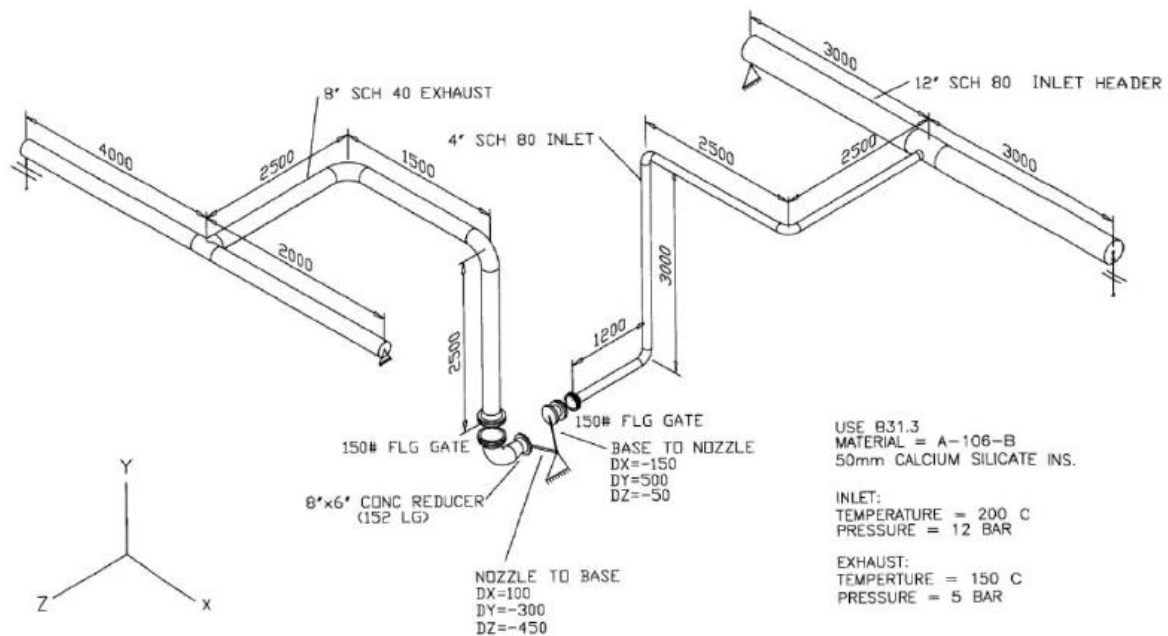


Ejercicio 03

Turbo

Este ejercicio se basará en el conocimiento que hemos adquirido hasta ahora e introducirá las siguientes novedades y características.

- Combinación de modelos de tuberías
- Elementos de construcción rígidos
- Conexiones de nodos C
- Análisis NEMA SM23



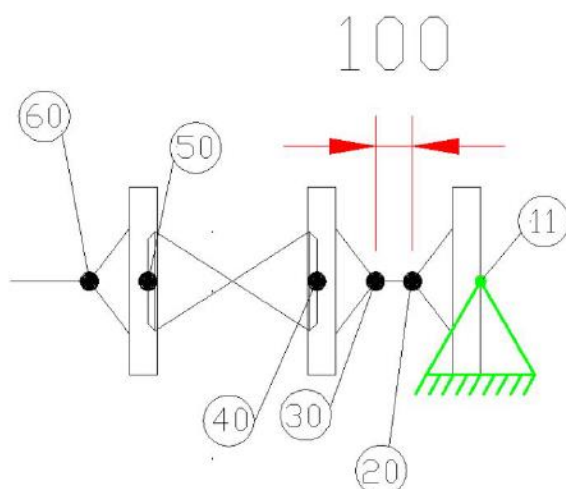
A pesar que el modelo mostrado arriba se incluye como TURBO_COMBINED.C2 se aconseja desarrollarlo para practicar la modelación. Consiste en la entrada y el escape de una turbina. La turbina está anclada al suelo en un punto específico.

Para simplificar el modelado, modelaremos la entrada y el escape como dos modelos separados.

Luego combinaremos estos dos modelos en un solo modelo con un punto en común (el punto de anclaje de la turbina).

Entrada del modelo

Modelaremos la tubería de entrada con el primer elemento; cambie el elemento de 10 a 20 como 11 a 20. Comience en el nodo 11, la conexión de la brida de la conexión de la turbina, como se muestra a continuación.



Tenga en cuenta que el nodo 11 también tiene un ancla adjunto.

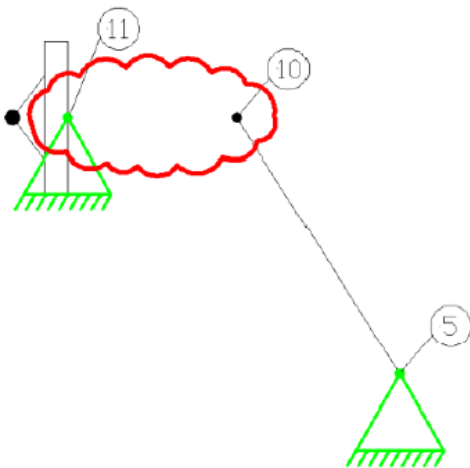
Una vez completada la tubería de entrada, regresamos al primer elemento, del 11 al 20. Ahora insertaremos un elemento antes del 11 al 20, numerado del 5 al 10. El nodo 5 será el que corresponde al anclaje de la turbina. El anclaje del nodo 11 se conectará a través de un CNode (CNode10).

Como hay un ancla en el nodo 11, este nodo está fijo en los 6 grados de libertad. Sin embargo, la conexión de la conexión de la turbina sufrirá cierto movimiento debido a la expansión térmica de la turbina. Recuerde anteriormente que tuvimos una situación similar en la que se especificaron desplazamientos para la expansión térmica del recipiente del Ejercicio 01. En este caso no sabemos cuál es la expansión térmica por lo que no podemos ingresar los desplazamientos. Para aplicar los desplazamientos al punto de la conexión agregaremos un elemento desde la conexión hasta la base de la turbina.

Este será un elemento rígido con peso cero y se le aplicará temperatura (por lo que sufrirá expansión térmica). Este elemento también irá anclado en la base de la turbina.

Sin embargo, si especificamos a este como 5-11, por ejemplo, los nodos 5 y 11 están anclados, por lo que no pueden moverse y todo lo que sucederá es que obtendremos grandes fuerzas en los nodos 5 y 11. Necesitamos una forma de conectar este elemento de construcción rígido al nodo 11 lo que permitirá que el nodo 11 se mueva debido a la expansión del elemento constructivo, pero aún permanezca fijo en lo que respecta al resto de la tubería.

Esto se puede lograr en CAESAR II usando CNodes. Un CNode permitirá que el ancla en el nodo 11 se conecte a otro nodo "indirectamente". Esencialmente, ambos puntos estarán en la misma ubicación, pero CAESAR II verá estos puntos como nodos separados. Por lo tanto, lo que sucederá es que a medida que el elemento 5-10 se expanda, el nodo 11 actuará como un ancla, pero como está conectado al nodo 10, el nodo 11 se moverá hacia donde se mueva el nodo 10, sin dejar de actuar como un ancla.

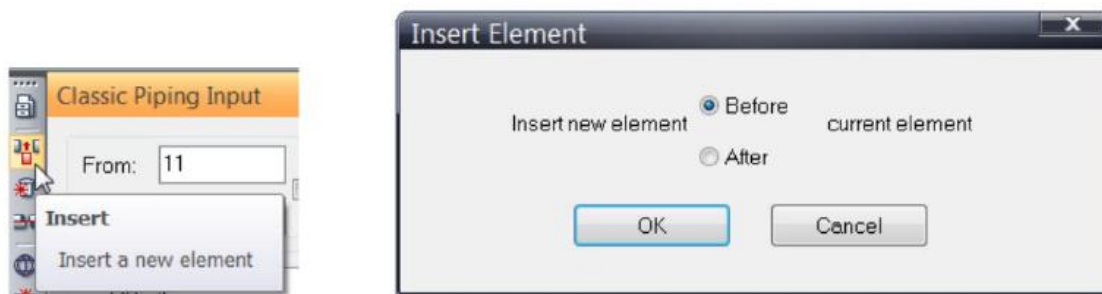


Los nodos 10 y 11 son el mismo punto en el espacio.

Seleccione el elemento 11-20. Primero especifique un CNode en el ancla en el nodo 11; el CNode será el nodo 10.

| | | | |
|-------|-----|--------|----|
| Node: | 11 | CNode: | 10 |
| Type: | ANC | Gap: | |
| Stif: | | Mu: | |

A continuación, utilice la función Insertar para insertar un elemento antes de este elemento.



Cambie los números de nodo de 5 a 10

From: 5 To: 10

☐ Name

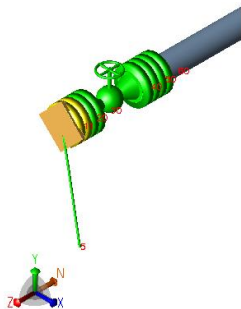
DX: -150.000 mm

DY: 500.000 mm

DZ: -50.000 mm

☐ Offsets

Complete los campos DX, DY, DZ como se muestra. Este es un elemento rígido, pero en este caso deje el peso en blanco. Agregue además un ancla en el nodo5.



El rígido de peso cero se insertará y conectará al nodo 11 como se indica. Ahora necesitamos especificar la temperatura del rígido, ya que éste sufrirá expansión térmica.

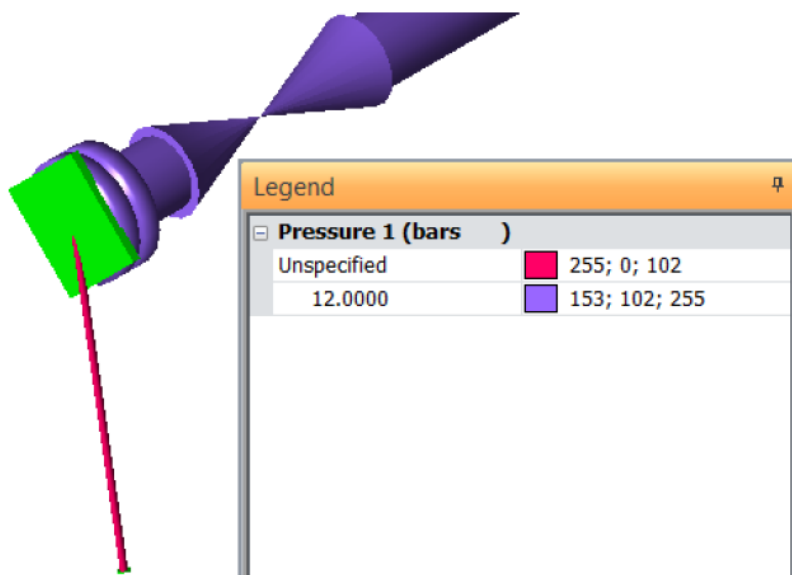
| | Temperature | Thermal Expansion | Pressure |
|----|-------------|-------------------|----------|
| 1: | 200.0000 | 0.002190 | |
| 2: | | | |
| 3: | | | |
| 4: | | | |
| 5: | | | |
| 6: | | | |
| 7: | | | |
| 8: | | | |
| 9: | | | |

Hydro:

☐ Propagate Parameters

Seleccione el elemento 5-10 y haga doble clic en ">>" en la sección de temperatura/presión para "arrancar" el cuadro de Condiciones de funcionamiento. Desmarque la casilla Propagar parámetros para asegurarse de que los datos ingresados aquí solo se ingresen en este elemento y no en todo el modelo. Introduzca 200 °C para T1 y asegúrese de que no se especifique ninguna presión.

Compruebe que esto se haya especificado correctamente, utilizando la herramienta gráfica “Show Pressure” y “Highlight Pressure 1”.



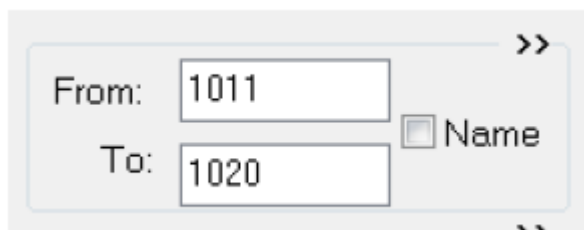
El elemento de construcción rígido debería mostrarse como no especificado y el resto del modelo debería mostrarse como 12 bars.

La entrada ya está completa.

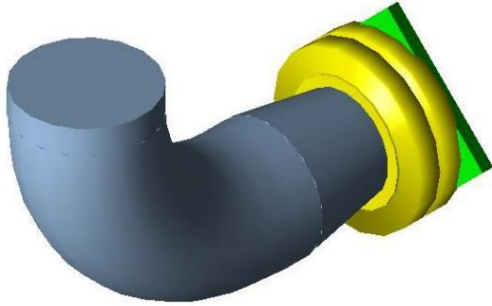
Guardamos el archivo como TURBO_INLET.C2.

Utilizando la misma metodología, creamos un nuevo archivo de trabajo para el escape.

Iniciamos el modelo utilizando los nodos 1011 a 1020 para el primer elemento.



A continuación después del reductor hay una curva. Colocamos un tramo de tubo de 350 mm de largo en la dirección Z, añadiendo un codo a este tubo. Luego colocamos un tubo correspondiente de 350 mm de largo en la dirección Y para completar la curva.



Completamos el resto del escape.

Una vez terminado, agregue un elemento final, insertado antes del 1011 al 1020 y numerado del 5 al 1010. Establezca la presión de este elemento en blanco y asegúrese de que solo este elemento no tenga presión.

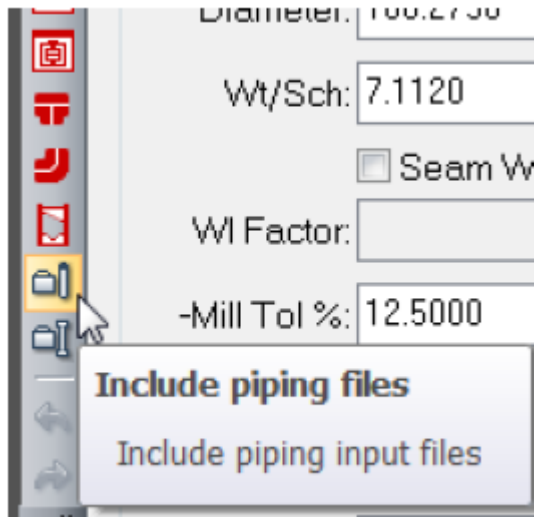
Conéctese a través de un CNode de 1010 en el ancla del nodo 1011.

El escape ahora también está completo. Observe que tenemos un nodo numerado 5 tanto en modelo de nuestra entrada como en el modelo del escape. Este nodo es una ubicación común en ambos archivos. Así podemos combinar los modelos y estarán vinculados en el nodo 5.

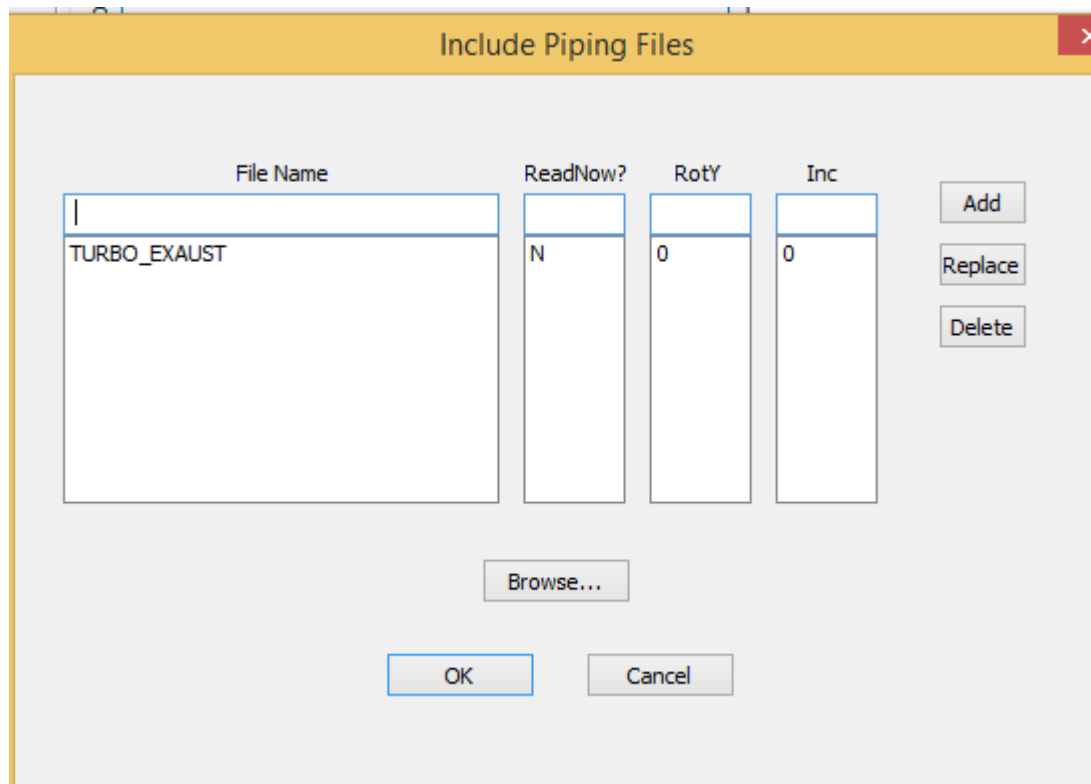
Guardamos el escape como TURBO_EXAUST.C2

Combinando los modelos

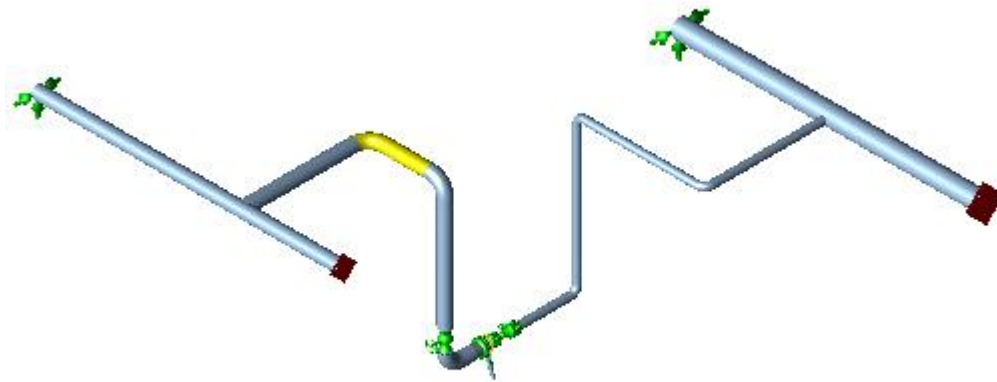
Una vez guardado el modelo del escape de la turbina, seleccionamos el botón “<include piping files” (Incluir archivos de tuberías) para incorporar la tubería de entrada y crear un modelo único.



Buscamos el modelo de entrada y hacemos en Aceptar.



Los dos modelos se combinarán alrededor del nodo 5, el nodo común en ambos archivos.



Seleccionando un elemento en la entrada, observamos que se puede seleccionar, pero la pantalla de entrada tiene todos los campos deshabilitados.

Esto se debe a que actualmente la entrada simplemente está siendo “referenciada” y no incluida en su totalidad. Regresando a la pantalla de modelos de tuberías combinadas. Además del campo Nombre de archivo, vemos otras tres columnas.

RotY: permite girar el archivo incluido en un ángulo específico alrededor del eje Y.

Inc: permite incrementar los números de nodo en el nuevo archivo en un valor determinado. Es decir, si el archivo incluido fuera 10-20, 20-30, etc., podríamos incrementar en 1000 para que los nodos se convirtieran en 1010-1020, 1020-1030 etc.

La primera columna “Read now?” (¿Incluir ahora?). Esta columna permite a los usuarios elegir si hacer referencia o incluir permanentemente el archivo. Esto resulta útil para comprobar que el archivo sea correcto antes de incluirlo, de modo que cualquier cambio necesario se pueda realizar en el modelo original independiente.

Si el modelo parece correcto, cambiamos ReadNow? a Y y damos OK.

| File Name | ReadNow? | RotY | Inc |
|-------------|----------|------|-----|
| TURBO INLET | Y | 0 | 0 |

From: 50 To: 60 ☐ Name

DX: DY: 3000.000 mm DZ: ☐ Offsets

Al seleccionar un elemento en el lado de entrada de la tubería vemos que ahora todos están habilitados.

Salvamos el modelo como TURBO_COMBINED.C2. Verificamos y analizamos el modelo, usando los casos de carga recomendados.

CASE 3 (SUS) W+P1
CASE 4 (EXP) L4=L1-L3

Note: For a complete breakdown of code-defined stress components, see the Stresses report.
Piping Code: B31.3 = B31.3 -2016, Jan 31, 2017

*** CODE COMPLIANCE EVALUATION PASSED ***

Highest Stresses: (lb./sq.in.)

| Ratio (%) | Value | @Node | LOADCASE | Notes |
|----------------------|--------|-------|----------|----------|
| Code Stress | 9503.6 | 1080 | 4 (EXP) | L4=L1-L3 |
| Axial Stress | 678.8 | 110 | 3 (SUS) | W+P1 |
| Bending Stress | 9161.6 | 1080 | 4 (EXP) | L4=L1-L3 |
| Torsion Stress | 1043.5 | 1069 | 4 (EXP) | L4=L1-L3 |
| Hoop Stress | 1438.7 | 110 | 3 (SUS) | W+P1 |
| Max Stress Intensity | 9295.1 | 1080 | 4 (EXP) | L4=L1-L3 |

Los resultados del análisis deben mostrar que la expansión y las tensiones sostenidas son aceptables.

Controlar el caso OPE y observe las cargas en las boquillas en los nodos 11 y 1011.

RESTRAINTS REPORT: Loads On Restraints

CASE 1 (OPE) W+T1+P1

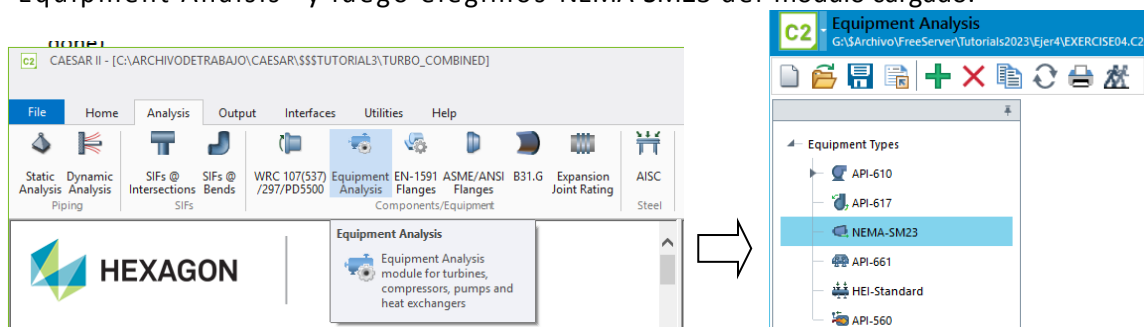
| Node | FX lb. | FY lb. | FZ lb. | MX ft.lb. | MY ft.lb. | MZ ft.lb. | Restraint Type/Tag |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 5 | 147 | -2223 | -434 | -65.6 | -173.8 | 604.6 | TYPE=Rigid ANC; |
| 11 | -77 | -625 | 120 | -1565.1 | 97.3 | 70.7 | TYPE=Rigid ANC; |
| 110 | 77 | -1218 | -83 | 337.9 | 441.4 | -4902.5 | TYPE=Rigid ANC; |
| 120 | 0 | -756 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 120 | 0 | 0 | -37 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1011 | 225 | -1599 | -554 | -47.2 | -402.1 | -318.4 | TYPE=Rigid ANC; |
| 1090 | 0 | 0 | 85 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1090 | 0 | -259 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1100 | -225 | 29 | 468 | 1999.1 | 2025.7 | 355.2 | TYPE=Rigid ANC; |

Aparentemente las cargas sobre estas conexiones son razonables, ya que los puntos de anclaje soportan parte del peso de la tubería. Ahora tomaremos estas fuerzas y las compararemos con NEMA SM23 para analizar la turbina y ver si las cargas en las conexiones son aceptables.

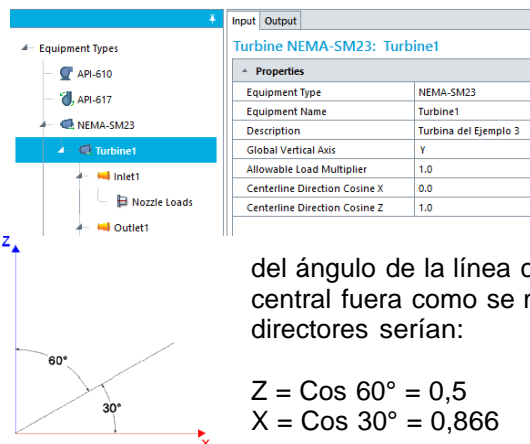
NEMA SM23

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) publica y mantiene la norma de turbinas de vapor SM23 “Steam Turbines for Mechanical Drive Service”. Esta norma incluye las cargas permitidas que pueden ser aplicadas de forma segura a las conexiones de la turbina. CAESAR II incorpora este estándar y se puede utilizar un módulo independiente para evaluar las conexiones, utilizando las cargas calculadas a partir del análisis de las tuberías (como acabamos de hacer).

Regresamos a la ventana principal de CAESAR II. Seleccionamos el menú Análisis, la opción “Equipment Analysis” y luego elegimos NEMA SM23 del módulo cargado.



Creamos un nuevo archivo llamado pass1.



Seleccionamos la pestaña “Input” (Datos de entrada). Si queremos, le damos una breve descripción del equipo.

El primer dato a ingresar es la dirección de la línea central del equipo. Esto debe especificarse como los cosenos directores.

Los cosenos directores se especifican como el coseno del ángulo de la línea central con el eje respectivo. Por ejemplo, si la línea central fuera como se muestra, a 60° del eje Z y a 30° del eje Y, los cosenos directores serían:

$$Z = \cos 60^\circ = 0,5$$
$$X = \cos 30^\circ = 0,866$$

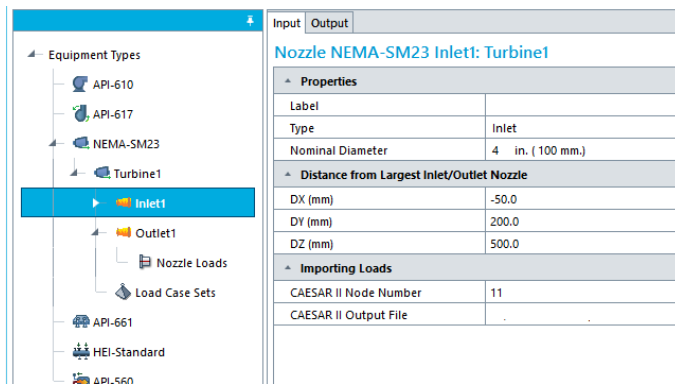
La línea central de nuestro equipo está a lo largo del eje Z, por lo que el ángulo entre la línea central y el eje Z es 0° y el ángulo entre la línea central y el eje X es 90°

Por tanto los cosenos directores son:

$$Z = \cos 0^\circ = 1$$

$$X = \cos 90^\circ = 0$$

Ahora podemos definir las conexiones. Seleccionamos Inlet1



Esta es la conexión de entrada y tiene un diámetro de 4"

El número de nodo es el número de nodo correspondiente que coincide con el número de nodo en el modelo CAESAR II, en este caso el número de nodo sea 11.

Para saber que define NEMA SM23 como "Distance from Largest Inlet/Outlet Nozzle" seleccionamos el campo correspondiente y presionamos F1 para abrir la ayuda.

Distance From Largest Inlet/Outlet Nozzle, DX

Specifies the X-distance from the largest inlet or outlet nozzle to the current nozzle.

Typical units (depending on your unit system):

- in
- mm
- cm

NEMA-SM 23 interprets the point of resolution of the combined forces and moments to be the following two points:

1. The face of the flange at the exhaust nozzle connection.
2. The intersection point of the exhaust nozzle centerline and the equipment shaft centerline.

Type a positive value if the nozzle X-coordinate is greater than that of the largest nozzle, that is, if the nozzle is farther out on the positive X-axis.

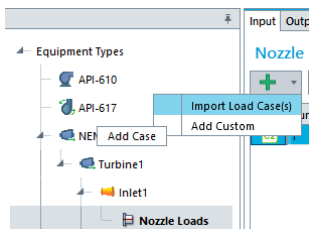
NOTE If the current nozzle is the largest inlet or outlet nozzle, then the value is **0**.

Este punto es la distancia desde el punto de resolución (cara de la brida de la conexión de escape) hasta la conexión en el nodo 11.

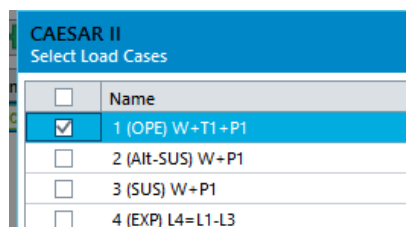
Para nuestro caso los valores son los siguientes:

$$DX = +100 - 150 = -50 \text{ mm} \quad DY = -300 + 500 = +200 \text{ mm} \quad DZ = +450 + 50 = 500 \text{ mm}$$

Se ingresa la información básica de la boquilla. Lo último que debe hacer con esta boquilla es aplicar las cargas en esta boquilla. Ya tenemos las cargas en el fichero de trabajo CAESAR II que acabamos de analizar. Entonces estas cargas se pueden importar directamente al módulo NEMA SM23.



Seleccionamos "Nozzles Load" → "Import Load Case(s)"



Busque el modelo de turbina combinada y seleccione el caso operativo.

Las cargas se importarán del trabajo, estas serán las cargas en el nodo 11 (ya que especificamos el número de nodo como 11).

La boquilla de entrada ya está completa.
Seleccionamos Outlet1 para indicar los datos de la conexión de escape.

Equipment Types

API-610

API-617

NEMA-SM23

Turbine1

Inlet1

Nozzle Loads

Outlet1

Nozzle Loads

Load Case Sets

Nozzle NEMA-SM23 Outlet1: Turbine1

Properties

Label

Type

Nominal Diameter

Distance from Largest Inlet/Outlet Nozzle

DX (mm)

DY (mm)

DZ (mm)

Importing Loads

Outlet

8 in. (200 mm.)

0.0

0.0

450.0

CAESAR II Node Number

CAESAR II Output File

1011

C:\ArchivoDeTrabajo\Cesar\555Tutorial3\TURBO_COMBINED

Una vez indicados todos los datos debemos, como antes, importar las cargas del caso OPE del archivo TURBO_COMBINED.

Equipment Types

API-610

API-617

NEMA-SM23

Turbine1

Inlet1

Nozzle Loads

Outlet1

Nozzle Loads

Nozzle Loads Outlet1: Turbine1 (Node: 1011, File: TURBOCOMBINED)

+ - X Y Z

| Link | Number | Name | FX (N) | FY (N) |
|------|--------|----------------------|---------|--------|
| C2 | 1 | CASE 1 (OPE) W+T1+P1 | 1000.80 | |

Seleccionamos “Nozzle Loads” y agregamos la carga número 1.

Equipment Types

API-610

API-617

NEMA-SM23

Turbine1

Inlet1

Nozzle Loads

Outlet1

Nozzle Loads

Load Case Sets

Input | Output


Nozzle Loads Inlet: Turbine1 (Node: 11, File: TURBOCOMBINED)

Nozzle Loads Outlet: Turbine1 (Node: 1011, File: TURBOCOMBINED)

Load Case Sets - Select a load case from each grid to create a set

| Inlet | Outlet |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 - CASE 1 (OPE) W+T1+P1 | 1 - CASE 1 (OPE) W+T1+P1 |

Ahora creamos un set de cargas para analizar, seleccionando “Load cases” y agregamos para la entrada la salida el caso número 1.

Ya podemos realizar el análisis haciendo clic en 

Equipment Types

API-610

API-617

NEMA-SM23

Turbine1

Inlet1

Nozzle Loads

Outlet1

Nozzle Loads

Load Case Sets

Input | Output

3 of 4

100%

Find | Next

| | | Force | | | | | |
|--------|---|------------|---------|----------|---------|---------|--------|
| Inlet | 1 | Total | 120.00 | -625.00 | 77.00 | 224.05 | -9.63 |
| | | Loads | -554.00 | -1599.00 | -225.00 | -318.00 | 47.00 |
| Outlet | 1 | From Force | n/a | n/a | n/a | 0.00 | 332.18 |
| | | Total | -554.00 | -1599.00 | -225.00 | -318.00 | -69.81 |

Nozzle Allowables

Note - The calculated % of allowable is based upon ENGLISH units.

| Nozzle Type | Load Case | Status | Local Force Resultant | Local Moment Resultant | Nozzle DE | 3F + M | Allowable | Percent Of Allowable |
|-------------|-----------|--------|-----------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|----------------------|
| Inlet | 1 | Failed | 641.06 | 1569.61 | 4.00 | 3492.78 | 2000.00 | 174.64 |
| Outlet | 1 | Failed | 1707.14 | 514.72 | 8.00 | 5636.15 | 4000.00 | 140.90 |

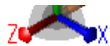
Desde la pestaña “Output” vemos los resultados.
Tanto la entrada como el escape no pasan el análisis. Vemos que los momentos FY y MZ son las principales causas del fallo. En la conexión de entrada tenemos un

175% de lo permitido, mientras que en la salida un 141 %.

Guardamos y cerramos el módulo NEMA. Regresamos “Piping input”

CASE 1 (OPE) W+T1+P1

| Node | FX lb. | FY lb. | FZ lb. | MX ft.lb. | MY ft.lb. | MZ ft.lb. | Restraint Type/Tag |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 5 | 147 | -2223 | -434 | -65.6 | -173.8 | 604.6 | TYPE=Rigid ANC; |
| 11 | -77 | -625 | 120 | -1565.1 | 97.3 | 70.7 | TYPE=Rigid ANC; |
| 110 | 77 | -1218 | -83 | 337.9 | 441.4 | -4902.5 | TYPE=Rigid ANC; |
| 120 | 0 | -756 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 120 | 0 | 0 | -37 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1011 | 225 | -1599 | -554 | -47.2 | -402.1 | -318.4 | TYPE=Rigid ANC; |
| 1039 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1090 | 0 | 0 | 85 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1090 | 0 | -259 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1100 | -225 | 29 | 468 | 1999.1 | 2025.7 | 355.2 | TYPE=Rigid ANC; |



Al observar la entrada, vemos que el peso de la tubería que causa el FY también dará un momento MZ excesivo: hay muy poco soporte para el peso de la tubería, aparte de

las propias conexiones. Los únicos otros soportes están en

los colectores de entrada y salida.

Necesitamos soportar el peso de la tubería.

Nos centramos primero en el escape.

Apoyamos el peso de la tubería para reducir el componente FY ubicando un soporte en Y debajo del codo en nodo 1039.

Restraint 1

Node: 1039 CNode:

Type: +Y Gap:

Stif: Mu:

Tag:

Restraint 2

Node: CNode:

Type: Gap:

Stif: Mu:

Tag:

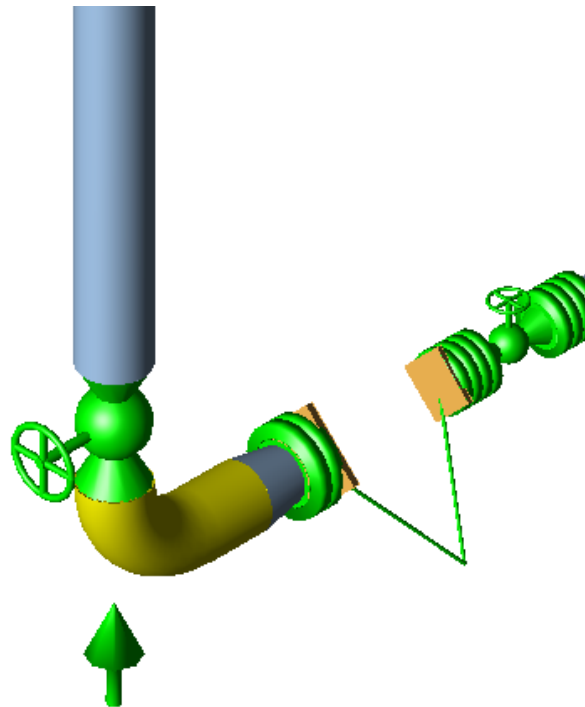
Restraint 3

Node: CNode:

Type: Gap:

Stif: Mu:

Tag:



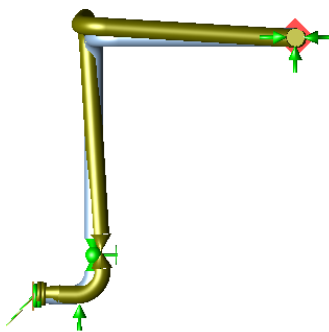
Vuelva a ejecutar el análisis.

Verificamos que los casos (SUS) y (EXP) siguen estando bien. Revisando el resumen de restricción del caso OPE para verificar si la carga en el nodo 1011 se ha reducido.

CASE 1 (OPE) W+T1+P1

| Node | FX lb. | FY lb. | FZ lb. | MX ft.lb. | MY ft.lb. | MZ ft.lb. | Restraint Type/Tag |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 5 | 147 | -2223 | -434 | -65.6 | -173.8 | 604.6 | TYPE=Rigid ANC; |
| 11 | -77 | -625 | 120 | -1565.1 | 97.3 | 70.7 | TYPE=Rigid ANC; |
| 110 | 77 | -1218 | -83 | 337.9 | 441.4 | -4902.5 | TYPE=Rigid ANC; |
| 120 | 0 | -756 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 120 | 0 | 0 | -37 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1011 | 225 | -1599 | -554 | -47.2 | -402.1 | -318.4 | TYPE=Rigid ANC; |
| 1039 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1090 | 0 | 0 | 85 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1090 | 0 | -259 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1100 | -225 | 29 | 468 | 1999.1 | 2025.7 | 355.2 | TYPE=Rigid ANC; |

Las cargas en el nodo 1011 son las mismas. Las cargas en 1039 son 0. Esta restricción no soporta ninguna carga en el caso OPE.



Viendo el gráfico 3D para obtener la forma desviada (es posible que necesite aumentar la escala de deflexión), desde una vista izquierda, observamos que la expansión está provocando que la tubería se levante del soporte en el nodo 1039.

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

| Node | DX in. | DY in. | DZ in. | RX deg. | RY deg. | RZ deg. |
|------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 90 | 0.2328 | -0.0496 | 0.2096 | 0.0395 | -0.0681 | -0.1054 |
| 100 | 0.2694 | -0.0106 | -0.0011 | 0.0025 | 0.0002 | -0.0026 |
| 110 | 0.0000 | -0.0000 | -0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -0.0000 |
| 120 | 0.5388 | -0.0000 | -0.0000 | 0.0025 | -0.0009 | 0.0100 |
| 1010 | -0.0124 | 0.0203 | 0.0368 | 0.0487 | -0.0326 | -0.0139 |
| 1011 | -0.0124 | 0.0203 | 0.0368 | 0.0487 | -0.0326 | -0.0139 |
| 1020 | -0.0147 | 0.0169 | 0.0431 | 0.0486 | -0.0327 | -0.0139 |
| 1030 | -0.0182 | 0.0118 | 0.0527 | 0.0462 | -0.0343 | -0.0152 |
| 1039 | -0.0282 | 0.0082 | 0.0792 | -0.0092 | -0.0495 | -0.0135 |
| 1040 | -0.0296 | 0.0235 | 0.0788 | -0.0682 | -0.0550 | -0.0113 |
| 1050 | -0.0266 | 0.0484 | 0.0602 | -0.0687 | -0.0553 | -0.0113 |
| 1058 | -0.0245 | 0.1865 | -0.0556 | -0.0651 | -0.0896 | 0.0167 |
| 1059 | -0.0355 | 0.1974 | -0.0677 | -0.0267 | -0.0822 | 0.0568 |
| 1060 | -0.0533 | 0.1918 | -0.0806 | -0.0117 | -0.0783 | 0.0896 |
| 1068 | -0.1094 | 0.1350 | -0.1284 | 0.0272 | -0.0737 | 0.0900 |
| 1069 | -0.1263 | 0.1205 | -0.1317 | 0.0377 | -0.0428 | 0.0802 |
| 1070 | -0.1356 | 0.1076 | -0.1200 | 0.0697 | -0.0080 | 0.0814 |
| 1080 | -0.1262 | -0.0092 | 0.0182 | 0.0654 | 0.0124 | 0.0175 |
| 1090 | -0.3784 | -0.0000 | 0.0000 | 0.0654 | -0.0160 | -0.0198 |

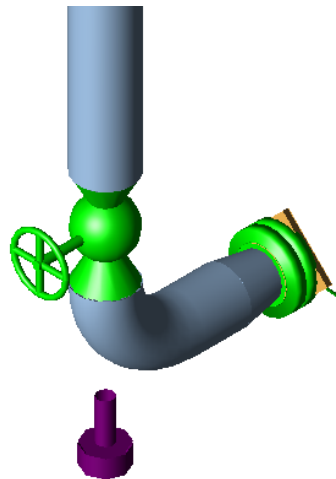
El reporte de desplazamientos confirma esto: el nodo 1039 reporta un desplazamiento (despegue) de 0,0082 plg hacia

arriba.

La carga en el nodo 1011 no ha cambiado, por lo tanto no necesitamos realizar otro análisis NEMA, ya que los resultados serán idénticos.

Volvamos a la entrada.

Node: 1039 Cnode:
 Design Data
 Hanger Table: 16 - Carpenter & Paterson
 Tag:
☐ Extended Range ☐ Cold Load ☐ Hot Load Centered
 Available Space (neg. for can): -500.000
 Allowable Load Variation (%): 25.000
 Rigid Support Displacement Criteria:
 Max. Allowed Travel Limit:
 No. Hangers at Location:
 Allow Short Flange Springs: ☒
 Operating Load (Total at Loc.):
 Hanger Hardware Weight:
 Multiple Load Case Design Option:
 Free Restraint at Node:
 Free Code:
 Predefined Hanger Data
 Spring Rate:
 Theoretical Cold (Installation) Load:
 or
 Constant Effort Support Load:



Cambiamos el diseño reemplazando el soporte del Nodo 1039 +Y por uno de resorte. Seleccionamos un soporte de resorte de Carpenter & Paterson e ingresamos -500 en el campo "Allowable Space" (Espacio disponible).

Vuelva a ejecutar la verificación de errores y abra el "Load Cases Editor" Al usar un soporte de resorte en nuestro modelo, necesitamos agregar los casos de cargas del mismo para determinar su tamaño. Utilizando los casos de carga

Load Cases

W - Weight
 T1 - Thermal Case #1
 P1 - Pressure Case #1
 H - Hanger Loads
 WW - Water Filled Weight
 WNC - Weight No Contents

Drag a column header and drop it here to group by that column

| | Exclude | Definition | Name | Stress Type | Alternate SUS/OCC |
|----|--------------------------|------------|---|-------------|--|
| L1 | <input type="checkbox"/> | W | WEIGHT FOR HANGER LOADS | HGR | |
| L2 | <input type="checkbox"/> | W+T1+P1 | OPERATING FOR HANGER TRAVEL | HGR | |
| L3 | <input type="checkbox"/> | W+T1+P1+H | OPERATING CASE CONDITION 1 | OPE | |
| L4 | <input type="checkbox"/> | W+P1+H | ALTERNATE SUSTAINED STRESS BASED ON OPERATING CONDITION 1 | SUS | <input checked="" type="checkbox"/> L3 |
| L5 | <input type="checkbox"/> | W+P1+H | SUSTAINED CASE CONDITION 1 | SUS | |
| L6 | <input type="checkbox"/> | L3-L5 | EXPANSION CASE CONDITION 1 | EXP | |

recomendados aparecen. Aceptamos y analizamos nuevamente.

Static Output Processor - [C:\ARCHIVO\DETRABAJO\CAESAR\SSSTUTORIAL3\TURBO_CO

File View Filters Reports Options PlotOptions PlotView Show Window

Load Cases Analyzed

- 1 (HGR) CASE NOT ACTIVE
- 2 (HGR) CASE NOT ACTIVE
- 3 (OPE) W+T1+P1+H
- 4 (Alt-SUS) W+P1+H
- 5 (SUS) W+P1+H
- 6 (EXP) L6=L3-L5

Standard Reports

- Displacements
- Restraints
- Restraints Extended
- Local Restraints
- Restraint Summary
- Restraint Summary Extended
- Nozzle Check
- Flange Pq
- Flange NC-3658.3
- Global Element Forces
- Global Element Forces Extended
- Local Element Forces
- Stresses
- Stresses Extended (Legacy)
- Stress Summary (Legacy)
- Code Compliance

Ge
 Ha
 Ha
 Inc
 Mi
 Lo
 W:

Vemos que como antes, los casos SUS y EXP están dentro de lo permitido por el código.

Consultando el reporte de restricción para el caso OPE tendremos:

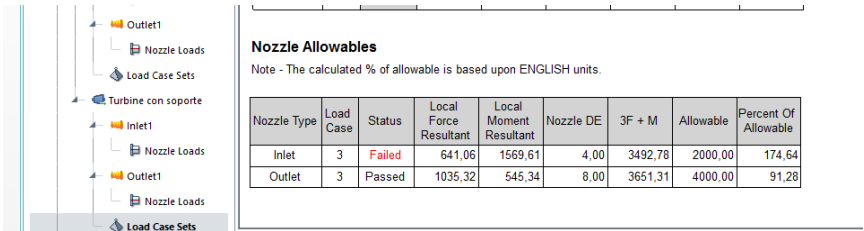
RESTRAINTS REPORT: Loads On Restraints
 CASE 3 (OPE) W+T1+P1+H

| Node | FX lb. | FY lb. | FZ lb. | MX ft.lb. | MY ft.lb. | MZ ft.lb. | Restraint Type/Tag |
|------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| 5 | 141 | -1524 | -343 | -1327.8 | -37.4 | 428.8 | TYPE=Rigid ANC; |
| 11 | -77 | -625 | 120 | -1565.1 | 97.3 | 70.7 | TYPE=Rigid ANC; |
| 110 | 77 | -1218 | -83 | 337.9 | 441.4 | -4902.5 | TYPE=Rigid ANC; |
| 120 | 0 | -756 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 120 | 0 | 0 | -37 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1011 | 218 | -900 | -463 | -425.5 | -300.0 | -161.4 | TYPE=Rigid ANC; |
| 1039 | 0 | -762 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Prog Design VSH; |
| 1090 | 0 | -260 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1090 | 0 | 0 | 83 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1100 | -218 | 93 | 380 | 2343.9 | 1742.6 | 163.2 | TYPE=Rigid ANC; |

El resorte está soportando algo de carga (762 lb) y la carga sobre el sistema de retención en 1011 es mucho más baja. Regresamos al módulo NEMA y volvemos a analizarlo con nuestras nuevas cargas.

Actualizamos las cargas del trabajo actual para importar los nuevos datos modificados.

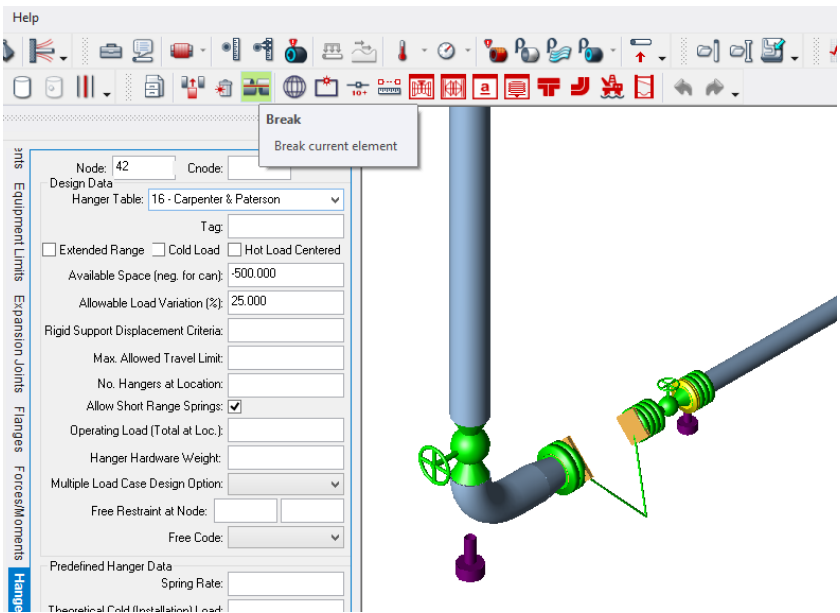
Una vez hecho esto, volvemos a ejecutar el análisis.



Nozzle Allowables
Note - The calculated % of allowable is based upon ENGLISH units.

| Nozzle Type | Load Case | Status | Local Force Resultant | Local Moment Resultant | Nozzle DE | 3F + M | Allowable | Percent Of Allowable |
|-------------|-----------|--------|-----------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|----------------------|
| Inlet | 3 | Failed | 641,06 | 1569,61 | 4,00 | 3492,78 | 2000,00 | 174,64 |
| Outlet | 3 | Passed | 1035,32 | 545,34 | 8,00 | 3651,31 | 4000,00 | 91,28 |

El escape ahora verifica pero la entrada todavía falla porque no se modificó nada.



Trataremos de reducir la carga en la entrada.
Para hacer esto, hacemos un break en el elemento 40-50 con un nuevo nodo número 42. Este nodo debe estar a 300 mm del nodo 40.

Localizamos un soporte de resorte en el nodo 42 seleccionando como antes un Carpenter & Paterson.

Volvemos a ejecutar el análisis y verificamos el “RESTRAIN REPORT” para el caso (OPE).

RESTRAINTS REPORT: Loads On Restraints

CASE 3 (OPE) W+T1+P1+H

| Node | FX lb. | FY lb. | FZ lb. | MX ft.lb. | MY ft.lb. | MZ ft.lb. | Restraint Type/Tag |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 5 | 127 | -340 | -356 | 202.7 | 80.5 | -118.7 | TYPE=Rigid ANC; |
| 11 | -90 | 560 | 107 | -208.4 | 219.2 | 84.6 | TYPE=Rigid ANC; |
| 42 | 0 | -1211 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Prog Design VSH; |
| 110 | 90 | -1194 | -65 | 177.6 | 375.4 | -4792.6 | TYPE=Rigid ANC; |
| 120 | 0 | 0 | -43 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 120 | 0 | -753 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1011 | 218 | -900 | -463 | -425.5 | -300.0 | -161.4 | TYPE=Rigid ANC; |
| 1039 | 0 | -762 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Prog Design VSH; |
| 1090 | 0 | 0 | 83 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid GUI; |
| 1090 | 0 | -260 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TYPE=Rigid +Y; |
| 1100 | -218 | 93 | 380 | 2343.9 | 1742.6 | 163.2 | TYPE=Rigid ANC; |

Vemos que se redujo la carga en el nodo 11.

Regresamos al módulo NEMA agregamos un nuevo caso y guardamos este archivo. Volvemos a importar las cargas para la conexión de entrada y ejecutamos nuevamente el análisis NEMA.

Nozzle Allowables

Note - The calculated % of allowable is based upon ENGLISH units.

| Nozzle Type | Load Case | Status | Local Force Resultant | Local Moment Resultant | Nozzle DE | 3F + M | Allowable | Percent Of Allowable |
|-------------|-----------|--------|-----------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|----------------------|
| Inlet | 3 | Passed | 577,19 | 313,77 | 4,00 | 2045,34 | 2100,00 | 97,40 |
| Outlet | 3 | Passed | 1035,32 | 545,34 | 8,00 | 3651,31 | 4200,00 | 86,94 |

Ahora la entrada también verifica. Toda la turbina pasa. El sistema de tuberías es aceptable según lo permitido por el código y las cargas en la turbina también lo son según NEMA SM23.