



Proyecto:

**“MARQUESINA PARA BOLERA EN AMPUERO (CANTABRIA)”**

Fecha:

**20/11/2018**

# **ESTRUCTURA DE MADERA LAMINADA**

Fábrica y Dpto. Técnico:  
Carretera a Elechas, s/n  
39792 Gajano (CANTABRIA)  
[www.yofra.com](http://www.yofra.com)

Tfno: 942 502380  
942 502273  
Fax: 942 503064  
email: [calculo@yofra.com](mailto:calculo@yofra.com)

## **VIGAS DE MADERA LAMINADA**

### **0. GENERALIDADES**

Las vigas de madera laminada están formadas por láminas de espesor calibrado constante y de longitudes diversas, ensambladas mediante entalladuras múltiples en las testas y encoladas, obteniendo elementos macizos posibilitando de esta manera múltiples configuraciones de grandes dimensiones.

La disposición de las láminas se realiza de forma que todas sus fibras queden paralelas y según se predispongan se puede obtener, después del fraguado de la cola, estructuras formadas por elementos rectos, curvos o de sección variable según se ha proyectado.

Este sistema de fabricación permite, debido a un saneamiento previo de la madera, obtener elementos con características mecánicas superiores a las que tendría la madera maciza de las mismas dimensiones.

Otras características que hacen de las estructuras de madera laminada encolada un material importante para la construcción son los siguientes:

- Su ligereza.
- Su homogeneidad
- Su estabilidad
- Su excelente resistencia al fuego
- Su reducido tiempo de montaje
- Su perfecto comportamiento en ambientes agresivos y corrosivos
- La supresión del presupuesto de mantenimiento
- Su cualidad antimagnética y de aislamiento eléctrico
- Su confort acústico
- La resistencia a la transmisión térmica
- La facilidad de adaptación a cualquier elemento de cobertura
- Su fiabilidad en el tiempo
- Su utilización para grandes luces
- La posibilidad de supresión de juntas de dilatación en el plano de la cubierta

### **1. NORMATIVA DE FABRICACION Y CALCULO.**

Tanto la fabricación y tratamiento de los componentes, como para el proyecto y cálculo de las estructuras de madera laminada encolada, se basan en la normativa y documentación técnica siguiente:

#### **NORMATIVA DE CALCULO.**

- Documento Básico SE-M. Seguridad Estructural Madera
- Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación

### **NORMATIVA DE FABRICACION.**

- UNE EN 14080 “Estructuras de Madera. Madera Laminada Encolada y Madera Maciza Encolada. Requisitos”.
- UNE EN 386 “Madera laminada encolada. Requisitos de fabricación. Especificaciones y requisitos mínimos de fabricación”.
- UNE EN 385 “Madera empalmada con uniones dentadas para uso estructural. Especificaciones y requisitos mínimos de fabricación”.
- UNE EN 387 “Madera laminada encolada. Requisitos de fabricación para unión de piezas con macrodentados”.

### **NORMATIVA DE ENSAYOS.**

- UNE EN 391 “ Madera laminada encolada. Ensayo de delaminación de las líneas de cola”.
- UNE EN 392 “ Madera laminada encolada. Ensayo de cortante de líneas de cola”.

### **NORMATIVA DE APOYO.**

- UNE EN 390 “Madera laminada encolada. Tamaños. Tolerancias”.
- UNE EN 1194 “Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de las clases características “.

### **NORMATIVA DE CLASIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA.**

- UNE 56.544 “Clasificación visual de la madera aserrada para uso en estructuras”.
- UNE EN 388 “Madera estructural. Clases resistentes”.

### **NORMATIVA DE PROTECCION DE MADERA.**

- UNE 56.400 “Protección de la madera. Terminología”.
- UNE 56.414 “Protección de madera. Clasificación de los protectores biocidas atendiendo a su utilización”.
- UNE 56.415 “Protección de madera. Clasificación de los protectores biocidas atendiendo a su utilización. Criterios de evaluación de eficacia”.
- UNE 56.416 “ Protección de madera. Métodos de tratamiento”.
- UNE 56.417 “Protección de madera. Protección de la madera en la construcción. Protección contra agentes bióticos”.
- UNE EN 335-1 “Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Descripción de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 1. Generalidades”.
- UNE EN 335-2 “ Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 1. Madera maciza”.

## **2. DETERMINACION DEL MATERIAL.**

La madera utilizada para la fabricación de madera laminada encolada es Abeto Blanco Escandinavo o Pino Silvestre, acorde con el Documento Básico SE-M. Seguridad Estructural Madera.

Las piezas se encolan con Resina de melamina – Urea formaldehído, con certificado de análisis. Utilizada en estructuras susceptibles de exposición accidental o prolongada a ambientes húmedos, e incluso a la intemperie.

El proceso de fabricación se realiza en una sala climatizada y con la humedad ambiente controlada. Se realizará un regruesado y cepillado para el acabado de las vigas, obteniendo una superficie final totalmente plana y lisa.

## **3. TRATAMIENTO DE LA MADERA.**

Se les realizará, en fábrica, una imprimación con un producto ceroso, repelente al agua (encaminado a la protección hidrófuga de las piezas de madera laminada durante el proceso, especialmente crítico, de montaje), protector curativo contra hongos, carcoma, termitas y demás xilófagos (protector fungicida e insecticida), y protección contra la radiación UV (tanto en el producto incoloro como en los productos coloreados, obteniéndose un mejor resultado con estos últimos).

En casos excepcionales (madera muy expuesta), se realizarán tratamientos más profundos de protección como puedan ser Vacsolizados o Tanalizados.

## **4. CONTROL DE CALIDAD.**

La fabricación de la madera laminada encolada, será acorde con la norma UNE EN 386, en referencia a controles de calidad tanto externos como internos.

Los empalmes por unión dentada en madera estructural, serán acordes con la norma UNE EN 385, en referencia a controles de calidad tanto internos como externos.

## **5. RESISTENCIA AL FUEGO:**

Al ser muy mal conductor del calor, además de proporcionar un magnífico aislamiento térmico, consigue una buena resistencia al fuego, paradójicamente mejor que la del hierro o del hormigón.

Efectivamente, al iniciarse un incendio la superficie de madera en contacto con las llamas se carboniza, con lo que aun se hace peor conductor del calor. La propagación de la combustión se hace no más rápida de 0,7 mm/minuto, pero con la ventaja de que la deshidratación

consecuente de la madera aun no quemada le confiere una mayor resistencia, dado que ésta aumenta al disminuir el grado de humedad de la madera.

Basta un sobredimensionado de 1 cm en la cara expuesta al fuego para conseguir una resistencia de 15 minutos, 2 cm para 30 minutos, etc. (Por supuesto la madera también puede protegerse artificialmente con pinturas intumescentes como es preceptivo hacerlo con las estructuras de hierro). Y después del incendio la madera que haya permanecido mantiene intactas sus cualidades resistentes.

## **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FABRICACION**

### **6. - ALMACENAMIENTO DE LAS TABLAS DE MADERA**

El almacenamiento de la madera proveniente de aserradero antes de introducirse en el proceso de fabricación se lleva a cabo en naves cerradas, con ambiente controlado, realizándose un secado artificial en la propia fabrica en hornos secaderos de aire caliente con control automático de temperatura y de humedad.

#### **6.1. - CONDICIONES DE SECADO DE LA MADERA..**

La temperatura máxima de secado está establecida en 90°.

La temperatura final del secadero esta comprendida entre 9° y 10° C, para que al almacenar las tablas en la planta, se alcance la humedad de equilibrio requerida en la madera.

Una vez secadas las tablas, el almacenamiento de las mismas impide cambios apreciables en sus condiciones de temperatura y humedad.

#### **6.2. - CONDICIONES AMBIENTALES DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN.**

Las condiciones ambientales recomendadas en la Norma EN 386 puntos 6.1.2.2 y 6.1.2.3 son las siguientes:

Temperatura mínima de la zona de producción: 15 °C

Humedad relativa del aire durante la producción: 40 % - 75 %

### **7. CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Del control del contenido de humedad de las láminas, depende radicalmente la resistencia de las uniones encoladas y la consiguiente cohesión de las líneas de adhesivo, impidiendo su delaminación. La medición de la humedad de la madera se realiza mediante un Xilohigrómetro electrónico, calibrado como se indica en el punto 6.1 de la Norma EN 390.

El contenido de humedad depende de si la madera ha sido tratada o no con productos protectores, según el punto 6.2.2 de la Norma EN 386. Así pues:

- Madera no tratada: El contenido de humedad de cada lámina deberá estar comprendido entre el 8% y el 15%, de manera que la variación de humedad entre láminas adyacentes no supere el 4%.
- Madera tratada: El contenido de humedad de cada lámina deberá estar comprendido entre el 11% y el 18%, de manera que la variación de humedad entre láminas adyacentes no supere el 4%.

## **8. - UNIONES DE EXTREMO: (FINGER - JOINTS).**

Estas uniones se realizan para conseguir elementos cuya longitud sea superior al largo que es posible obtener de la madera proveniente de aserradero.

Las más desarrolladas son las uniones encoladas dentadas (Finger-Joints), cuyas especificaciones técnicas y requisitos de producción se encuentran recogidos en la Norma UNE – EN 385.

### **8.1. - PRIMER REGRUESO**

Es necesario realizar un primer regrueso o cepillado de las tablas (con pérdidas estimadas de 2 mm de espesor), antes de acometer el saneado de defectos de las mismas.

### **8.2. - SANEADO DE LAS TABLAS.**

Las uniones dentadas encoladas (adhesivo de urea formaldeído) deben realizarse mediante entalladuras libres de defectos, para lo cual es necesario realizar el saneamiento de las tablas, identificando, corrigiendo y eliminando aquellas tablas que no cumplen con las especificaciones recogidas en los puntos 5.2.2 y 5.2.3 de la Norma UNE-EN 385.

Las especificaciones de la norma son básicamente las siguientes:

- Los nudos con diámetro inferior a 8 mm son despreciables.
- No se admiten nudos, fendas o desviación de la fibra en la misma entalladura.
- En la longitud del diente y dentro de los 75 mm a partir de la base de los dientes, las gemas y daños en el canto solo se considerarán aceptables si no afectan a más de dos aristas de la sección del empalme.
- El área de las gemas no puede superar el 1% del área de la sección transversal.

### 8.3. - CONDICIONES TÉCNICAS DE LAS UNIONES DENTADAS EN EL FINGER..

Las tablas a ensamblar deben estar perfectamente escuadradas y regruesadas, para conseguir que los empalmes estén bien alineados. Además tienen que estar saneadas y libres de defectos.

Al introducir las tablas al finger se tendrá en cuenta que las uniones entre tablas se realizarán con las vetas de crecimiento en la misma posición (radial o lineal) en todos los empalmes de cada lámina.

La **temperatura** de la madera en la unión durante el ensamblaje no deberá ser inferior a 15 °C.

El método de aplicación del adhesivo debe asegurar que todas las superficies de los dientes queden cubiertas por el mismo, para lo cual tienen que seguirse las recomendaciones técnicas prescritas por el fabricante.

La **humedad** de la madera a la hora de aplicar el adhesivo tiene que estar comprendida entre el 8% y el 18%, aunque algunos adhesivos extienden el límite superior hasta un 23%.

La presión ejercida durante el ensamblaje necesaria para obtener resultados óptimos, oscila para las coníferas entre 2 y 5 N/mm<sup>2</sup>.

Las características de los dientes del finger son:

- Tablas de menos de 25mm de espesor: 7/8 mm de ancho de diente en fondo y 10/15 mm de longitud.
- Tablas de más de 25 mm de espesor: 12 mm de ancho de diente en fondo y 18/20 mm de longitud.

## 9- ENCOLADO Y PENSADO DE LAS LÁMINAS.

Una vez cepilladas las láminas y dentro del límite de las 24 horas posteriores, se encuentran en condiciones óptimas para su encolado y prensado, verificando que sus superficies estén limpias y libres de residuos. En nuestro caso la cola empleada es Resina de malamina-urea-formaldehído, Cascomin 1242 Endurecedor 2542.

El proceso de encolado se realizará de acuerdo con las especificaciones recogidas en el punto 6.4.2 de la norma UNE-EN 386.

### 9.1 APLICACIÓN Y ESPARCIDO DEL ADHESIVO.

El esparcido del adhesivo se lleva a cabo en el momento de la puesta en prensa de las láminas, de manera uniforme y con una dosificación acorde con las recomendaciones del fabricante del adhesivo. Para la producción de vigas laminadas, se aplican entre 250 y 450 g/m<sup>2</sup>.

### 9.2 TIEMPO DE ENSAMBLAJE.

El tiempo de ensamblaje es el tiempo que pasa desde la aplicación de la cola hasta que se inicia el prensado. El tiempo de ensamblaje puede constar de tiempo de ensamblaje abierto y de cerrado. El tiempo de ensamblaje queda influenciado por la cantidad de cola, la temperatura y la humedad de la madera. El prensado debe iniciarse cuando la cola todavía esté pegajosa.

Tiempo de ensamblaje cerrado:

Cantidad de cola, una cara con 20 ppm de endurecedor	250 g/m <sup>2</sup>	450 g/m <sup>2</sup>
Temperatura	20 °C	20 °C
Tiempo máximo (minutos)	80	110
Tiempo mínimo	5	10

Cantidad de cola, una cara con 25 ppm de endurecedor	250 g/m <sup>2</sup>	450 g/m <sup>2</sup>
Temperatura	20 °C	20 °C
Tiempo máximo (minutos)	70	100
Tiempo mínimo	5	10

El tiempo de ensamblaje abierto es la mitad del tiempo cerrado.

### 9.3 TIEMPO DE ENCOLADO.

El tiempo de encolado depende de la temperatura ambiente, de las especificaciones y características técnicas del adhesivo adjuntadas por el fabricante y de si el elemento estructural al que está destinado será empleado en ambientes exteriores o interiores.

El tiempo de prensado mínimo es de 8 horas para vigas rectas y con un contenido de humedad del 12% aproximadamente. Cuando se encolen vigas curvadas o se utilice madera de mayor humedad los tiempos de prensado deberán incrementarse.

### 9.4 ORIENTACIÓN DE LAS LÁMINAS EN LA ESCUADRA TRANSVERSAL.

Según la el punto 6.4.2.3 de la norma UNE-EN 386 las láminas de madera para el conformado de vigas en la prensa, tienen que tener la médula orientada del mismo lado, excepto las vigas laminadas destinadas a una clase de servicio 3, que deben tener la médula de las láminas exteriores de cada borde orientada hacia el exterior.



### 9.5 CONDICIONES TÉCNICAS DEL PRENSADO.

El sistema de prensado debe asegurar una presión uniforme sobre toda la línea de adhesivo, garantizando el perfecto contacto entre las superficies encoladas.

Mínimo 0.7 Mpa para maderas blandas.

Mínimo 1 Mpa para maderas duras.

Para láminas menores de 33 mm la presión mínima es de 0.7 N/mm<sup>2</sup>

Para espesores de láminas comprendidos entre 33 y 45 mm la presión estática será de 0.9 N/mm<sup>2</sup>

### 10. - FRAGUADO Y ACONDICIONADO DE LAS VIGAS.

El fraguado y acondicionado de las vigas laminadas se realiza siguiendo las especificaciones técnicas prescritas a tal efecto por el fabricante de adhesivos. La resistencia máxima se obtiene después de cierto tiempo, dependiendo del tiempo y la temperatura de prensado.

- Durante el fraguado la humedad relativa del aire no será inferior al 30%.
- El tiempo transcurrido entre el prensado inicial y el momento de alcanzar la temperatura de fraguado no será superior a 8 horas.
- Los tiempos de reposo de las vigas laminadas encoladas son los siguientes.
- Con temperatura controlada de más de 24° y humedad menor del 50 %, el reposo será de 6 horas.
- Con temperatura comprendida entre lo 18 y 24 °C y humedad máxima del 60% el reposo será de 12 horas.
- Los elementos de madera laminada encolada no se someterán a cargas o se expondrán a temperaturas inferiores a 15 °C hasta haber cumplido el tiempo de reposo y el adhesivo haya fraguado completamente.

## 11.- BASES DE CALCULO

### 11.1-INTRODUCCION

El planteamiento de cálculo utilizado está basado en el Documento Básico SE-M. Seguridad Estructural Madera.

Esta norma adopta un método de cálculo en estados límites últimos y utiliza coeficientes parciales de seguridad (afectando a la resistencia y a las acciones). Los métodos de cálculo de las tensiones admisibles, tradicionales en la madera, son sustituidos por los de coeficientes parciales que ya son habituales en otros materiales como el hormigón o el acero.

### 11.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MADERA.

Los valores característicos de las propiedades mecánicas de la madera se obtienen mediante ensayos realizados en unas condiciones normalizadas de contenido de humedad y duración del ensayo para cada calidad definida en la norma de clasificación. Por este motivo se aplican correcciones a las resistencias cuando estos factores no coinciden con los de referencia.

### 11.3.- CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA. CLASES DE SERVICIO

La humedad de la madera influye significativamente en las propiedades mecánicas y debe tenerse en cuenta en el cálculo, pues al aumentar el contenido de humedad, disminuyen las propiedades mecánicas.

Los ensayos mecánicos que se realizan para determinar las propiedades mecánicas de la madera se efectúan en unas condiciones ambientales determinadas ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $65 \pm 5\%$  de humedad relativa). En la mayoría de las coníferas estas condiciones ambientales implican un contenido de humedad del 12%. Cuando el contenido de humedad de la madera en servicio sea diferente, deberá efectuarse una corrección de sus características mecánicas.

Para ello, las estructuras quedan asignadas a una de las clases de servicio definidas a continuación. El sistema de las clases de servicio está principalmente dirigido a la asignación de los valores resistentes y al cálculo de las deformaciones (instantáneas y diferidas) bajo unas condiciones ambientales determinadas. La definición de estas clases es la siguiente:

**Clase de servicio 1:** Se caracteriza por un contenido en humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire que sólo exceda del 65% unas pocas semanas al año.

**Clase de servicio 2:** Se caracteriza por un contenido en humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire que sólo exceda del 85% unas pocas semanas al año.

**Clase de servicio 3:** Condiciones climáticas que conduzcan a contenidos de humedad superiores a la clase de servicio 2.

En la clase de servicio 1 el contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 12%. Las estructuras bajo cubierta y cerradas, generalmente pertenecen a esta clase de servicio.

En la clase de servicio 2 el contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 20%. Las estructuras bajo cubierta pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, como es el caso de cobertizos y viseras, suelen considerarse como pertenecientes a esta clase de servicio. Las piscinas cubiertas, debido a su ambiente húmedo, encajan también en esta clase de servicio.

En la clase de servicio 3 se encuentran las estructuras expuestas a la intemperie, en contacto con el agua o con el suelo. Como ejemplos se encuentran las pasarelas, embarcaderos, pérgolas, etc.

#### 11.4.- DURACION DE LA CARGA. CLASES DE DURACION.

Cuanta mayor es la duración de la carga menor es la resistencia de la madera. Para los cálculos de resistencia y deformación, las acciones se asignan a una de las clases de duración de la carga definida en la tabla adjunta.

<u>Clase de duración</u>	<u>Periodo de duración</u>	<u>Ejemplos de carga</u>
Permanente	mas de 10 años	peso propio, tabiquería
Larga duración	6 meses-10 años	apeos, andamios
Media duración	1 semana- 6 meses	Sobrecargas de uso
Corta duración	menos de una semana	nieve, viento...
Instantánea		Sismos

#### 11.5.- CALIDAD DE LA MADERA.

Su consideración en el cálculo se reduce a conocer o especificar la calidad de la madera de acuerdo con una norma de clasificación con criterio resistente.

#### 11.6.- PROPIEDADES DEL MATERIAL.

Los valores característicos de resistencia se definen como los valores correspondientes al 5º percentil de la población, obtenidos de los resultados de ensayos con una duración de 300s. Utilizando probetas con una humedad de equilibrio higroscópico correspondiente a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del aire del 65%.

La determinación de los valores característicos se realiza de acuerdo con la norma UNE EN 384 Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad.”

#### 11.7.- CLASES RESISTENTES DE MADERA LAMINADA.

La clase resistente de la madera laminada está estrechamente ligada a la calidad de la madera aserrada utilizada para su fabricación. De este modo la madera laminada puede ser homogénea (sí todas las láminas son de la misma clase resistente de madera aserrada) o combinada (sí las láminas extremas son de una clase resistente superior a las intermedias).

La madera laminada encolada utilizada será de ABETO BLANCO ó PINO SILVESTRE homogénea, con un contenido en humedad inferior al 15 %. Las longitudes necesarias se conseguirán mediante empalmes en testa de las láminas con unión dentada según Norma CB71.

La cola a usar será Resina de melamina-urea-formaldehido, Cascomin 1242 Endurecedor 2542.

En estas condiciones conseguiremos una madera laminada encolada de la clase resistente GL24h con las siguientes propiedades:

#### VALORES MECANICOS GL24H.

Resistencia a flexión	.....	24 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a tracción par. a la fibra	.....	16,5 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a tracción perp. a la fibra	.....	0,4 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión par. a la fibra	.....	24 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión perp. a la fibra	.....	2,7 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a cortante	.....	2,7 N/mm <sup>2</sup>
Modulo de elasticidad paralelo a la fibra	.....	11.600 N/mm <sup>2</sup>
Modulo de elasticidad ortogonal a la fibra	.....	390 N/mm <sup>2</sup>
Modulo de cortante	.....	720 N/mm <sup>2</sup>
Densidad	.....	380 kg/m <sup>3</sup>

Estos valores han sido obtenidos para un tamaño o canto de pieza de 600mm, por lo que debido a la influencia del tamaño de la pieza en su resistencia habrá de aplicarse en cada caso un factor de corrección  $K_h$  que vendrá determinado por la siguiente fórmula:

para  $h < 600\text{mm}$   $K_h = (600/h)^{0.2}$ , siendo  $h$  el canto de la viga.

para  $h > 600\text{mm}$   $K_h = 1$

### 11.8.- VALORES DE CALCULO.

El valor de cálculo de una propiedad se obtiene por la siguiente expresión:

$$X_d = K_{mod} ( X_k / \gamma_m )$$

$X_k$ ; valor característico de la propiedad. Generalmente corresponde al 5º percentil de la distribución estadística de los resultados de los ensayos.

$\gamma_m$ ; Coeficiente parcial de seguridad para el material con los siguientes valores.

Estados límites Ultimos

- combinaciones fundamentales: 1.25
- combinaciones accidentales: 1.0

Estados límites de servicio: 1.0

$K_{mod}$ ; factor de modificación que tiene en cuenta el efecto de la duración de la carga y el contenido de humedad. Viene definido en la tabla siguiente:

Clase de Servicio	Clase de Duración de la carga *				
	Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
<b>1</b>	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
<b>2</b>	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
<b>3</b>	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

\* Si una combinación de acciones incluye acciones pertenecientes a diferentes clases de duración, el factor  $K_{mod}$  debe elegirse como el correspondiente a la acción de más corta duración.

### 11.9.- ACCIONES

#### 11.9.1.- Valores característicos:

Los valores característicos de las acciones se definen en la normativa nacional de acciones, en el caso de España en la norma Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación.

Para las cargas permanentes los valores característicos corresponden a los valores medios del peso. En las acciones variables el valor característico se determina con un criterio probabilístico.

## 11.9.2.- Valores de cálculo:

El valor de cálculo de una acción se define por la siguiente expresión:

$$F_d = \gamma_F F_k$$

Siendo:

$\gamma_F$ ; coeficiente parcial de seguridad para las acciones. Tiene en cuenta la posibilidad de una desviación desfavorable del valor de las acciones, la posibilidad de falta de precisión en el modelo de las acciones y las incertidumbres en la evaluación del efecto de las acciones. Sus valores son los siguientes:

Acciones permanentes:	1.35
Acciones variables:	1.50

$F_k$ ; valor característico de la acción. En las cargas de carácter permanente es el valor medio. En las cargas variables se adopta un criterio probabilístico o un valor especificado. Estos valores se definen en la norma Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación.

En función de la probabilidad de acontecer todas las cargas simultáneamente, se ha definido una serie de coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ ), según la tabla siguiente:

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

En situaciones de carga persistentes o transitorias, todas las cargas permanentes adoptarán su valor de cálculo, mientras que las variables, se repartirán en una acción principal en su valor de cálculo y unas acciones concomitantes en sus valores de cálculo de combinación.

$$S_d = \sum 1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_1 + \sum 1,50 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_i$$

## 12. RESISTENCIA AL FUEGO.

### 12.1.- INTRODUCCIÓN

En un incendio puede distinguirse una primera fase de desarrollo inicial y otra de continuidad (en pleno desarrollo). En la fase inicial influyen en alto grado factores como la combustibilidad del material, la facilidad de ignición y el avance de la llama en la superficie de los materiales.

En la fase de pleno desarrollo todos los materiales combustibles están aportando una carga al incendio. En este proceso lo deseable es que los elementos constructivos que delimitan la zona de incendio sean capaces de resistir las cargas y que impidan el paso de llamas o calor a las áreas adyacentes, el mayor tiempo posible para evitar la propagación.

El comportamiento de los materiales se puede analizar de acuerdo estas dos fases. Con relación a la primera fase interesa el comportamiento como material (**reacción al fuego**); y con relación a la segunda su comportamiento como elemento constructivo (**resistencia al fuego**).

La reacción al fuego es un índice de la capacidad del material para favorecer el desarrollo del incendio. La clasificación de los materiales en reacción al fuego se define en la norma UNE 23.727, que distingue 5 clases:

- M0 No combustible.
- M1 Combustible pero no inflamable. Su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior.
- M2 Combustible y difícilmente inflamable.
- M3 Combustible y medianamente inflamable.
- M4 Combustible y fácilmente inflamable.

La madera y los tableros como término general se clasifican como M3. Con el **tratamiento de ignifugación** pueden alcanzarse clasificaciones de M2 y M1.

La reacción al fuego de la madera depende del espesor y de la especie. En espesores muy pequeños su reacción al fuego es más desfavorable. El factor más importante que permite diferenciar el comportamiento de las distintas especies es la densidad. Una densidad menor presenta una reacción al fuego más desfavorable.

La resistencia al fuego de un elemento constructivo se mide como el tiempo durante el que es capaz de seguir cumpliendo su función (resistente, estanqueidad o aislamiento) en una situación de incendio.

La norma UNE 23.093 define el método de ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras y elementos de la construcción. Las exigencias de comportamiento al fuego son las siguientes:

- a) Estabilidad o capacidad portante.
- b) Ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta.
- c) Estanqueidad al paso de las llamas o gases calientes.
- d) Resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las establecidas en la norma UNE 23.093.

Los elementos constructivos se clasifican en función de las exigencias que cumplan, en las categorías siguientes:

- EF (estabilidad al fuego), deben cumplir la condición a.
- PF (parallamas), deben cumplir las condiciones a, b y c.
- RF (resistencia al fuego), deben cumplir las cuatro condiciones.

Las exigencias se establecen conforme a la siguiente escala de tiempos: 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos.

### 12.2.-COMPORTAMIENTO DE LA MADERA AL FUEGO.

La madera no arde rápidamente y son realmente pocos los casos en los que en un incendio haya sido el primer material en arder.

Sin la presencia de llama, la madera necesita una temperatura en la superficie superior a 400 °C para comenzar a arder en un plazo de tiempo medio o corto. Incluso con la presencia de llama se necesitaría una temperatura en superficie de unos 300 °C, durante un cierto tiempo antes de que se produzca la ignición.

Cuando la madera se encuentra expuesta a un incendio en fase de pleno desarrollo, presenta un comportamiento con características muy favorables. Inicialmente se produce una combustión rápida de la superficie de la madera y se origina una capa carbonizada. Debajo de esta capa existe otra en la que se produce la **pirólisis** de la madera y finalmente aparece la madera sin afectar por el fuego.

La madera es un buen material aislante térmico y la capa carbonizada resulta todavía más eficaz (6 veces más aislante). De esta forma el interior de la pieza se mantiene frío y con sus propiedades físico-mecánicas constantes. Por tanto la pérdida de capacidad portante de la pieza se debe a la reducción de sección, más que en una pérdida de resistencia del material.

La combustibilidad de la madera depende de la relación entre la superficie y el volumen de la pieza, de tal manera que cuanto mayor es esta relación (por ejemplo en piezas de pequeña escuadría), más fácil es la ignición y más rápida es la propagación de las llamas. Las aristas vivas y las secciones con partes estrechas aumentan esta relación conduciendo a un comportamiento al fuego menos favorable. Las fendas también incrementan los efectos del fuego. Este es el motivo de que la madera laminada, que apenas contiene fendas, presenta una velocidad de carbonización menor que la madera maciza.

Cuanto mayor es la densidad de la madera menor resulta la facilidad para comenzar a arder y más lenta es la combustión. Esto explica el diferente comportamiento de las especies de madera.

### 12.3.- VELOCIDAD DE CARBONIZACIÓN.

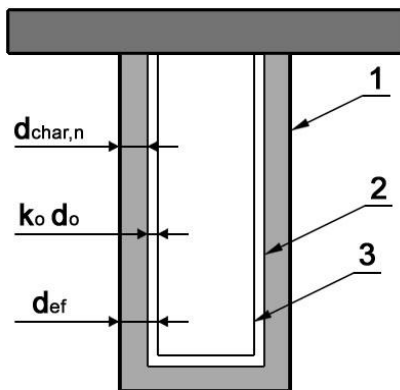
Los ensayos sobre el comportamiento al fuego demuestran que existe una relación lineal entre la profundidad de carbonización que permite calcular cual es la **sección residual** y la **sección eficaz** de la pieza después de un tiempo determinado.



Esta velocidad de carbonización,  $\beta$ , expresada en mm/min se define en la norma UNE-ENV 1995-1-2. La consideración del efecto de redondeo de las esquinas de la sección hace más complejo el cálculo de las propiedades mecánicas de la sección residual. Para simplificar el proceso, se define una velocidad de carbonización nominal,  $\beta_n$ , y que permite considerar la sección reducida con aristas vivas. Los valores de  $\beta_n$ , ligeramente superiores a los de  $\beta$ , se definen de acuerdo con la norma UNE ENV 1995 1-2.

	$\beta_n$ (mm/min)
<b>Coníferas</b>	
- Madera maciza con densidad característica $\rho_k > 290 \text{ kg/m}^3$ y con una dimensión mínima de 35 mm.	0,8
- Madera laminada encolada con $\rho_k > 290 \text{ kg/m}^3$ .	0,7
- Tableros de madera con $\rho_k > 250 \text{ kg/m}^3$ y espesor = 20 mm.	0,9

La profundidad carbonizada nominal  $d_{char,n}$ , en una cara expuesta al fuego, después de un tiempo  $t$ , se obtiene mediante la siguiente expresión:



- 1 - Sección Inicial  
2 - Sección Residual  
3 - Sección Eficaz

$$d_{char,n} = \beta_n t$$

**SECCION RESIDUAL** : Se obtiene eliminando de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización,  $d_{ef}$ , en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado.

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

siendo :

- $d_{char,n}$  : Profundidad carbonizada nominal de cálculo.
- $d_0$  : Coeficiente de valor igual a 7 mm.
- $k_0$  : De valor igual a 1 para un tiempo,  $t$ , mayor o igual a 20 mins y  $t/20$  para tiempos inferiores, en el caso de superficies no protegidas o superficies protegidas cuyo tiempo del inicio de la carbonización,  $t_{ch}$ , sea menor o igual que 20 mins. Para superficies protegidas cuyo tiempo del inicio de la carbonización,  $t_{ch}$ , sea mayor que 20 mins se considerará que  $k_0$  varía linealmente desde cero hasta uno durante el intervalo de tiempo comprendido entre cero y  $t_{ch}$ , siendo constante e igual a uno a partir de dicho punto.

## 12.4.- BASES DE CÁLCULO.

Cuando a una estructura se le exige que mantenga su función resistente durante un incendio se aplica la denominación de **estabilidad al fuego**.

El planteamiento general de cálculo es similar al de una situación normal, con la diferencia de que se emplean unos valores de resistencias de cálculo superiores y un efecto de las acciones menor.

## 12.5.- VALORES DE CALCULO DE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL

Los valores de cálculo de las resistencias se determinan por la siguiente expresión:

$$F_{fd} = K_{mod,f} k_f ( F_k / \gamma_{mf} )$$

Siendo:

- $F_k$ ; Valor de la resistencia característica de la madera  
 $\gamma_{mf}$ ; Coeficiente parcial de seguridad para el material en caso de incendio ( $\gamma_{mf} = 1$ )  
 $K_f$ ; coeficiente que permite transformar el valor característico en un valor medio.  
     1,25 en madera maciza  
     1,15 en madera laminada encolada y tableros.  
 $K_{mod,f}$ ; Factor de modificación con valor la unidad (1).

## 12.6.- VALORES DE CALCULO DE LAS ACCIONES Y DE SUS EFECTOS

$$S_{d,fuego} = \sum G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Siendo:

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

## **CARGAS SEGÚN CTE / SE-AE:**

### Cargas Permanentes (CP):

- Cubierta de Zinc ..... 10 Kg/m<sup>2</sup>
- Panel Sandwich ..... 20 Kg/m<sup>2</sup>
- Instalaciones ..... 5 Kg/m<sup>2</sup>
- Peso Propio Correas (si procede) ..... 5 Kg/m<sup>2</sup>
- Peso Propio ..... el que corresponda

### Cargas Variables (CV):

- USO (cubiertas ligeras) ..... 40 Kg/m<sup>2</sup>
- NIEVE ..... 30 Kg/m<sup>2</sup>
- VIENTO ..... Presión Dinámica: 52 Kg/m<sup>2</sup>  
Grado de Aspereza: III / Zona C  
Ce =2,0 y Cp el correspondiente.  
Grado de Exposición: Construcción Abierta

## **HIPÓTESIS DE CARGAS:**

Combinación	CP	USO	NIEVE	VIENTO (p)	VIENTO (s)
1	1,35	1,50			
2	1,35		1,50		
3	1,35			1,50	
4	1,35		1,50	0,90	
5	1,35		0,75	1,50	
6	0,80				1,50

## **MATERIALES:**

MADERA LAMINADA: **GL24h** (Pino con tratamiento en Autoclave)  
Clase de Servicio: **2 y 3**

HERRAJES Y TORNILLERÍA: **ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE S275JR**

**OBRA :** BODEGA AMPUERO  
**REF :** OV10830  
**FECHA :** 23/11/18

**PIEZA :**  
 CORREA

**CTE/SE-M**  
 Revisión 2009



**Datos Generales:**

Versión 8.2

Material: GL 24 h, Tipo de Carga: Uniforme,  $K_{mod} = 0,90$ ,  $\gamma_m = 1,25$ ,  $K_{def} \text{ permanentes} = 0,80$ ,  $K_{def} \text{ (nieve)} \cdot \psi_2 = 0,00$ ,  $K_{def} \text{ (uso)} \cdot \psi_2 = 0,00$ , Altitud inf a 1000 mts, Uso cubiertas, Espesor de la lámina = 40,00 mm, 0,00 rad

**Sección de la Pieza:** Tipo: I, Base: 100 mm, Canto Máximo: 200 mm

**Cargas:** Nota: Cargas sin mayorar. Permanentes: 37,6 Kg/ml, Nieve: 31,8 Kg/ml, Viento: 134,4 Kg/ml, Uso: 0,0 Kg/ml.  Incluir Peso Propio de la Viga. Duración carga variable: Corta

**Mayoración:** 1,35, 1,5, 0,9, 0

**Compresión sin mayorar:** Compresión (-) = 0,0 kg permanente, 0,0 kg Nieve, 0,0 kg Viento, 0,0 kg Uso, Total (mayorado) = 0,000 Kg.

Nota: Introducir cargas con el coeficiente de simultaneidad,  $\psi_0$

**Posición:** Angulo  $\alpha = 10,000^\circ$ , Pendiente  $\beta = 0,000^\circ$ , Luz L = 4,330, Radio de curvatura = 0,000 mts. (0 si recto),  $\alpha = 0,175 \text{ rad.}$ ,  $\beta = 0,000 \text{ rad.}$ , Atados = 4,330 mts.

**Reacciones (sin mayorar):**

**Apoyos:**

**Coefficientes:**

Permanentes: 101 Kg, Nieve: 69 Kg, Viento: 291 Kg, Uso: 0 Kg

Rd = 502 Kg, L = 25 mm,  $f_{c,\alpha,d} = 1,94 \text{ N/mm}^2$ , sin vuelo

$K_{cx} = 1,000$ ,  $K_{red} = 0,700$  carga continua,  $K_h = 1,100$ ,  $K_{dis} = 1,150$ ,  $K_{cy} = 0,169$ ,  $K_x = 1,000$ ,  $K_{cz} = 0,609$ ,  $K_{ap} = 1,000$ ,  $K_m = 1,000$ ,  $K_y = 1,000$

**ELU**

**ELU fuego**

	$\sigma_d$ N/mm <sup>2</sup>	$f_d$ N/mm <sup>2</sup>	i		$\sigma_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$i_f$
Compresión (-)=	0,000	2,924	0,000	Compresión (-)=	0,000	1,089	0,000
Flexión y =	7,936	19,008	0,417	Flexión y =	3,887	22,307	0,174
Flexión z =	1,328	24,686	0,054	Flexión z =	2,115	31,529	0,067
Cortante =	0,369	1,800	0,205	Cortante =	0,163	2,875	0,057
Tracción 90° =	0,000	0,576	0,000	Tracción 90° =	0,000	0,760	0,000
Flexo-comp (-) =			0,471	Flexo-comp (-) =			0,241

**ELS**

**Exposición a fuego**

Def eje y: Permanentes: 2,7 mm, L/ 1617; Nieve: 1,8 mm, L/ 2384; Viento: 7,8 mm, L/ 555; Uso: 0,0 mm, L/ ; fluencia: 2,1 mm, L/ 2022; Total: 14,4 mm, L/ 300. Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE

Def eje z: Permanentes: 1,9 mm, L/ 2293; Nieve: 1,3 mm, L/ 3381; Viento: 0,0 mm, L/ ; Uso: 0,0 mm, L/ ; fluencia: 1,5 mm, L/ 2866; Total: 4,7 mm, L/ 925. Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE

Resistencia y Rigidez Reducida. Mayoración de cargas a fuego: permanentes: 1, nieve: 0,2, viento: 0, uso: 0. Tiempo (Min) = 30. Penetración = 0,7 mm/min,  $K_{mod,t} = 0,80$  a flexión. Según UNE-EN 1995-1-2:2004

Cara Expuesta,  Cara expuesta,  Cara expuesta

Contraflecha: no. Total = Permanentes + Variables

**Notas:**

**OBRA :** BODEGA AMPUERO  
**REF :** OV10830  
**FECHA :** 23/11/18

**PIEZA :**  
 CORREA

**CTE/SE-M**  
 Revisión 2009



**Datos Generales:**

Versión 8.2

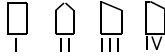
Material: GL 24 h Tipo de Carga: Uniforme

$K_{mod} = 0,90$   
 $\gamma_m = 1,25$   
 $K_{def \text{ permanentes}} = 0,80$   
 $K_{def \text{ (nieve)} - \psi_2} = 0,00$   
 $K_{def \text{ (uso)} - \psi_2} = 0,00$

Altitud inf a 1000 mts  
 Uso cubiertas

**Sección de la Pieza:**

Tipo: I  
 Base: 100 mm  
 Canto Máximo: 200 mm



Espesor de la lámina = 40,00 mm.

0,00 rad

**Cargas:**

Nota: Cargas sin mayorar.

Permanentes: 37,6 Kg/ml.  
 Nieve: 31,8 Kg/ml.  
 Viento: 134,4 Kg/ml.  
 Uso: 0,0 Kg/ml.

Incluir Peso Propio de la Viga

35 Kg/m<sup>2</sup>  
 30 Kg/m<sup>2</sup>  
 125 Kg/m<sup>2</sup>  
 1,075 Modulación en m.

**Mayoración**

1,35  
 0,75  
 1,5  
 0

**Compresión sin mayorar**

Compresión (-) = 0,0 kg permanente  
 Compresión (-) = 0,0 kg Nieve  
 Compresión (-) = 0,0 kg Viento  
 Compresión (-) = 0,0 kg Uso  
 Total (mayorado) = 0,000 Kg.

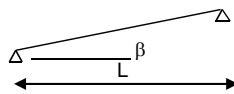
Nota: Introducir cargas con el coeficiente de simultaneidad,  $\psi_0$

Duración carga variable: Corta

**Posición:**

Angulo  $\alpha = 10,000^\circ$

Pendiente  $\beta = 0,000^\circ$



Luz L = 4,330

Radio de curvatura = 0,000 mts. (0 si recto)

$\alpha = 0,175$  rad.

$\beta = 0,000$  rad.

Atados = 4,330 mts.

**Reacciones (sin mayorar):**

Permanentes: 101 Kg.  
 Nieve: 69 Kg.  
 Viento: 291 Kg.  
 Uso: 0 Kg.

**Apoyos:**

Rd = 625 Kg  
 L = 2 mm.  
 $f_{c,\alpha,d} = 1,94$  N/mm<sup>2</sup>.  
 sin vuelo

**Coefficientes:**

$K_{cx} = 1,000$   
 $K_{red} = 0,700$  carga continua  
 $K_h = 1,100$   $K_{dis} = 1,150$   
 $K_{cy} = 0,169$   $K_y = 1,000$   
 $K_{cz} = 0,609$   $K_{ap} = 1,000$   
 $K_m = 1,000$   $K_r = 1,000$

**ELU**

	$\sigma_d$ N/mm <sup>2</sup>	$f_d$ N/mm <sup>2</sup>	i
Compresión (-)	0,000	2,924	0,000
Flexión y	9,907	19,008	0,521
Flexión z	1,042	24,686	0,042
Cortante	0,460	1,800	0,255
Tracción 90°	0,000	0,576	0,000
Flexo-comp (-)			0,563

**ELU fuego**

	$\sigma_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$i_f$
Compresión (-)	0,000	1,089	0,000
Flexión y	8,410	22,307	0,377
Flexión z	1,863	31,529	0,059
Cortante	0,350	2,875	0,122
Tracción 90°	0,000	0,760	0,000
Flexo-comp (-)			0,436

**ELS**

	Def eje y	L/x
Permanentes	2,7 mm.	L/ 1617
Nieve	1,8 mm.	L/ 2384
Viento	7,8 mm.	L/ 555
Uso	0,0 mm.	L/
fluencia	2,1 mm.	L/ 2022
Total	14,4 mm.	L/ 300

Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE

	Def eje z	L/x
Permanentes	1,9 mm.	L/ 2293
Nieve	1,3 mm.	L/ 3381
Viento	0,0 mm.	L/
Uso	0,0 mm.	L/
fluencia	1,5 mm.	L/ 2866
Total	4,7 mm.	L/ 925

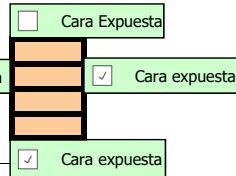
Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE

**Exposición a fuego**

Resistencia y Rigidez Reducida.

Mayoración de cargas a fuego:

permanetes: 1  
 nieve: 0  
 viento: 0,5  
 uso: 0  
 Tiempo (Min) = 30  
 Penetración = 0,7 mm/min  
 $K_{mod,t} = 0,80$  a flexión



Según UNE-EN 1995-1-2:2004

Contraflecha: no

Total=Permanentes + Variables

**Notas:**

OBRA : BODEGA AMPUERO  
 REF : OV10830  
 FECHA : 23/11/18

PIEZA :  
 CORREA

CTE/SE-M  
 Revisión 2009



**Datos Generales:**

Versión 8.2

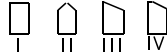
Material GL 24 h Tipo de Carga: Uniforme  
 Clase Servicio 2

$K_{mod} = 0,90$   
 $\gamma_m = 1,25$   
 $K_{def \text{ permanentes}} = 0,80$   
 $K_{def \text{ (nieve) } \cdot \Psi_2} = 0,00$   
 $K_{def \text{ (uso) } \cdot \Psi_2} = 0,00$

Altitud inf a 1000 mts  
 Uso cubiertas

**Sección de la Pieza:**

Tipo I  
 Base 100 mm.  
 Canto Máximo 200 mm.



Espesor de la lámina = 40,00 mm.

0,00 rad

**Cargas:**

Nota: Cargas sin mayorar.

Permanentes 37,6 Kg/ml.  
 Nieve 0,0 Kg/ml.  
 Viento -234,8 Kg/ml.  
 Uso 0,0 Kg/ml.

Incluir Peso Propio de la Viga

35 Kg/m<sup>2</sup>  
 Kg/m<sup>2</sup>  
 -218 Kg/m<sup>2</sup>  
 Kg/m<sup>2</sup>  
 1,075 Modulación en m.

**Mayoración**

0,8  
 0  
 1,5  
 0

**Compresión sin mayorar**

Compresión (-) = 0,0 kg permanente  
 Compresión (-) = 0,0 kg Nieve  
 Compresión (-) = 0,0 kg Viento  
 Compresión (-) = 0,0 kg Uso  
 Total (mayorado) = 0,000 Kg.

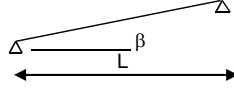
Nota: Introducir cargas con el coeficiente de simultaneidad,  $\Psi_0$

Duración carga variable Corta

**Posición:**

Angulo  $\alpha = 10,000^\circ$

Pendiente  $\beta = 0,000^\circ$



Luz L = 4,330

Radio de curvatura = 0,000 mts. (0 si recto)

$\alpha = 0,175$  rad.

$\beta = 0,000$  rad.

Atados = 4,330 mts.

**Reacciones (sin mayorar):**

Permanentes 101 Kg.  
 Nieve 0 Kg.  
 Viento -508 Kg.  
 Uso 0 Kg.

**Apoyos:**

Rd = -681 Kg  
 L = Tornillos mm.  
 $f_{c,\alpha,d} = 1,94$  N/mm<sup>2</sup>.  
 sin vuelo

**Coefficientes:**

$K_{cx} = 1,000$   
 $K_{red} = 0,700$  carga continua  
 $K_h = 1,100$   $K_{dis} = 1,150$   
 $K_{cy} = 0,169$   $K_y = 1,000$   
 $K_{cz} = 0,609$   $K_{ap} = 1,000$   
 $K_m = 1,000$   $K_r = 1,000$

**ELU**

	$\sigma_d$ N/mm <sup>2</sup>	$f_d$ N/mm <sup>2</sup>	i
Compresión (-)	0,000	2,924	0,000
Flexión y	10,873	19,008	0,572
Flexión z	0,449	24,686	0,018
Cortante	0,501	1,800	0,279
Tracción 90°	0,000	0,576	0,000
Flexo-comp (-)			0,590

**ELU fuego**

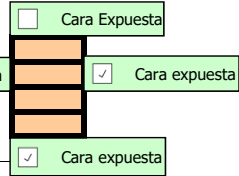
	$\sigma_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$i_f$
Compresión (-)	0,000	1,089	0,000
Flexión y	5,291	31,529	0,168
Flexión z	1,863	24,277	0,077
Cortante	0,217	2,875	0,075
Tracción 90°	0,000	0,760	0,000
Flexo-comp (-)			0,245

**ELS**

	Def eje y	mm.	L/x
Permanentes	2,7		L/ 1617
Nieve	0,0		L/
Viento	-13,6		L/ 318
Uso	0,0		L/
fluencia	2,1		L/ 2022
Total	-8,8		L/ 491
Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE			
	Def eje z	mm.	L/x
Permanentes	1,9		L/ 2293
Nieve	0,0		L/
Viento	0,0		L/
Uso	0,0		L/
fluencia	1,5		L/ 2866
Total	3,4		L/ 1274
Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE			

**Exposición a fuego**

Resistencia y Rigidez Reducida.  
 Mayoración de cargas a fuego:  
 permanentes 1  
 nieve 0  
 viento 0,5  
 uso 0  
 Tiempo (Min) = 30  
 Penetración = 0,7 mm/min  
 $K_{mod,t} = 0,80$  a flexión



Según UNE-EN 1995-1-2:2004

Contraflecha: no

Total=Permanentes + Variables

**Notas:**

<b>OBRA :</b> BODEGA AMPUERO	<b>PIEZA :</b>	<b>CTE/SE-M</b>	
<b>REF :</b> OV10830	<b>CORREA</b>	Revisión 2009	
<b>FECHA :</b> 23/11/18			

**Datos Generales:**

Versión 8.2

Material: GL 24 h    Tipo de Carga: Uniforme     $K_{mod} = 0,80$   
Clase Servicio: 2     $\gamma_m = 1,25$   
 $K_{def} \text{ permanentes} = 0,80$   
 $K_{def} \text{ (nieve)} \cdot \psi_2 = 0,00$   
 $K_{def} \text{ (uso)} \cdot \psi_2 = 0,00$

**Sección de la Pieza:**    Altitud inf a 1000 mts:    
Uso cubiertas:

Tipo: I    Espesor de la lámina =  mm.    0,00 rad  
Base:  mm.  
Canto Máximo:  mm.

**Cargas:** Nota: Cargas sin mayorar.    **Mayoración:**    **Compresión sin mayorar**

Permanentes	37,6	Kg/ml.	<input type="text" value="35"/>	Kg/m <sup>2</sup>	<input type="text" value="1,35"/>	Compresión (-) =	<input type="text" value="0,0"/>	kg permanente
Nieve	0,0	Kg/ml.	<input type="text"/>	Kg/m <sup>2</sup>	<input type="text" value="0"/>	Compresión (-) =	<input type="text" value="0,0"/>	kg Nieve
Viento	0,0	Kg/ml.	<input type="text"/>	Kg/m <sup>2</sup>	<input type="text" value="0"/>	Compresión (-) =	<input type="text" value="0,0"/>	kg Viento
Uso	42,3	Kg/ml.	<input type="text" value="40"/>	Kg/m <sup>2</sup>	<input type="text" value="1,5"/>	Compresión (-) =	<input type="text" value="0,0"/>	kg Uso
<input checked="" type="checkbox"/> Incluir Peso Propio de la Viga			<input type="text" value="1,075"/>	Modulación en m.		Total (mayorado) =	<input type="text" value="0,000"/>	Kg.

Nota: Introducir cargas con el coeficiente de simultaneidad,  $\psi_0$     Duración carga variable:

**Posición:**    Luz L =  mts. (0 si recto)  
Angulo  $\alpha =$   °    Pendiente  $\beta =$   °    Radio de curvatura =  mts. (0 si recto)  
 $\alpha = 0,175$  rad.  
 $\beta = 0,000$  rad.  
Atados =  mts.

**Reacciones (sin mayorar):**

**Apoyos:**

**Coefficientes:**

Permanentes	<input type="text" value="101"/>	Kg.	Rd =	<input type="text" value="274"/>	Kg.	$K_{cx} = 1,000$	<input type="text" value="carga continua"/>	
Nieve	<input type="text" value="0"/>	Kg.	L =	<input type="text" value="16"/>	mm.	$K_{red} = 0,700$		
Viento	<input type="text" value="0"/>	Kg.	$f_{c,\alpha,d} =$	<input type="text" value="1,73"/>	N/mm <sup>2</sup> .	$K_h = 1,100$		$K_{dis} = 1,150$
Uso	<input type="text" value="92"/>	Kg.		<input type="text" value="sin vuelo"/>		$K_{cy} = 0,169$		$K_y = 1,000$
						$K_{cz} = 0,609$		$K_{ap} = 1,000$
						$K_m = 1,000$	$K_r = 1,000$	

**ELU**

**ELU fuego**

	$\sigma_d$ N/mm <sup>2</sup>	$f_d$ N/mm <sup>2</sup>	$i$		$\sigma_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{dif}$ N/mm <sup>2</sup>	$i_f$
Compresión (-) =	0,000	2,599	<b>0,000</b>	Compresión (-) =	0,000	1,089	<b>0,000</b>
Flexión y =	4,304	16,896	<b>0,255</b>	Flexión y =	3,423	22,307	<b>0,153</b>
Flexión z =	1,518	21,943	<b>0,069</b>	Flexión z =	1,863	31,529	<b>0,059</b>
Cortante =	0,202	1,600	<b>0,126</b>	Cortante =	0,144	2,875	<b>0,050</b>
Tracción 90° =	0,000	0,512	<b>0,000</b>	Tracción 90° =	0,000	0,760	<b>0,000</b>
Flexo-comp (-) =			<b>0,324</b>	Flexo-comp (-) =			<b>0,213</b>

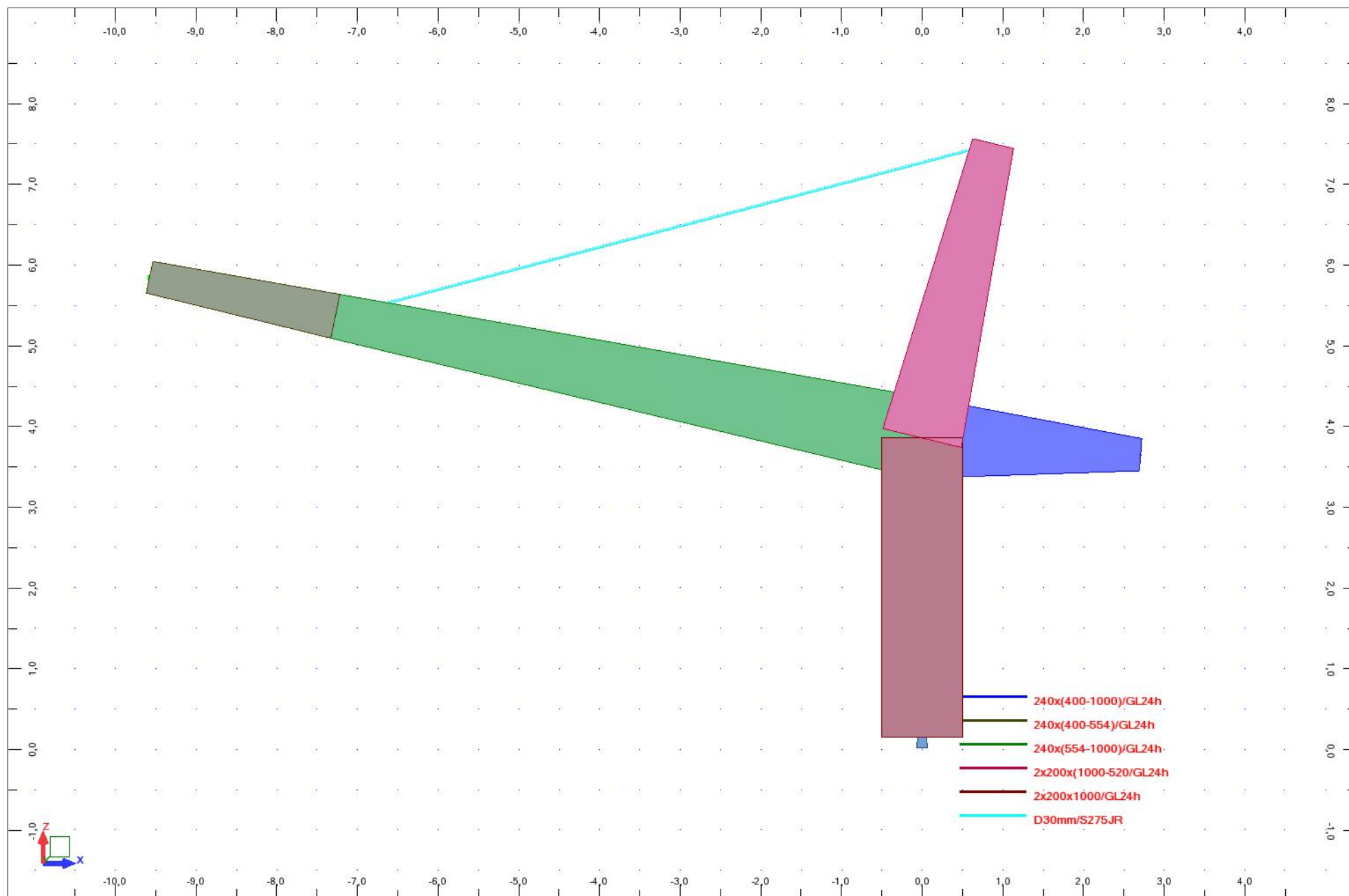
**ELS**

**Exposición a fuego**

Permanentes	<input type="text" value="2,7"/>	mm.	L/x	1617	Resistencia y Rigidez Reducida. Mayoración de cargas a fuego: permanetes: 1 nieve: 0 <input checked="" type="checkbox"/> Cara Expuesta <input checked="" type="checkbox"/> Cara expuesta viento: 0 uso: 0 Tiempo (Min) = <input type="text" value="30"/> Penetración = <input type="text" value="0,7"/> mm/min $K_{mod,t} = 0,80$ a flexión    Según UNE-EN 1995-1-2:2004 <input checked="" type="checkbox"/> Cara expuesta Contraflecha: <input type="text" value="no"/> Total = Permanentes + Variables
Nieve	<input type="text" value="0,0"/>	mm.	L		
Viento	<input type="text" value="0,0"/>	mm.	L		
Uso	<input type="text" value="2,4"/>	mm.	L	1788	
fluencia	<input type="text" value="2,1"/>	mm.	L	2022	
Total	<input type="text" value="7,2"/>	mm.	L	598	
Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE					
Permanentes	<input type="text" value="1,9"/>	mm.	L/x	2293	
Nieve	<input type="text" value="0,0"/>	mm.	L		
Viento	<input type="text" value="0,0"/>	mm.	L		
Uso	<input type="text" value="1,7"/>	mm.	L	2535	
fluencia	<input type="text" value="1,5"/>	mm.	L	2866	
Total	<input type="text" value="5,1"/>	mm.	L	848	
Cumple criterio de integridad y apariencia CTE-SE					

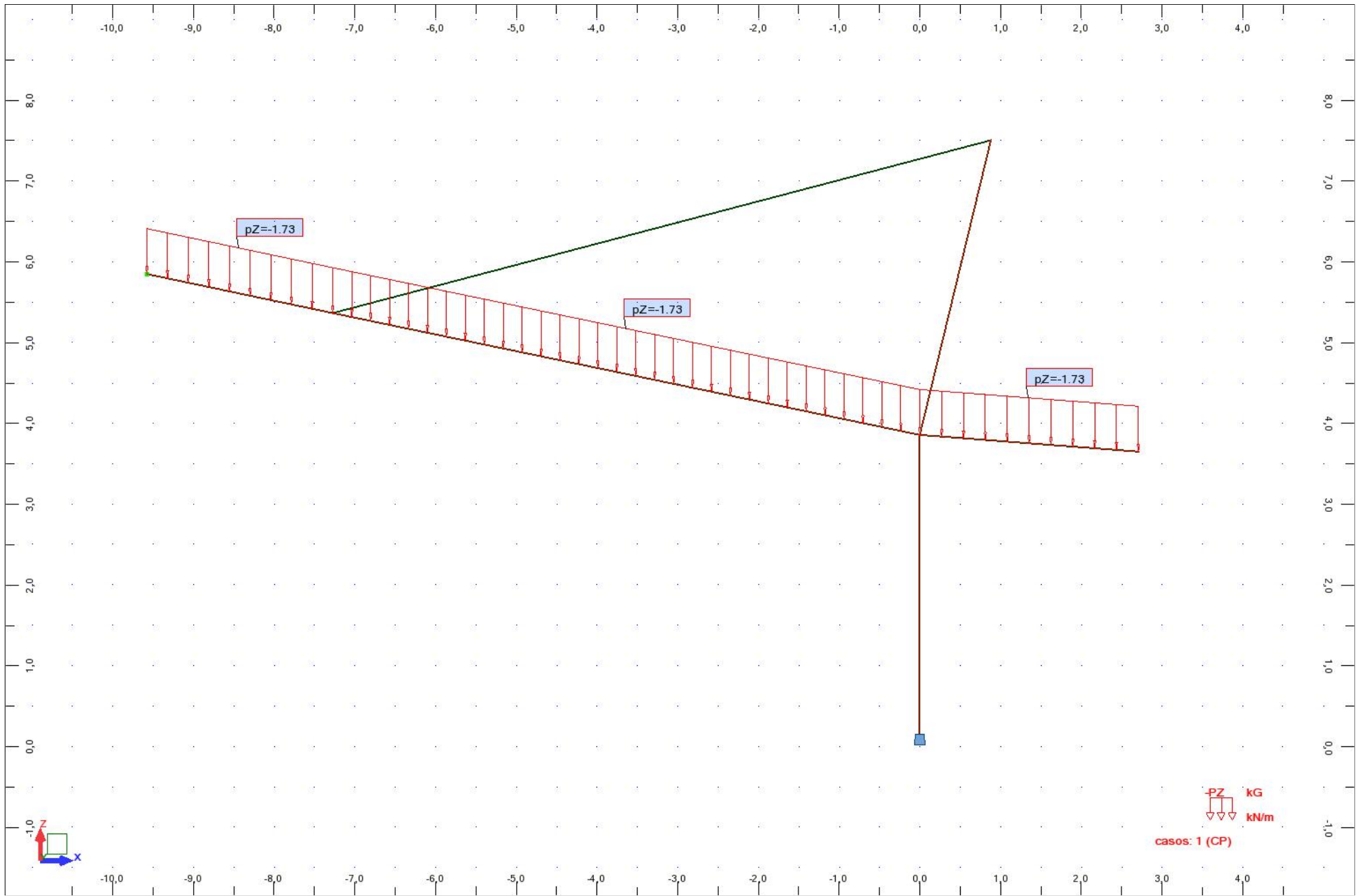
**Notas:**

Vista - casos: 1 (CP)

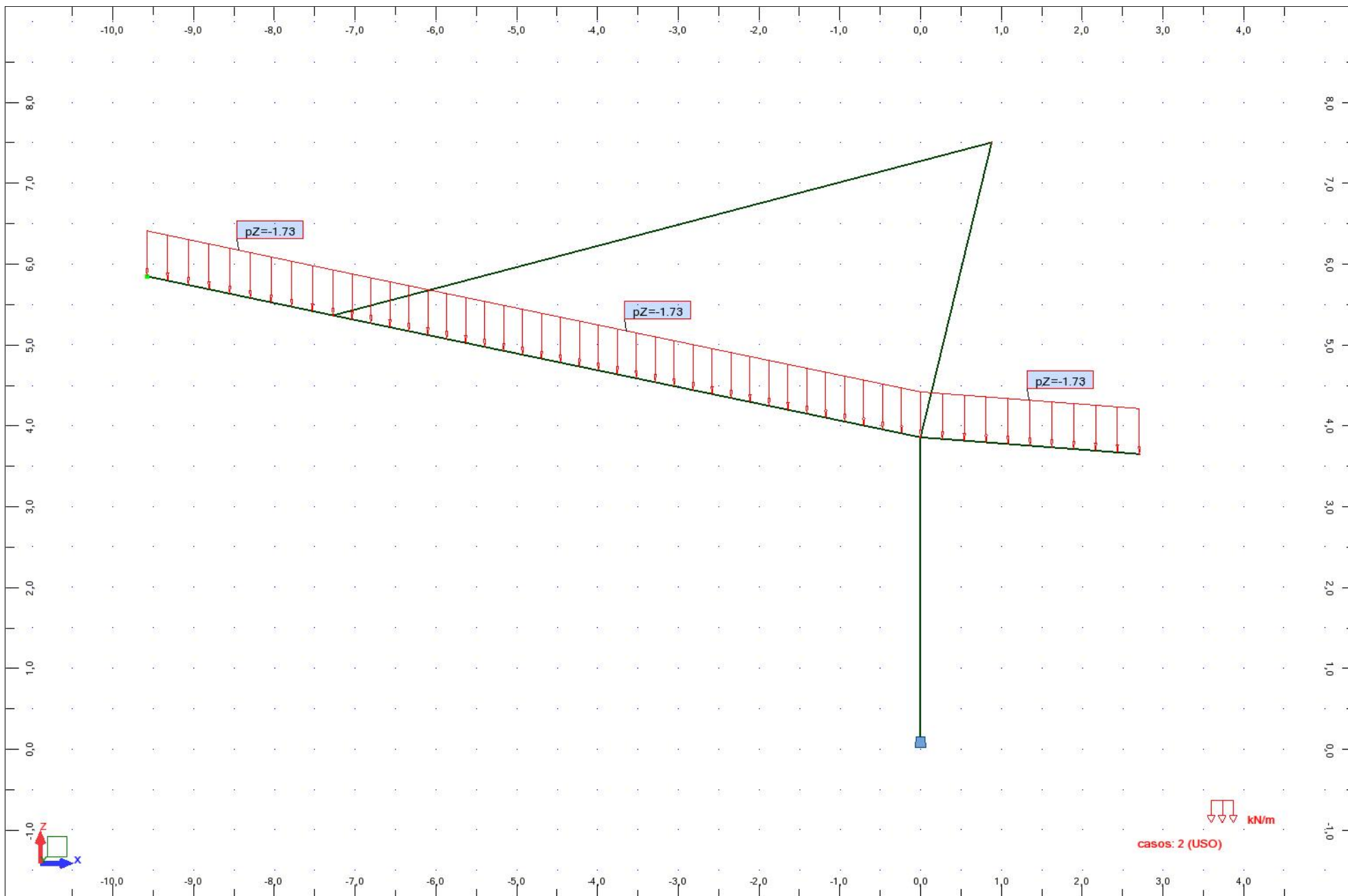




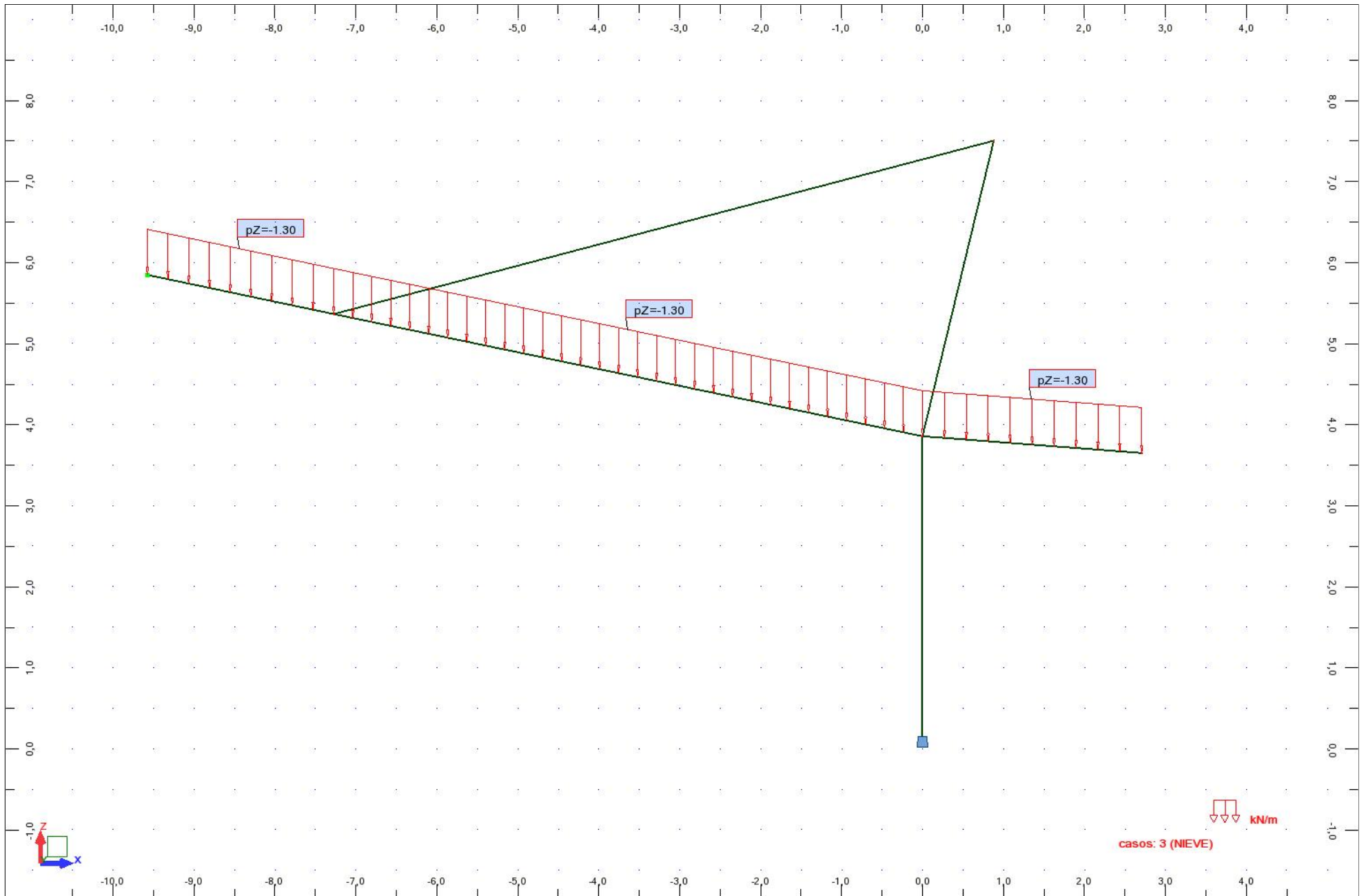
Vista - casos: 1 (CP)



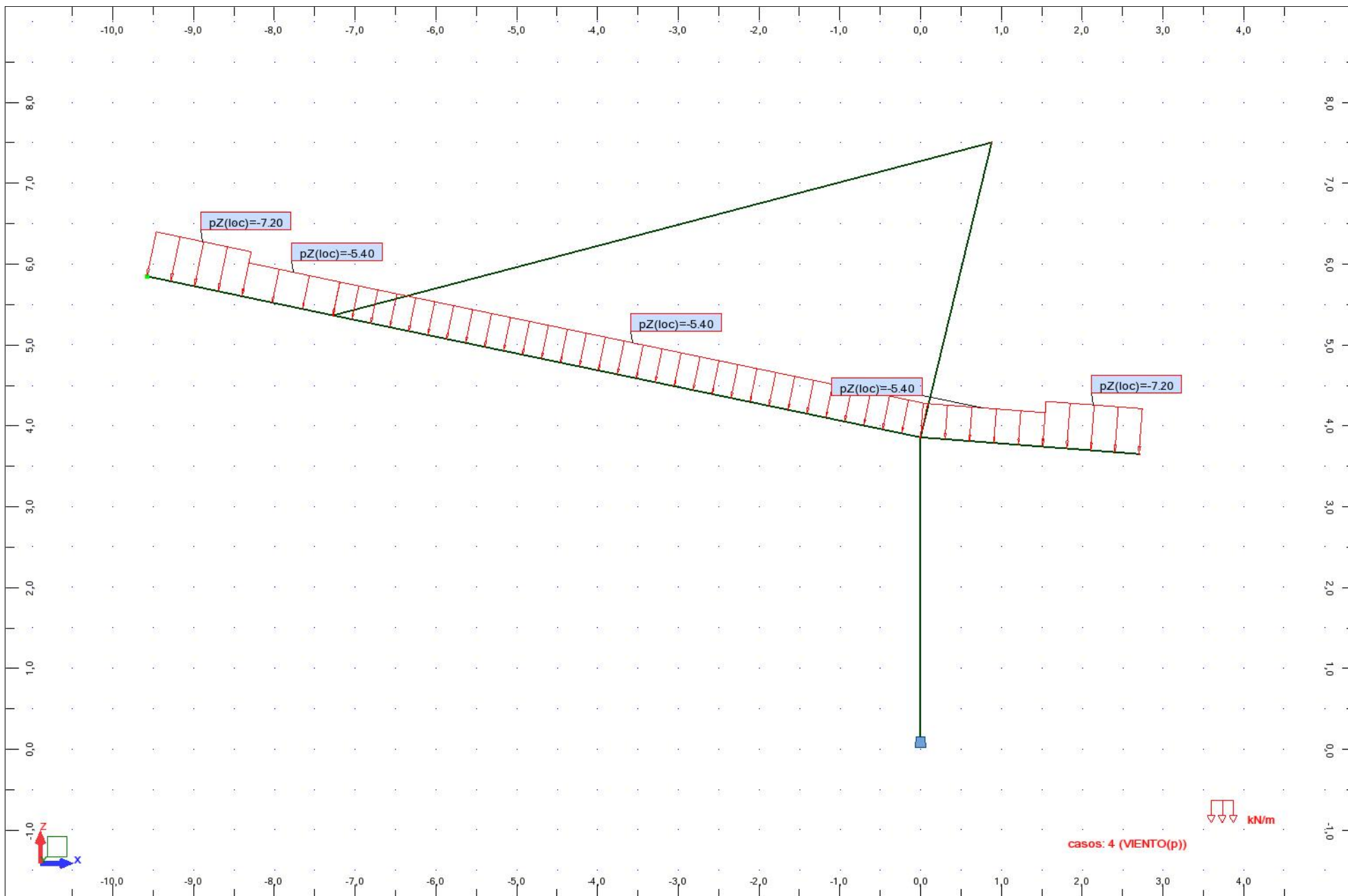
Vista - casos: 2 (USO)



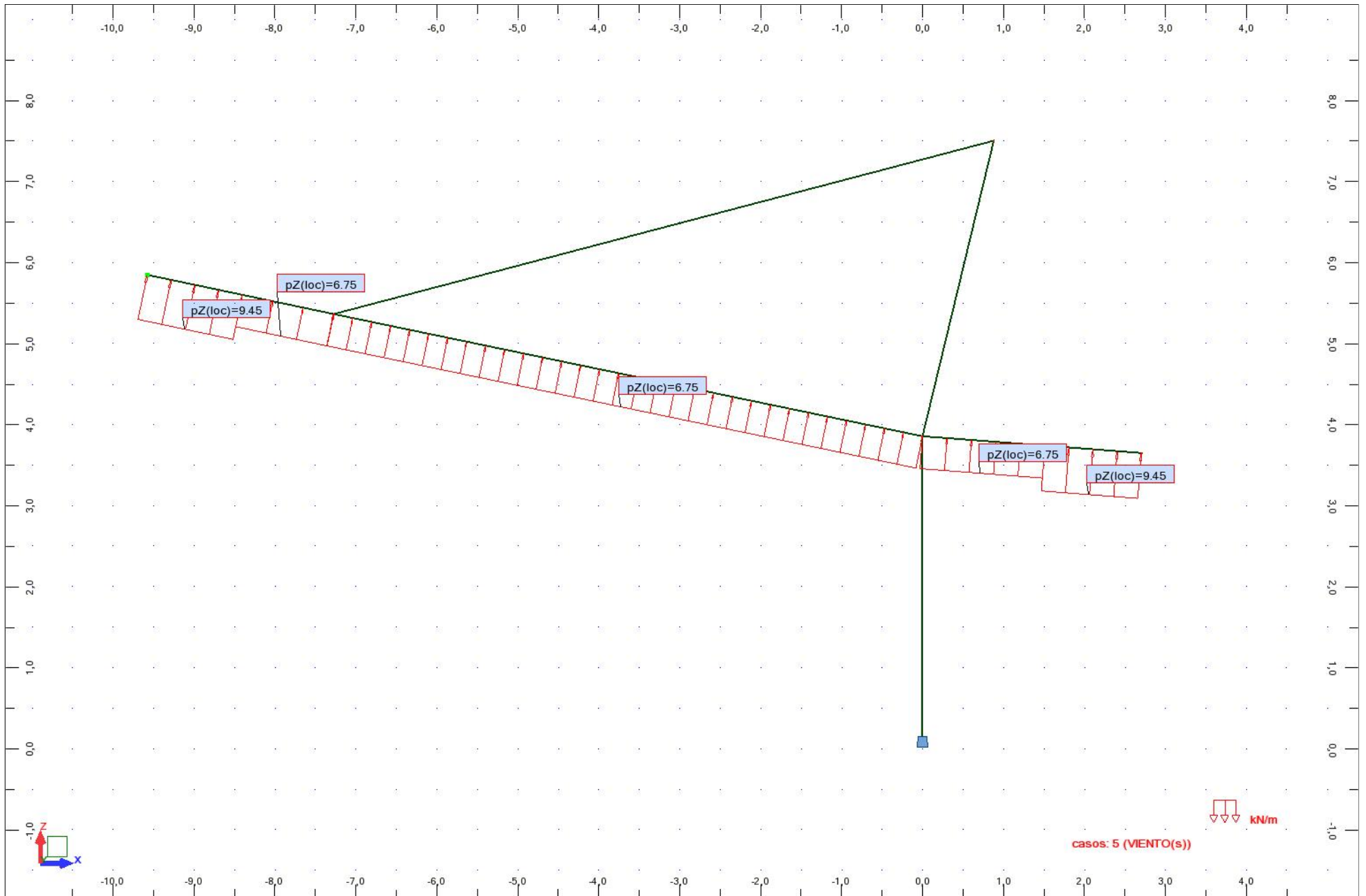
Vista - casos: 3 (NIEVE)



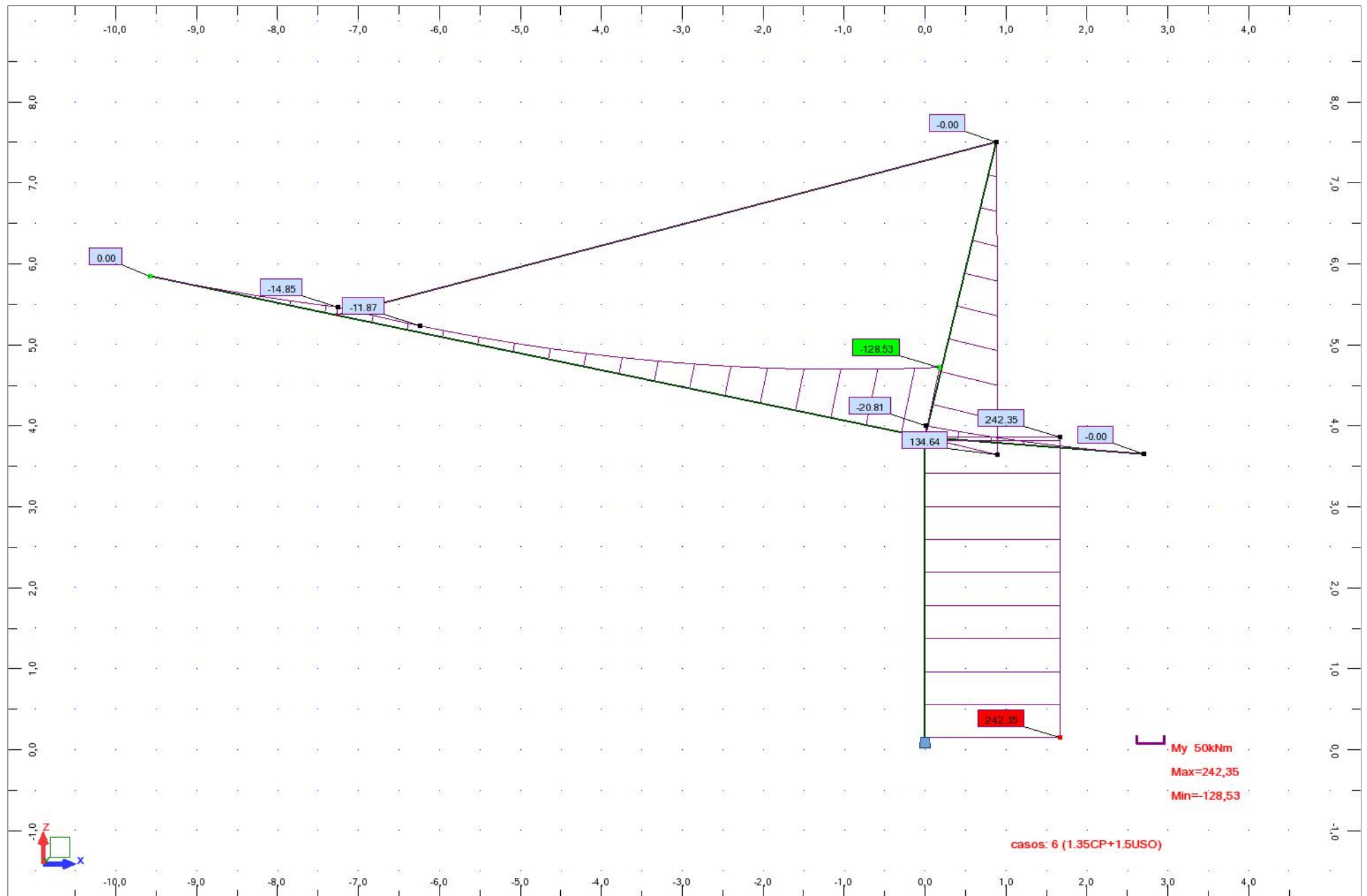
Vista - casos: 4 (VIENTO(p))



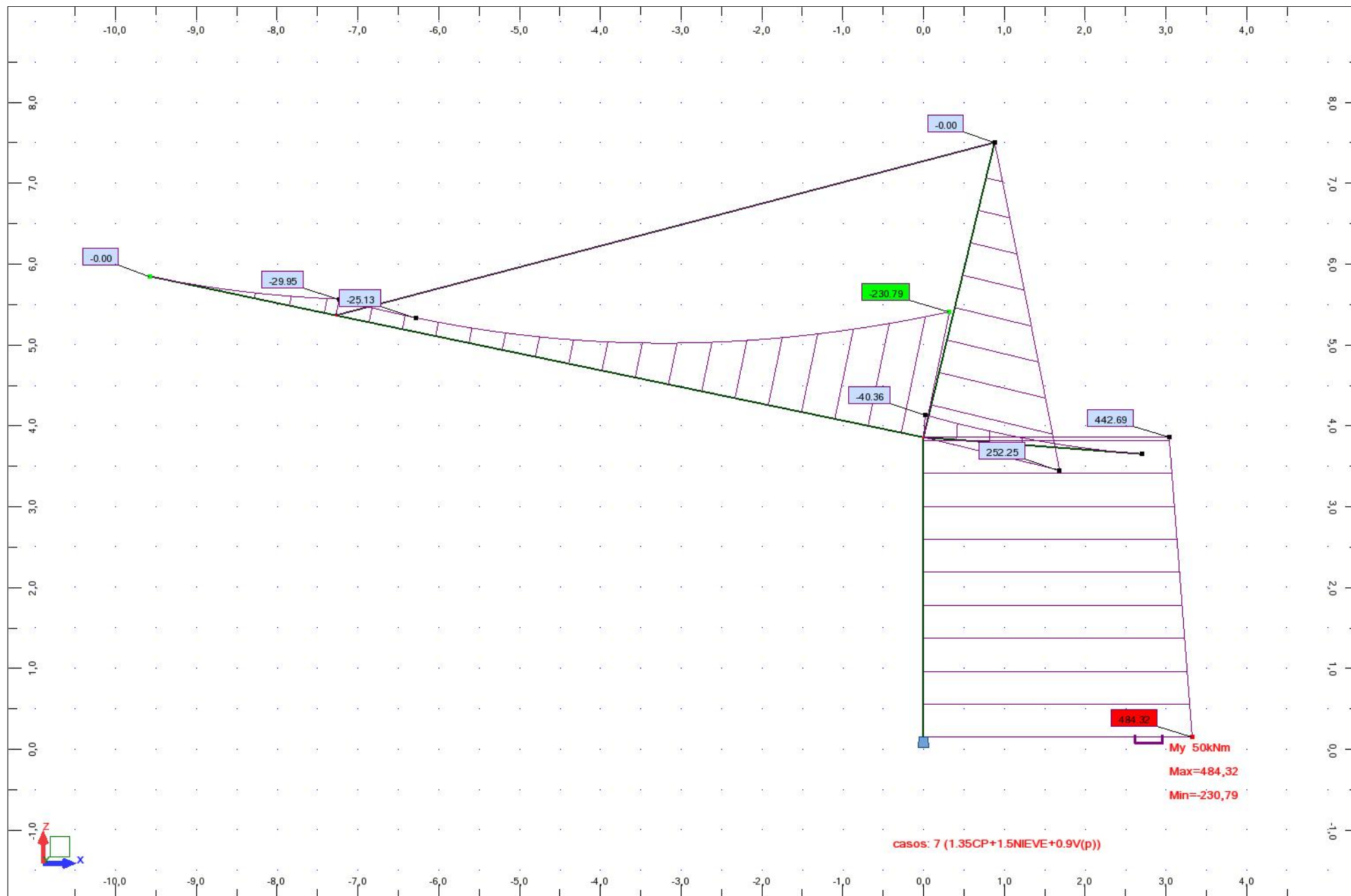
Vista - casos: 5 (VIENTO(s))



Vista - MY; casos: 6 (1.35CP+1.5USO)

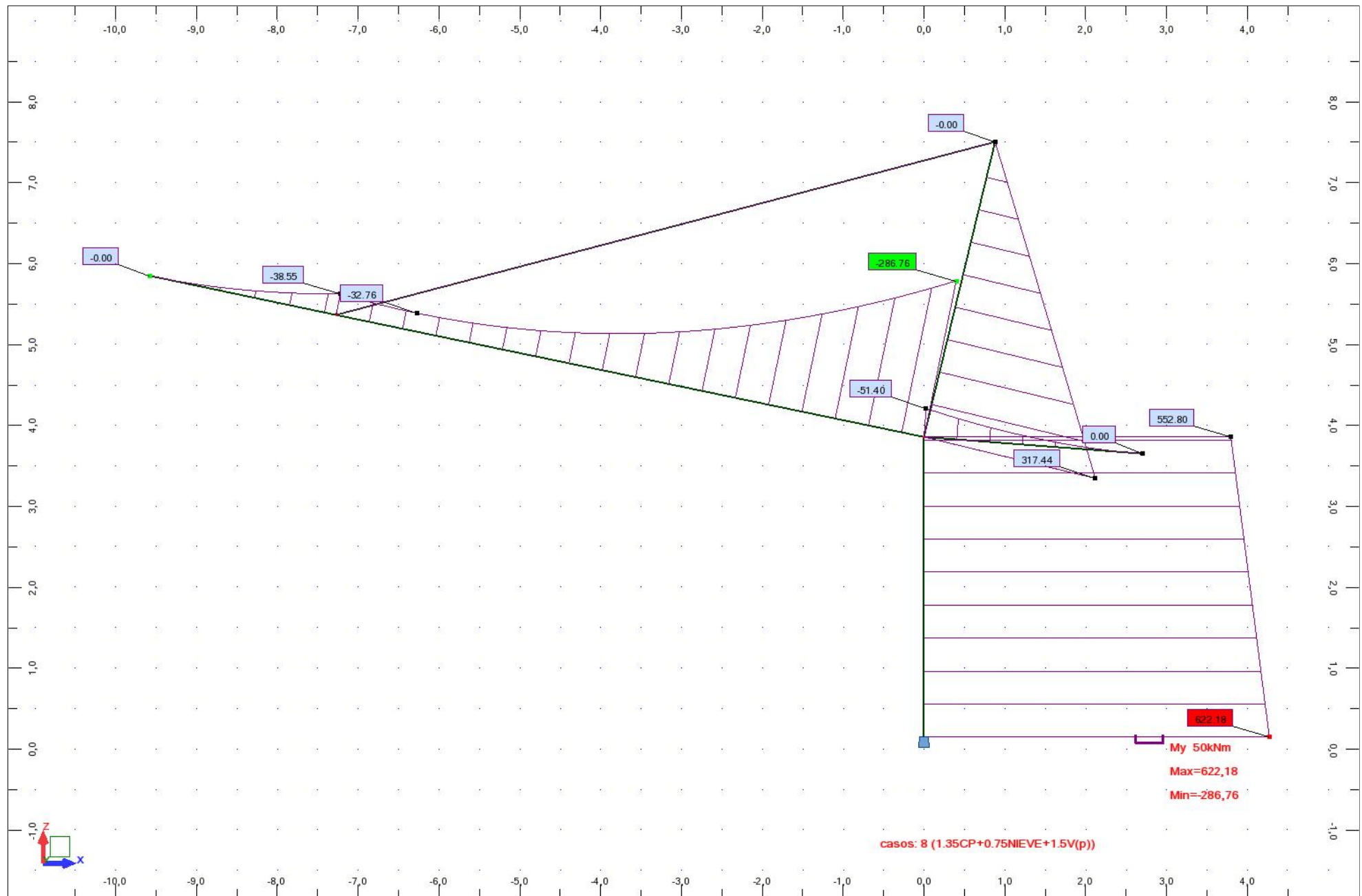


Vista - MY; casos: 7 (1.35CP+1.5NIEVE+0.9V(p))



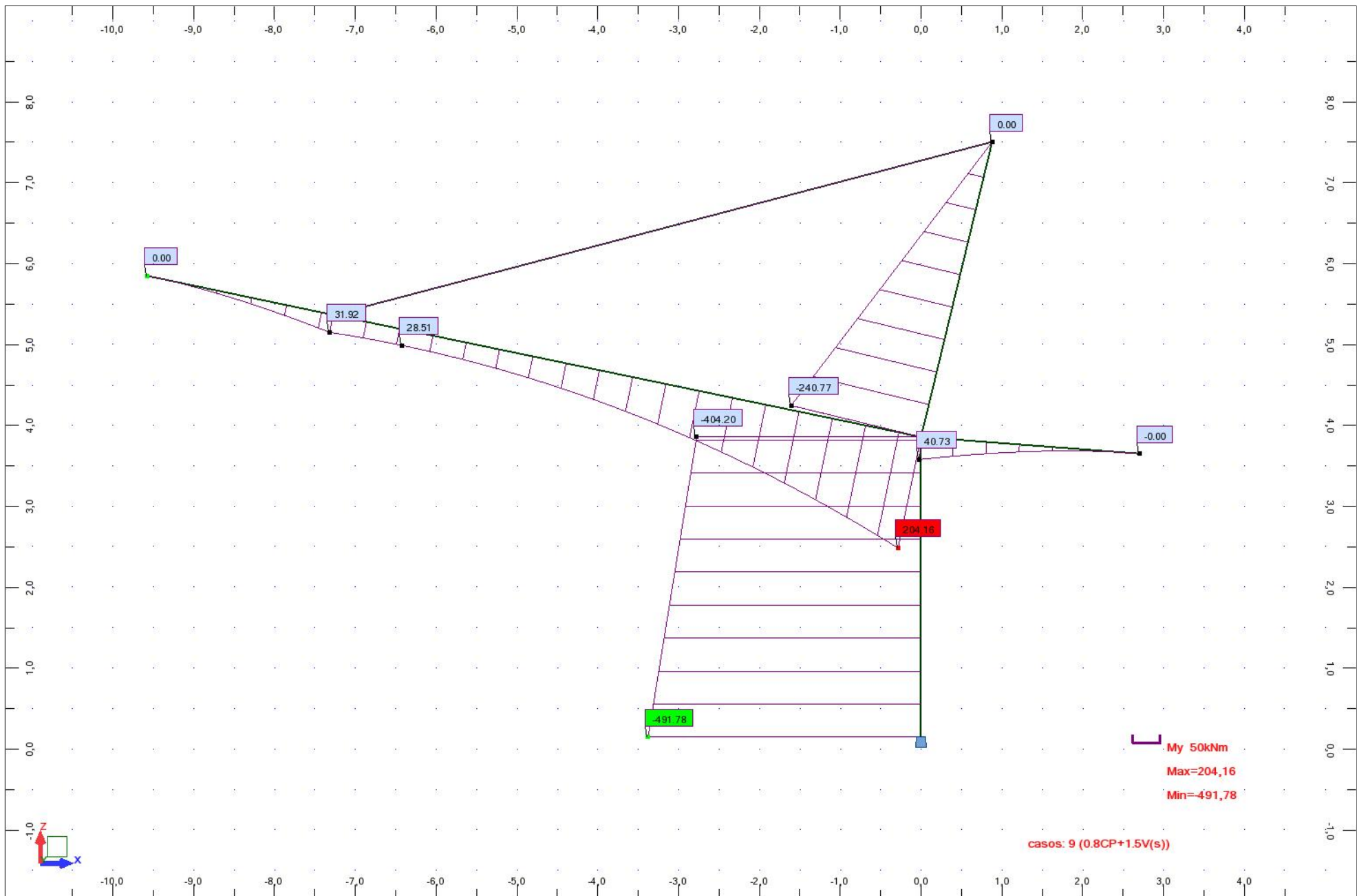


Vista - MY; casos: 8 (1.35CP+0.75NIEVE+1.5V(p))

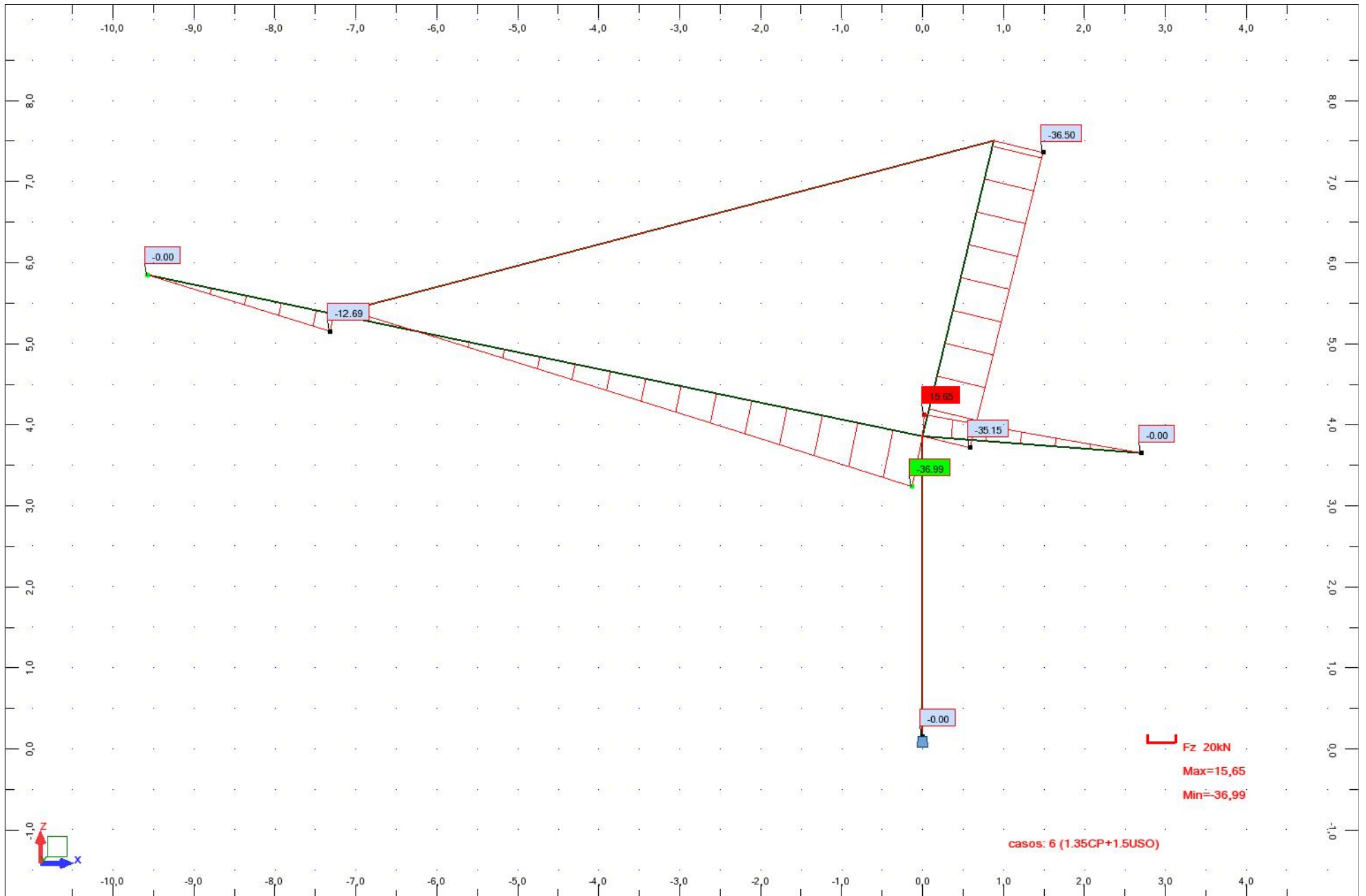




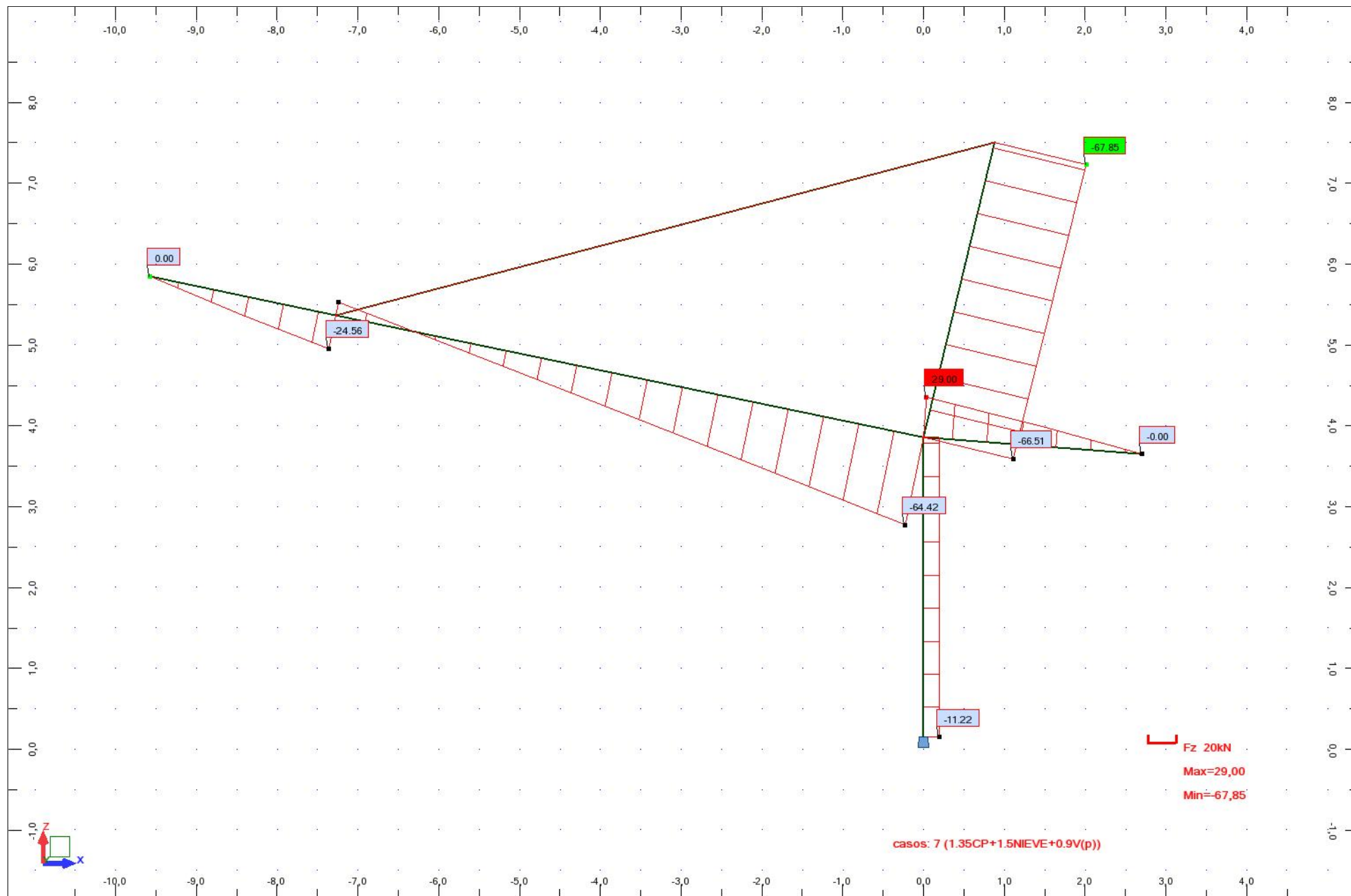
Vista - MY; casos: 9 (0.8CP+1.5V(s))



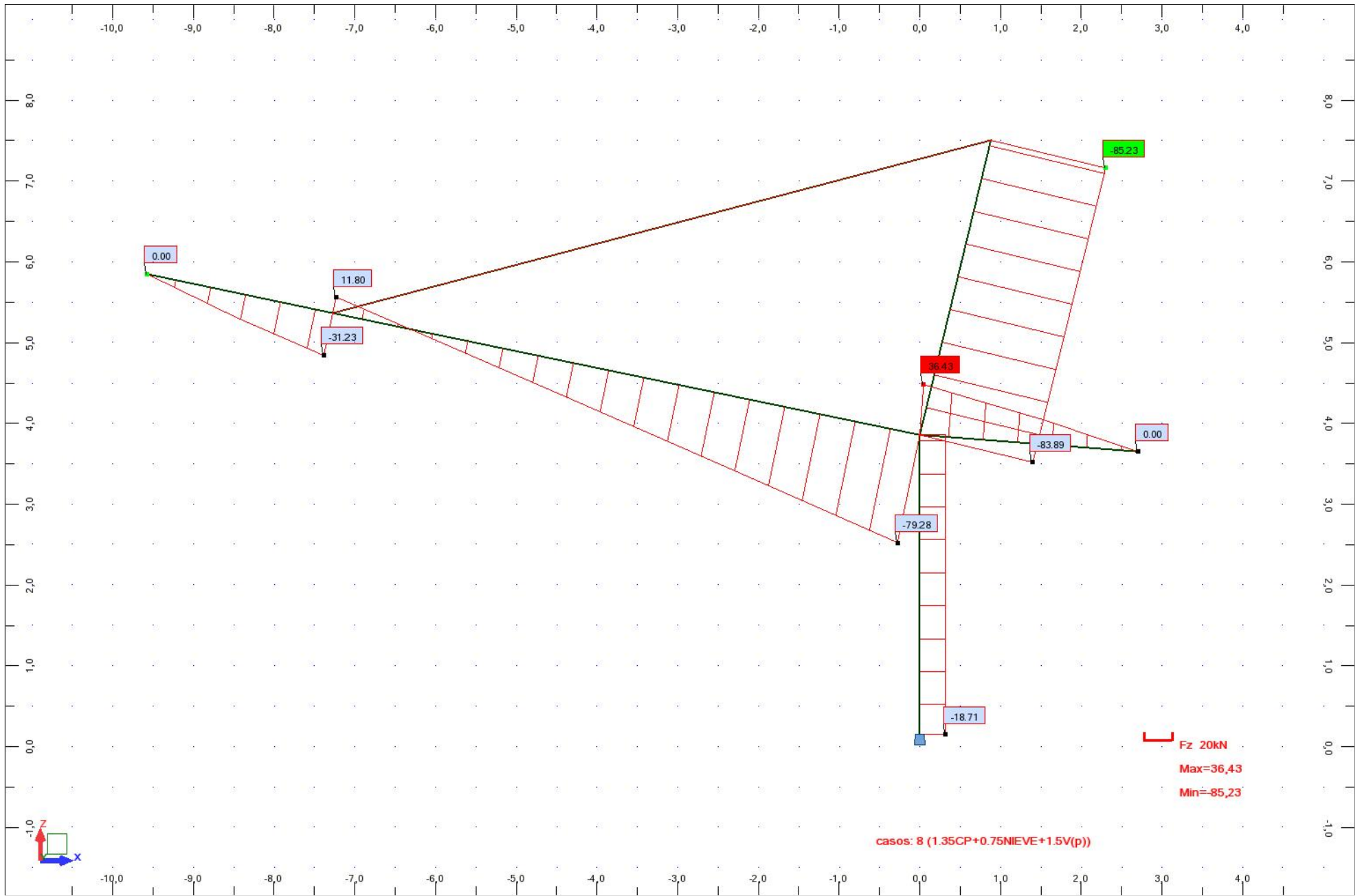
Vista - Fz; casos: 6 (1.35CP+1.5USO)



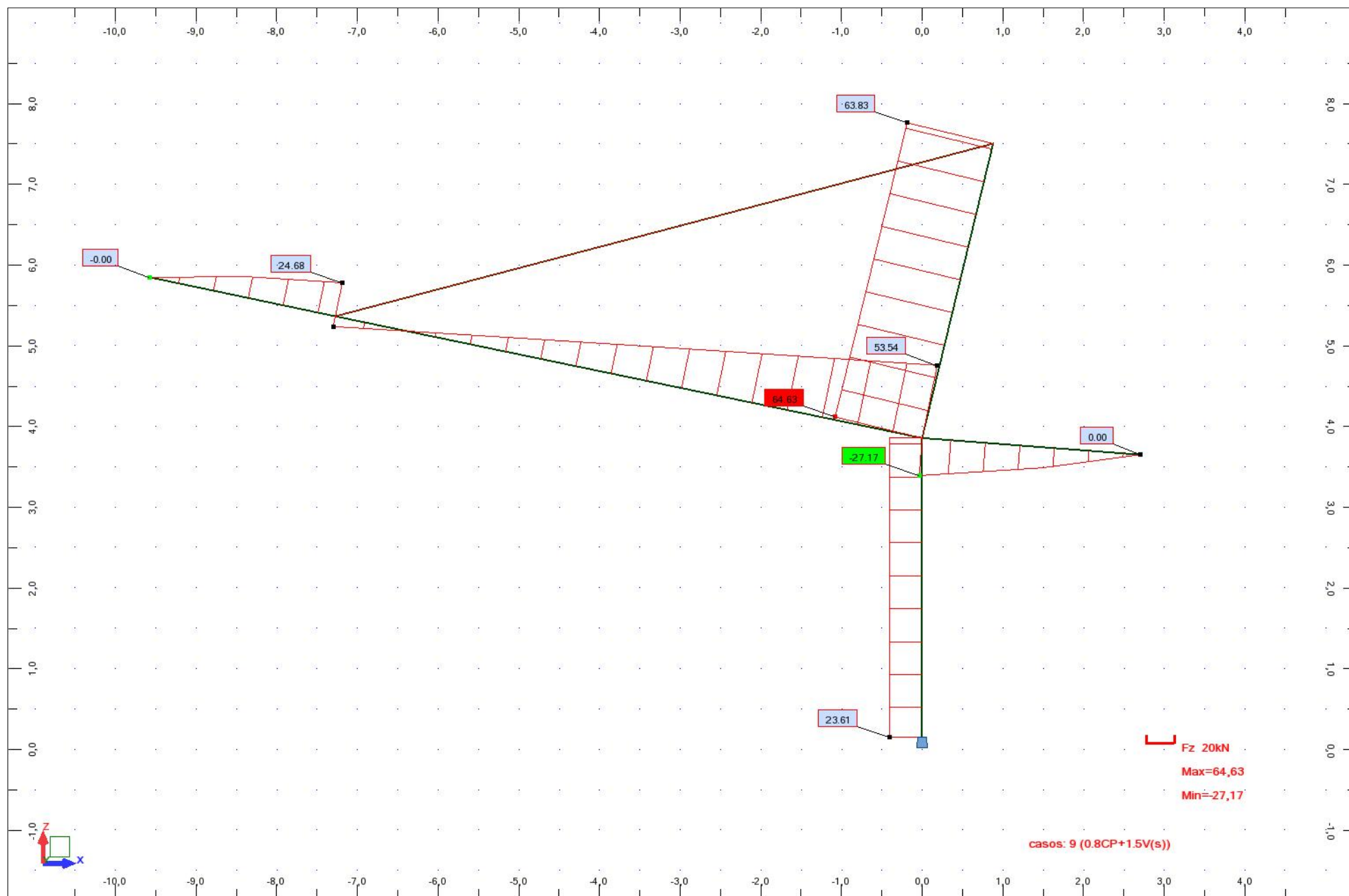
Vista - Fz; casos: 7 (1.35CP+1.5NIEVE+0.9V(p))



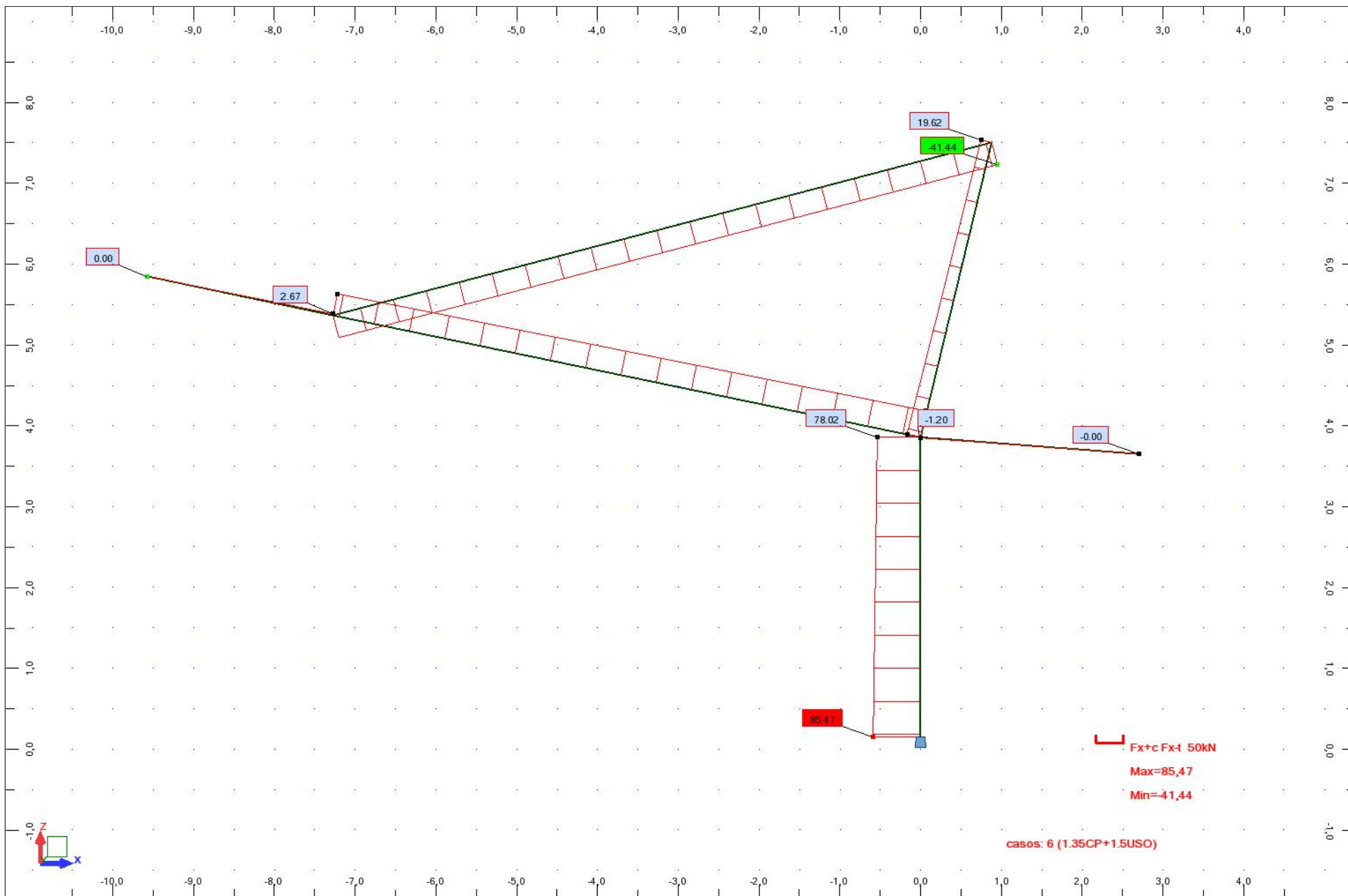
Vista - FZ; casos: 8 (1.35CP+0.75NIEVE+1.5V(p))



Vista - Fz; casos: 9 (0.8CP+1.5V(s))

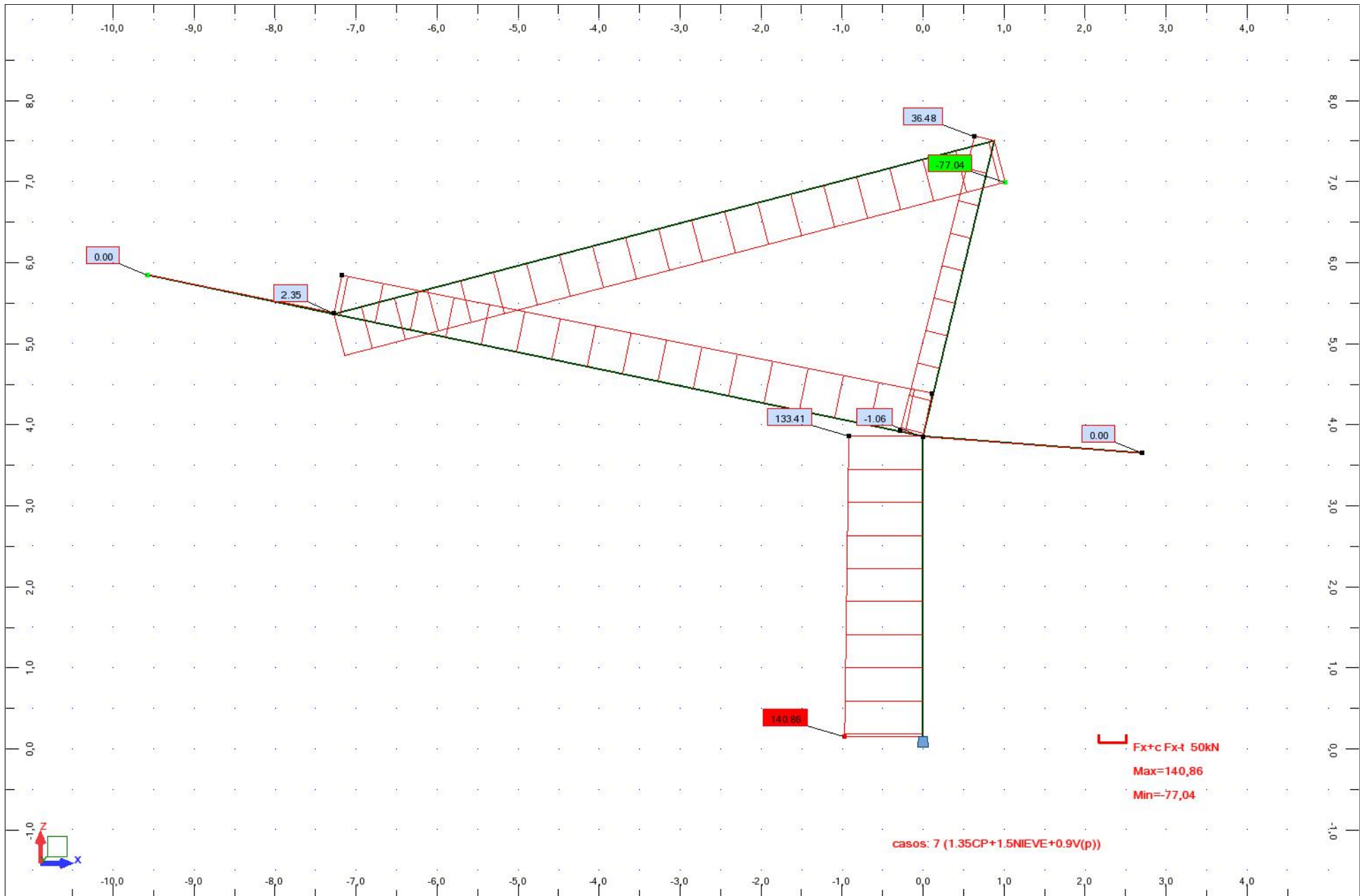


Vista - FX; casos: 6 (1.35CP+1.5USO)

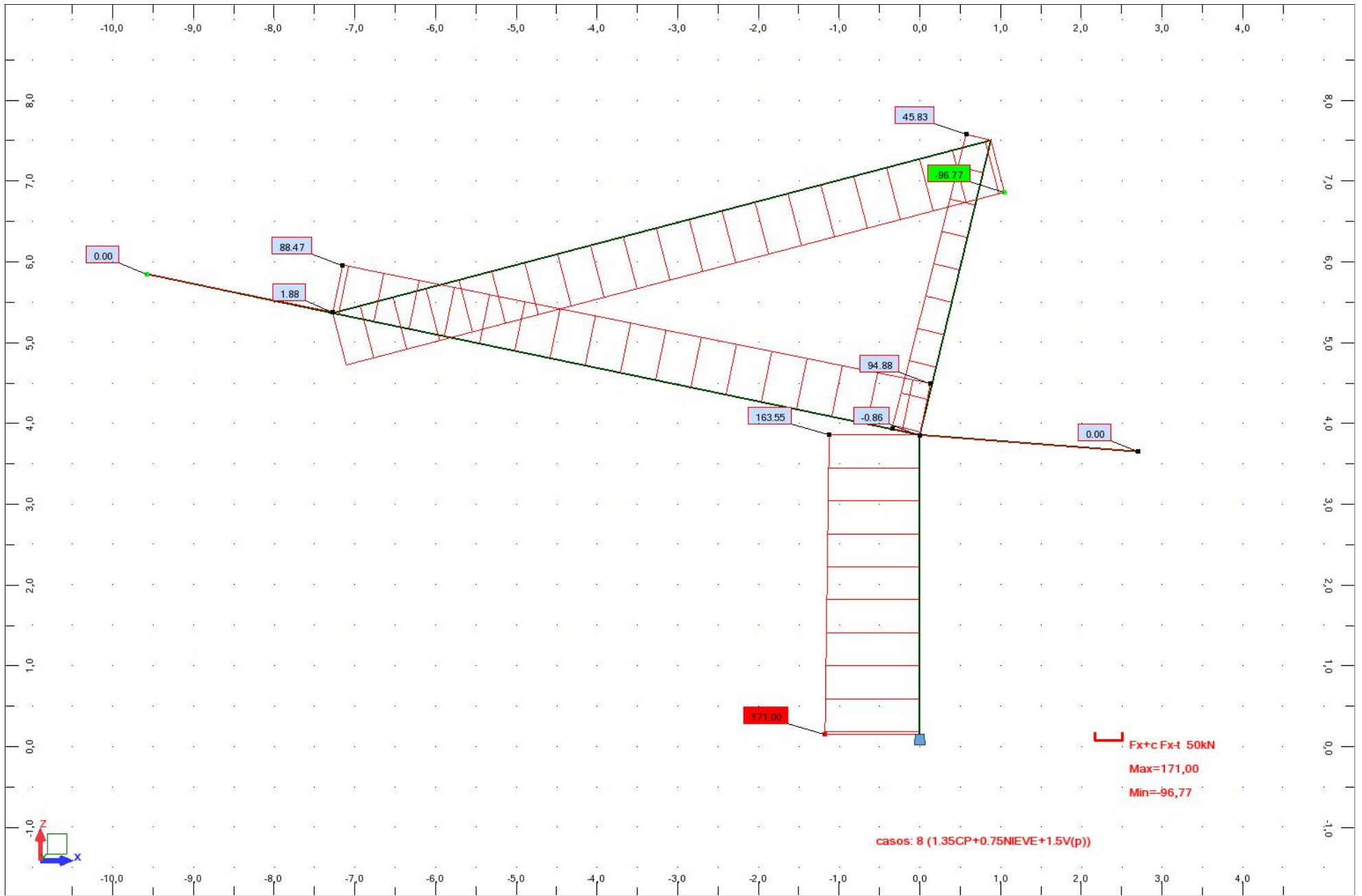




Vista - FX; casos: 7 (1.35CP+1.5NIEVE+0.9V(p))

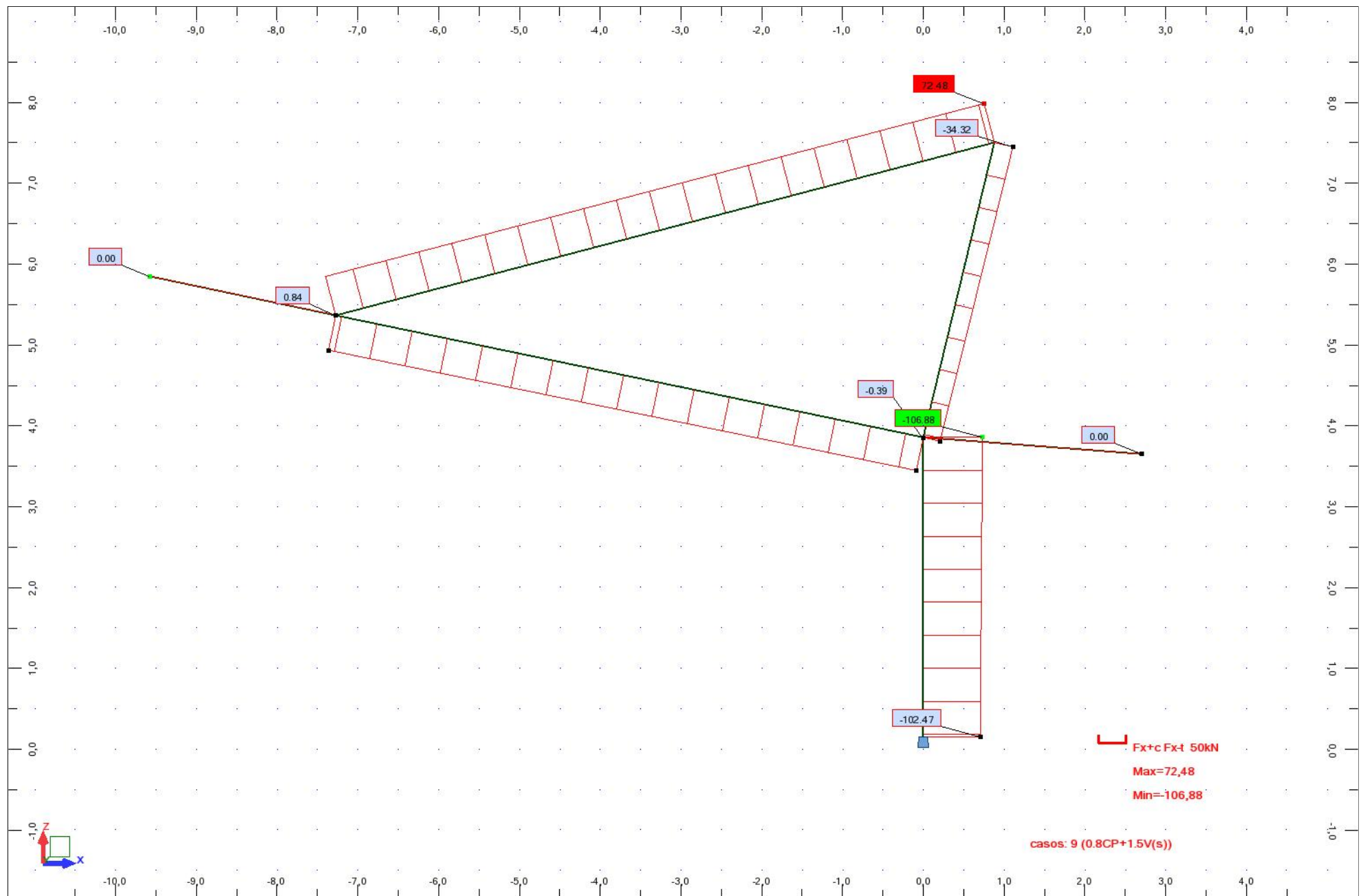


Vista - FX; casos: 8 (1.35CP+0.75NIEVE+1.5V(p))

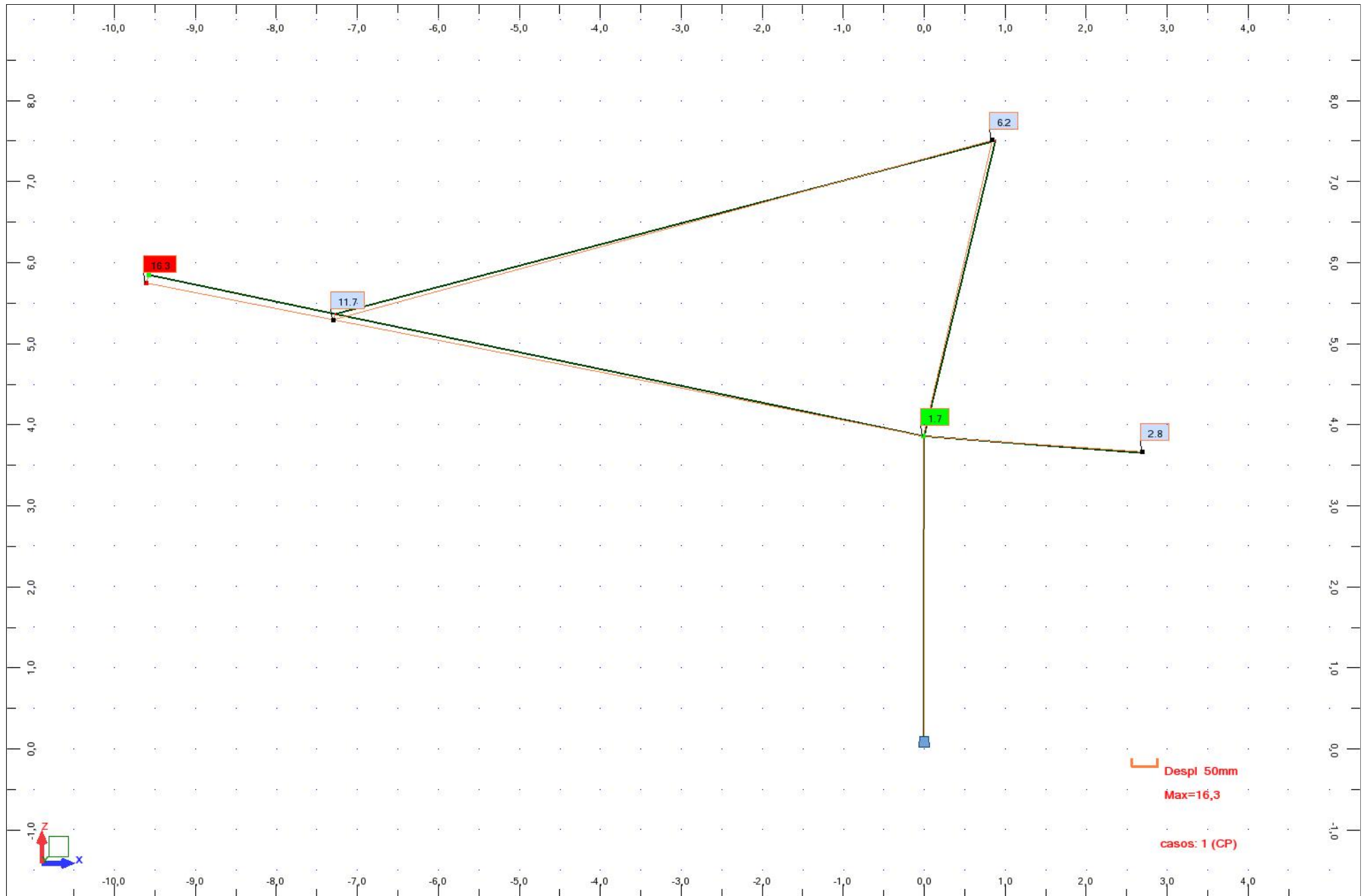




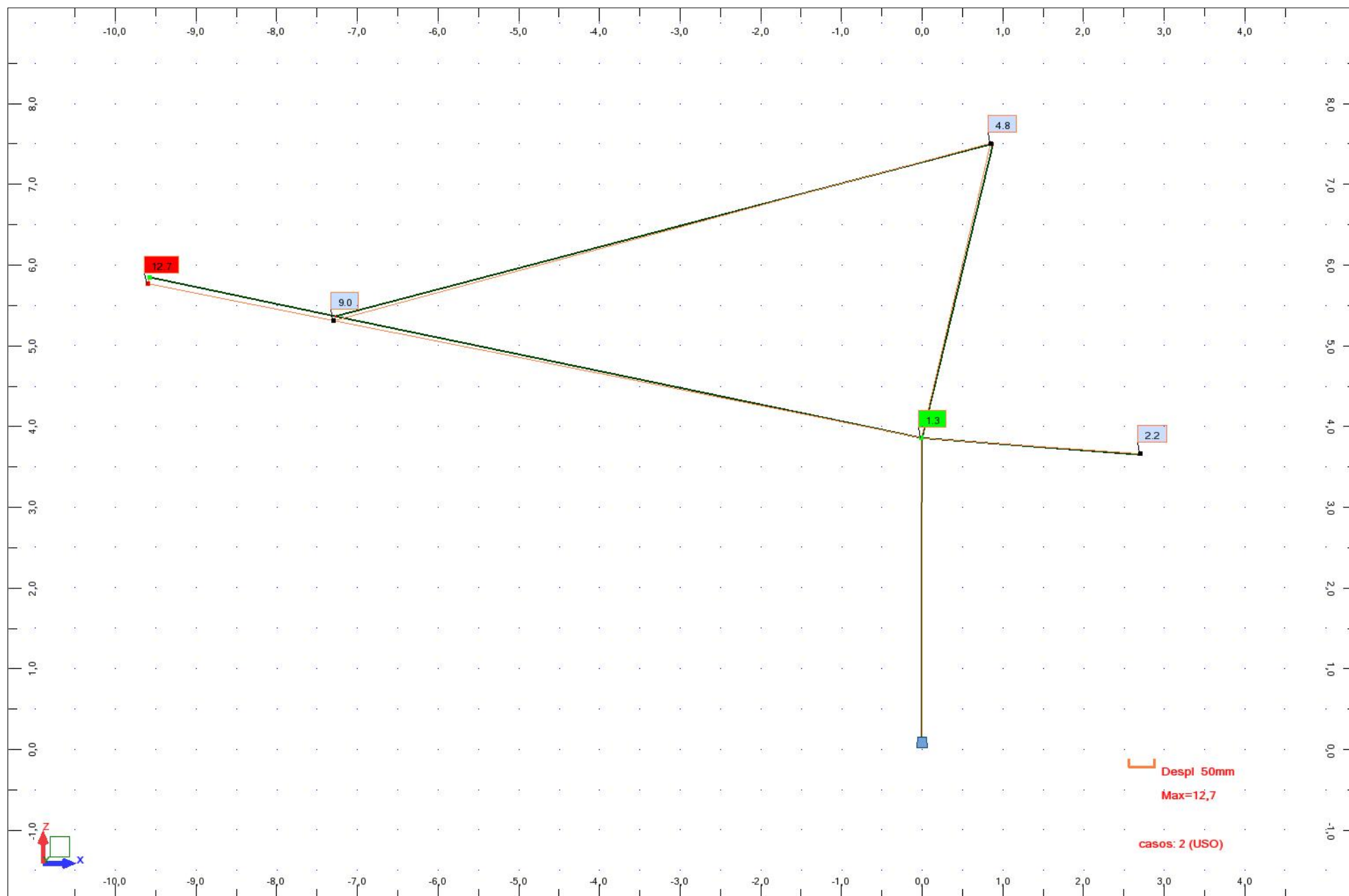
Vista - FX; casos: 9 (0.8CP+1.5V(s))



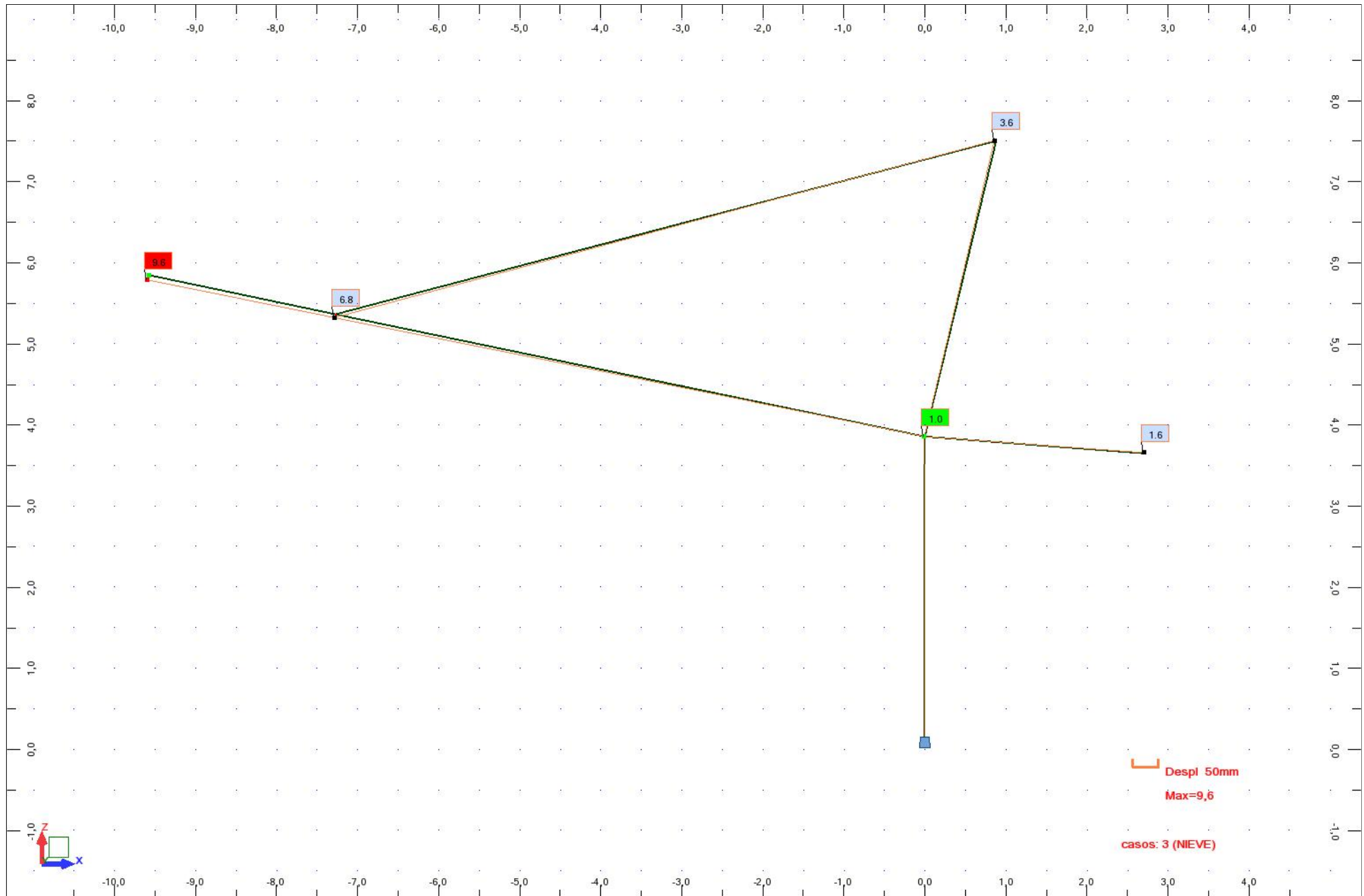
Vista - Def. exacta; casos: 1 (CP)



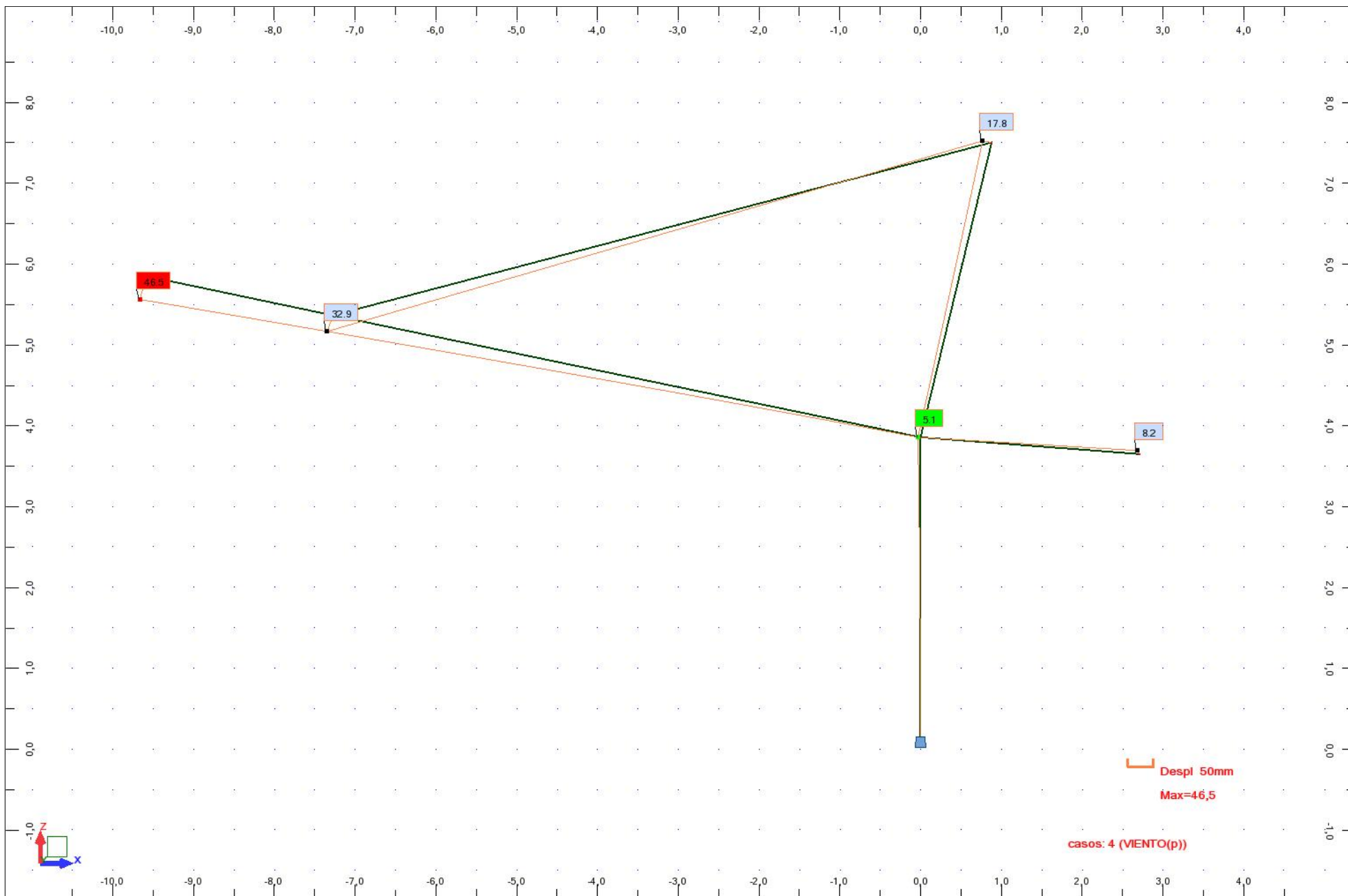
Vista - Def. exacta; casos: 2 (USO)



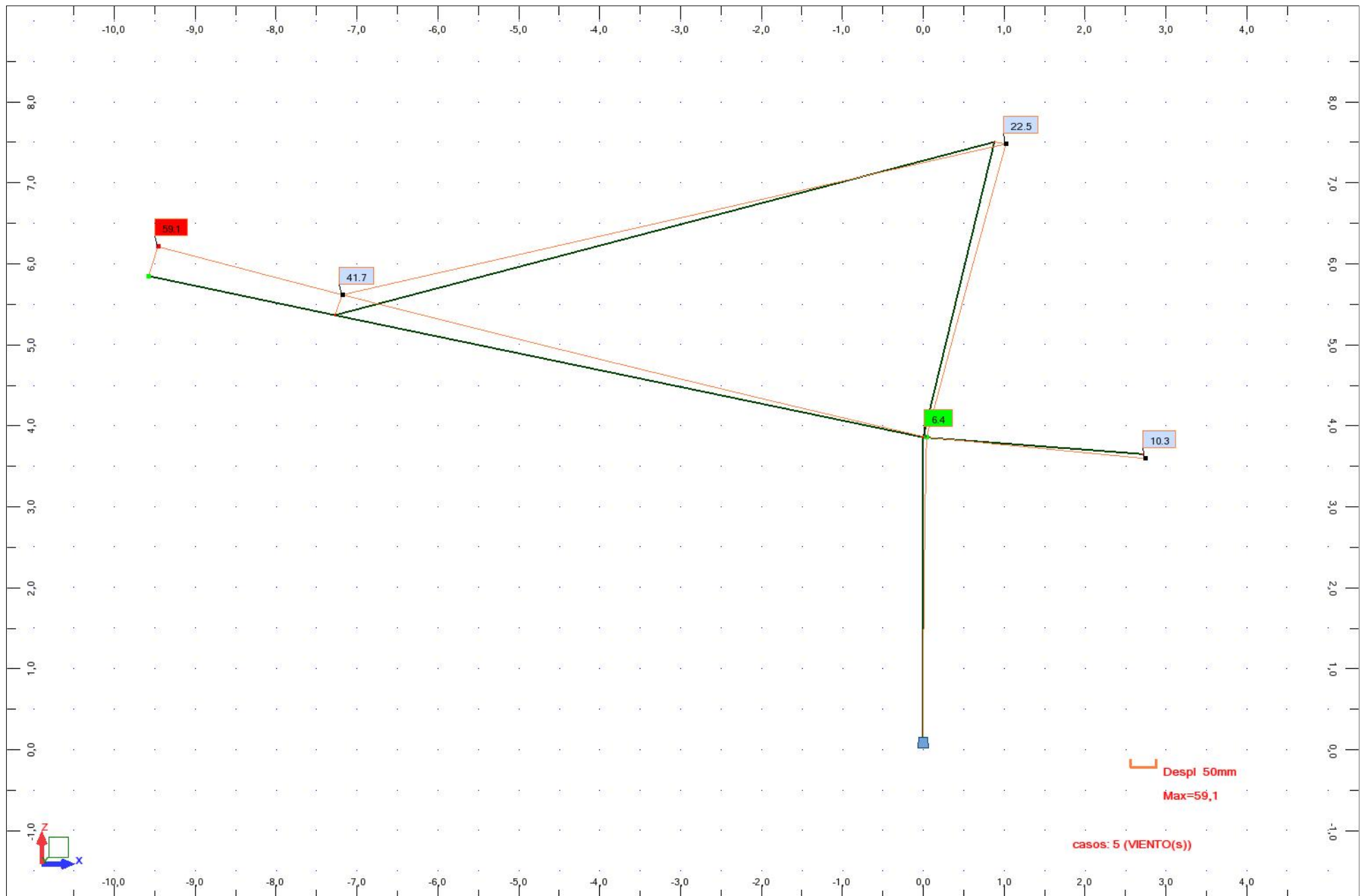
Vista - Def. exacta; casos: 3 (NIEVE)



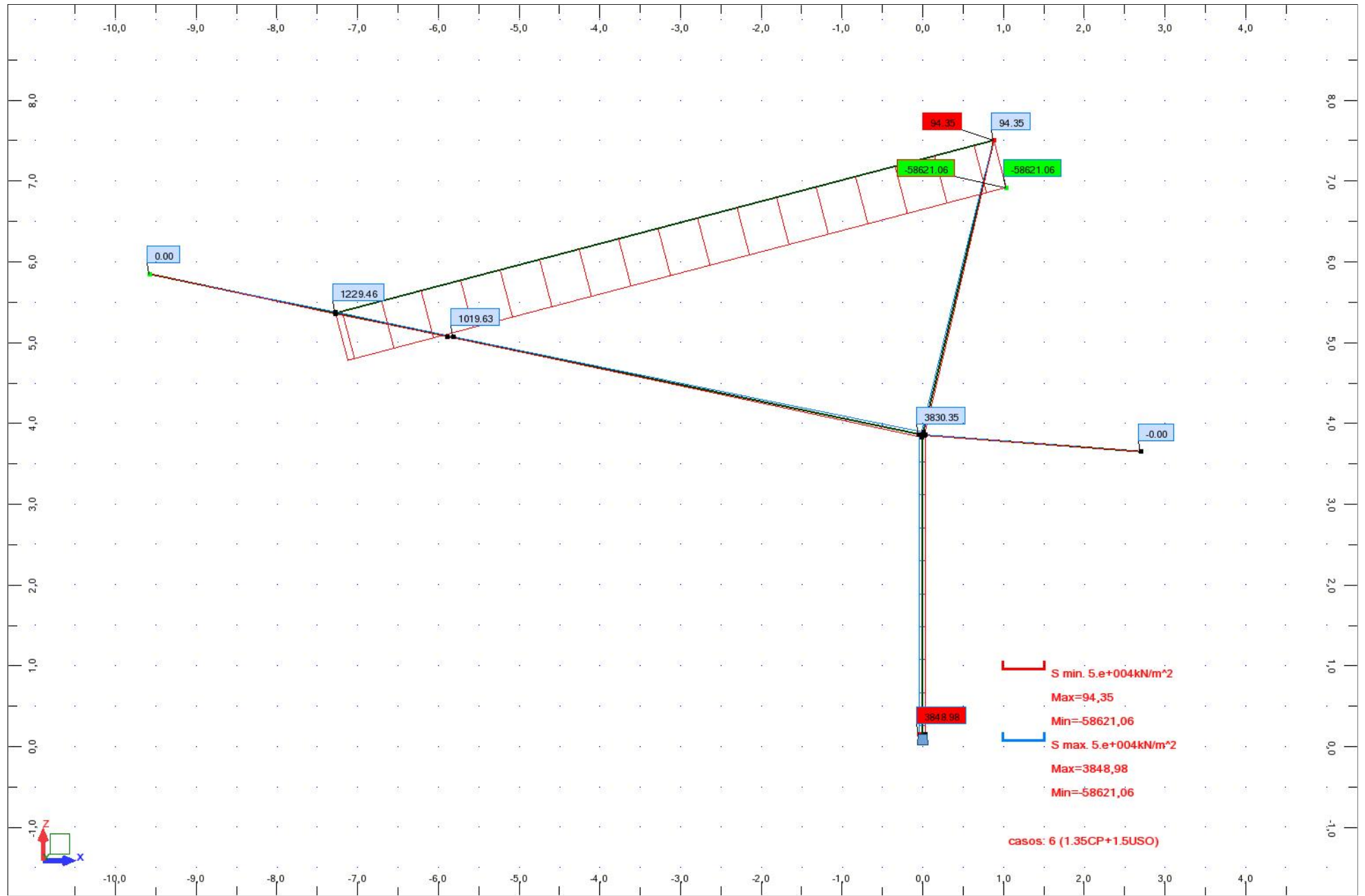
Vista - Def. exacta; casos: 4 (VIENTO(p))



Vista - Def. exacta; casos: 5 (VIENTO(s))



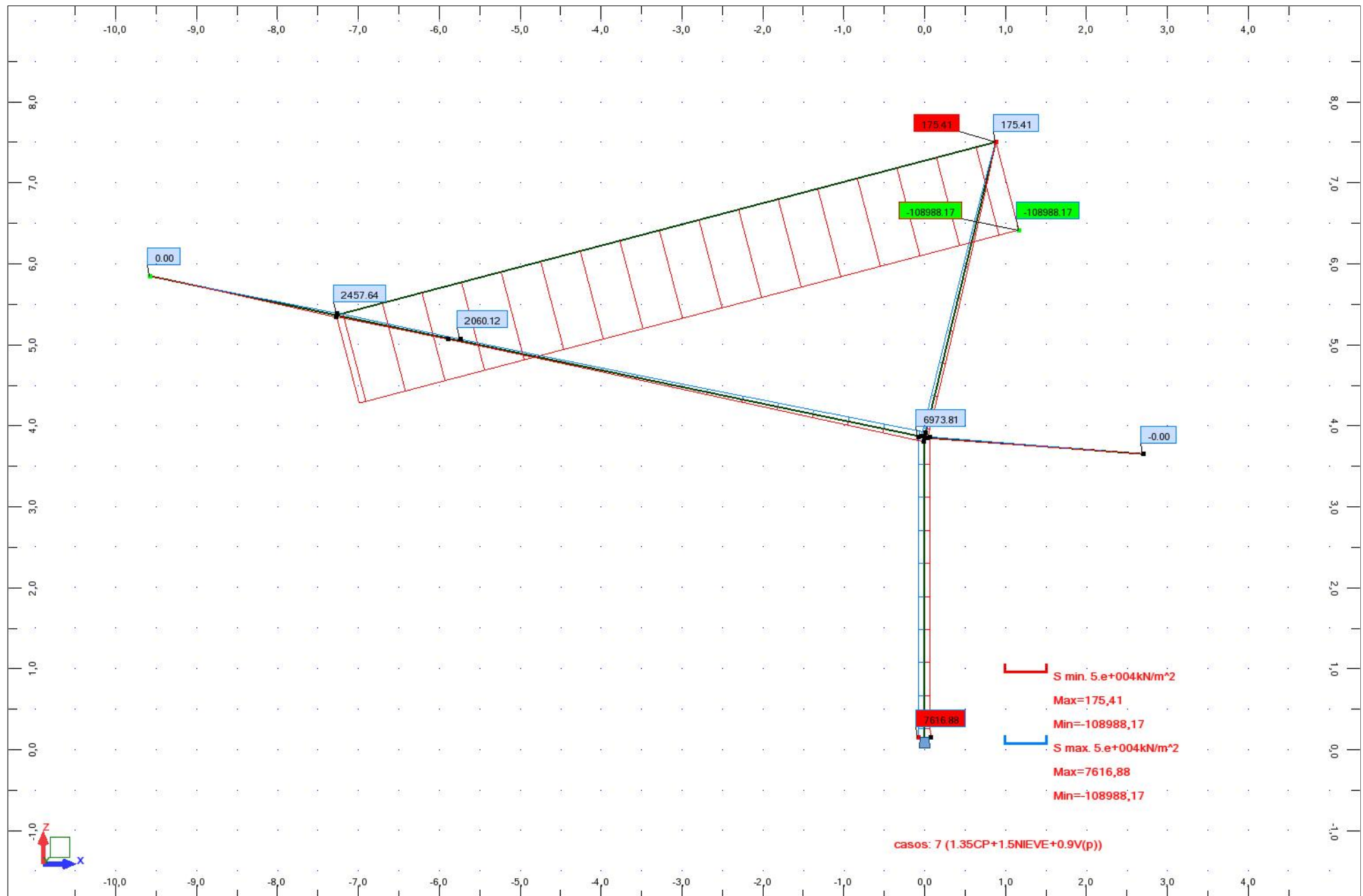
Vista - S max;S min; casos: 6 (1.35CP+1.5USO)



S min. 5.e+004kN/m<sup>2</sup>  
Max=94,35  
Min=-58621,06  
S max. 5.e+004kN/m<sup>2</sup>  
Max=3848,98  
Min=-58621,06  
casos: 6 (1.35CP+1.5USO)

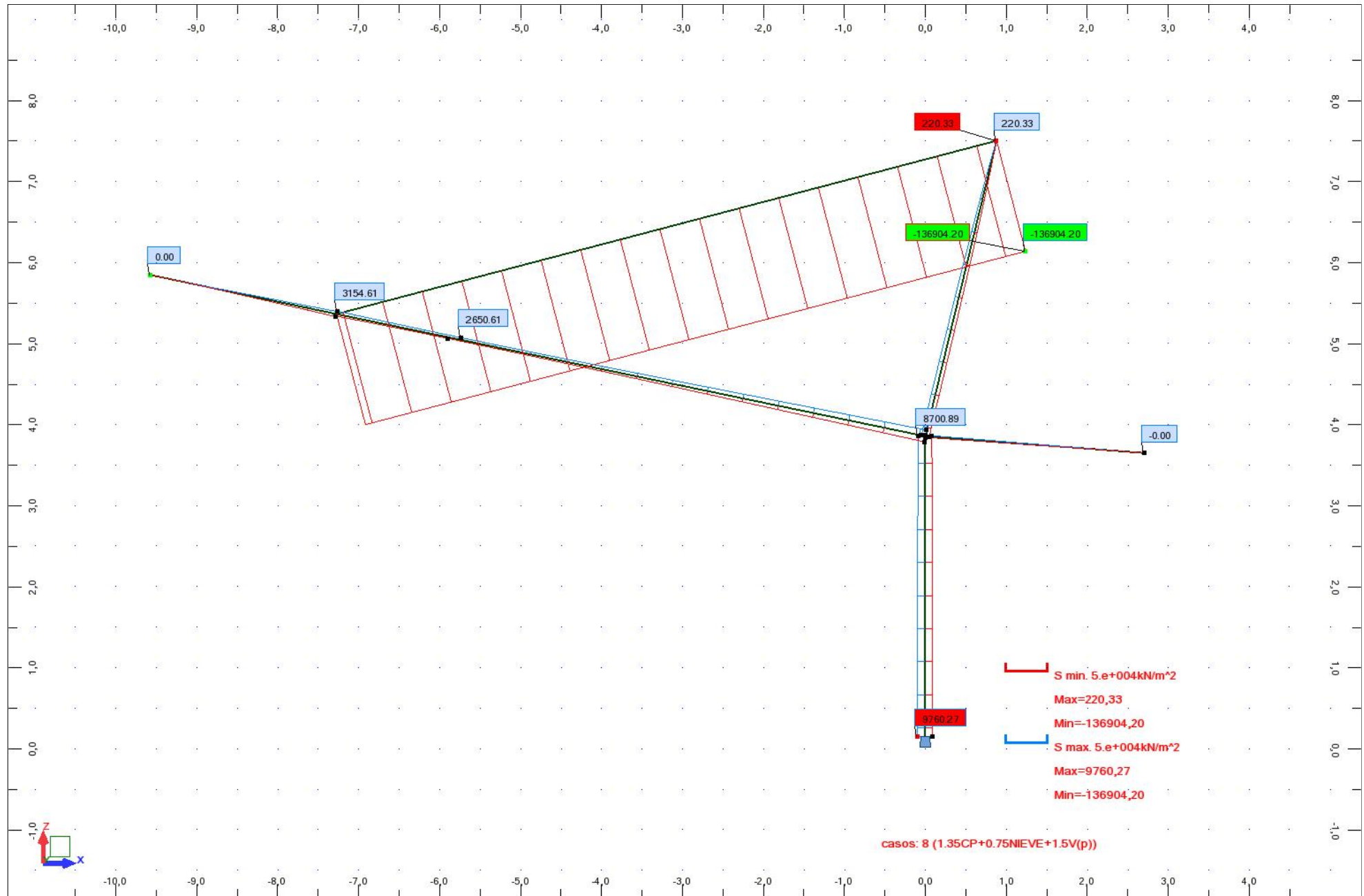


Vista - S max;S min; casos: 7 (1.35CP+1.5NIEVE+0.9V(p))

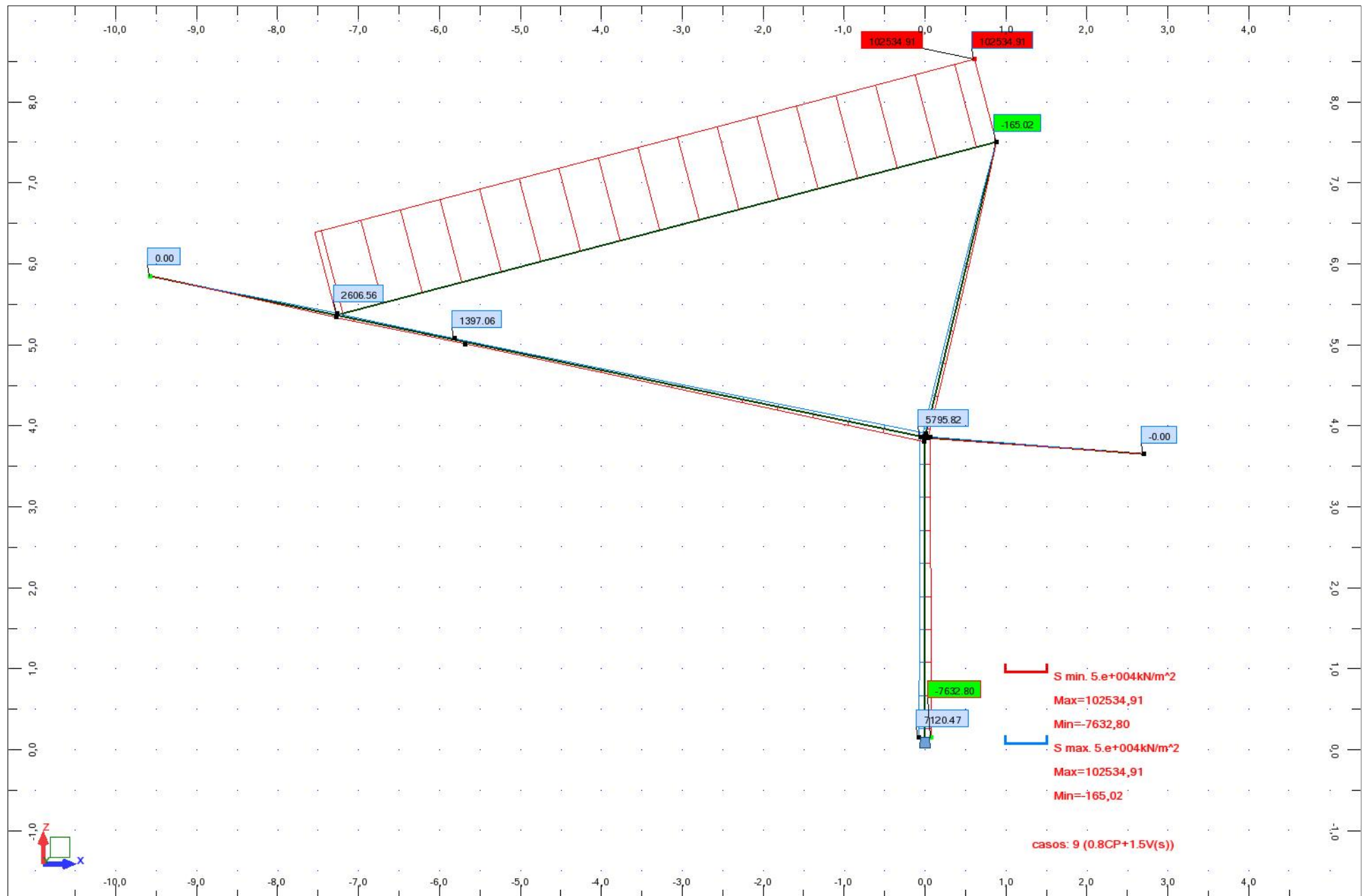




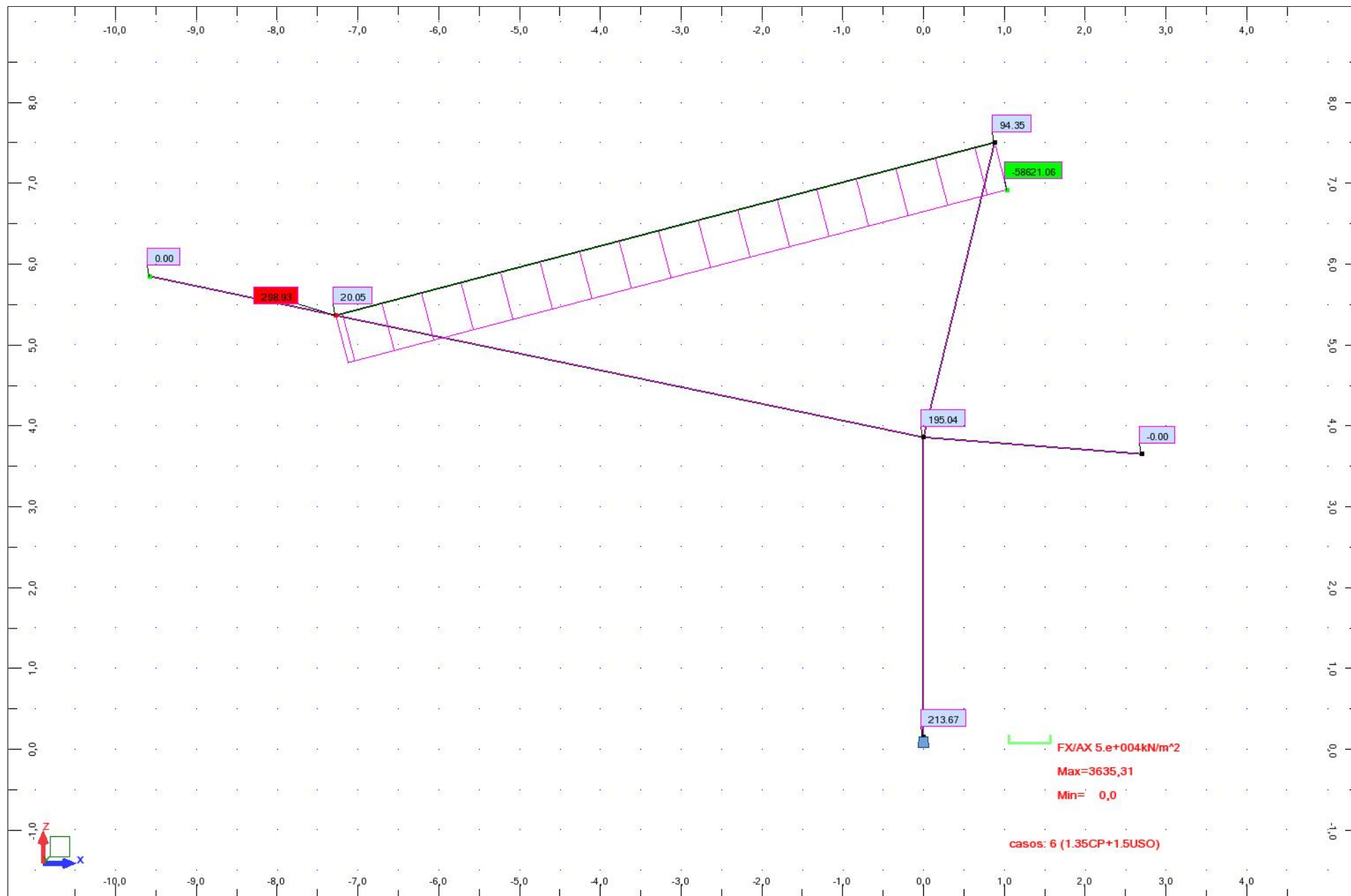
Vista - S max;S min; casos: 8 (1.35CP+0.75NIEVE+1.5V(p))



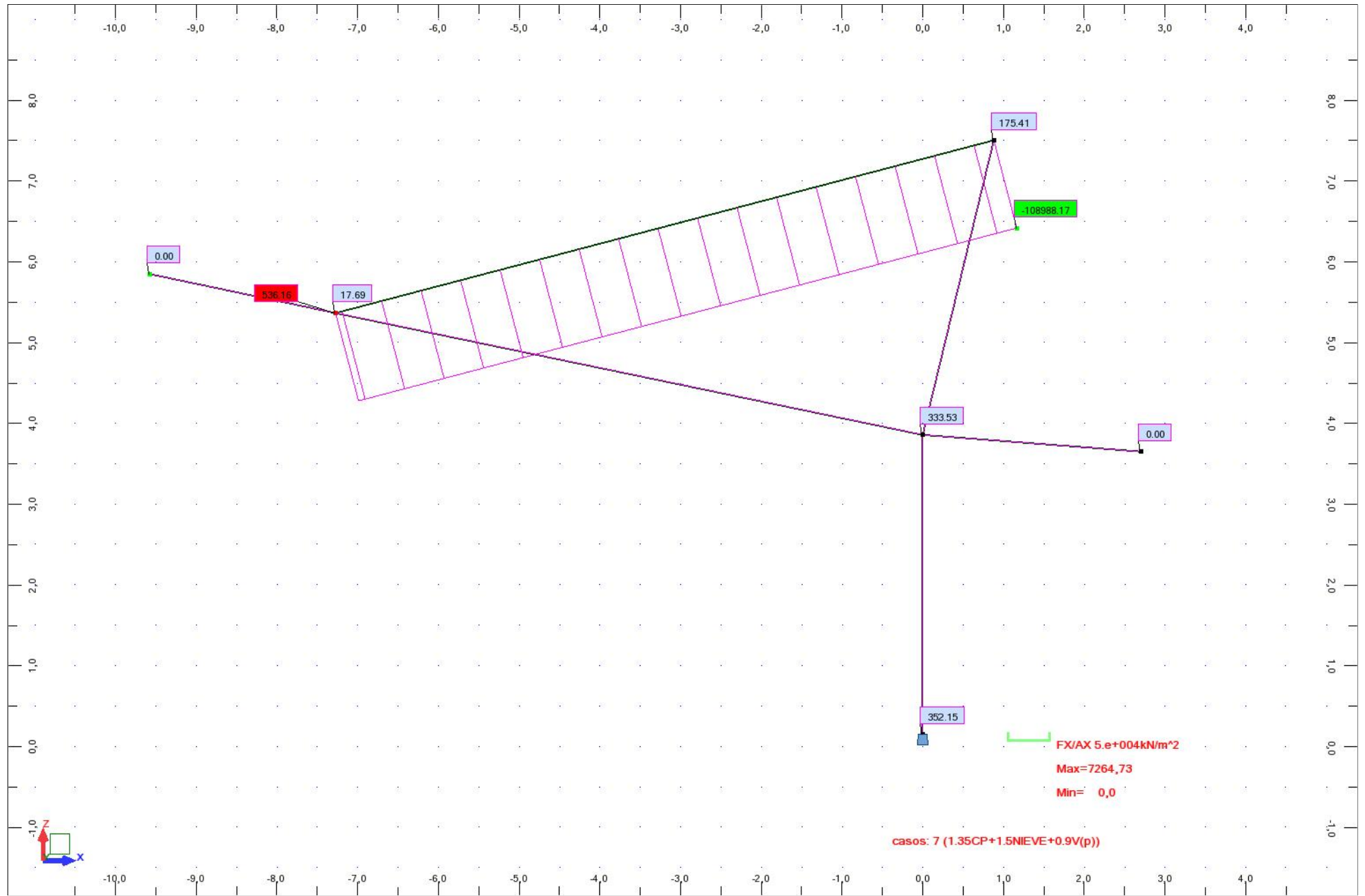
Vista - S max;S min; casos: 9 (0.8CP+1.5V(s))



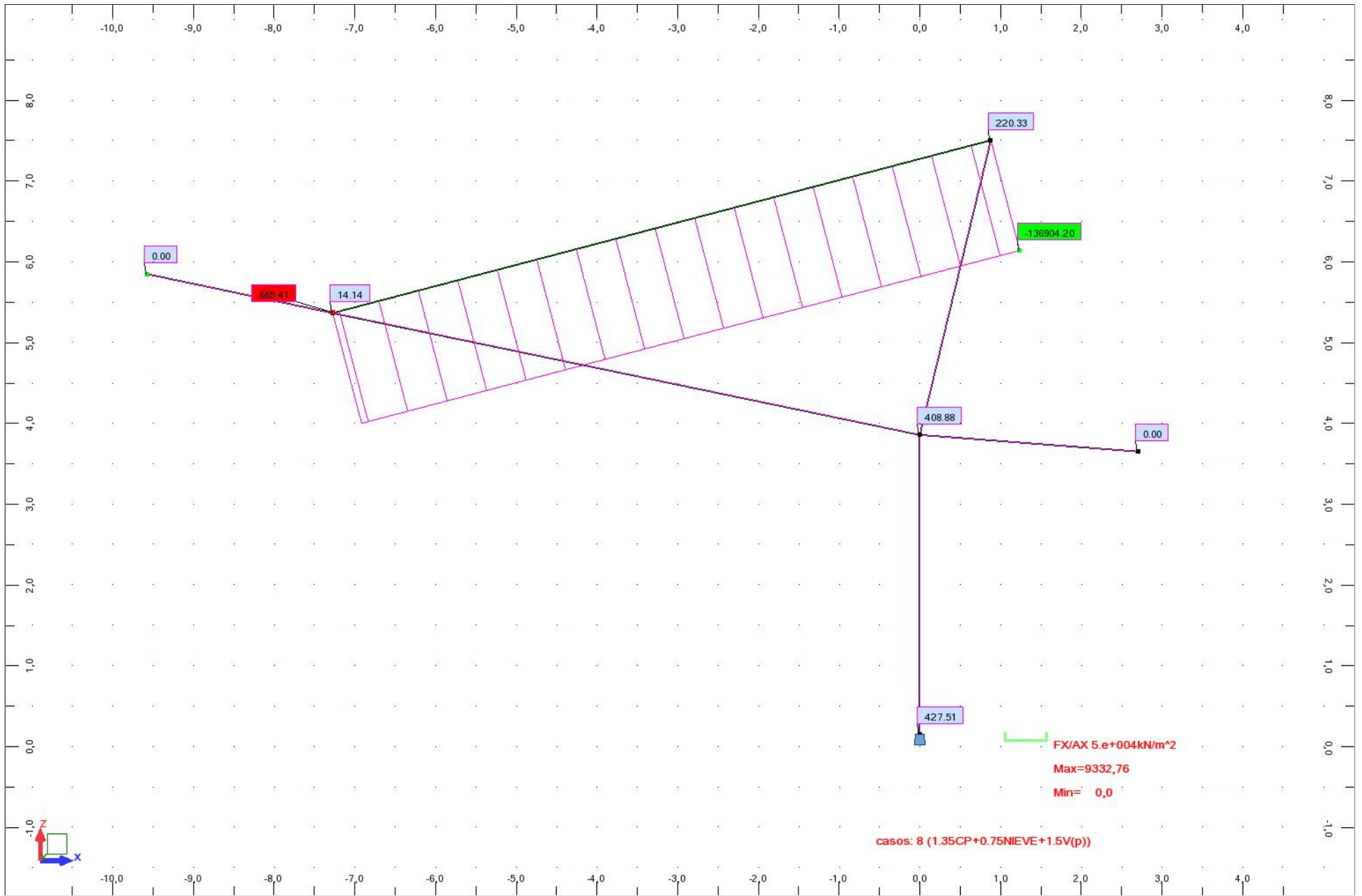
Vista - Fx/Ax; casos: 6 (1.35CP+1.5USO)



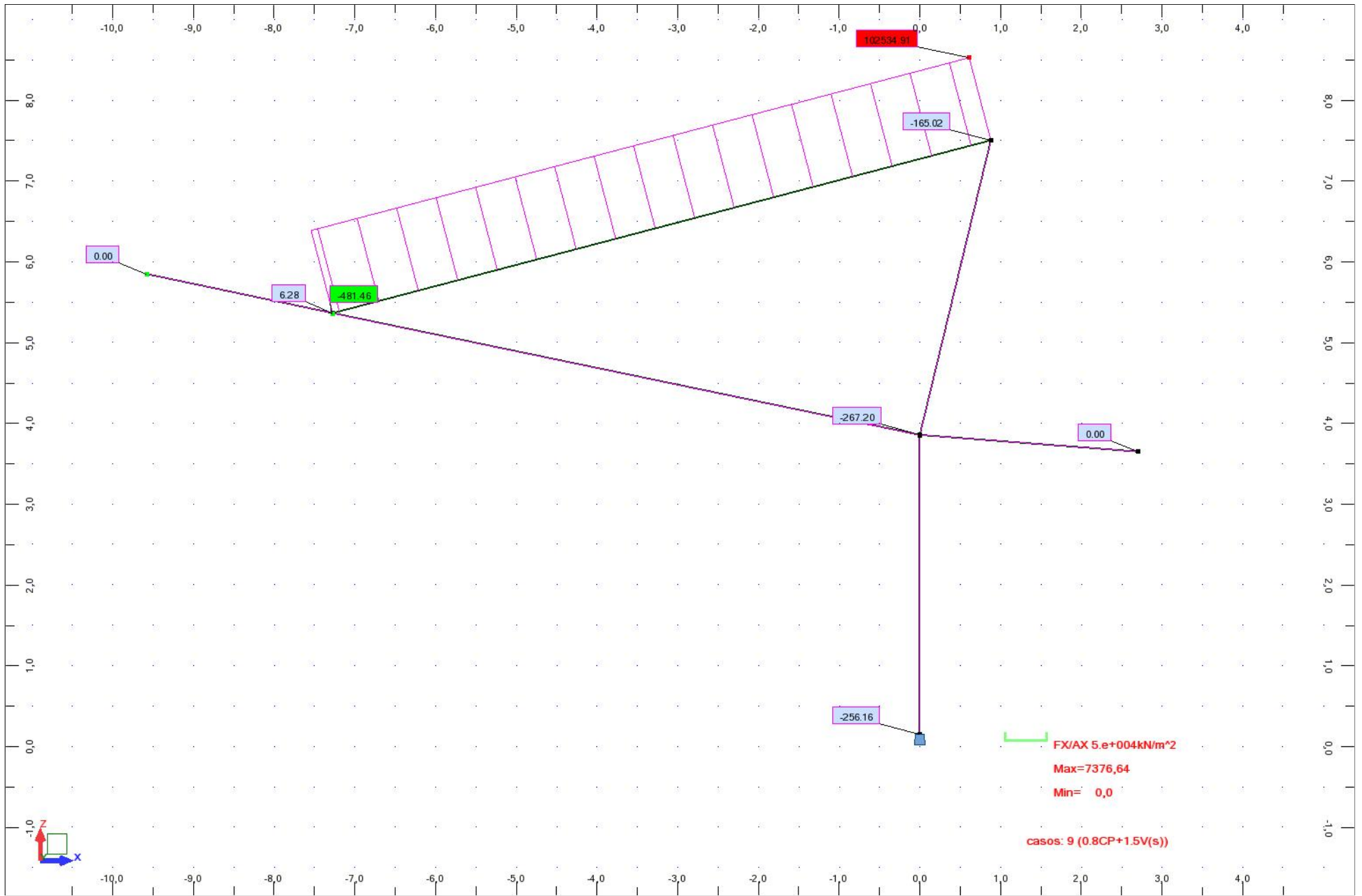
Vista - Fx/Ax; casos: 7 (1.35CP+1.5NIEVE+0.9V(p))



Vista - Fx/Ax; casos: 8 (1.35CP+0.75NIEVE+1.5V(p))

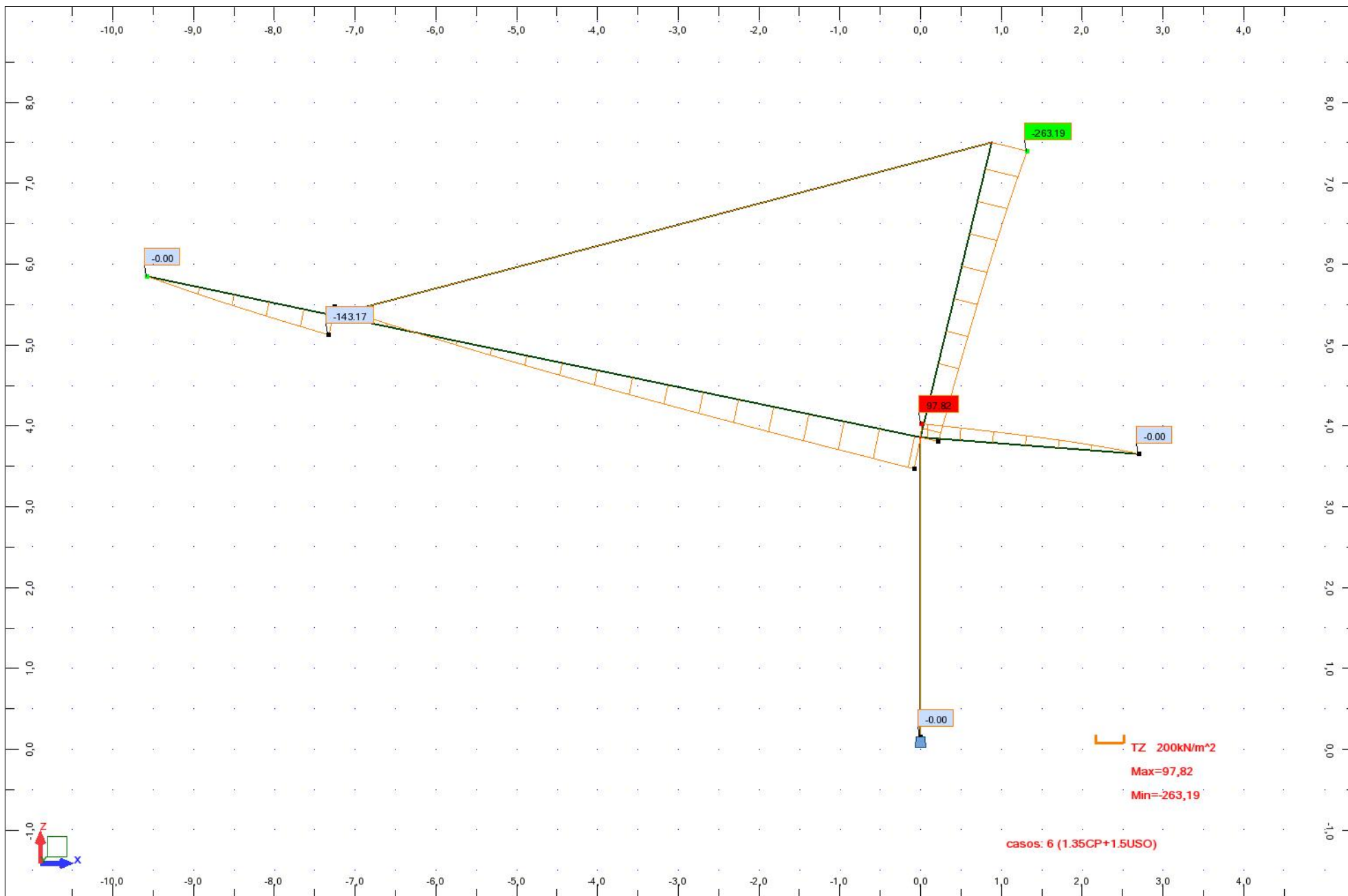


Vista - Fx/Ax; casos: 9 (0.8CP+1.5V(s))

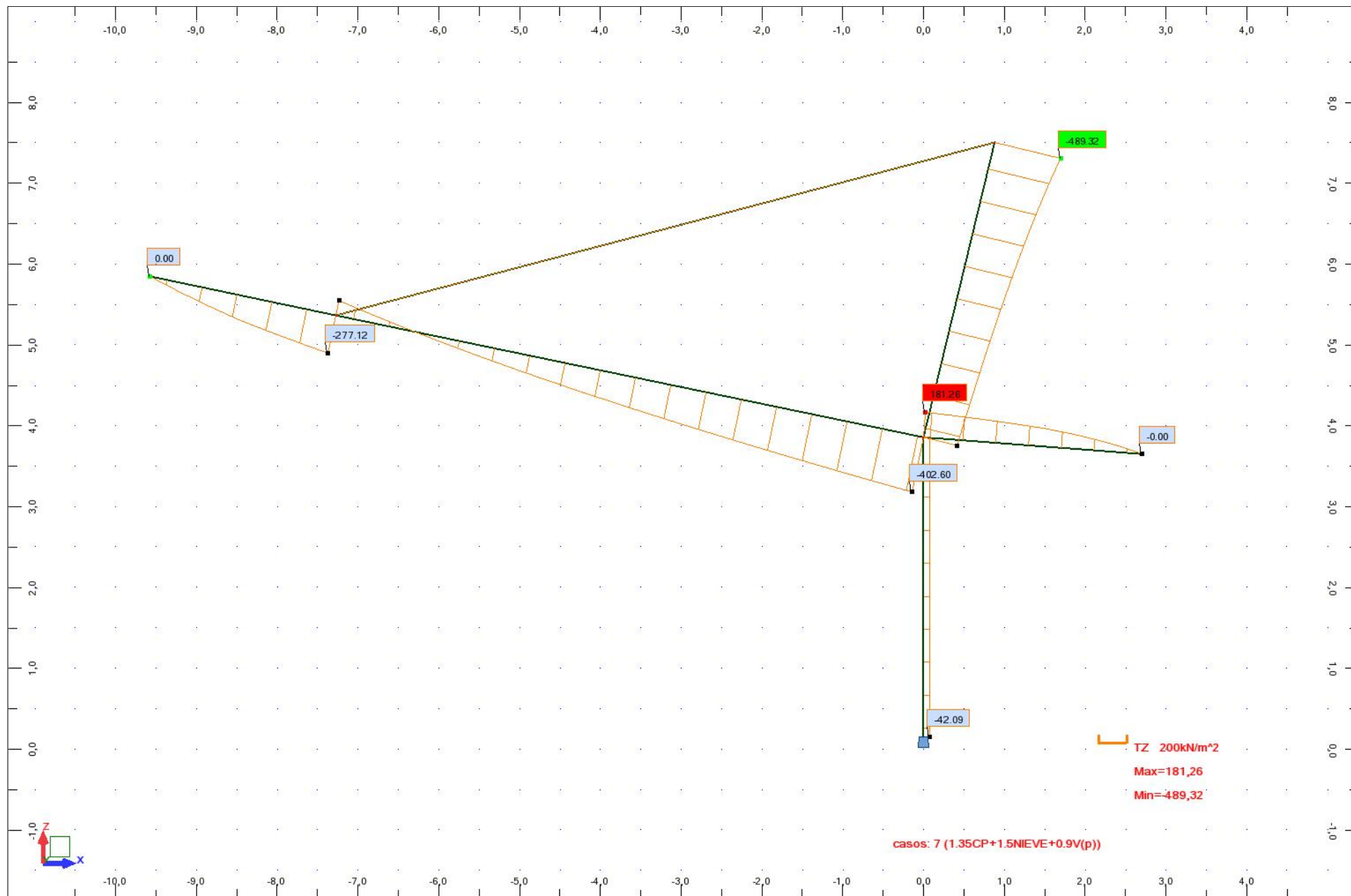




Vista - TZ; casos: 6 (1.35CP+1.5USO)

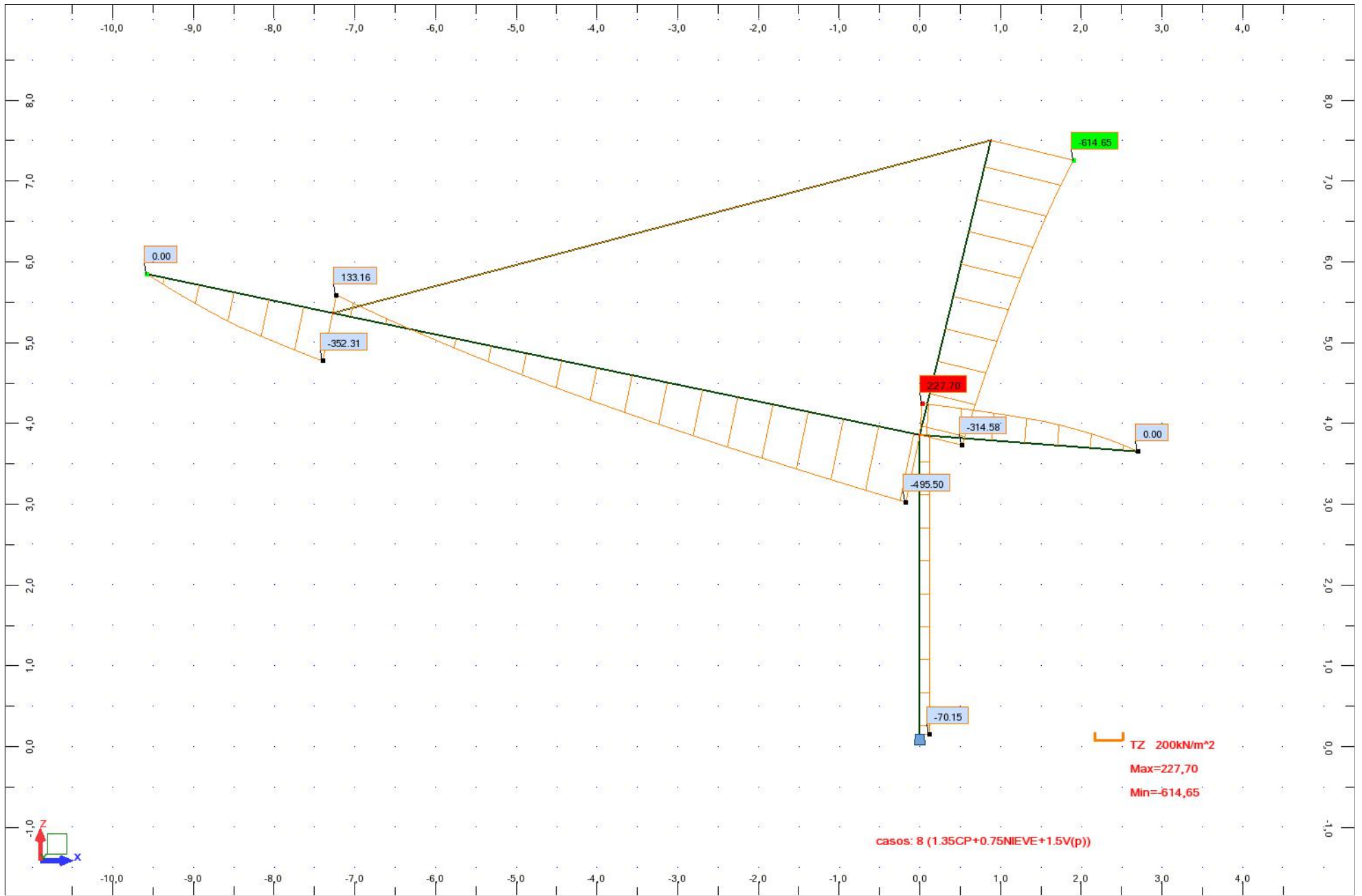


Vista - TZ; casos: 7 (1.35CP+1.5NIEVE+0.9V(p))

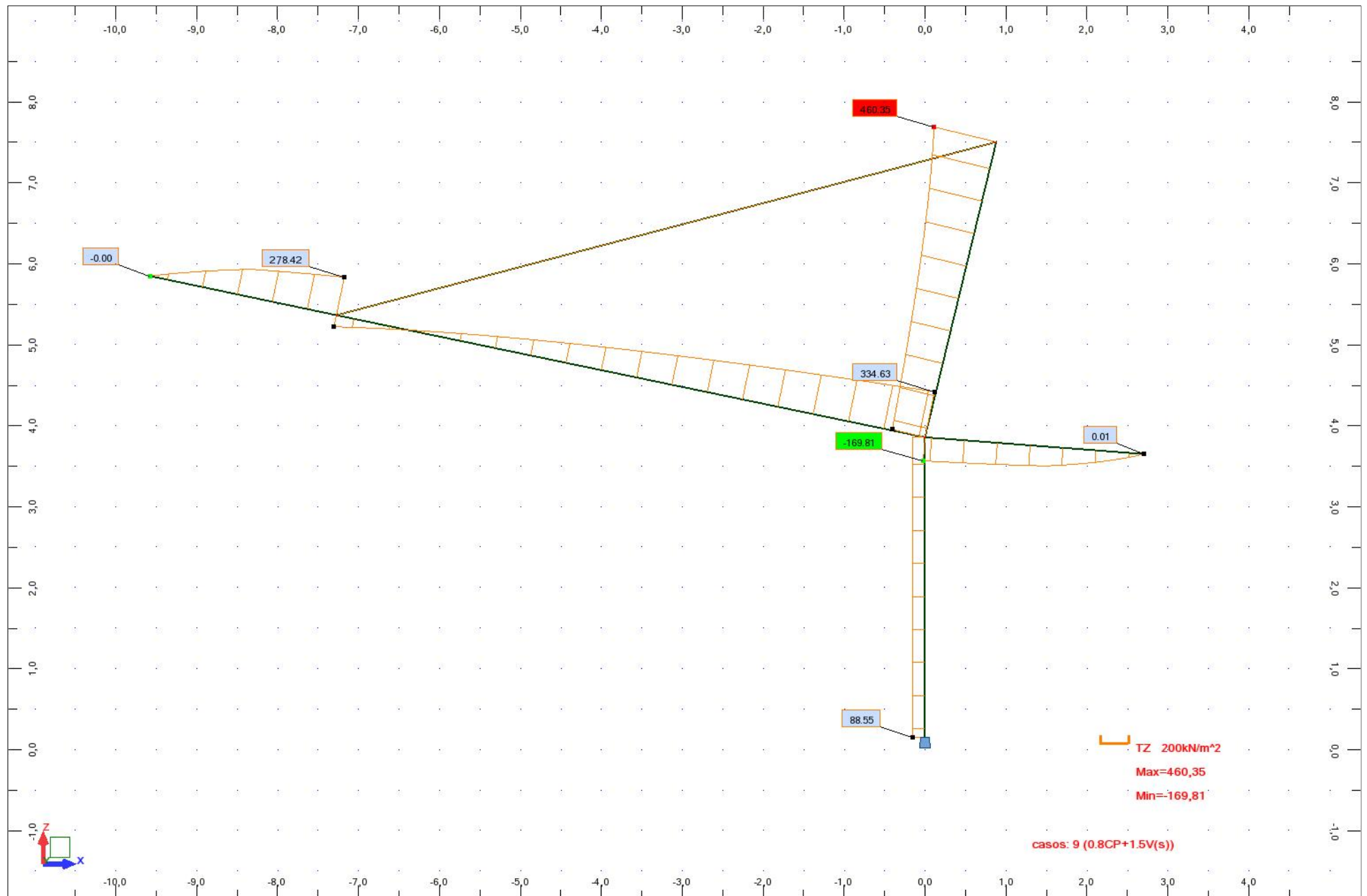




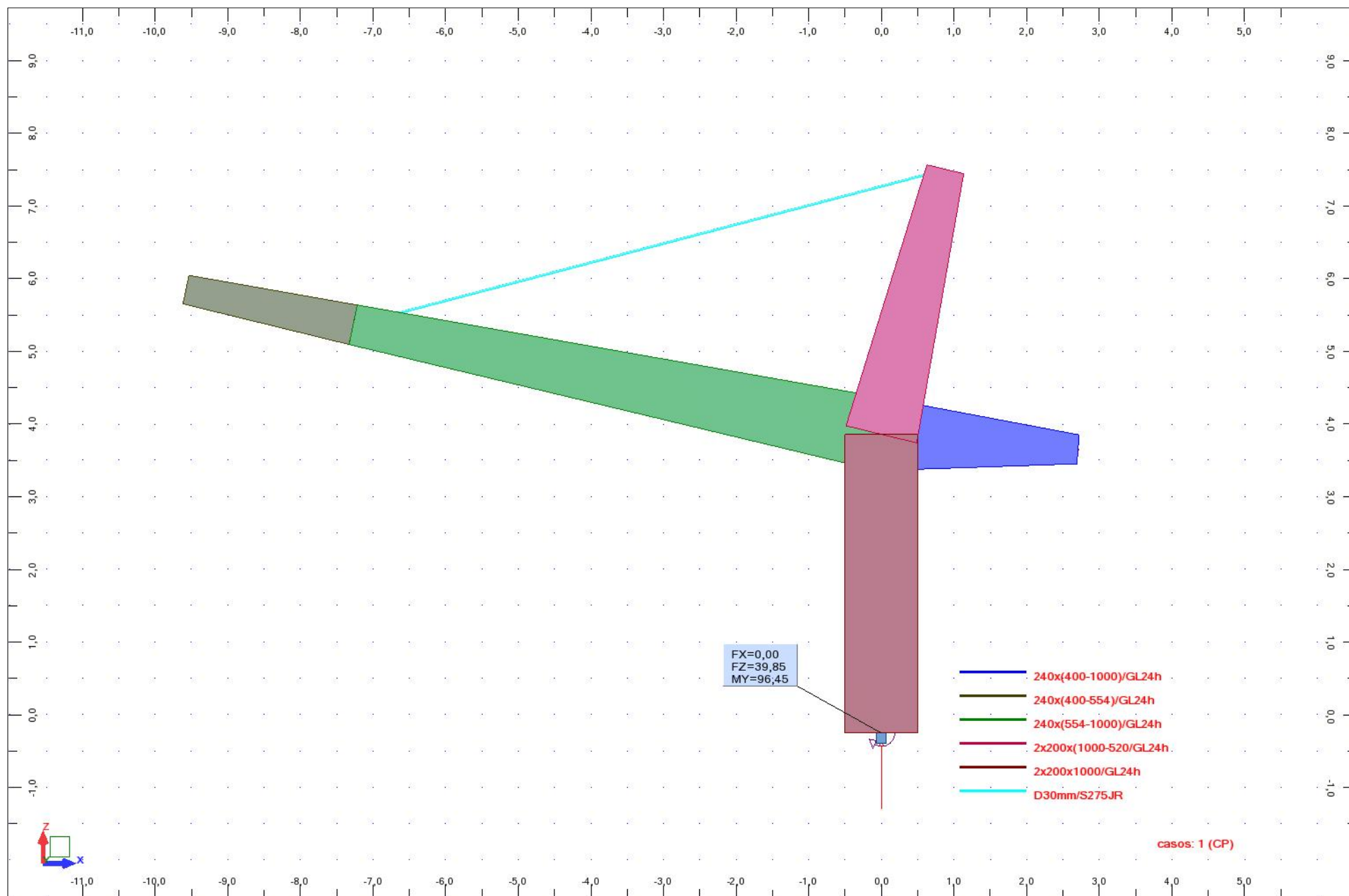
Vista - TZ; casos: 8 (1.35CP+0.75NIEVE+1.5V(p))



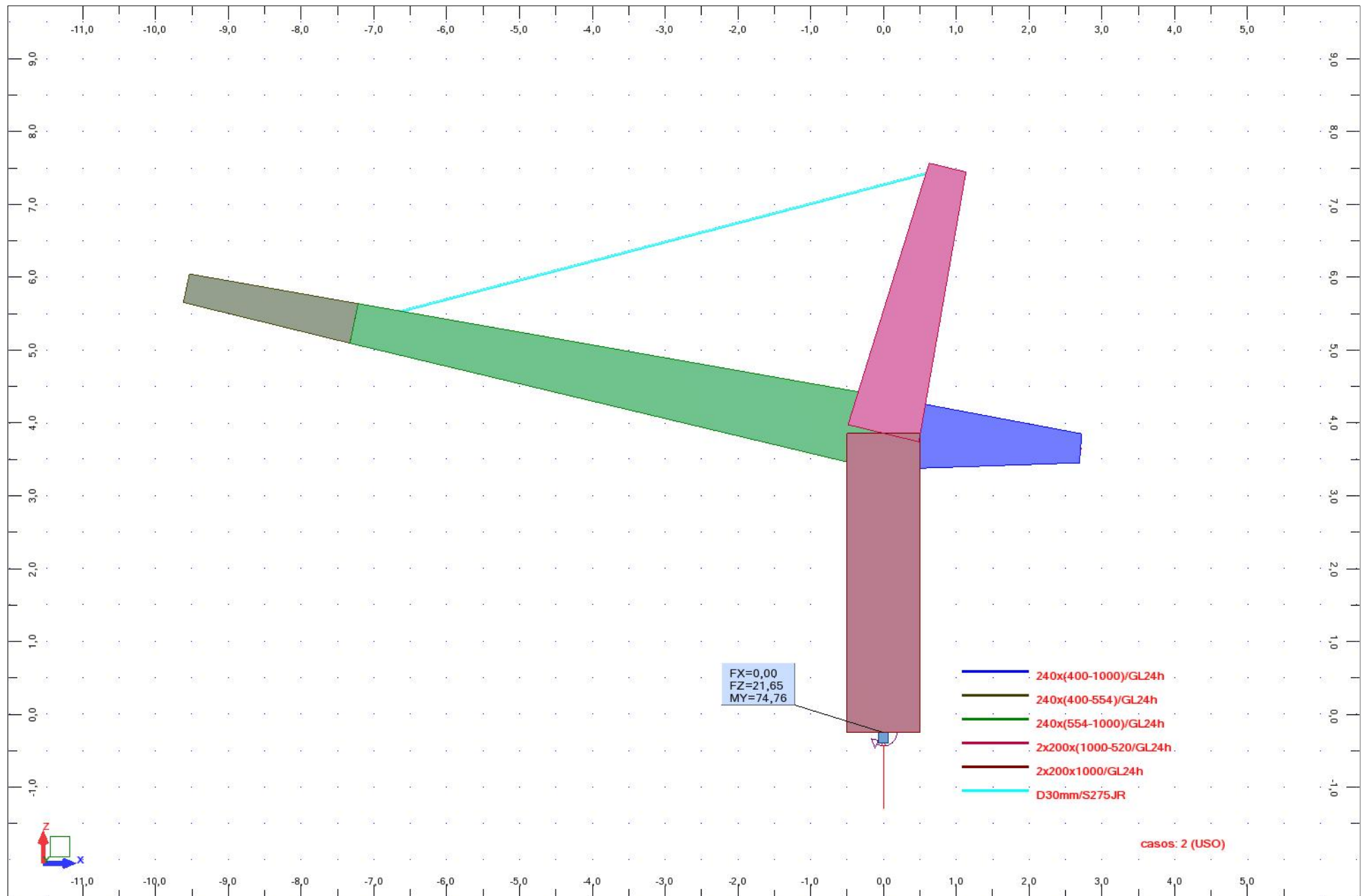
Vista - TZ; casos: 9 (0.8CP+1.5V(s))



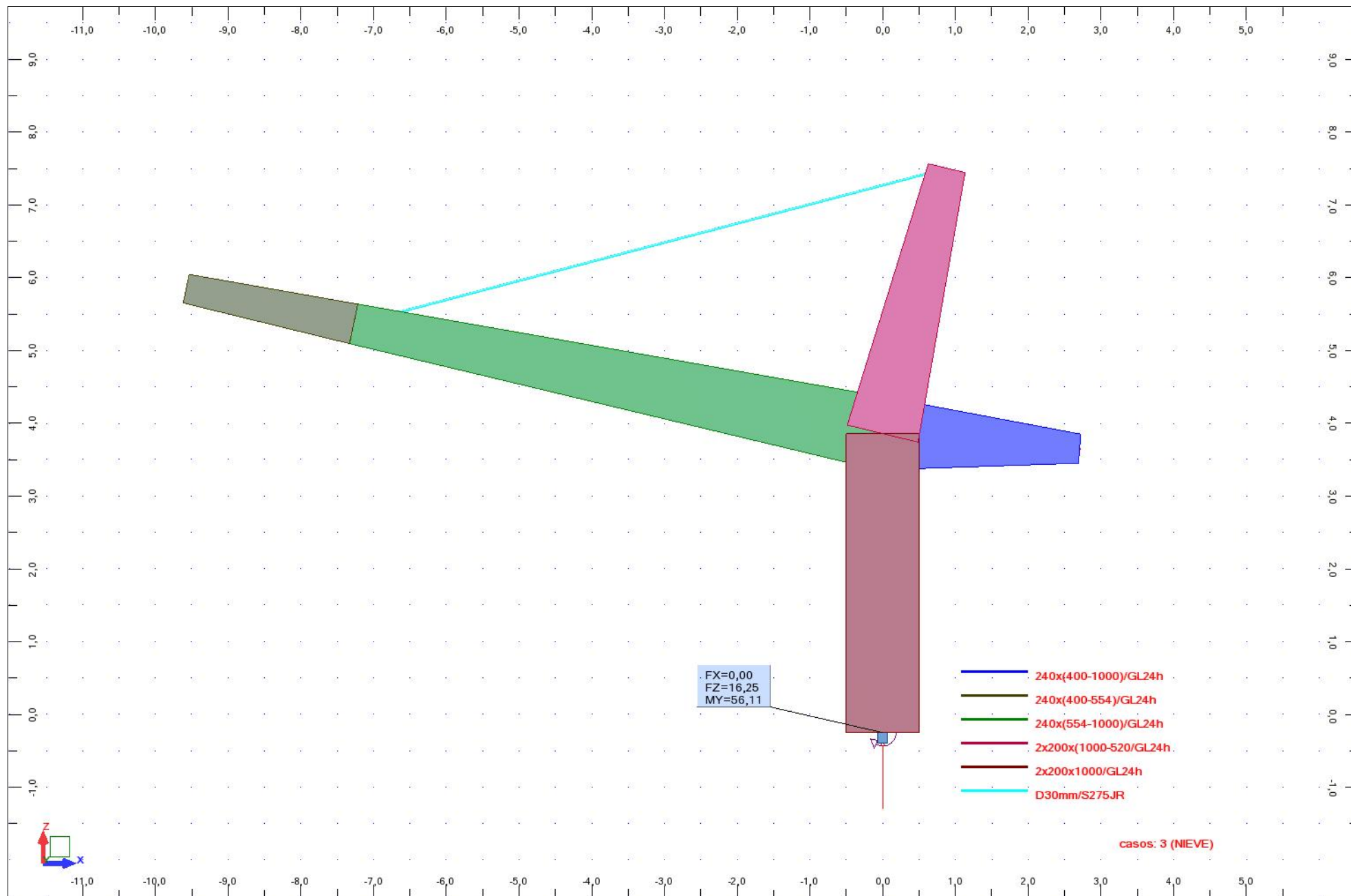
Vista - Fuerzas de reacción(kN);Momentos de reacción(kN\*m); casos: 1 (CP)



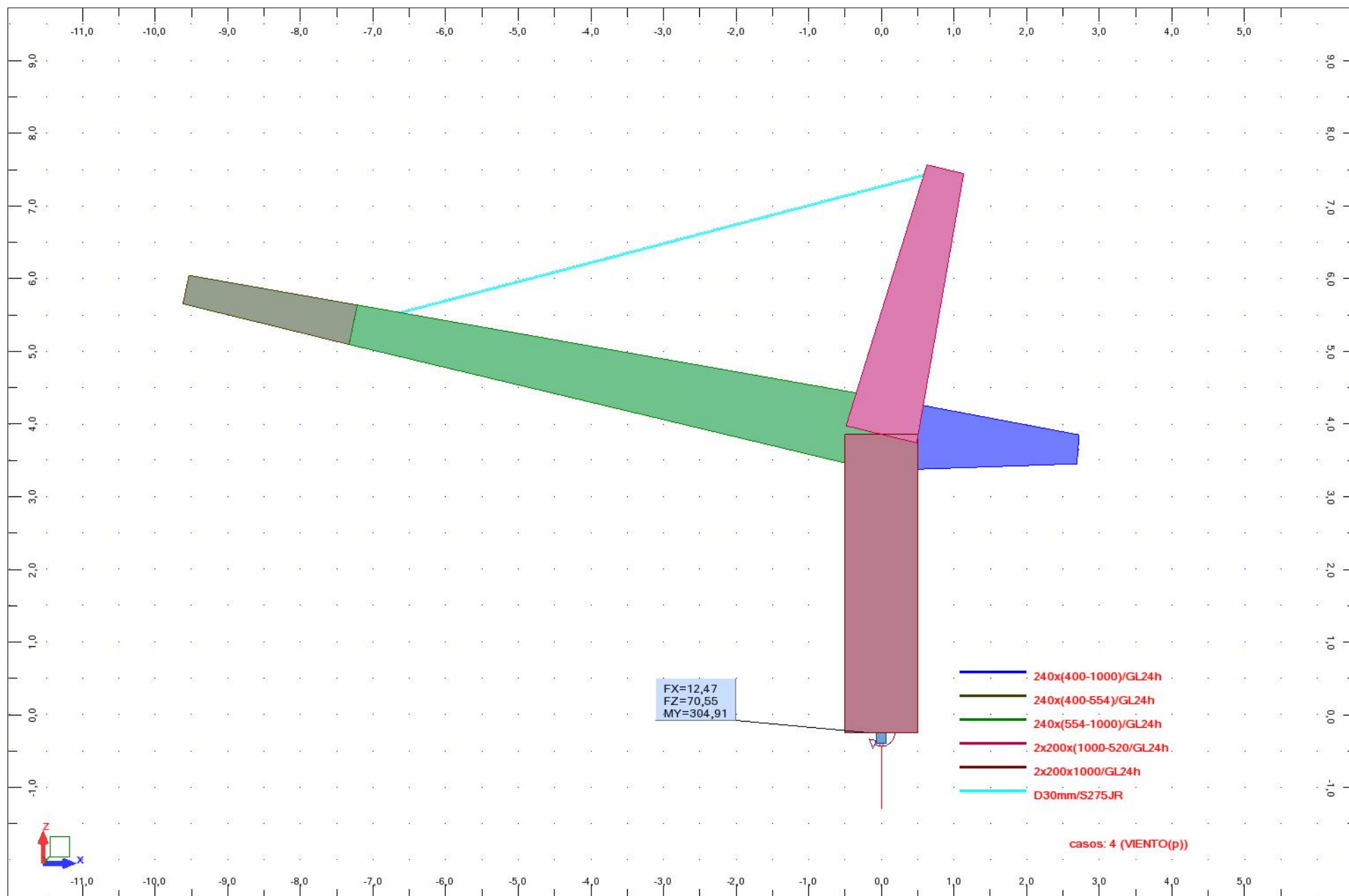
Vista - Fuerzas de reacción(kN);Momentos de reacción(kN\*m); casos: 2 (USO)



Vista - Fuerzas de reacción(kN);Momentos de reacción(kN\*m); casos: 3 (NIEVE)



Vista - Fuerzas de reacción(kN);Momentos de reacción(kN\*m); casos: 4 (VIENTO(p))





Vista - Fuerzas de reacción(kN);Momentos de reacción(kN\*m); casos: 5 (VIENTO(s))

