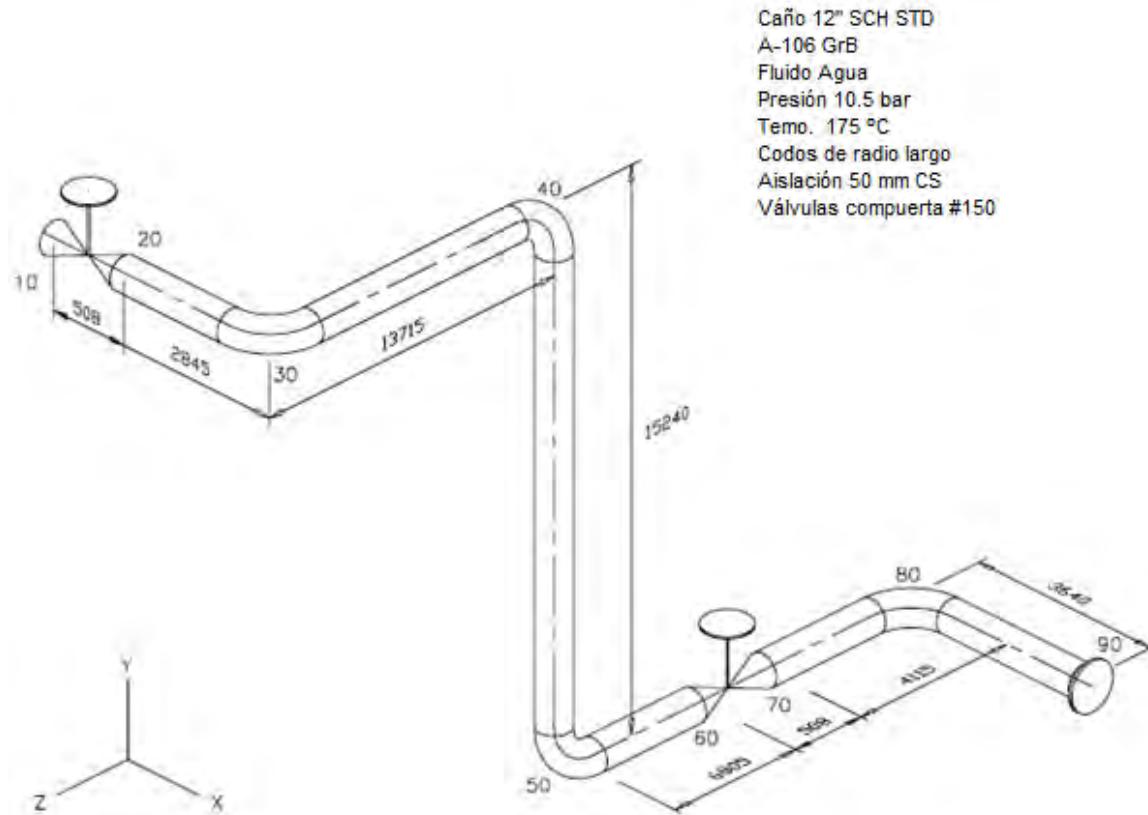


## Ejercicio 2

Con este ejercicio veremos cómo agregar los soportes en un sistema de cañerías en un modelo de CAESAR II. Estudiaremos los informes de carga de Restricción según los casos de operación, detallando el significado de los resultados en estos informes. En un breve ejemplo indicaremos cómo resolver algunos problemas con soportes como el "despegue".



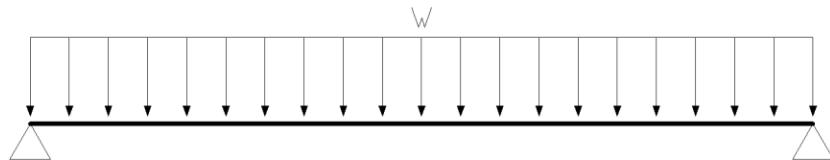
Este modelo, igual a todos los indicados más adelante, está incorporado en los archivos adjuntos (EJERCICIO 2.C2) pero como práctica conviene que lo modele paso a paso según el isométrico que se muestra arriba.

Modele entonces el sistema de cañerías según este isométrico. Ancla en los nodos 10 y 90.

## Ubicación de los soportes

El sistema está anclado en los puntos de terminación (nodos 10 y 90), pero también debemos soportar el peso a lo largo del sistema de cañerías.

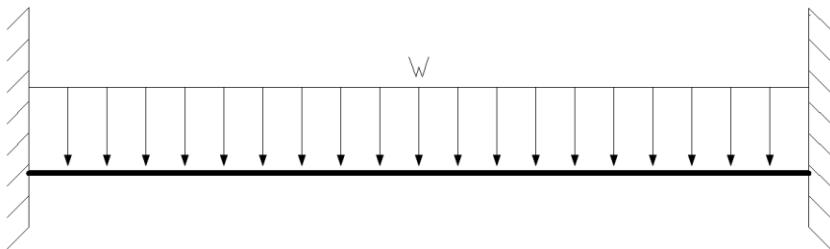
Si ambos soportes están articulados (libres para girar), la teoría simple de vigas establece que el momento máximo está en el centro del tramo,  $l$ .



Este momento es igual:

$$M_{max} = \frac{wl^2}{8}$$

Si ambos extremos están fijos, el momento máximo lo tendremos en los extremos



Este tendrá un valor de:

$$M_{max} = \frac{wl^2}{12}$$

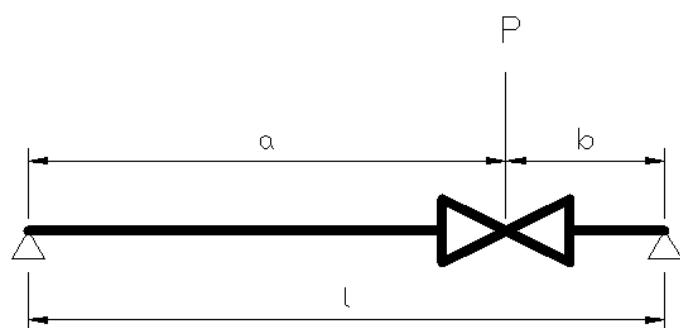
*M<sub>max</sub>* = momento máximo en la viga  
*w* = peso uniforme de la cañería (fluido aislación, etc)  
*l* = longitud de la viga

Como los sistemas de cañerías no son realmente una viga tomaremos como la siguiente aproximación:

$$M_{max} = \frac{wl^2}{10}$$

Y asumiremos que el momento máximo podría estar en algún lugar entre los extremos y el centro (es decir, en cualquier lugar a lo largo del tramo).

Cuando tratamos con tramos continuos de cañería a veces tenemos cargas concentradas en el sistema, tales como válvulas, bridás, etc. Los efectos de estos elementos en las tensiones de la cañería también pueden estimarse. Para tramos apoyados, el momento máximo se encuentra en el punto de carga ( $P$ ).

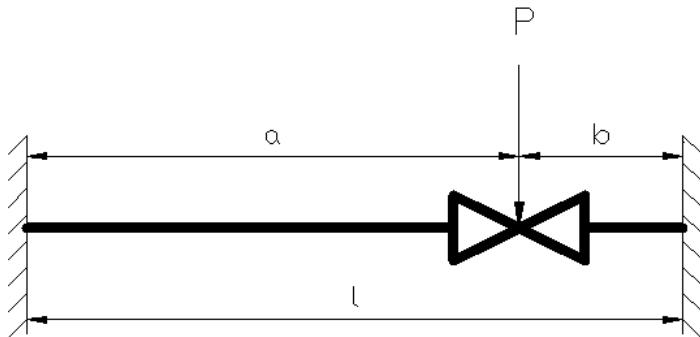


El momento máximo en este caso tendrá un valor de

$$M_{max} = \frac{Pab}{l}$$

Siendo  
a = longitud más larga del tramo  
b = longitud más corta

Para tramos anclados:



El momento máximo lo tenemos en el extremo más cercano de la carga y tendrá un valor de:

$$M_{max} = \frac{Pa^2b}{l^2}$$

En ambos casos, para determinar la tensión total, la tensión adicional ( $M/Z$ ) debida a las cargas concentradas debe sumarse a la tensión de la carga uniforme.

Al examinar las fórmulas anteriores, se puede ver que a medida que la longitud del tramo más corto (b) tiende a cero, el momento y, por lo tanto, las tensiones también tienden a cero.

Por lo tanto, si los apoyos se ubican lo más cerca posible de las cargas concentradas, los efectos de estas cargas se reducen al máximo.

Seguidamente veremos proporciona una regla general simple para definir los soporte para las carga de peso.

Primero, posiciones el soporte lo más cerca posible de las cargas concentradas del sistema, con lo que se reduce al máximo las tensiones debidas a esas cargas.

Teniendo en cuenta que:

$$M_{max} = \frac{wl^2}{10} \quad \text{y además} \quad \sigma = \frac{M}{Z}$$

Conociendo la tensión admisible, podríamos usar esta información para determinar una longitud máxima admisible de cañería, es decir, una distancia entre soportes.

Reordenando las ecuaciones anteriores, podemos obtener

$$l_{all} = \sqrt{\frac{10Z\sigma_{all}}{w}}$$

$l_{all}$  = span de cañería admisible para el peso soportado

$Z$  = módulo de sección del caño

$\sigma_{all}$  = tensión admisible del material para las cargas de peso

Como este cálculo deberá realizarse con frecuencia, para ahorrar tiempo, la “Manufacturer Standardisation Society of the Valve and Fitting Industry” (Sociedad de Normalización de Fabricantes de la Industria de Válvulas y Accesorios) ha calculado los tramos de cañerías admisibles para varias configuraciones. Estos tramos estándar se han publicado y se muestran en la página siguiente.

Estos tramos suponen:

- La cañería es de pared estándar con aislación
- El momento máximo es  $M_{max} = wl^2/10$
- No existen cargas concentradas
- No hay cambios de dirección
- La tensión máxima admisible se toma aprox. 10 MPa
- La deflexión máxima es de aprox. 2,5 mm
- Los SIF no se tienen en cuenta

Como en los sistemas de cañerías rara vez encontramos solo tramos horizontales sin cambios de dirección, debemos tener en cuenta que los cambios de dirección reducen la luz admisible a  $\frac{3}{4}$  de la luz tabulada.

Además, la luz tabulada no se aplica a las cañerías verticales, que no se desarrollan ningún momento (por lo tanto, ninguna tensión), independientemente de la longitud. Sin embargo, es preferible ubicar los soportes por encima del centro de gravedad de la cañería vertical para evitar que flexione.

Estas reglas generales pueden proporcionar un buen punto de partida para la ubicación de los soportes. Por supuesto, los soportes deben ubicarse teniendo en cuenta además las consideraciones prácticas de cada sistema (ubicaciones de estructuras de acero/cañerías de construcción, etc.).

**TABLE 3. MAXIMUM HORIZONTAL PIPE HANGER AND SUPPORT SPACING**

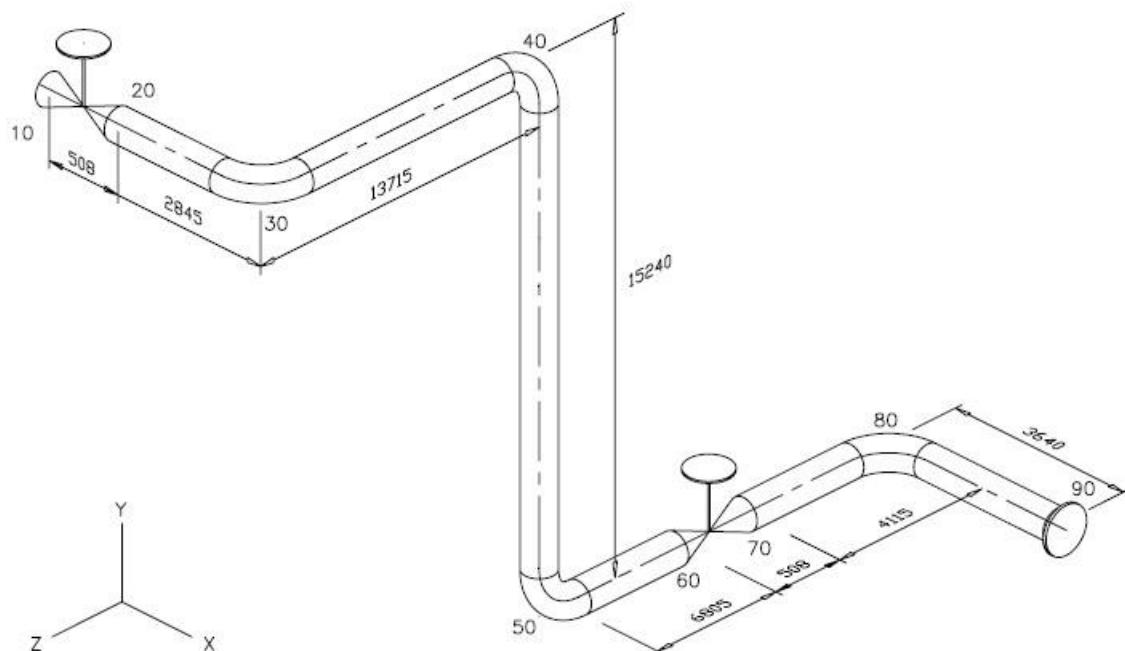
NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE	1		2		3		4		FIRE PRO- TECTION	CAST IRON & DUCTILE IRON PRESSURE	CAST IRON SOIL	ASBESTOS CEMENT	GLASS	PLASTIC	FIBERGLASS REIN- FORCED								
	STD WT STEEL PIPE				COPPER TUBE																		
	WATER SERVICE		VAPOR SERVICE		WATER SERVICE		VAPOR SERVICE																
	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m															
1/4	7	2.1	8	2.4	5	1.5	5	1.5															
3/8	7	2.1	8	2.4	5	1.5	6	1.8															
1/2	7	2.1	8	2.4	5	1.5	6	1.8															
3/4	7	2.1	9	2.7	5	1.5	7	2.1															
1	7	2.1	9	2.7	6	1.8	8	2.4															
1 1/4	7	2.1	9	2.7	7	2.1	9	2.7															
1 1/2	9	2.7	12	3.7	8	2.4	10	3.0															
2	10	3.0	13	4.0	8	2.4	11	3.4															
2 1/2	11	3.4	14	4.3	9	2.7	13	4.0															
3	12	3.7	15	4.6	10	3.0	14	4.3															
3 1/2	13	4.0	16	4.9	11	3.4	15	4.6															
4	14	4.3	17	5.2	12	3.7	16	4.9															
5	16	4.9	19	5.8	13	4.0	18	5.5															
6	17	5.2	21	6.4	14	4.3	20	6.1															
8	19	5.8	24	7.3	16	4.9	23	7.0															
10	22	6.1	26	7.9	18	5.5	25	7.6															
12	23	7.0	30	9.1	19	5.8	28	8.5															
14	25	7.6	32	9.8																			
16	27	8.2	35	10.7																			
18	28	8.5	37	11.3																			
20	30	9.1	39	11.9																			
24	32	9.8	42	12.8																			
30	33	10.1	44	13.4																			

FOLLOW REQUIREMENTS OF THE NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. SEE SECTION 14.

NOTE: (1) FOR SPACING SUPPORTS INCORPORATING TYPE 40 SHIELDS, SEE TABLE 5.  
(2) DOES NOT APPLY WHERE SPAN CALCULATIONS ARE MADE OR WHERE THERE ARE CONCENTRATED LOADS BETWEEN SUPPORTS SUCH AS FLANGES, VALVES, SPECIALTIES, ETC., OR CHANGES IN DIRECTION REQUIRING ADDITIONAL SUPPORTS.

## Agregando los soportes al modelo

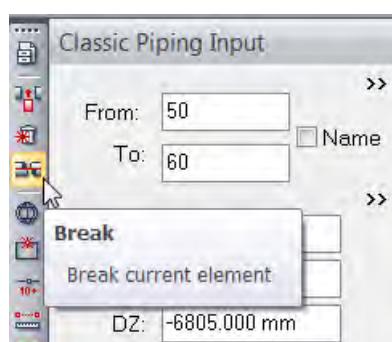
Volviendo a nuestro modelo.



En nodo 10 tenemos un ancla en la que se soporta la válvula.

La válvula en 60-70 requiere ser soportada. Crearemos un nuevo nodo en el elemento 50 a 60, llamado 57, y ubicaremos un soporte +Y en el mismo.

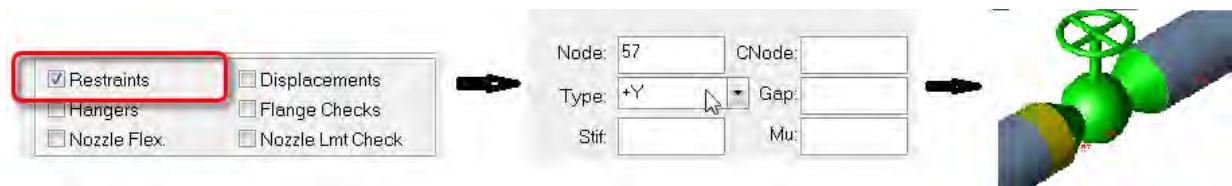
Utilizaremos el comando “Break” para dividir el elemento en dos.



Primero seleccione el elemento 50 a 60.  
Luego haga clic en “Break”.



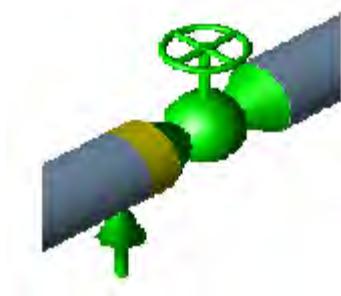
Este soporte lo ubicaremos cerca de la válvula (nodo 60). En la ventana que aparece indicaremos, si no está ya indicado, en “New Node Number” 57; y especifiquemos 150 mm desde el nodo 60.



El elemento se divide e insertamos el nuevo nodo 57 cerca de la válvula. En este nodo se indica un soporte +Y.

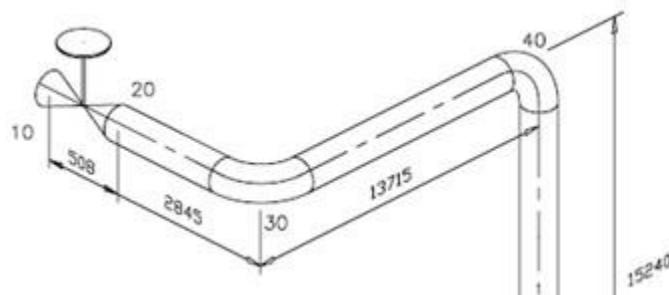
El soporte +Y soportará la cañería desde abajo y permitirá el movimiento en la dirección +Y.

Ahora tenemos la carga concentrada soportada.



Regresando al sistema de cañerías y recorriéndola podemos colocar los soportes que correspondan en la parte superior. De la tabla mencionada obtenemos que el span máximo para caños de 12" que transportan agua es de 7m.

Como vimos antes para tramos no horizontales corregimos el valor a  $0.75 \times 7 = 5.25\text{m}$



La válvula se apoya en el nodo 10. Después del nodo 10, la cañería continúa horizontalmente con una curva. La luz máxima, por tanto, es de 5,25 m. Podemos colocar nuestro apoyo en el codo.

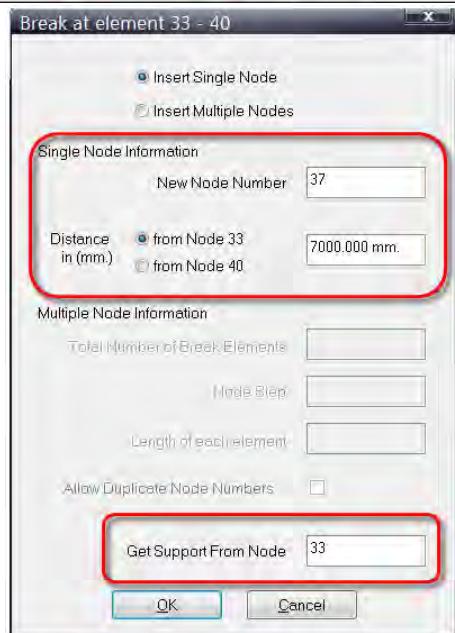
Después del codo la cañería tiene 13715 mm antes del tramo vertical. Este lo podemos dividir en dos (dando tramos de alrededor de 7 m). Recuerde que los span estándar no se aplican a los tramos

verticales pero como lo mencionamos anteriormente lo apoyaremos desde la parte superior, en lugar de intentar equilibrarlo desde la parte inferior. Entonces ubicamos un soporte a la mitad del recorrido de 13715 mm y uno cerca del codo (nodo 30).

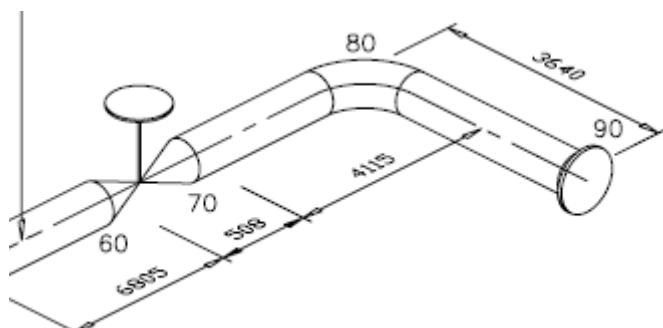


Divida (Break) el elemento 30 al 40 y ubique un nuevo nodo número 33. Ubique este 600 mm desde el nodo 30.

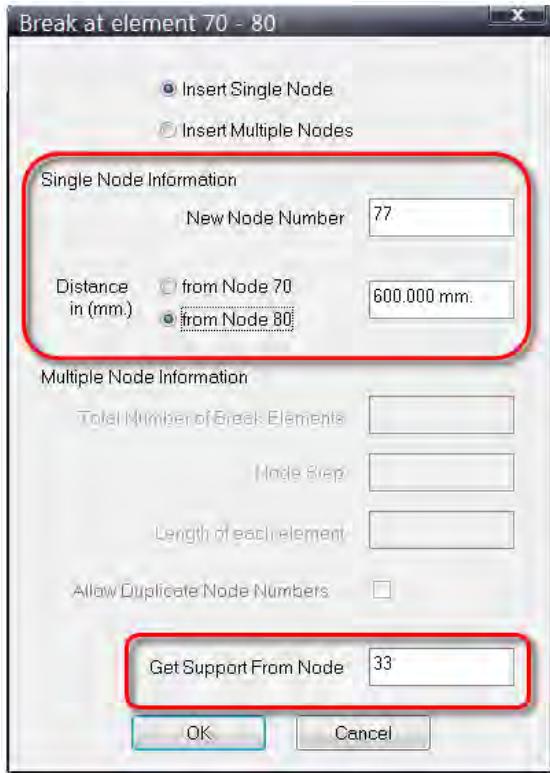
Es posible agregar un soporte en la ubicación del nuevo nodo. Deseamos agregar un soporte +Y en el nodo 33, exactamente igual al del soporte colocado en el nodo 57. Por lo tanto, escribimos 57 en el campo "Get Support From Node" (Obtener soporte del nodo). Esto nos colocará el mismo soporte del nodo 57 en nuestro nuevo nodo 33.



Repita el procedimiento para el elemento 33-40. Divídalo 7000 mm desde el nodo 33. Llame al nuevo nodo 37. Coloque el mismo soporte +Y del 33 (o 57) en este punto también.

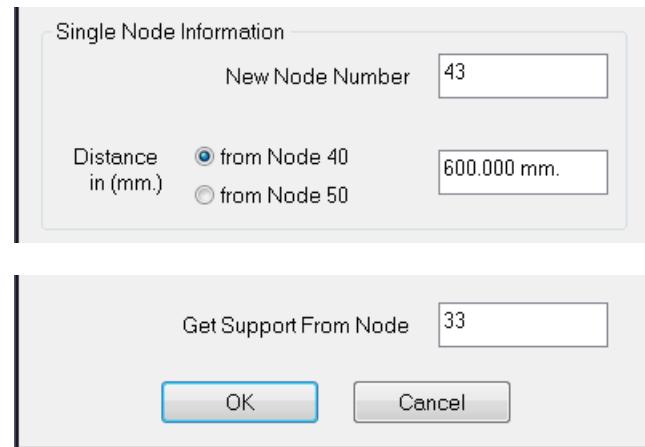


Continuando con la cañería después del tramo vertical ya hay una restricción al lado de la válvula, por lo que hemos cumplido con el span mínimo hasta la válvula. Después de la válvula volvemos a tener un tubo horizontal con un codo. Por lo tanto, nuestra luz máxima es de 5,25 m. La longitud de la cañería es de 4115 mm y luego de 3640 mm después del codo. Finalmente tenemos un ancla, por lo que solo necesitamos un soporte más entre la válvula y el ancla



Ubique este soporte en los elementos 70 a 80, cerca de la curva en el nodo 80. Ubique este a 600 mm desde la curva.

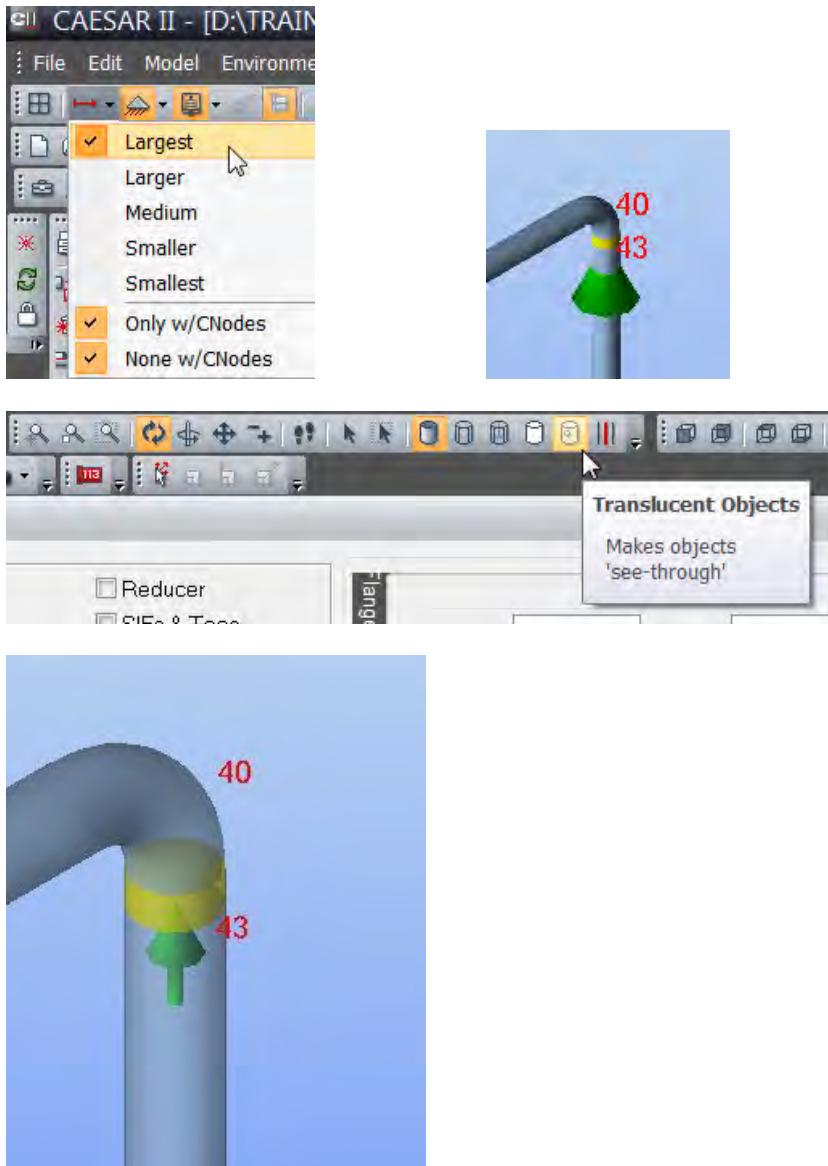
Divida el elemento 70 al 80 y cree un nuevo nodo 77, a 600 mm del nodo 80 y con un soporte +Y igual que antes.



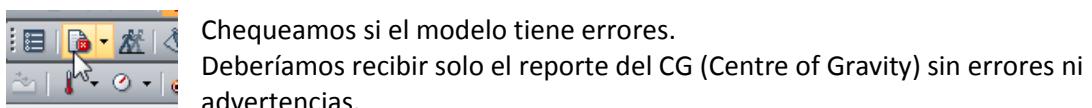
Finalmente, debemos soportar la parte ascendente de la cañería. La longitud del recorrido horizontal en la parte superior e inferior del vertical son menores de 7000 mm. No hay flexión en la subida, por lo que, en teoría, podemos colocar una única restricción cerca de la parte superior de la subida.

Dividimos el elemento 40-50 y ubicamos una restricción +Y a 600 mm del punto tangente de la curva. Tenga en cuenta que, aunque este soporte soportaría los esfuerzos de flexión de los tramos horizontales, puede tener una carga muy grande ya que también soportará el caño vertical.

El soporte ubicado en el caño vertical puede ser difícil de ver, ya que probablemente esté oculto por la cañería. Para ver el soporte, se puede aumentar el tamaño del símbolo de restricción o se puede configurar la cañería en modo translúcido.



Cada tramo del sistema ahora cumple con los requisitos de span máximo. Podemos estar seguros de que el caso de tensión sostenida por lo tanto es aceptable y debería ser del orden de aproximadamente 10 MPa.



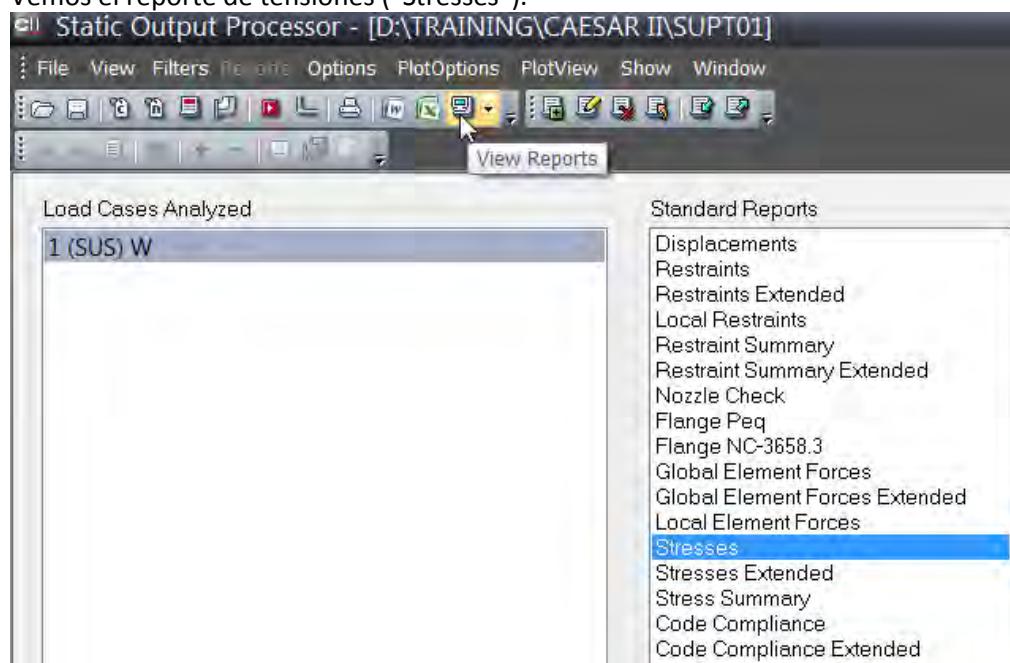
## Análisis

Accedemos a los casos de carga estática y creamos un solo caso de carga con solo el peso. Queremos verificar que las ubicaciones de los soportes que acabamos de colocar estén por debajo de los límites aceptables



Guardamos el modelo (EJERCICIO 2\_01.C2). Corremos el análisis.

Vemos el reporte de tensiones ("Stresses").



CAESAR II 2011 SP1 Ver.5.30.01, (Build 110228) Date: JUN 13, 2011 Time: 15:45  
 Job: D:\TRAINING\CAESAR II\SUPT01  
 Licensed To: Seat -- ID #51  
 STRESSES REPORT: Stresses on Elements  
 CASE 1 (SUS) W

NODE	Bending Stress N./sq.mm.	Torsion Stress N./sq.mm.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress N./sq.mm.	Allowable Stress N./sq.mm.	Ratio %	Piping Code
Bending Stress:	10.7	@Node	37					
Torsion Stress:	0.7	@Node	29					
Hoop Stress:	0.0	@Node	20					
3D Max Intensity:	10.7	@Node	37					
37	10.67	0.04	1.000	1.000	10.67	137.89	7.74	B31.3
37	10.67	-0.04	1.000	1.000	10.67	137.89	7.74	B31.3
57	9.89	0.06	1.000	1.000	9.89	137.89	7.17	B31.3
57	9.89	-0.06	1.000	1.000	9.89	137.89	7.17	B31.3
60	8.31	0.06	1.000	1.000	8.31	137.89	6.03	B31.3

El nivel de tensión más alto es de 10,67 MPa, que está al límite admisible del tramo estándar (este límite admisible es de 1500 psi ~10,3 MPa). El sistema está soportado desde una perspectiva puramente de tensión inducida por el peso.

Ahora con el reporte de tensiones podemos ver las cargas de peso en las restricciones.

### 1. Restraint Summary report.

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints  
 CASE 1 (SUS) W

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
LOAD CASE DEFINITION KEY							
CASE 1 (SUS) W							
10	Rigid ANC 1(SUS)	2	-6442	-28	-927	66	-2583
33	Rigid +Y 1(SUS)	0	-7337	0	0	0	0
37	Rigid +Y 1(SUS)	0	-12054	0	0	0	0
43	Rigid +Y 1(SUS)	0	-30705	0	0	0	0
57	Rigid +Y 1(SUS)	0	-13746	0	0	0	0
77	Rigid +Y 1(SUS)	0	-4792	0	0	0	0
90	Rigid ANC 1(SUS)	-2	-3548	28	-257	82	2753

Parece todo correcto, todas las restricciones están tomando una carga que actúa hacia abajo (-FY), aunque la restricción en el nodo 43 es bastante grande en comparación con las demás; 30.000N frente a menos de la mitad del resto de soportes.

Sin embargo, estas cargas se deben únicamente al peso.

Ejecutemos ahora los casos requeridos por el código de cañerías B31.3.

Regrese a los casos de carga estática y seleccione los casos recomendados.

Loads Defined in Input										
Drag a column header and drop it here to group by that column										
	Exclude	Definition	Name	Stress Type	Alternate SUS/OCC	Load Cycles	Output Status	Output Ty		
W - Weight	<input type="checkbox"/>	W+T1+P1	OPERATING CASE CONDITION	OPE			Keep	Disp/Forc		
T1 - Thermal Case #1	<input type="checkbox"/>						Keep	Stress		
P1 - Pressure Case #1	<input type="checkbox"/>	W+P1	ALTERNATE SUSTAINED STRESS	SUS	<input checked="" type="checkbox"/> L1		Keep	Disp/Forc		
WW - Water Filled Weight	<input type="checkbox"/>		SUSTAINED CASE CONDITION	SUS			Keep	Disp/Forc		
WNC - Weight No Contents	<input type="checkbox"/>	L1-L3	EXPANSION CASE CONDITION	EXP			Keep	Disp/Forc		

Guardamos el modelo (EJERCICIO 2\_01.C2). Ejecutamos el análisis y vea las tensiones sostenidas.

Estas habrán aumentado ligeramente debido al hecho de que ahora estamos incluyendo el término de presión; sin embargo, las tensiones aún se encuentran dentro de los permisibles determinados por el código.

De manera similar, las tensiones del caso de expansión también son muy bajas y se encuentran dentro de lo permitido: el sistema es flexible.

Ahora podemos verificar las cargas de restricción en el caso operativo.

Recuerde que el caso de operación no es requerido por el código, pero representa las cargas reales que nos sirven para diseñar los puntos de las restricciones.

Veamos el resumen de restricciones del caso operativo.

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints  
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
LOAD CASE DEFINITION KEY							
CASE 1 (OPE) W+T1+P1							
10	Rigid ANC						
1 (OPE)		-60	-5769	1890	-1093	-5646	-1195
33	Rigid +Y						
1 (OPE)		0	-8646	0	0	0	0
37	Rigid +Y						
1 (OPE)		0	-9071	0	0	0	0
43	Rigid +Y						
1 (OPE)		0	-25305	0	0	0	0
57	Rigid +Y						
1 (OPE)		0	-29236	0	0	0	0
77	Rigid +Y						
1 (OPE)		0	0	0	0	0	0
90	Rigid ANC						
1 (OPE)		60	-596	-1890	-1569	-6060	-8071

Las cargas son diferentes a las anteriores ya que hemos incluido los efectos de la expansión térmica.

La carga en el nodo 77 es 0 (en el FY). Esto muestra que esta restricción no está tomando ninguna carga. ¿Qué está pasando aquí?

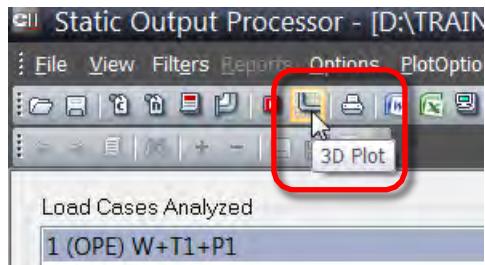
Veamos el informe de desplazamientos para ver lo que está sucediendo en este punto.

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

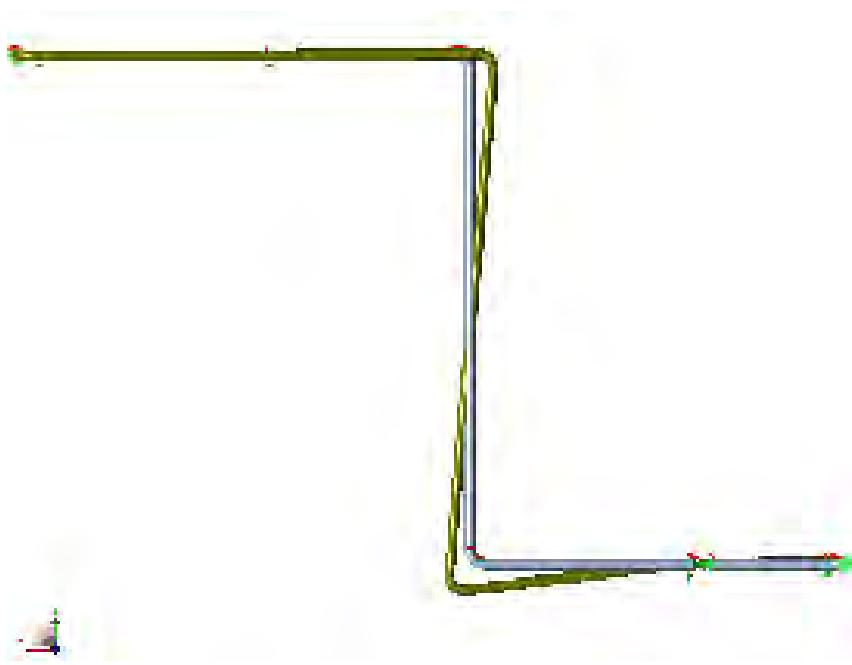
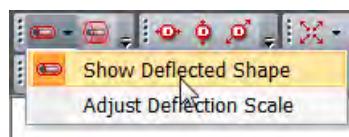
NODE	DX mm.	DY mm.	DZ mm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
50	-8.503	-26.211	19.297	0.2236	-0.0042	-0.0632
57	-7.822	-0.000	7.796	0.1184	-0.0094	-0.0633
60	-7.797	0.285	7.518	0.1044	-0.0096	-0.0634
70	-7.712	1.200	6.575	0.1024	-0.0096	-0.0634
77	-6.955	2.307	0.052	-0.0221	-0.0154	-0.0635

En el nodo 77, la cañería se mueve hacia arriba 2,3 mm. También observemos que en el nodo 50 (la parte inferior del caño vertical) la cañería se está desplazando hacia abajo 26 mm.

Viendo un ploteo en 3D podemos confirmar esto:



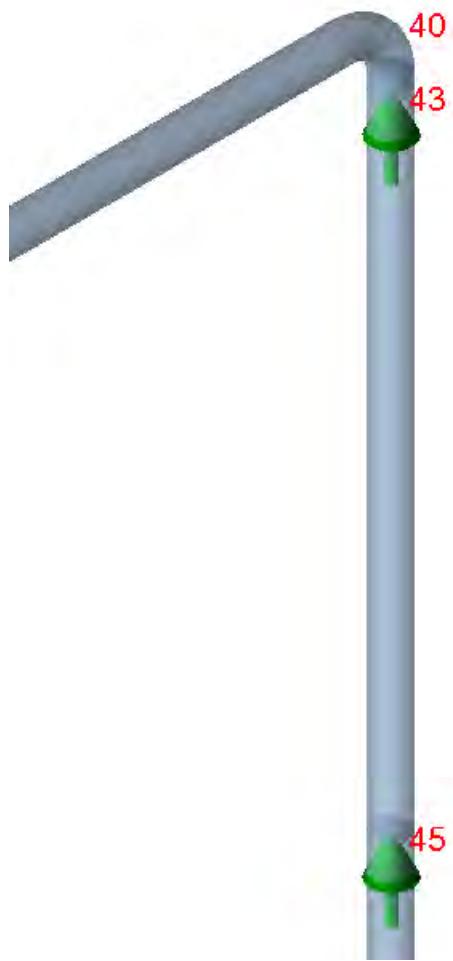
Veamos la forma con deflexión (es posible que desee aumentar la escala para tener una forma aumentada de la deflexión)



El gráfico 3D muestra que la expansión térmica está causando que caño vertical se expanda hacia abajo en la parte inferior (nodo 50). Esto, a su vez, hace que la cañería gire en el nodo 57, generando una gran carga operativa en este nodo. Al girar la cañería en el 57 hace que se levante en el nodo 77, por lo que vemos una carga 0.

La restricción en 43 (parte superior de caño vertical) es el punto de referencia de donde proviene toda la expansión térmica. Por eso no hay expansión en la parte superior y mucha expansión en la parte inferior. Necesitamos rectificar esta situación.

## Rectificando el modelo



Como vemos el caño de subida sufre una expansión térmica (según se ve en el nodo 43) y se mueve hacia abajo, causando un problema de despegue. Para corregir esto, podemos intentar mover el punto de referencia de la expansión, de modo que la expansión se distribuya más uniformemente.

Inserte una restricción adicional en el caño de subida. Llame a este nodo número 45 y ubique esta restricción 6000 mm debajo del nodo 43. Inserte otro soporte + Y en esta ubicación. Esto debería

tener dos efectos:

1. Proporcionar una mejor distribución de las cargas del peso del caño de subida
2. Disminuir la expansión térmica hacia abajo en el nodo 50.

Vuelva a ejecutar el análisis, se puede usar el comando de ejecución por lotes, ya que solo hemos realizado un pequeño cambio al agregar un soporte.



Revise las tensiones en los casos SUS y EXP. Estas tensiones aún deberían ser aceptables.

Revise el informe de restricción para los casos sostenidos y operativos para ver cómo la nueva restricción ha afectado los resultados.

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints  
CASE 2 (SUS) W+P1

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
10	Rigid ANC						
2 (SUS)		2	-6442	-30	-927	73	-2583
33	Rigid +Y						
2 (SUS)		0	-7336	0	0	0	0
37	Rigid +Y						
2 (SUS)		0	-12055	0	0	0	0
43	Rigid +Y						
2 (SUS)		0	-8816	0	0	0	0
45	Rigid +Y						
2 (SUS)		0	-21905	0	0	0	0
57	Rigid +Y						
2 (SUS)		0	-13706	0	0	0	0
77	Rigid +Y						
2 (SUS)		0	-4816	0	0	0	0
90	Rigid ANC						
2 (SUS)		-2	-3546	30	-252	90	2748

El caso sostenido muestra que tenemos una mejor distribución del peso de la cañería en el tubo ascendente, ya que la nueva restricción está soportando algo de carga. La carga en el nodo 43 en la parte superior del elevador ahora se distribuye entre 43 y 45 (43 ha disminuido de 30 kN a 9 kN).

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints  
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
10	Rigid ANC						
10	1 (OPE)	-79	-5301	1917	-2400	-5472	501
33	Rigid +Y						
33	1 (OPE)	0	-10938	0	0	0	0
37	Rigid +Y						
37	1 (OPE)	0	-4794	0	0	0	0
43	Rigid +Y						
43	1 (OPE)	0	0	0	0	0	0
45	Rigid +Y						
45	1 (OPE)	0	-29880	0	0	0	0
57	Rigid +Y						
57	1 (OPE)	0	-24813	0	0	0	0
77	Rigid +Y						
77	1 (OPE)	0	0	0	0	0	0
90	Rigid ANC						
90	1 (OPE)	79	-2897	-1917	-1291	-5940	-111

Sin embargo, el caso de operación todavía muestra carga cero en el nodo 77, y ahora también carga cero en el nodo 43.

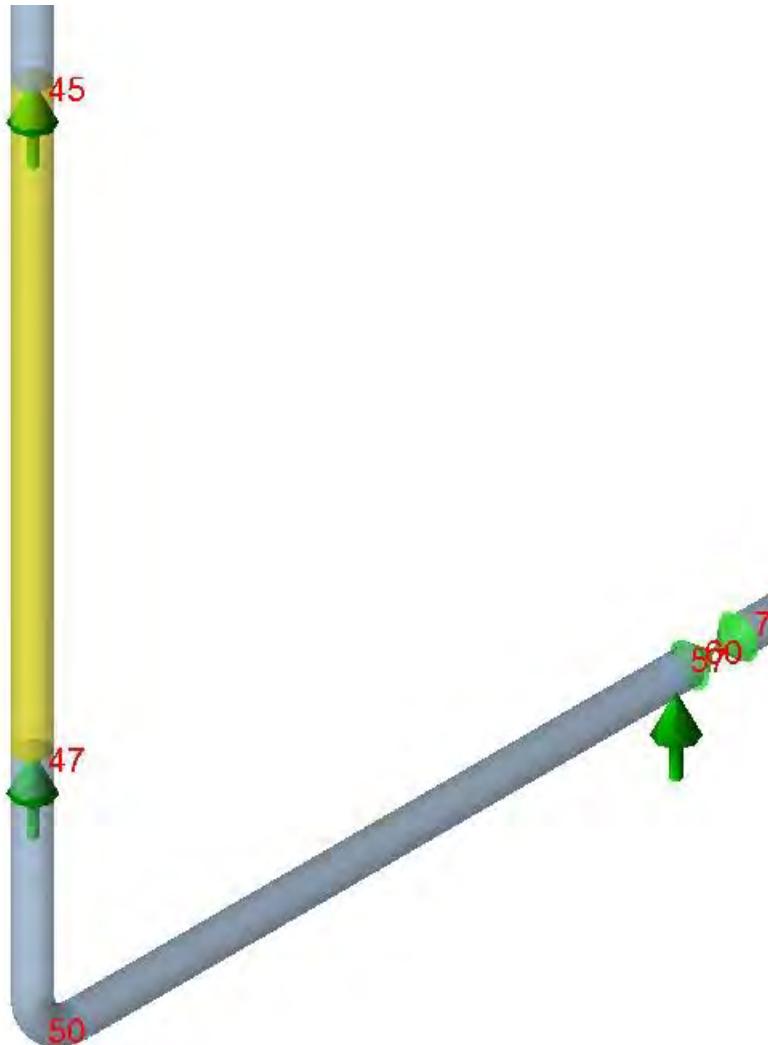
La comprobación de los desplazamientos también lo confirma; todavía hay un desplazamiento positivo en los nodos 77 y ahora en el 43. El nodo 50 todavía se está moviendo hacia abajo, aunque ahora solo 15 mm.

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

NODE	DX mm.	DY mm.	DZ mm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
40	4.620	11.362	-24.859	-0.0949	0.0120	-0.0395
43	4.521	11.097	-24.616	-0.0997	0.0119	-0.0398
45	-0.099	-0.000	-6.613	-0.2157	0.0094	-0.0473
50	-7.328	-15.792	19.348	0.1130	0.0030	-0.0422
57	-7.382	-0.000	7.847	0.0699	-0.0032	-0.0343
60	-7.373	0.164	7.569	0.0597	-0.0035	-0.0341
70	-7.342	0.686	6.626	0.0583	-0.0035	-0.0341
77	-6.916	0.803	0.103	-0.0224	-0.0108	-0.0296

Intentaremos distribuir aún más la expansión térmica de caño vertical agregando una tercera restricción, ubicada cerca de la parte inferior.

Divida el elemento 45-50 y cree el nodo 47. Ubique este nodo 47 a 6000 mm debajo del nodo 45 y coloque un apoyo +Y en este punto.



Vuelva a ejecutar el análisis y verifique que los niveles de estrés no se hayan visto afectados negativamente.

Como antes, vea las cargas SUS y OPE en las restricciones para ver cómo la nueva restricción ha afectado el análisis.

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints  
CASE 2 (SUS) W+P1

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
10	Rigid ANC 2 (SUS)	2	-6442	-31	-927	77	-2584
33	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-7336	0	0	0	0
37	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-12056	0	0	0	0
43	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-8815	0	0	0	0
45	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-9263	0	0	0	0
47	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-12653	0	0	0	0
57	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-13683	0	0	0	0
77	Rigid +Y 2 (SUS)	0	-4830	0	0	0	0

El informe sostenido muestra que hemos mejorado aún más la distribución del peso entre las restricciones.

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints  
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
10	Rigid ANC 1 (OPE)	-90	-4802	1929	-3681	-5372	2242
33	Rigid +Y 1 (OPE)	0	-13253	0	0	0	0
37	Rigid +Y 1 (OPE)	0	-544	0	0	0	0
43	Rigid +Y 1 (OPE)	0	0	0	0	0	0
45	Rigid +Y 1 (OPE)	0	0	0	0	0	0
47	Rigid +Y 1 (OPE)	0	-34679	0	0	0	0
57	Rigid +Y 1 (OPE)	0	-19557	0	0	0	0
77	Rigid +Y 1 (OPE)	0	-1767	0	0	0	0

El caso operativo ahora muestra una carga negativa sobre la restricción en el nodo 77. No hay más levantamiento en el nodo 77. Sin embargo, las cargas operativas en los nodos 43 y 45 ahora son cero. Toda la expansión térmica que iba hacia abajo con solo una restricción en la parte superior del caño vertical ahora ha sido forzada hacia arriba, lo que hace que la cañería se levante en la parte superior del caño vertical (43 y 45).

El informe de desplazamientos lo confirma

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

NODE	DX mm.	DY mm.	DZ mm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
40	3.629	22.414	-25.561	-0.0310	0.0168	-0.0352
43	3.541	22.150	-25.476	-0.0371	0.0167	-0.0355
45	-0.560	11.060	-11.186	-0.2071	0.0143	-0.0415
47	-4.881	-0.000	12.097	-0.2089	0.0118	-0.0397
50	-6.688	-5.410	19.377	-0.0006	0.0069	-0.0310
57	-7.142	-0.000	7.876	0.0290	0.0001	-0.0188
60	-7.142	0.064	7.598	0.0231	-0.0002	-0.0185
70	-7.140	0.264	6.654	0.0223	-0.0002	-0.0185
77	-6.895	-0.000	0.132	-0.0142	-0.0082	-0.0115

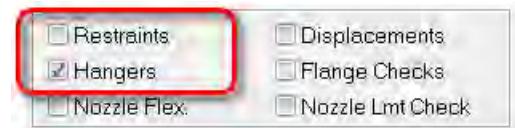
El caño vertical se eleva 22 mm en la parte superior. La visualización del ploteo 3D confirma esta situación:

Ahora estamos soportando el peso del sistema adecuadamente para el caso de carga SUS, pero tenemos un problema con la expansión térmica. Si reemplazamos las restricciones rígidas + Y a lo largo del caño vertical con soportes de resorte variable (VSH), estos deberían permitir la expansión térmica y al mismo tiempo soportar el peso requerido para la condición de carga SUS.

### Colocación de soportes de resorte

Vuelva a la entrada en el elemento 40-43. Retire la restricción en del nodo 43 haciendo doble clic en la casilla de verificación de restricción.

En su lugar coloque un soporte de resorte. Haga doble clic en la casilla de verificación “Hangers”.



Seleccione de la Tabla el soporte Carpenter & Paterson. Este es un soporte de un fabricante del Reino Unido cuya base de datos de soportes colgantes de resorte disponibles está incorporado CAESAR II. El programa calculará automáticamente la carga y el movimiento requeridos en el nodo y luego revisará la base de datos para seleccionar un resorte apropiado para la carga y los movimientos calculados.

Observe que también hay 2 soportes colgantes en este lugar. Los gráficos no cambiarán en CAESAR II, pero se ubicarán 2 soportes colgantes en esta ubicación, y el resorte seleccionado se basará en esta carga compartida.

Node: 43 Cnode: [ ]

Design Data

Hanger Table: 16 - Carpenter & Patel [ ]

Extended Range  Cold Load  Hot Load Centered

Available Space (neg. for can): [ ]

Allowable Load Variation (%): 25.000

Rigid Support Displacement Criteria:

Max Allowed Travel Limit: [ ]

No. Hangers at Location: 2 [ ]

Allow Short Range Springs

Operating Load (Total at Loc.): [ ]

Hanger Hardware Weight: [ ]

Multiple Load Case Design Option: [ ]

Free Restraint at Node: [ ]

Free Restraint at Node: [ ]

Free Code: [ ]

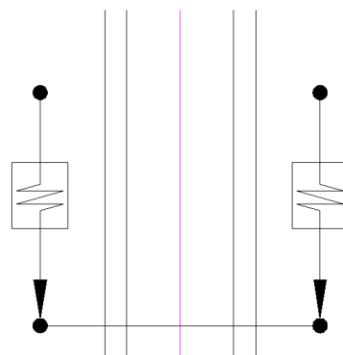
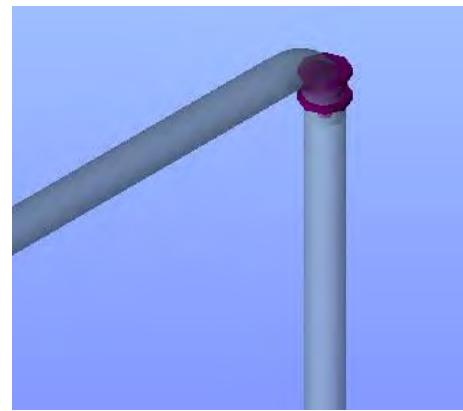
Predefined Hanger Data:

Spring Rate: [ ]

Theoretical Cold (Installation) Load: [ ]

or

Constant Effort Support Load: [ ]



Al comprobar errores tendremos dos notas adicionales en la ventana de verificación de errores.



```

Number of HANGERS in this job      =      1
Number of HANGERS to design       =      1
Number of Pre-Designed HANGERS   =      0

The LOAD CASES below should be defined at analysis
level to properly perform the HANGER DESIGN:

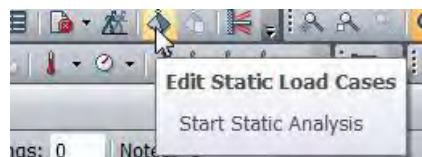
COMBINATION LOAD CASE 1    WEIGHT LOADS
COMBINATION LOAD CASE 2    SPR. DESIGN OPERATING CASE #1
COMBINATION LOAD CASE 3... Any cases with the designed
hangers installed.

```

La primer nota simplemente muestra el número de soportes colgantes en el modelo, y cuántos de estos serán diseñados por CAESAR II al ejecutarse el modelo.

La segunda nota nos indica que se requieren nuevas combinaciones de casos de carga para el diseño del soporte. Se requiere un caso de carga con intervención del peso, de modo que CAESAR II sepa cuánto peso deben soportar los soportes. En segundo lugar, se requiere un caso operativo de diseño con soportes. Este caso determina la expansión térmica en cada ubicación de restricción para determinar también el movimiento en las ubicaciones de suspensión de resorte. Se utilizan los valores de peso del caso de carga de peso anterior. Estos dos casos juntos son utilizados por el algoritmo de selección de resortes de CAESAR II para seleccionar el resorte apropiado del catálogo incorporado.

Acceda al editor de casos de carga para crear estos nuevos casos de carga.



Haga clic en el botón Recommend en el editor de casos de carga. CAESAR II sabe que hay soportes colgantes presentes que requieren diseño, por lo que recomendará los casos de carga correctos para el diseño de colgadores: casos 1 y 2.

Cas...	Load Case	Description
1	W(HGR)	WEIGHT FOR HANGER LOADS
2	W+T1+P1(HGR)	OPERATING FOR HANGER TRAVEL
3	W+T1+P1+H(OPE)	OPERATING CASE CONDITION 1
4	W+P1+H(SUS)	SUSTAINED CASE CONDITION 1
5	L3-L4(EXP)	EXPANSION CASE CONDITION 1

Aceptar estos casos. Tenga en cuenta que el tipo de estrés para estos casos es el tipo HGR. Los resultados para estos casos de soporte se suprimen de forma predeterminada (estos son casos de análisis previo y las resultados en realidad sólo se usan para la selección de los soportes).

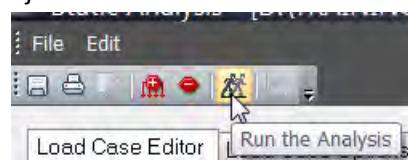
#### Caso 1 W (HGR)

Este caso realiza un análisis de peso solo con todas las ubicaciones de apoyo como restricciones rígidas. Esto le indica al algoritmo de selección de soportes cuánto peso debe soportarse en cada ubicación (generalmente en la condición de funcionamiento)

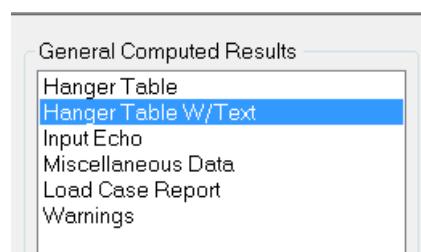
### Caso 2 W+T1+P1 (HGR)

Este caso utiliza los valores de peso de soporte derivados del caso 1 como fuerzas ascendentes para un análisis de expansión. Es decir, los valores de W se anulan entre sí (carga de soporte versus peso real), y el sistema se somete entonces a la temperatura T1 para establecer el movimiento térmico en cada restricción. Dado el peso a soportar y el movimiento térmico en el mismo lugar, el resorte y sus valores de rigidez asociados pueden seleccionarse e incorporarse a los casos de carga subsiguientes.

Ejecutamos el análisis



CAESAR II selección y dimensiona un soporte de resorte durante el análisis. Consulte la Tabla de soportes con texto (“Hanger Table W/Text”) para ver las propiedades del soporte seleccionado.



CAESAR II HANGER REPORT							(TABLE DATA FROM DESIGN RUNS)			
NODE	NO.	FIG.	VERTICAL SIZE	THEORETICAL		ACTUAL				
				REQD	NO.	HOT MOVEMENT	INSTALLED LOAD	INSTALLED LOAD	SPRING RATE	HORIZONTAL MOVEMENT
43	2	DV70	11	22.234	6723.	8046.	0.	0.	25.725	
		CARPNT&PATRSON					LOAD	VARIATION =	20%	
		** VARIABLE SUPPORT SPRING DESIGNED .....						MID RANGE		
		MINIMUM ALLOWED SINGLE SPRING LOAD .....				(N.)		5292.986		
		MAXIMUM ALLOWED SINGLE SPRING LOAD .....				(N.)		9460.985		
		RECOMMENDED INSTALLATION CLEARANCE .....				(mm.)		305.054		

Como vemos, CAESAR II ha determinado que el soporte deberá soportar una carga operativa (es decir en OPE) de 6723N. Hay dos resortes en esta ubicación, por lo que este 6723N es la carga total compartida entre dos soportes (es decir, la carga total es 6723N x 2).

CAESAR tomó estas propiedades y examinó la base de datos incorporada de Carpenter & Paterson y seleccionó un resorte DV70 Tamaño 11.

Verifique las tensiones sostenidas y de expansión: aún deben ser aceptables (13% y 19%). Ahora verifique las cargas de restricción en OPE.

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

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
CASE 3 (OPE) W+T1+P1+H							
10	Rigid ANC 3 (OPE)	-90	-4797	1932	-3690	-5381	2256
33	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-13272	0	0	0	0
37	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-510	0	0	0	0
43	Prog Design VSH 3 (OPE)	0	-13447	0	0	0	0
45	Rigid +Y 3 (OPE)	0	0	0	0	0	0
47	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-21251	0	0	0	0
57	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-19559	0	0	0	0

El soporte en el nodo 43 está soportando una carga de 13447N (6723N x 2), sin embargo, todavía no se toma ninguna carga en el nodo 45.

Regresamos a la entrada y reemplace el soporte rígido +Y en el nodo 45 con un soporte suspendido de resorte. Como antes, selecciónelo del catálogo de Carpenter & Paterson y coloque 2 soportes en esta ubicación.

Ejecutamos nuevamente el análisis.

Como antes, las tensiones SUS y EXP son aceptables.

El resumen de Restricciones del caso OPE ahora muestra que todas las restricciones están cargadas. El nuevo soporte colgante de resorte está soportando parte de la carga de caño vertical, que ahora se distribuye uniformemente.

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

NODE	Load Case	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
33	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-13272	0	0	0	0
37	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-510	0	0	0	0
43	Prog Design 3 (OPE)	0	-8815	0	0	0	0
45	Prog Design 3 (OPE)	0	-9263	0	0	0	0
47	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-16620	0	0	0	0
57	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-19559	0	0	0	0
77	Rigid +Y 3 (OPE)	0	-1766	0	0	0	0
90	Rigid ANC 3 (OPE)	90	-4022	-1932	-720	-5877	3759

CAESAR II volvió a ejecutar los dos casos de soportes y usó los resultados de estos para seleccionar los soportes apropiados para colocarlos en las dos ubicaciones especificadas. Estos se pueden ver en la Tabla de Soportes Colgantes con texto (“Hanger Table with text”).

## CAESAR II HANGER REPORT

(TABLE DATA FROM DESIGN RUNS)