

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE: **NOPIN ALAVESA S.A.**

SOLICITANTE: **IÑIGO ORTIZ**

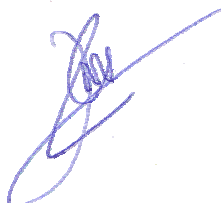
DIRECCIÓN: **C/ JUNDIZ 20, POL. IND. JUNDIZ
01015 VITORIA-GASTEIZ (ALAVA)
CIF: A-01044403**

PRODUCTO ENSAYADO:	Sistema de Andamio Marco Fachada.
OBJETO DE LA PETICIÓN:	Ensayos correspondientes a las normas UNE-EN 12810-1:2005, UNE-EN 12810-2:2005, UNE-EN 12811-1:2005, UNE-EN 12811-2:2005 y UNE-EN 12811-3:2003.

FECHA DE RECEPCIÓN:	10.07.2008
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO:	22.09.2008
FECHA DE FINALIZACIÓN DEL ENSAYO:	07.11.2008
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	24.11.2008

Los resultados recogidos en este informe solo se refieren al producto recibido y sometido a ensayo en este Centro de Investigación en las fechas indicadas.

Este informe consta de noventa y una (91) páginas y no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de CIDEMCO, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Xabier Olano".

Xabier Olano
Técnico Área Ingeniería de Accesos
Dpto. Construcción

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Sergio Fernández".

Sergio Fernández
Resp. Área Ingeniería de Accesos
Dpto. Construcción

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Asier Maiztegi".

Asier Maiztegi
Director Dpto. Construcción

1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS

El día 10 de Julio de 2008 se recibió en CIDEMCO, procedente de NOPIN, el siguiente material (que corresponde al Andamio Nopin Marco Fachada):

- Placa base.
- Husillo de nivel de 0.7m.
- Marco de 0.7m.
- Larguero fachada 3m.
- Diagonal fachada 3m.
- Barandilla esquinual 0.7m.
- Tubo de 0.5m con gancho galvanizado.
- Abrazadera fija.
- Plataforma de 1m.
- Plataforma de 2m.
- Plataforma de 2.5m.
- Plataforma de 3m.
- Plataforma aluminio/madera/trampilla de 2m.
- Plataforma aluminio/madera/trampilla de 2.5m.
- Plataforma aluminio/madera/trampilla de 3m.

2. ENSAYOS SOLICITADOS

Se ha solicitado la realización de los ensayos especificados en las normas UNE-EN 12810-1:2005, UNE-EN 12810-2:2005, UNE-EN 12811-1:2005, UNE-EN 12811-2:2005 y UNE-EN 12811-3:2003, a saber:

1. Ensayo de rigidez en el plano horizontal, según UNE-EN 12810-2:2005, anexo A.
2. Ensayo de carga para plataformas, según UNE-EN 12811-1:2005, Apdo. 6.2.
3. Ensayos de impacto de plataformas de acuerdo con el anexo B de la Norma EN 12810-2: 2003
4. Ensayo de carga sobre protección lateral, según UNE-EN 12811-1:2005, Apdo. 6.2.
5. Ensayos de nudos, según UNE-EN 12810-2:2005, Anexo A.

6. Ensayos para diagonales, según UNE-EN 12810-2:2005, Anexo A.
7. Ensayo de durabilidad de peldaños, según UNE-EN 12811-1:2005, Apdo. 6.2.
8. Ensayos para acoplamientos, según UNE-EN 12811-1:2005, Anexo C.
9. Ensayo global, según UNE-EN 12810-2:2005, apartado 4.4.
10. Cargas de viento (de servicio y máxima), según UNE-EN 12811-1:2005, Apdo. 6.2
11. Bases regulables, según UNE-EN 12811-1:2005 Anexo B.
12. Diseño estructural del andamio (estados límite), según apartado 10 de UNE-EN 12811-1:2005.

3. ENSAYOS REALIZADOS

3.1. Ensayos de rigidez en el plano horizontal

Se realizan varios ensayos para determinar la relación de fuerza-desplazamiento (rigidez) en el plano horizontal.

Se montan 2 módulos de andamio y se amarran en varios puntos (dependiendo de la dirección de la fuerza se amarra en diferentes puntos).

Se aplican las cargas en dirección perpendicular al andamio (a la fachada) y en dirección paralela y se mide el desplazamiento producido en el punto de aplicación de la carga.

Además se colocan varias cargas sobre la plataforma, para simular el peso de otro módulo de andamio colocado en la parte superior, y también para simular una carga de cortante aplicada sobre el travesaño central.

En todos los ensayos, se mide la relación carga-desplazamiento hasta un desplazamiento máximo de 500 mm (máximo que puede extenderse el medidor de desplazamiento) y después se registra la carga máxima hasta la que la bomba manual no realiza un sobreesfuerzo o hasta finalizar la carrera del cilindro.

Rigidez en el plano horizontal aplicando una carga perpendicular al andamio y sin carga vertical sobre la plataforma

Se montan los 2 módulos de andamio y se colocan las placas que simulan el peso propio del andamio.

Se amarra en 3 puntos (ver fotos para la disposición de los amarres).

Se aplica la fuerza y se miden los desplazamientos.



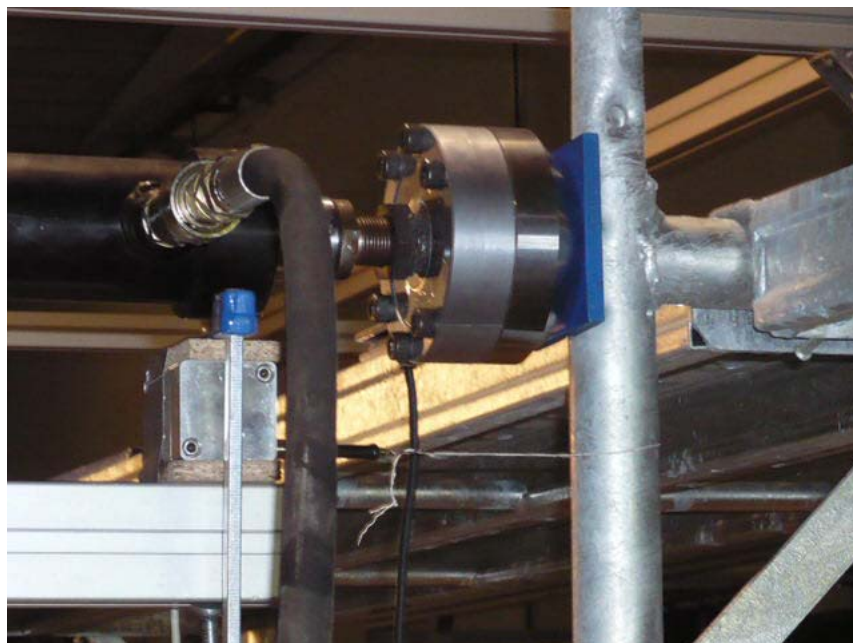
Montaje del ensayo de rigidez



Detalle de las placas



Puntos de amarre del andamio



Medición de la carga y el desplazamiento



Máxima carga del ensayo



Gráfica Fuerza-Desplazamiento

En el gráfico puede verse la relación fuerza desplazamiento, hasta una deformación máxima de 318,35 mm (máxima deformación medida con el extensómetro).

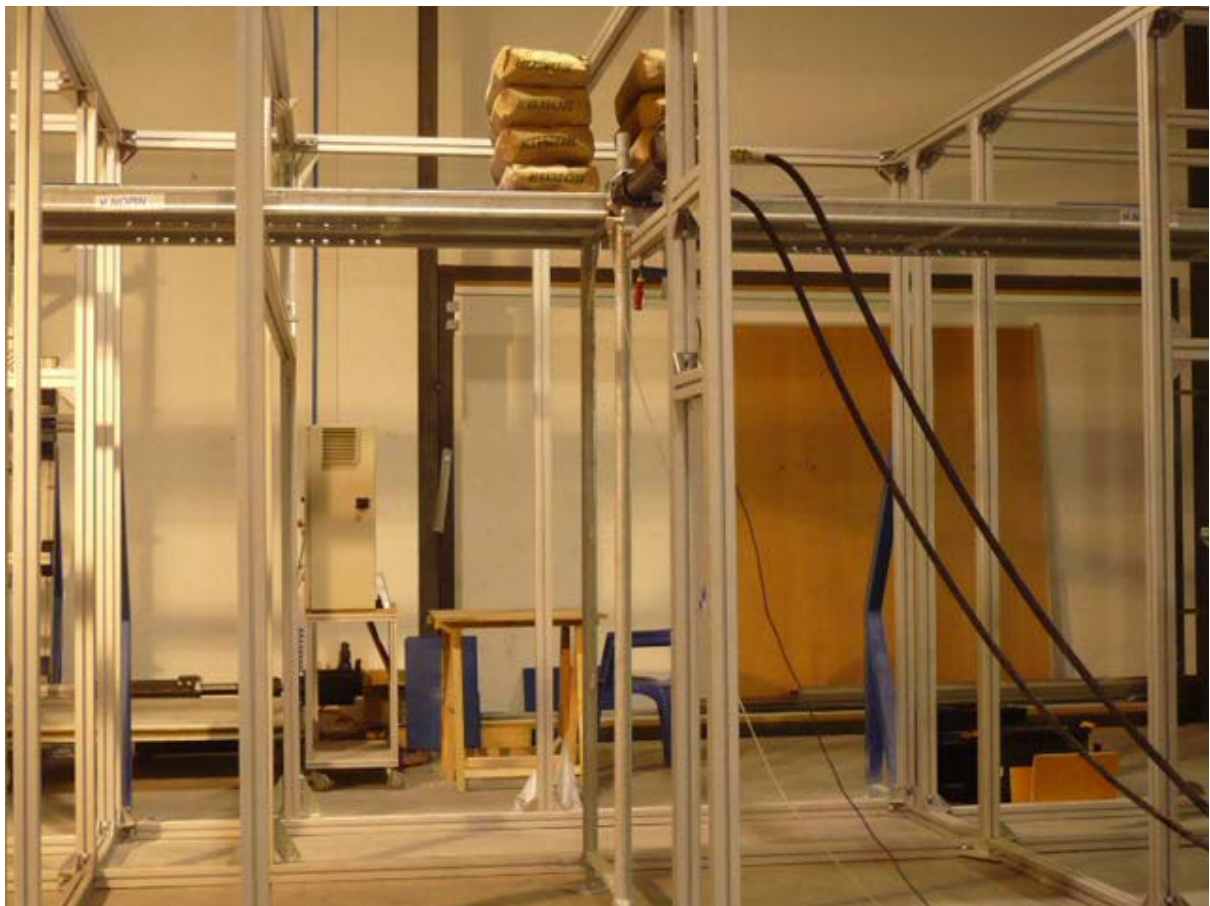
Como se aprecia en la grafica, la fuerza máxima aplicada es de 2145 N y para esta fuerza el andamio se ha desplazado 219 mm.

Rigidez en el plano horizontal aplicando una carga perpendicular al andamio y con carga vertical sobre la plataforma

Se montan los 2 módulos de andamio y se colocan las placas que simulan el peso propio del andamio, además de los sacos que se colocan alrededor del montante central del andamio (200 kg).

Se amarra en 3 puntos (igual que en el ensayo anterior).

Se aplica la fuerza y se miden los desplazamientos.



Montaje del ensayo



Aplicación de carga perpendicular



Detalle de amarres



Detalle de elevación del andamio



Gráfica fuerza desplazamiento

En el gráfico puede verse la relación fuerza desplazamiento, hasta una deformación máxima de 362.55 mm (máxima deformación medida con el extensómetro).

Al aplicar una carga adicional sobre la plataforma, es más difícil desplazar el andamio. Para una fuerza horizontal de 2725 N el andamio se desplaza 309.15 mm.

Por tanto, puede verse que, aplicando la carga adicional y con la fuerza registrada en el ensayo anterior (2145 N), el andamio se desplaza la mitad.

Rigidez en el plano horizontal aplicando una carga paralela al andamio y sin carga vertical sobre la plataforma

Se montan los 2 módulos de andamio y se colocan las placas que simulan el peso propio del andamio.

Se amarra en 7 puntos (ver fotos para la disposición de los amarres).

Se aplica la fuerza y se miden los desplazamientos.



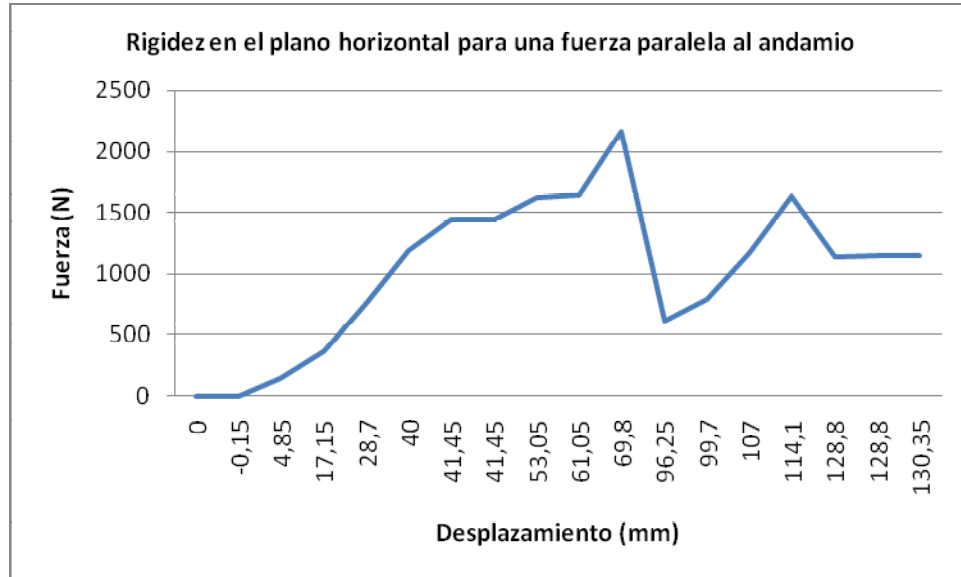
Montaje del ensayo



Aplicación de la fuerza paralela



Detalle del amarre del andamio en 7 puntos



Gráfica Fuerza Desplazamiento

En el gráfico puede verse la relación fuerza desplazamiento, hasta una deformación máxima de 130,35 mm (máxima deformación medida con el extensómetro).

Se ha aplicado una carga máxima de 2165 N, y para esta carga el andamio se ha desplazado 69.8 mm, en el sentido de la fuerza.

Rigidez en el plano horizontal aplicando una carga paralela al andamio y con carga vertical sobre la plataforma

Se montan los 2 módulos de andamio y se colocan las placas que simulan el peso propio del andamio, además de los sacos que se colocan alrededor del montante central del andamio (200 kg).

Se amarra en 7 puntos (igual que en el ensayo anterior).

Se aplica la fuerza y se miden los desplazamientos.



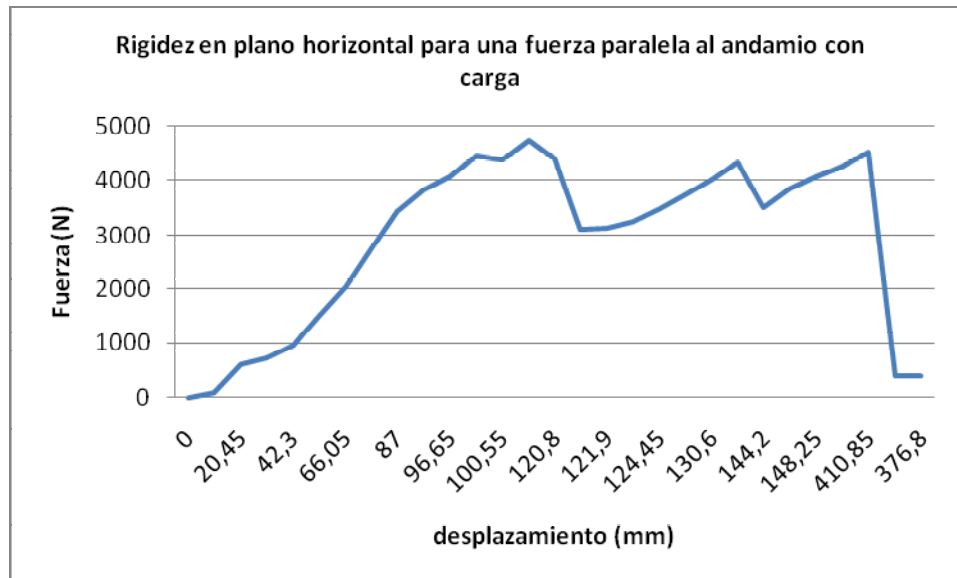
Montaje del ensayo



Carga aplicada sobre el andamio



Desplome del andamio



Gráfica Fuerza Desplazamiento

La fuerza máxima aplicada es de 4730 N y para esta fuerza, el desplazamiento en el sentido de la fuerza es de 106.05 mm.

La base del montante donde se aplica la fuerza se desplaza mucho y el andamio se desploma al final del ensayo.

3.2. Ensayos de carga sobre plataformas

Con objeto de satisfacer las diferentes condiciones de trabajo, la norma especifica seis clases de carga y siete clases de anchura de las áreas de trabajo. Las cargas de servicio se establecen en la tabla inferior.

Las clases de carga para las áreas de trabajo deben corresponderse con la naturaleza del trabajo:

- 1) El peso de todos los equipos y materiales almacenados en el área de trabajo.
- 2) Los efectos dinámicos del material colocado en el área de trabajo por equipos con motor.
- 3) La carga de equipos manejados manualmente, como las carretillas.

Clases de carga	Carga distribuida uniformemente	Carga concentrada en un área de 500 mm × 500 mm	Carga concentrada en un área de 200 mm × 200 mm	Carga en un área parcial	
				q_2 kN/m ²	Factor del área parcial $a_p^{1)}$
1	0,75 ²⁾	1,50	1,00	—	—
2	1,50	1,50	1,00	—	—
3	2,00	1,50	1,00	—	—
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

1) Véase el apartado 6.2.2.4.
2) Véase el apartado 6.2.2.1.

Cargas de servicio en las áreas de trabajo

Cada área de trabajo debe ser capaz de soportar varias cargas, q_1 , F_1 y F_2 , y q_2 de forma separada pero no acumulada.

La deformación elástica de cualquier unidad de plataforma no debe exceder de 1/100 su longitud, cuando esté sometida a las cargas concentradas especificadas en la tabla, columnas 3 y 4.

Además, cuando se aplique la carga concentrada correspondiente, la diferencia de deformación máxima entre unidades de plataforma adyacentes cargadas y descargadas no debe exceder de 25 mm.

Para cada una de las medidas de plataforma, se ha realizado el ensayo correspondiente:

Plataforma 3m

Carga de servicio uniformemente distribuida:

Cada área de trabajo debe ser capaz de soportar la carga uniformemente distribuida, q_1 , especificada en la tabla anterior.



Carga distribuida (CLASE 6)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 6 observamos que la flecha central es de 35 mm.

Carga concentrada:

Cada unidad de plataforma debe ser capaz de soportar la carga, F1, especificada en la tabla anterior, uniformemente distribuida en un área de 500 mm × 500 mm y, aunque no simultáneamente, la carga F2, especificada en la misma tabla, uniformemente distribuida en un área de 200 mm × 200 mm.

Cuando una unidad de plataforma tiene menos de 500 mm de anchura, la carga F1 puede reducirse para esta unidad en proporción a su anchura, aunque en ningún caso debe reducirse la carga a menos de 1,5 kN.

Para la carga concentrada en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 18mm.

Para la carga concentrada en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 13mm.



Carga concentrada para 500 x 500 mm



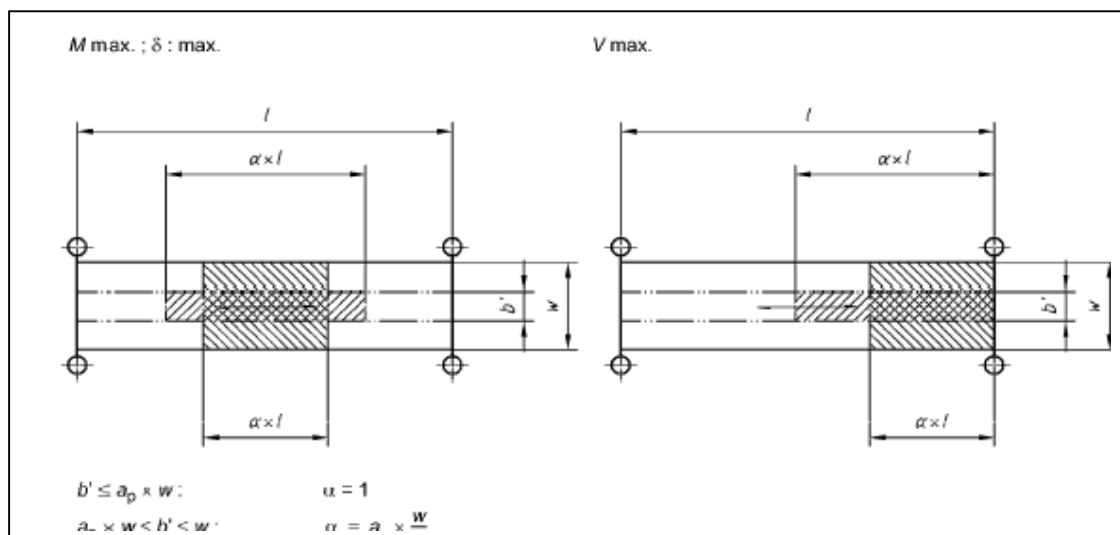
Carga concentrada para 200 x 200 mm

Carga sobre área parcial:

Cada plataforma de clase de carga 4, 5 y 6, debe ser capaz de soportar una carga uniformemente distribuida en un área parcial, q_2 , que es una carga mayor que la carga de servicio uniformemente distribuida.

El área parcial se obtiene multiplicando el área del módulo, A , por el factor de área parcial ap . Los valores de q_2 y ap se dan en la tabla. El área A se calcula a partir de la longitud, l , y la anchura w , de cada plataforma, véase la figura siguiente.

La trayectoria de las cargas debe ser capaz de transferir las fuerzas causadas por las cargas a los montantes.



Distribución de la carga en la plataforma

Para la clase de carga 6, la plataforma tiene una flecha de 30 mm.



Carga sobre área parcial (CLASE 6)

Resultado: **CLASE 6**

Plataforma 2.5m

Carga de servicio uniformemente distribuida:

Cada área de trabajo debe ser capaz de soportar la carga uniformemente distribuida, q_1 , especificada en la tabla anterior.



Carga distribuida (CLASE 6)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 6 observamos que la flecha central de la plataforma de 2.5 metros es de 35 mm.

Carga concentrada:

Cada unidad de plataforma debe ser capaz de soportar la carga, F_1 , especificada en la tabla anterior, uniformemente distribuida en un área de 500 mm × 500 mm y, aunque no simultáneamente, la carga F_2 , especificada en la misma tabla, uniformemente distribuida en un área de 200 mm × 200 mm.

Para la carga concentrada en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 14 mm.

Para la carga concentrada en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 10 mm.



Carga concentrada para 500 x 500 mm (CLASE 6)



Carga concentrada para 200 x 200 mm (CLASE 6)

Carga sobre área parcial:

Cada plataforma de clase de carga 4, 5 y 6, debe ser capaz de soportar una carga uniformemente distribuida en un área parcial, q_2 , que es una carga mayor que la carga de servicio uniformemente distribuida.

Para la carga de clase 6 la plataforma tiene una flecha de 30 mm.



Carga sobre área parcial (CLASE 6)

Resultado: **CLASE 6**

Plataforma 2m

Carga de servicio uniformemente distribuida:



Carga distribuida (CLASE 6)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 6 observamos que la flecha central de la plataforma de 2 metros es de 10 mm.

Carga concentrada:

Para la carga concentrada en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 8 mm.

Para la carga concentrada en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 7 mm.



Carga concentrada para 500 x 500 mm (CLASE 6)



Carga concentrada para 200 x 200 mm (CLASE 6)

Carga sobre área parcial:

Para la clase de carga 6, la plataforma tiene una flecha de 11 mm.



Carga sobre área parcial (CLASE 6)

Resultado: **CLASE 6**

Plataforma 1m

Carga de servicio uniformemente distribuida:



Carga distribuida (CLASE 6)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 6 observamos que la flecha central de la plataforma de 1 metro es de 9 mm.

Carga concentrada:

Para la carga concentrada en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 9mm.

Para la carga concentrada en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 7mm.



Carga concentrada para 500 x 500 mm (CLASE 6)



Carga concentrada para 200 x 200 mm (CLASE 6)

Carga sobre área parcial:

Para la carga de clase 6 la plataforma tiene una flecha de 5 mm.

Plataforma aluminio con trampilla 3m

Carga de servicio uniformemente distribuida:



Carga distribuida (CLASE 6)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 6 observamos que la flecha central de la plataforma de 3 metros es de 103 mm.

Carga concentrada:

Para la carga concentrada de la clase 6 en un área de 500 x 500 mm, la plataforma tiene una flecha de 42 mm, de modo que supera la flecha máxima permitida por la clase 6 ($L/100=30$ mm).

Para la carga concentrada de la clase 6 en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 17mm.



Carga concentrada de la clase 6 para 500 x 500 mm

Para la carga concentrada de la clase 3 en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 22mm, por lo tanto, en este caso no supera la flecha máxima permitida.

Resultado: **CLASE 3**

Plataforma aluminio con trampilla 2.5m

Carga de servicio uniformemente distribuida:



Carga distribuida (CLASE 6)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 3 observamos que la flecha central de la plataforma de 2.5 metros es de 17 mm.

Carga concentrada:

Para la carga concentrada de la clase 6 en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 28 mm, de modo que supera la flecha máxima permitida por la clase 6 ($2500/100 = 25$ mm).

Para la carga concentrada de la clase 3 en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 16 mm, por lo tanto, en este caso no supera la flecha máxima permitida.



Carga concentrada de la clase 3 para 500 x 500 mm

Para la carga concentrada de la clase 3 en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 12mm.



Carga concentrada para 200 x 200 mm

Resultado: **CLASE 3**

Plataforma aluminio con trampilla 2m

Carga de servicio uniformemente distribuida:



Carga distribuida (CLASE 3)

Al aplicar la carga distribuida de la clase 3 observamos que la flecha central de la plataforma de 2 metros es de 14 mm.

Carga concentrada:

Para la carga concentrada de la clase 6 en un área de 500 x 500 mm la plataforma tiene una flecha de 22mm. Por lo tanto la flecha excede del límite fijado.

Al aplicar la carga concentrada de la clase 3 en un área de 500x500 mm la plataforma tiene una flecha de 13 mm, de modo que no excede del límite fijado por la clase 3.

Para la carga concentrada de la clase 3 en un área de 200 x 200 mm la plataforma tiene una flecha de 9mm.



Carga concentrada de la clase 6 para 500 x 500 mm.



Carga concentrada de la clase 3 para 500 x 500 mm.



Carga concentrada para 200 x 200 mm

Resultado: **CLASE 3**

3.3. Ensayos de impacto sobre plataformas

Para sistemas de andamio de la clase D (con **ensayos de caída**), las plataformas y sus apoyos deben pasar los ensayos de caída de acuerdo con el anexo B de la Norma EN 12810-2: 2003. El propósito de los ensayos de caída es verificar que la plataforma y sus soportes tienen una mínima robustez.

Las unidades de plataforma, sus soportes y componentes verticales adyacentes, se han montado de conformidad con el manual de instrucciones. Los componentes de la protección lateral se han montado en los cuatro lados para evitar que la bola ruede fuera de la plataforma.

Para establecer la configuración, pueden añadirse componentes adicionales debajo de la plataforma, por ejemplo tubos y bridas. Estos componentes no deben estar posicionados de modo que tengan una influencia significativa sobre el resultado del ensayo.

La bola de acero tiene 0,5 m de diámetro y una masa de 100 kg.

La altura de caída es de 2,5 m desde la superficie de plataforma a la parte inferior de la bola.

Se ha posicionado una almohadilla amortiguadora sobre la unidad de plataforma en el punto de impacto. El área proyectada de esta almohadilla es de 0,5 m × 0,5 m y su espesor no mas de 0,25 m. Cuando se carga estáticamente a través de la bola especificada, la rigidez de la almohadilla amortiguadora está entre las curvas marcadas en la figura posterior.

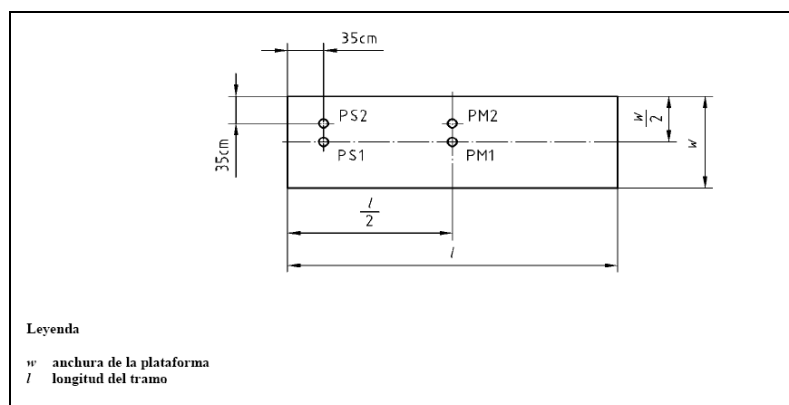
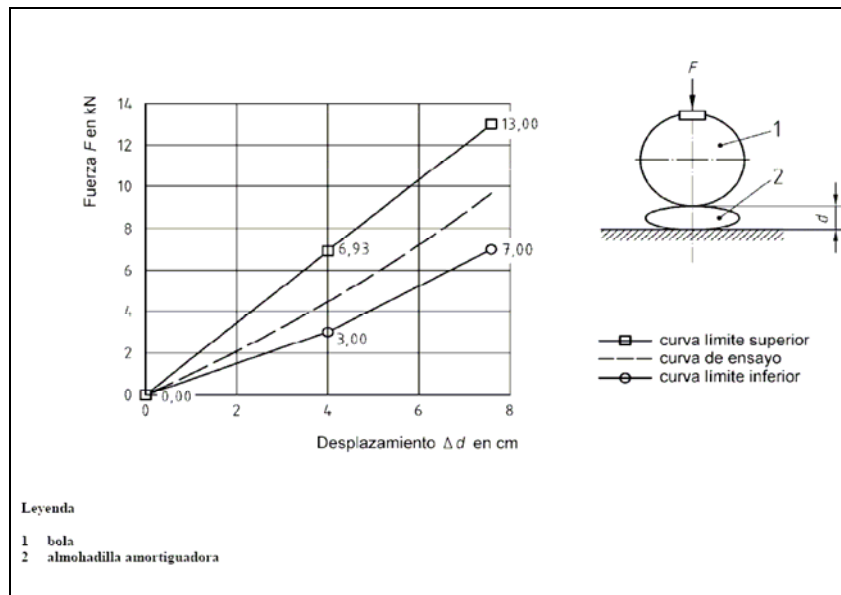
El ensayo se ha realizado liberando la bola instantáneamente desde la altura dada (2.5 m) verticalmente sobre el punto de impacto definido.

Para cada conjunto de ensayos que comprendan la carga secuencial de centro y extremos sobre una plataforma, los puntos de impacto deben estar de acuerdo con la tabla y con la figura. Para una plataforma con una anchura mayor que 0,7 m, deben ensayarse dos puntos de impacto para los dos parámetros, a no ser que pueda demostrarse que un ensayo en uno de los puntos de impacto representa el peor caso.

Cada conjunto de ensayos se ha realizado tres veces. Se han utilizado componentes nuevos para cada nuevo punto de impacto. Para más de un conjunto completo de ensayos, puede utilizarse un conjunto de componentes sin volver a montarlos. Pero no se ha realizado más de un conjunto de ensayos sobre un montaje de ensayo único.

Para un ensayo satisfactorio el único requisito es que el montaje ensayado sea todavía capaz de soportar la carga estática de la bola de acero. Se aceptan deformaciones permanentes o daños locales.

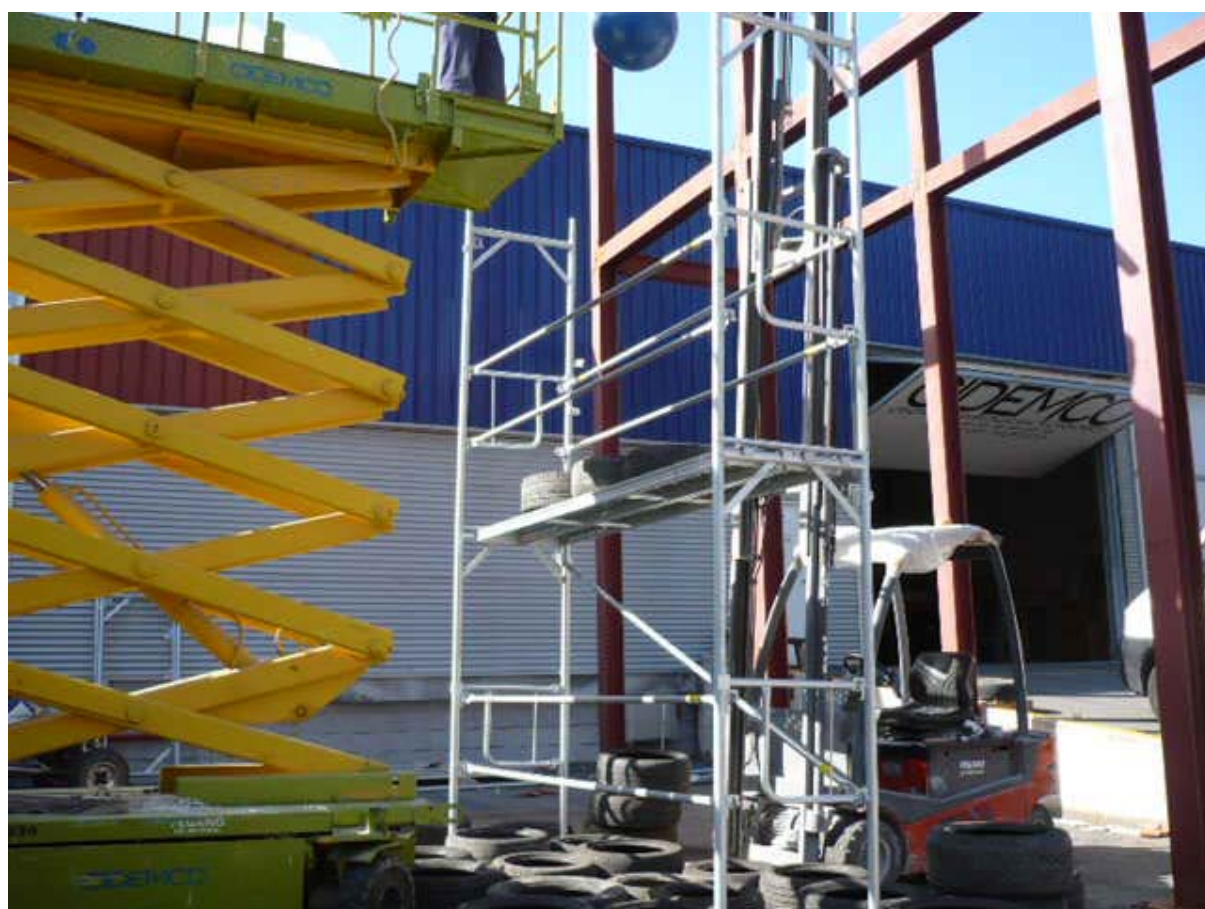
Posiciones de impacto a ensayar		
Anchura de la plataforma	Posiciones de impacto de acuerdo con la figura B.2	
	Parámetro	
	Fuerza cortante máxima	Momento máximo
$w \leq 0,7 \text{ m}$	PS1	PM1
$w > 0,7 \text{ m}$	PS1 y PS2	PM1 y PM2



Puntos de impacto y características de la almohadilla

Ensayo de impacto para plataforma de acero 3m

Primeramente, se realiza el impacto en el centro de la plataforma, que aguanta el impacto a pesar de registrarse deformaciones permanentes.



Montaje de ensayo



Caída de la bola de acero



Detalle de deformaciones residuales

Después se realiza el impacto en un lateral de la plataforma.



Caída de bola de acero



Detalle de deformaciones

Resultado: **SATISFACTORIO**

3.4. Ensayo de carga sobre la protección lateral

Carga descendente:

Cualquier barandilla principal o intermedia, independientemente de su sistema de apoyo, debe ser capaz de resistir una carga puntual de 1,25 kN. Esto se aplica también a cualquier componente de protección lateral que reemplace las barandillas principales e intermedias, tales como una estructura mallada que tenga huecos mayores de 50 mm de anchura.

Esta carga debe considerarse como una carga accidental y debe aplicarse en la posición más desfavorable en una dirección descendente dentro de un sector de $\pm 10^\circ$ con respecto a la vertical.



Aplicación de la carga descendente

Resultado: **SATISFACTORIO**

Carga horizontal:

Todos los componentes de la protección lateral, excepto los rodapiés, deben diseñarse para resistir una carga puntual horizontal de 0,3 kN en cada caso en la posición más desfavorable. Esta carga puede distribuirse sobre un área máxima de 300 mm × 300 mm, por ejemplo cuando se aplica a la rejilla de una estructura mallada. Para rodapiés, la carga puntual horizontal es de 0,15 kN.



Aplicación de la carga horizontal

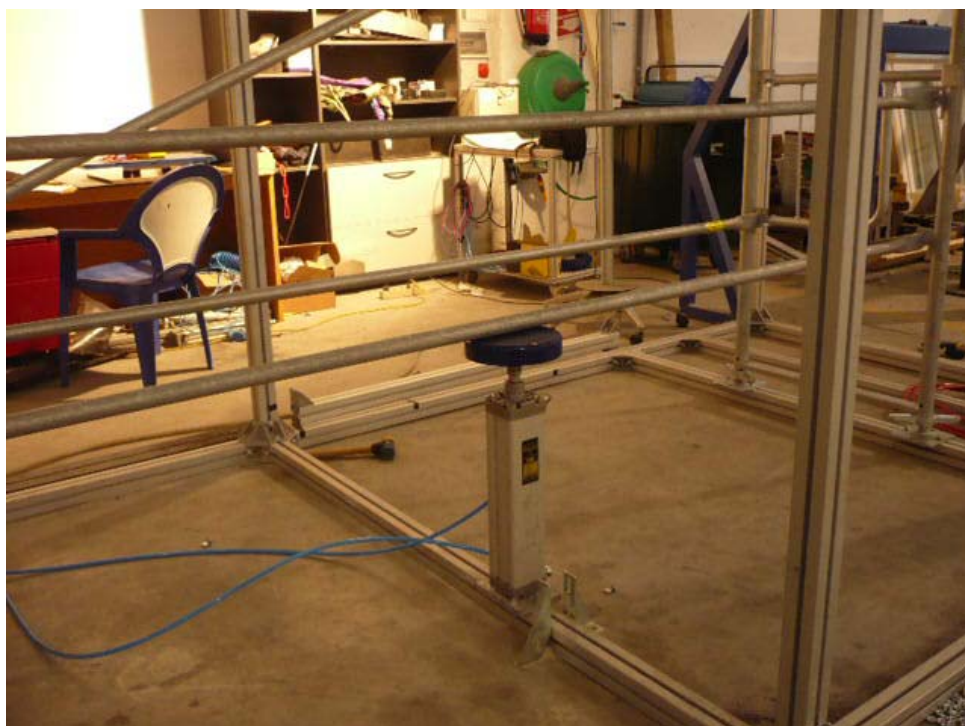
Cada barandilla principal o intermedia y rodapié, independientemente de su longitud de vano, no debe tener una deformación elástica superior a 35 mm, cuando esté sometida a la carga horizontal descrita arriba.

La barandilla ensayada, ha tenido una flecha de 30mm al aplicarle la fuerza horizontal de 0.3 kN.

Resultado: **SATISFACTORIO**

Carga ascendente:

Para revisar la fijación de todos los componentes de protección lateral, excepto el rodapié, debe aplicarse verticalmente una carga puntual de 0,3 kN en sentido ascendente en la posición más desfavorable.



Aplicación de la carga descendente

Resultado: **SATISFACTORIO**

3.5. Ensayo de nudos

En algunos sistemas modulares, los travesaños, los largueros, las diagonales verticales y/o horizontales, están conectados a los montantes mediante conexiones desmontables. En estos sistemas una parte de las conexiones es una parte permanente del montante y la otra es una parte del otro componente unido. Por ejemplo, la conexión puede hacerse mediante la unión entre el orificio y la cuña.

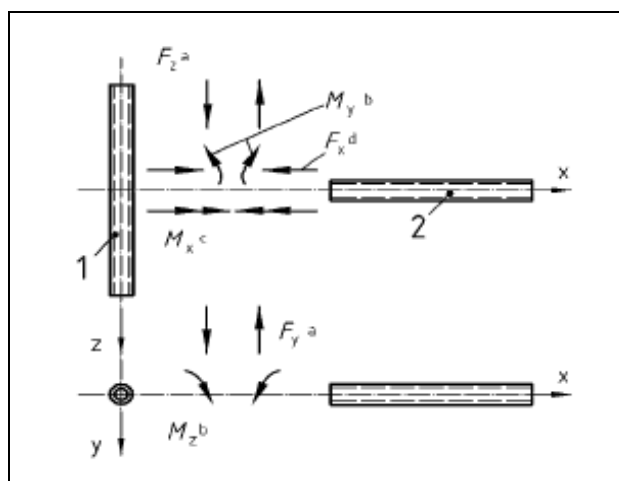
Pueden darse las siguientes fuerzas internas:

- a) para travesaños y largueros, una selección o todas de (véase la figura) $\pm M_x$, $\pm M_y$, $\pm M_z$, $\pm F_x$, $\pm F_y$, $\pm F_z$;
- b) en general para diagonales $\pm F_n$ (fuerza normal).

Los ensayos para la determinación de la resistencia, y si se necesita, de la rigidez y la holgura, se dividen en tres grupos:

1. ensayos para una conexión y para una fuerza interna;
2. ensayos para una conexión y más de una fuerza interna;
3. ensayos para más de una conexión en un nudo.

Estos tres grupos representan un amplio número de posibles configuraciones de ensayo, pero, dependiendo de la construcción individual y del rango de aplicación, sólo es necesario llevar a cabo algunos de los ensayos posibles.



Fuerzas internas posibles en la conexión del travesaño o larguero al montante

Para la mayoría de las conexiones de travesaños y largueros, son importantes los momentos (flexión y torsión) y las deformaciones correspondientes sobre cada uno de los tres ejes indicados en la figura anterior. Estas conexiones normalmente tienen una resistencia adecuada a tracción y cortante, con deformaciones despreciables.

Nudo 1 (unión de larguero con montante vertical):

En este caso aplicamos una fuerza horizontal (hacia el interior del andamio) y una fuerza vertical descendente.

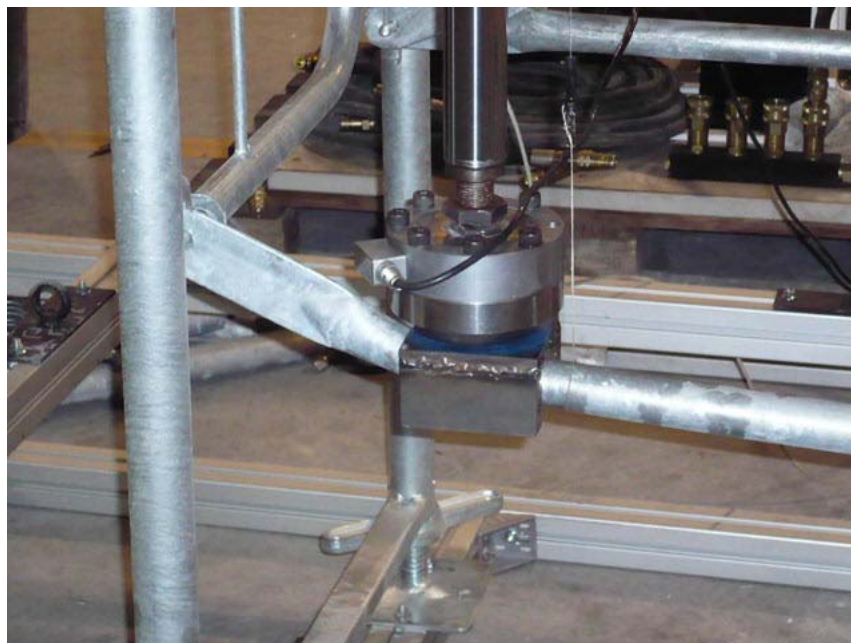


Fuerza horizontal hacia el interior

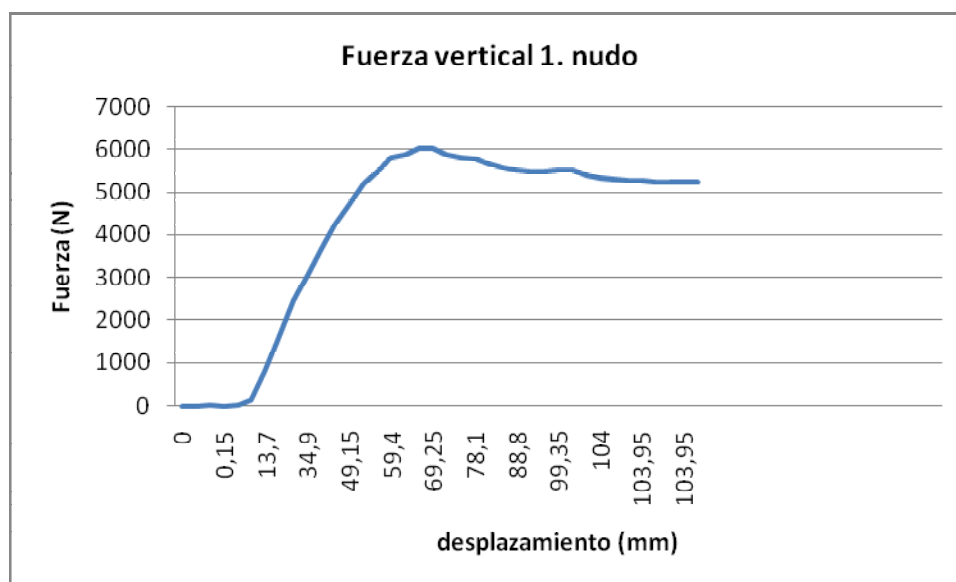


Gráfica Fuerza Desplazamiento

Aplicamos una fuerza horizontal a 200 mm del nudo, y se alcanza una fuerza máxima de 4805 N (hasta llegar al recorrido final del cilindro). Por tanto, el par que soporta es de 961 Nm.



Fuerza vertical

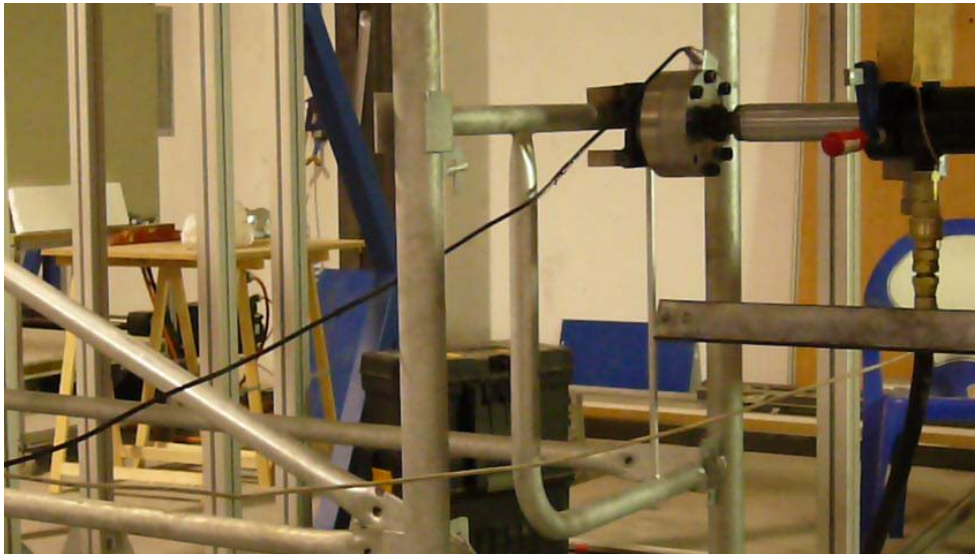


Gráfica Fuerza Desplazamiento

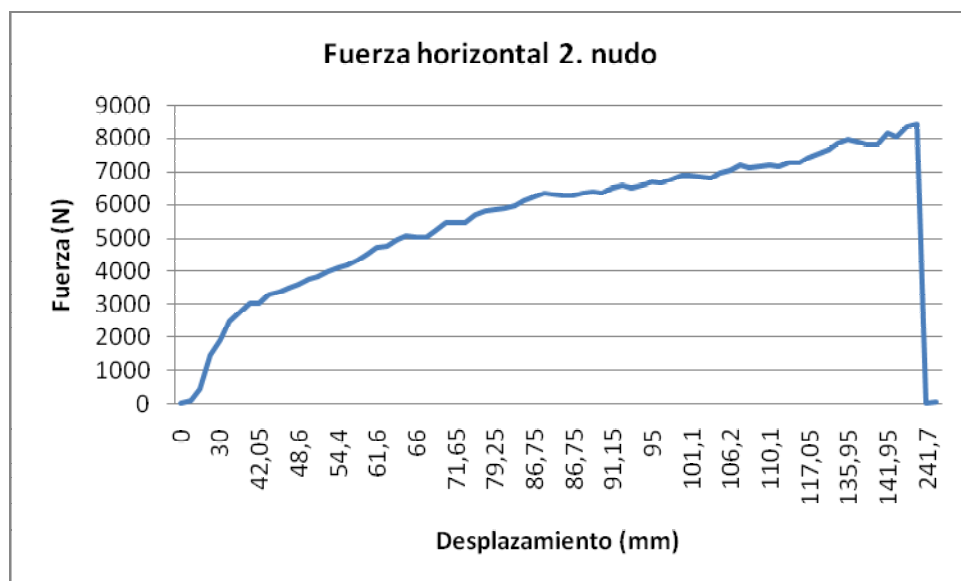
Aplicamos una fuerza vertical a 200 mm del nudo, y se alcanza una fuerza máxima de 6020 N (hasta llegar al recorrido final del cilindro). Por tanto, el par que soporta es de 1204 Nm.

Nudo 2 (unión de barandilla y montante vertical):

Aplicamos una fuerza horizontal y una fuerza vertical descendente.

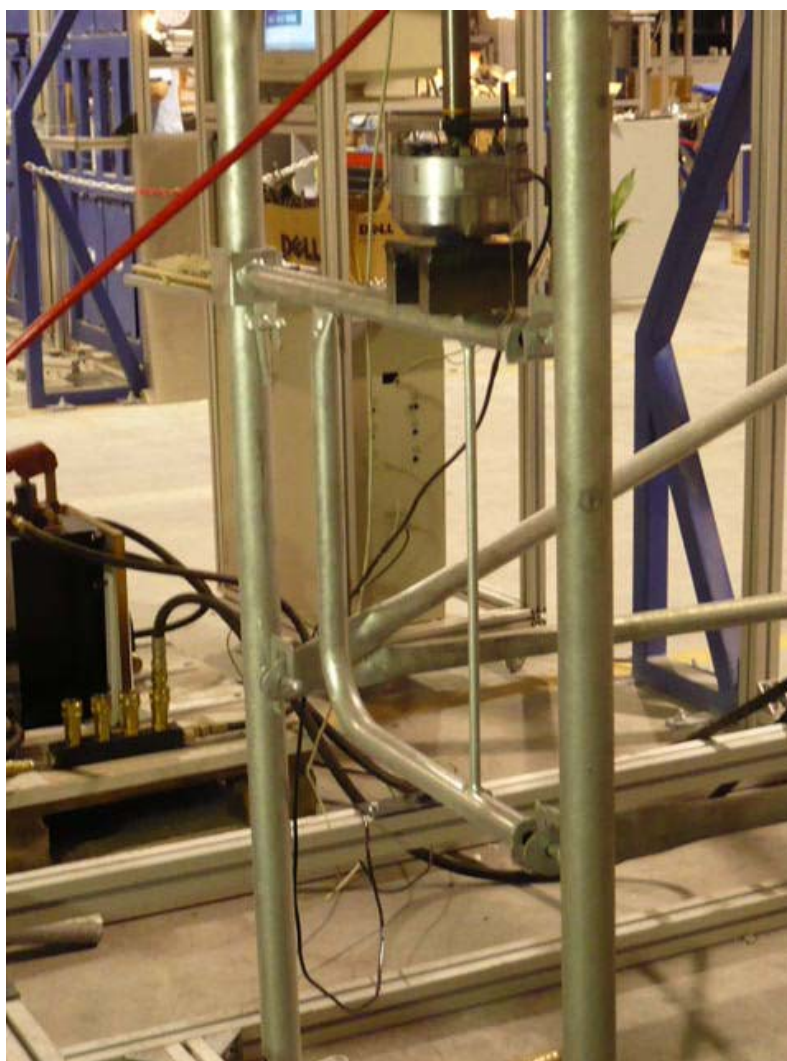


Fuerza horizontal



Gráfica Fuerza Desplazamiento

Se aplica la fuerza horizontal a 200 mm del nudo, y se alcanza una fuerza máxima de 8435 N (hasta llegar al recorrido final del cilindro). Por tanto, el par que soporta es de 1687 Nm.



Fuerza vertical

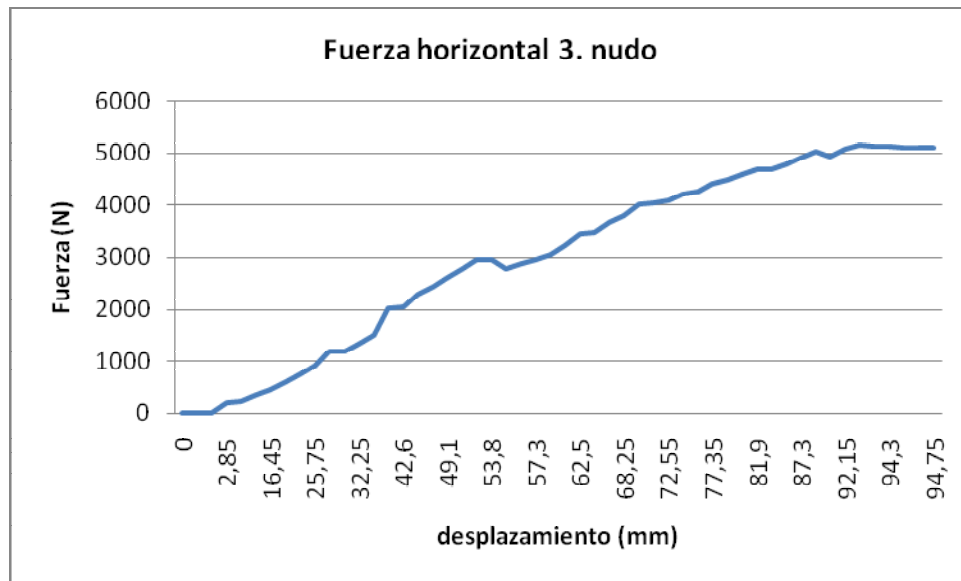


Gráfica Fuerza Desplazamiento

Se aplica la fuerza vertical a 200 mm del nudo, y se alcanza una fuerza máxima de 7435 N (hasta llegar al recorrido final del cilindro). Por tanto, el par que soporta es de 1487 Nm.

Nudo 3 (unión de barandilla y montante vertical):

Aplicamos una fuerza horizontal (hacia el exterior del andamio) y una fuerza vertical descendente (al otro lado del resguardo lateral).

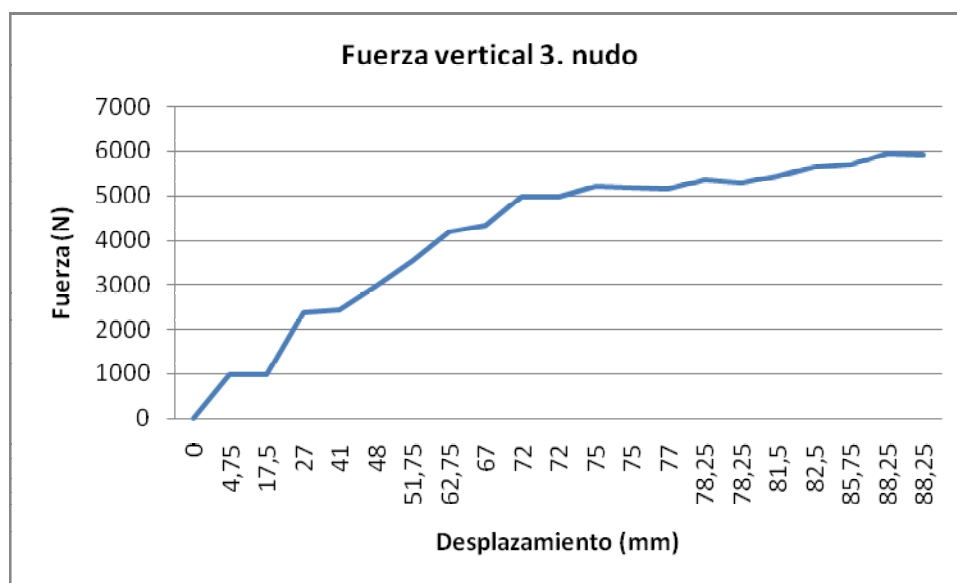


Gráfica Fuerza Desplazamiento

Se aplica la fuerza horizontal a 200 mm del nudo, y se alcanza una fuerza máxima de 5150 N (hasta llegar al recorrido final del cilindro). Por tanto, el par que soporta es de 1030 Nm.



Fuerza vertical



Gráfica Fuerza Desplazamiento

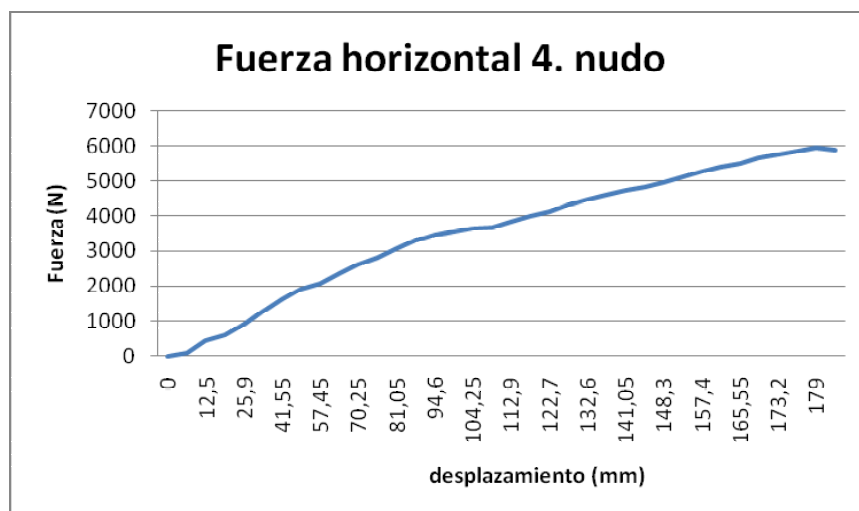
Se aplica la fuerza vertical a 200 mm del nudo, y se alcanza una fuerza máxima de 5940 N (hasta llegar al recorrido final del cilindro). Por tanto, el par que soporta es de 1188 Nm.

Nudo 4 (unión de diagonal y montante vertical):

Aplicamos una fuerza horizontal (hacia el exterior del andamio) en el punto de unión de la diagonal y el montante vertical (unión de la parte inferior).



Fuerza horizontal



Gráfica Fuerza Desplazamiento

Aplicamos la fuerza a 200 mm del nudo, y la fuerza máxima registrada es de 5970 N. Por tanto, el par será de 1194 Nm.

3.6. Ensayos para diagonales

Fuerza paralela a diagonal:

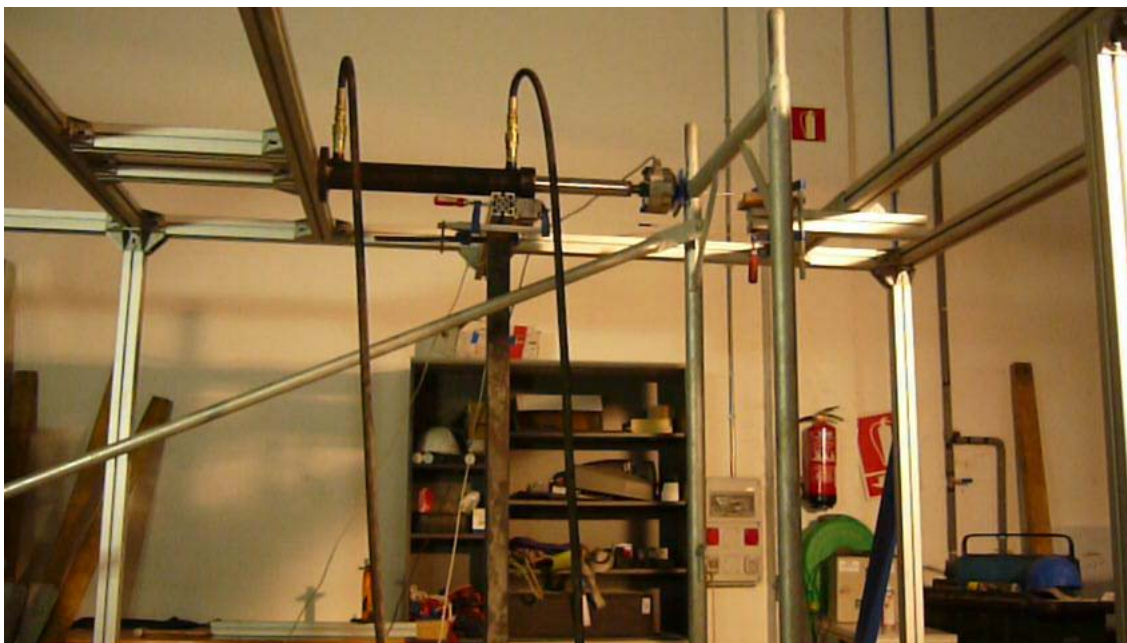
Se realiza un ensayo de carga para determinar la rigidez que aporta la diagonal al conjunto del andamio, al aplicar una fuerza paralela.

Para ello, se realiza el montaje que se ve en la siguiente foto, donde las 4 bases del andamio están atadas a una estructura fija y se tiene la diagonal para unir los dos extremos del andamio

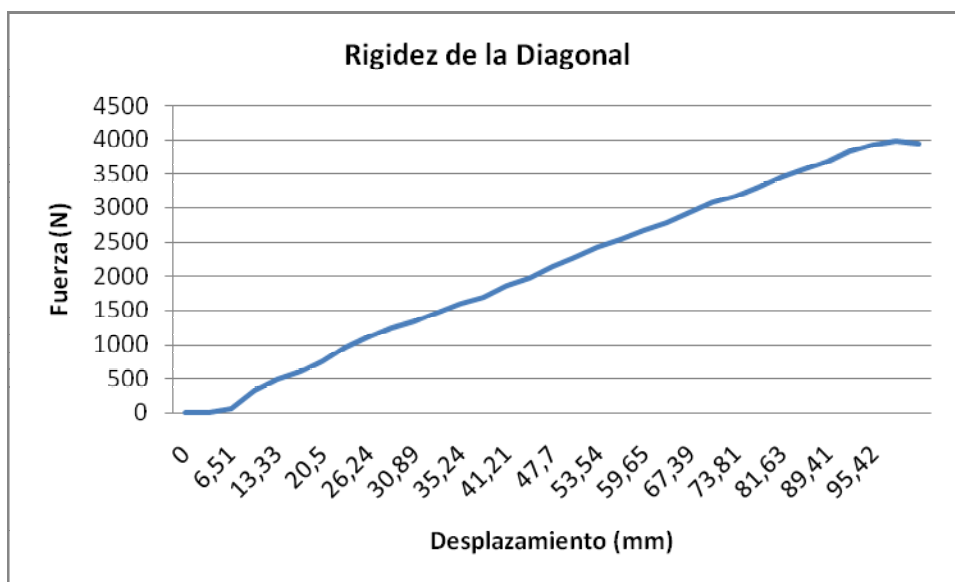
Una vez realizado el montaje, se aplica una fuerza horizontal (paralela a la diagonal) sobre el montante vertical, para ver la fuerza que soporta la unión entre diagonal y montante.



Montaje para ensayo



Aplicación de la carga horizontal



Gráfica Fuerza Desplazamiento

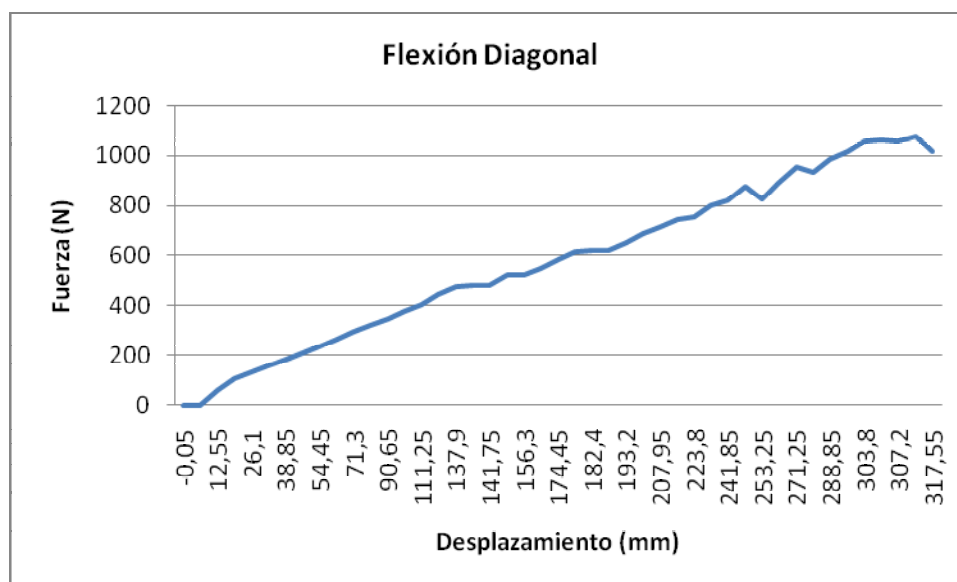
Aplicamos la fuerza hasta lograr la deformación máxima que mide el palpador (100 mm). La fuerza máxima registrada es de 3980N.

Fuerza perpendicular a diagonal:

Se realiza también un ensayo para verificar la resistencia de la diagonal cuando se aplica una fuerza perpendicular en su punto medio.



Aplicación de carga perpendicular



Gráfica Fuerza Desplazamiento

La fuerza máxima registrada 1097 N.

3.7. Ensayo de durabilidad sobre peldaños

Los peldaños soldados en las escaleras, deben revisarse con respecto a la durabilidad bien mediante cálculo, bien mediante ensayos. Las bases del diseño deben ser las indicadas a continuación.

La carga es de 1,5 kN y se ha aplicado sobre un área de 100 mm × 100 mm. Se ha ensayado un peldaño por separado en dos posiciones de carga:

- a) en el centro del peldaño;
- b) con el centro de la carga a no más de 100 mm desde el lateral.

El peldaño debe ser capaz de soportar 300 000 ciclos de carga-descarga.

Se han realizado tres ensayos de cada uno de los tipos, donde el tipo de ensayos se refiere a la localización de la carga.

Un ensayo único de un peldaño se estima que satisface el requisito si el peldaño conserva su integridad estructural y no tiene signos de daño en su comportamiento de fatiga al final del ensayo. Los elementos ensayados deben ser cuidadosamente inspeccionados después de cada ensayo. Debe prestarse especial atención a las zonas soldadas.

Las tres muestras de ensayo deben satisfacer los criterios para el éxito del ensayo.



Montaje de ensayo



Carga en el centro

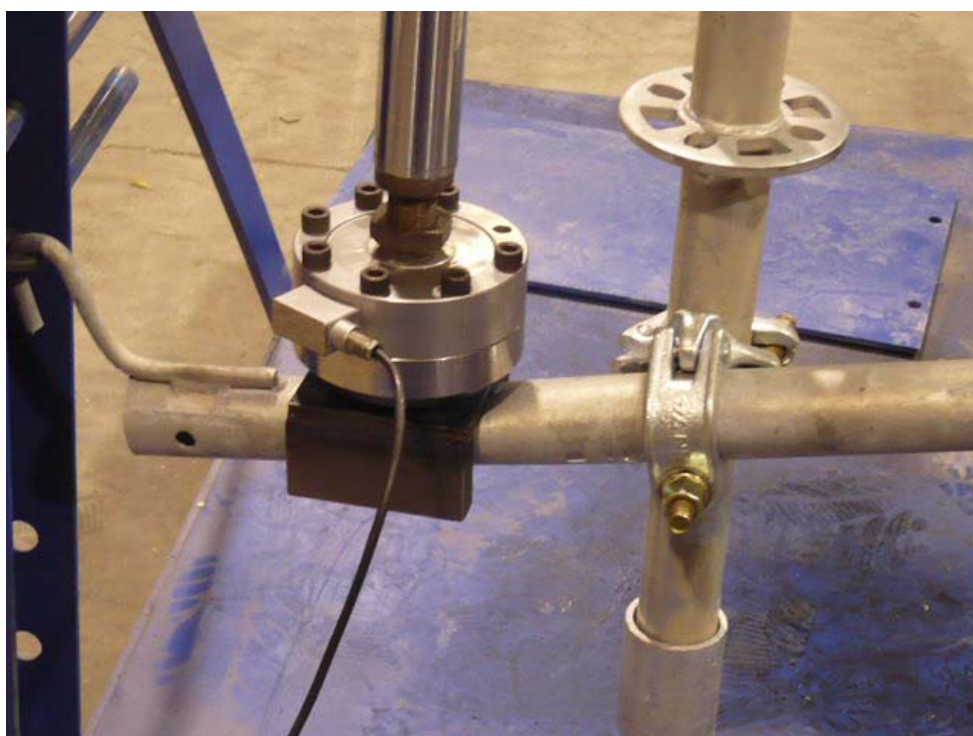


Carga en el lateral

Resultado: **SATISFACTORIO**

3.8. Ensayo de resistencia del acoplamiento (amarre a pared)

Se realiza el siguiente ensayo para conocer la resistencia al deslizamiento del acoplamiento giratorio (respecto del montante vertical), que sujeta el tubo de amarre a pared.



Aplicación de la fuerza descendente



Gráfica fuerza aplicada en el tiempo

La fuerza se aplica a 170 mm del tubo vertical y el máximo registrado es de 20240 N. Por tanto, el par que soporta es de 3440.8 Nm.

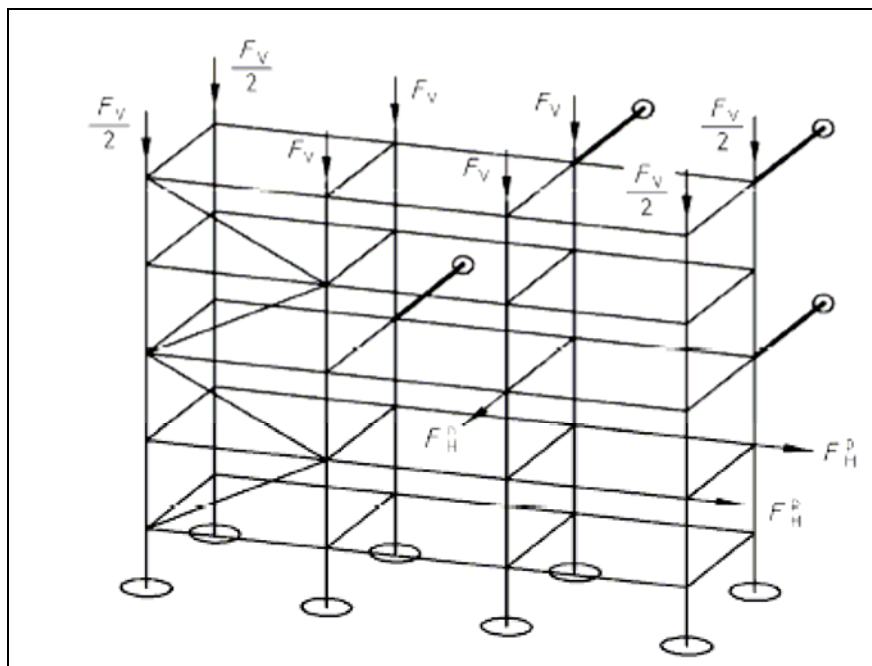
Según el anexo C de la norma UNE-EN 12811-1, la resistencia al deslizamiento de este tipo de acoplamientos debe ser de 10000 N.

Resultado: **SATISFACTORIO**

3.9. Ensayo global para determinar relación carga-desplazamiento

Se realiza el montaje de un andamio representativo, del tipo que se suele colocar en obra. Este andamio, está compuesto de todos aquellos elementos que se han ensayado con anterioridad de forma individual.

Se realiza el montaje de un andamio de 9 metros de ancho por 8 metros de alto, que se sujeta en cuatro puntos, tal y como se observa en el dibujo siguiente. Cada diagonal que se monta soporta tres tramos y las bases regulables están más o menos extendidas, para que el andamio esté a nivel.



Configuración para el ensayo global

El andamio objeto del ensayo se carga con (mediante cilindros hidráulicos):

- Una carga vertical en cada montante. En los montantes intermedios debe ser al menos F_v y en los extremos al menos $F_v / 2$.
- Una carga horizontal, F_H n, normal a la fachada en un nudo no anclado.
- Dos cargas horizontales, cada una de F_H p, en nudos adyacentes en un plano horizontal sin anclaje.

El valor de cada fuerza horizontal, FH se da en la ecuación siguiente:

$$FH = FD \times np$$

Donde:

FD = es la carga de diseño debida al viento de un nudo único, véase el apartado de cálculo de las cargas de viento.

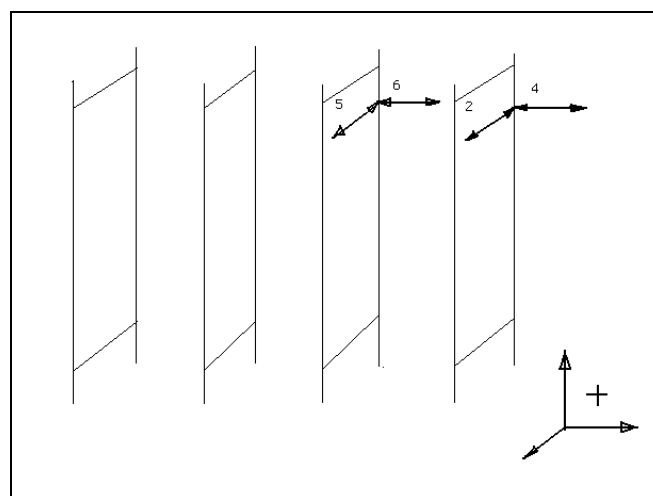
np = es el número total de nudos que están en la misma línea, sobre el plano horizontal bajo consideración en la dirección del viento.

Primero se han aplicado las cargas horizontales. Después se han aplicado las cargas verticales, incrementándolas hasta que ocurre el fallo. Durante este proceso la estructura se ha descargado un par de veces, para asentar los componentes.

El sentido de las fuerzas horizontales que se han aplicado es hacia fuera del andamio, y se han aplicado dos en dirección paralela al andamio y una en dirección transversal. Las fuerzas verticales se han aplicado en sentido descendente en cada uno de los montantes verticales.

A la hora de medir los desplazamientos se han tomado los siguientes ejes de referencia: el eje X para los desplazamientos en dirección transversal al andamio y eje Y para desplazamientos en dirección longitudinal al andamio.

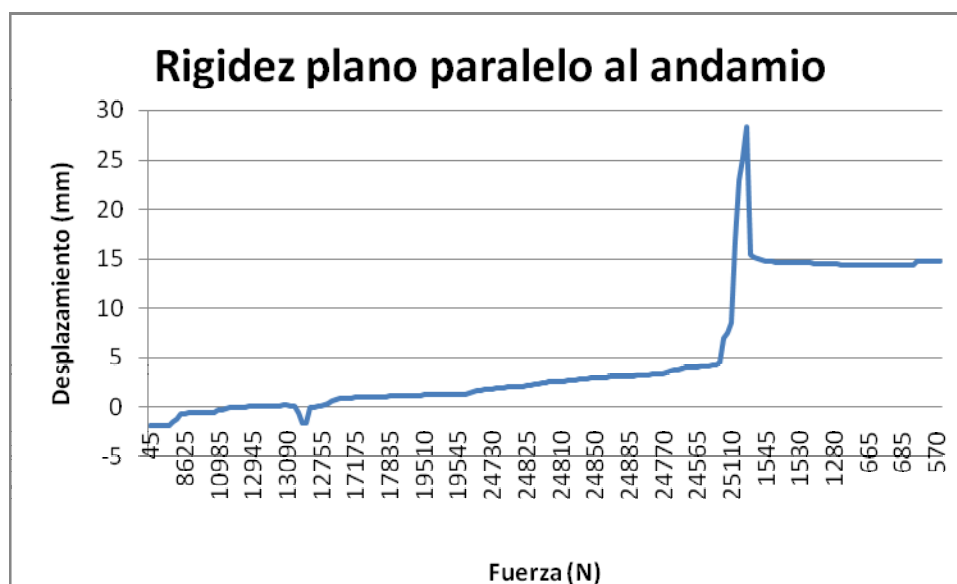
Los sentidos positivos de dichos ejes de referencia son hacia fuera de la fachada y hacia la derecha (visto desde el frente).



Se han medido los desplazamientos de los nudos donde se aplican las cargas horizontales. Se han registrado las cargas verticales y los desplazamientos un número de veces suficiente durante la carga y descarga para definir las curvas de carga-desplazamiento.

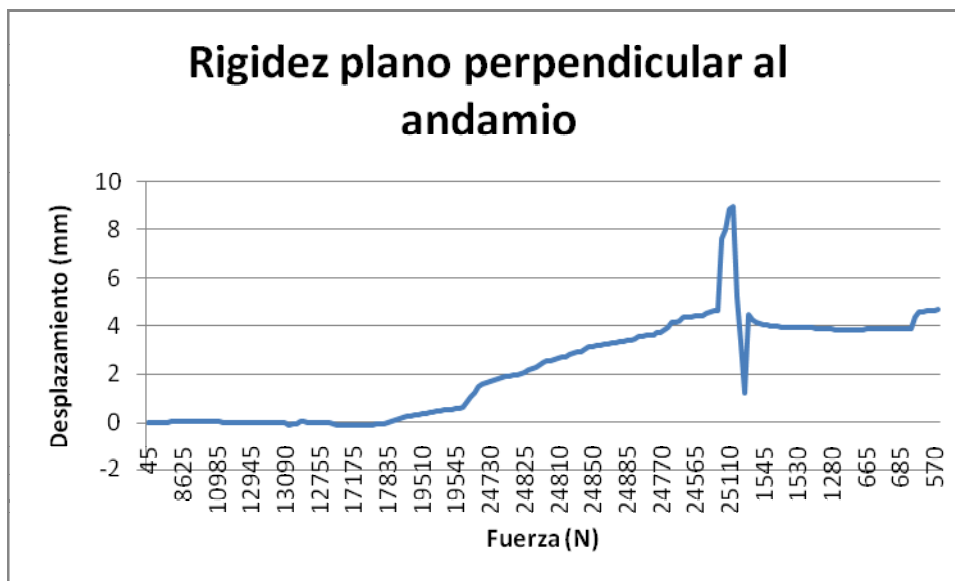
A continuación se incluyen las gráficas, carga vertical – desplazamiento horizontal, obtenidas en el ensayo global:

Gráfica fuerza-desplazamiento en el nudo donde se aplica la fuerza perpendicular o normal al andamio (dirección medida en sentido paralelo al andamio).



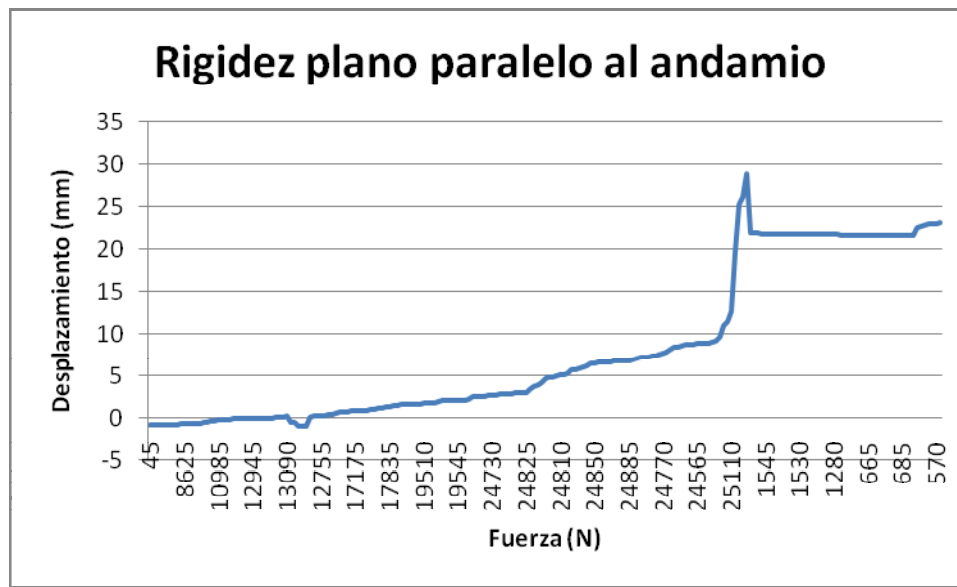
Se observa que se produce un desplazamiento hacia la derecha de 28 mm como máximo.

Gráfica fuerza-desplazamiento en el nudo donde se aplica la fuerza perpendicular o normal al andamio (dirección medida en sentido perpendicular al andamio).

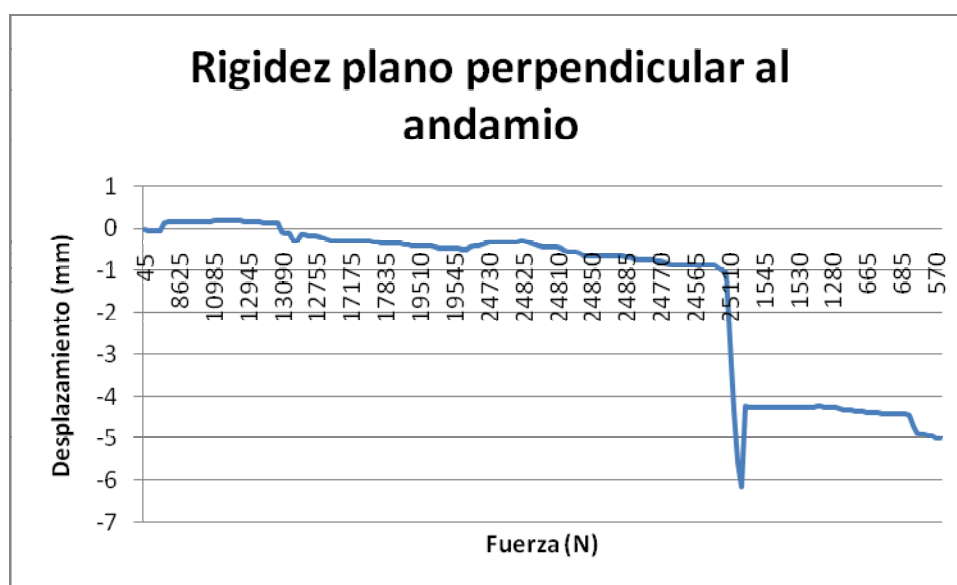


Existe un desplazamiento de 9 mm como máximo hacia fuera del andamio.

Gráfica fuerza-desplazamiento en uno de los nudos donde se aplica la fuerza paralela al andamio (dirección medida en sentido paralelo al andamio).



Gráfica fuerza-desplazamiento en uno de los nudos donde se aplica la fuerza paralela al andamio (dirección medida en sentido perpendicular al andamio).



La fuerza a la que se produce el fallo del andamio es de 25110 N, es decir, equivalente a una carga de 2,5 toneladas por cilindro. Por tanto, la fuerza total aplicada es de 200880 N, equivalente a 20477 kg.



Montaje para ensayo global (vista frontal)



Montaje para ensayo global (vista lateral)



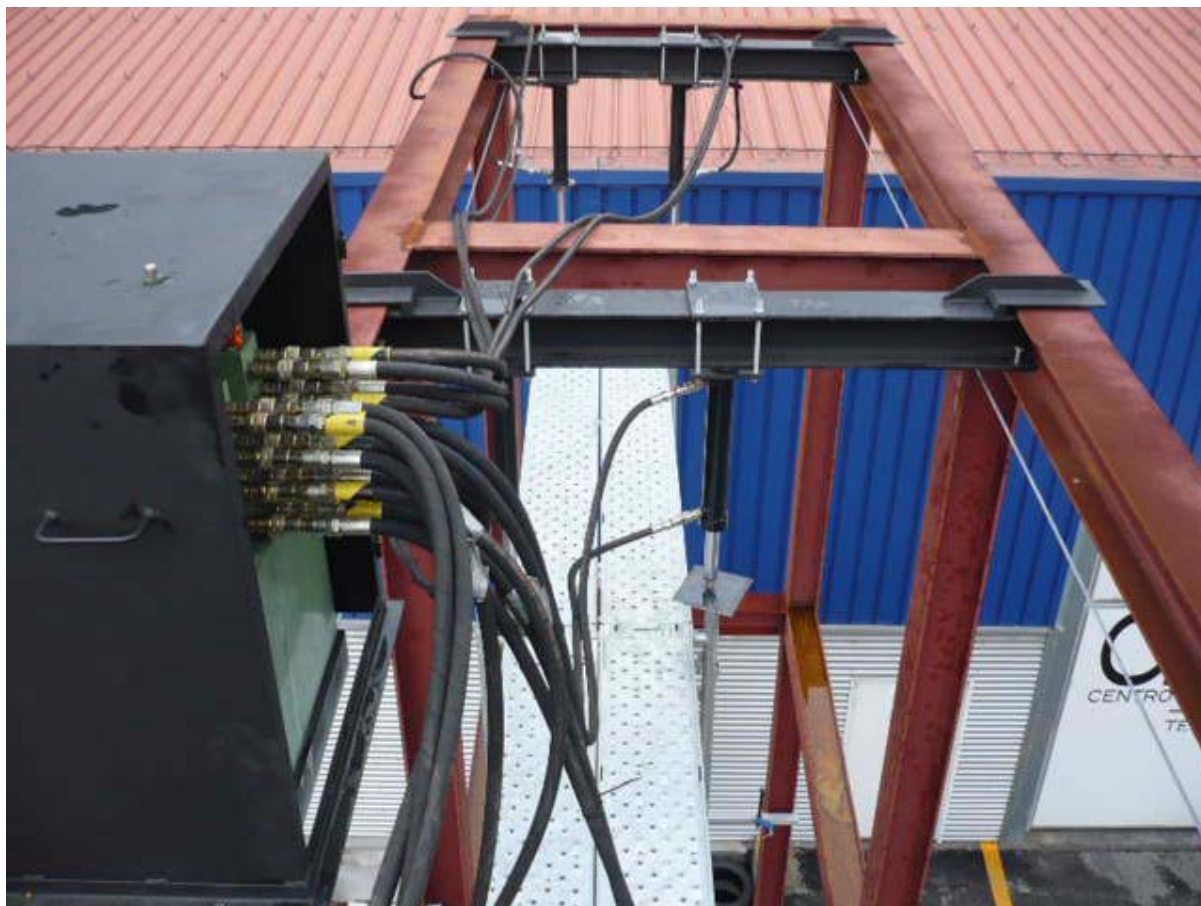
Detalle de aplicación de fuerzas paralelas al andamio (mediante pesos)



Detalle de aplicación de fuerza transversal al andamio (mediante cilindro hidráulico)



Detalle de aplicación de fuerzas verticales (cilindros hidráulicos)



Detalle de grupo hidráulico



Detalle de palpadores (medición de desplazamientos)



Fallo del andamio



Detalle del fallo del andamio

3.10. Cargas de viento (máxima y de servicio)

Carga de viento máxima:

La carga de viento máxima se calcula con la fórmula siguiente:

$$F = c_s \times \sum_i A_i \times c_{fi} \times q_i$$

Donde:

F= resultante de la carga del viento

C_s = coeficiente del sitio

A_i = área de referencia del componente de andamio i

C_{fi} = coeficiente de fuerza aerodinámica de componente i

Q_i = presión de aire que actúa sobre componente i

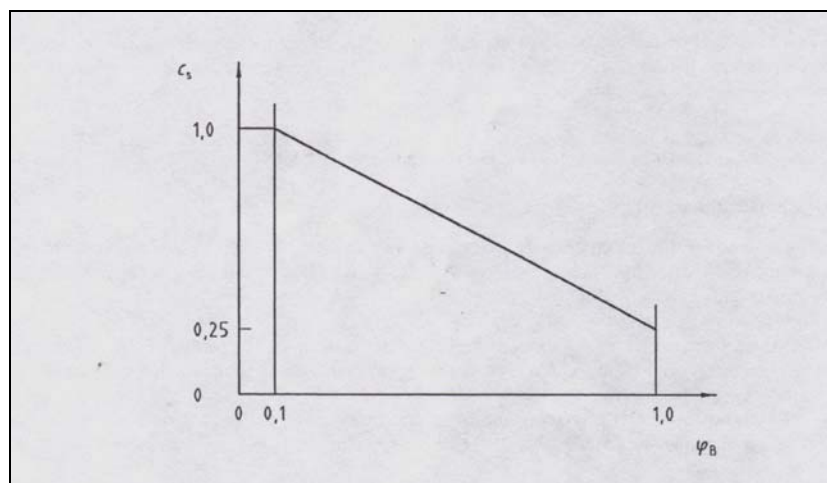
El coeficiente de sitio c_s se toma como 1, para todas las fuerzas aplicadas en dirección paralela a la fachada.

Para fuerzas perpendiculares, se utiliza el gráfico siguiente donde:

$$\varphi_b = \frac{A_{neta}}{A_{total}}$$

A_{neta} = área neta de fachada (con las aberturas deducidas)

A_{total} = área total de la fachada



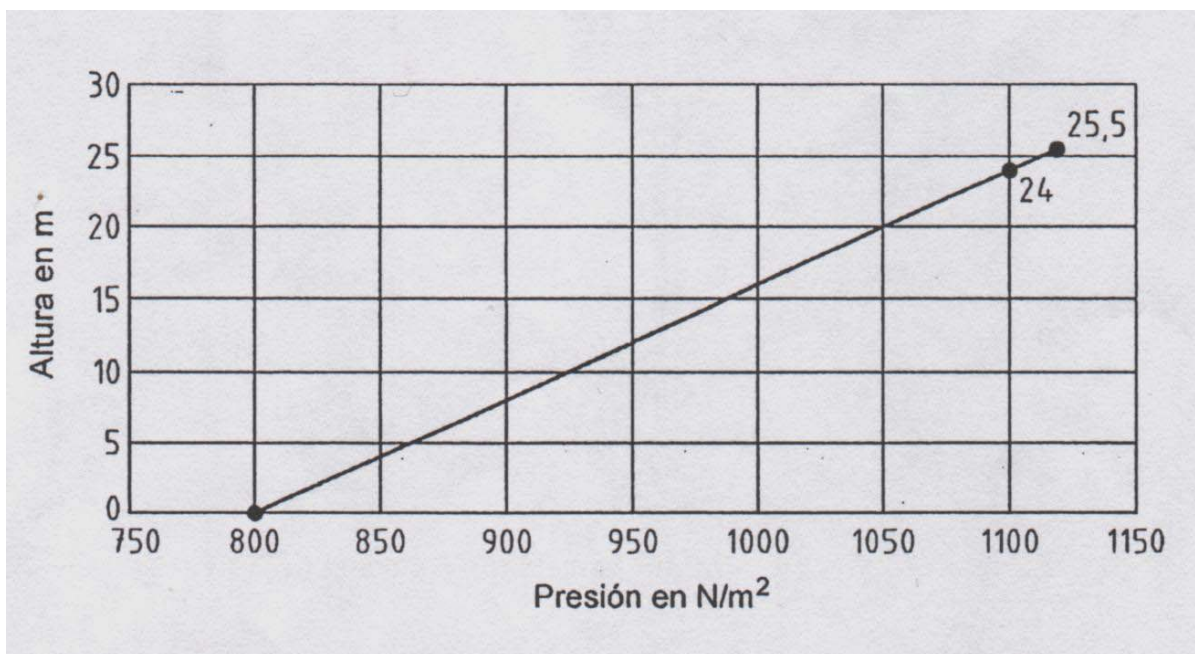
Coeficiente de sitio

Condición de revestimiento de la configuración del sistema	Área de referencia A_i
Sin revestir	Área de cada componente proyectado en la dirección del viento
Revestido	Superficie del revestimiento (véase el capítulo A.3 de la Norma EN 12811-1:2003)

Área de referencia

Condición de revestimiento de la configuración del sistema	Coeficiente de fuerza	
	Normal a la fachada	Paralelo a la fachada
Sin revestir	1,3	1,3
Revestido	1,3	0,1

Coeficiente de fuerza aerodinámica



Presión de viento en función de la altura

En este caso, se calcula la carga de viento para un andamio de 9 metros de ancho por 8 metros de alto. La profundidad del andamio, se considera como 0,75 metros.

El área total de la fachada es por tanto de 72 m².

El área proyectada en dirección perpendicular a la fachada es de 15,66 m² y el área proyectada en dirección paralela de 1,83 m².

Tomamos una presión de viento de referencia de 900 N/m², para todos los componentes del andamio y obtenemos los siguientes valores para las fuerzas de viento en las distintas direcciones.

Caso 1 (perpendicular al andamio sin revestir):

$$F = 1 \times 1,3 \times 900 \times 15,66 = 18322,2 \text{ N}$$

Caso 2 (perpendicular al andamio revestido):

$$F = 0,25 \times 1,3 \times 900 \times 72 = 21060 \text{ N}$$

Caso 3 (paralelo al andamio sin revestir):

$$F = 1 \times 1,3 \times 900 \times 1,83 = 2141,1 \text{ N}$$

Caso 4 (paralelo al andamio revestido):

$$F = 1 \times 0,1 \times 900 \times 6 = 540 \text{ N}$$

Carga de viento de servicio:

La presión de viento de servicio que debe soportar el andamio de fachada, es de $q = 0,2 \text{ kN/m}^2$.

Por tanto, las fuerzas resultantes son:

Caso 1 (perpendicular al andamio sin revestir):

$$F = 1 \times 1,3 \times 200 \times 15,66 = 4071,6 \text{ N}$$

Caso 2 (perpendicular al andamio revestido):

$$F = 0,25 \times 1,3 \times 200 \times 72 = 4680 \text{ N}$$

Caso 3 (paralelo al andamio sin revestir):

$$F = 1 \times 1,3 \times 200 \times 1,83 = 475,8 \text{ N}$$

Caso 4 (paralelo al andamio revestido):

$$F = 1 \times 0,1 \times 200 \times 6 = 120 \text{ N}$$

3.11. Valores característicos de una base regulable

Los valores característicos de las resistencias de la base se calculan mediante las fórmulas siguientes:

Fuerza axial:

$$N_{plk} = A \times f_{yk}$$

Donde:

A = área de la sección transversal = 406,12 mm²

F_{yk} = límite elástico de eje roscado de la base regulable = 280 N/ mm²

$$N_{plk} = 113713,6 \text{ N}$$

Momento flector:

$$M_{plk} = \alpha_{plk} \times W_{el} \times f_{yk}$$

Donde:

$$\alpha_{plk} = 1,25$$

W_{el} = módulo elástico de la sección = 479,85 mm³

$$M_{plk} = 167,95 \text{ Nm}$$

Cortante:

$$V_{plk} = \frac{2}{\pi} \times A \times \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{plk} = 41795 \text{ N}$$

3.12. Diseño estructural (estados límite)

Los estados límite son aquellos estados más allá de los cuales la estructura deja de satisfacer los requisitos de proyecto. Se clasifican en:

Estados límite últimos: son aquellos que están asociados con el colapso o con otras formas de fallo estructural que puedan poner en peligro la seguridad de las personas. P.e., pérdida de equilibrio de la estructura, ruptura o pérdida de estabilidad.

Estados límite de servicio: son estados tras los cuales dejan de cumplirse los criterios de servicio especificados. P.e., deformaciones que afectan a la apariencia o uso previsto, o vibraciones.

En los estados límite últimos, el valor de diseño para el efecto de las acciones, de una fuerza interna o momento E_d , no debe superar el valor de diseño de la resistencia correspondiente, R_d , de acuerdo a la expresión:

$$E_d \leq R_d$$

El valor de diseño para el efecto de las acciones, E_d , se calcula a partir de los valores característicos de las acciones, multiplicando cada uno por el correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ_F .

El valor de diseño de las resistencias, R_d , se calcula a partir de los valores de resistencias (obtenidos de normas, propiedades mecánicas, etc) divididos por el coeficiente parcial de seguridad γ_M .

$$E_d = F \times \gamma_F; R_d = \frac{R}{\gamma_M} \rightarrow F \leq \frac{R}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

En el estado límite de servicio, el valor de diseño para el efecto de las acciones especificadas en el criterio de la capacidad de servicio, no debe exceder el valor de diseño límite del criterio correspondiente de capacidad de servicio, C_d (esto se aplica p.e. para las deformaciones).

$$E_d \leq C_d$$

Coeficientes parciales de seguridad:

Para el efecto de las acciones γ_F .

Estado límite último: 1,5 para cargas variables y permanentes. 1 para cargas accidentales.

Estado límite de servicio: 1.

Para el cálculo de resistencia γ_M .

Estado límite último: 1,1 para acero y aluminio.

Estado límite de servicio: 1.

Consideramos como ejemplo un tubo de diámetro exterior 48,3 mm y espesor de tubo de 3,2 mm. La fuerza axial que aguanta será:

En este caso $R = A$ (sección transversal) $\times f_y$ (límite elástico);

$$F \leq \frac{R}{\gamma_M \times \gamma_F} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

$f_y = 235 \text{ N / mm}^2$

$A = 453,4 \text{ mm}^2$

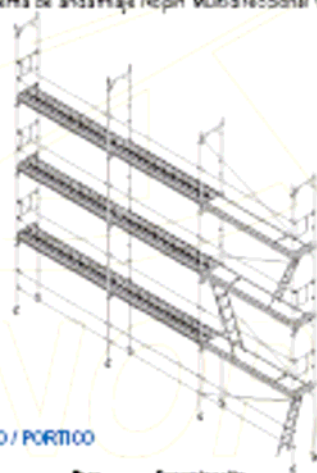
$F \leq 64575,1 \text{ N} = 6589 \text{ kg}$

ANEXO

Descripción de los componentes del andamio NOPIN MARCO FACHADA

3.1 Andamio Nopin Marco fachada

- A continuación se detallan los componentes específicos del Sistema de andamiaje Nopin Marco Fachada, más adelante se detallan los referentes al Sistema de andamiaje Nopin Multidireccional (ver 3.2) así como los elementos comunes (ver 3.3).



► MARCO / PORTICO



Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
UB1G001	22,0 K	Marco de 0,7	h=2, sw=0,732	S
UB1G002	22,5 K	Marco de 1,0	h=2, sw=1,020	S
UB1G003	19,0 K	Portico de 0,7	h=2, sw=0,732	S
UB1G004	20,5 K	Portico de 1,0	h=2, sw=1,020	S
UB1G005	50,0 K	Portico base pedestal	h=2,2, sw=1,7	S

► LARGUERO FACHADA







Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
UB1G040	1,5 K	Larguero fachada 1 m.	Ø 0,025, lw=0,014	N
UB1G041	2,7 K	Larguero fachada 1,5 m.	Ø 0,025, lw=1,570	N
UB1G042	3,5 K	Larguero fachada 2 m.	Ø 0,025, lw=2,070	N
UB1G043	4,3 K	Larguero fachada 2,5 m.	Ø 0,025, lw=2,570	N
UB1G044	5,1 K	Larguero fachada 3 m.	Ø 0,025, lw=3,070	N

► DIAGONAL FACHADA



Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
UB0G050	2,8 K	Diagonal fachada 1 m.	Ø 0,025, lw=0,657	N
UB0G051	3,5 K	Diagonal fachada 1,5 m.	Ø 0,025, lw=2,045	N
UB0G052	4,3 K	Diagonal fachada 2 m.	Ø 0,025, lw=2,450	N
UB0G053	4,8 K	Diagonal fachada 2,5 m.	Ø 0,025, lw=2,895	N
UB0G054	5,6 K	Diagonal fachada 3 m.	Ø 0,025, lw=3,325	N

Andamio Nopin Marco Fachada					
▶ LARGUERO PASO PEATÓN					
	Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
	UG1G060	6,0 K	Larguero paso peatón 1,5m	Lx1,570; Hx1,210	N
	UG1G061	7,1 K	Larguero paso peatón 2m	Lx2,070; Hx1,210	N
	UG1G062	8,2 K	Larguero paso peatón 2,5m	Lx2,570; Hx1,210	N
	UG1G063	9,2 K	Larguero paso peatón 3m	Lx3,070; Hx1,210	N
▶ BARANDILLA					
	Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
	UG1G061	2,5 K	Barandilla equinal 0,7 m	Lx0,700; Hx0,500	N
	UG1G062	3,0 K	Barandilla equinal 1 m	Lx1,000; Hx0,500	N
	UG1G111	2,5 K	Pie de barandilla simple	Ø 0,040; Hx1,000	N
	UG1G121	10,0 K	Suplemento de barandilla 0,7 m	Lx0,722; Hx1,000	N
	UG1G122	10,5 K	Suplemento de barandilla 1,0 m	Lx1,000; Hx1,000	N
▶ VISERA DE FACHADA					
	Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
	UG1G161	7,5 K	Visera fachada	Lx1,020; Hx1,100	N
▶ AMPLIAPLATAFORMA DE FACHADA / TORREPUNTA					
	Código	Peso	Denominación	Dimensiones	GC
	UGG044	4,4 K	Ampliaplataforma de fachada de 0,3	Lx0,200; Hx0,200	S
	UGG045	6,2 K	Ampliaplataforma de fachada de 0,7	Lx0,720; Hx0,400	S
	UGG046	9,0 K	Ampliaplataforma de fachada de 1,0	Lx1,000; Hx0,600	S
	UGG049	8,0 K	Torrepunta fachada de 0,7	Lx0,722; Hx2,0	S
	UGG050	8,6 K	Torrepunta fachada de 1,0	Lx1,000; Hx2,0	S