prevean gradientes de tensiones elevados será necesario utilizar mallas mas finas.

Otra peculiaridad inherente al elemento tetraédrico, es la dificultad de la discretización de un sólido en una malla de tetraedros. Esto puede ser un grave problema para el análisis de sólidos con geometría irregular y en particular si se desean efectuar varios análisis sucesivos de forma adaptable. Todo ello ha motivado el desarrollo de preprocesadores para automatizar al máximo el proceso de discretización.

3.4. Criterios de falla

Una pieza, elemento de maquina o estructura, falla cuando deja de cumplir las funciones para la cual ha sido diseñado, debido a cargas de presión, tracción, compresión, torsión, flexión o una combinación de ellas, de forma tal que para un cierto punto del material se producen

tensiones en más de una dirección. Para una determinada relación de valores, tales tensiones combinadas pueden causar fluencia, fractura o inestabilidad del material, pudiendo ser tres tipos de falla; por resistencia, deformación y estabilidad

- En fallas por resistencia se producen esfuerzos de tal magnitud que superan los límites de la resistencia de material. Estos límites están dados por la fluencia en materiales dúctiles y por la rotura de materiales frágiles. Cuando se diseña un elemento de tal manera que en ningún punto de él se alcance la resistencia límite del material, se dice que el elemento se calcula por resistencia.
- En la falla por deformación el elemento alcanza deformaciones que sobrepasan valores de deformación permisible aun sin haber alcanzado los límites de resistencia de material. Cuando se diseña un elemento de tal manera que esto no ocurra se dice que el cálculo es por rigidez.
- En la falla por estabilidad el estado de equilibrio del elemento alcanza un nivel de inestabilidad tal que se produce un cambio brusco a un nivel de equilibrio más estable. Este cambio va acompañado generalmente de grandes deformaciones que hacen que el elemento colapse.

Un material dado puede fallar por cualquiera de estos motivos, dependiendo de sus propiedades y del estado de tensiones, de modo que en general debe ser considerada la posibilidad de que cualquiera de los tres eventos ocurra primero.

La predicción de límites seguros para el uso del material, bajo tensiones combinadas requiere la aplicación de algún criterio de falla.

3.4.1. Criterio de esfuerzo normal máximo

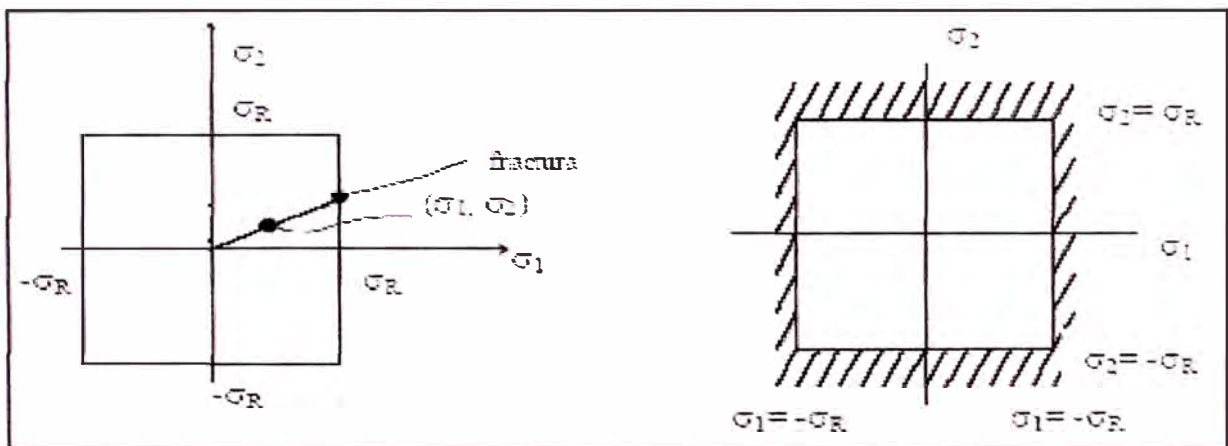
Este criterio dice:

“La falla se produce cuando el esfuerzo normal máximo alcanza el esfuerzo límite del material obtenido en un ensayo de tracción”

La manera mas simple de extender el concepto de falla es utilizado en el análisis de las barras sometidas a cargas axiales a estados mas complejos de esfuerzos consiste en compara el esfuerzo principal máximo en un punto con el esfuerzo ultimo determinado bajo carga axial. Esto se denomina Criterio de esfuerzo normal máximo, expresado matemáticamente, este criterio establece que la falla ocurre cuando:

$$\text{Max} (|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|) = \sigma_R$$

El uso de valores absolutos significa que los materiales que siguen este criterio tienen la misma resistencia en tensión y en compresión.

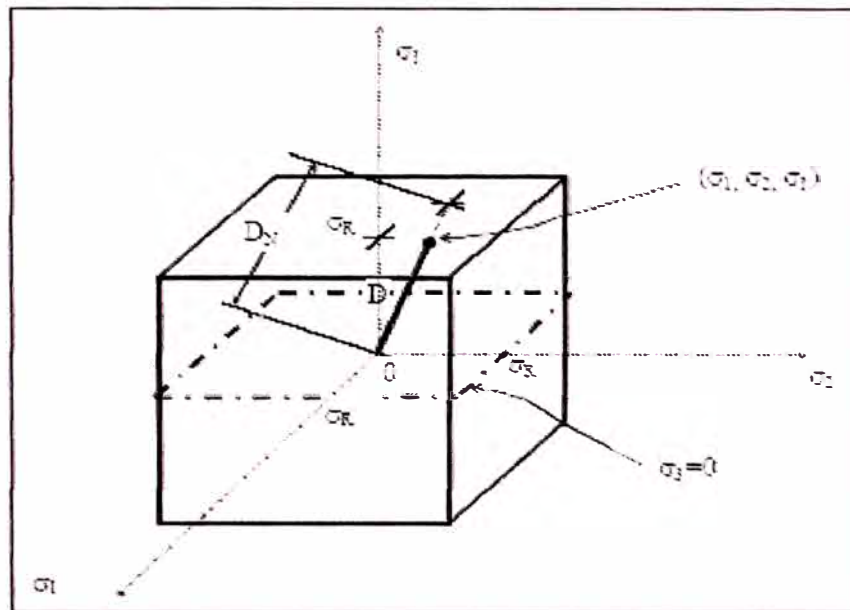


Localización de falla (Fig. 17)

Para el caso general, donde las tres tensiones principales pueden ser distintas de cero, la región segura es la acotada por:

$$\sigma_1 = \pm \sigma_R, \quad \sigma_2 = \pm \sigma_R, \quad \sigma_3 = \pm \sigma_R.$$

Cada una de las cantidades de arriba representa un par de planos paralelos normales a uno de los ejes principales e interceptan cada uno en $+\sigma_R$ y $-\sigma_R$. La superficie de falla es asimismo un simple cubo



Superficie de falla trimencional (Fig. 18)

Los resultados experimentales indican que este criterio arroja buenos resultados para materiales frágiles que no tienen fluencia ni experimentan mucha deformación plástica, en dicho caso el esfuerzo límite corresponde al esfuerzo de rotura.

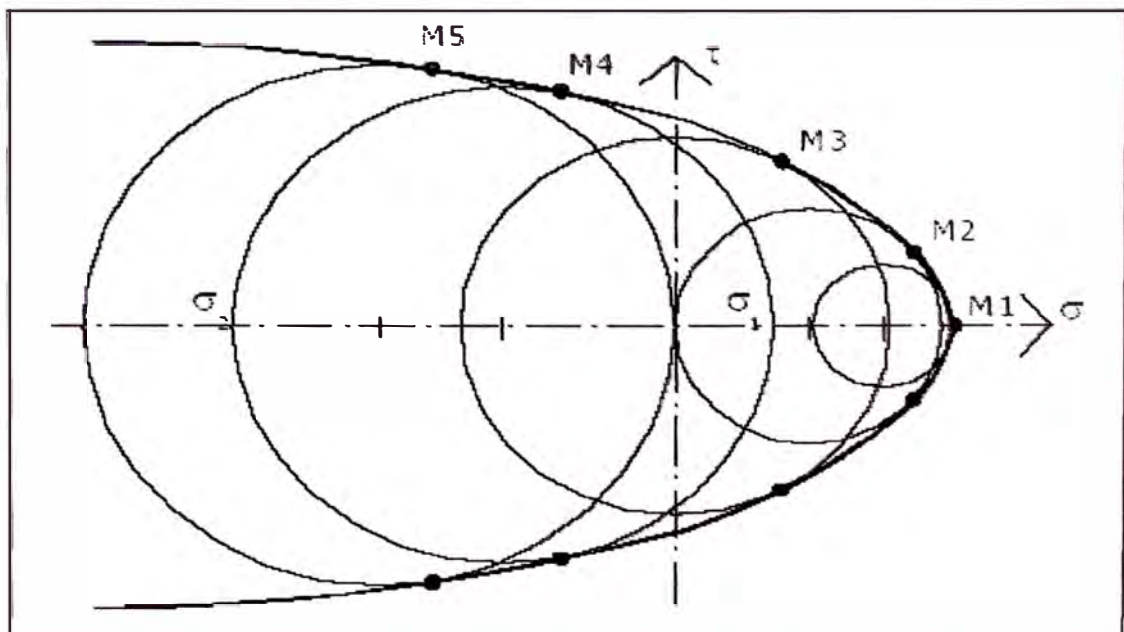
3.4.2. Criterio de falla de Mohr

Hay muchos materiales cuyas resistencias a la fractura en tensión y compresión difieren, y que requieren por tanto, un criterio diferente al de Esfuerzo normal máximo, El criterio de Mohr establece una envolvente de falla;

“Los límites de fluencia y de rotura de un material quedan definidos por las tensiones que desarrollan en los planos de

deslizamientos y fractura. La tensión tangencial en el plano de fractura o escurrimiento alcanza para el estado limite un valor máximo, que es función de la correspondiente tensión normal y de las características del material”.

Supongamos un punto sujeto a un determinado estado de tensión y hagamos crecer las tensiones principales σ_1 y σ_2 hasta alcanzar la rotura si se trata de un material frágil, o el comienzo de la fluencia si es dúctil. Alcanzando el estado de rotura dibujemos la circunferencia de Mohr. Repitiendo el concepto para otros estados de tensión obtendremos toda una familia de circunferencias que corresponden a estados de rotura. La curva envolvente se denomina “envolvente de Mohr o curva de resistencia intrínseca”.



Envolvente de Mohr (Fig. 19)

Dado un estado de tensión, el mismo será determinante de la rotura o fluencia si la circunferencia de Mohr corta la curva o es tangente a la misma.

La dificultad de esta teoría radica en que la curva intrínseca puede conocerse en forma experimental, sin embargo, tiene una ventaja importante en cuanto a que es mas general que las otras siendo aplicable tanto a materiales dúctiles como frágiles, aunque responde más a las características de rotura de los últimos.

3.4.3. Criterio de Tresca

Este criterio fue aparentemente propuesto por el científico Francés Charles Augustin Coulomb en 1773, sin embargo fue Henry Tresca quien lo menciona formalmente en 1868 de la siguiente manera:

“Un material falla cuando el esfuerzo cortante máximo resiste igual a el valor del esfuerzo cortante de una probeta sometida a tracción en el momento de la fluencia”

$$\tau_f = \tau_{m\acute{a}x}. \text{ (en la fluencia)}$$

Esta es la base del criterio de Tresca, también conocido como “Criterio de la máxima tensión tangencial”.

$$\tau_f = \text{MAX} \left\{ \frac{|\sigma_1 - \sigma_2|}{2}, \frac{|\sigma_2 - \sigma_3|}{2}, \frac{|\sigma_3 - \sigma_1|}{2} \right\}$$

El esfuerzo cortante en el inicio de la fluencia, se relaciona con el esfuerzo normal mediante:

$$\tau_f = \sigma_f / 2$$

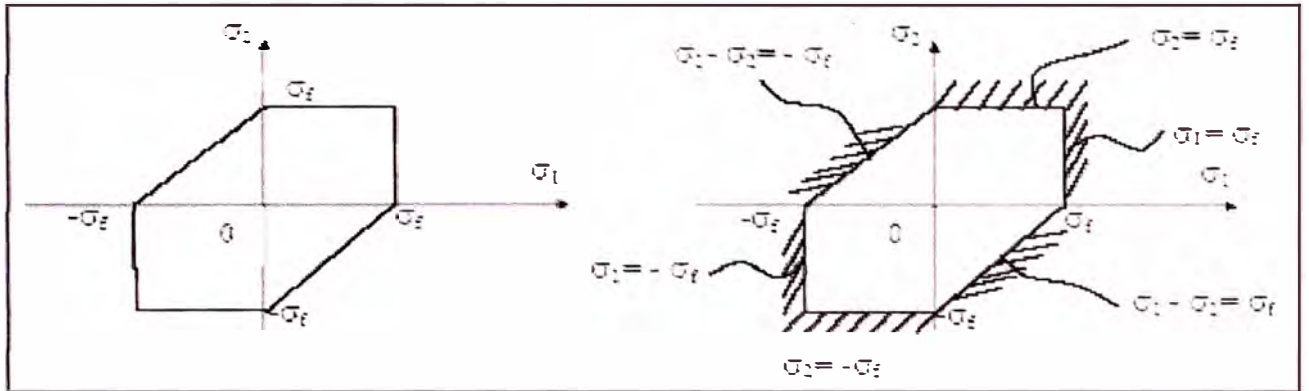
Entonces:

$$\sigma_f = \text{MAX} \{ |\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1| \}$$

La región de no fluencia, donde $\sigma_s < \sigma_f$, es así la región acotada por dos líneas:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \pm \sigma_f ; \quad \sigma_2 = \pm \sigma_f ; \quad \sigma_1 = \pm \sigma_f$$

Localización de la falla para el criterio de la máxima tensión tangencial.



Frontera de falla para el criterio de Tresca (Fig. 20)

Para metales, tal aproximación es lógica, basada en el hecho que los mecanismos de fluencia en una escala microscópica son deslizamientos de planos de cristales, la cual es una deformación por corte que se espera sea controlada por las tensiones de corte.

3.4.4. Criterio de Von Mises

Este criterio se basa en conceptos de energía de deformación, la energía total de deformación se puede dividir en dos partes; una relacionada con los cambios volumétricos del material y otra que causa distorsiones por corte, a partir de ello se hace el siguiente enunciado, que constituye el criterio de falla de Von Mises.

“La falla se produce si el valor de la energía de distorsión por unidad de volumen del material es igual a la energía de distorsión por unidad de volumen requerida para causar fluencia en una probeta de prueba a tracción del mismo material”

El italiano E. Beltrami en 1885 intento utilizar la energía total de deformación como criterio de fluencia, en 1904 el Polaco M.T. Huber propuso la teoría en su forma actual y posteriormente fueron el Aleman R. Von Mises en 1913 y el americano H. Hencky en 1925 quienes lo desarrollaron y explicaron más a fondo.

La energía de distorsión (o energía por variación de forma) por unidad de volumen en base a las tensiones principales viene dada por:

$$U = (1+\mu)/6E [(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2]$$

Para el caso de tracción pura ($\sigma_2 = \sigma_3 = 0$) la energía de distorsión será:

$$U_d = (1+\mu)/3E \sigma_1^2$$

Por consiguiente en el instante de la fluencia la energía de distorsión será:

$$U_{df} = (1+\mu)/3E \sigma_f^2$$

Según el criterio de máxima energía de deformación se produce falla si:

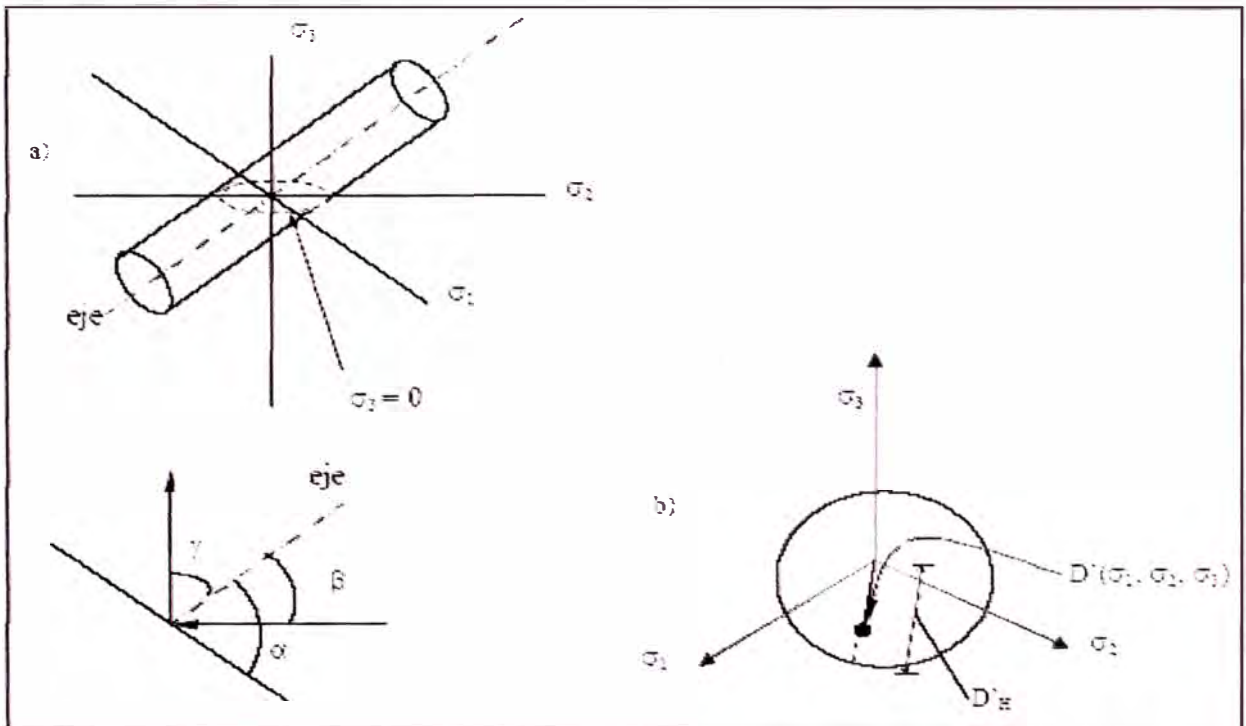
$$(1+\mu)/6E [(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2] < (1+\mu)/3E \sigma_f^2$$

Con lo que se cumple:

$$[(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2] < 2\sigma_f^2$$

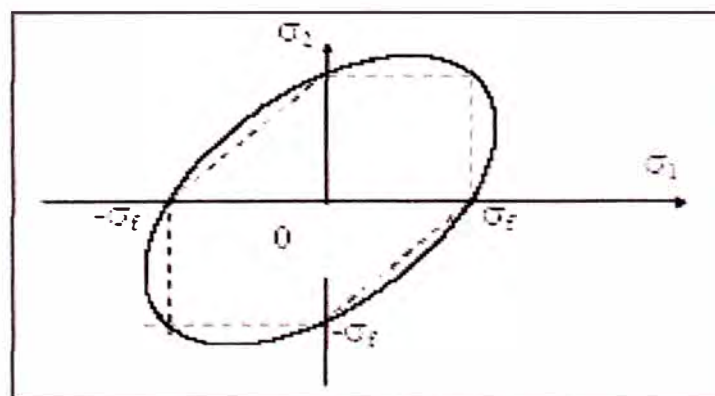
Para el caso general, dónde las tres tensiones principales pueden ser distintas de cero, el contorno de la región de no falla, representa una superficie cilíndrica circular con su eje a lo largo de la línea $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$, la vista a lo largo del eje del cilindro da un círculo.

Si cualquiera de las tensiones $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$, es cero, entonces la intersección de la superficie cilíndrica con el plano de las dos tensiones principales restantes da la elipse.

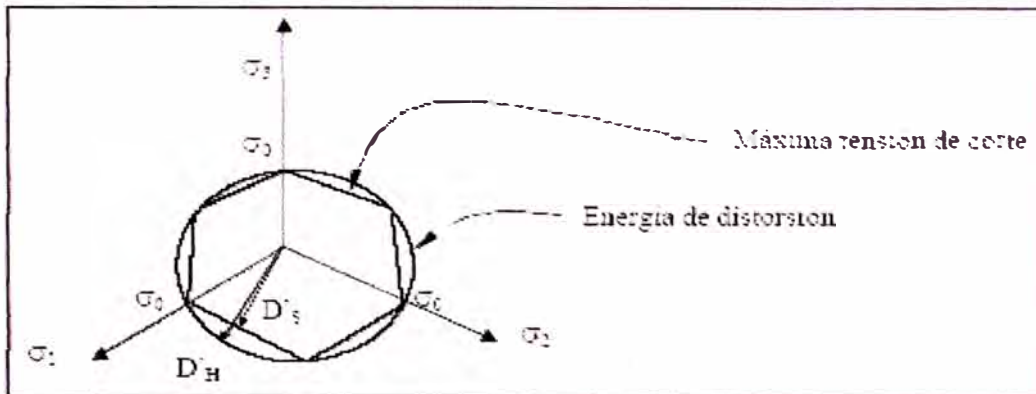


Superficie de falla tridimensional (Fig. 21)

En la siguiente figura, la elipse con su eje mayor a lo largo de la línea $\sigma_1 = \sigma_2$ la cual cruza los ejes en los puntos $\pm\sigma_f$. Nótese que la elipse tiene inscrito dentro el hexágono distorsionado del criterio de la máxima tensión tangencial.



Localización de fallas (Fig. 22)



Comparación de criterios de falla (Fig. 23)

El Factor de seguridad es la relación numérica entre el esfuerzo límite del material y el esfuerzo de trabajo actuante. Este “esfuerzo de trabajo” corresponde en general al esfuerzo equivalente calculado a través de algún criterio de falla adecuado.

El Factor de seguridad se da por recomendación, por experiencia o son determinados por normas de diseño correspondientes.

3.5. Herramientas CAD CAE

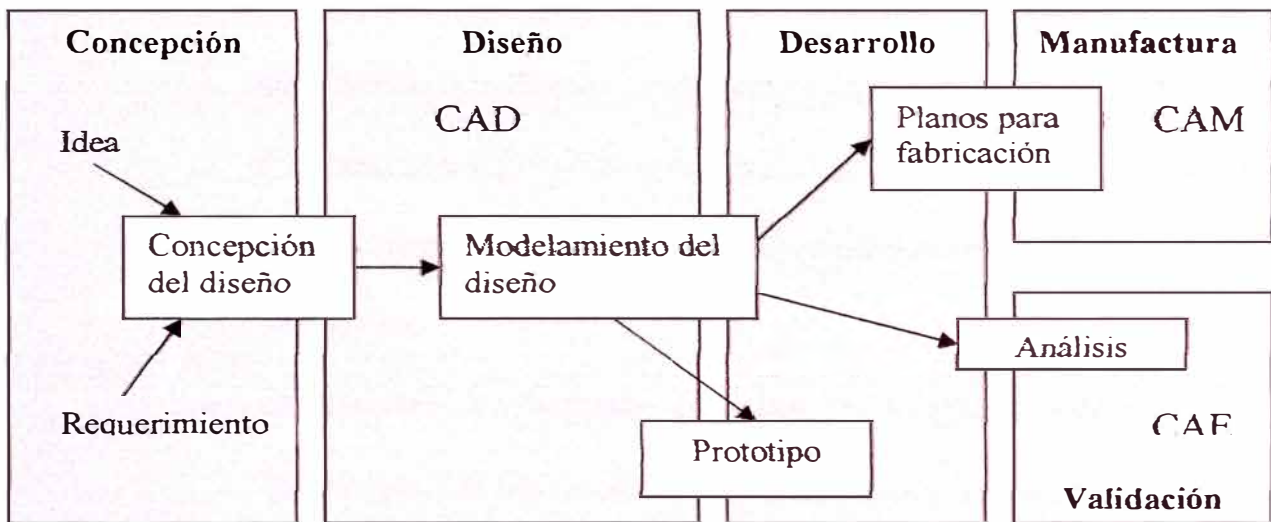
El diseño asistido por computadora **CAD** (Computer Aided Design), es una herramienta principal para la creación de entidades geométricas que involucra software y algunas veces hardware especiales. Los paquetes actuales varían desde aplicaciones basadas en vectores y sistemas de dibujo en 2 dimensiones (2D) hasta modeladores en 3 dimensiones (3D)

a través del uso de modeladores de sólidos y superficies paramétricas. Se trata básicamente de una base de datos de entidades geométricas con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones para obtener un modelo numérico de un objeto o conjunto de ellos.

La ingeniería asistida por computadora **CAE** (Computer Aided Engineering), dispone de programas que permiten calcular como va a comportarse la pieza en realidad, en aspectos como deformaciones, resistencias, características térmicas, vibraciones etc. Es necesario pasar la geometría creada en el entorno CAD al sistema CAE. Usualmente se trabaja con el método de elementos finitos siendo necesario mallar la pieza en pequeños elementos y el cálculo que se lleva a término sirve para determinar las interacciones entre los elementos, este método permite en un computador, la búsqueda de una solución aproximada suficientemente válida a costa de despreciar la continuidad de la materia que obligaría a integrar ecuaciones diferenciales de difícil resolución.

La manufactura asistida por computadora CAM (Computer Aided Manufacturing), implica el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en todas las fases de la manufactura de un producto, incluyendo la planeación del proceso, la producción, maquinado y control de calidad. El sistema CAM abarca muchas de las

tecnologías. Debido a sus ventajas, se suelen combinar el diseño y la manufactura asistidos por computadora en los sistemas CAD/CAM.



Integración de CAD, CAE y CAM (Fig. 24)

En resumen, el software CAD asiste al diseño, se modelara objetos en tres dimensiones, con uno de CAE asiste a la ingeniería, se analizara esos objetos, sus propiedades y resistencias a distintos esfuerzos y finalmente se usara el software CAM que asiste en el proceso de mecanizado o manufactura para fabricar el producto final, logrando mínimo desperdicio de material y máxima eficiencia en tiempos de elaboración.

Alguno softwares comerciales de CAD / CAE:

- AUTOCAD.- Programa de CAD genérico.
- SOLIDWORKS.- Programa de CAD para diseño mecánico.
- COSMOS/Motion.- Herramienta de análisis por elementos finitos que incluye simulación cinemática y dinámica de mecanismos.
- COSMOS/designSTAR.- Herramienta de análisis por elementos finitos que combina con los programas de diseño 3D mas habituales.
- COSMOS/M.- Incluye análisis de carga, desplazamiento, frecuencia, transferencia de calor fatiga y no lineal.
- SAP2000.- Calculo de estructuras por elementos finitos.
- ABAQUS.- Permite análisis por elementos finitos de propósito general.
- ANSYS.- Emplea técnicas de elementos finitos a diferentes campos como mecánico, térmico, estructural, magnético.
- FEMCOS.- incluye un pre procesador que permite la generación interactiva tanto de geometría como de mallados incluyendo técnicas de subestructura/superelemento.
- ALGOR.- permite hacer análisis estáticos con elementos lineales y no lineales, análisis de transmisión de calor electrostáticas y de ingeniería civil entre otros.
- ADINA.- Permite análisis de sólidos, estructuras, fluidos y flujos de fluidos con interacciones estructurales.

3.6. Etapas de aplicación

Para la aplicación correcta del Análisis estructural por el método de elementos finitos se requiere:

- Desarrollar una estrategia global para la creación del modelo.
- Tener conocimiento a priori de la estructura a analizar.
- Comparar el comportamiento de la estructura idealizada con el comportamiento esperado de la estructura real.

La estructura básica de los programas de análisis por elementos finitos al cálculo de estructura implica tres etapas de actividades.

3.6.1. Pre procesamiento

En esta etapa se define el problema a resolver e implica la preparación de los datos

- Creación de la geometría del modelo, esta debe representar lo mas fielmente al cuerpo real (modelo fisico) en estudio
- Selección de las características geométricas y mecánicas del material, como, momentos de inercia, modulo de elasticidad, coeficiente de poisson para cada elemento del modelo.

- Selección del tipo de elemento finito, dentro de la librería del software, dependiendo del tipo de elemento a simular como barra, viga, placas, elemento sólidos.

3.6.2. Procesamiento

Implica la generación y la modificación de la rigidez, en esta etapa se asigna el tipo de análisis aplicado a la estructura, las condiciones de contorno del modelo, las cargas aplicadas y se resuelve los sistemas de ecuaciones resultantes de la etapa anterior. Los tipos de análisis que se realiza destacan:

- Análisis estático, determina desplazamientos, tensiones, deformaciones etc. en la estructura analizada
- Análisis modal, incluye la determinación de frecuencia natural y modos de vibración.
- Análisis armónico, usado para determinar la respuesta de una estructura sometida a cargas que varían armónicamente con el tiempo.
- Análisis de pandeo, usada para calcular cargas críticas y deformaciones debido al pandeo

3.6.3. Post procesamiento

Es la etapa de presentación e interpretación de los resultados numéricos obtenidos en la etapa anterior, es esta etapa los resultado obtenidos no necesariamente son correctos

CAPITULO 4

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 Requerimiento de unidades para transporte de carga a través de la línea férrea.

La longitud de un tren de carga esta definido por la capacidad de arrastre de las locomotoras que pueden estar sincronizadas (duplicando o triplicando la potencia de arrastre) y la vía férrea (longitud de los zig zag y los topes).

El límite de carga a través de la línea férrea lo dan el tipo de riel que tiene las vías y la capacidad de los puentes.

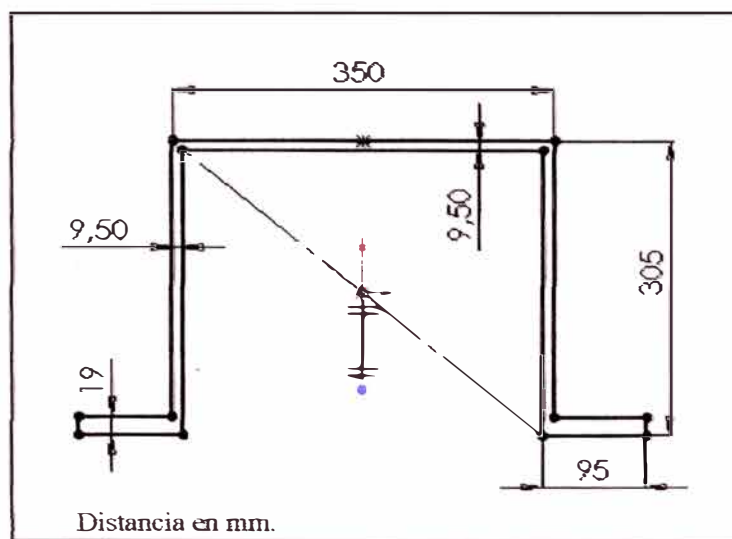
Para que el transporte a través de la línea férrea sea más eficiente, es necesario que las unidades de transporte tengan mayor capacidad de carga, se necesita tener unidades que transportan 70 toneladas de carga para que reemplacen a las de 40 o 50 toneladas de capacidad máxima.

4.2 Estado inicial de las plataformas

Las plataformas que se tiene a disposición son unidades que por las características de su estructura, son similares a las plataformas que tienen 33 toneladas de capacidad máxima.

Estas Plataformas cuentan con una viga central de 12" de alto constante a lo largo de toda la estructura, esta viga central es la que por la parte superior soporta el piso con el peso de la carga y en el inferior están los dos puntos de apoyo.

Las plataformas a analizar tienen como piso planchas de $\frac{1}{2}$ " de espesor a diferencia de las otras plataformas que transportan 33 y 50 toneladas las planchas del piso son de $\frac{1}{4}$ " de espesor.



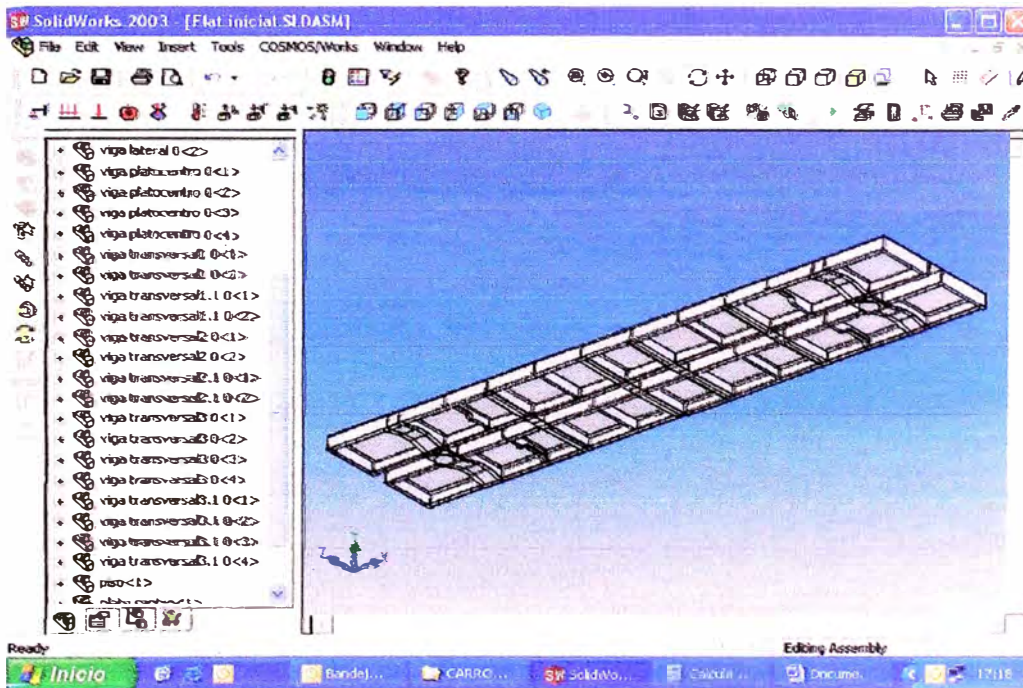
Viga central inicial (Fig. 25)

4.2.1 Pre procesamiento

Se dibuja el modelo lo mas fielmente al cuerpo real, se señala las condiciones de contorno y la carga aplicada para poder hacer las simulaciones.

4.2.1.1 Determinación del modelo geométrico

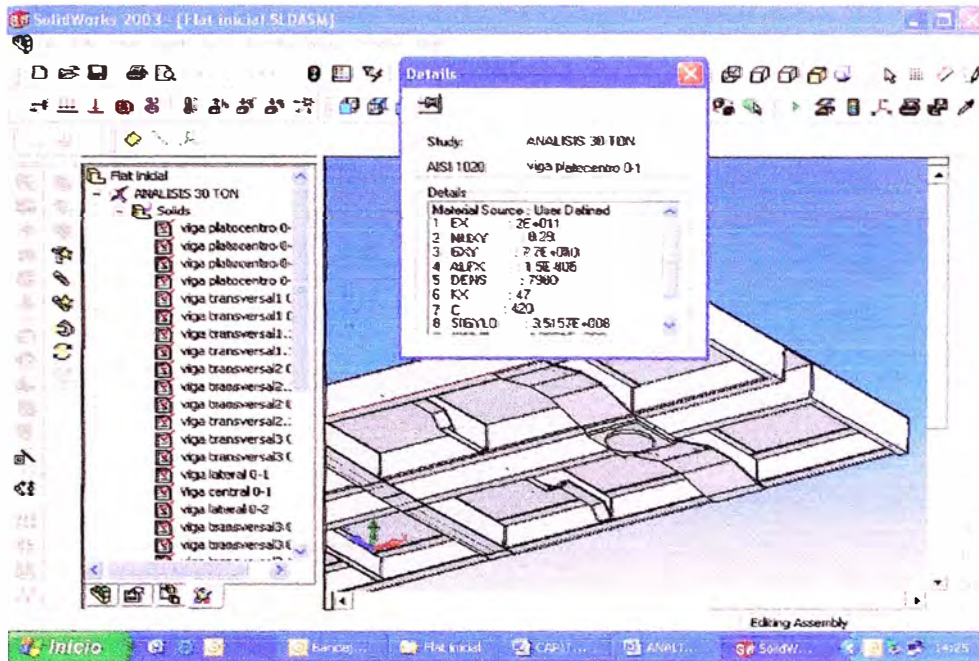
Se dibuja el modelo de la plataforma a analizar.



Plataforma original (Fig. 26)

4.2.1.2 Definición del material

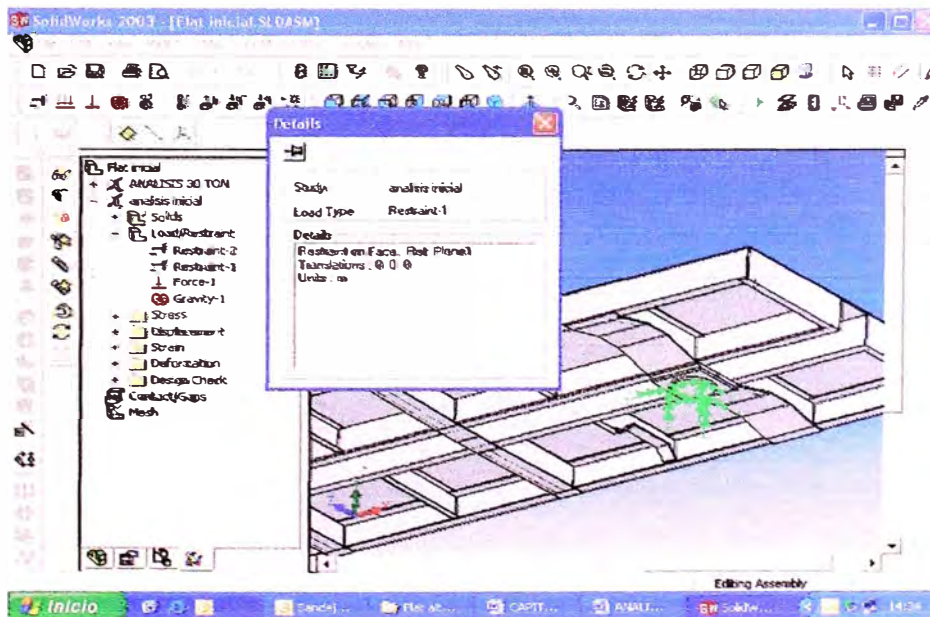
Se define el material, considerando que es isotrópico y homogéneo, según el análisis realizado, el acero de la plataforma tiene características del acero AISI 1020.



Asignación de material (Fig. 27)

4.2.1.3 Definición de las restricciones

Las restricciones son consideradas en los dos puntos de apoyo que tiene la plataforma denominados “Platos Centro”

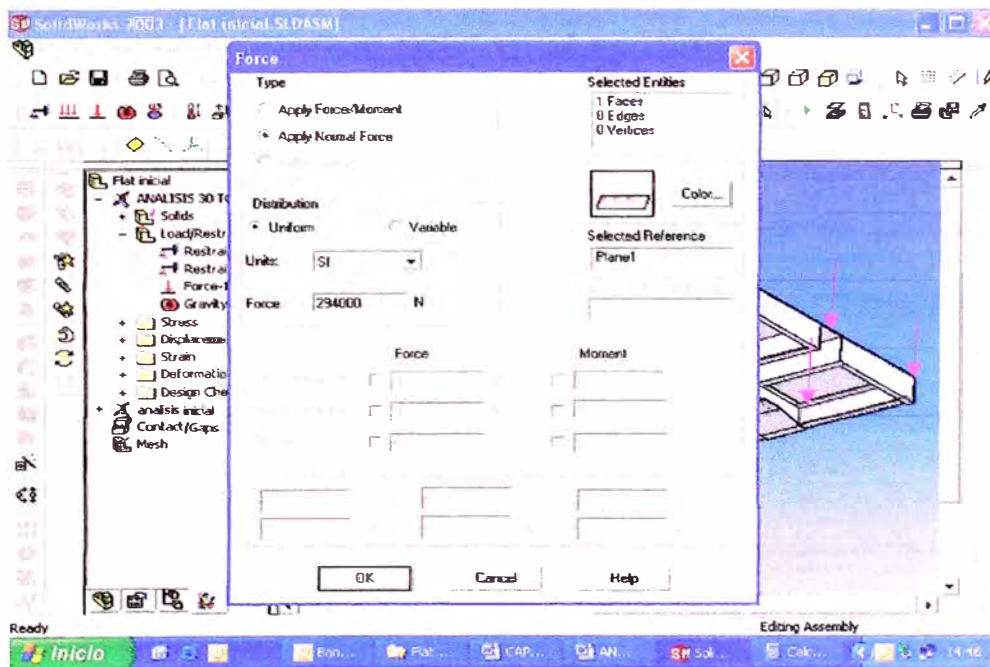


Restricción en puntos de apoyo (Fig. 28)

4.2.1.4 Determinación de las cargas actuantes

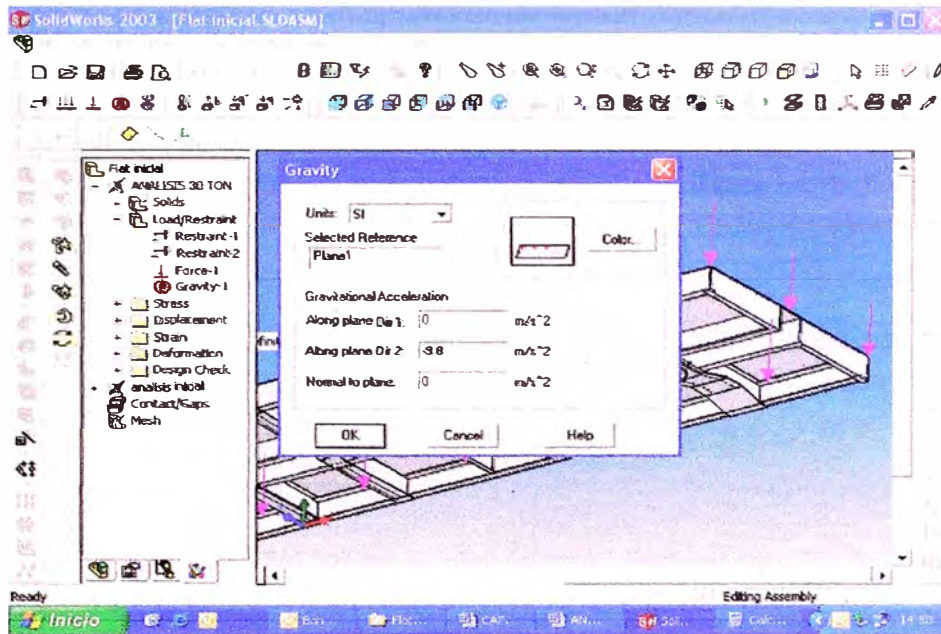
Para el análisis estático que se realiza, se considera dos tipos de cargas actuantes, el peso propio de la estructura y el tonelaje de carga que transporta.

La carga considerada como permisible en ese tipo de vagón es de 30 toneladas (294000 N) distribuidos homogéneamente sobre el piso de la plataforma.



Asignación de carga inicial (Fig. 29)

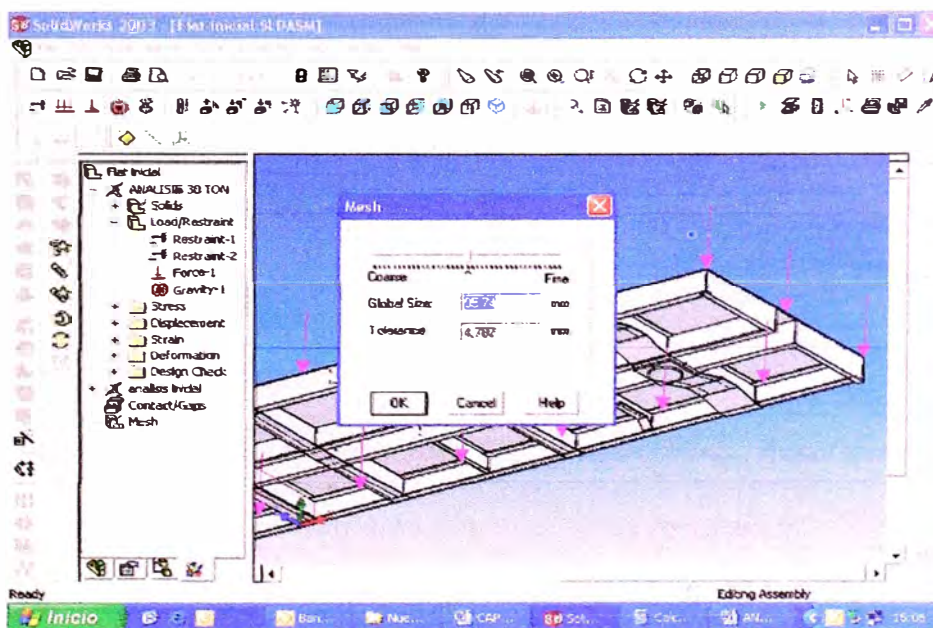
Para la carga producida por el peso propio se considera la aceleración de la gravedad de 9.8 m/s^2



Peso propio (Fig. 30)

4.2.1.5 Mallado del modelo

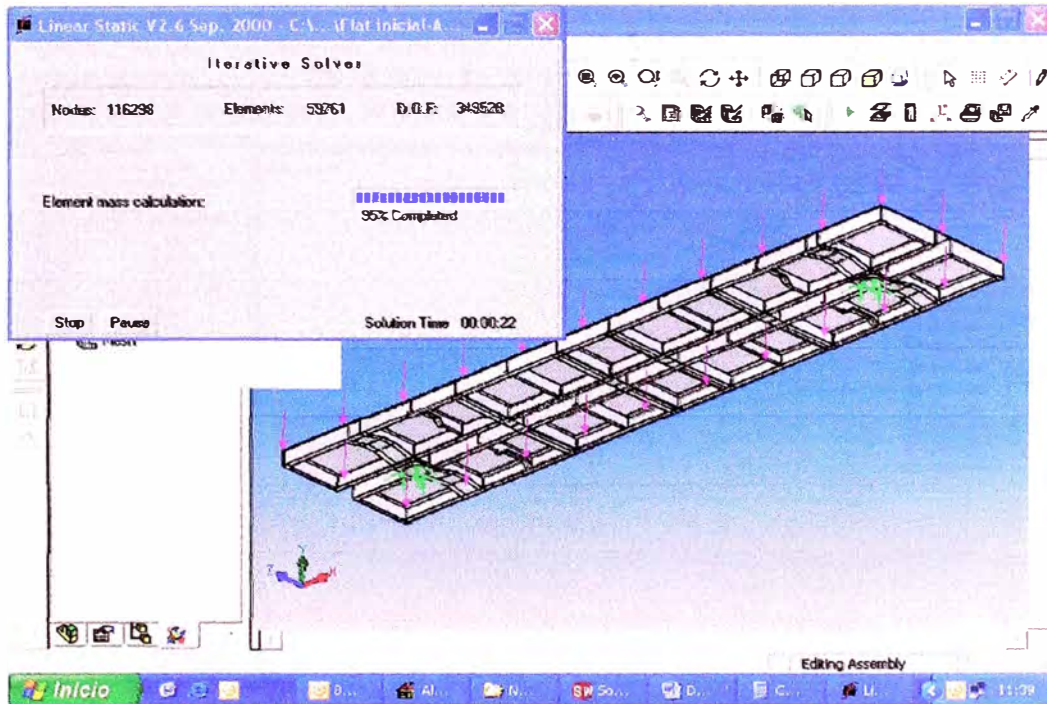
Para el mallado se toma cada elemento como Tetraedro de 10 nodos con tres grados de libertad por nodo, “Tetra 10”



Modelo solidó mallado (Fig. 31)

4.2.2 Procesamiento

En esta etapa se resuelve las ecuaciones que se forman con la matriz de rigidez, las cargas aplicadas y las restricciones.



Resolución de matriz de rigidez (Fig. 32)

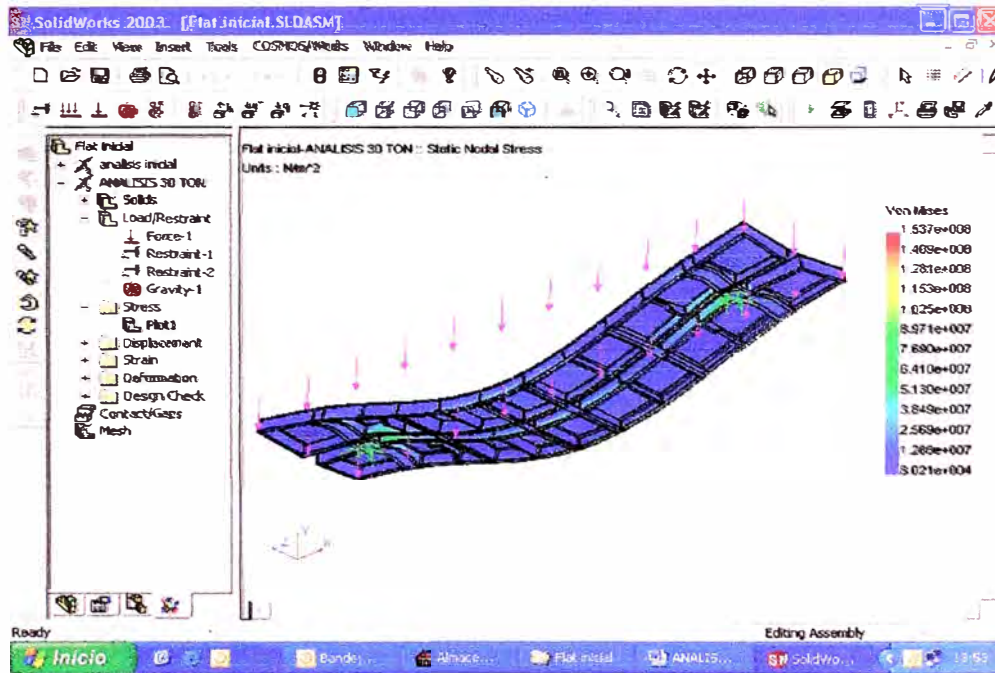
El orden de la matriz de rigidez es de 348,528 grados de libertad, con 116,298 nodos y 59,761 elementos.

4.2.3 Post procesamiento

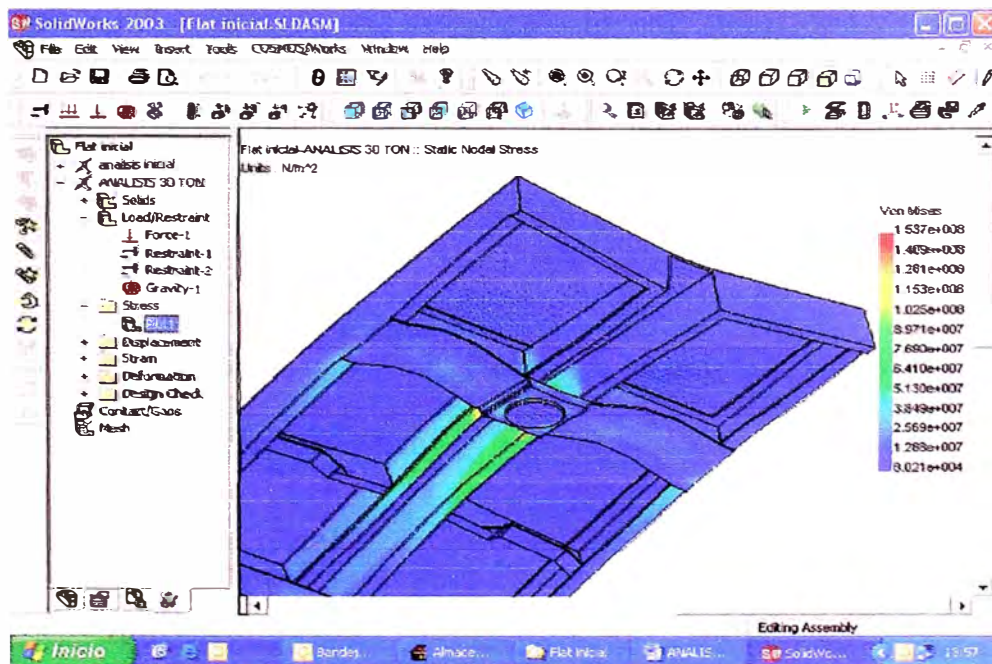
Teniendo en consideración las condiciones descritas en el pre procesamiento, se obtienen los siguientes resultados.

4.2.3.1 Determinación de esfuerzo y desplazamientos

Distribución de esfuerzos debido a las cargas actuantes, se aprecia que los puntos cercanos a los platos centros (apoyos) son los que están sometidos a mayor esfuerzo.

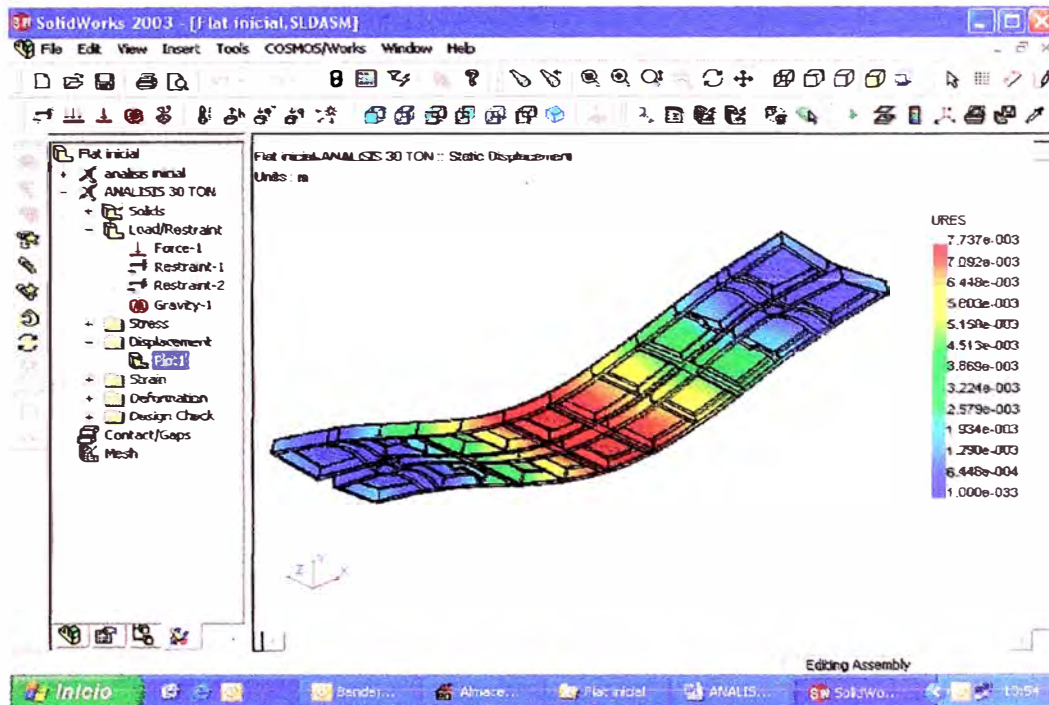


Vista inferior (Fig. 33)



Vista ampliada (Fig. 34)

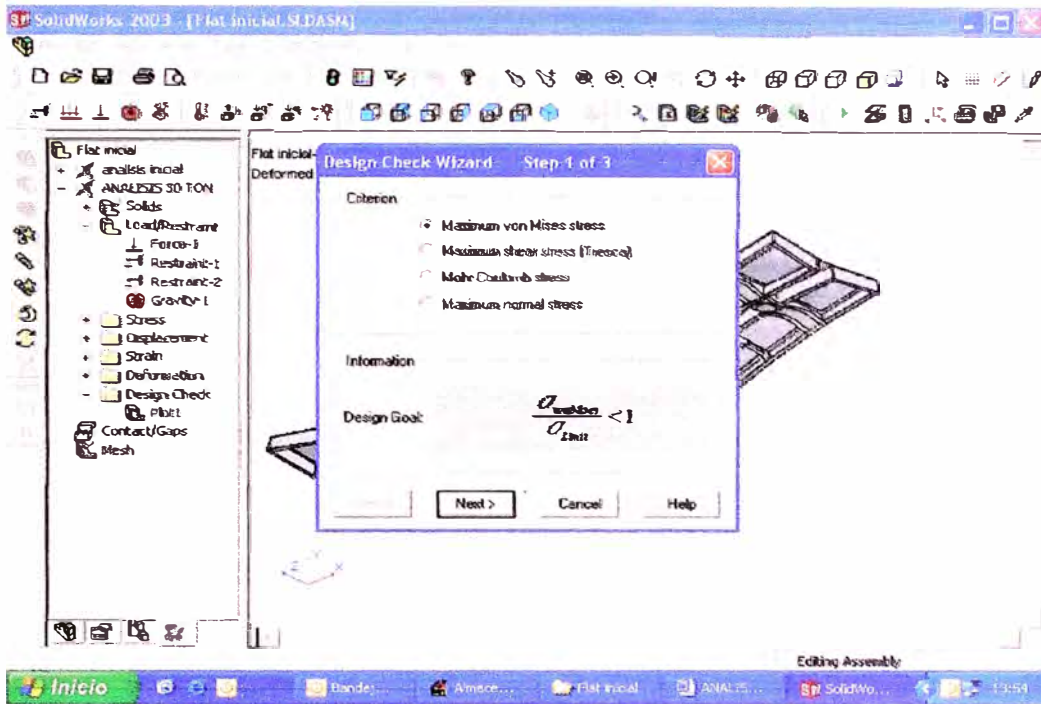
Se muestra mediante un mapa de colores la deformación a lo largo de la estructura, y en la parte central se tiene aproximadamente 7,7 mm de deformación.



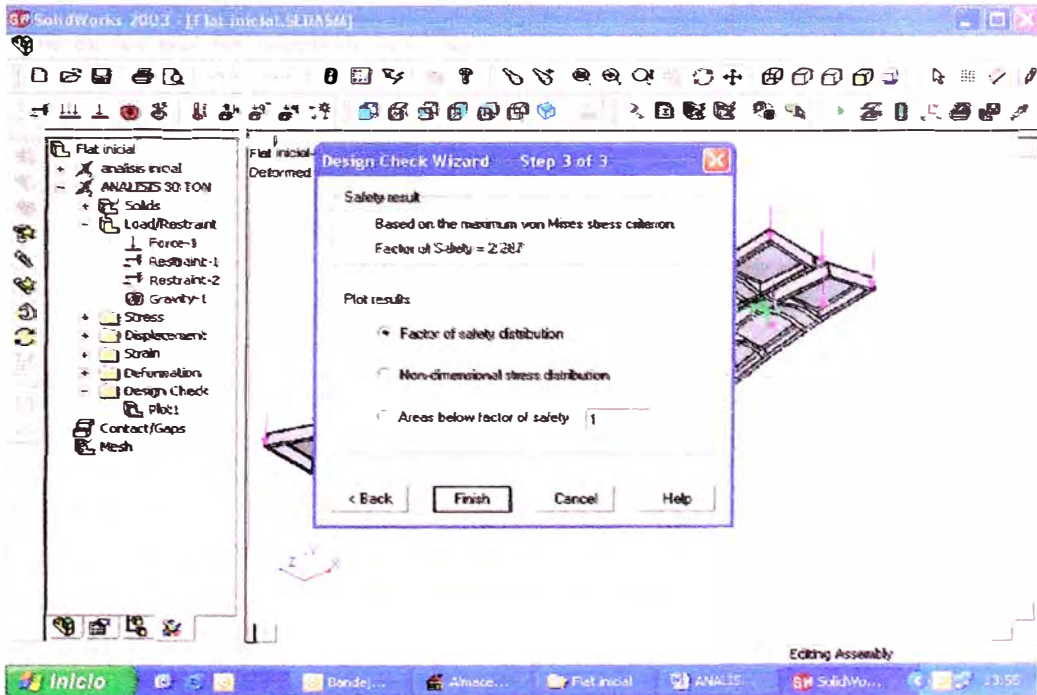
Vista inferior (Fig. 35)

4.2.3.2 Determinación del factor de seguridad

Determinación del Factor de seguridad según el criterio de falla de Von Mises.



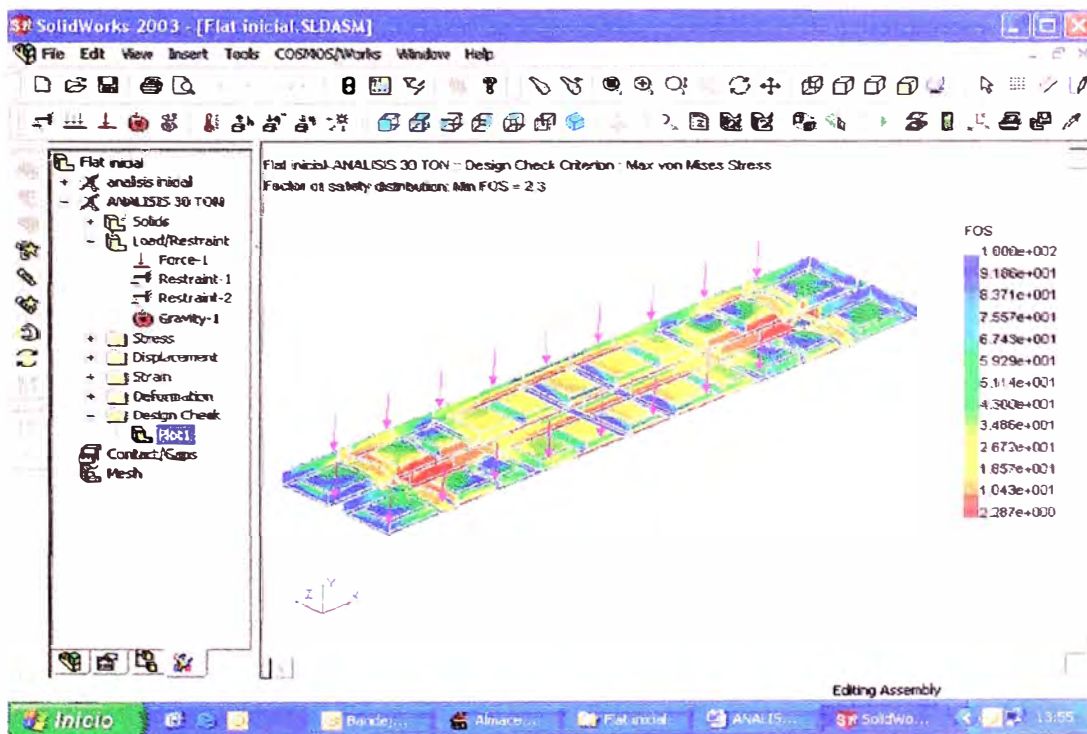
Factor de seguridad "Von Mises" (Fig. 36)



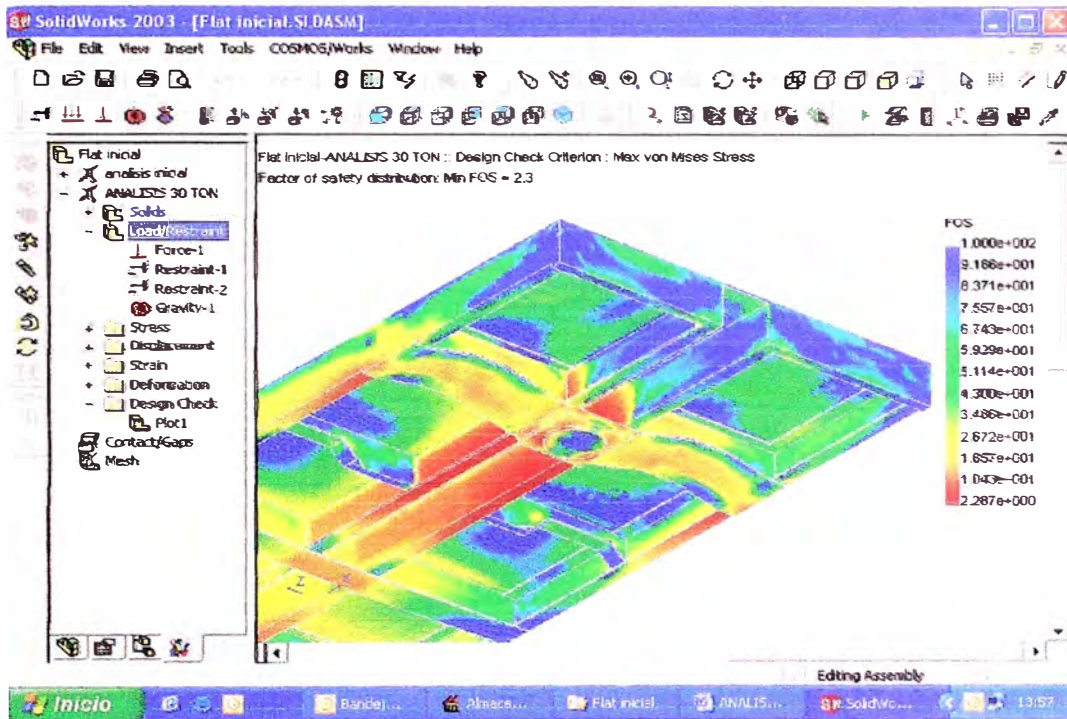
Factor de seguridad "Von Mises" (Fig. 37)

De acuerdo al criterio de falla de Von Mises, el factor de seguridad mínimo del modelo es de 2.28, lo que significa que en los puntos críticos podemos multiplicar la carga aplicada por dicho valor para alcanzar el límite elástico del material elegido.

A continuación se muestra la distribución de factores de seguridad en un mapa de colores sobre toda la estructura.



Vista inferior (Fig. 38)



Vista ampliada (Fig. 39)

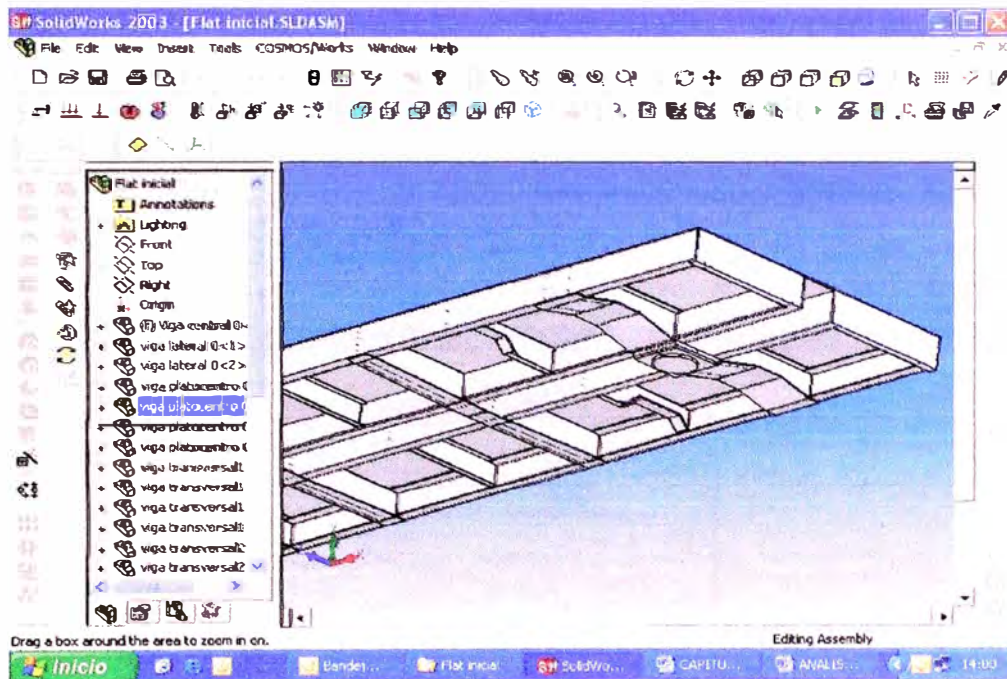
Se aprecia que la parte sometida a mayor esfuerzo es la parte inferior cercana a los puntos de apoyo (plato centro)

4.3 Análisis para transportar 70 toneladas de carga

4.3.1 Pre procesamiento

Usando el mismo modelo anterior, asignando el mismo material y las mismas restricciones, la carga aplicada es de 70 toneladas distribuidas homogéneamente en la superficie del piso.

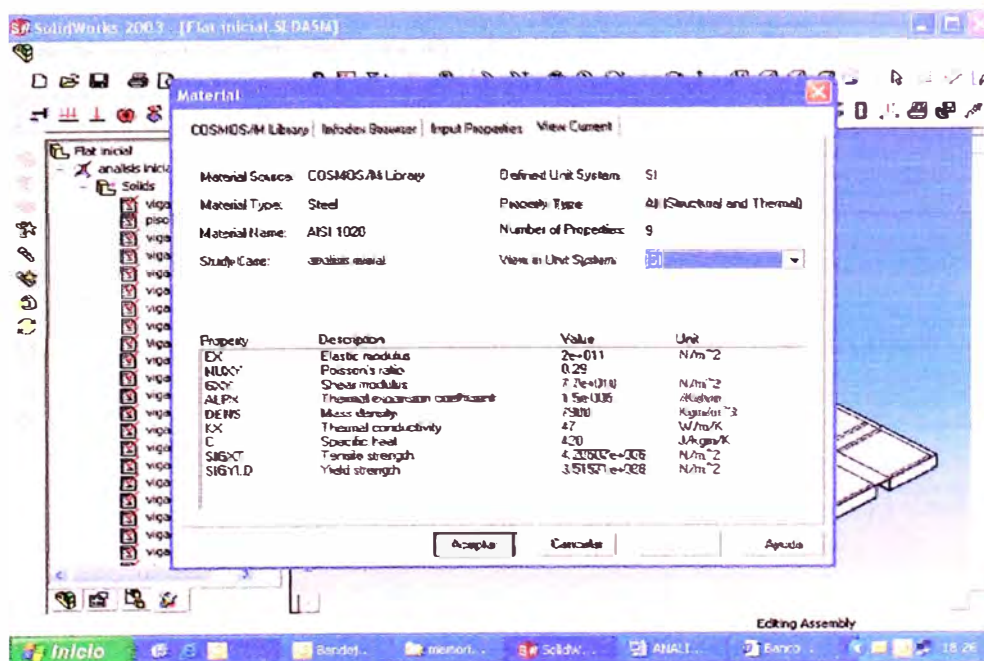
4.3.1.1 Determinación del modelo geométrico



Vista inferior (Fig. 40)

4.3.1.2 Definición del material

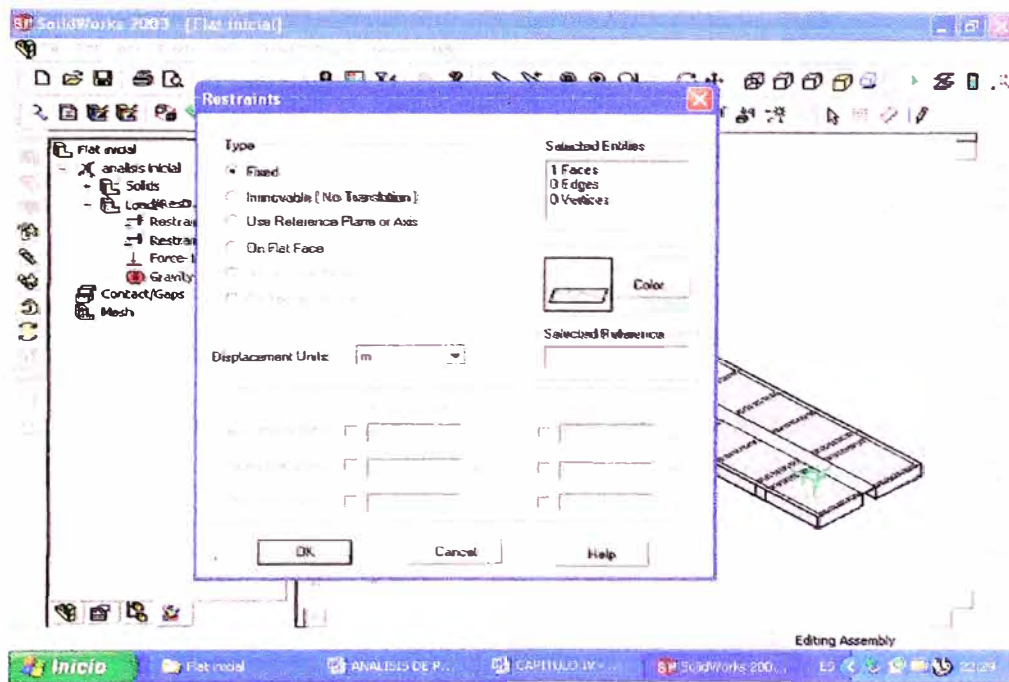
El material asignado a toda la estructura es AISI 1020



Asignación de material (Fig. 41)

4.3.1.3 Definición de las restricciones

Igual que el caso anterior, las restricción son consideradas en los dos puntos de apoyo que tiene la plataforma.

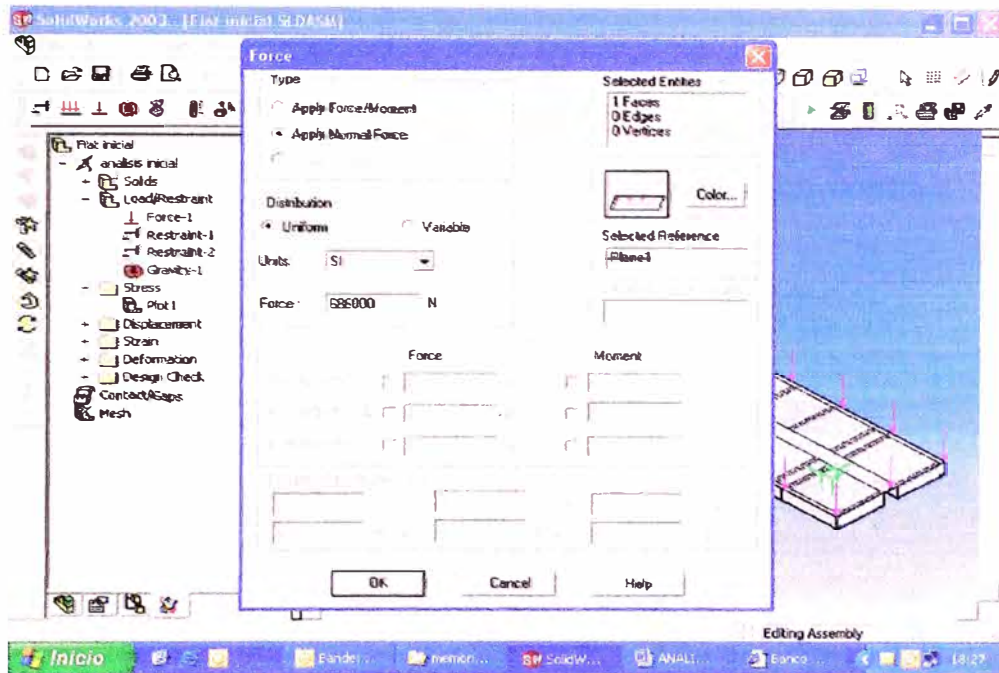


Restricción en puntos de apoyo (Fig. 42)

4.3.1.4 Determinación de las cargas actuantes

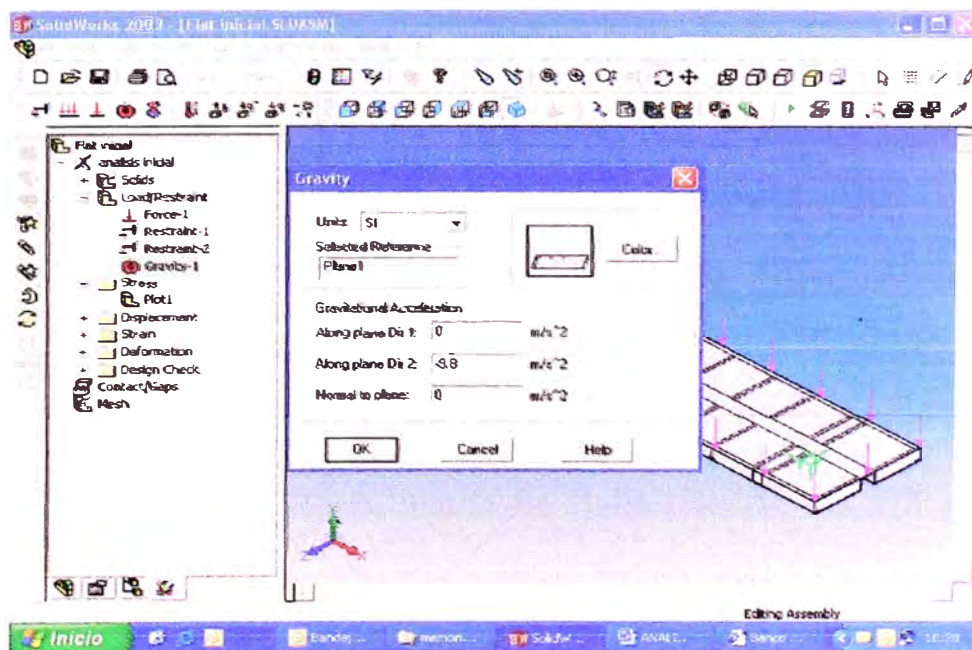
Para este análisis estático, se considera los dos tipos de cargas actuantes consideradas, el peso propio de la estructura y la carga de 70 toneladas.

Las 70 toneladas se distribuyen homogéneamente sobre el piso de la plataforma.



Asignación de carga , 70 toneladas (Fig. 43)

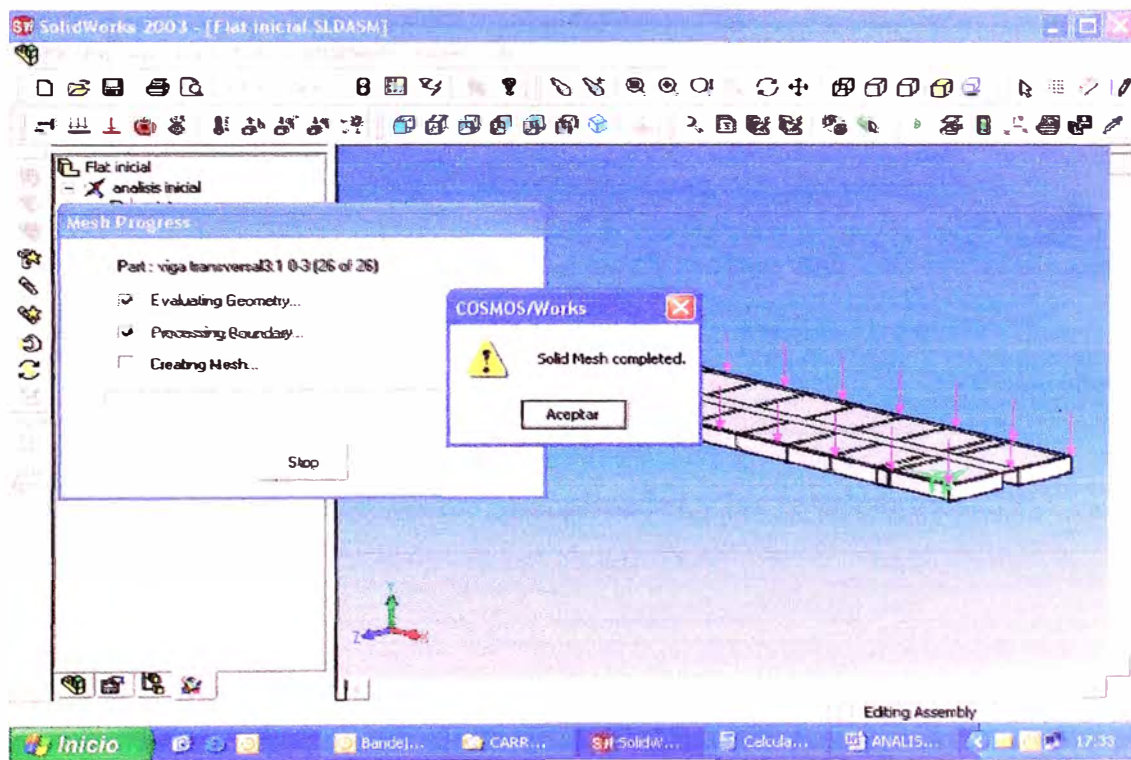
Carga producto del peso propio de la estructura



Peso propio (Fig. 44)

4.3.1.5 Mallado del modelo

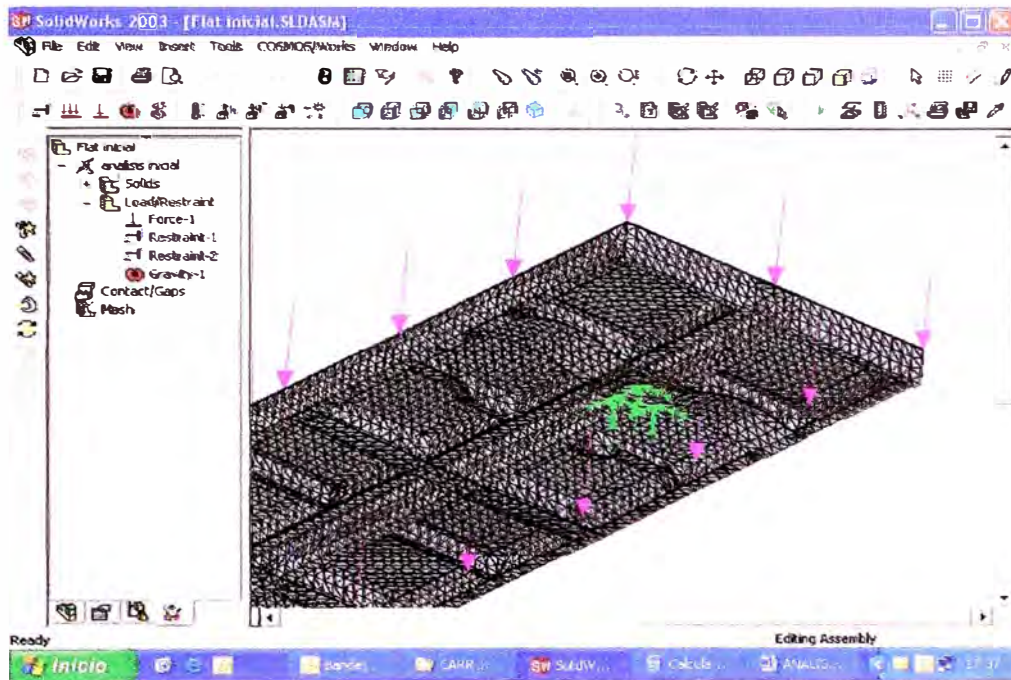
Para el mallado se toma el elemento “Tetra 10” que consiste en un tetraedro de 10 nodos de alto orden con tres grados de libertad por nodo.



Mallado terminado (Fig. 45)

El orden de la matriz de rigidez es de 348,528 grados de libertad con 116,298 nodos y 59,761 elementos.

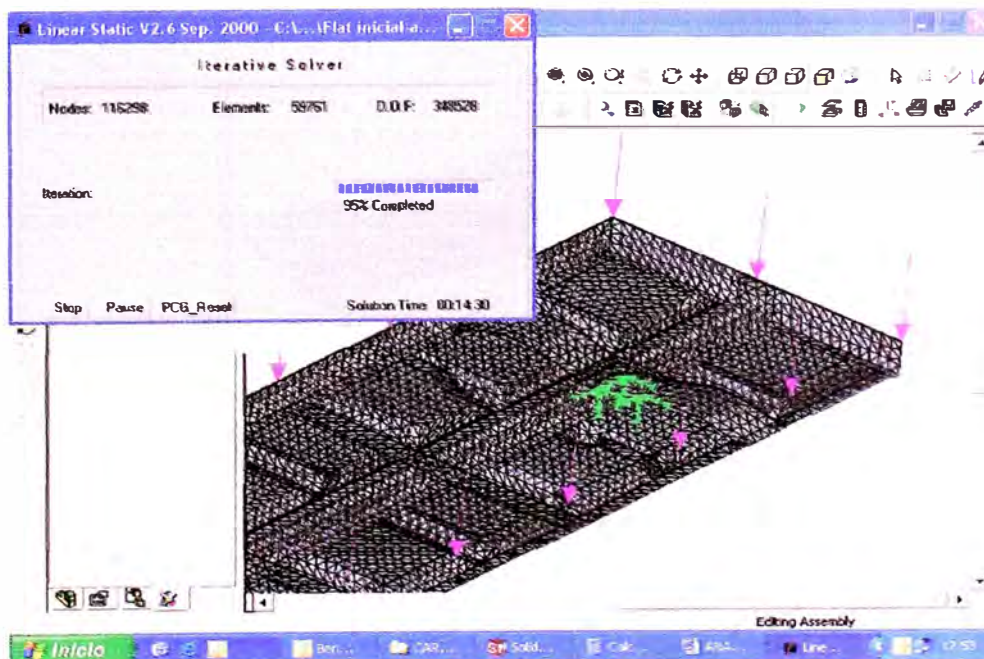
Tiempo demorado en resolver la matriz fue de aproximadamente 25 minutos



Mallado del modelo (Fig. 46)

4.3.2 Procesamiento

En la etapa donde se resolverán las ecuaciones que se forman con la matriz de rigidez, las cargas aplicadas y las restricciones.



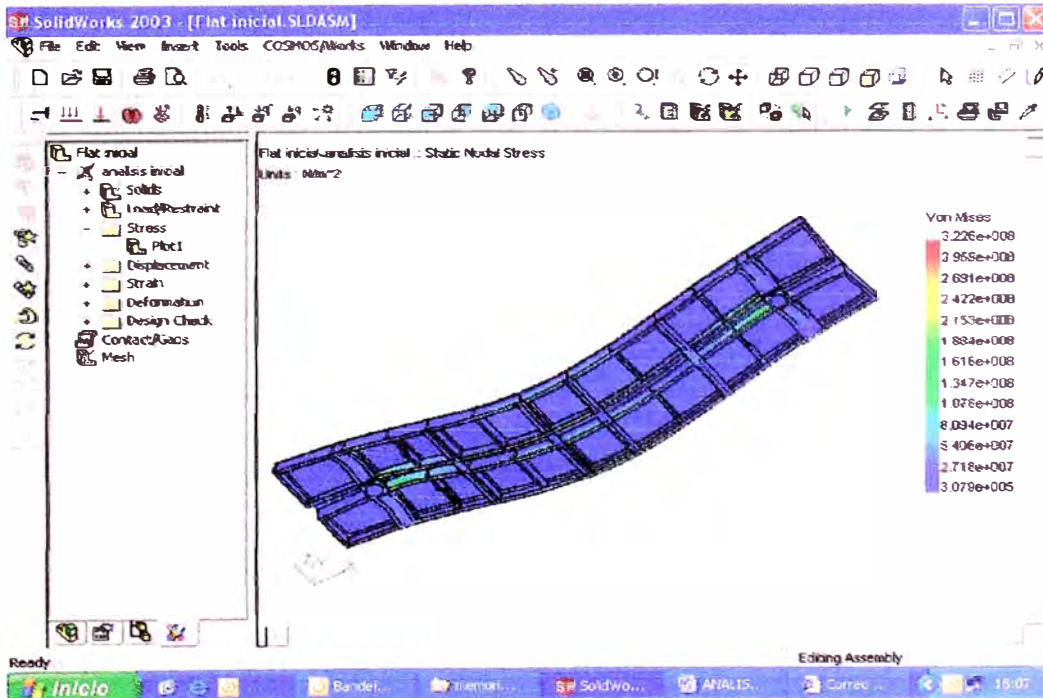
Resolución de matriz de rigidez (Fig. 47)

4.3.3 Post procesamiento

De acuerdo a las condiciones descritas anteriormente se presentan los resultados obtenidos por CosmosWorks

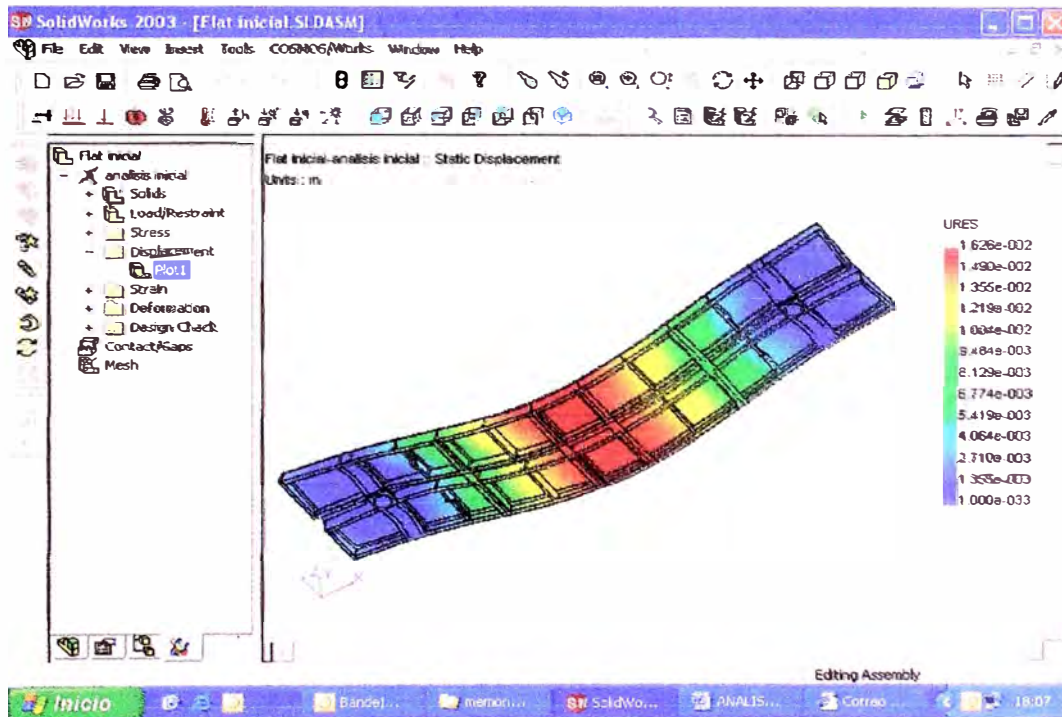
4.3.3.1 Determinación de esfuerzo y deformaciones

Distribución de esfuerzos debido a las cargas actuantes, se aprecia que la zona cercana a los apoyos son los que están sometidos a mayores esfuerzos



Vista inferior (Fig. 48)

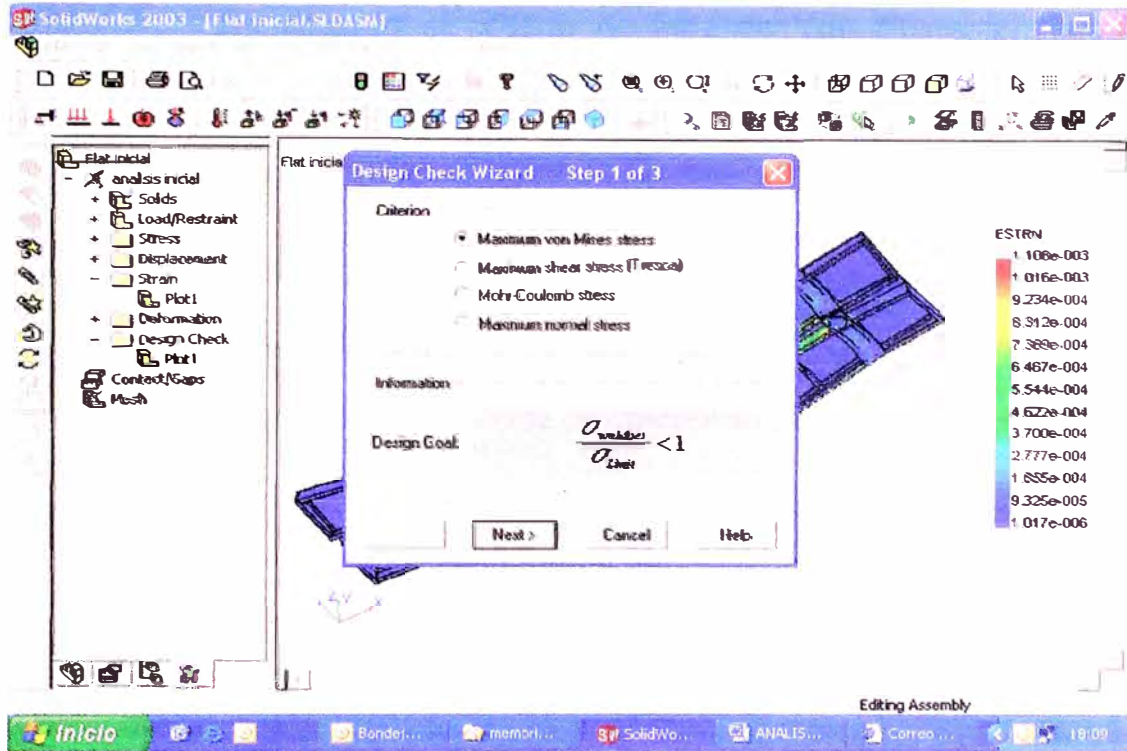
Se muestra mediante un mapa de colores la deformación a lo largo de la estructura, en la parte central se tiene aproximadamente 16 mm de deformación.



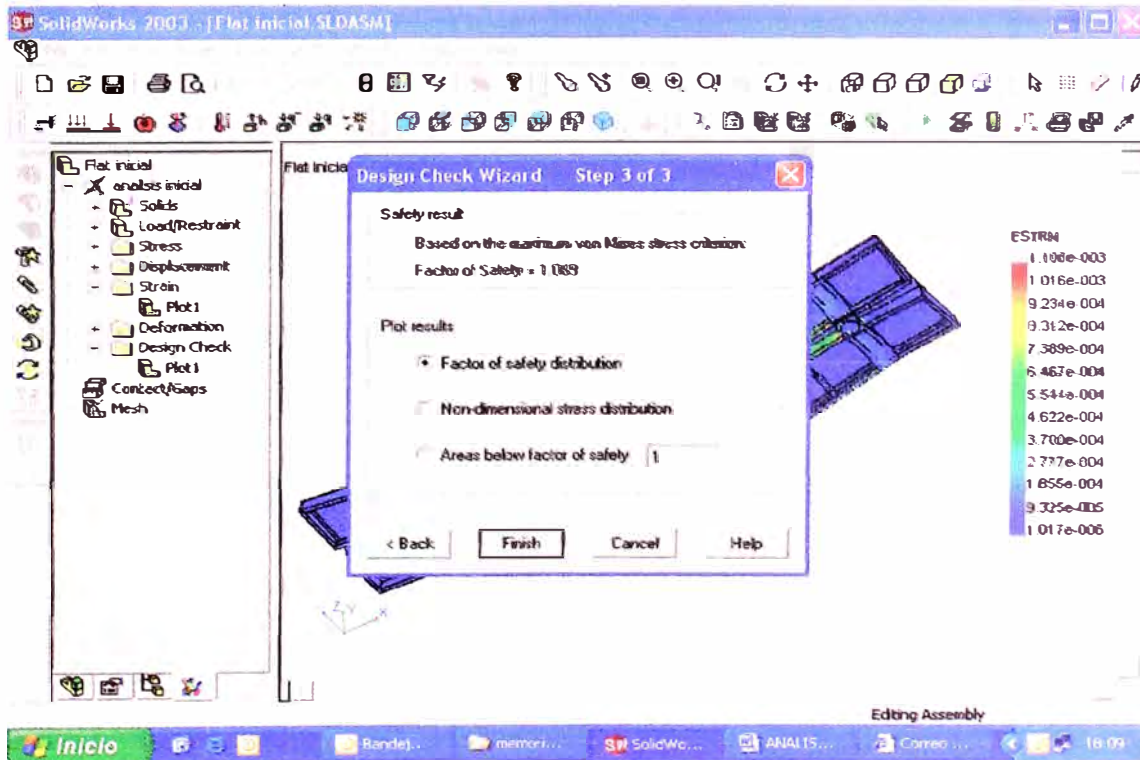
Vista inferior de deformaciones (Fig. 49)

4.3.3.2 Determinación del factor de seguridad

Determinación del factor de seguridad según criterio de falla de Von Mises.



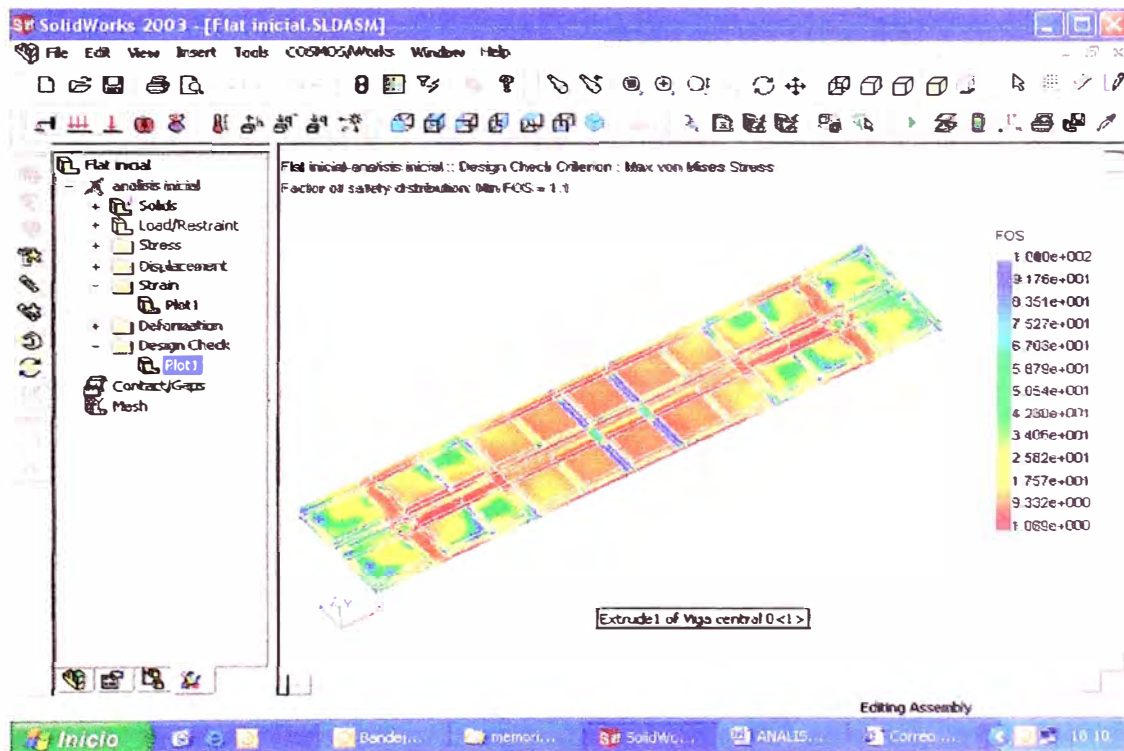
Factor de seguridad Von Mises (Fig. 50)



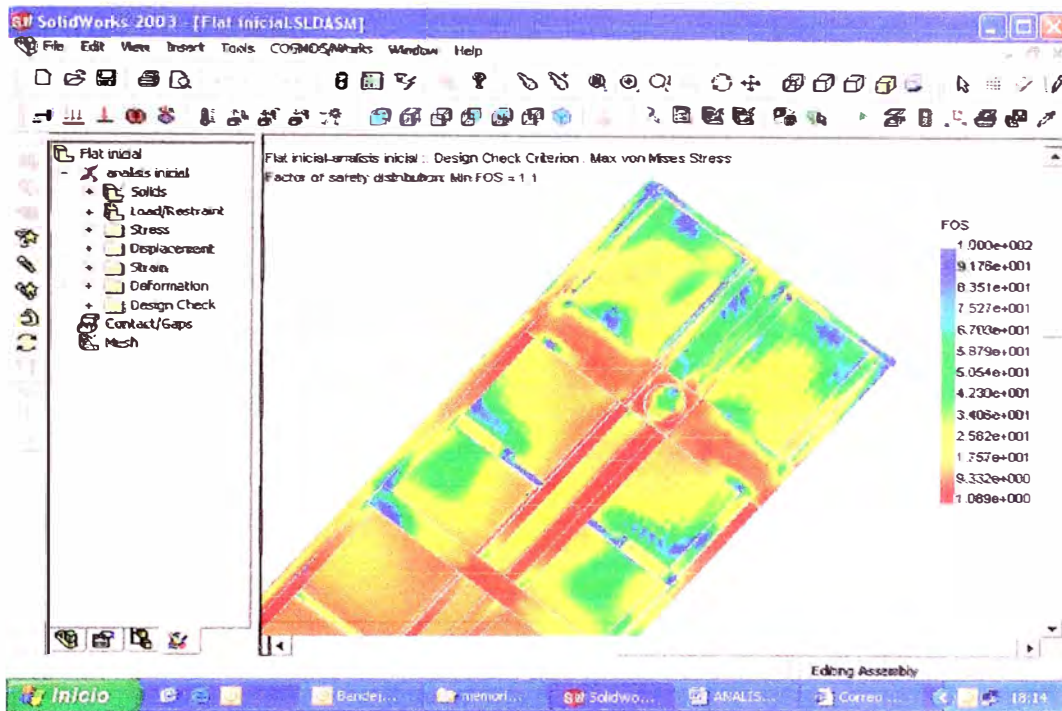
Factor de seguridad Von Mises (Fig. 51)

De acuerdo al criterio de falla de Von Mises, el factor de seguridad del modelo para una carga de 70 toneladas, es de 1.08

A continuación se muestra la distribución de factores de seguridad en un mapa de colores sobre toda la estructura.



Vista inferior (Fig. 52)



Vista ampliada (Fig. 53)

4.4 Comparación de resultados

Datos de ingreso:

| | Para 30 Ton. de carga | Para 70 Ton. de carga |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Carga aplicada (N) | 294,000 | 686,000 |
| Aceleración de la gravedad (m/s²) | 9.8 | 9.8 |
| Material | AISI 1020 | AISI 1020 |

Datos de mallado:

| | Para 30 Ton. de carga | Para 70 Ton. de carga |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Elementos | 59,761 | 59,761 |
| Grados de libertad (GDL) | 348,528 | 348,528 |
| Nodos | 116,298 | 116,298 |

Resultados obtenidos:

| | Para 30 Ton. de carga | Para 70 Ton. de carga |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Esfuerzo máximo (N/m²) | 1.54 x 10 ⁸ | 3.23 x 10 ⁸ |
| Deformación máxima (mm) | 7.7 | 16.2 |
| Factor de seguridad | 2.3 | 1.1 |

CAPITULO 5

ANALISIS ESTRUCTURAL DE PLATAFORMA MODELO

Se ha tomado una plataforma “ARAD RUMANIA” (Rumano) con capacidad máxima de 50 toneladas como “Plataforma Modelo” con lo cual obtendremos parámetros que servirán de referencia para el análisis de las alternativas de reforzamiento de la viga central.

Se realizara el análisis estático de esfuerzos y deformaciones a la estructura de la “Plataforma”, solo se analiza a la estructura, no se considera el sistema de suspensión “Truques” (ruedas con ejes, resortes, puente equilibrante, palancajes.....)

Condiciones de contorno:

Carga aplicada: 50 toneladas (distribuido homogéneamente en la superficie de la plataforma)

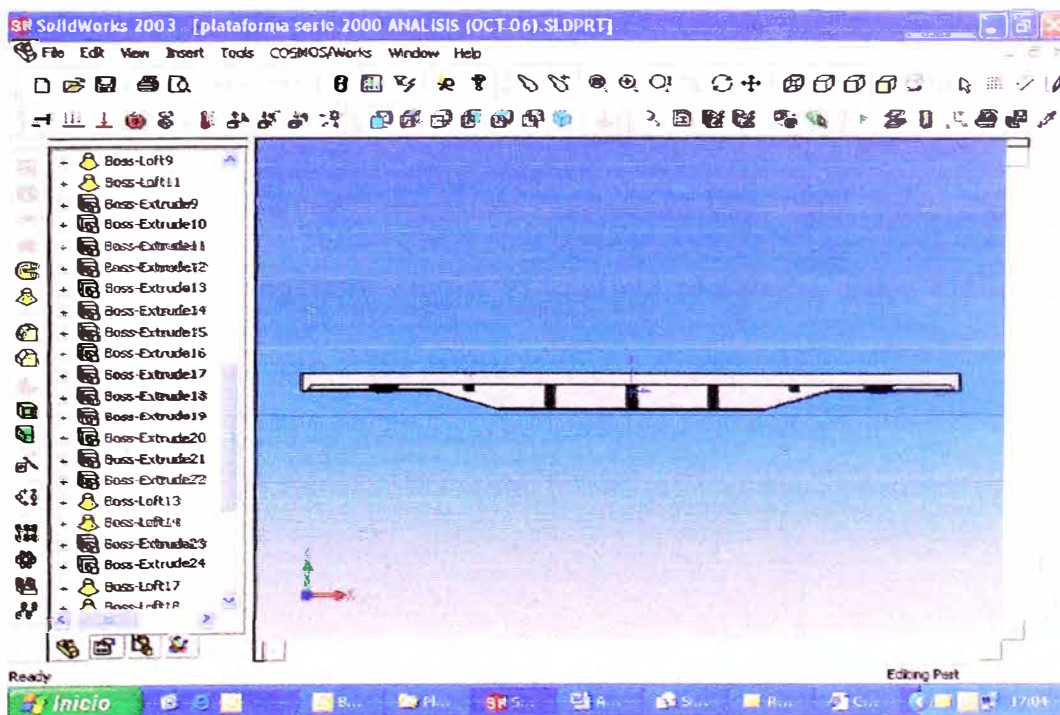
Restricciones: 02 puntos de apoyo “fijos” en los Platos centro (puntos de apoyo de la estructura de la plataforma con los truques)

5.1. Modelado de plataforma de 50 toneladas de capacidad máxima.

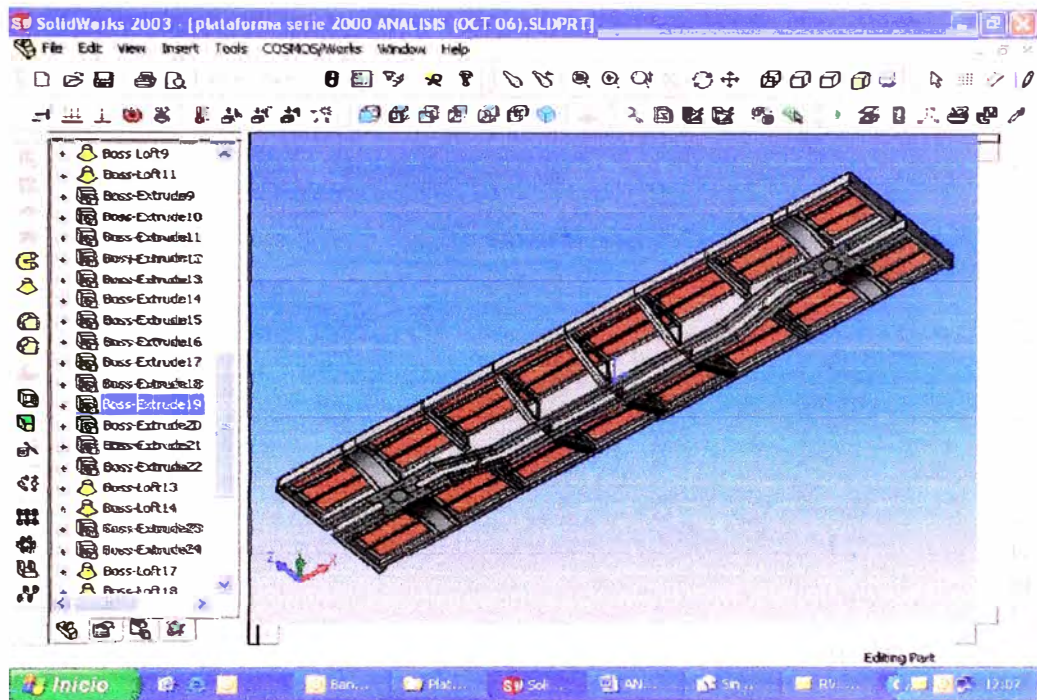
5.1.1. Pre procesamiento

Se identifica el modelo, se define la geometría, se señalan las condiciones de contorno y la carga aplicada.

5.1.1.1. Determinación del modelo geométrico



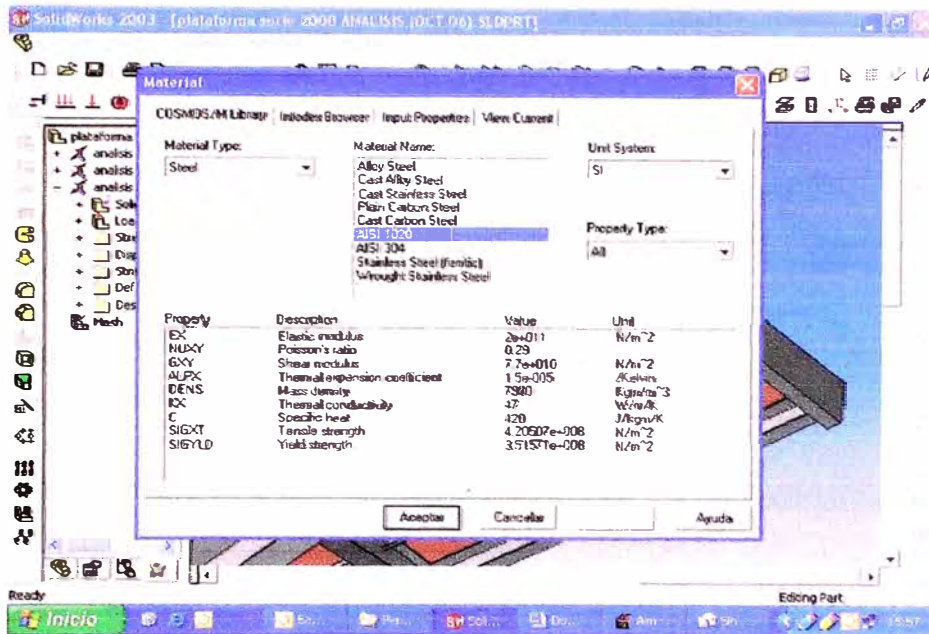
Plataforma RUMANA de 50 Ton cap. Máxima (Fig. 54)



Plataforma RUMANA de 50 Ton cap. máxima (Fig. 55)

5.1.1.2. Definición del material

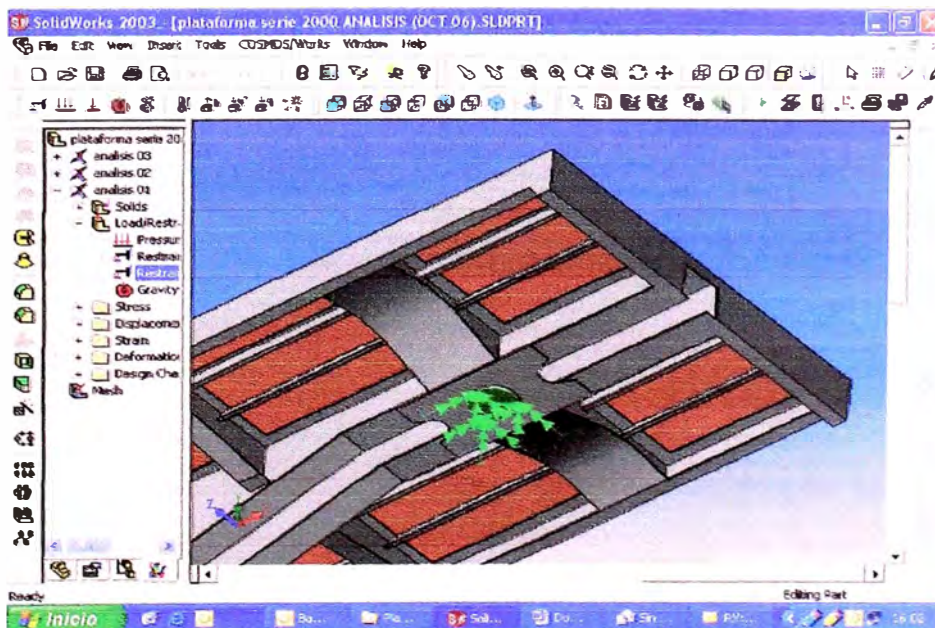
Para poder aplicar la metodología de elementos finitos se define el material, considerando que es isotropico y homogéneo, según el análisis realizado, tiene características del acero AISI 1020.



Asignación de material (Fig. 56)

5.1.1.3. Definición de las restricciones

Las restricciones consideradas son los dos puntos de apoyo que tiene la estructura con los Plato Centros.

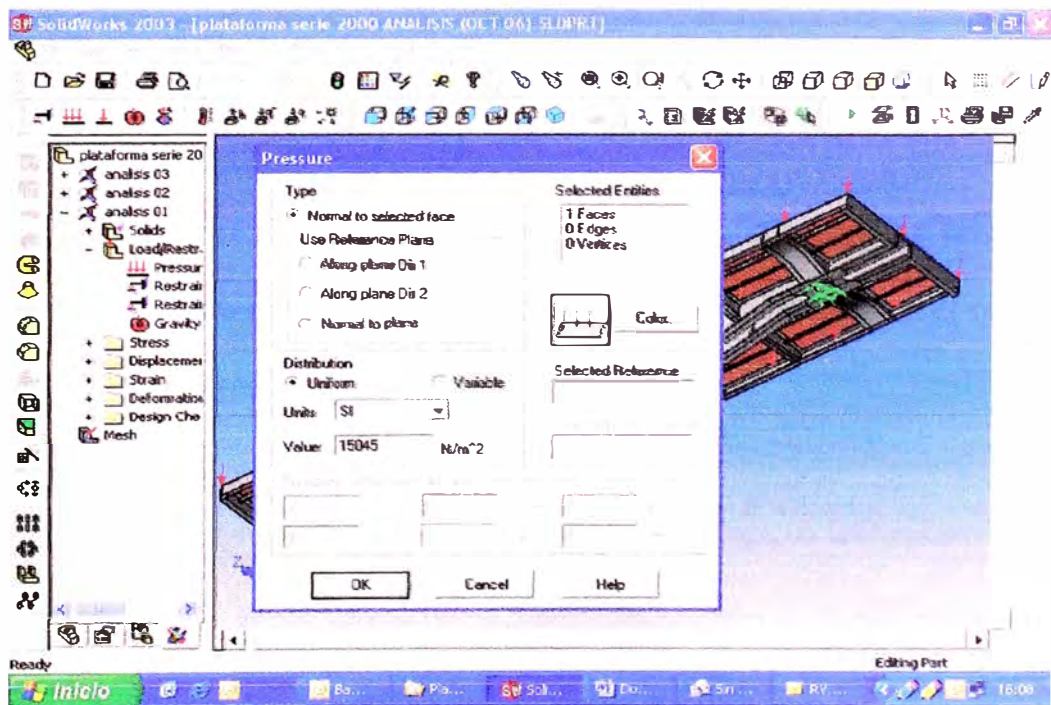


Restricción en Plato Centro (Fig. 57)

5.1.1.4. Determinación de las cargas actuantes

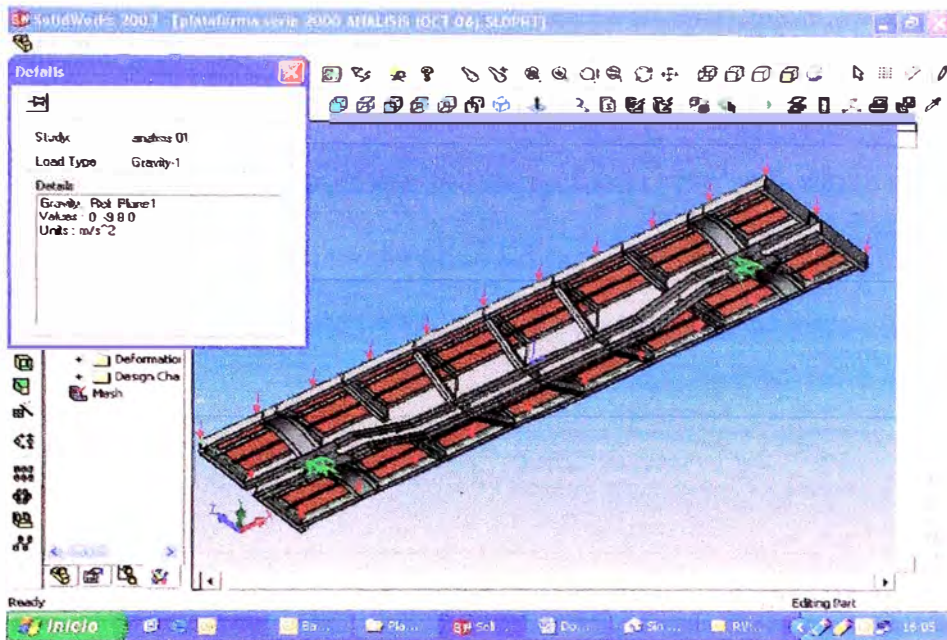
Se consideran dos tipos de carga, el peso propio de la estructura y la carga máxima de 50 toneladas para la cual ha sido diseñada la plataforma.

Carga de 50 toneladas distribuidas homogéneamente sobre el piso de la plataforma.



Asignación de carga (Fig. 58)

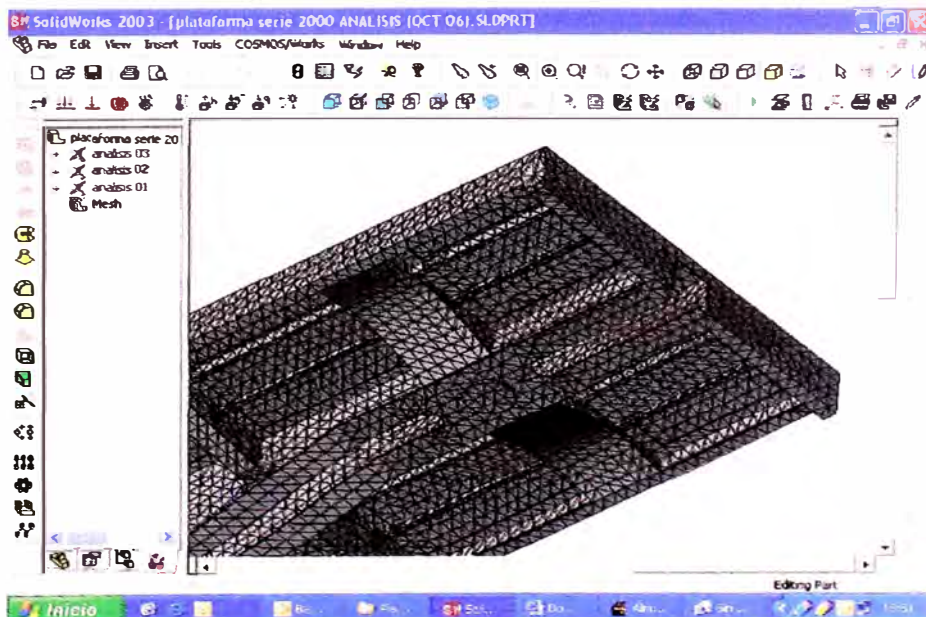
Para la carga producida por el peso propio se considera la aceleración de la gravedad de 9.8 m/s^2



Carga por peso propio (Fig. 59)

5.1.1.5. Mallado del modelo

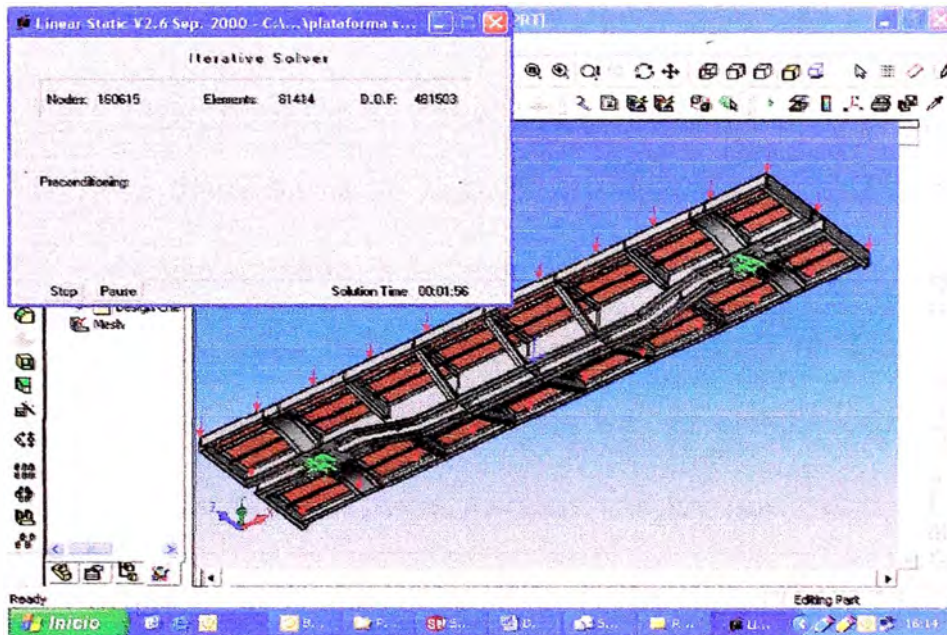
Para el mallado, se toma como tipo de elementos Tetra 10, este tipo de elemento es más aconsejable para usar en el mallado de modelos solidos 3D.



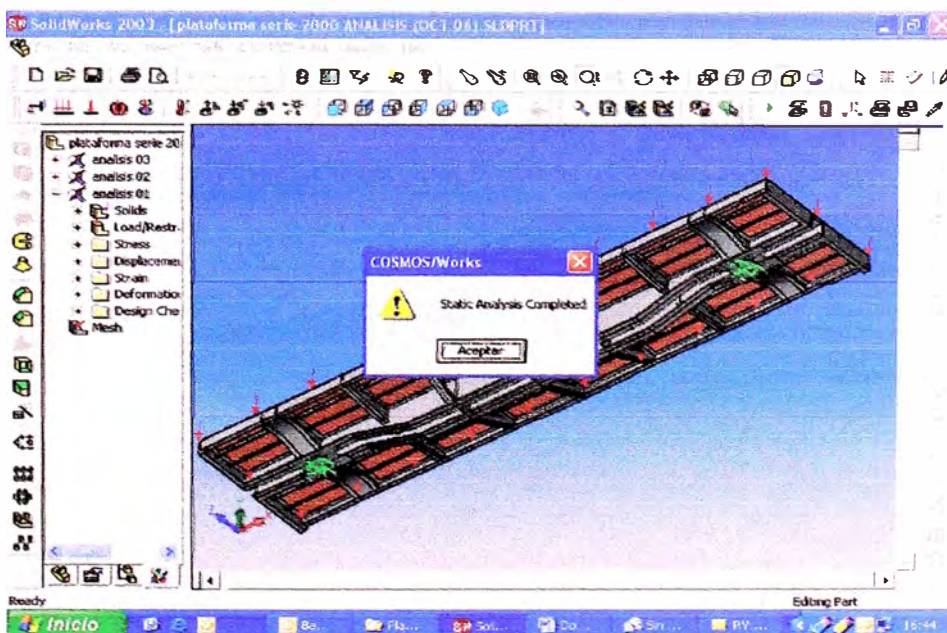
Modelo solidó mallado (Fig. 60)

5.1.2. Procesamiento

En esta etapa se resuelven las ecuaciones que se forman con la matriz de rigidez, las cargas aplicadas y las restricciones.



Resolución de matriz de rigidez (Fig. 61)



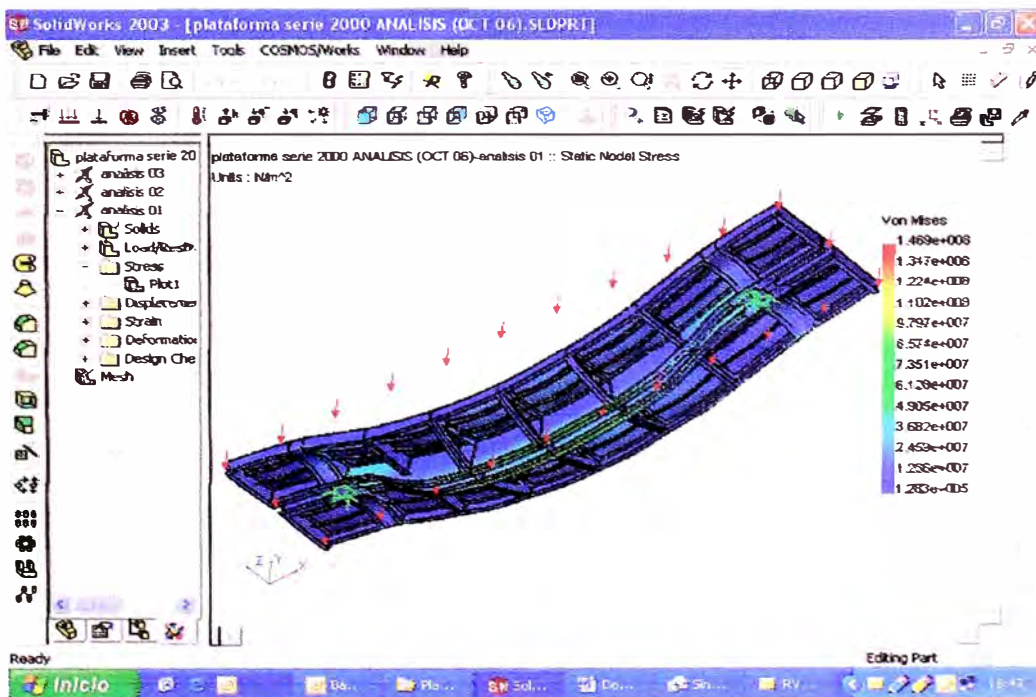
Análisis estático completado (Fig. 62)

5.1.3. Post procesamiento

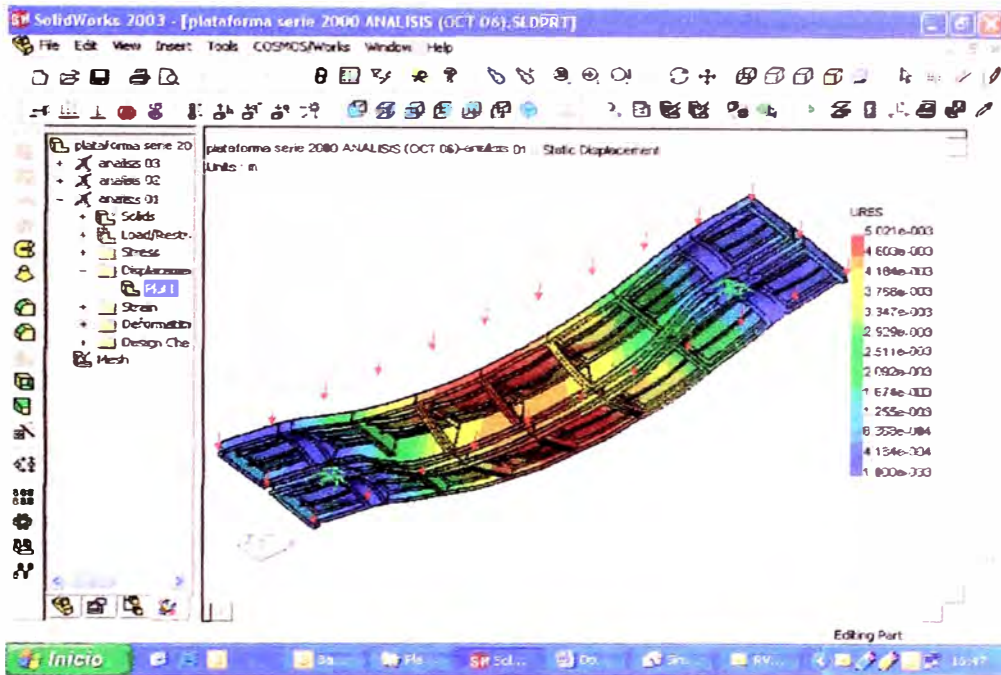
Teniendo en consideración las condiciones descritas en el preprocesamiento, se obtiene los siguientes resultados.

5.1.3.1. Determinación de esfuerzo y desplazamientos

La distribución de esfuerzos y desplazamientos debido a las cargas actuantes a lo largo de la estructura, se muestra a través de un mapa de colores, los esfuerzos en la figura 63 y los desplazamientos en la figura 64, se aprecia que los puntos cercanos a los platos centros son los que están sometidos a mayor esfuerzo.



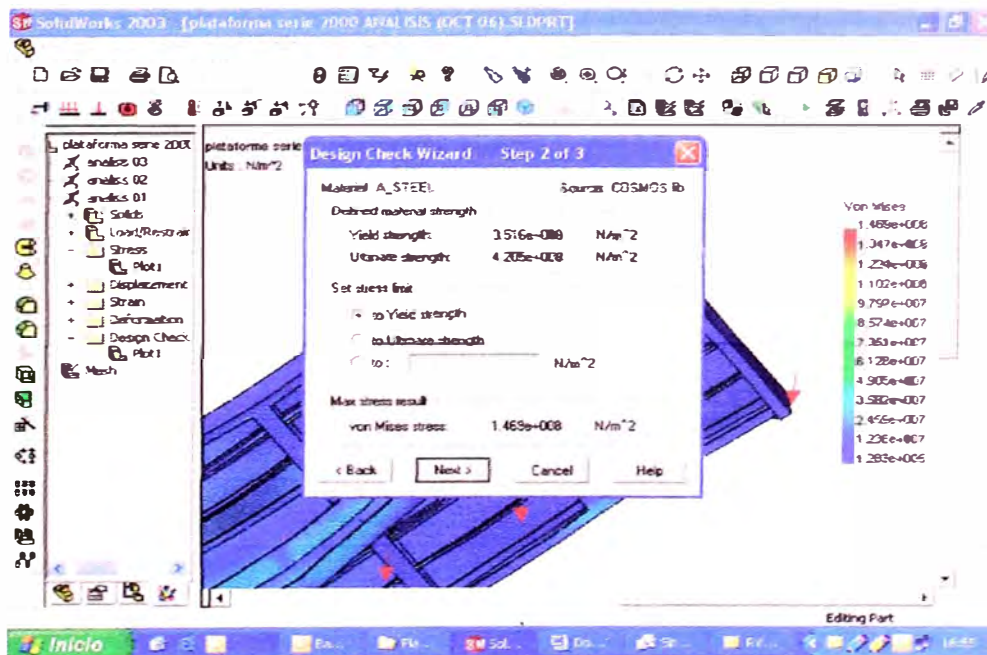
Distribución de esfuerzos (Fig. 63)



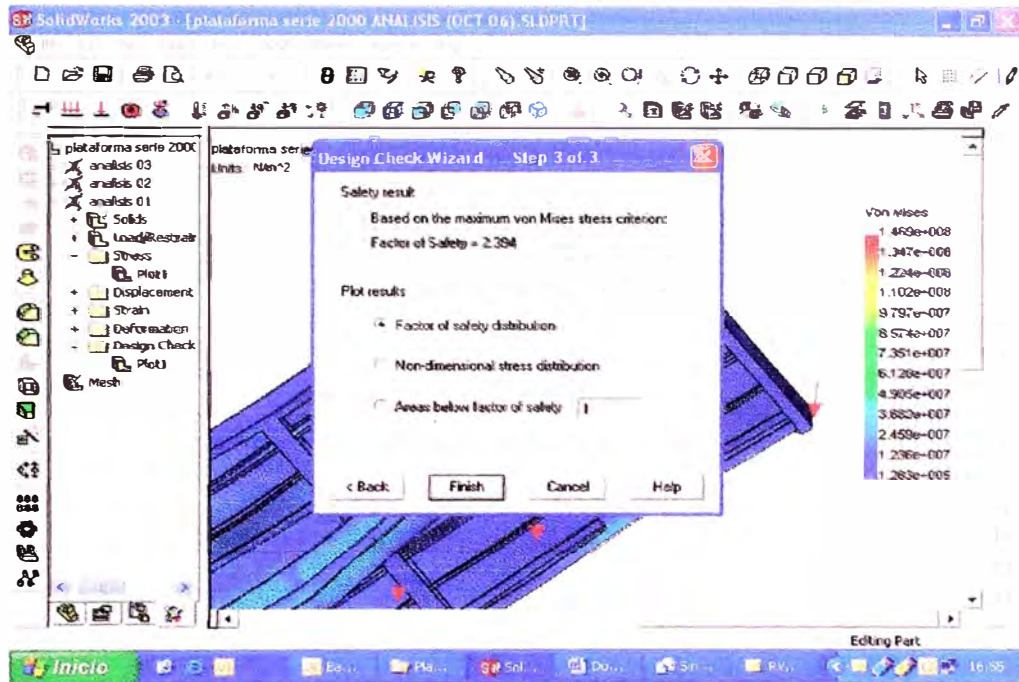
Distribución de desplazamientos (Fig. 64)

5.1.3.2. Determinación del factor de seguridad

Determinación de Factor de seguridad según el criterio de falla de Von Mises.



Factor de Seguridad “Von Mises” (Fig. 65)

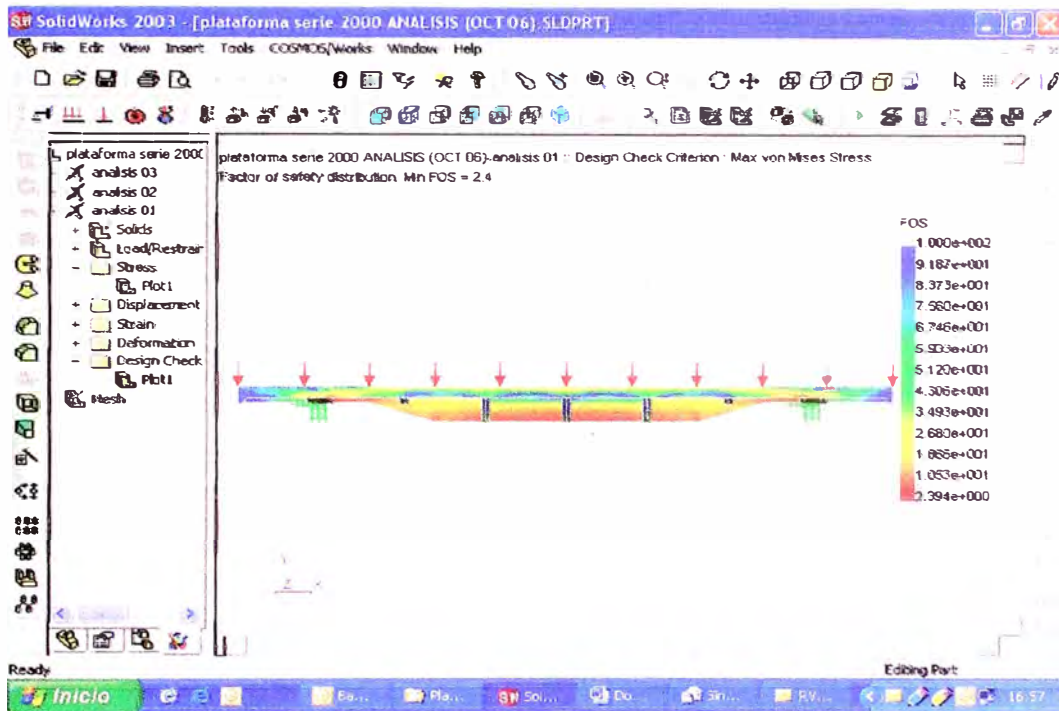


Factor de Seguridad (Fig. 66)

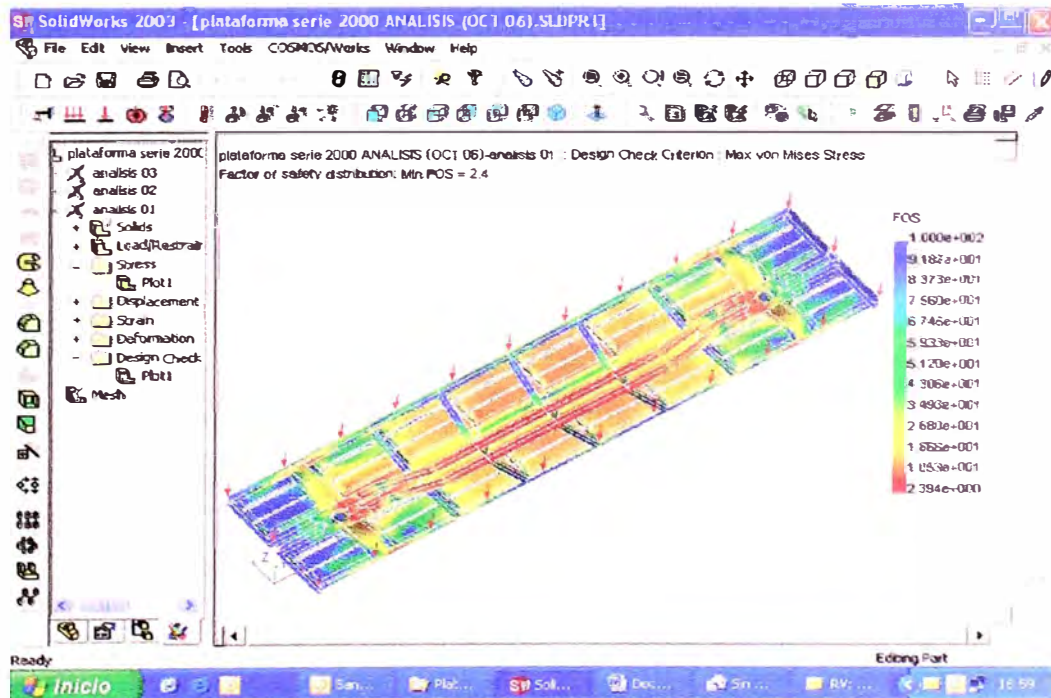
De acuerdo al criterio de falla de Von Mises, el factor de seguridad mínimo del modelo es 2.39, lo que significa que en los puntos críticos podemos multiplicar las cargas aplicadas por dicho valor para alcanzar el límite elástico del material elegido.

A continuación se muestra la distribución de factores de seguridad en un mapa de colores sobre toda la estructura.

Se aprecia que la zona sometida a mayor esfuerzo es la parte inferior de la viga central y cerca de los puntos de apoyo en los Platos centro.



Distribución del factor de seguridad, vista lateral (Fig. 67)



Distribución del factor de seguridad, vista inferior (Fig. 68)

5.2. Resultados obtenidos

Datos de ingreso:

| PLATAFORMA “ARAD RUMANIA” Capacidad máxima de diseño: 50 toneladas | |
|---|-----------|
| Carga aplicada (N) | 490,000 |
| Aceleración de la gravedad (m/s²) | 9.8 |
| Material | AISI 1020 |

Datos de mallado:

| PLATAFORMA “ARAD RUMANIA” Capacidad máxima de diseño: 50 toneladas | |
|---|---------|
| Elementos | 81,414 |
| Grados de libertad (GDL) | 481,503 |
| Nodos | 160,615 |

Resultados obtenidos:

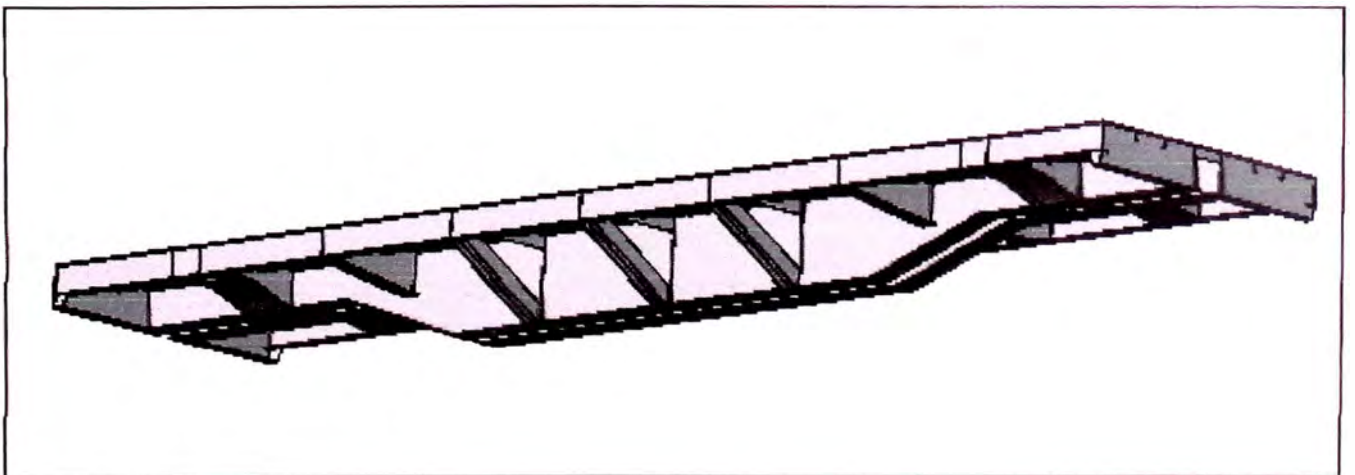
| PLATAFORMA “ARAD RUMANIA” Capacidad máxima de diseño: 50 toneladas | |
|---|-------------------------|
| Esfuerzo máximo (N/m²) | 1.469 x 10 ⁸ |
| Deformación máxima (mm) | 5.0 |
| Factor de seguridad | 2.45 |

CAPITULO 6

ALTERNATIVAS DE ACONDICIONAMIENTO DE PLATAFORMA

Para poder transportar 70 toneladas de carga, en las plataformas en análisis (plataforma de 30 ton. de capacidad máxima) se requiere reforzar las plataformas con vigas de tal manera que dichas plataformas puedan soportar una carga de 70 toneladas distribuida en la superficie del piso.

Se toma como modelo la plataforma ARAD RUMANIA (Rumana) de 50 toneladas de capacidad máxima.



Estructura de plataforma Rumana (Fig. 69)

Los refuerzos que se van instalar en la viga central de las plataformas en estudio debe ser de 24” de alto en la parte central, según los análisis anteriores esta parte tiene mayor deformación, presentando mayor momento flector.

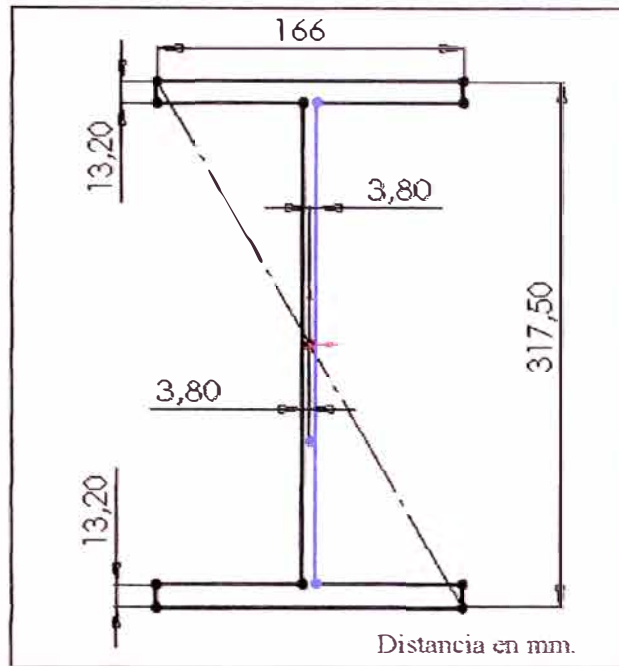
La restricción principal de la altura de las vigas de refuerzo es la distancia que hay entre la plataforma y el piso en el caso crítico cuando las ruedas de los truques están en el límite de operación.

6.1. Alternativa con vigas de 12”

Vigas de ala ancha de 12” que se encuentran en el mercado:

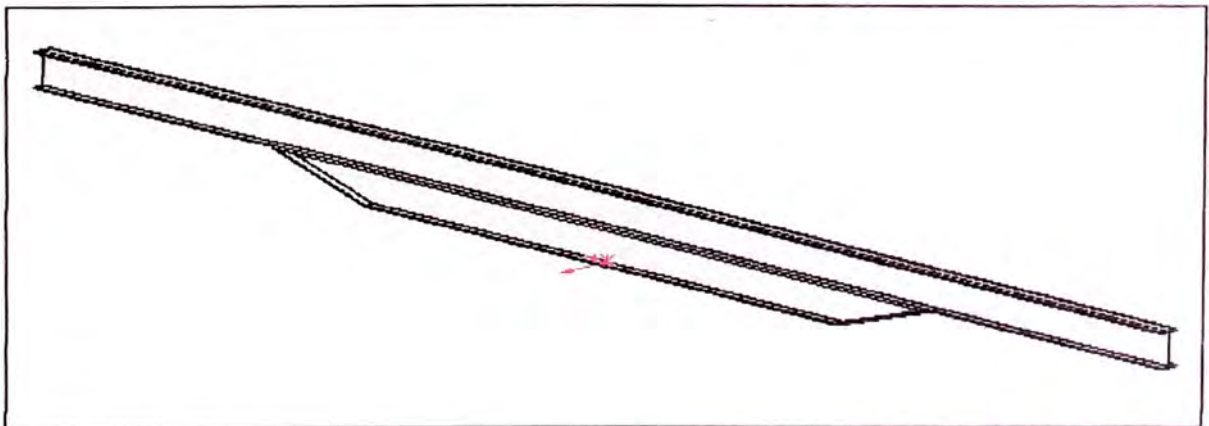
| MEDIDA | ALMA | | ALA | |
|-------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Longitud (pulg.) | Espesor (pulg.) | Longitud (pulg.) | Espesor (pulg.) |
| W12 x 26 | 12.22 | 0.230 | 6.490 | 0.380 |
| x 30 | 12.34 | 0.260 | 6.520 | 0.440 |
| x 35 | 12.50 | 0.300 | 6.560 | 0.520 |

Se selecciona viga W12” x 6 ½ x 35 Lb 40 Ft.



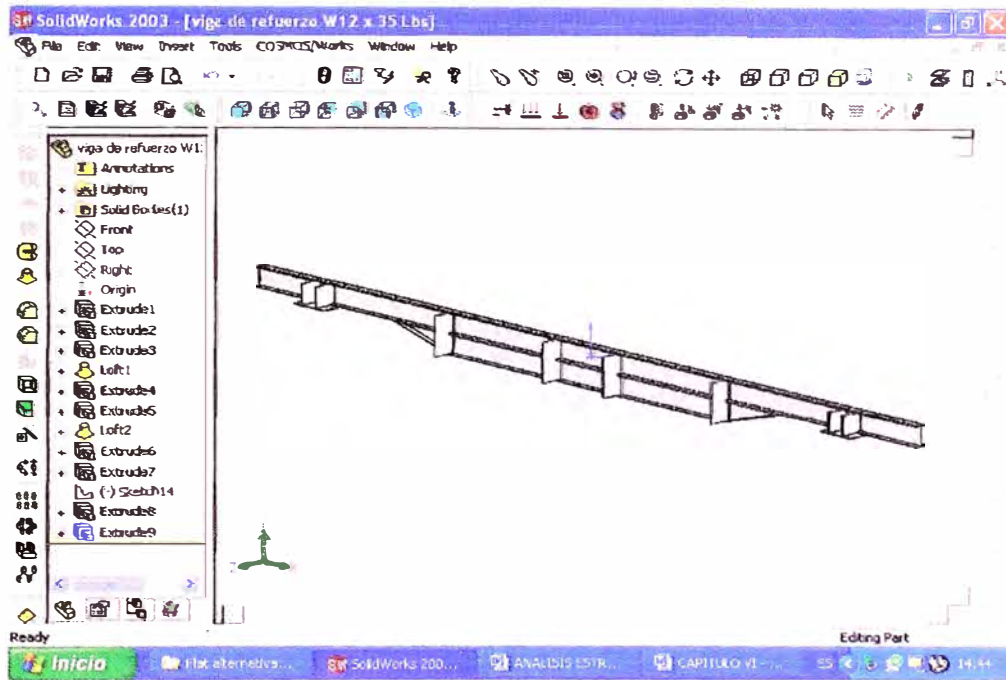
Dimensiones de viga W12 x 35Lb (Fig. 70)

Para los dos refuerzos de la viga central de la plataforma (uno para cada lado) se necesitan tres vigas de 12", una de las vigas se corta a la mitad para formar la parte central. La parte central de las vigas de refuerzo tiene 24" de alto debido a que en esa zona es en donde hay mayor deformación de la estructura (mayor momento flector)

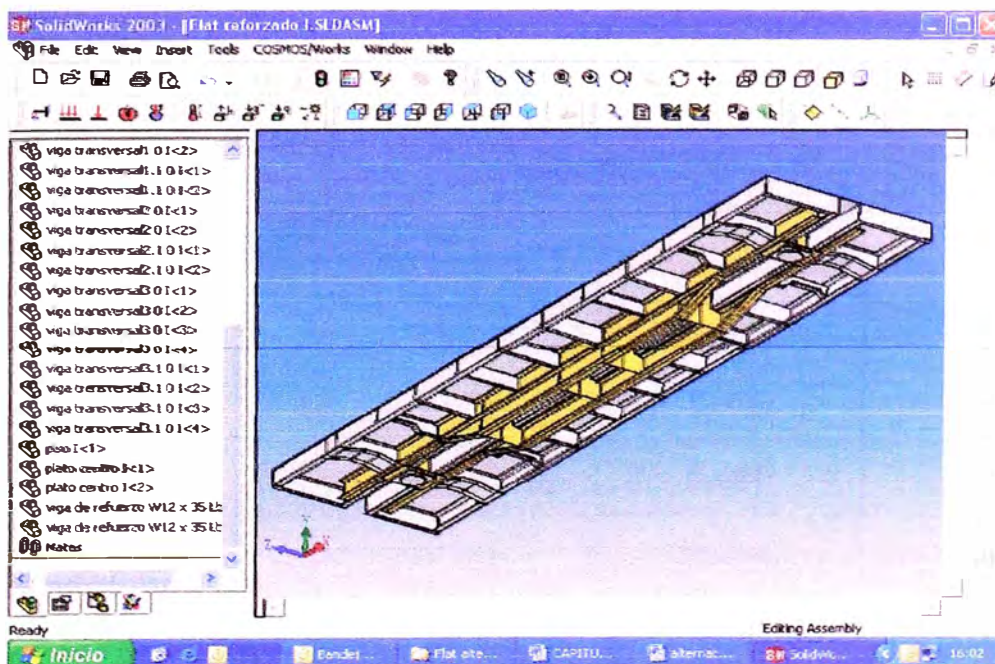


Configuración de refuerzo (Fig. 71)

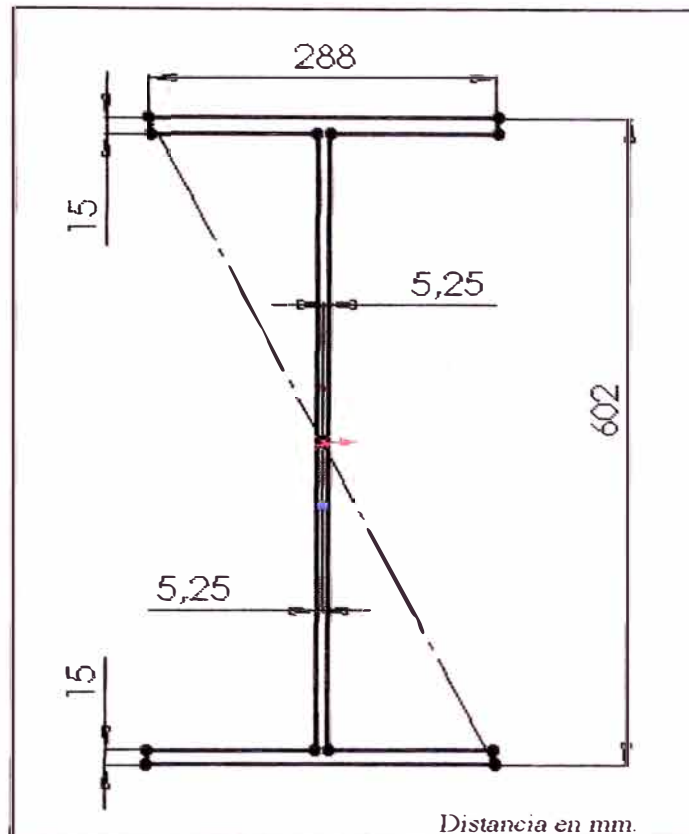
Las vigas de refuerzo tienen cartelas que servirán de amarre a la viga inicial, estos amarres esta ubicados exactamente en cada viga transversal principal (tienen cuatro) y en las vigas de los platos centros para darle continuidad.



Configuración de viga de refuerzo (Fig. 72)



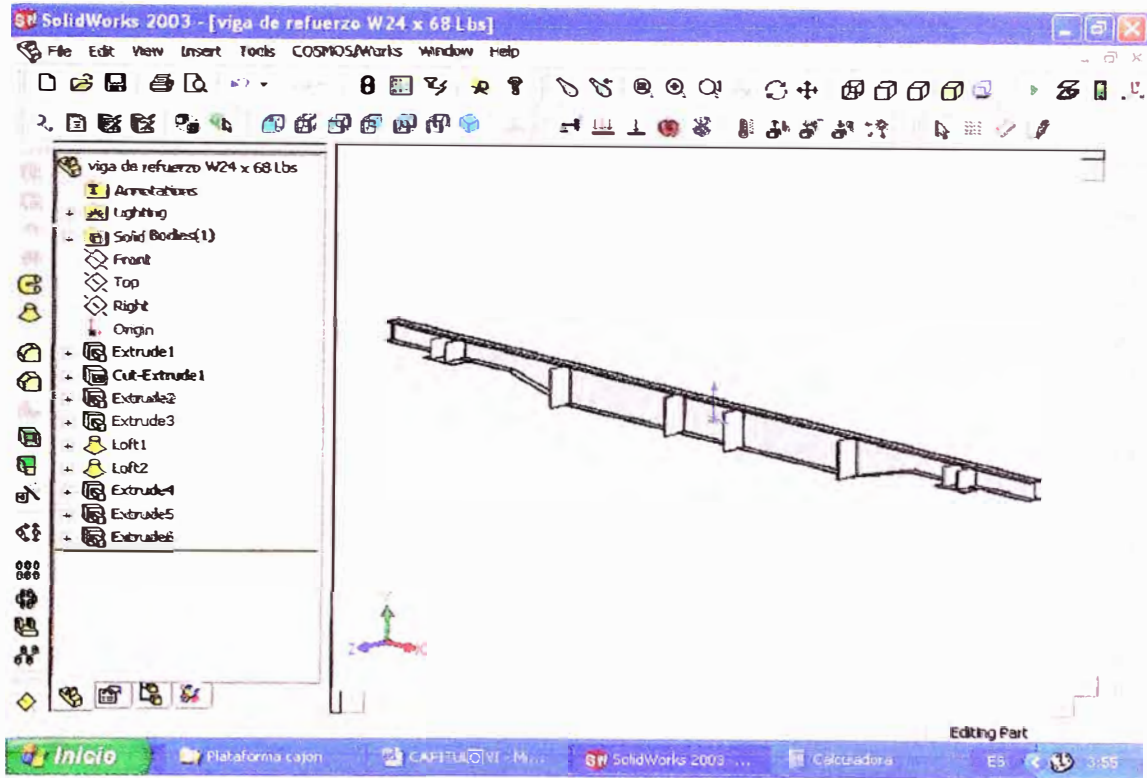
Plataforma reforzada con vigas de 12" (Fig. 73)



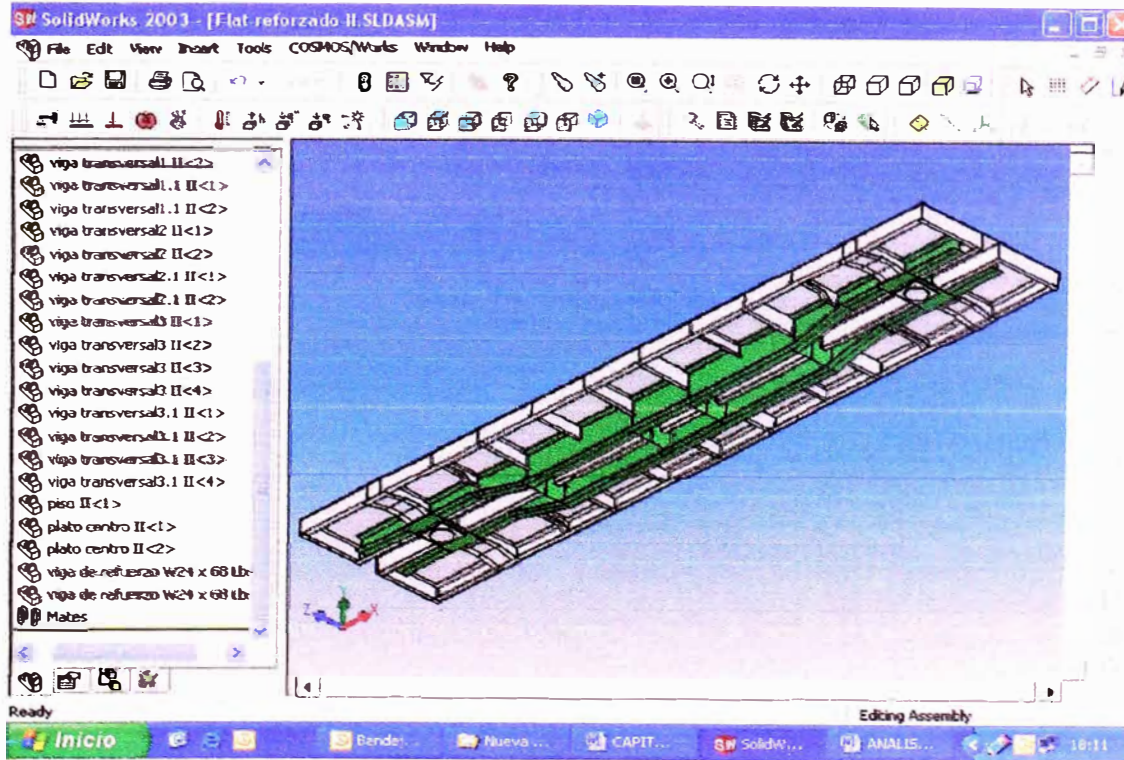
Dimensiones de viga W24 x 68Lb (Fig. 75)

Para los dos refuerzos de la viga central de la plataforma (uno para cada lado) se necesitan dos vigas de 24", cada viga de refuerzo tiene en los extremos cortes para que puedan entrar libremente los truques. La parte central de la viga mantiene las 24" de alto debido a que en esa zona es en donde hay mayor deformación de la estructura (mayor momento flector)

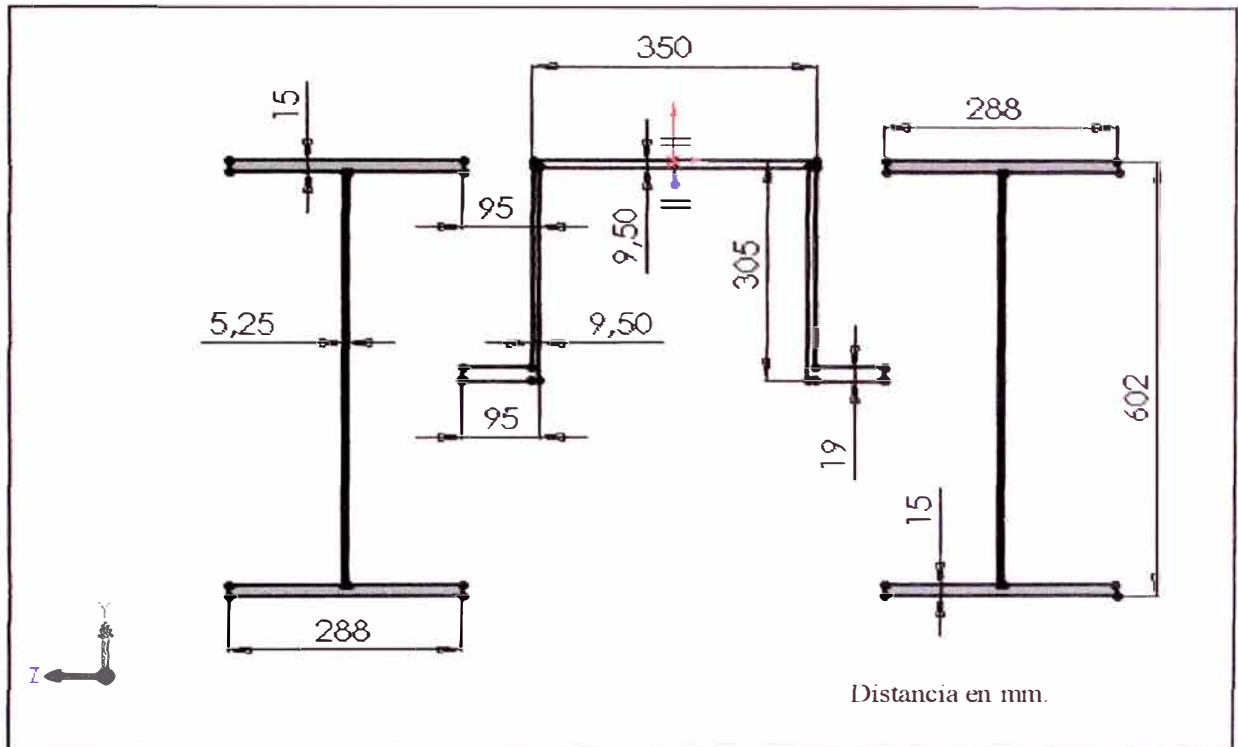
Las vigas de refuerzo tienen cartelas que servirán de amarre a la viga inicial, estos amarres esta ubicados exactamente en cada viga transversal principal (tienen cuatro) y en las vigas de los platos centros para darle continuidad.



Configuración de vigas de refuerzo (Fig. 76)



Plataforma reforzada con vigas de 24" (Fig. 77)



Vigas de refuerzo de 14" con viga central (Fig. 78)

CAPITULO 7

MODELADO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS

7.1.Alternativa con vigas de 12”

Al modelo de la plataforma original, se ensambla el refuerzo de viga central con la configuración de vigas de 12” (W12 x 35 Lbs), una vez ensamblado, se analiza la estructura considerando:

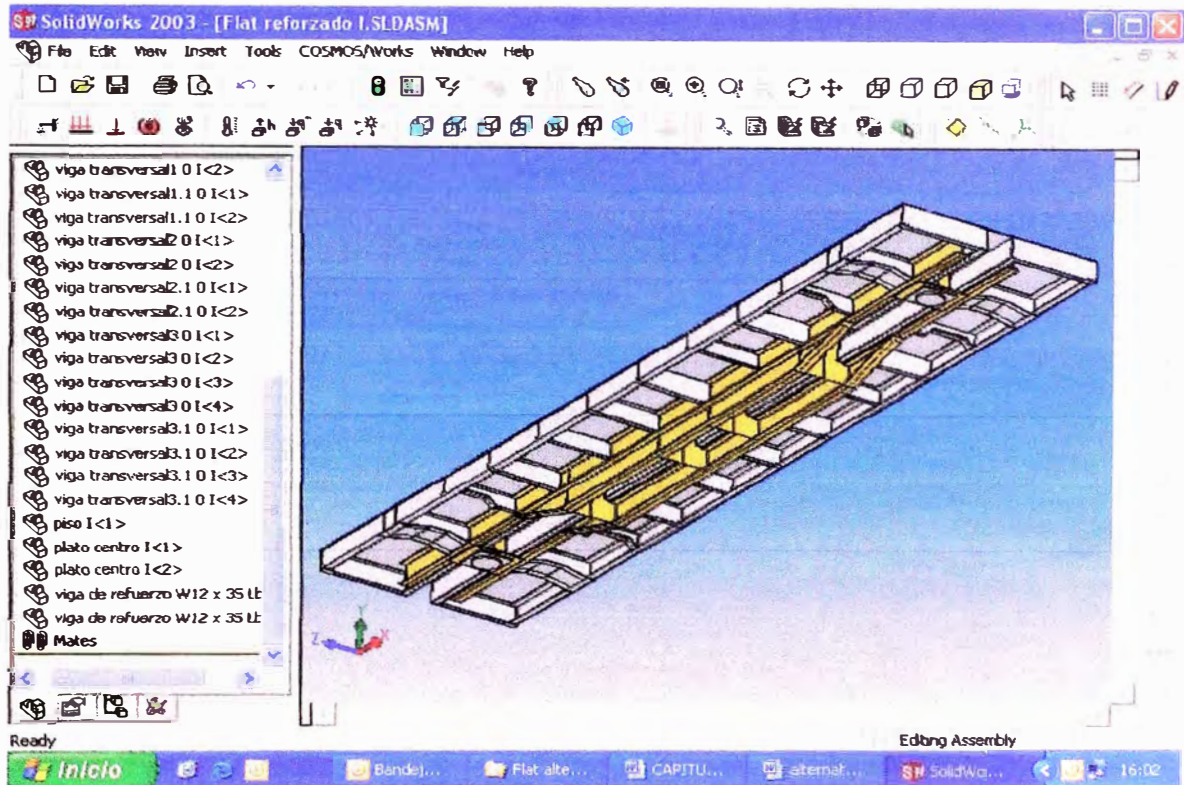
- Carga de 70 toneladas
- Dos puntos de apoyo (restricciones)
- Peso propio de la estructura
- Materiales diferentes AISI 1020 y ASTM A36

7.1.1.Pre procesamiento

Al modelo ensamblado se señala las restricciones, el material, la carga aplicada y el peso propio de la estructura.

7.1.1.1 Determinación del modelo geométrico

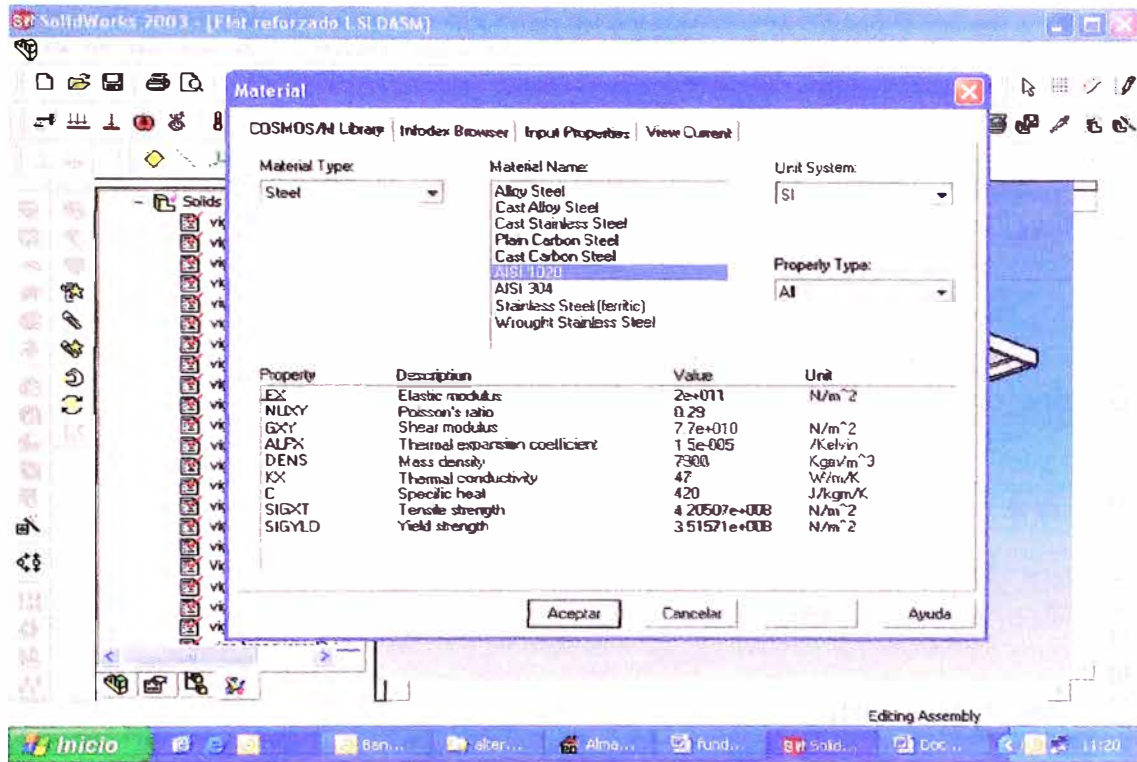
Tomando el modelo de la figura 73 del capítulo 6



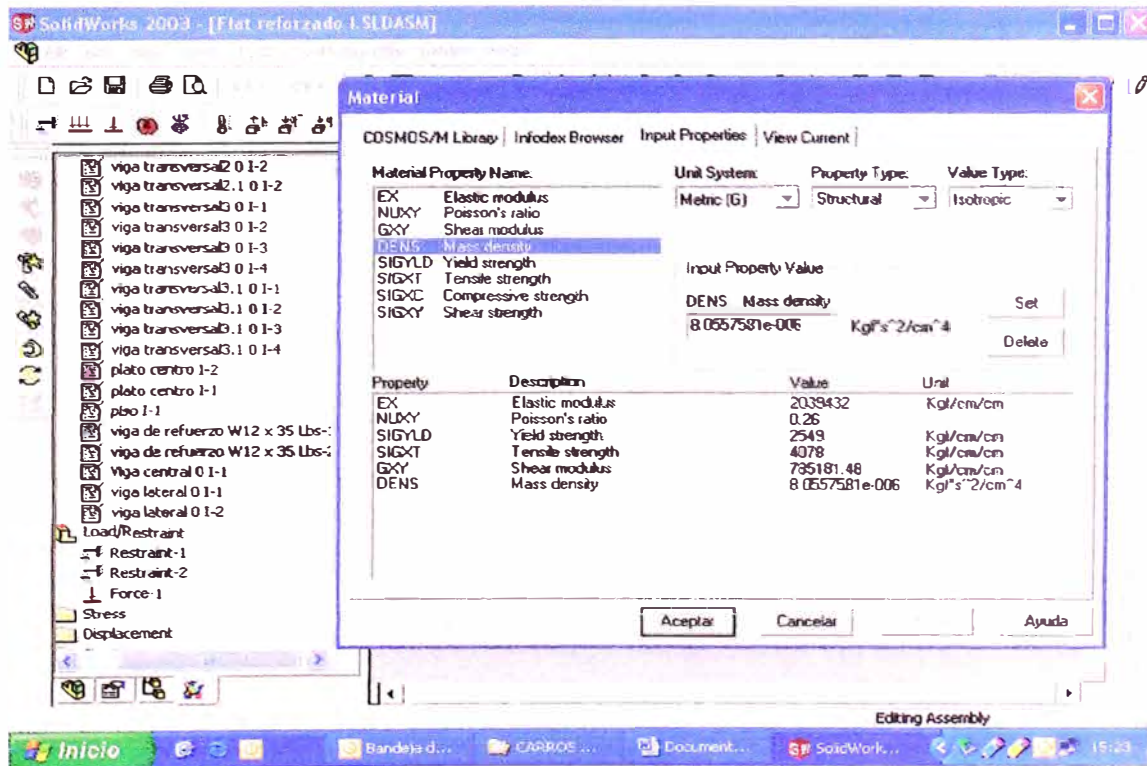
Plataforma reforzada con vigas de 12" (Fig. 79)

7.1.1.2. Definición del material

Se define el material considerando que es isotrópico y homogéneo, la estructura original es Acero AISI 1020 y las vigas de refuerzo es acero ASTM A36.



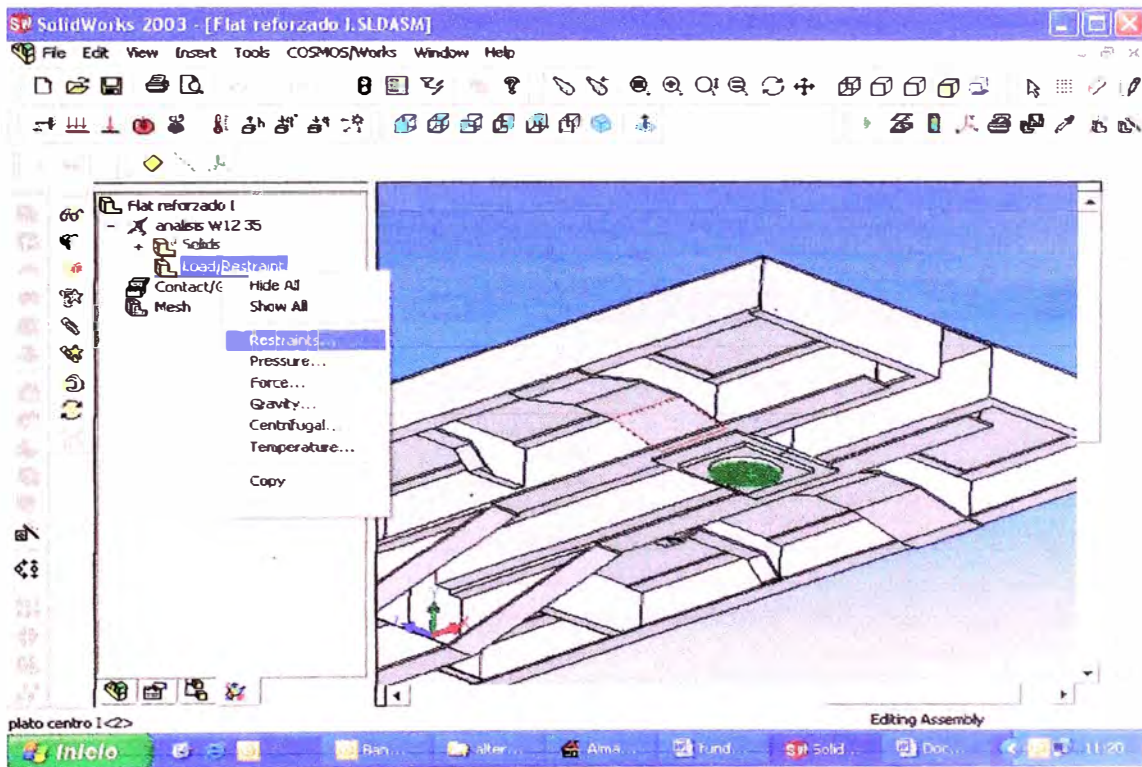
Material AISI 1020 para estructura original (Fig. 80)



Material ASTM A36 para vigas de refuerzo (Fig. 81)

7.1.1.3. Definición de las restricciones

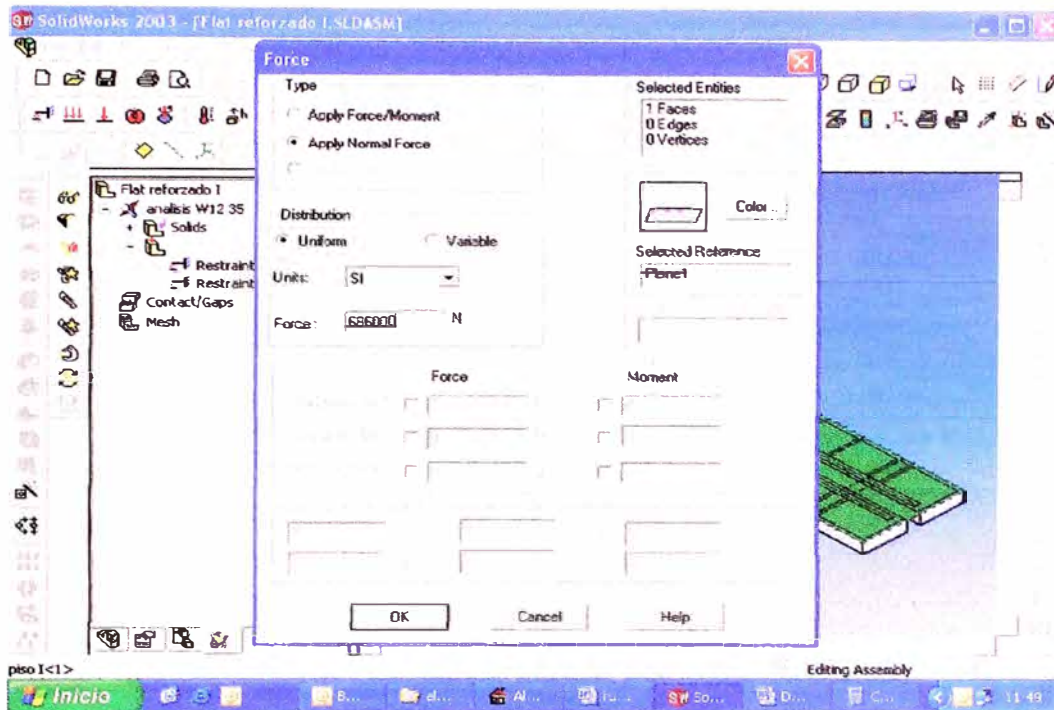
Las restricciones se considera en los puntos de apoyo de la estructura con los truques, llamados platos centro.



Restricción en plato centro (Fig. 82)

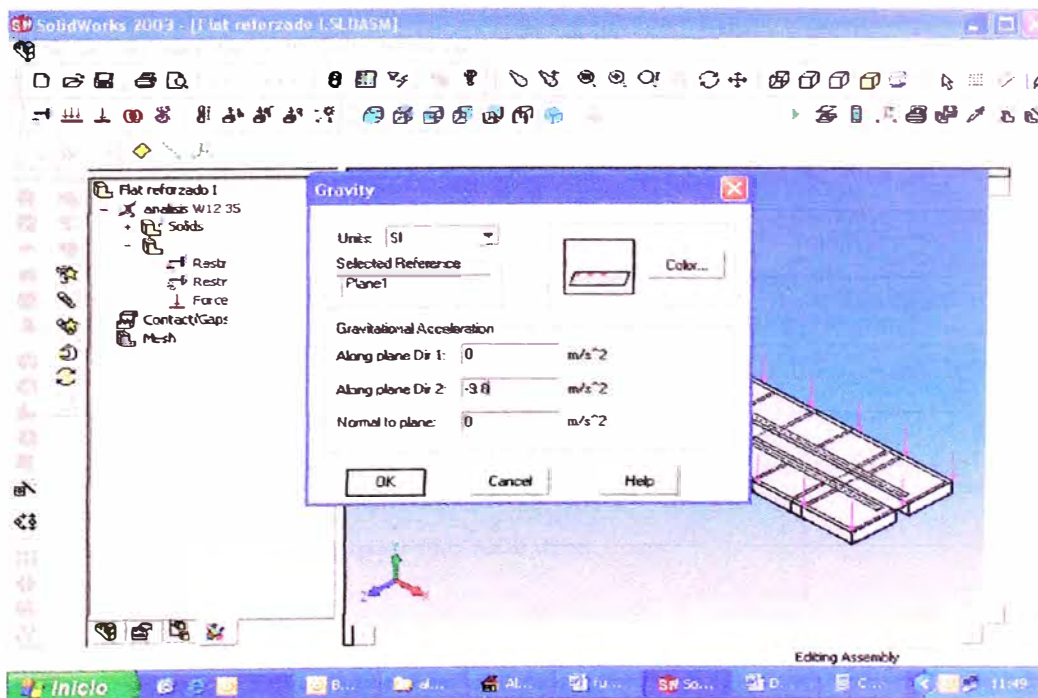
7.1.1.4. Determinación de las cargas actuantes

Para este análisis estático se considera cargas de 70 toneladas (686 000 N) distribuida homogéneamente sobre el piso de la plataforma y el peso propio de la estructura.



Asignación de carga (Fig. 83)

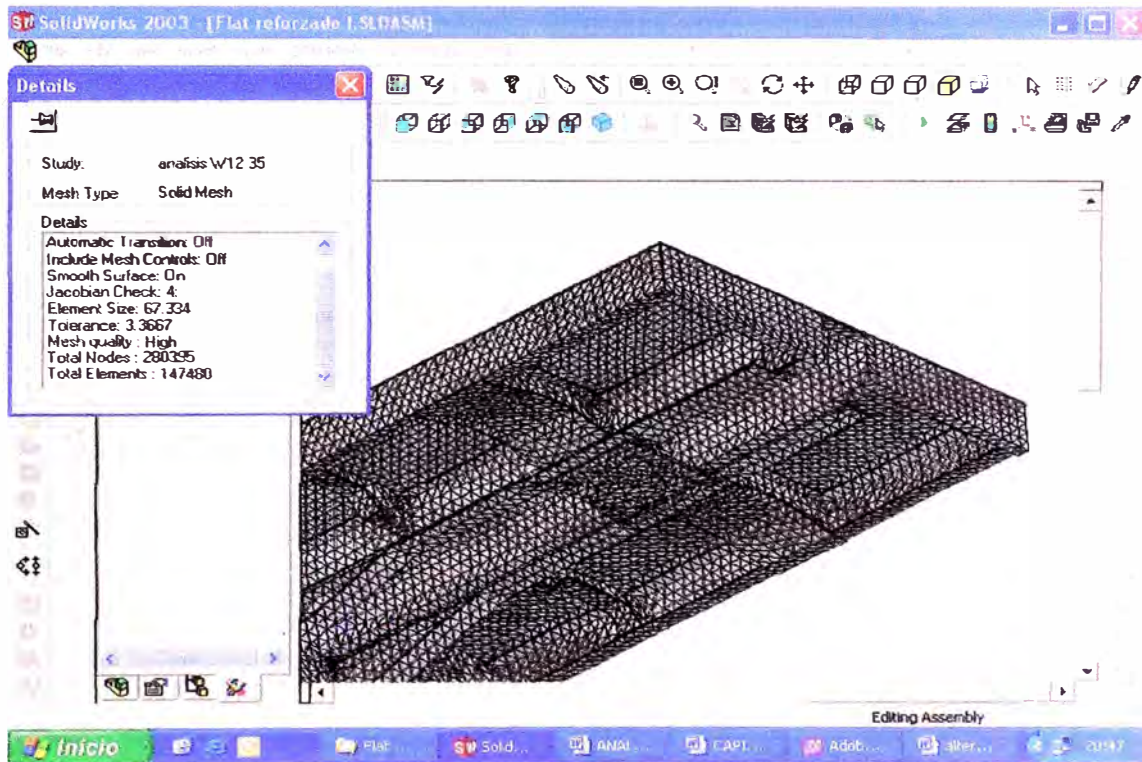
Para la carga producida por el peso propio se considera la aceleración de la gravedad de 9.8 m/s^2



Carga por peso propio (Fig. 84)

7.1.1.5. Mallado del modelo

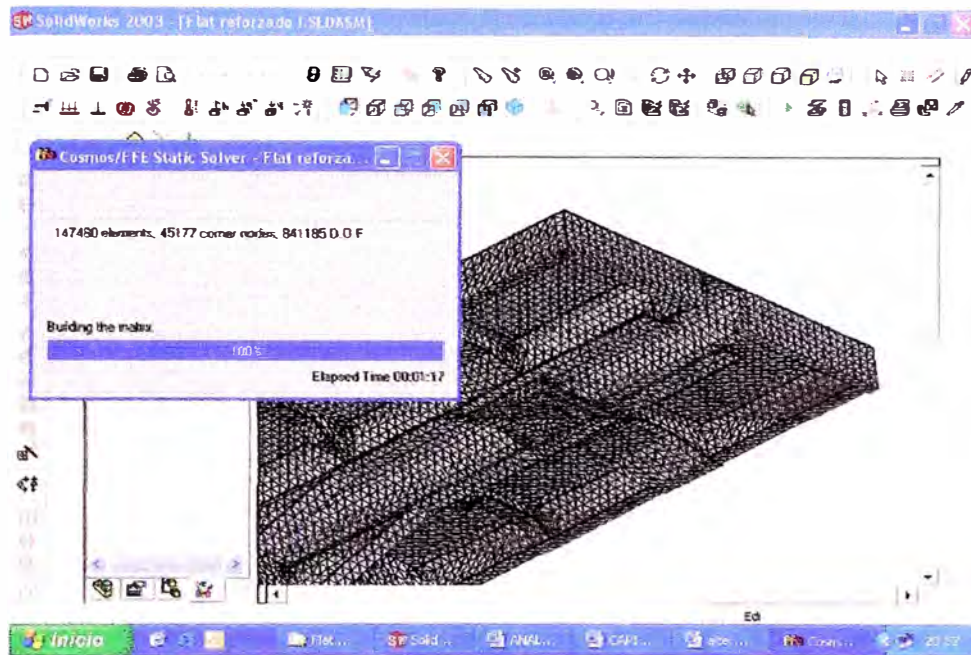
Para el mallado, se toma como tipo de elementos Tetra 10, elemento sólido Tetraedro de 10 nodos de alto orden con 3 grados de libertad GDL por nodo.



Modelo sólido mallado (Fig. 85)

7.1.2. Procesamiento

Se resuelve las ecuaciones que se forma con la matriz de rigidez, las cargas aplicadas y las restricciones.



Solución de matriz de rigidez (Fig. 86)

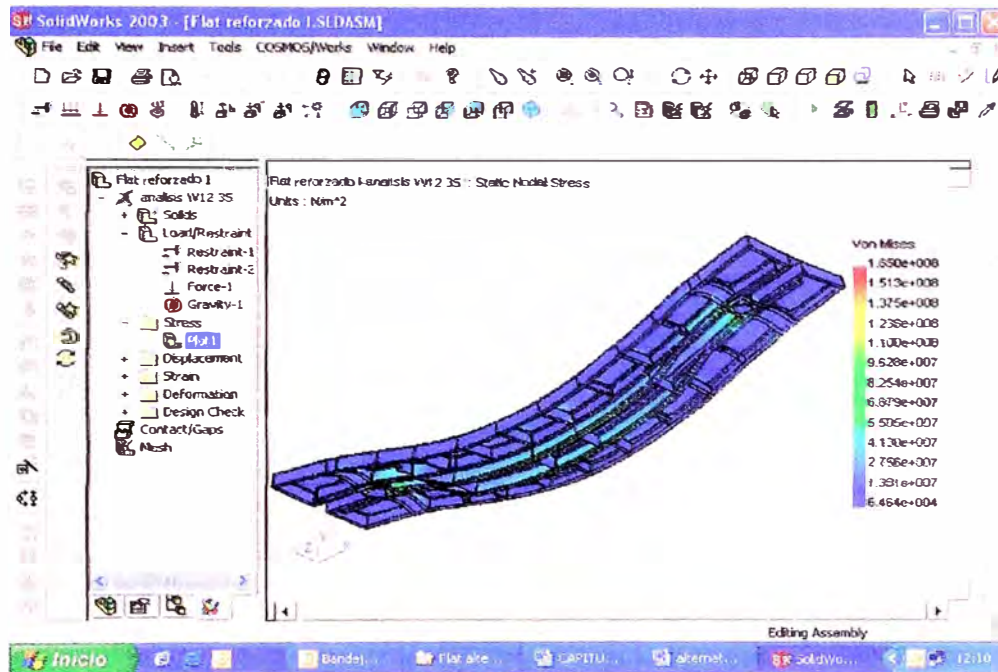
El orden de la matriz de rigidez es de 841,185 grados de libertad con 45,177 nodos y 147,480 elementos

7.1.3. Post procesamiento

Teniendo en consideración las condiciones descritas en el pre procesamiento, se obtienen los siguientes resultados.

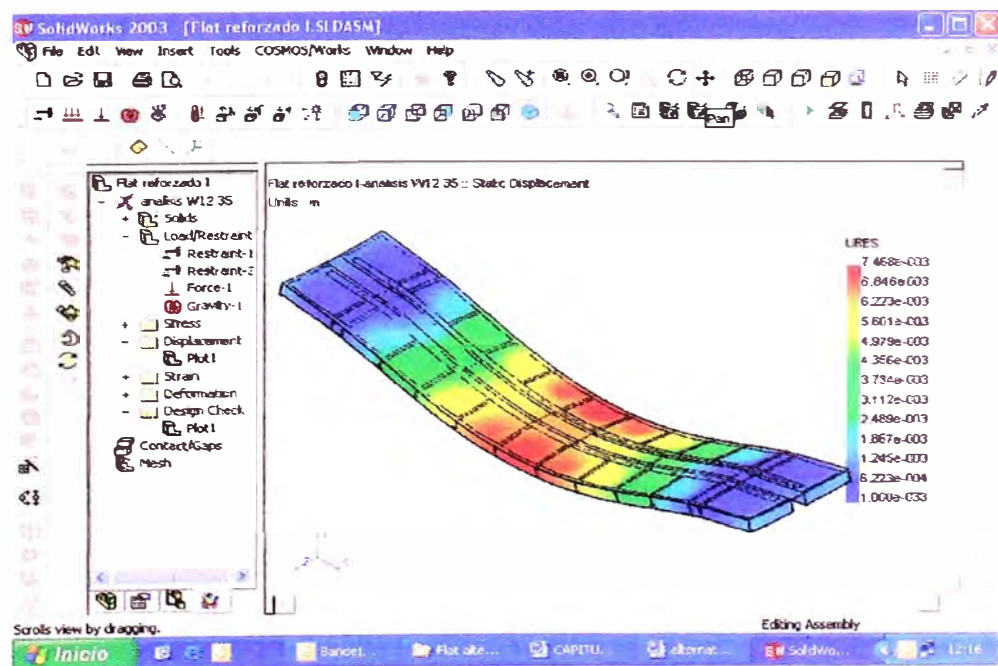
7.1.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos

Se observa que la zona cercana a los puntos de apoyo es la que está sometida a mayor tensión, así también la parte central de la viga de refuerzo están más tensionadas.



Distribución de esfuerzos (Fig. 87)

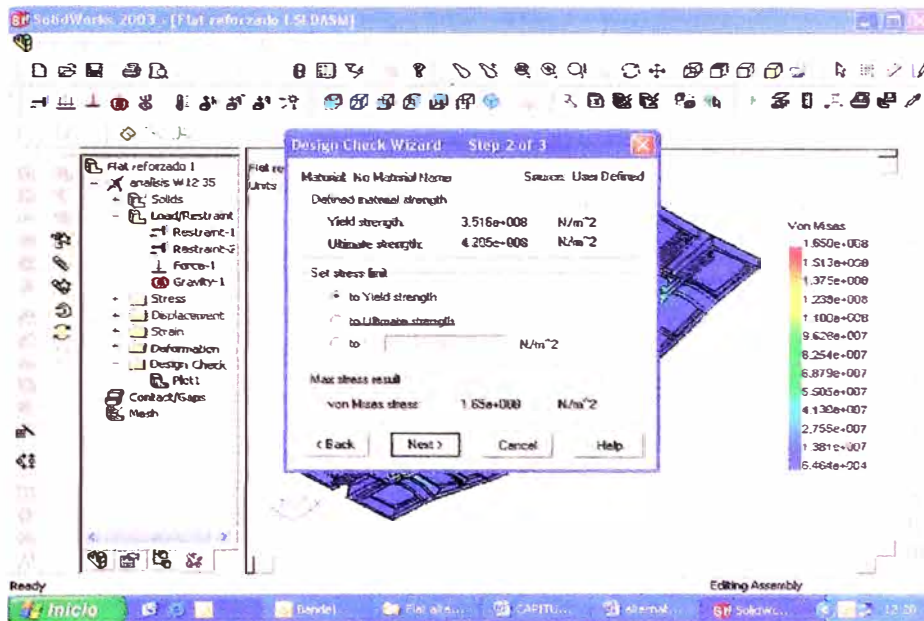
Se observa que la deformación máxima ocurre en la parte central y es aproximadamente 7.4 mm.



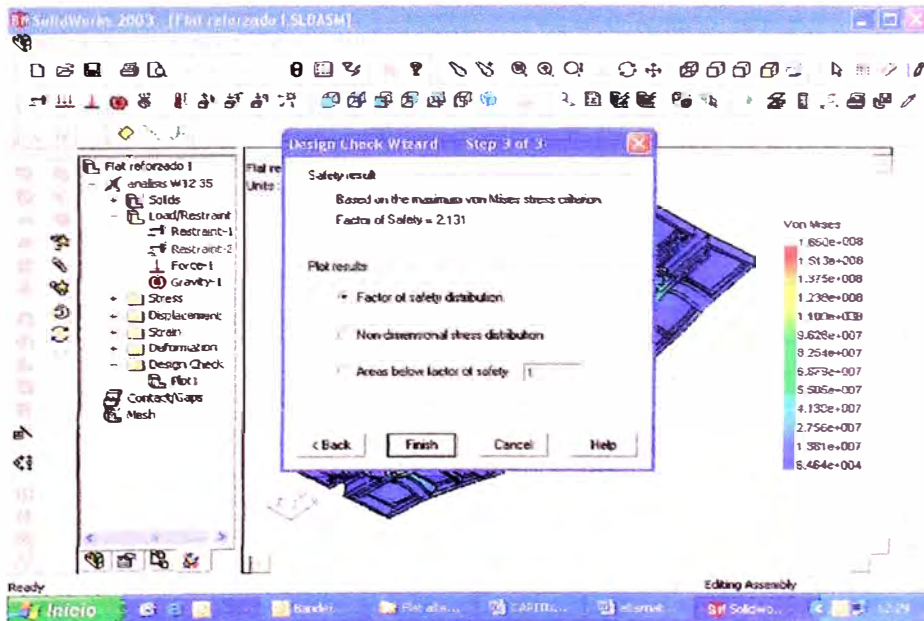
Distribución de desplazamientos (Fig. 88)

7.1.3.2. Determinación del factor de seguridad

Según criterio de falla de Von Mises.



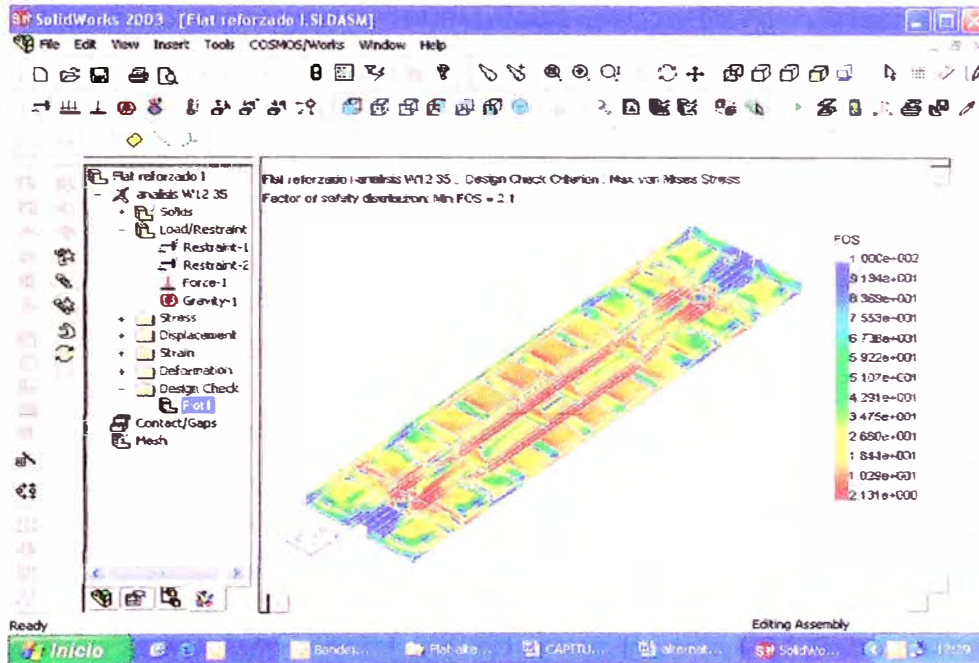
Factor de seguridad (Fig. 89)



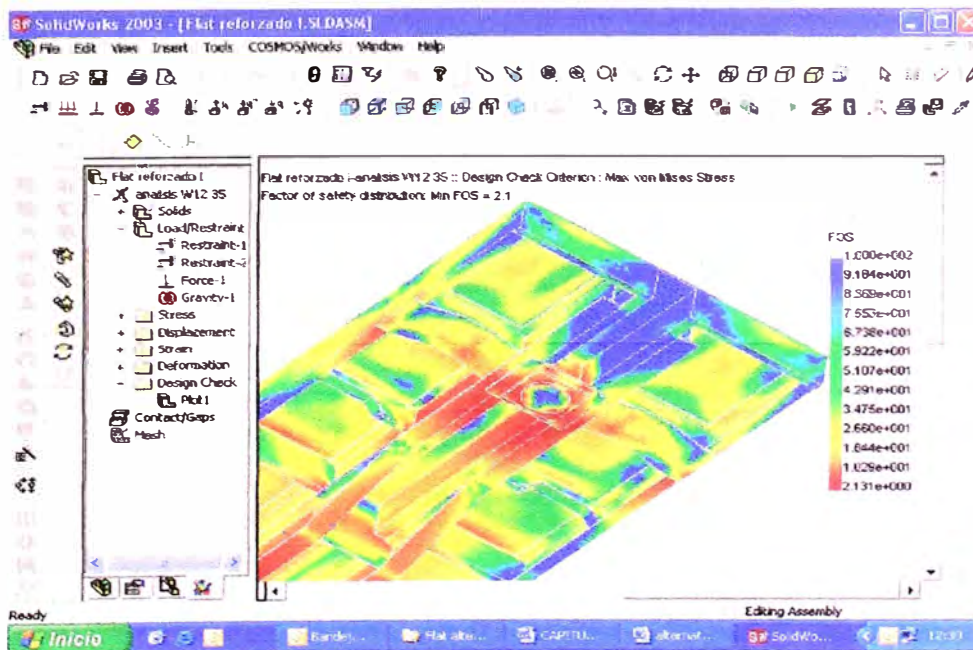
Factor de seguridad (Fig. 90)

Según este criterio de falla, el factor de seguridad mínimo del modelo reforzado con vigas de 12" es de 2.13.

La distribución de factores de seguridad a lo largo de toda la estructura reforzada se aprecia mediante el mapa de colores, siendo el color rojo los valores mínimos.



Distribución de Factor de seguridad, vista inferior (Fig. 91)



Distribución de Factor de seguridad, acercamiento (Fig. 92)

7.2. Alternativa con vigas de 24"

Al modelo de la plataforma original, se ensambla el refuerzo de viga central con la configuración de vigas de 24" (W24 x 68 Lbs), una vez ensamblado, se analiza la estructura considerando:

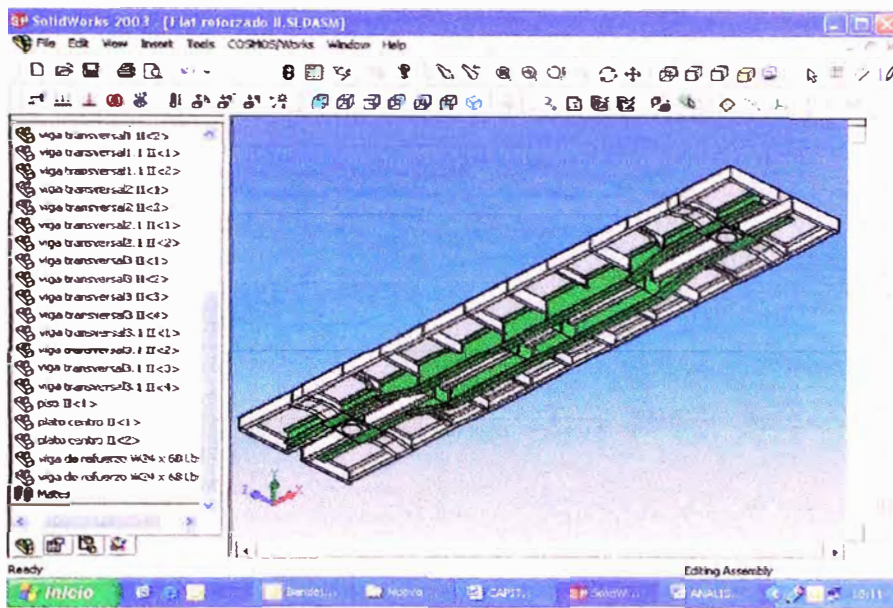
- Carga de 70 toneladas
- Dos puntos de apoyo (restricciones)
- Peso propio de la estructura
- Materiales diferentes AISI 1020 y ASTM A36

7.2.1. Pre procesamiento

Al modelo ensamblado se señala las restricciones, el material, la carga aplicada y el peso propio de la estructura.

7.2.1.1. Determinación del modelo geométrico

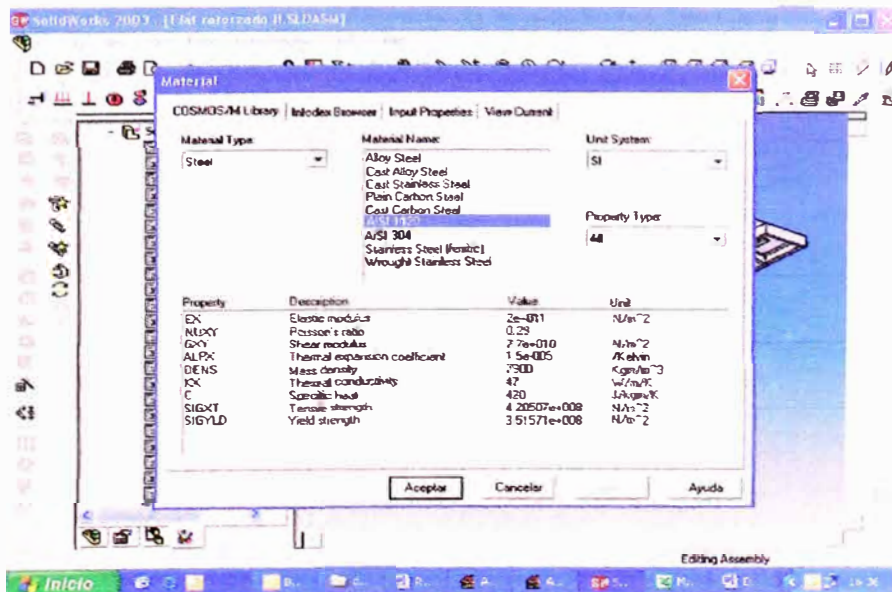
Tomando el modelo de la figura 77 del capítulo 6



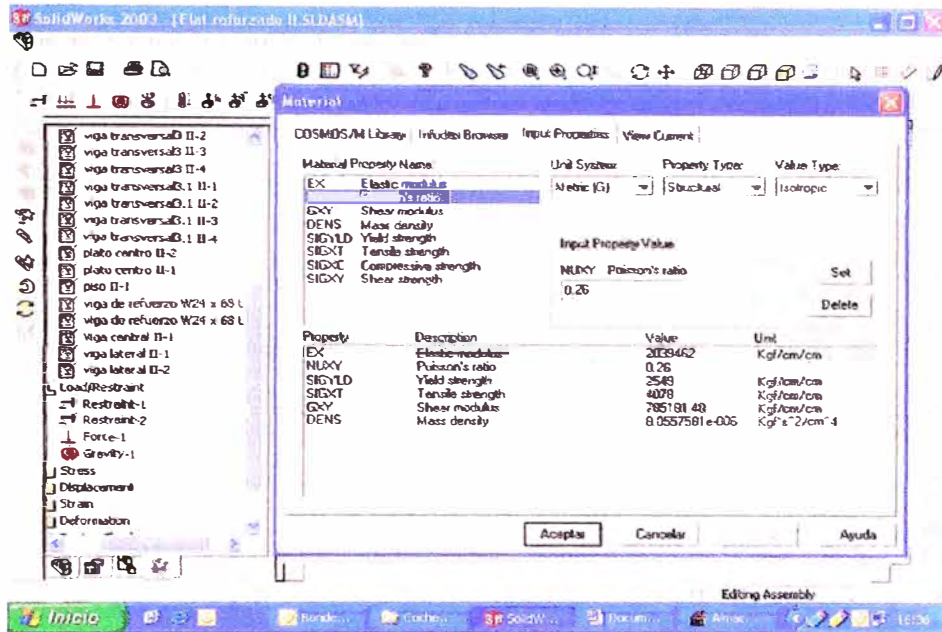
Plataforma reforzada con vigas de 24” (Fig. 93)

7.2.1.2. Definición del material

Se define el material considerando que es isotrópico y homogéneo, la estructura original es acero AISI 1020 y las vigas de refuerzo es acero ASTM A36.



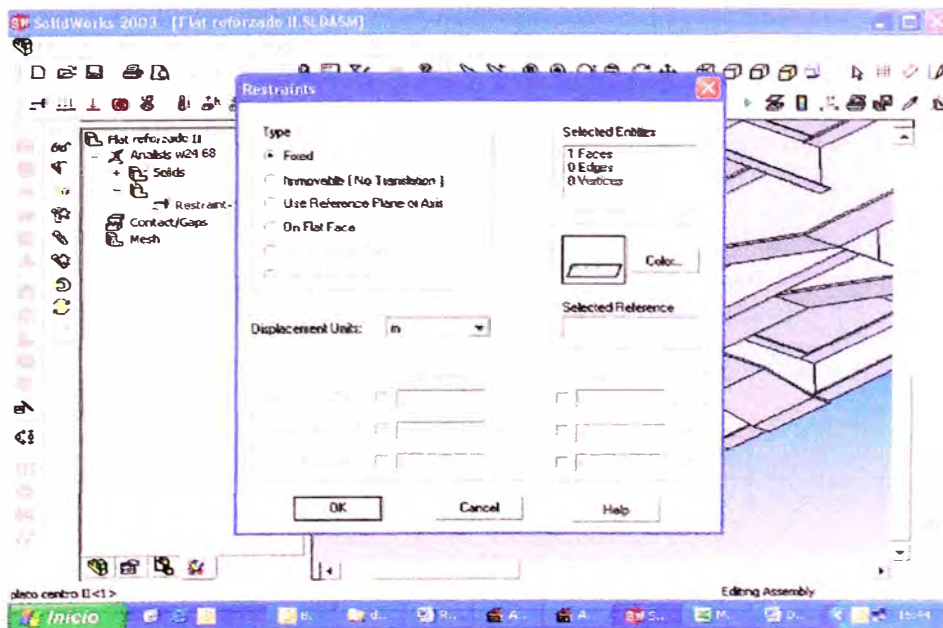
Material AISI 1020 para estructura original (Fig. 94)



Material ASTM A36 para vigas de refuerzo (Fig. 95)

7.2.1.3. Definición de las restricciones

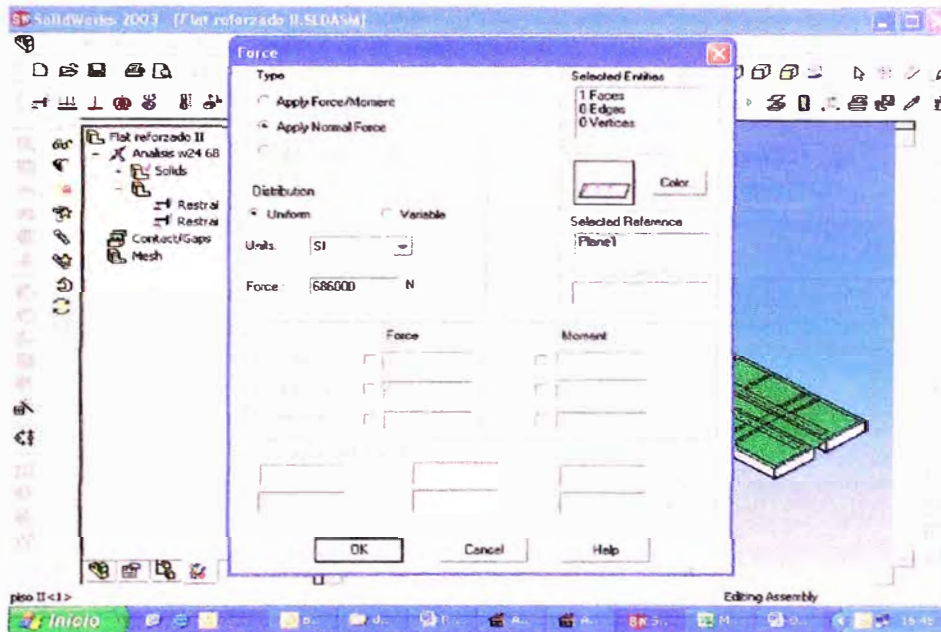
Las restricciones se considera en los puntos de apoyo de la estructura con los truques, llamados platos centro.



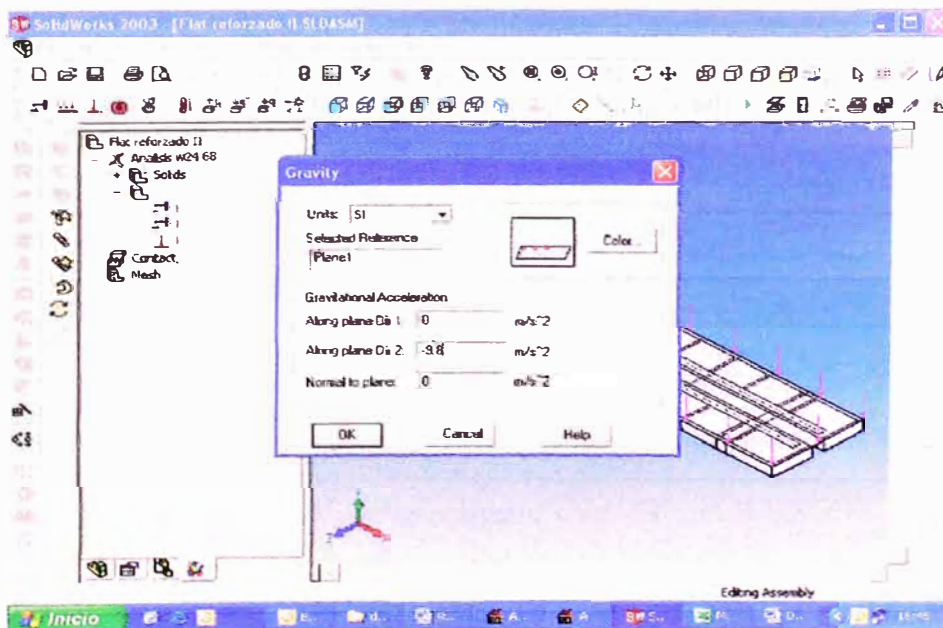
Restricción en plato centro (Fig. 96)

7.2.1.4. Determinación de las cargas actuantes

Para este análisis estático se considera cargas de 70 toneladas (686 000 N) distribuida homogéneamente sobre el piso de la plataforma y el peso propio de la estructura.



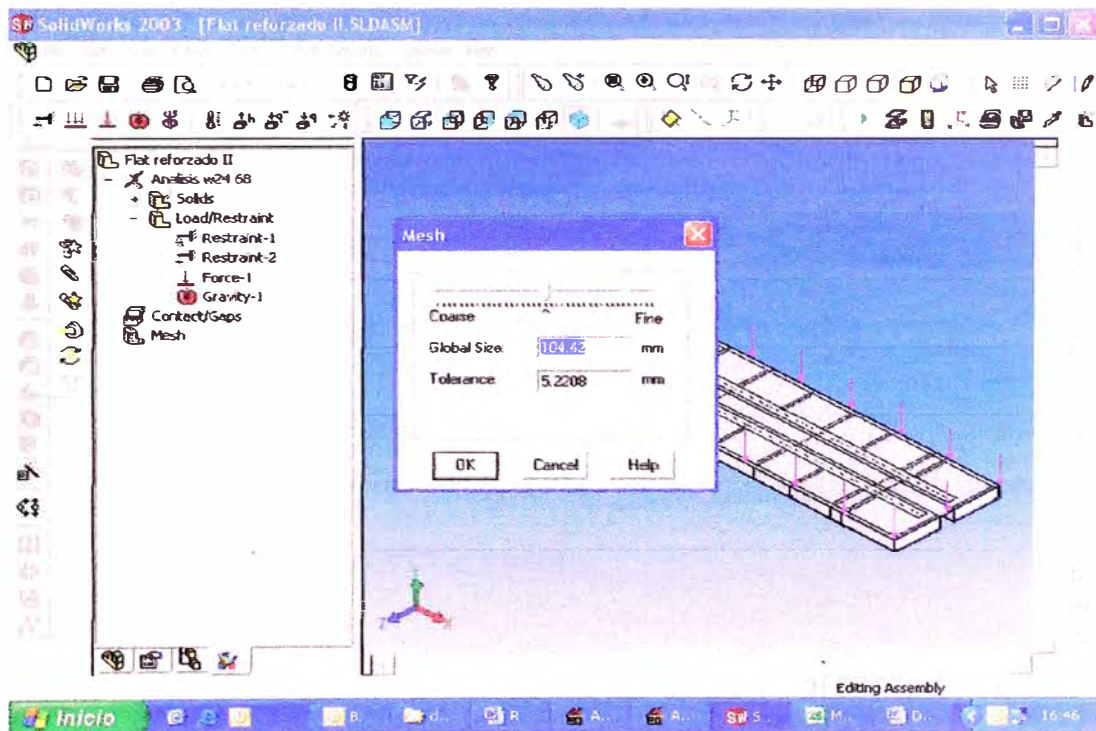
Asignación de carga (Fig. 97)



Carga por peso propio (Fig. 98)

7.2.1.5. Mallado del modelo

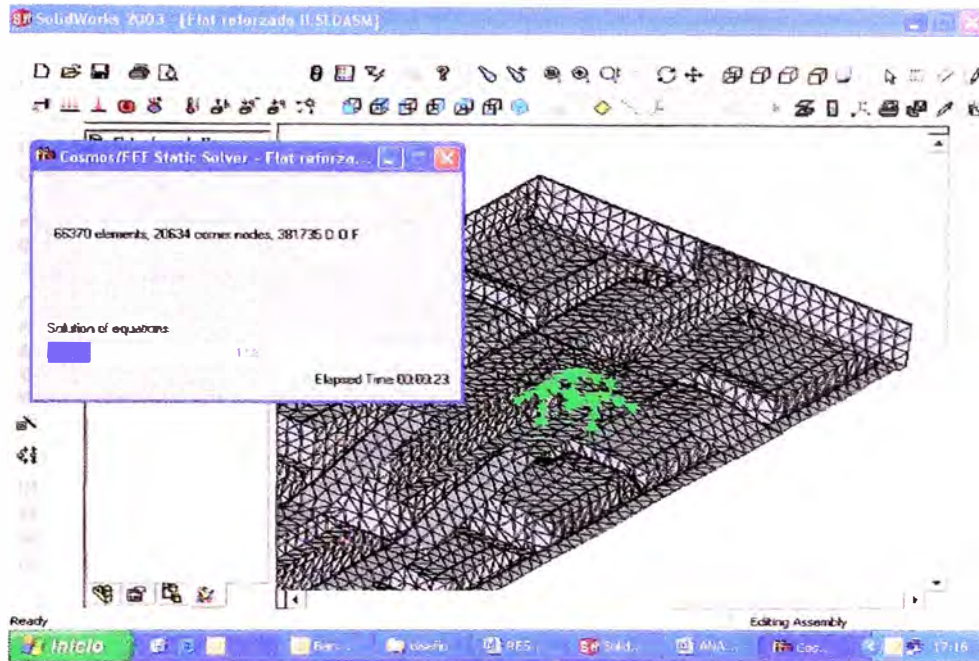
Para el mallado, se toma como tipo de elementos Tetra 10, elemento sólido Tetraedro de 10 nodos de alto orden con 3 grados de libertad por nodo.



Mallado del modelo (Fig. 99)

7.2.2. Procesamiento

Se resuelve las ecuaciones que se forma con la matriz de rigidez, las cargas aplicadas y las restricciones.



Solución de matriz de rigidez (Fig. 100)

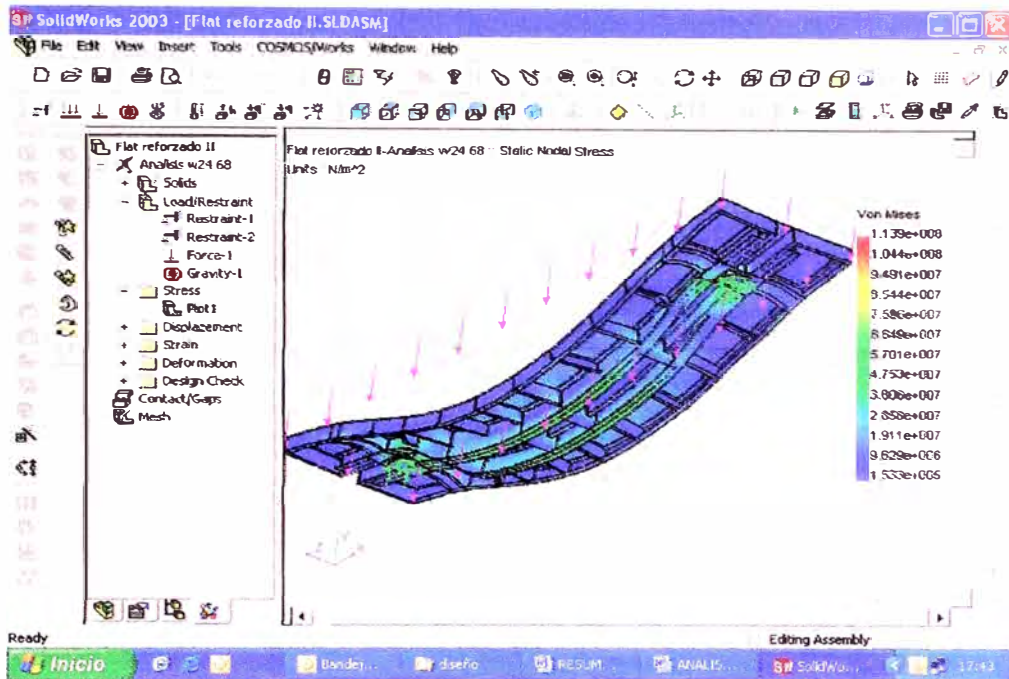
El orden de la matriz de rigidez es de 381,735 grados de libertad con 20,634 nodos y 66,370 elementos

7.2.3. Post procesamiento

Teniendo en consideración las condiciones descritas en el pre procesamiento, se obtienen los siguientes resultados

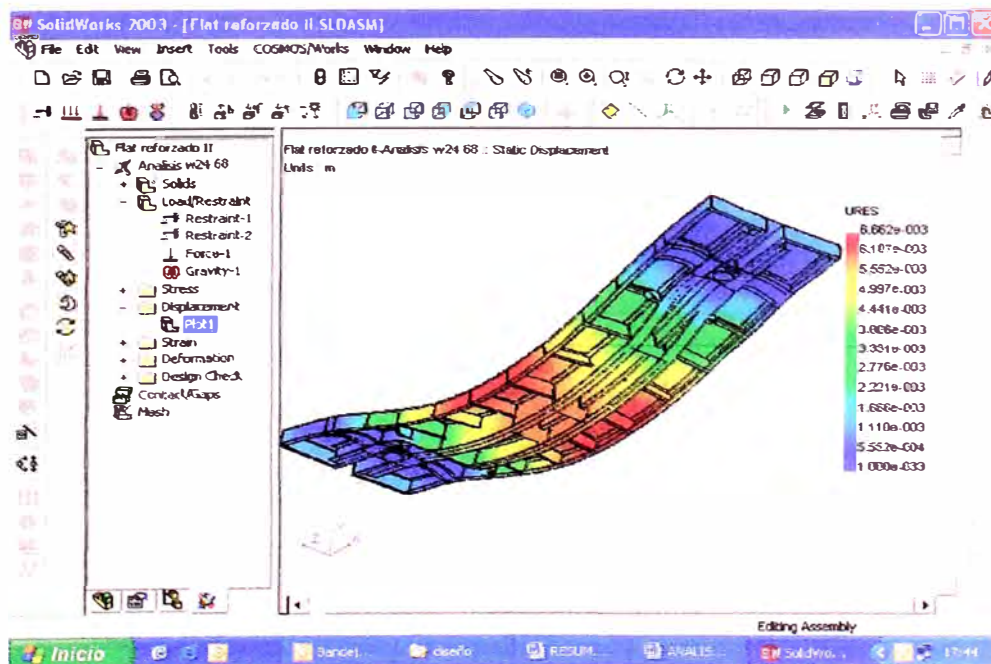
7.2.3.1. Determinación de esfuerzos y desplazamientos

Se observa que la zona cercana a los puntos de apoyo es la que está sometida a mayor tensión, así también la parte central de la viga de refuerzo están más tensionadas.



Distribución de esfuerzos (Fig. 101)

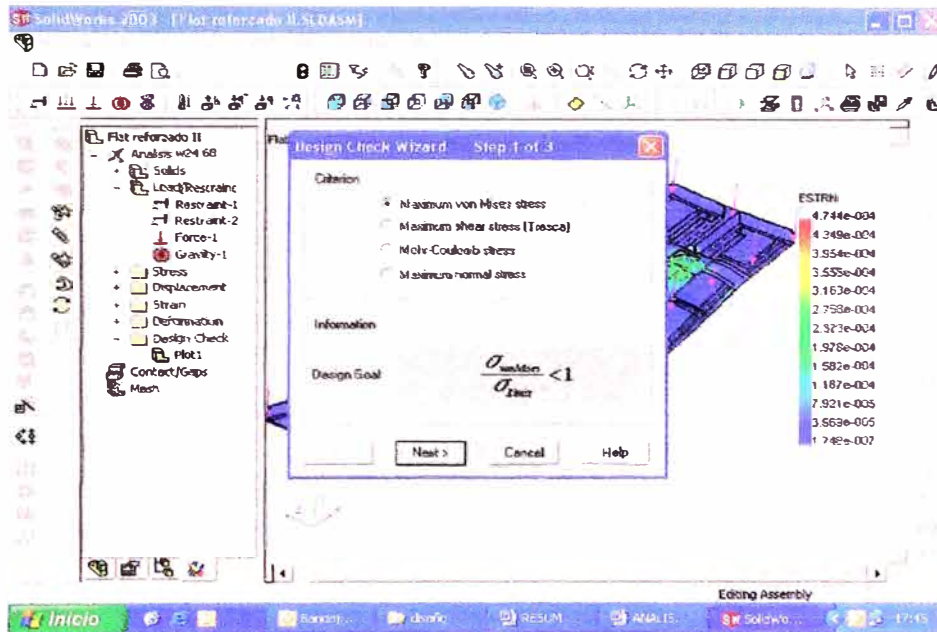
Se observa que la deformación máxima que sufre la estructura es aproximadamente 6.6 mm en la parte central



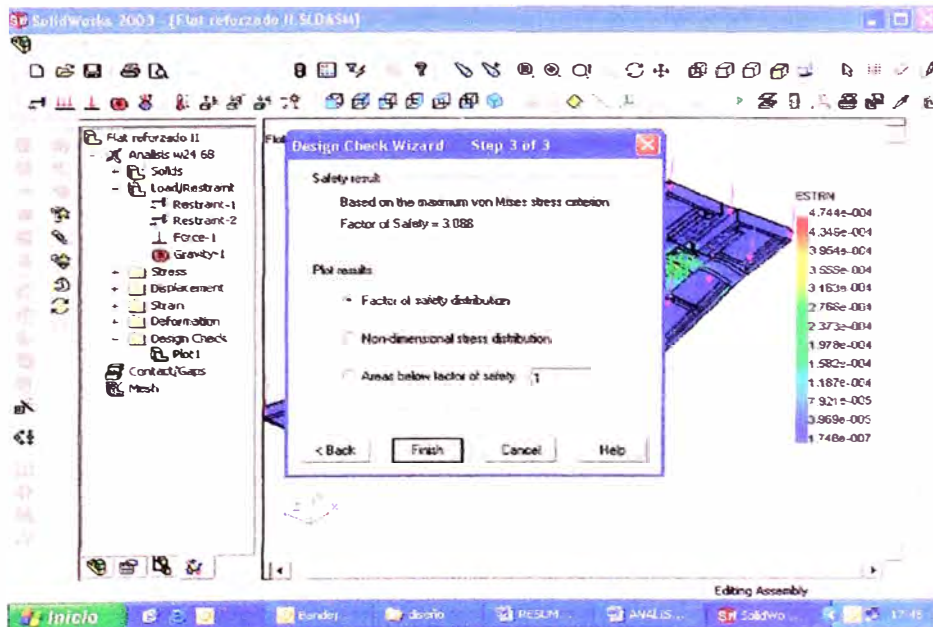
Distribución de desplazamientos (Fig. 102)

7.2.3.2. Determinación del factor de seguridad

Según criterio de falla de Von Mises.



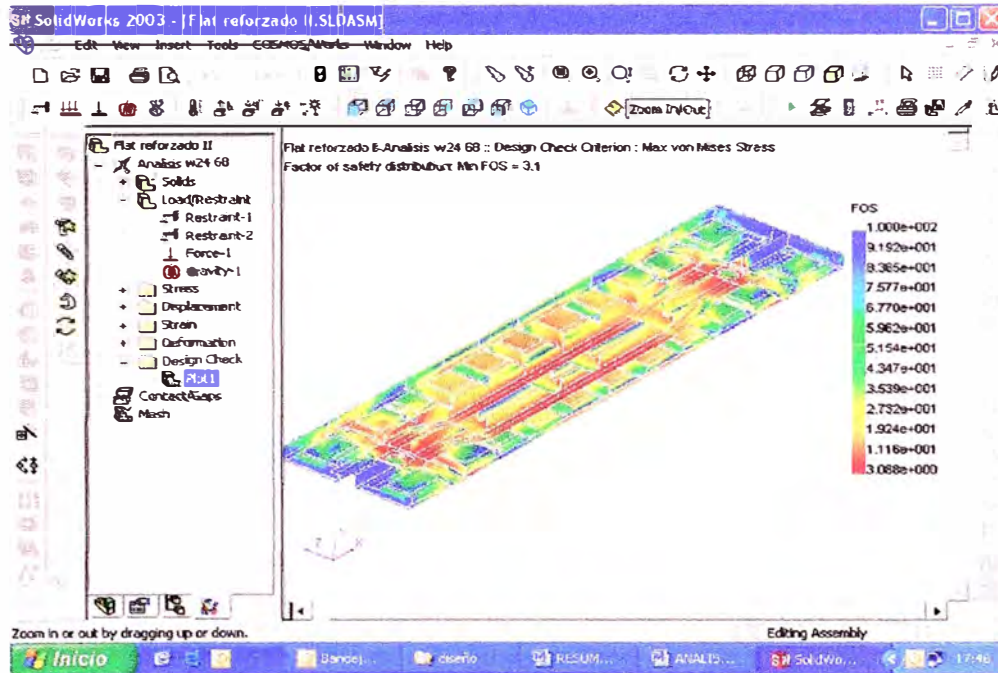
Factor de seguridad (Fig. 103)



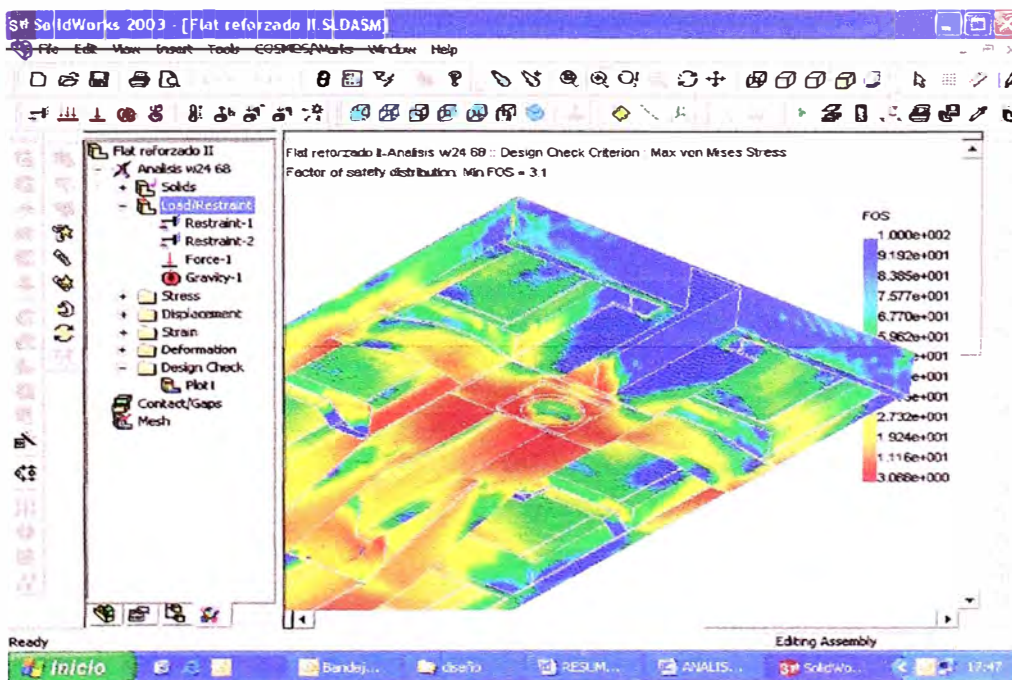
Factor de seguridad (Fig. 104)

Según este criterio de falla, el factor de seguridad mínimo del modelo reforzado con vigas de 24" es de 3.08

La distribución de factores de seguridad a lo largo de toda la estructura reforzada se aprecia mediante el mapa de colores, siendo el color rojo los valores mínimos.



Distribución del Factor de seguridad, vista inferior (fig. 105)



Distribución del Factor de seguridad, vista ampliada (fig. 106)

7.3.Comparación de resultados

Del análisis realizado a las alternativas de acondicionamiento de la plataforma para aumento de tonelaje de carga, se obtiene:

Datos de ingreso:

| | Plataforma reforzada con Vigas de 12” | Plataforma reforzada con Vigas de 24” |
|---|--|--|
| Carga aplicada (N) | 686,000 | 686,000 |
| Aceleración de la gravedad (m/s²) | 9.8 | 9.8 |
| Material | AISI 1020 ASTM A36 | AISI 1020 ASTM A36 |

Datos de mallado:

| | Plataforma reforzada con Vigas de 12” | Plataforma reforzada con Vigas de 24” |
|---------------------------------|--|--|
| Elementos | 147,480 | 66,370 |
| Grados de libertad (GDL) | 841,185 | 381,735 |
| Nodos | 45,177 | 20,634 |

Resultados obtenidos:

| | Plataforma reforzada con Vigas de 12” | Plataforma reforzada con Vigas de 24” |
|--|--|--|
| Esfuerzo máximo (N/m²) | 1.65×10^8 | 1.13×10^8 |
| Deformación máxima (mm) | 7.4 | 6.6 |
| Factor de seguridad | 2.1 | 3.0 |

Consideraciones de los resultados obtenidos en el análisis

1. El Software de análisis, considera que cada material de la estructura es homogéneo e isotropico, la estructura del cuerpo real esta compuesto por material que ha trabajado (probablemente se encuentra desgastado y fatigado) y las vigas de refuerzo son materiales nuevos.
2. El Software de análisis usado considera a la estructura como un solo cuerpo, no distingue uniones soldadas.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos por el software CosmosWorks 6.0 y de los resultados y consideraciones mencionadas en el capítulo 7 (parte: 7.3) y los resultados del capítulo 5 (parte 5.2), la mejor alternativa de acondicionamiento de plataforma en análisis, para el aumento de tonelaje de carga es usando las vigas de 24”.

| Resumen de resultados | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Plataforma modelo | Refuerzo con vigas de 12” | Refuerzo con vigas de 24” |
| Esfuerzo máximo (N/m ²) | 1.469 x 10 ⁸ | 1.65 x 10 ⁸ | 1.13 x 10 ⁸ |
| Deformación Máxima (mm) | 5.0 | 7.4 | 6.6 |
| Factor de seguridad | 2.4 | 2.1 | 3.0 |

2. El primer paso para seguir en todo análisis estructural, mediante método de elementos finitos es planear una metodología de acción.

3. Una vez detectada una necesidad (problema) y gestadas las ideas de solución, se decide exactamente qué hacer, entonces es necesario dominar algún software de CAD para modelar el diseño y un software CAE para analizarlo. Esto permite evaluar el diseño, la computadora simula, representa objetos, el diseñador lo estudia, analiza, juzga y decide si ése es el resultado esperado o si hay correcciones que hacer.
4. La computadora no es más que una herramienta, sólo hace lo que le pedimos que haga, si la información que se le da es errónea, entonces solo obtendremos resultados erróneos.
5. Diseñar desde un programa de CAD puede ser tan beneficioso como peligroso. A menudo aparecen errores de concepción geométrica por ver un objeto 3D a través de una pantalla 2D, que no nos permite manipular los objetos, si el diseñador no es muy idóneo en el uso del software, esa falta de dominio trae como consecuencia que el programa domine al usuario.
6. En el cálculo tradicional se tiene los esfuerzos como datos y los espesores son las incógnitas, en el análisis computacional los esfuerzos son las incógnitas y los espesores son datos.

BIBLIOGRAFIA

- INTRODUCCION AL ESTUDIO DE ELEMENTOS FINITOS EN INGENIERIA
Tirupathi Chadrupatla Prentice Hall 1999
- MECANICA DE MATERIALES
Timoshenko Iberoamerica 1986
- MECANICA DE MATERIALES
Hibbeler CECSA 1994
- FIELD MANUAL OF THE A.A.R. INTERCHANGE RULES
Asociation of American Railroads U.S.A 1981
- CODIGO DE REGULACIONES FEDERALES (F.R.A.)
The Railway Education Bureau Nebraska 1995
- CAR BUILDER'S DICTONARY 19th Edition 1953
- SOLIDWORKS 2004 Teacher Guide
- COSMOSWORKS 6.0 User's Guide
- CATALOGO DE PRODUCTOS Comercial del Acero S.A.
- <http://www.solidworks.com>
- <http://www.cosmosm.com>
- <http://www.iberisa.com>

ANEXOS

ANEXO 1: Software de Ingeniería asistida por Computadora

ANEXO 2: Ficha técnica de vagones de carga

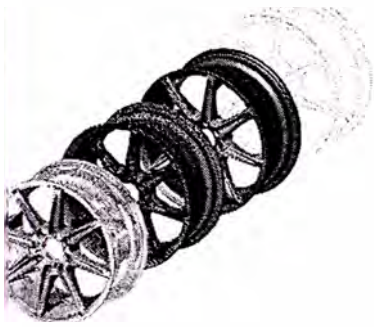
ANEXO 3: Field Manual of the Interchange Rules A.A.R.

ANEXO 4: Código de regulaciones federales FRA (Parte 215)

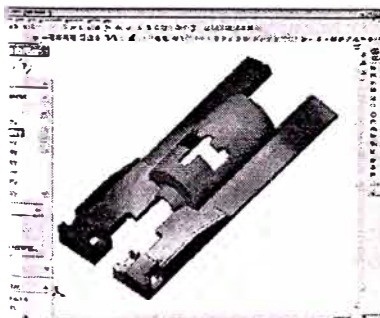
COSMOSWorks DESIGNER

HERRAMIENTA DE SIMULACION Y ANALISIS ASEQUIBLE PARA CUALQUIER INGENIERO

COSMOSWorks Designer permite estudiar las prestaciones y comportamiento real de diferentes alternativas de diseño salir del entorno familiar de SolidWorks.



La validación del modelo durante el proceso de diseño es práctica habitual en las empresas modernas debido a la reducción de costes, mejoras de calidad, facilidad de uso, beneficios a seguridad del producto, y además porque permite al ingeniero de diseño ser más creativo sin sacrificar la calidad del diseño.



Debido a que COSMOSWorks Designer está totalmente integrado bajo SolidWorks, los ingenieros de diseño pueden utilizar directamente en el cálculo por elementos finitos las propiedades de materiales introducidas en la fase de diseño, ahorrando tiempo durante el proceso de verificación.

Las empresas confían más en COSMOS® que en cualquier otro programa de análisis. Más de 120.000 empresas de todo el mundo de distintos sectores de la industria usa actualmente COSMOS® para mejorar la calidad de sus diseños, evitar fallos, reducir costes de material y recortar el tiempo de lanzamiento del producto al mercado. Para diseñadores y analistas que necesiten mejorar la calidad del producto, COSMOSWorks® Designer contiene las capacidades de análisis más utilizadas.

Fácil de aprender y usar. Totalmente integrado bajo el interface de SolidWorks®, COSMOSWorks Designer utiliza el FeatureManager® de SolidWorks y las mismas órdenes de teclado y ratón, por tanto cualquiera que diseñe una pieza en SolidWorks puede analizarla sin tener que aprender un nuevo interface de usuario.

La potencia del análisis y diseño virtuales. COSMOSWorks Designer permite desarrollar productos de calidad óptima de forma más rápida y a menor costo, así como examinar en profundidad las prestaciones de un producto incluso mejor que utilizando prototipos físicos detallados.

Las capacidades de análisis más comunes a un precio incomparable. COSMOSWorks Designer contiene las herramientas de análisis y simulación más frecuentes tales como análisis de tensiones, desplazamientos y deformaciones de piezas y ensamblajes a un precio muy reducido.

COSMOSWorks Designer permite:

- Ir más allá de simples cálculos a mano mediante el uso de herramientas virtuales de simulación numérica fáciles de aprender y usar.
- Estudiar ensamblajes y la interacción entre los diferentes componentes.
- Validar resultados usando herramientas de visualización tales como secciones dinámicas e identificación de resultados en cualquier punto del modelo.
- Estudiar distintas alternativas de diseño bajo condiciones de trabajo reales y seleccionar la mejor de todas.
- Validar rápidamente intuiciones de diseño y reducir la creación de prototipos físicos.

Aplicaciones Disponibles**COSMOSWorks Professional**

Incluye las capacidades de COSMOSWorks Designer y además:

- Frecuencias
- Pandeo
- Térmico
- Choque

COSMOSWorks Advanced Professional

Incluye las capacidades de COSMOSWorks Professional y además:

- Análisis no lineal
- Análisis de fatiga
- Análisis dinámico avanzado
- Composites

Módulos opcionales

- COSMOSFloWorks™ análisis de fluidos
- COSMOSMotion™ análisis dinámico de mecanismos
- COSMOSEMS™

Electromagnetismo de baja frecuencia

- Optimización
- Paquete de utilidades
- Conversores de Elementos Finitos
- Librería de materiales (más de 30.000)
 - Metals
 - Plastics
 - MIL-5

Idiomas

- Chino
- Checo
- Inglés
- Francés
- Alemán
- Italiano
- Japonés
- Koreano
- Polaco
- Ruso
- Español

Requisitos del Sistema

- SolidWorks 2004 o superior
- Procesador Pentium® o AMD Athlon™
- Microsoft® Windows XP Professional o Windows 2000
- 256 MB RAM o superior
- 200 MB de espacio en disco o superior
- CD-ROM
- Ratón
- Tarjeta gráfica compatible OpenGL

COSMOSWorks 2005 requiere SolidWorks 2005.

Características más importantes
Herramientas automáticas de análisis

- Definición paramétrica de materiales, cargas, restricciones, etc., así como dimensiones geométricas
- Escenarios de diseño para realizar estudios de "Qué pasa si..."
- Librería de materiales con más de 200 componentes, muchos con propiedades no lineales
- Transición de malla automática y controles de usuario
- Herramienta de diagnóstico de fallos de mallado
- Análisis adaptativo método-P para la convergencia automática de la solución
- Mallado con elementos SHELL usando superficies de SolidWorks, así como extracción automática de la superficie media en modelos sólidos de pared fina

Análisis de ensamblajes

- Mallado sólido de ensamblajes con múltiples componentes
- Elementos GAP de contacto y rozamiento
- No linealidad geométrica por grandes desplazamientos con contacto y rozamiento entre componentes
- Elementos de unión tales como pasadores, tornillos, muelles, uniones rígidas, apoyos elásticos y efecto de zunchado entre componentes.

Geometría

- Mallado de superficies con elementos SHELL
- Mallado de piezas y ensamblajes con elementos sólidos

Capacidades de COSMOSWorks Designer**Análisis estático lineal de desplazamientos, tensiones y deformaciones**

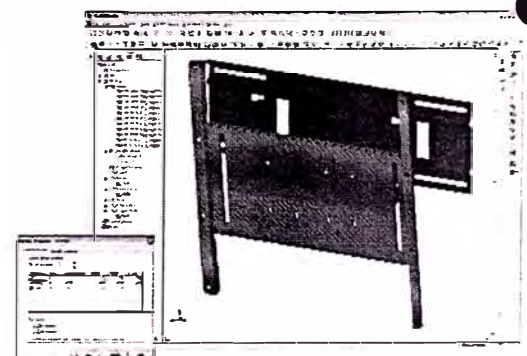
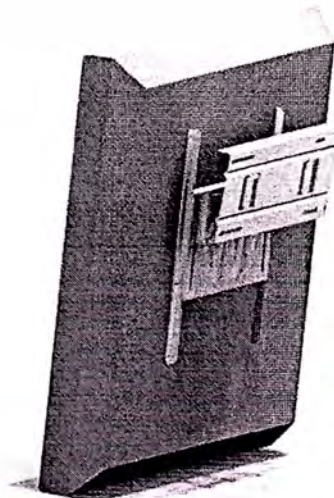
- Ensamblajes con elementos GAP de contacto
- Desplazamientos prescritos
- Apoyo elástico
- Momento torsor
- Presión variable y uniforme
- Carga en rodamientos
- Restricciones y cargas remotas
- Cargas máscas (gravedad y centrífugas)
- Medios de unión: pasadores, tornillos, muelles y uniones rígidas
- Fuerza uniforme y variable

Herramientas de visualización de resultados

- Representación gráfica mediante mapas en color y listados de resultados de tensión, deformación unitaria, desplazamientos, presión de contacto, nivel de error, energía equivalente, total y densidad de energía de deformación y reacciones
- Asistente para verificar la integridad y factor de seguridad del diseño
- Superposición de la deformada sobre el modelo original
- Vistas dinámicas sobre el modelo de resultados mediante cortes y superficies de igual valor
- Identificación de resultados en pantalla

Herramientas de colaboración

- Informes de resultados en formato HTML
- Imágenes en formato AVI, VRML, XGL, BMP y JPEG
- Resultados en formato eDrawing™



Los escenarios de diseño de COSMOSWorks permiten estudiar el comportamiento de múltiples diseños con parámetros únicos y comparar resultados rápidamente. En este ejemplo, una brida de sujeción para televisores de plasma diseñada por Peerless Industries es analizada bajo diferentes estados de carga.

SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742
Fuera de EE.UU.: +1-978-371-5011
Fax: +1-978-371-7303
Email: info@solidworks.com

SolidWorks Europa
Teléfono: +33 (0) 4 42 15 03 85
Fax: +33 (0) 4 42 75 31 94
Email: infoeurope@solidworks-europe.com

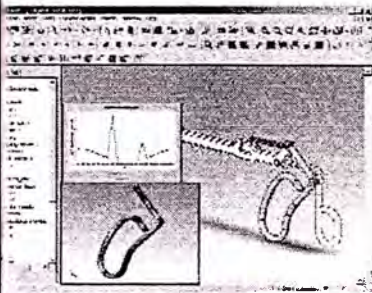
SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742
Fuera de EE.UU.: +1-978-371-5011
Fax: +1-978-371-7303
Email: info@solidworks.com

COSMOS

COSMOSMotion

SIMULACION CINEMATICA Y DINAMICA DE MECANISMOS TOTALMENTE INTEGRADO BAJO SOLIDWORKS

COSMOSMotion™ es un paquete completo y funcional de creación de prototipos virtuales para los usuarios de SolidWorks®. Basado en tecnología ADAMS®, líder industrial en simulación de mecanismos desde hace más de 20 años, COSMOSMotion contiene todas las capacidades necesarias para asegurar el funcionamiento correcto del diseño antes de su fabricación.



Transferencia automática de cargas y fuerzas de los componentes desde COSMOSMotion a COSMOSWorks para realizar análisis por elementos finitos de tensiones y deformaciones.

COSMOSMotion simula el movimiento físico de mecanismos y calcula las fuerzas generadas internamente. Permite determinar factores tales como el consumo de energía, la existencia de interferencia entre piezas y los esfuerzos entre componentes. COSMOSMotion le dice al diseñador si el mecanismo es correcto, qué piezas pueden fallar y los riesgos de seguridad existentes.

SolidWorks eleva su potencia. SolidWorks ofrece capacidades sobresalientes para construir modelos sólidos 3D que representen la forma real de la pieza. La creación de ensamblajes con SolidWorks permite conocer si el montaje de las piezas es correcto. COSMOSMotion permite conocer el movimiento del mecanismo antes de su fabricación, todo dentro del entorno familiar de SolidWorks, y realizar análisis cinemáticos y dinámicos fácil y rápidamente. Con COSMOSMotion, primero se crea el modelo del mecanismo aplicando restricciones de movimiento, contactos, fuerzas y actuadores. A continuación se simula el movimiento del mecanismo utilizando el programa de simulación más potente disponible actualmente: ADAMS. Y finalmente, se revisan los resultados del análisis mediante animaciones, gráficos X-Y y búsqueda de posibles interferencias.

Obtención de resultados valiosos. Si eres un diseñador o un ingeniero interesado en conocer a fondo el funcionamiento y prestaciones de tu diseño antes de la fabricación, entonces necesitas COSMOSMotion. Mediante animaciones y gráficos X-Y, podrás dimensionar motores y actuadores, determinar el consumo de energía, diseñar uniones, crear levas, entender el funcionamiento de trenes de engranajes, dimensionar muelles y amortiguadores, determinar el comportamiento de piezas en contacto, obtener las fuerzas entre componentes que serán cargas para el modelo de Elementos Finitos a resolver en COSMOSWorks, etc.. El conocimiento de toda esta información te permitirá responder con precisión a preguntas tan fundamentales en ingeniería como: "¿funcionará correctamente?", "¿se romperá?".

Ahorro de tiempo y dinero. Lo más típico es que el usuario de COSMOSMotion recupere el coste del programa con la ejecución del primer proyecto. El uso de COSMOSMotion permite obtener reducciones importantes en costes de prototipaje y recortes notables del ciclo de desarrollo del producto. Además, los usuarios obtienen ventajas adicionales tales como la posibilidad de realizar más diseños, reducción de fallos y la disponibilidad de información valiosa en las fases tempranas del ciclo de diseño.

Dimensionamiento fácil e inmediato de motores y actuadores calculando la potencia o momento torsor requerido para accionar el mecanismo.

Simulación de COSMOSMotion
 COSMotion simula el
 funcionamiento de mecanismos y ofrece
 información sobre prestaciones y
 comportamiento comparable a la
 obtenida mediante prototipos físicos.

Integración CAD
 COSMotion está totalmente
 integrado bajo el entorno Windows®-
 de SolidWorks.

Interfaz de Usuario
 Interfaz "Intellimotion" para
 construir rápidamente modelos de
 mecanismos.
 "Intellimotion" trabaja de forma
 similar al "FeatureManager®" de
 SolidWorks.
 Soporta "arrastrar y soltar".
 Proporciona la información másica del modelo
 de SolidWorks para el análisis.

Uso de APIs en Visual Basic® y
 C++
 Automatización OLE para personalizar
 flujos de entrada y visualización
 de resultados.

Configuraciones
 Disponible como producto independiente
 o parte del paquete COSMOSWorks
 Professional.

Lenguajes Soportados

Chino
 Inglés
 Francés
 Alemán
 Japonés

Requisitos del Sistema

SolidWorks 2004 o superior
 Procesador Pentium® o AMD Athlon™
 Microsoft® Windows XP Professional
 o Windows 2000
 56 MB RAM o superior
 100 MB de espacio en disco o
 superior
 CD-ROM
 Ratón
 Tarjeta gráfica compatible OpenGL

Elementos Movimiento

El movimiento se puede prescribir en piezas
 y uniones.

- Actuador
- Motor

Tipos de movimientos

- Desplazamientos
- Velocidad
- Aceleración

Tipos de funciones

- Constante
- Armónica
- Paso-a-paso
- Spline por puntos
- Expresiones función del tiempo
 (cualquier función de ADAMS)

Elementos Fuerza

- Muelles de traslación y torsión
- Amortiguadores de traslación y torsión
- Fuerzas y momentos de solo acción
- Fuerzas y momentos de acción y reacción
- Fuerza de impacto punto-a-punto
- Fuerza en las tres direcciones
- Gravedad

Restricciones

Uniones. Las uniones se generan
 automáticamente a partir de las condiciones
 de montaje del ensamblaje de SolidWorks.
 Las uniones soportan también rozamiento.

- Revolución
- Cilíndrica
- Esférica
- Universal
- Traslación
- Tornillo
- Plana
- Fija

Primitivas de unión. Se usan para reforzar
 restricciones geométricas estándar. Las
 primitivas de unión se generan
 automáticamente a partir de las condiciones
 de montaje del ensamblaje de SolidWorks.

- En línea
- En el plano
- Orientación
- Ejes paralelos
- Ejes perpendiculares

Restricciones de contacto

Se puede aplicar de forma simultánea una
 condición de contacto entre diferentes
 componentes.

- Contacto 2D punto-a-curva
- Contacto 2D curva-a-curva
- Contacto intermitente 2D curva-a-curva
 (con rozamiento estático y dinámico)
- Contacto 3D (con rozamiento estático y
 dinámico)

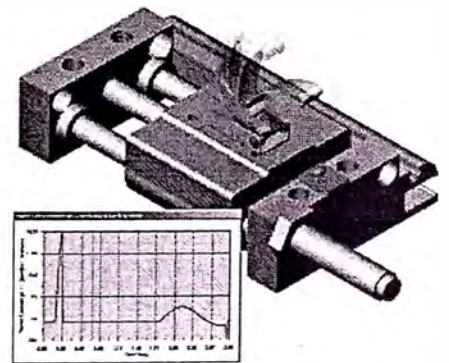
Engranajes

Permite acoplar el movimiento de una junta
 de unión de revolución, cilíndrica o de
 traslación al movimiento de otra junta de
 unión de revolución, cilíndrica o de
 traslación.

Visualización de resultados

o Representación mediante vectores de
 resultados de desplazamiento, velocidad,
 aceleración y fuerzas.

- Visualización de la trayectoria de cualquier
 punto de un componente durante el análisis.
- Animación de muelles 3D durante el
 análisis.
- Guardar animaciones en formato AVI y
 VRML
- Chequeo dinámico de interferencias.
- Exportación de resultados en formato
 Excel o fichero de texto:
 - Para piezas - desplazamiento, velocidad,
 aceleración, rotación, velocidad angular,
 aceleración angular, energía cinética, energía
 potencial y momento.
 - Para uniones - fuerzas y momentos de
 reacción, ángulos proyectados.
 - Para motores y actuadores - potencia
 consumida
 - Fuerzas de contacto
 - Exportación de fuerzas de inercia y
 reacciones entre componentes para realizar
 un análisis de tensiones y deformaciones en
 COSMOS/Works



Cálculo de los requisitos de potencia para
 diferentes sistemas mecánicos de cerraduras.

SolidWorks Spain/Portugal
 Teléfono: +34 902 147 741
 Fax: +34 667 55 13 18
 Web electrónico: infospain@solidworks.com

SolidWorks Europa
 Teléfono: +33 (0)4 42 15 03 85
 Fax: +33 (0)4 42 75 31 96
 Email: infoeurope@solidworks.com

SolidWorks Corporation
 300 Baker Avenue
 Concord, MA 01742
 Desde fuera de EE.UU.: +1-978-371-5011
 Fax: +1-978-371-7303
 Email: info@solidworks.com

COSMOS

Configuraciones

SMOSFloWorks Estándar
 Flujos compresibles / incompresibles
 Flujos externos/internos
 Flujos en régimen permanente y transitorio
 Análisis conjugado de transferencia de calor
 Extensa base de datos con propiedades de materiales sólidos, fluidos y curvas de ventiladores
 Controles de mallado
 Visualización de la malla
 Materiales porosos
 Visualización de trayectoria de partículas

SMOSFloWorks PE

Incluye el paquete Estándar más lo siguiente:
 Líquidos no-Newtonianos
 Radiación superficie-a-superficie
 Radiación solar
 Marcos de rotación
 Técnica "Zooming": transfiere resultados de un análisis y las impone como condiciones de contorno iniciales para nuevas simulaciones
 Herramientas de parametrización
 Exporta resultados como cargas de EF para usar con COSMOSWorks

SMOSWorks Profesional con FloWorks Estándar

COSMOSWorks Professional
 COSMOSFloWorks Estándar

Idiomas Soportados

Inglés
 Japonés

Requisitos del Sistema

SolidWorks 2004 o superior
 Procesador Pentium® o AMD Athlon™
 Microsoft® Windows XP Professional o Windows 2000
 56 MB RAM mínimo
 100 MB de espacio en disco mínimo
 CD-ROM
 Ratón
 Tarjeta gráfica compatible OpenGL

Integración CAD

• COSMOSFloWorks está totalmente integrado con el entorno Windows® nativo de SolidWorks
 • Detecta automáticamente el volumen fluido del modelo de SolidWorks y distingue entre fluido y región sólida. Elimina la necesidad de crear el "volumen fluido" como una pieza por separado

Modelos Físicos

• Flujos internos y externos
 • Análisis de flujo de fluidos en régimen permanente o estacionario con transferencia de masa y calor
 • Solución automática en régimen laminar o turbulento con transición
 • Flujos de fluidos viscosos incompresibles
 • Flujos de fluidos viscosos compresibles en régimen subsónico, transónico y supersónico
 • Problemas conjugados de transferencia de calor (convección y conducción)
 • Convección natural y forzada
 • Modelo de pared rugosa
 • Herramienta paramétrica para estudiar escenarios de diseño "Qué pasa si..."
 • Materiales Porosos
 • Marco de referencia de rotación*
 • Líquidos no-Newtonianos*
 • Radiación superficie-a-superficie*
 • Radiación solar función del tiempo*
 • Paredes en movimiento*

Condiciones de Contorno

• Caudal volumétrico o másico, velocidad, presión, temperatura y concentración (especies químicas)
 • Fuentes de calor volumétricas y superficiales, coeficiente de transferencia de calor y emisividad
 • Condición de contorno de simetría
 • Condiciones de contorno función del tiempo y del espacio, fuentes y condiciones iniciales
 • Ventiladores internos y externos con curvas de presión-caudal predefinidas
 • Dirección, remolino o perfil predefinido en condiciones de contorno de flujo
 • Técnica "Zooming": transfiere los resultados de un análisis de fluidos y las impone como condiciones de contorno iniciales para nuevas simulaciones

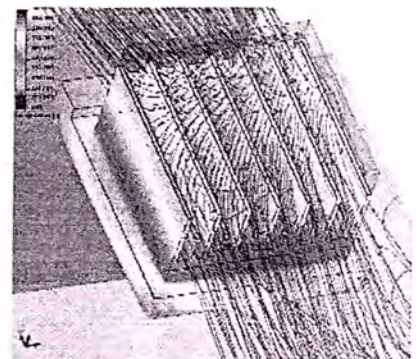
Mallado

• Mallado automático del dominio sólido y fluido eliminando la necesidad de identificación manual para alcanzar un mallado óptimo
 • Refinado automático de malla en pequeños detalles de la geometría, tales como canales estrechos, paredes finas, etc..
 • Solución y mallado adaptativo simultáneamente.

Visualización de Resultados

• Monitorización dinámica de resultados y objetivos durante el análisis
 • Representación de resultados directamente en el modelo de SolidWorks
 • Soporte total del concepto de colores y transparencias de SolidWorks para una representación de resultados perfecta
 • Trayectorias del flujo en tres dimensiones
 • Seguimiento de partículas en el modelo: partículas esféricas con densidad y tamaño
 • Animación de resultados
 • Visualización de resultados en planos o superficies de SolidWorks mediante mapas en color, vectores e isolíneas
 • Visualización de resultados mediante superficies de igual valor
 • Gráficos X-Y de variación de resultados a lo largo de una curva definida en SolidWorks mediante croquis
 • Soporte de sistemas de coordenadas locales para representación de resultados
 • Selección de cualquier punto del modelo para pedir resultados
 • Salida de resultados tanto derivados como integrales a Microsoft Excel
 • Generación automática del informe de resultados en formato Microsoft Word

*disponible solo para COSMOSFloWorks PE



Estudio de la efectividad del sistema de enfriamiento del diseño de un componente electrónico representando la distribución de temperaturas en el componente y visualización de las trayectorias del fluido frío.

SolidWorks Spain/Portugal

Teléfono: +34 902 147 741

Tel: +34 667 55 13 18

Correo electrónico: infospain@solidworks.com

SolidWorks Europa

Teléfono: +33 (0) 4 42 15 03 85

Fax: +33 (0) 4 42 75 31 94

Email: infoeurope@solidworks-europe.com

SolidWorks Corporation

300 Baker Avenue

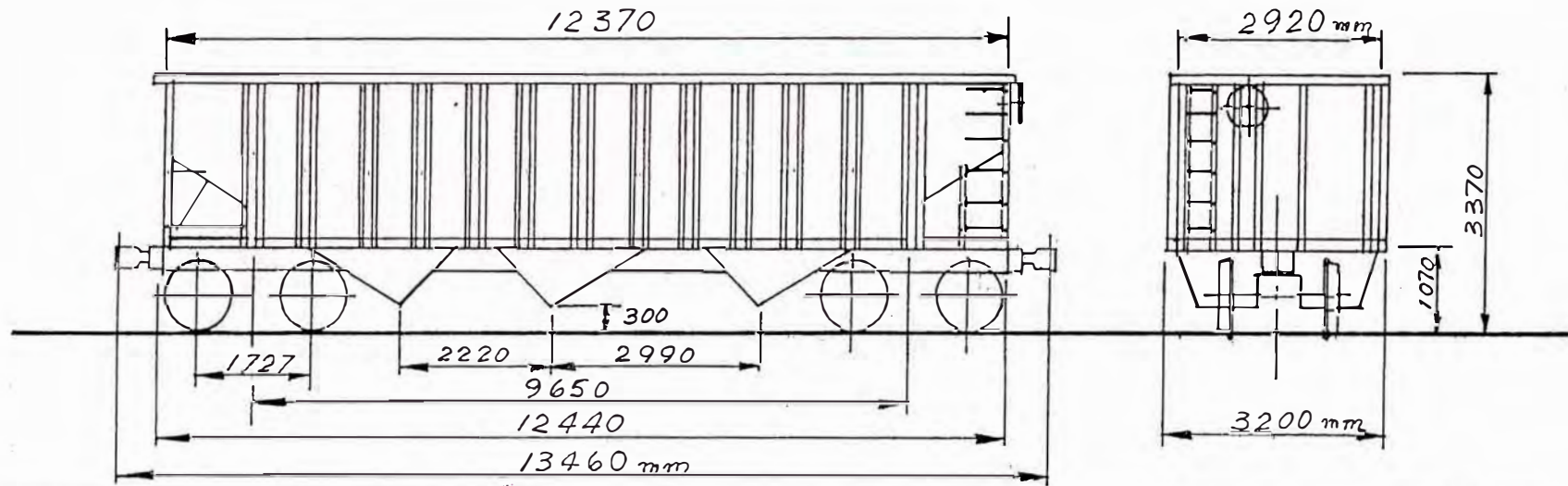
Concord, MA 01742

Fuera de EE.UU.: +1-978-371-5011

Fax: +1-978-371-7303

Email: info@solidworks.com

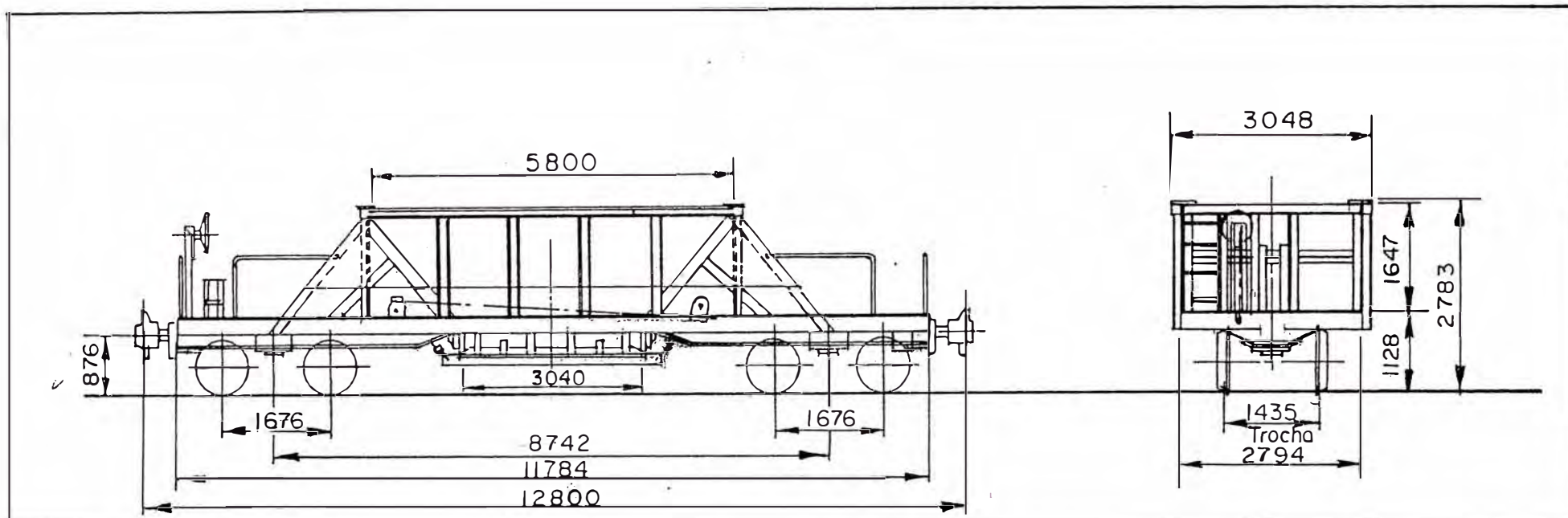
COSMOS



TOLVAS DE ACERO

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------|
| CLASE | 6400 | SERVICIO | Linea Principal |
| NUMEROS | 6401 al 6430 | TRUQUES | BARBER S2A-Ride Control |
| CANTIDAD | 30 | COJINETES | TIMKEN 6" x 11" |
| FABRICANTE | AMTECH U.S.A. | ENGANCHES | BE60A |
| AÑO | 2000 | FRENOS DE AIRE | AB |
| CAPACIDAD | 75,000 Kgs. | FRENOS DE MANO | UNIVERSAL |
| TARA PROMEDIO | 24,72 | CILINDRO | 10" x 12" |
| COLOR | Negro- Amarillo Fousforecente | EQUIPO TRACCION | Friccion Miner |
| BASTIDOR | Acero | | |

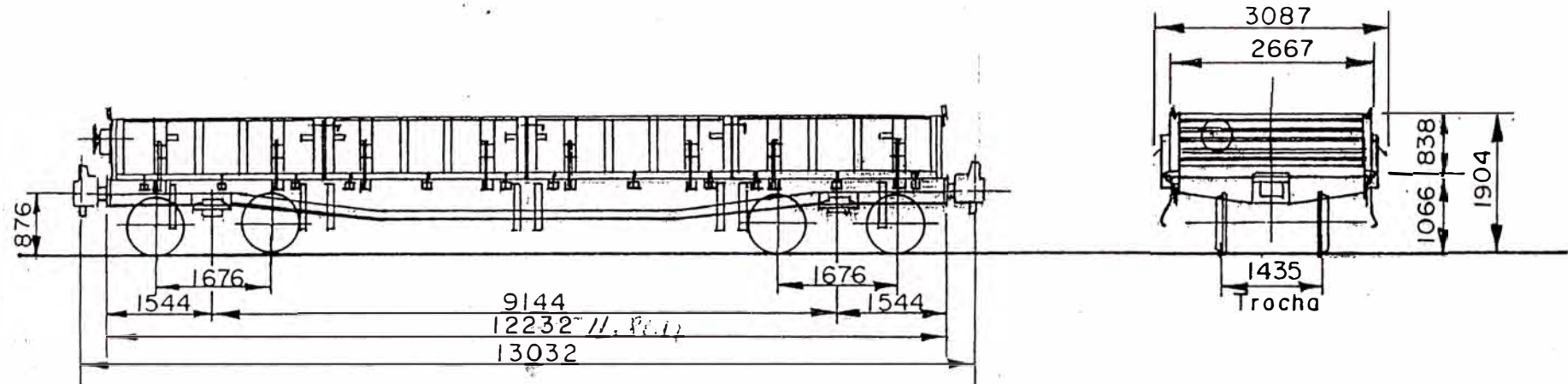
60.28 A



TOLVAS DE ACERO

| | | | |
|---------------|--|-----------------|---|
| CLASE | : 5100 | PISO | : ACERO |
| NUMEROS | : 5101 AL 5221 | SERVICIO | : LINEA PRINCIPAL |
| CANTIDAD | : 120 | TRUQUES | : FUNDIDOS Modelo BARBER Tipo S-2 |
| FABRICANTE | (BRASIL): FNV - MAFERSA y Sta. MATILDE | COJINETES | : RODAMIENTOS KOYO 5 1/2" x 10" |
| AÑO | : 1982 | ENGANCHES | : COBRASMA - FNV TIPO E "DOUBLE SHELF" CON COLA TIPO F DE 6 7/16 x 8" |
| CAPACIDAD | : 50 Tons. | FRENOS AIRE | : TIPO ABD SC-1 |
| TARA PROMEDIO | : 23,000 Kgs. | FRENOS MANO | : Diseño Sta. Matilde LI50566-X |
| COLOR | : ROJO OCRE | CILINDRO | : 12" x 10" |
| | | BASTIDOR | : ACERO |
| | | EQUIPO TRACCION | : Amortig. de Fricción Miner A-22-XL |

RECOGEDOR AUTOMATICO DE DOBLE ACCION SAB MOD. DRV. 2AU-19



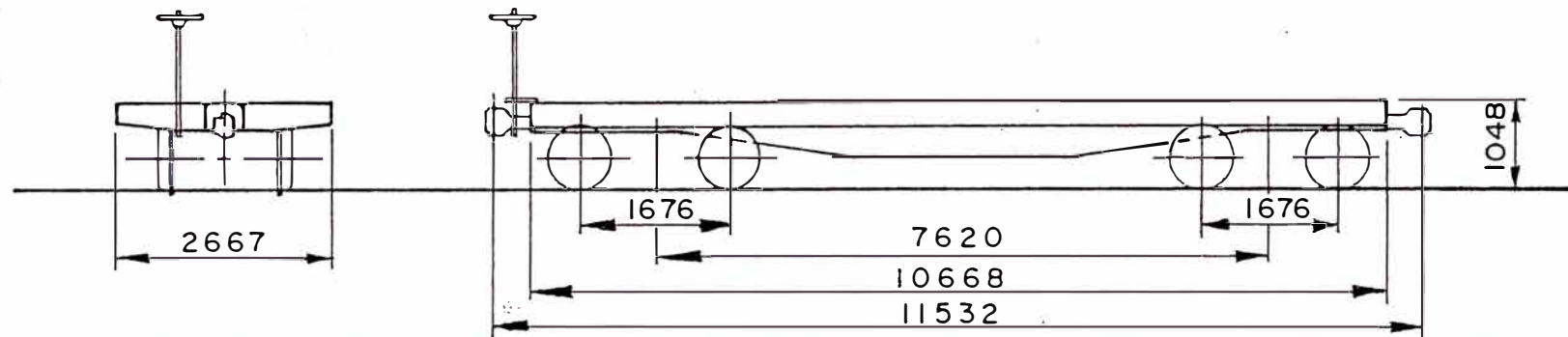
PLATAFORMA CON BARANDAS DE ACERO

| | | | |
|---------------------|----------------------------------|-----------------|--|
| CLASE | : 2400 | PISO | : ACERO |
| NUMEROS | : 2401 AL 2450 | SERVICIO | : LINEA PRINCIPAL |
| CANTIDAD | : 50 | TRUQUES | : FUNDIDOS COBRASMA S.A R.Control |
| FABRICANTE (BRASIL) | : CIA. COMERCIO Y CONSTRUCCIONES | COJINETES | : RODAMIENTOS KOYO 5 1/2" x 10" |
| AÑO | : 1982 | ENGANCHES | : FNV — TIPO E "DOUBLE SHELF" CON COLA TIPO F DE 6 7/16 x 8 |
| CAPACIDAD | : 50 Tons. | FRENOS AIRE | : TIPO ABD SC-IM |
| TARA PROMEDIO | : 19,000 Kls. | FRENOS MANO | : Diseño Sta. Matilde LI50566-X |
| ALTURA BARANDA | : 838. (33") | CILINDRO | : 12" x 10" |
| COLOR | : ROJO OCRE | BASTIDOR | : ACERO |
| | | EQUIPO TRACCION | : Amortig. de Fricción M-90IF |

RECOGEDOR AUTOMATICO DE DOBLE ACCION SAB MOD. DRV. 2 AU-19

VOLUNTARIO REAR AL S.M.
(1/10/11 22,43 H.)

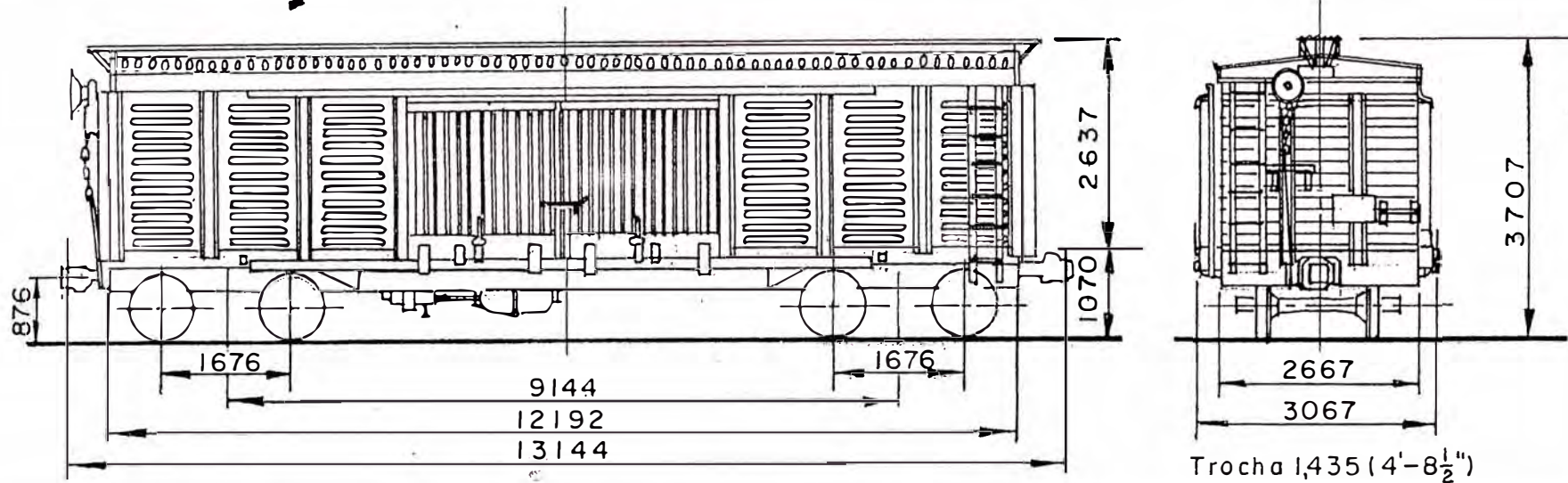
Algunas Plataf. Tienen Enganches Cobrasma



PLATAFORMAS PLANAS

| | | | |
|---------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| CLASE | : 2800 | PISO | : ACERO |
| NUMEROS | : 2868, 70, 73, 81, 82, 85 | TRUQUES | : FUNDIDOS GREGG y SUMITOMO |
| CANTIDAD | : (6, 4) | COJINETES | : TIMKEN DE 5"x9" y KOYO 5 1/2" x 10" |
| FABRICANTE | : W.M. GRAZEBROOK | ENGANCHES | : ALLIANCE N°2 AAR TIPO 7" x 5" |
| AÑO | : 1958 | SERVICIO | : LINEA PRINCIPAL |
| CAPACIDAD | : 40 Tons. | FRENOS DE AIRE | : KD-2 VACIO/CARGADO |
| TARA PROMEDIO | : 13,200 Kgs. | FRENOS DE MANO | : BARRA VERTICAL CON CADENA |
| COLOR | : | CILINDROS V y C | : 10" x 12" - 10" x 12" |
| BASTIDOR | : ACERO | EQUIPO DE TRACCION | : AMORTIG. MINER FRICTION |

NOTA: PLATAFORMAS N° 2868 EX2619 - 2870 EX2609 - 2873 EX2616 - 2881 EX2617 - 2882 EX2614 - 2885 EX2606



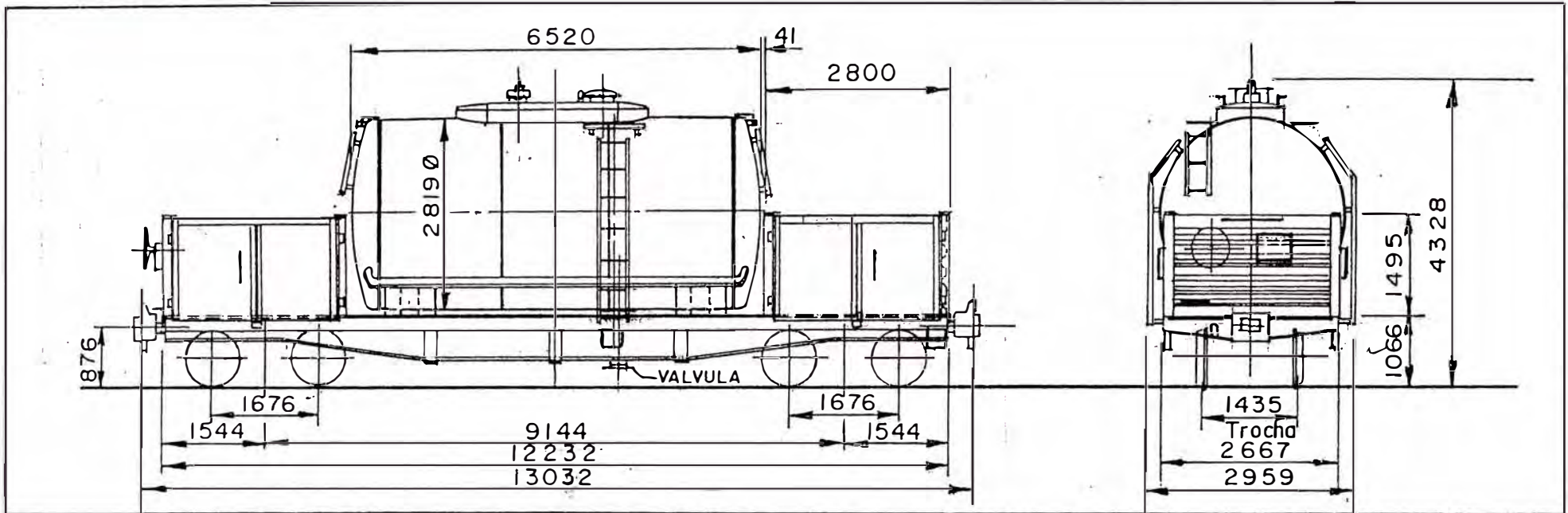
BODEGAS DE ACERO

| | | | |
|---------------|--------------|---------------|------------------------------------|
| CLASE | 3001 | SERVICIO | LINEA PRINCIPAL |
| NUMEROS | 3001 AL 3020 | PISO | ACERO |
| CANTIDAD | 20 | TRUQUE | FUNDIDO=SUMITOMO. RIDE CONTROL |
| AÑO | 1975 | COJINETE | RODAMIENTOS-KOYO- 5 1/2" x 10" |
| FABRICANTE | ARAD-RUMANIA | ENGANCHE | I.V.A. MODELO AAR TIPO 6 1/2" x 8" |
| CAPACIDAD | 50 TONS | FRENO DE AIRE | ABD SC-MI |
| TARA PROMEDIO | 18950 | FRENO DE MANO | TIPO UNIVERSAL 7200 |
| COLOR | ROJO OCRE | CILINDRO | 12" x 10" |
| | | BASTIDOR | ACERO |

EQUIPO TRACCION: Amortig Mod. Cardwell Tipo (NY-II-F)

RECOJEDOR AUTOMATICO DE DOBLE ACCION SAB MOD. DRV. 2A-600

NOTA: BODEGAS HABILITADAS PARA GRANELERAS (1989-1990)



TANQUES DOBLE PROPOSITO - PARA PRODUCTO NEGRO

| | | | |
|---------------------|----------------------------------|------------------|--|
| CLASE | : 4200 | PISO | : ACERO |
| NUMEROS | #: 4201 AL 4240 | SERVICIO | : LINEA PRINCIPAL |
| CANTIDAD | 40 | TRUQUES | : FUNDIDOS COBRASMA S.A. R. Control |
| FABRICANTE (BRASIL) | : CIA. COMERCIO Y CONSTRUCCIONES | COJINETES | : RODAMIENTOS KOYO 5 1/2" x 10" |
| AÑO | : 1982 | ENGANCHES | : COBRASMA - TIPO E "DOUBLE SHELF" CON COL A TIPO F DE 6 7/16" x 8" |
| CAPACIDAD | : 50 Tons. | FRENOS AIRE | : TIPO ABD SC-1 |
| GALONES PROMEDIO | : 10,000 Gls. | FRENOS MANO | : Diseño Sta. Matilde L150566-X |
| TARA PROMEDIO | : 23,800 Kgs. | CILINDRO | : 12" x 10" |
| COLOR | : NEGRO | BASTIDOR | : ACERO |
| | | EQUIPO TRACCION: | Amortig de Fricción M-90IF |

RECOGEDOR AUTOMATICO DE DOBLE ACCION SAB MOD. DRV. 2AU-19

RULES 47 and 48

| <u>Job Code</u> | <u>Description</u> |
|-----------------|--|
| 3572 | TRK SIDE BEARING ROLLER OR FRICT BLOCK Any type or size roller and/or friction block only. each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03) |
| 3576 | TRK SIDE BEARING ROLLER OR FRICT HOUSING Any type or size single roller and/or friction block housing only, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05) |
| 3580 | TRK SIDE BEARING ROLLER HOUSING, DOUBLE Any Type, Double Roller Housing, Only, Each (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05) |
| 3582 | TRK STAB FRCT CASTING — RIDE CONTROL TRK. Any type which must be compressed prior to truck assembly. Any size, each. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03) |
| 3584 | TRK STAB FRCT CASTING — STABILIZED TRK. Any type which does not require compressing prior to truck assembly. Any size, each. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03) |
| 3588 | SIDE BEARING SHIM Any type, truck or body, per Rule 47.E.2.b. Each. Not applicable in connection with renewal of body side bearing or truck side bearing housings at same location. (Condition Code 1) (Why Made Code 19) |
| 3999 | SEE RULE 72. |

RULE 48 — TRUCK SIDE FRAMES AND SEPARABLE JOURNAL BOXES

A. Wear Limits, Gaging, Cause For Renewal

1. Broken, cracked, bent, patched, wrong size or removed due to scrapping of cartridge bearings.
2. Worn or corroded more than 25 per cent in any section of the side frame, excluding brake hanger bracket, journal box or column guide area.
3. Side frames having "I", "T", or "L" section compression or tension members.

RULE 48

4. Side frames having the following pattern numbers:

A.S.F.
 7273
 7323
 21182
 21362 (cast prior to June, 1941)

Buckeye
 3-1776
 F-420
 F-535

Pittsburgh Steel Foundry

3-1673
 3-1674
 4-1862
 4-2045
 12897
 12921
 21263

Canadian Steel Fdry.

26565
Dominion
 TF-5100

Bettendorf

UT 456

National Castings

33793-1B
 33793-16
 33793-20

Scullin Steel

| | | | |
|--------|--------|--------|-----------|
| 4665 | 5321-B | 5413-B | 5917-A |
| 4770 | 5321-C | 5600-A | 6260-C |
| 4891 | 5321-F | 5600-B | 6260-D |
| 4942 | 5321-H | 5600-C | 6428-A |
| 5171 | 5364 | 5811-A | 6577-A |
| 5220 | 5364-C | 5869-A | 42-CS-180 |
| 5321-A | 5364-E | 5869-B | |

5. Worn column guides. See Table 1 for extent of wear permitted.

Table 1

When wheels are changed or trucks dismantled, wear on truck side frame columns and bolster gibs must be measured and when wear exceeds limits shown below, same must be repaired.

| Type of Truck | Repair When Total Clearance Between Bolster and Truck Side Frame Columns Reaches: | | Repair to These Nominal Clearance Dimensions Between Bolster and Truck Side Frame: | | |
|--|---|--------------|--|---------|--------------------|
| | Lateral | Longitudinal | Lateral | | Total Longitudinal |
| | | | Inside | Outside | |
| Plain bearing trucks WITHOUT built-in snubbing features.... | 1 1/8" | 3/4" | 1/8" | 1/8" | 3/16" |
| Trucks WITH built-in snubbing features, having plain bearings (All bearing sizes); or having roller bearings which provide bearing lateral (all bearing sizes); or having 5" x 9" or 5 1/2" x 10" roller bearing which provide no bearing lateral..... | 1 1/8" | * | 1/4" | 1/4" | * |
| Trucks WITH built-in snubbing features having 6" x 11", 6 1/2" x 12" or 7" x 12" roller bearings which provide no bearing lateral..... | 1 1/2" | * | 1/4" | 5/8" | * |

Longitudinal clearances are primarily a matter of wear of frame or bolster column wear plates, friction shoes and bolster or frame column surfaces. See maintenance instructions from truck designer or manufacturer.

RULE 48

6. Journal boxes, any type, worn or cracked outside cross hatched area shown on Figure A.
7. Brake hanger bracket cast integral with side frame. Broken, bent or worn oblong to a depth of one-half of its original diameter or worn oblong so that remaining material is not less than 60 per cent of the original section.

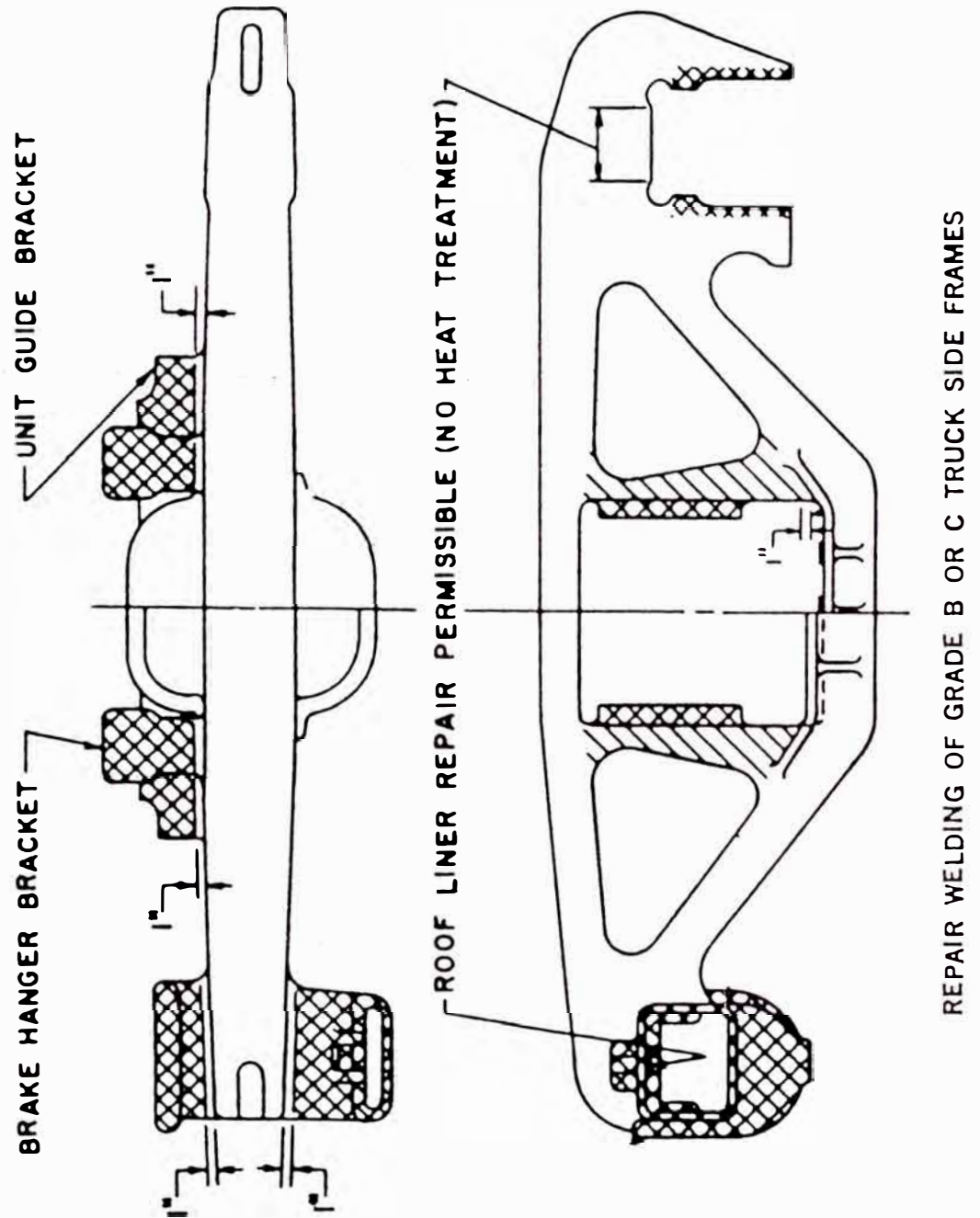


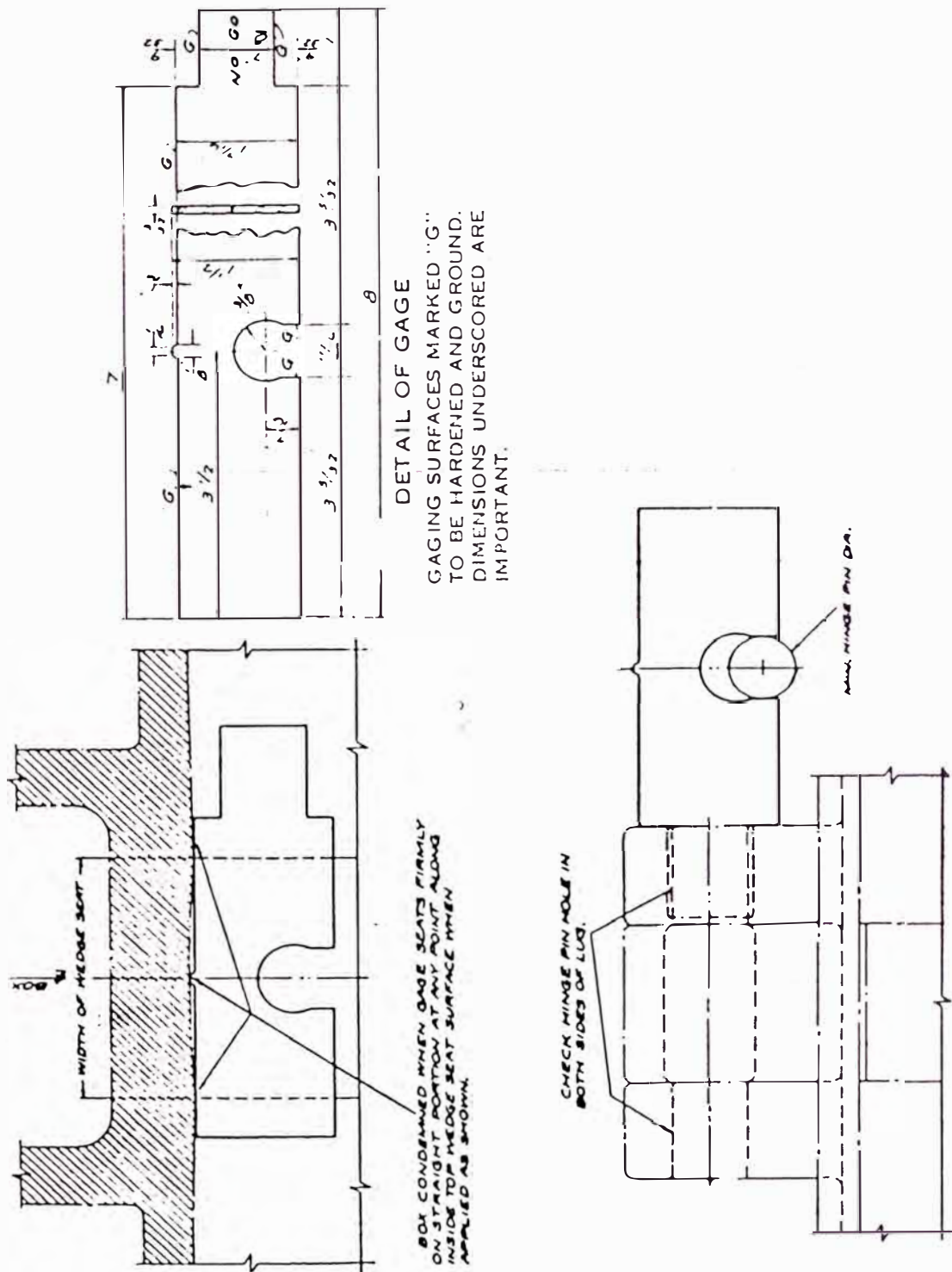
FIGURE A

8. Hinge pin hole in lug of integral or separable journal boxes enlarged to $\frac{7}{8}$ inch diameter or more, as measured by gage shown in Figure B.

RULE 48

Contour of separable or integral journal box ceiling worn to a depth of 1/16 inch or more in area shown in Figure A, measured as shown in Figure B.

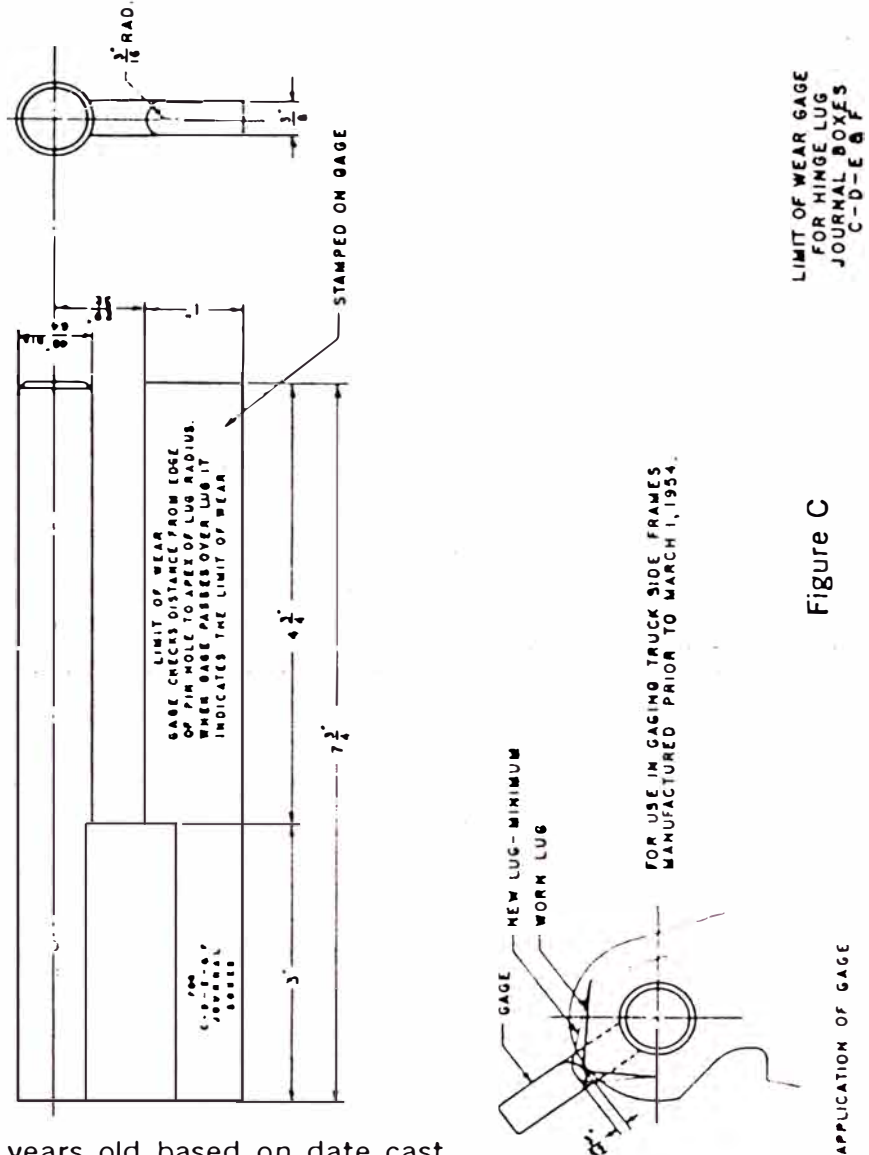
Figure B



LIMIT OF WEAR GAGE FOR JOURNAL BOX HINGE PIN, HINGE PIN HOLES AND WEDGE SEAT IN CEILING OF BOX

RULE 48

10. Hinge lugs worn to 3/32 inch less than minimum distance for new lug, when taken from edge of pin hole to apex of lug radius, measured as shown in Figure C.



11. Over 50 years old based on date cast.
 12. Truck side friction casting wear plate missing or broken.

B. Correct Repairs
Truck Side Frames

| Removed | What Can Be Applied | Remarks |
|----------------------------------|----------------------------|--|
| Side frames listed in Section A. | U Section (Non-stabilized) | Maintain nominal capacity and column guide clearances. |
| U Section (Non-Stabilized) | U Section (Non-Stabilized) | Maintain nominal capacity, column guide clearance and corresponding wheel base dimensions. |
| U Section (Non-Stabilized) | U Section (Stabilized) | Do not apply without owner's permission. Also, maintain nominal capacity, column guide clearances and corresponding wheel base dimensions. |
| U Section (Stabilized) | U Section (Stabilized) | See "AAR Code for Designating Design Features for Side Frames," for suitable substitutions. |

RULE 48

Interchangeable Journal Boxes

| Removed | What Can Be Applied | Remarks |
|----------------------|---------------------|---------|
| Cast Steel Composite | Cast Steel | None. |
| Cast Steel | Cast Steel | None. |

1. The substitution of integral frames for side frames having separable type journal boxes is permissible, subject to the conditions above.
2. Side frames with "wide land" bolster rotation stop, are not interchangeable with side frames having the standard bolster rotation stop. See Section E, Figures F and G for identification.
3. The following side frames must not be applied:
 - (a) Not having AAR identification marks or pattern numbers.
 - (b) Over 30 years old based on date cast unless application is by car owner, in which case age must not exceed the mandatory effective retirement age governing freight cars in interchange service.

Any deviation from the above correct repair charts is considered wrong repairs for which penalty will be assessed.

Recondition Requirements

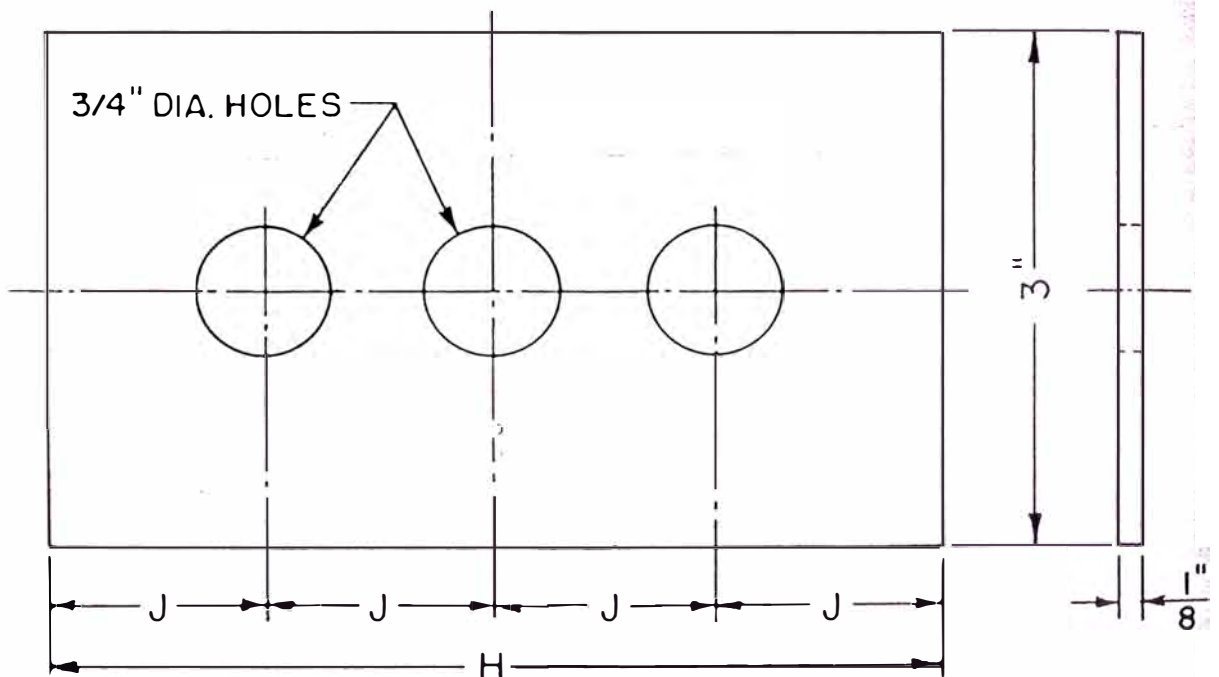
1. Refer to Section A, Fig. A.
 - a. Building up of worn surfaces or welding of cracks in Grade B material permitted only in cross-hatched area provided the material remaining in the part to be built up is equal to 60% if the original section or the crack does not extend more than 40% through the cross-sectional area of the casting. Heat treatment not required.
 - b. Welding of cracks in Grade B material permitted in lined area providing crack does not extend more than 40% through the cross-sectional area of the casting and if heat treated per Interchange Rule 82, Section D.
 - c. Welding of cracks in Grade C material found in cross-hatched or lined area permissible providing crack does not extend more than 40% through the cross-sectional area of the casting and special regulations and heat treatment as specified in Section C of Interchange Rule 82 are followed.
 - d. Building up of worn surfaces in Grade C material in cross-hatched area is permissible providing the material remaining is equal to 60% of the original section with no post heat treatment required. Pre-heat requirements of Interchange Rule 82, Section C must be followed.
 - e. No welding is permitted except in the cross-hatched or lined area.

RULE 48

fill all three holes with weld until it overhangs liner surface. Rough edges of weld and/or liner must be ground flush.

Figure E

| JOURNAL SIZE | H | J |
|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 5" x 9" | 5 $\frac{1}{4}$ " | 1 $\frac{5}{16}$ " |
| 5 $\frac{1}{2}$ " x 10" | 5 $\frac{3}{4}$ " | 1 $\frac{7}{16}$ " |
| 6" x 11" | 6 $\frac{3}{4}$ " | 1 $\frac{11}{16}$ " |
| 6 $\frac{1}{2}$ " x 12" | 7 $\frac{1}{4}$ " | 1 $\frac{13}{16}$ " |
| 7" x 12" | 8 $\frac{1}{4}$ " | 2 $\frac{1}{16}$ " |



BOX ROOF LINER

MATERIAL: AISI C-1045 STEEL.

LINER MUST BE LOCATED CENTRALLY ON VERTICAL CENTER LINES.

1. Integral side frames may be modified for application of roller bearings if frames were manufactured after January 1, 1950. Frames so modified must be stamped with $\frac{3}{8}$ inch steel stencil on the compression member, to indicate date of modification. Modification must be in accordance with Section D of the Manual of Standards and Recommended Practices.

RULE 48

5. Roof of pedestal type side frames may be repaired by applying a wear liner shown in S-327 of the Manual of Standards and Recommended Practices only if:
 - (a) It replaces a similar worn liner previously applied on new or repaired pedestal roof.
 - (b) The amount of wear vertically is $3/16$ inch or less as determined from the reliefs at each end of the roof pad. For configuration and application procedure refer to S-327 of the Manual of Standards and Recommended Practices.

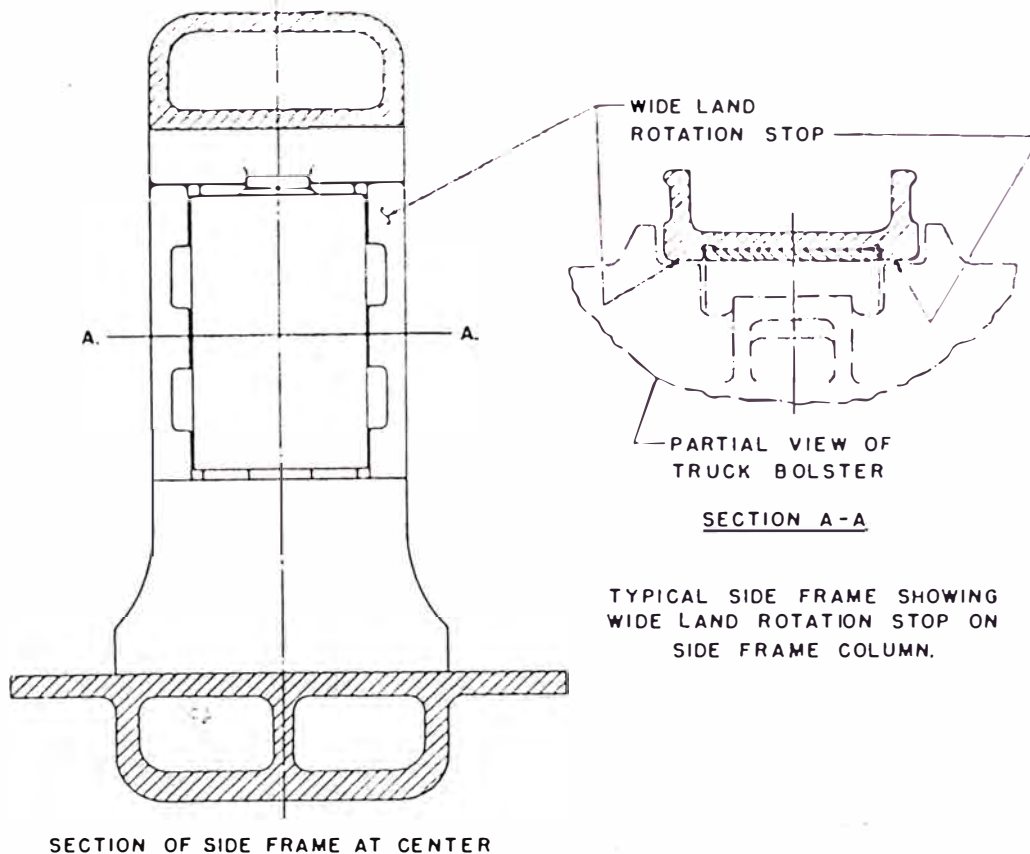
D. Welding Requirements

1. See Rule 82 for general regulations governing welding.
2. Journal boxes, separable, cast steel Grade B, no restriction.
3. Journal boxes, separable, malleable or cast iron, no welding permitted.

E. General Information

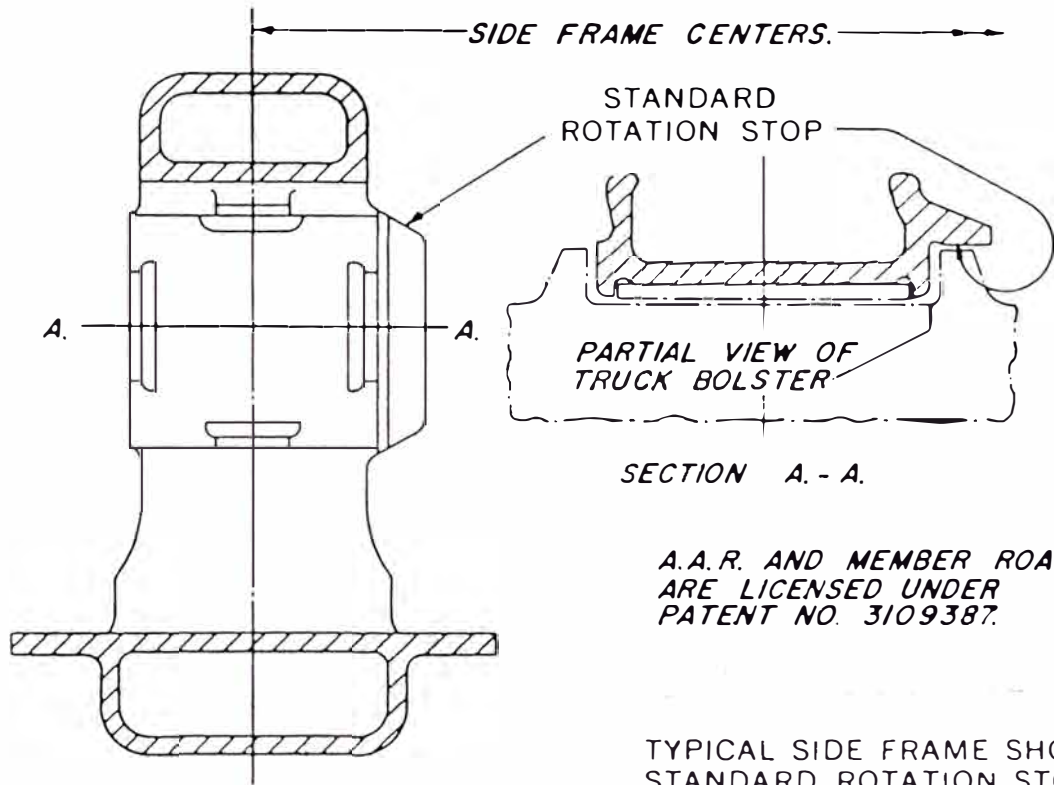
1. Owner is responsible for damage to journals, journal boxes and side frames caused by failure of truck bolster.
2. No labor charge permissible for straightening truck tie straps on car.
3. Billing repair card not required for straightening truck tie strap on car.
4. New or secondhand truck side frames used in repairs must have accumulation of dirt, paint, rust and scale removed.

Figure F



RULE 48

Figure G



A.A.R. AND MEMBER ROADS
ARE LICENSED UNDER
PATENT NO. 3109387.

TYPICAL SIDE FRAME SHOWING
STANDARD ROTATION STOP ON
SIDE FRAME COLUMN

SECTION OF SIDE FRAME AT CENTER.

Billing Repair Card Requirements

1. Location
 - a. Show location.
2. Quantity
 - a. Show 1 at all times.
3. Condition Code
 - 1 = New.
 - 2 = Secondhand.
 - 6 = Owner's material used.
 - 8 = Remove, repair and replace same part.
 - 9 = Remove and replace same part — Not applicable.
4. Job Code applied
 - a. Show applicable Code.
5. Description
 - a. Show applicable description
6. Why Made Code (use only why made codes shown for specific job codes)
 - 01 = Worn out.
 - 02 = Broken.
 - 03 = Missing.
 - 05 = Bent
 - 06 = Bent beyond repair.
 - 07 = Obsolete material.
 - 08 = Wrong (not Std. to car).
 - 33 = Derailment damage per Rule 95.
- Job Code removed
 - a. Show applicable Code.

RULE 48

8. Responsibility Code

- 1 = Owner
- 2 = Handling Line
- 3 = Defect Card

9. Job Codes and Standard Reporting Descriptions

- a. Net applied at any time, including all necessary labor and material to complete the operation, regardless of whether performed separately or in connection with any other repair.

| <u>Job Code</u> | <u>Description</u> |
|-----------------|---|
| 3700 | SIDE FRAME-U SECT-NON STAB-30/40 TON Integral journal box, cast steel, non-stabilized, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3704 | SIDE FRAME-U SECT-NON STAB-50 TON Integral journal box, cast steel, non-stabilized, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3708 | SIDE FRAME-U SECT-NON STAB-70 TON Integral journal box, cast steel, non-stabilized, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3712 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-STD ROT-30/40 TON Cast steel, stabilized, standard rotation, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3716 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-STD ROT-50 TON Cast steel, stabilized, standard rotation, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3720 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-STD ROT-70 TON Cast steel, stabilized, standard rotation, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3724 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-STD ROT-100 TON Cast steel, stabilized, standard rotation, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3728 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-WIDE LAND-40 TON Cast steel, stabilized, wide land rotation, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3732 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-WIDE LAND-50 TON Cast steel, stabilized, wide land rotation stops, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3736 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-WIDE LAND-70 TON Cast steel, stabilized, wide land rotation stops, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |

RULE 48

| Job Code | Description |
|----------|--|
| 3740 | SIDE FRAME-U SECT-STAB-WIDE LAND-100 TON Cast steel, stabilized, wide land rotation stops, Grade B or High Tensile steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3744 | SIDE FRAME-SEP BOX-CS-40 TON OR LESS Separable journal box, Cast, Grade B steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3748 | SIDE FRAME-SEP BOX-CS-50 TON Separable journal box, Cast, Grade B steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3752 | SIDE FRAME-SEP BOX-CS-70 TON Separable journal box, Cast, Grade B steel. (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 08, 33) |
| 3756 | SIDE FRAME—OBSOLETE DATE CAST Any capacity. Includes side frames older than mandatory effective retirement age governing freight cars in interchange service. Date cast on side frame will determine age. (Condition Code 1) (Why Made Code 07) |
| 3760 | SIDE FRAME-NO AAR OR PATTERN NUMBER Any capacity. (Condition Code 1) (Why Made Code 07) |
| 3764 | SIDE FRAME-OBSOLETE I, T OR L SECTION Any capacity. (Condition Code 1) (Why Made Code 07) |
| 3768 | SIDE FRAME-OBSOLETE PATTERN NUMBER Any capacity. (Condition Code 1) (Why Made Code 07) |
| 3772 | SIDE FRAME REPAIRED-U SECTION Any capacity repaired, per Sections C and D. (Condition Code 8) (Why Made Codes 01, 02, 05) |
| 3774 | TRUCK SIDE FRICTION CASTING WEAR PLATE Any capacity or size, one or two at same location. Truck must be dismantled to obtain charge. (Condition Code 1) (Why Made Codes 02, 03) |
| 3784 | JOURNAL BOX-SEPARABLE-9 IN OR SMALLER (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3788 | JOURNAL BOX-SEPARABLE-10 IN (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3792 | JOURNAL BOX-SEPARABLE-11 IN (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3796 | JOURNAL BOX-SEPARABLE-12 IN (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3999 | SEE RULE 72 |

RULE 49 — TRUCK SPRING PLANKS

A. Wear Limits, Gaging, Cause For Renewal

1. Broken, bent, cracked, corrosion, etc.

B. Correct Repairs

| Removed | What Can Be Applied | Remarks |
|---------------|--------------------------------|---|
| Pressed Steel | Pressed Steel Channel Steel | Maintain nominal capacity, dimensions and clearances standard to car. |
| Channel Steel | Channel Steel Pressed Steel | |

Any deviation from the above correct repair chart is considered wrong repair for which penalty will be assessed.

C. Recondition Requirements

1. Not applicable.

D. Welding Requirements

1. There are no restrictions in welding. However, where spring plank is corroded and thickness is reduced below $\frac{1}{4}$ inch, welding is not permitted.
2. Spring plank must be removed from truck for welding.

E. General Information

1. The only permissible method of patching spring planks is by riveting plates in a substantial manner.
2. Car owner is responsible for damage to spring plank caused by passing over coupler or other obstructions on track, in the absence of any Rule 95 condition.

F. Billing Repair Card Requirements

1. Location
 - a. Show location.
2. Quantity
 - a. Show 1 at all times.
3. Condition Code
 - 1 = New.
 - 2 = Secondhand.
 - 6 = Owner's material.
 - 8 = Remove, repair and replace same part.
 - 9 = Remove and replace same part — not applicable.
4. Job Code applied
 - a. Show applicable Code.
5. Description
 - a. Show applicable description.
6. Why Made Code (use only why made codes shown for specific job codes)
 - 01 = Worn out.
 - 02 = Broken.
 - 03 = Missing.
 - 05 = Bent.
 - 06 = Bent beyond repair.
 - 33 = Derailment damage per Rule 95.
7. Job Code removed
 - a. Show applicable Code.
8. Responsibility Code
 - 1 = Owner.
 - 2 = Handling Line.
 - 3 = Defect Card.

RULES 49 and 50

9. Job Codes and Standard Reporting Descriptions

- a. Net applied at any time, including all necessary labor and material to complete the operation, regardless of whether performed separately or in connection with any other repair.

| Job Code | Description |
|----------|---|
| 3850 | SPRING PLANK, PRESSED, 50 TON OR LESS (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3854 | SPRING PLANK, PRESSED, 70 TON OR OVER (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3858 | SPRING PLANK, CHANNEL, 50 TON OR LESS (Condition Codes 1, 2, 6) (Why Made Codes 01, 02, 03, 05, 06, 33) |
| 3862 | SPRING PLANK REPAIRED Any capacity. (Condition Code 8) (Why Made Codes 02, 05, 09) |

RULE 50 — TRUCK SPRINGS, (COIL, ELLIPTIC, SNUBBERS AND PACKAGE)

Limit of Wear, Gaging, Cause For Renewal

1. Broken.
2. Missing.
3. Wrong type spring, not standard to car.
4. Load carrying springs must be renewed when gaged and found in excess of the following limits. Gaging is required when trucks are dismantled for any reason, but is permissible at any time.

| AAR Designation | Load Carrying Spring Condemning Free Height |
|-----------------|---|
| D2 | 7 ⁷ / ₈ inch |
| D3 | 8 ⁷ / ₈ inch |
| D4 | 9 ¹ / ₁₆ inch |
| D5 | 9 ⁷ / ₈ inch |
| D6 | 9 ⁵ / ₁₆ inch |
| D6A | 8 ³ / ₈ inch |
| D7 | 10 inch |

CONDEMNING HEIGHTS FOR EXCESSIVE CORROSION OR PITTING FREIGHT TRUCK SPRINGS BASED UPON 50% LOSS OF RESERVE TRAVEL AT MAXIMUM WORKING LOAD

| Spring Class | Nominal New Height | Test Load | Recommended Condemning Height At Test Load |
|--------------|---------------------------------|-----------|---|
| D2-Outer | 8 ¹ / ₄ | 5500 | 7 ³ / ₃₂ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D2-Inner | 8 ¹ / ₄ | 2200 | 7 ⁵ / ₃₂ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D3-Outer | 9 ¹ / ₁₆ | 5500 | 7 ⁵ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D3-Inner | 9 ¹ / ₁₆ | 2200 | 7 ⁵ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D4-Outer | 9 ⁷ / ₈ | 5500 | 7 ³ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D4-Inner | 9 ⁵ / ₈ | 2200 | 7 ¹ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D5-Outer | 10 ¹ / ₄ | 5500 | 7 ¹ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D5-Inner | 10 ⁵ / ₁₆ | 2200 | 7 ² / ₃₂ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D6-Inner | 9 ¹ / ₁₆ | 2200 | 7 ² / ₃₂ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D6A-Inner | 9 | 1100 | 6 ¹ / ₈ plus, or minus ¹ / ₃₂ |
| D7-Outer | 10 ¹ / ₁₆ | 5500 | 7 ⁵ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |
| D7-Inner | 10 ³ / ₄ | 2200 | 7 ¹ / ₁₆ plus or minus ¹ / ₃₂ |

RULE 50

B. Correct Repairs

| Removed | What Can Be Applied | Remarks |
|-------------------------|-------------------------|--|
| D2 | D2 | None. |
| D3 | D3 | None. |
| D4 | D4 | None. |
| D5 | D5 | None. |
| D6 | D6 | None. |
| D6A | D6A | None. |
| D-7 | D-7 | None. |
| Stabilizing spring | Stabilizing spring | Replace in kind where possible. Maintain travel and capacity standard to car. Springs referred to are ASF, Barber, National C-1, Buckeye CR. |
| Spring package | Spring package | Replace in kind where possible. Maintain travel and capacity standard to car. |
| Elliptic spring | Elliptic spring | Replace in kind where possible, Maintain capacity standard to car. |
| Unit (Friction) Snubber | Unit (Friction) Snubber | Replace in kind where possible. Maintain travel and capacity standard to car. Snubbers referred to are Cardwell, Symington Gould, Miner, Frost, ASF, Holland. (For 100 ton cars, only Cardwell or Holland to be used). |
| National B or B1 | National B or B1 | None. |
| Hydraulic Snubbers | Hydraulic Snubbers | Replace in kind. |

Any deviation from the above correct repair chart is considered wrong repairs for which penalty will be assessed.

C. Reconditioned Requirements

1. Not applicable.

D. Welding Requirements

1. Not applicable

E. General Information

1. Secondhand coiled truck springs applied to cars in interchange service must not have permanent set exceeding $\frac{1}{4}$ " below the new nominal free height. If springs are to be shot peened, measurement for condemning free height must be made prior to shot peening.
2. No charge permitted for replacing truck springs, shims or unit (friction) snubbers out of place, loaded or empty car. Do not report on billing repair card.
3. No charge permitted for separate renewal of truck spring cap bolt. Do not report on billing repair card.

RULE 50

4. Cars equipped with springs having 2½" or greater travel must be stenciled on ends of car with one of the following AAR designations:

- SPRG D-3
- SPRG D-4
- SPRG D-5
- SPRG D-7

Where special spring group is used appropriate stencil should be applied to indicate grouping. (For example, SPRG 7 OC D-4 and 3 IC D-5). Where not possible to stencil on ends stencil may be applied on side at diagonal corners.

5. Cars equipped with package, unit or other supplemental snubber devices must be stenciled in accordance with Section L of the Manual of Standards and Recommended Practices.

TRUCK SPRING IDENTIFICATION TABLE

| Diameter | New Nominal Free Height | Spring Travel |
|---|---|--|
| 2 ⁵ / ₁₆ " 5½" | AAR-D2 8¼" 8¼" | 1 ⁵ / ₈ " 1 ⁵ / ₈ " |
| 3¼" 5½" | AAR-D3 9 ¹ / ₁₆ " 9 ¹ / ₁₆ " | 2½" 2½" |
| 3 ³ / ₈ " 5½" | AAR-D4 9 ⁵ / ₈ " 9 ⁵ / ₈ " | 3 ¹ / ₁₆ " 3 ¹ / ₁₆ " |
| 3 ³ / ₈ " 5½" | AAR-D5 10 ⁵ / ₁₆ " 10¼" | 3¾" 3 ¹¹ / ₁₆ " |
| 3 ⁷ / ₁₆ " | AAR-D6 9 ¹⁵ / ₁₆ " | 3¾" |
| 2" | AAR-D6A 9" | 3 ⁵ / ₁₆ " |
| 3½" 5½" | AAR-D7 10¾" 10 ¹³ / ₁₆ " | 4¾" 4¼" |

Filling Repair Card Requirements

- Location
 - a. Not applicable.
- Quantity
 - a. Show quantity.
- Condition Code
 - 1 = New.
 - 2 = Secondhand.
 - 6 = Owner's material used.
 - 9 = Remove and replace same part — not applicable.
- Job Code applied
 - a. Show applicable Code.
- Description
 - a. Show applicable description.

RULE 50

6. Why Made Code (use only why made codes shown for specific job codes)
 - 01 = Worn out
 - 02 = Broken
 - 03 = Missing
 - 08 = Wrong — (Not Standard to Car)
 - 16 = Out of alignment or improper height
 - 26 = Decayed or metal deterioration
7. Job Code removed
 - a. Show applicable Code
8. Responsibility Code
 - 1 = Owner.
 - 2 = Handling Line.
 - 3 = Defect Card.
9. Job Codes and Standard Reporting Descriptions
 - a. Net applied at any time, including all necessary labor and material to complete the operation, regardless of whether performed separately or in connection with any other repair.

| Job Code | Description |
|----------|---|
| 3900 | TRUCK SPRING, OUTER COIL, D2 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |
| 3904 | TRUCK SPRING, OUTER COIL, D3 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |
| 3908 | TRUCK SPRING, OUTER COIL, D4 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |
| 3912 | TRUCK SPRING, OUTER COIL, D5 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |
| 3914 | TRUCK SPRING OUTER COIL D7 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |
| 3916 | TRUCK SPRING, INNER COIL, D2 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |
| 3920 | TRUCK SPRING, INNER COIL, D3 Per Section E, each. (Condition Codes 1, 2) (Why Made Codes 01, 02, 03, 08, 16) |

PARTE 215 - CARRO DE CARGA FERROVIARIO
NORMAS DE SEGURIDAD

Subparte A - General

Sección

- 215.1 Alcance.
- 215.3 Aplicación.
- 215.5 Definiciones.
- 215.7 Actos Prohibidos.
- 215.9 Movimiento de carros defectuosos para su reparación.
- 215.11 Inspectores designados.
- 215.13 Inspección antes de la salida.
- 215.15 Inspección periódica.

Subparte B - Componentes del Carro de Carga

- 215.101 Alcance.

SISTEMA DE SUSPENSIÓN

- 215.103 Rueda defectuosa.
- 215.105 Eje defectuoso.
- 215.107 Caja defectuosa del cojinete plano: General.
- 215.109 Caja defectuosa del cojinete plano: Sistema de lubricación del muñón.
- 215.111 Cojinete plano defectuoso.
- 215.113 Cuña defectuosa del cojinete plano.
- 215.115 Cojinete de rodillos defectuoso.
- 215.117 Adaptador defectuoso del cojinete de rodillos.
- 215.119 Bogie defectuoso del carro de carga.

CARROCERÍA

- 215.121 Carrocería defectuosa.

SISTEMA DE TRACCIÓN

- 215.123 Acoplador defectuoso.
- 215.125 Dispositivo de acoplamiento defectuoso.
- 215.127 Montaje defectuoso del sistema de tracción.
- 215.129 Dispositivo de amortiguamiento defectuoso.

Subparte C - Equipo restringido

- 215.201 Alcance.
- 215.203 Carros restringidos.

Subparte D -Estarcido

- 215.301 General.
- 215.303 Estarcido de carros restringidos.
- 215.305 Estarcido del equipo de mantenimiento de vía.

APÉNDICE A - COMPONENTES DEL CARRO DE CARGA FERROVIARIO

APÉNDICE B - PROGRAMA DE MULTAS CIVILES

APÉNDICE C - CÓDIGO DE DEFECTOS PARA NORMAS FRA DEL CARRO DE CARGA

APÉNDICE D - PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN ANTES DE LA SALIDA

AUTORIDAD : 45 U.S.C. 431 y 438, enmendado; Pub. L. 100-342; y 49 CFR 1.49 (m).
FUENTE: 44 FT 77340, Dic. 31, 1979, a menos que se especifique otra cosa.

Subparte A - General

§ 215.1 Alcance de la parte.

Esta parte describe las normas federales de seguridad mínimas para los carros de carga ferroviarios.

§ 215.3 Aplicación.

(a) Excepto a lo mencionado en los párrafos (b) y (c) de esta sección, esta parte se aplica a cada carro de carga ferroviario en servicio en:

- (1) Rieles de vía estándar de un ferrocarril; o
- (2) Cualquier otro riel de vía estándar mientras el carro es operado o que de alguna manera está bajo el control de un ferrocarril.

(b) Las secciones 215.15 y la 215.303 de esta parte no se aplican a ningún carro.

- (1) Propiedad de un Ferrocarril Canadiense o Mexicano; y
- (2) Teniendo un número de carro y marca de reporte Canadiense o Mexicano.

(c) Esta parte no se aplica a carros de carga que:

- (1) Sean operados en la vía en una instalación industrial o no férrea; o
- (2) Sean usados exclusivamente en servicio designado como se define en § 215.5 (d) de esta parte; o

(3) Si el equipo de Mantenimiento de vía (incluyendo al equipo de mantenimiento de vía autopropulsado) no es usado en el servicio de pagos, es operado a una velocidad menor a 20 millas por hora, y es estarcido de acuerdo con § 215.305 de esta parte.

215.5 Definiciones

Las siguientes definiciones se usarán en esta sección.

(a) "Fractura" es la fractura que genera la separación completa en partes;

(b) "Fisurado" es la fractura sin la separación completa en partes, excepto en fundiciones con fisuras por contracción o desgarres en caliente que no disminuyen significativamente la resistencia del miembro, no son consideradas "úsuras".

(c) "Carro de carga ferroviario", se define como el carro diseñado para transportar por riel, carga o personal de ferrocarril, e incluye un:

- (1) Carro caja
- (2) Carro refrigerador
- (3) Carro ventilador
- (4) Carro jaula
- (5) Carro góndola
- (6) Carro tolva
- (7) Carro plataforma
- (8) Carro especial
- (9) Carro de furgón de cola
- (10) Carro tanque, y
- (11) Carro de patio

(d) "Servicio Designado", se define como la asignación exclusiva de carros para transportar carga entre los puntos especificados, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- (1) Los carros sean operados -
 - (i) Primordialmente en la vía que se encuentre dentro de una instalación industrial o no ferroviaria; y
 - (ii) Sólo ocasionalmente sobre la vía de un ferrocarril.
- (2) Los carros no sean operados -
 - (i) A velocidades mayores a las 15 millas por hora; y
 - (ii) Sobre la vía de un ferrocarril -
 - (A) Por más de 30 millas en una dirección; o
 - (B) En un viaje redondo de más de 60 millas;
- (3) No se intercambien libremente carros entre los ferrocarriles;
- (4) Las palabras "Servicio Dedicado" sea estarcido o desplegado claramente en letras visibles a cada lado de la carrocería;

(5) Los carros se han examinado y hallado seguros para ser operados en el servicio designado.; y

(6) El ferrocarril debe:

(i) Notificar por escrito a FRA que los carros serán operados en servicio dedicado;

(ii) Señalar en la notificación -

(A) Los ferrocarriles afectados

(B) El número y tipo de carros involucrados;

(C) Las mercancías a transportar, y

(D) El territorio y límites de velocidad dentro los cuales operarán los carros; y

(iii) Archivar la notificación requerida por este párrafo un tiempo no menor a 30 días antes que los carros sean operados para el servicio dedicado;

(e) "En servicio", cuando se usa en conexión con el carro de carga ferroviario, define a cada carro de carga ferroviario sujeto a esta parte a menos que el carro:

(1) Tenga una "orden incorrecta" o la etiqueta o tarjeta "taller de reparación" conteniendo la información prescrita anexa a cada lado del carro, manejada de acuerdo con § 215.9 de esta parte.

(2) Está en el taller de reparación o en la vía de reparación;

(3) Está en la vía de almacenaje y está vacía; o

(4) Ha sido entregada como intercambio pero no ha sido aceptada por el transportador receptor.

(f) "Ferrocarril" se define como todo tipo de transporte terrestre fuera de carretera que corre sobre vías en guías electromagnéticas, incluyendo (1) el servicio de abonados o el servicio de pasajeros de distancias cortas en el área suburbana o metropolitana, y (2) sistemas de transporte terrestre de alta velocidad, sin considerar si usan tecnologías nuevas que no estén asociadas con los ferrocarriles tradicionales. Dicho término no incluye operaciones de tránsito rápido dentro del área suburbana que no esté conectado con el sistema general de transporte de ferrocarril.

(g) "Inspector Estatal", define al inspector que participa en actividades de investigación y vigilancia acorde con la sección 206 de la Ley Federal de Seguridad de Ferrocarriles de 1970 (45 U.S.C. 435).

[44 FR 77340, Dic. 31, 1979, enmendado en 45 FR 26710, Abril 21, 1980
54 FR 33228, Agosto 14, 1989]

215.5 Actos Prohibidos

Cualquier persona (incluyendo un ferrocarril y cualquier gerente, supervisor, oficial u otro empleado o agente de ferrocarril) que viole cualquier requerimiento de esta parte o que cause la violación de cualquier requerimiento, está sujeto a una multa civil de por lo menos \$250 y no mayor a \$10,000 por violación, excepto: las multas que puedan ser aplicadas contra individuos sólo por violaciones intencionadas, y, donde una enorme violación negligente o un patrón de violaciones repetitivas ha creado un riesgo inminente de muerte o daños a personas, o ha causado la muerte o daños, se puede aplicar una multa que no exceda \$20,000 por violación. Cada día de violación constituirá una ofensa separada. Consulte en el apéndice B de esta la política de multas civiles de la agencia.

215.9 Movimiento de carros defectuosos para ser reparados.

(a) Un carro de carga ferroviario que tenga cualquier componente descrito como defectuoso en esta parte, debe ser llevado a otra locación para ser reparado sólo después de que el ferrocarril haya cumplido con lo siguiente:

(a) La persona designada de acuerdo con § 215.11 determine:

(i) Que es seguro mover el carro; y

(ii) La velocidad máxima y otras restricciones necesarias para realizar con seguridad el traslado.

(2) (i) La persona a cargo del tren del cual se retirará el carro, deberá ser notificada por escrito y se informará a todos los otros miembros de la cuadrilla de la presencia del carro defectuoso y de la velocidad máxima y restricciones determinadas bajo el párrafo (a) (1) (ii) de esta sección.

(ii) Se puede usar la etiqueta o tarjeta descrita en el párrafo (a) (3) de esta sección, para proporcionar la notificación requerida por el párrafo (a) (2) (i) de esta sección.

(3) Se deberá conectar apropiadamente en cada lado del carro, una etiqueta o tarjeta indicando las palabras "orden mala" o "taller local de reparaciones", conteniendo la siguiente información -

(i) La marca del reporte y el número del carro;

(ii) El nombre del ferrocarril que inspecciona;

(iii) La localidad y fecha de la inspección;

(iv) La naturaleza del defecto;

(v) Las restricciones del movimiento;

(vi) El destino del embarque o reparación; y

(vii) La firma de la persona designada de acuerdo con § 215.11.

(b) (i) La etiqueta o tarjeta requerida por el párrafo (a) (3) de esta

sección, sólo puede ser removida del carro por la persona designada bajo § 215.11 de esta parte.

(2) Se deberá tener un registro o copia de la etiqueta o tarjeta sujeta que será removida del carro durante 90 días y, sólo bajo solicitud, se tendrá a disposición dentro de los 15 días calendario para la inspección de los Inspectores Estatales o FRA.

(3) Cada etiqueta o tarjeta removida del carro, contendrá una notificación que declare la fecha, locación, razón de su remoción, y la firma de la persona que la removió del carro. Estos requerimientos de registro han sido aprobados por la Oficina de Administración y Presupuesto (OMB) de acuerdo con la Ley Federal de Reportes de 1942.

(c) Se debe realizar el movimiento de carros bajo el párrafo (a) de esta sección sólo para propósitos de reparación. Si el carro está vacío, no puede ser colocado para ser cargado. Si el carro está cargado, no debe ser colocado para ser descargado a menos que sea consistente con las determinaciones establecidas y con las restricciones impuestas bajo el párrafo (a) (1) de esta sección y -

(1) El carro sea consignado para que se destine a la línea de revisión entre el punto donde se encontró defectuoso y el punto donde se realizaron las reparaciones; o

(2) Es necesario descargar para asegurar la reparación del carro.

(d) Nada en esta sección autoriza el movimiento de un carro ferroviario sujeto a una Notificación Especial para Reparaciones a menos que se realice el movimiento de acuerdo con las restricciones contenidas en la Notificación Especial.

[44 FR 77340, Dic., 31, 1979; 45 FR 26710, Abril 21, 1980]

§ 215.11 Inspectores Designados

(a) Cada ferrocarril que opere carros ferroviarios para los cuales se aplica esta parte, designará personas calificadas para inspeccionar los carros ferroviarios para así cumplir con esta parte y para realizar las determinaciones requeridas por § 215.9 de esta parte.

(b) Cada persona designada bajo esta sección, deberá haber demostrado al ferrocarril que posee el conocimiento y habilidades para inspeccionar los carros ferroviarios para dar cumplimiento a los requerimientos de esta parte y para realizar las determinaciones requeridas por § 215.9 de esta parte.

(c) Con respecto a la designación de acuerdo a sección, cada ferrocarril mantendrá registros escritos de:

(1) Cada designación en efecto; y

(2) Las bases para cada designación.

[44 FR 26710, Abril 21, 1980]

§ 215.13 Inspección Previa a la Salida

(a) En cada localidad donde se coloque un carro ferroviario en un tren, el carro ferroviario será inspeccionado antes de que salga el tren. Esta inspección puede ser hecha antes o después de que el carro sea colocado en el tren.

(b) En la localidad donde un inspector designado de acuerdo con § 215.11 esté en servicio con objeto de inspeccionar carros ferroviarios, la inspección requerida por el párrafo (a) de esta sección, será realizada por el inspector para determinar si el carro cumple con ésta.

(c) En la localidad donde una persona designada de acuerdo con § 215.11 no esté en servicio para propósitos de inspección de carros ferroviarios, la inspección requerida por el párrafo (a), como mínimo, será realizada por las condiciones expuestas más adelante en el Apéndice D de esta parte.

(d) La realización de la inspección prescrita por esta sección, no libera al ferrocarril de su responsabilidad de acuerdo con § 215.7 por fallar en el cumplimiento de cualquier otra provisión de esta parte.

[44 FR 26710, Abril 21, 1980]

§ 215.15 Inspección Periódica

(a) Después de Junio 30, 1980, un ferrocarril no puede seguir poniendo en servicio a un carro ferroviario que no haya recibido la inspección inicial periódica de acuerdo con 49 CFT 215.25, vigente desde Octubre 6, 1976 (41 FR 44044), a menos que -

(1) Sea un carro de alta utilización, reconstruido o reacondicionado después de Diciembre 31, 1977; o

(2) El carro no sea de alta utilización, reconstruido o reacondicionado después de Diciembre 31, 1971.

(b) El carro ferroviario que haya recibido la inspección inicial periódica de acuerdo con el párrafo (a) de esta sección, deberá ser marcado de acuerdo a lo indicado en 49 CFR 215.11 y al Apéndice C de esta parte, en efecto desde Octubre 6, 1976 (41 FR 44044). Se necesita mantener en el carro este estarcido después de Junio 30, 1981.

(c) En esta sección se define como "carro de alta utilización" a un carro -

(1) específicamente equipado para transportar camiones, automóviles, contenedores, remolques o carrocerías removibles de remolques para el transporte de carga; o

(2) Se asigna a un tren que opera en un viaje redondo continuo entre los dos mismos puntos.

Subparte B - Componentes del Carro Ferroviario

§ 215.101 Alcance.

Esta subparte contiene los requerimientos de seguridad que prohíbe a un ferrocarril colocar o mantener en servicio a un carro ferroviario que presente ciertos componentes defectuosos.

SISTEMA DE SUSPENSIÓN

§ 215.103 Rueda Defectuosa

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si -

(a) La brida de la rueda del carro presenta un desgaste de un espesor de 7/8 de pulgada, o inferior, a un punto de 3/8 de pulgada arriba de la banda de rodamiento de la rueda;

(b) La altura de la brida de la rueda del carro, desde la banda de rodamiento a la altura de la brida, es de 1 1/4 pulgadas, o más;

(c) El espesor del rin de una rueda del carro es de 1 1/16 de pulgada, o inferior;

(d) El área del rin, brida, plato y de la maza de la rueda del carro tiene una fisura o rotura;

(e) Una rueda del carro presenta picaduras o ranuras en la brida de 1 1/2 pulgadas de longitud y de 1/4 pulgada de ancho, o más;

(f) Una rueda del carro presenta:

(1) Un punto curvo o plano deslizante de más de 2 1/4 pulgadas de longitud; o

(2) Dos partes curvas o planas adyacentes, cada una de las cuales es de más de dos pulgadas de longitud;

(g) Una rueda del carro muestra evidencias de estar por la pérdida de aceite en la maza trasera o en el plato trasero.

(h) Una rueda del carro muestra señales de haber sufrido sobrecalentamiento evidenciado por la decoloración rojiza, en una extensión substancialmente igual, tanto en la cara frontal como en la cara posterior del rin, que se extiende en ambas caras más de cuatro pulgadas en el área del plato, medida desde el extremo interior de la cara frontal o posterior del rin; o

(i) Una rueda del carro haya sido soldada a menos que el carro esté siendo movido para ser reparado de acuerdo con § 215.9 de esta parte.

[44 FR 77340, Dic. 31, 1979, enmendado en 50 FR 13382, Abril 4, 1985]

§ 215.105 Eje Defectuoso

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si -

(a) Un eje del carro está fisurado o roto;

(b) Un eje del carro presenta una ranura en la superficie que -

(1) Está entre los asientos de las ruedas; y

(2) Tiene más de un octavo de pulgada de profundidad;

(c) Un eje del carro, junto con un cojinete plano, tiene un collar lateral roto o fisurado;

(d) Un muñón en el carro muestra evidencias de sobrecalentamiento, evidenciado por la fuerte decoloración azul negro; o

(e) La superficie del muñón para el cojinete plano en el eje; o el filete, tiene -

(1) Un reborde;

(2) Una depresión;

(3) Un núcleo circunferencial;

(4) Corrugación;

(5) Una fisura;

(6) Una raya continua;

(7) Picadura;

(8) Moho; o

(9) Corrosión.

§ 215.107 Caja Defectuosa del Cojinete Plano: General

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si -

- (a) Una caja del cojinete plano no contiene aceite libre visible.
- (b) Una tapa de la caja del cojinete plano hace falta, está rota o se encuentra abierta excepto para recibir servicio; o
- (c) Una caja del cojinete plano contiene materia extraña como suciedad, tierra o polvo de carbón, que razonablemente se espera -
 - (1) Dañe al cojinete; o
 - (2) Afecte la lubricación del muñón y los cojinetes.

§ 215.109 Caja Defectuosa del Cojinete Plano: Sistema de lubricación del muñón.

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si el carro presenta en la caja del cojinete plano un cojin de lubricación que -

- (a) Tiene un desgarramiento que se extiende hasta la mitad de la longitud o ancho del cojin, o más;
- (b) Muestra evidencias de haber sido chamuscado, quemado o vidriado;
- (c) Presenta tela que se está deteriorando o degradando y que evita tener una correcta lubricación en el cojin;
- (d) Tiene -
 - (1) Un núcleo central expuesto (excepto por el diseño); o
 - (2) Partes metálicas en contacto con el muñón; o
 - (3) Es/está -
 - (1) Faltando; o
 - (2) No está en contacto con el muñón.

§ 215.111 Cojinete Plano Defectuoso

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si el carro tiene un cojinete plano -

- (a) Que esté roto o fisurado, o que está faltando;
- (b) En el cual, el revestimiento del cojinete -
 - (1) Está alojado; o
 - (2) Tiene una pieza rota; o

(c) Que muestra signos de haber sido sobrecalentado, evidenciado por-

- (1) Babbit fundido
- (2) Humo de aceite caliente; o
- (3) Daños en la superficie del muñón.

§ 215.113 Cuña Defectuosa del Cojinete Plano.

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si la cuña de un cojinete plano en el carro -

- (a) Está faltando;
- (b) Está fisurada
- (c) Está rota; o
- (d) No está localizada en su posición de diseño

§ 215.115 Cojinete de Rodillos Defectuoso.

(a) Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si el carro tiene -

- (1) Un cojinete de rodillos que muestra signos de haber sido sobrecalentado, evidenciado por -
 - (i) Decoloración; o
 - (ii) Otros signos de sobrecalentamiento como el daño causado en el sello o la distorsión de cualquier componente del cojinete;
 - (2) Un cojinete de rodillos con un(a) -
 - (i) Tornillo flojo o sin el tornillo; o
 - (ii) Con un candado para tornillo roto, faltando o aplicado incorrectamente; o
 - (3) Un cojinete de rodillos con un sello flojo o dañado, o que permite la fuga de lubricante en forma de gotas.
- (b) (1) Un ferrocarril no puede mantener en servicio un carro que tiene un cojinete de rodamiento cuyo bogie estuvo involucrado en un descarrilamiento, a menos que, el cojinete haya sido inspeccionado y probado por:
- (i) Un examen visual para determinar si muestra señales de daños; y
 - (ii) El giro libre de la rueda o la rotación manual del cojinete para determinar si el cojinete genera algún ruido inusual.
- (2) El cojinete de rodillos será desensamblado del eje e inspeccionado internamente si -

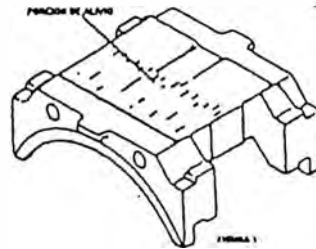
- (i) Cualquier señal externa de daños;
 - (ii) Se escucha un ruido poco usual cuando el conjunto de la rueda es girado libremente o se gira manualmente el cojinete;
 - (iii) Su bogie estuvo involucrado en un descarrilamiento a una velocidad mayor a las 10 millas por hora; o
 - (iv) Su bogie fue arrastrado sobre la superficie por más de 200 pies.
- (3) Cada cojinete de rodillos defectuoso, deberá ser reparado o reemplazado antes de que sea puesto en servicio nuevamente

[44 FR 77340, Dic. 31, 1979, enmendado en 45 FR 26711, Abril 21, 1980]

§ 215.117 Adaptador defectuoso del cojinete de rodillos.

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si el carro tiene un adaptador de cojinete de rodillos que está -

- (a) Fisurado o roto;
- (b) No está en su posición de diseño; o
- (c) Presenta desgaste en la corona del adaptador en la medida en que el bastidor se apoya en la porción auxiliar del adaptador, como se muestra en la figura de abajo (ver figura 1).



§ 215.119 Bogie defectuoso del carro ferroviario.

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si el carro tiene -

- (a) Un bastidor lateral o cabezal que -
 - (1) Esté roto; o
 - (2) Tiene una fisura de ¼ de pulgada o mayor en dirección transversal al miembro de tensión.

(b) Un bogie equipado con un dispositivo amortiguador que es inefectivo, evidenciado por -

- (1) Un elemento de fricción amortiguador que presenta un desgaste superior al del indicador de desgaste;
 - (2) La placa de desgaste amortiguadora está floja, no se tiene (excepto por diseño), o está desgastada;
 - (3) La falta/rotura del resorte activador de amortiguamiento;
 - (4) La unidad de amortiguamiento está rota, o en el caso de una unidad hidráulica, está rota o presenta fuga en forma de gotas de aceite o de otro fluido.
- (c) Un cojinete lateral en cualquiera de las siguientes condiciones;
- (1) Parte del ensamble del cojinete lateral está faltando o se encuentra roto;
 - (2) Los cojinetes de un extremo del carro, en ambos lados, están en contacto con el cabezal de carrocería (excepto por diseño);
 - (3) Los cojinetes en un extremo del carro tiene un holgura total de más de ¼ de pulgada desde el cabezal de la carrocería; o
 - (4) En los lados diagonalmente opuestos del carro, los cojinetes presentan una holgura total de más de ¼ de pulgada desde el cabezal de la carrocería;
- (d) Resortes del bogie -
- (1) Que no mantienen la carrera o la carga;
 - (2) Que son un sólido comprimido; o
 - (3) Más de un resorte externo está roto o faltando en cualquier grupo de resortes;
- (e) La interferencia entre el cabezal del bogie y la placa central previene el giro apropiado del bogie; o
- (f) El soporte de asiento del balancín de freno presenta un excesivo desgaste que no permite dar soporte al balancín de freno.

§ 215.121 Carrocería defectuosa del carro.

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si:

- (a) Cualquier porción del carro, bogie, o sus accesorios (excepto las ruedas) tiene una holgura inferior a 2 ¼ pulgadas desde la parte superior del riel;
- (b) El larguero central del carro es/está:

- (1) Roto;
- (2) Fisurado más de 6 pulgadas; o
- (3) Doblada o combada permanentemente más de 2 ¼ pulgadas en cualquiera longitud de 6 pies.
- (c) El carro tiene un porta-acoplador que está:
 - (1) Roto;
 - (2) Faltando;
 - (3) Sin elasticidad y el acoplador tiene una cabeza tipo F.
- (d) Después de Diciembre 1, 1983, el carro es un carro caja y sus puertas laterales no están equipadas con suspensores operativos, o su equivalente, para prevenir que las puertas se lleguen a desacoplar.
 - (e) El carro tiene una placa central:
 - (1) Que no está bien sujeta;
 - (2) Cualquier porción está faltando; o
 - (3) Está rota; o
 - (4) Tiene dos o más fisuras a lo largo de su sección transversal (espesor) en el extremo de la placa en la medida en que la porción de la placa, que está obstruida desde la vista mientras el bogie, está en posición; o
 - (f) El carro tiene un larguero lateral, soporte transversal o cabezal de carrocería, roto.

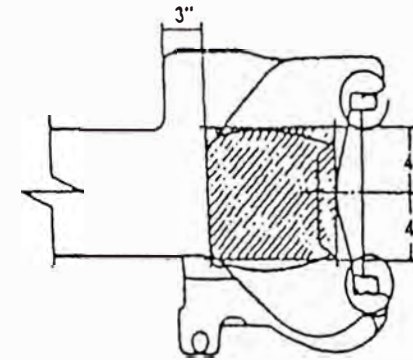
[44 FR 77340, Dic. 31, 1979, enmendado en 47 FR 53737, Dic. 29, 1982]

SISTEMA DE TRACCIÓN

§ 215.123 Acopladores Defectuosos

- Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si -
- (a) El carro está equipado con un mango acoplador que esté doblado y desalineado, de manera que el acoplador no enganchará automáticamente con el carro adyacente.
 - (b) El carro tiene un acoplador que presenta una fisura en el área de empalme altamente tensionada del mango y la cabeza, como se muestra en la figura de abajo (ver figura 2).

Figura 2



- (c) El carro tiene una articulación acopladora que está rota o fisurada en el interior de la superficie de tracción de la articulación.
- (d) El carro tiene un perno de articulación o un deflector de articulación que está:
 - (1) Faltando; o
 - (2) Inoperativo; o
- (e) El carro tiene un candado en el retén del acoplador que está:
 - (1) Faltando; o
 - (2) Roto; o
- (f) El carro tiene un acoplador con cualquiera de las siguientes condiciones:
 - (1) El izador de acoplamiento está inoperativo;
 - (2) El ensamble del acoplador no tiene protección de avance lento para prevenir el desbloqueo intencional del candado del acoplador, o
 - (3) El candado de acoplamiento está -
 - (i) Faltando;
 - (ii) Inoperativo;
 - (iii) Doblado
 - (iv) Fisurado; o
 - (v) Roto.

§ 215.125 Dispositivo de Desacoplamiento Defectuoso.

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si el carro tiene un dispositivo de desacoplamiento sin la holgura vertical y lateral suficiente para prevenir -

- (a) Incrustaciones en las curvas; o
- (b) Desacoplamientos no intencionales.

§ 215.127 Montaje de Tracción Defectuoso

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si -

- (a) El carro tiene un engrane de tracción inoperativo;
- (b) El carro tiene rota la horquilla;
- (c) Un extremo de la unidad de amortiguamiento del carro está -
 - (1) Presentando goteaduras; o
 - (2) Inoperativa;
- (d) Una placa retenedora del perno acoplador -
 - (1) Está faltando (excepto por diseño); o
 - (2) Le falta un sujetador
- (e) El carro tiene una cuña de tracción, o el retén de la cuña de tracción está -
 - (1) Inoperativo; o
 - (2) Faltando; o
 - (3) Al carro le hace falta la placa del seguidor o está rota.

§ 215.129 Dispositivo de Amortiguamiento Defectuoso

Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro, si tiene un dispositivo de amortiguamiento que está -

- (a) Roto;
- (b) Inoperativo; o
- (c) Falta una parte - a menos que los componentes deslizantes hayan sido inmovilizados efectivamente.

Subparte C - Equipo Restringido

§ 215.201 Alcance

(a) Esta sección restringe la operación de cualquier carro de carga ferroviario que -

- (1) Tenga más de 50 años, medido a partir de la fecha original de su construcción;

(2) Equipado con cualquier diseño o tipo de componente listado en el Apéndice A para esta parte; o

(3) Equipado con un bastidor Duryea construido antes de Abril 1, 1950, excepto para un furgón de cola que sea operado como último carro del tren.

(b) Un ferrocarril no puede colocar o mantener en servicio un carro de carga ferroviario descrito en el párrafo (a) de esta sección, excepto bajo las condiciones aprobadas por el Administrador Federal de Ferrocarriles.

(c) Un ferrocarril puede solicitar al Administrador mantener en servicio al carro descrito en el párrafo (a) de esta sección. Cada petición deberá

(1) Ser presentada en un plazo no menor a los 90 días antes de que el carro sea operado;

(2) Será presentado por triplicado; y

(3) Declarar o escribir lo siguiente:

(i) Nombre y dirección de la compañía principal del ferrocarril solicitante.

(ii) Nombre y dirección de la entidad que controla la operación y mantenimiento del carro involucrado.

(iii) El número, tipo, capacidad, marcas de reporte, y los números de los carros, su condición, estatus y edad medida a partir de la fecha original de su construcción.

(iv) El diseño, tipo de componente, u otro elemento que origine que el carro sea restringido.

(v) La carga máxima que pueden transportar los carros.

(vi) La velocidad máxima en la cual pueden operar los carros.

(vii) Que cada carro haya sido examinado y hallado seguro para que opere en las condiciones expuestas en la solicitud.

(viii) Los límites territoriales dentro de los cuales será operado el carro y el nombre de cada ferrocarril que recibirá a intercambio los carros.

Subparte D - Estarcido

§ 215.301 Alcance

La marca que reporta al propietario particular del carro o ferrocarril, el número de carro y la fecha de construcción serán estarcidos o desplegados en letras y números claramente visibles a una altura no menor a las siete

pulgadas, excepto para las de la fecha de construcción, la cuales, no tendrán una altura inferior a ocho pulgadas:

- (a) En cada lado de cada carrocería del carro de carga ferroviario; y
- (b) En el caso de un carro tanque, en cualquier localización que sea visible a la persona que camina al nivel de la vía por un lado del carro.

§ 215.303 Estarcido de carros restringidos.

- (a) Cada carro de carga ferroviario restringido descrito en § 215.205 de esta parte, debe ser estarcido, o marcado -
 - (1) En letras claramente legibles; y
 - (2) De acuerdo con los párrafos (b) y (c) de esta sección.
- (b) La letra "R" deberá ser -
 - (1) Colocada inmediatamente abajo o a la derecha del número del carro.
 - (2) Del mismo color que la marca de reporte; y
 - (3) Del mismo tamaño que la marca de reporte.
- (c) Los siguientes términos, en la medida que se requieran, que indican completamente la base para la operación restringida del carro, serán colocados en el carro después del símbolo "R" en letras de una altura no menor a una pulgada:
 - (1) Edad.
 - (2) Acoplador.
 - (3) Tracción.
 - (4) Cojinetes.
 - (5) Bogie.
 - (6) Bastidor inferior.
 - (7) Ruedas.
 - (8) Horquilla.

§ 215.305 Estarcido de equipo para el mantenimiento de la vía

- (a) El equipo para el mantenimiento de la vía (incluyendo el equipo autopropulsado de mantenimiento de la vía) descrito en § 215.3 (c) (3), será estarcido o marcado -
 - (1) En letras claramente legibles; y
 - (2) De acuerdo con el párrafo (b) de esta sección.

- (b) Las letras "MW" deben ser -
 - (1) De por lo menos 2 pulgadas de altura; y
 - (2) Colocadas a cada lado del carro.

[44 FR 77340, Dic. 31, 1979, enmendado en 45 FR 26711, Abril 21, 1980]

APÉNDICE A - COMPONENTES DEL CARRO DE CARGA FERROVIARIO

Lista de componentes cuyo uso está restringido por § 215.203 de esta parte.

- A. Frenos Neumáticos
Tipo "K"
- B. Ejes
 - 1. Del tipo anterior, tubular estándar AAR alterno.
 - 2. Eje con letras "RJ" estampadas en el extremo del muñón.
- C. Acopladores:
 - 1. Tipo AAR "D", de operación superior o inferior.
 - 2. Tipo AAR "E", con mango de 5 por 7 pulgadas.
- D. Montaje de la tracción:
 - 1. Engranajes de tracción mineros FR-16 y FR-19-F.
 - 2. Montaje de Tracción Farlow.
- E. Cojinetes planos del muñón.
Tipo Cartridge
- F. Cojinetes de Rodillos:
 - 1. Nippon Sieko, Kabushiki Kaish (NSK), tamaño 6 1/4" por 12" (marcado como "AAR 11").
 - 2. Cojinete cilíndrico Hyatt, todos los tamaños (marcado como "AAR 2").
 - 3. Cojinete esférico SKF "Para Transporte de Semirremolque Cargado" (Piggybacker); tamaño de 6" por 11" (marcado como "AAR 7").
- G. Bogie:
 - 1. Tipo Barra Arqueada
 - 2. Bogie con bastidor lateral de pedestal de acero fundido, de distancia entre ejes corta, y sin cabezal.
- H. Cabezales de Bogie:
 - 1. Un cabezal con uno de los siguientes números patrón listados de acuerdo al fabricante:

| A.S.F. | Dresser (Symington) | Birdsboro | Trabajos en carro Lenoir |
|--------------|---------------------|--------------|--------------------------|
| 21183-B..... | BO 5234 | 1458 1468 | CS-184. |
| 21183-N..... | BO 5263 BO 7076 | 1471 | CS-611. |
| 21648-C..... | BO 7076-A | | |
| 22056-E..... | BO 7115 | | |

2. Cabezal fundido antes de 1927.
3. Cabezal sin marca de identificación o número patrón.
1. 1. Bastidores laterales del bogie:
Un bastidor lateral con uno de los siguientes números patrón listados de acuerdo al fabricante:

| A.S.F. | Fundiciones Nacionales | Buckeye | Dominion |
|---|------------------------|---------|----------|
| 7273..... | 33793-1B | 3-1776 | TF-5100 |
| 7323..... | | F-420 | |
| 21362 (fundido antes de Junio, 1941)..... | | | |

| Fundidora de Acero Pittsburgh | Acero Scullin | Bettendorf | Fundidora de Acero Canadiense |
|-------------------------------|---------------|------------|-------------------------------|
| 31673..... | 42-CS-180 | UT 456 | 26565 |
| 4-1862..... | | | |
| 3-1674..... | 4665 | | |
| 4-2045..... | 4770 | | |
| 12397..... | 4942 | | |
| 12921..... | 5220 | | |
| 21263..... | 5364 | | |
| | 5364-C | | |
| | 5364-E | | |
| | 5811-A | | |
| | 5869-B | | |
| | 6577-A | | |

2. Bastidor lateral fundido antes de 1927.
3. Bastidor lateral sin una marca de identificación o número patrón.
4. Bastidor lateral con una sección en "I", "T" o "L" o un miembro a tensión.

J. Ruedas:

1. Rueda de fundición de hierro.
2. Rueda de acero fundido marcada como "AAR X-2".
3. Rueda de acero fundido Southern manufacturada antes de Mayo 7, 1958.
4. Rueda de acero fundido Griffin, de tres elevaciones, diseño de rin esférico, 70 toneladas de capacidad.
5. Rueda de acero fundido Griffin, de tres elevaciones, doble duración, 50 y 70 toneladas de capacidad, 33 pulgadas (marcada como X-5 o CS-2).
6. Rueda de acero forjado manufacturada antes de 1927, como lo indica la marca en la rueda.
7. Rueda de acero fundido marcada como AAR X-4.
8. Rueda de acero fundido Davis.
9. Ruedas de acero fundido Southern de 70 toneladas, una duración, fechadas en Mayo 7, 1958 hasta Diciembre 31, 1969.

A. Ruedas fechadas en Mayo 7, 1958, a Enero 1, 1964, están marcadas con el símbolo de fundición "70T" en la parte trasera del plato de la rueda; no están marcadas como "U-1".

B. Ruedas fechadas en Enero 1, 1964, hasta Diciembre 31, 1969, están marcadas con los símbolos "CJ-33" y "U-1" o "70T" y fundición "U-1" en la parte trasera del plato de la rueda.

K. Horquillas:

1. Tipo remachadas.
2. Tipo sin cuña.
3. Tipo cuña vertical.

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA DE MULTAS CIVILES¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|--|-----------|------------------------|
| Subparte A - General: | | |
| 215.9 Movimiento para la reparación: | | |
| (a), (c)..... | (1) | (1) |
| (b)..... | \$2,500 | \$5,000 |
| 215.11 Designación de personas calificadas | 2,500 | 5,000 |

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA
DE MULTAS CIVILES - CONTINUACIÓN¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|---|-----------|------------------------|
| 215.13 Inspección previa a la Salida..... | 2,000 | 4,000 |
| Subparte B - Componentes del carro ferroviario. | | |
| 215.103 | | |
| Rueda defectuosa: | | |
| (a) Espesor de la brida de: | | |
| (1) 7/8" o menos, pero más de 13/16" | 2,500 | 5,000 |
| (2) 13/16" o menos | 5,000 | 7,500 |
| (b) Altura de la brida de: | | |
| (1) 1 1/4 " o mayor, pero no inferior a 1 5/8 " | 2,500 | 5,000 |
| (2) 1 5/8 " o más | 5,000 | 7,500 |
| (c) Espesor del rin de: | | |
| (1) 1 1/16 " o inferior, pero no más de 5/8" | 2,500 | 5,000 |
| (2) 5/8 " o menos | 5,000 | 7,500 |
| (d) Rin de la rueda, ancho de la maza de la placa para la brida" | | |
| (1) Fisura inferior a 1" | 2,500 | 5,000 |
| (2) Fisura de 1" o más | 5,000 | 7,500 |
| (3) Rotura | 5,000 | 7,500 |
| (e) Rebabas o ranuras en la brida de: | | |
| (1) 1 1/2 " o más, pero no menor a 1 5/8" de long.; y 1/2" o más, pero no menor a 5/8" de ancho | 2,500 | 5,000 |
| (2) 1 1/2 " o más, pero no menor a 1 5/8" de long.; y 1/2" o más, pero no menor a 5/8" de ancho | 5,000 | 7,500 |
| (f) Partes curvas o planas deslizantes: | | |
| (1) (i) Un punto mayor a 2 1/4", pero no mayor a 3" de longitud..... | 2,500 | 5,000 |
| (ii) Un punto de 3" o más de longitud | 5,000 | 7,500 |
| no menor a 5/8" de ancho | | |

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA
DE MULTAS CIVILES - CONTINUACIÓN¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|--|-----------|------------------------|
| (2) (i) Dos partes adyacentes cada uno de los cuales es mayor a 2" pero inferior a 2 1/2 " de longitud.. | 2,500 | 5,000 |
| (ii) Dos partes adyacentes que tienen por los menos 2" de longitud ya sea que la parte es de 2 1/4 " o más de longitud. | 5,000 | 7,500 |
| (g) Eje aflojado..... | 6,000 | 8,500 |
| (h) Sobrecalentamiento; decoloración que se extiende: | | |
| (1) más de 4" pero menos de 4 1/2 " ... | 2,500 | 5,000 |
| (2) 4 1/2" o más | 5,000 | 7,500 |
| (i) Soldado | 5,000 | 7,500 |
| 215.05 Eje defectuoso: | | |
| (a) (1) Fisura de 1" o menos | 2,500 | 5,000 |
| (2) Fisura de más de 1"..... | 5,000 | 7,500 |
| (3) Rotura | 6,000 | 8,500 |
| (b) Estrias en la superficie que está entre los asientos de la rueda, mayores a 1/8" de anchura | 2,500 | 5,000 |
| (c) Collar del extremo con fisura o rotura.... | 2,500 | 5,000 |
| (d) Muñón sobrecalentado | 5,000 | 7,500 |
| (e) La superficie del muñón tiene: un resalto; una depresión; un núcleo circunferencial; corrugación; una fisura, una raya continua; picaduras, molho; o corrosión | 2,500 | 5,000 |
| 215.07 Caja defectuosa del cojinete plano: | | |
| General: | | |
| (a) (1) Aceite libre no visible | 1,500 | 3,000 |
| (2) Cojin de lubricación seco (no sale aceite cuando se oprime el cojin) | 5,000 | 7,500 |

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA
DE MULTAS CIVILES - CONTINUACIÓN¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|--|-----------|------------------------|
| (b) Falta la tapa de la caja, está rota o abierta, excepto para servicio | 1,000 | 2,000 |
| (c) Contiene materia extraña que puede dañar al cojinete o afectar la lubricación del muñón y cojinete..... | 2,500 | 5,000 |
| 215.109 Caja Defectuosa del Cojinete plano Sistema de Lubricación del Muñón: | | |
| (a) El cojín de lubricación tiene un desgarro | 1,000 | 2,000 |
| (b) Cojín de lubricación chamuscado, quemado, o vidriado..... | 2,500 | 5,000 |
| (c) El cojín de lubricación contiene una tela que está caducando o deteriorándose | 2,500 | 5,000 |
| (d) El cojín de lubricación tiene un núcleo central expuesto o partes partes metálicas contactando al muñón | 2,500 | 5,000 |
| (e) Falta el cojín de lubricación o no está en contacto con el muñón | 5,000 | 7,000 |
| 215.111 Cojinete plano defectuoso: | | |
| (a) Falta | 5,000 | 7,500 |
| (b) El revestimiento del cojinete está flojo o tiene quebrada una pieza | 2,500 | 5,000 |
| (c) Sobrecalentado | 5,000 | 7,500 |
| 215.113 Cuña defectuosa del cojinete plano: | | |
| (a) Falta | 5,000 | 7,500 |
| (b) Fisurada | 2,500 | 5,000 |
| (c) Quebrada | 5,000 | 7,500 |
| (d) No está localizada en su posición de diseño | 5,000 | 7,500 |

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA
DE MULTAS CIVILES - CONTINUACIÓN¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|--|-----------|------------------------|
| 215.115 Cojinete de rodillos defectuoso: | | |
| (a) (1) Sobrecalentado | 5,000 | 7,500 |
| (2) (i) Tornillo aflojado | 2,500 | 5,000 |
| (ii) El candado tornillo está quebrado, falta, o se aplicó incorrectamente..... | 1,000 | 2,000 |
| (3) El sello está flojo o dañado, o permite la fuga del lubricante | 2,500 | 5,000 |
| (b) (1) No inspeccionado y probado después del descarrilamiento | 2,500 | 5,000 |
| (2) Sin desensamblar después del descarrilamiento | 2,500 | 5,000 |
| (3) No reparado o reemplazado después del descarrilamiento | 5,000 | 7,500 |
| 215.117 Adaptador defectuoso del cojinete de rodillos: | | |
| (a) Fisurado o quebrado | 2,500 | 5,000 |
| (b) No está en su posición de diseño | 5,000 | 7,500 |
| (c) Desgastado en la corona | 2,500 | 5,000 |
| 215.119 Bogie defectuoso del carro ferroviario: | | |
| (a) (1) Un bastidor lateral o cabezal que está quebrado | 5,000 | 7,500 |
| (2) (i) Bastidor lateral o cabezal con una fisura de: ¼" o más pero inferior a 1"..... | 2,500 | 5,000 |
| (ii) 1" o más | 5,000 | 7,500 |
| (b) Un dispositivo de amortiguamiento que es inefectivo o está faltando | 2,500 | 5,000 |
| (c) Cojinete(s) lateral(es) : | | |
| (1) Está quebrado o hace falta el ensamble | 5,000 | 7,500 |
| (2) En contacto excepto por diseño | 5,000 | 7,500 |
| (3), (4) Holgura total en un extremo o en lados diagonalmente opuestos de: | | |

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA
DE MULTAS CIVILES - CONTINUACIÓN¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|---|-----------|------------------------|
| (i) no mayor a ¼" pero no superior a 1" | 2,500 | 5,000 |
| (ii) más de 1" | 5,000 | 7,500 |
| (d) Resortes del bogie: | | |
| (1) No mantiene la carrera o la carga | 2,500 | 5,000 |
| (2) Sólido comprimido..... | 2,500 | 5,000 |
| (3) Resortes externos del bogie quebrados o hacen falta: | | |
| (i) Dos resortes externos | 2,500 | 5,000 |
| (ii) Tres o más resortes externos..... | 5,000 | 7,500 |
| (e) Interferencia en la placa central del cabezal del bogie | 5,000 | 7,500 |
| (f) Desgaste en el soporte de apoyo del balancín de freno | 2,500 | 5,000 |
| 215.121 Carrocería defectuosa del carro: | | |
| (a) Tiene una holgura inferior a 2 ¼" desde la parte superior del riel | 2,500 | 5,000 |
| (b) El larguero central del carro está: | | |
| (1) Quebrado | 6,000 | 8,500 |
| (2) Fisurado más de 6" | 2,500 | 5,000 |
| (3) Doblado o combado más de 2 ½" en cualquier longitud de 6"..... | 2,500 | 5,000 |
| (c) El porta acoplador está quebrado hace falta | 2,500 | 5,000 |
| (d) La puerta del carro no está equipada con suspensores de seguridad operativos.... | 2,500 | 7,500 |
| (e) (1) La placa central no está sujeta correctamente | 5,000 | 7,500 |
| (2) Falta una porción | 2,500 | 5,000 |
| (3) Quebrada | 5,000 | 7,500 |
| (4) Dos o más fisuras | 2,500 | 5,000 |
| (f) El larguero lateral, el soporte transversal o el cabezal de carrocería, está roto | 2,500 | 5,000 |
| 215.123 Acopladores defectuosos: | | |

APÉNDICE B PARA LA PARTE 215 - PROGRAMA
DE MULTAS CIVILES - CONTINUACIÓN¹

| Sección | Violación | Violación Intencionada |
|---|-----------|------------------------|
| (a) Mango doblado o desalineado..... | 1,000 | 2,000 |
| (b) Fisura en el área de empalme altamente tensionada..... | 2,500 | 5,000 |
| (c) Articulación del acoplador, quebrado o doblada..... | 2,500 | 5,000 |
| (d) Deflector o perno de la articulación del acoplador, inoperativo o no se tiene..... | 2,500 | 5,000 |
| (e) No se tiene o está quebrado el candado para el perno de la articulación del acoplador..... | 1,000 | 2,000 |
| (f) Acoplador con las siguientes condiciones: izador del candado inoperativo; sin protección de avance lento; sin protección de avance lento; o candado del acoplador doblado, fisurado o quebrado..... | 2,500 | 5,000 |
| 215.125 Dispositivo de acoplamiento defectuoso..... | 2,500 | 5,000 |
| 215.127 Montaje de tracción defectuoso: | | |
| (a) Engrane de tracción inoperativo..... | 2,500 | 5,000 |
| (b) Horquilla quebrada..... | 2,500 | 5,000 |
| (c) La unidad de amortiguamiento del extremo del carro está fugando o inoperativa. | 2,500 | 5,000 |
| (d) La placa retén del perno acoplador no se tiene o le falta el sujetador..... | 5,000 | 7,500 |
| (e) La cuña de tracción o el retenedor de la cuña de tracción está inoperativo o no se tiene | 5,000 | 7,500 |
| (f) La placa seguidor no se tiene o está quebrada..... | 2,500 | 5,000 |
| 215.129 Dispositivo de amortiguamiento, defectuoso..... | 2,500 | 5,000 |
| Subparte C - Equipo restringido: | | |
| 215.203 Carros restringidos..... | 2,500 | 5,000 |