



# PROLYTE<sup>4</sup>

Feel. Fantastic.



# Blackbook

## Aspectos Técnicos

Versión en Español - Edición 2024



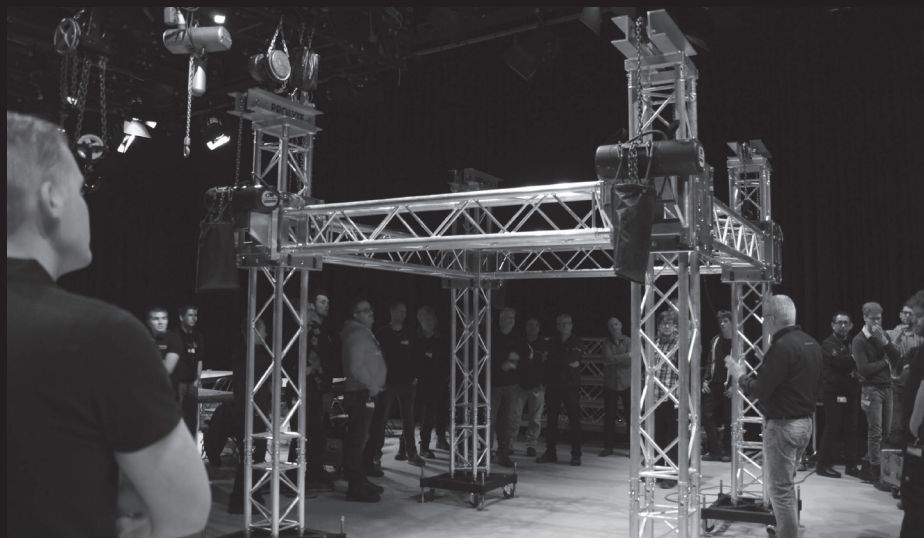
**PROLYTE<sup>4</sup>**



# Índice del Black Book

---

- INTRODUCCIÓN
- 1. 1. ESTRUCTURA TRUSS 6
  - 1.1 MATERIAL 7
  - 1.2 MÓDULOS TRUSS RECTOS 7
  - 1.3 MÓDULOS ANGULARES 22
  - 1.4 MÓDULOS TRUSS CIRCULARES 26
  - 1.5 MÓDULOS TRUSS VERTICALES 30
  - 1.6 ESTRUCTURAS TRUSS 34
  - 1.7 USO DE MÓDULOS TRUSS 36
  - 1.8 NORMAS 49
  - 1.9 PROPIEDADES TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA TRUSS PROLYTE 53
- 2. ¿A QUÉ CORRESPONDE CADA ALTURA? 67
- 3. TECHOS PROLYTE Y ESTRUCTURAS EXTERIORES 71
- 4. ARTISTAS VOLADORES 82
- 5. EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL EN LA INDUSTRIA DEL ESPECTÁCULO 84
- 6. NORMAS DE APLICACIÓN 88
- 7. CAMPUS PROLYTE 91
- NOTAS 92



Controllux, Prolyte Campus evento en Países Bajos

# Información técnica básica

Este BlackBook contiene información técnica básica sobre nuestros módulos truss y productos complementarios.

Presentamos nuestros productos con sus propiedades técnicas, su potencial, sus límites prácticos, la experiencia obtenida durante más de 25 años en la industria del espectáculo y el estado del conocimiento científico y técnico.

Somos conscientes de que esta

información supone un conocimiento básico y que no puede cubrir todas las áreas y desarrollos

futuros. Sin embargo, aunque esta documentación no es exhaustiva, creemos que proporciona una buena introducción a nuestros productos.

Toda la información cumple con los estándares y desarrollos más recientes a inicios de 2023. Se describen las composiciones y diseños para los





módulos truss de aluminio, así como los diferentes tipos de conexiones, fuerzas entre los módulos truss y los diferentes tipos de carga. Trataremos los estándares, regulaciones y legislación relativa a los módulos truss, seguidos por los métodos de cálculo, tablas de carga y reglas generales. Además, describimos los escenarios, sistemas de techo, elevación de estructura truss, criterios para rechazar y desecharlas y normas prácticas aceptadas. En nuestra opinión, un buen servicio de atención al cliente consiste primordialmente en mejorar de forma continua la información disponible para los usuarios. Esto significa que nos enfrentamos a nuevas formas

de ver las cosas en la evolución del Prolyte BlackBook desde su primera edición en 2007. Un uso mejor y más apropiado de nuestros productos supone un gran beneficio para nuestros clientes y para nosotros como fabricantes. A largo plazo, esto significa una mayor satisfacción, clientes entusiastas y una mayor concienciación de los usuarios al trabajar con nuestros productos.

Nuestros objetivos principales son la calidad y la seguridad, y esto se aplica no solo a nuestros productos, sino también a la información asociada.

Ambas son clave para una gama de productos seguros y de éxito.

© 2023 PROLYTE BV.

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción, la publicación en cualquier formato o modo, por impresión, foto impresión, microfilm o cualquier otro método de este catálogo sin el permiso previo por escrito de Prolyte BV. Aunque se ha elaborado con la debida atención, no se garantiza la exactitud de las medidas, datos o información que contiene. Prolyte rechaza cualquier responsabilidad por daños, pérdidas u otras consecuencias sufridas o incurridas en relación con el uso o las medidas, datos o información que contiene.

Nos reservamos el derecho a modificar los productos, códigos e información técnica sin previo aviso .

Cuando apareció la primera celosía en la tecnología del espectáculo en los años setenta, casi nadie hubiese descrito una estructura truss de la siguiente manera: «Un elemento estructural modular hecho de tubos de aluminio soldados entre sí, usados para crear estructuras de apoyo temporales para el equipo de iluminación y sonido, usado en la tecnología del espectáculo». En aquel momento se usaba cualquier cosa, desde tubos de acero hasta mástiles de antena o perfiles angulares remachados. Las palabras estructura truss o viga de celosía se usaba para describir las estructuras de marcos de madera que se usaban para construir casas, tejados, puentes o catedrales medievales. El desarrollo de los módulos truss tal y como las conocemos hoy, comenzó hacia finales de los años setenta, cuando la industria del espectáculo buscaba un método simple y eficiente de fabricar estructuras de soporte ligeras, pero seguras.

Los diseñadores utilizaron el conocimiento sobre las estructuras espaciales utilizadas para la construcción de puentes para desarrollar los productos actuales. Además de su capacidad de resistir carga, hay otras consideraciones prácticas importantes al diseñar módulos truss.

Una estructura truss se define como:

- Una viga de celosía espacial
- Fabricada con perfiles soldados, tales como tubos redondos y cuadrados.
- Compuesta de piezas modulares emparejadas.
- Fabricada en diversas longitudes estándar.
- Utilizada para sostener equipos en la industria del espectáculo.
- Apoyadas o suspendidas en casi cualquier punto deseado.

Los módulos truss de Prolyte se fabrican en aluminio porque:

El aluminio tiene un peso propio aprox. 65% inferior que el acero.

- El aluminio es resistente a la corrosión y, por tanto, precisa menos mantenimiento y no necesita protección contra la corrosión.
- El aluminio tiene una resistencia a la tracción relativamente alta.
- El aluminio tiene una apariencia atractiva gracias a su brillo natural.
- El aluminio es 100% reciclable.

Todos los módulos truss deberían tener las siguientes

propiedades:

- Rigidez y estabilidad apropiada para el uso previsto.
- Un sistema de conexión simple, fiable y rápido.
- Fácil de manejar gracias a sus elementos ligeros y compactos.
- Eficiente a efectos de aplicación, transporte y almacenaje.
- Múltiples posibilidades de aplicación.
- Información básica disponible para los usuarios sobre capacidad de resistencia y deflexión de cargas permitida dispuesta en tablas y diagramas.
- Piezas robustas y con conexión fiable.

Hay módulos truss disponibles en varios perfiles geométricos: módulos truss de dos tramos (escalera), de tres tramos (triángulo), de cuatro tramos (cuadrado, rectángulo o trapecio). Hay diferencias considerables entre estos perfiles que son decisivas para:

- Seguridad: rigidez y estabilidad estructural
- Rentabilidad: eficiencia de conexión, almacenamiento y transporte.
- Múltiples aplicaciones: un amplio rango de usos para varios diseños de construcción con un tipo de estructura truss especial.

Cada uno de estos diseños tiene sus ventajas y campos de aplicación específicos. El usuario debería considerar cuidadosamente el propósito previsto antes de seleccionar un sistema.

Prolyte fabrica módulos truss para casi todas las aplicaciones en la tecnología del espectáculo, desde módulos truss decorativos de la serie E para tiendas y expositores, hasta módulos truss universales para ferias comerciales, construcción y alquiler de stand de exhibición, así como módulos truss resistentes para los exigentes estándares de la industria de eventos y de construcción de escenarios. Aunque se trata de un producto relativamente nuevo, los módulos truss se han convertido en un producto indispensable para la industria de eventos contemporánea. Los módulos truss se fabrican en longitudes estándares, que se pueden combinar para proporcionar la longitud total requerida. No es usual la fabricación de módulos truss de gran longitud en una pieza, ya que los harían difíciles de manejar, transportar y para otras posibles aplicaciones.



## 1.1 MATERIAL

La aleación más común utilizada para fabricar módulos truss es la EN-AW 6082 T6. La composición química de la aleación EN A»-6082 es AlMgSi1. EN indica que es una aleación definida en un estándar europeo. AW indica que el aluminio ha sido forjado. T6 indica que la aleación es una solución tratada térmicamente y madurada artificialmente, que consiste en un tratamiento térmico para incrementar la fuerza de la aleación. Desgraciadamente, la aplicación repetida de calor durante la soldadura reduce la resistencia a la tracción del material básico en una zona circundante a la soldadura. Esta zona se llama zona afectada por el calor (HAZ por sus siglas en inglés). El tamaño de la HAZ y la resistencia residual restante, así como la geometría de la pieza de trabajo y muchos otros parámetros también se determinan por el propio proceso de soldado (p. Ej., MIG y WIG).

## 1.2 MÓDULOS TRUSS RECTOS

### 1.2.1 Componentes de un módulo truss

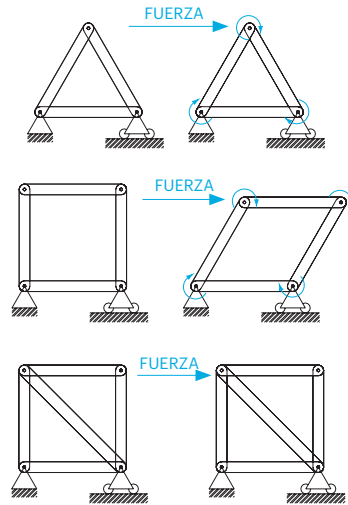
¿Por qué es la forma triangular la característica dominante de una estructura truss? El triángulo es la única forma geométrica que mantiene su forma cuando se expone a una carga de peso en los puntos de conexión o unión, incluso si estas uniones son articuladas. El triángulo pierde su forma únicamente si un lado se deforma (se alarga, comprime o lamina).

El comportamiento de una estructura triangular sujeta a peso es fácil de calcular y predecir si las cargas se aplican únicamente en los puntos nodales.

Cada lado del triángulo debería exponerse únicamente a compresión o fuerzas de tracción. Como no se asumen otras influencias, tales como fuerza para doblarlas, las cargas deben dirigirse hacia los puntos nodales.

Se tiene que enfatizar que un módulo truss sin elementos diagonales en uno o dos lados podría no ser adecuado para el mismo tipo de cargas que los módulos truss que cuentan con elementos diagonales en todos sus lados. Por ejemplo, esto se aplica a las series de módulos truss H20V, S36R, S52F, S52V, S66R, S66V, S100F y todas los módulos truss del tipo de dos tramos

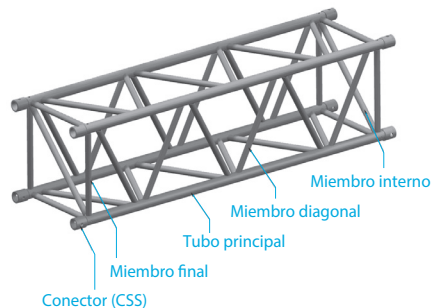
Sin consultar a un ingeniero de estructuras, esto supone que las fuerzas siempre deberían actuar en un plano con el patrón de celosía diagonal de una estructura truss.



El triángulo es la única forma geométrica que mantiene su forma cuando se carga en sus puntos de unión.

Los elementos básicos de una estructura truss son:

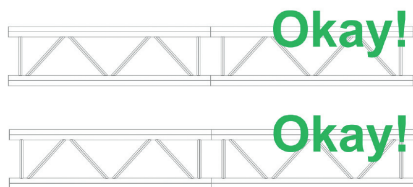
- Tramos principales
- Elementos diagonales, internos o perpendiculares a los tramos principales.
- Conectores y elementos de conexión



# 1. TRUSS

## Montaje a prueba de fallos

Todos los módulos truss de Prolite están diseñados como módulos listos para usar con estructuras de celosía terminadas. Los tirantes terminales están situados en los extremos de la estructura de celosía de todos los módulos de la estructura truss. Un módulo individual de estructura truss con longitud suficiente se puede usar como elemento de carga por sí mismo. Los módulos de estructura truss también se pueden conectar para formar celosías de estructura truss más largas sin perder la integridad estructural y sin necesidad de considerar la continuidad de la estructura de la celosía.



Montaje a prueba de fallos para su conveniencia. Entender la terminología de los códigos de artículo de Prolite es un buen reto. Incluso nosotros no podemos explicar todos los detalles en nuestro catálogo principal. Puede encontrar algunos ejemplos que explican los conceptos básicos:

H30V-L300, un módulo de estructura truss recto muy común, conocido por casi todos los usuarios de Prolite.

Indicador	Explicación
H	Tubo principal 48 x 3 mm
30	Altura aproximada de la estructura truss de 30 cm, altura exacta es de 287 mm, los tubos son de 16 x 2 mm
V	Módulos truss de cuatro tubos, sección transversal cuadrada
L	Módulo de estructura truss recto
300	Longitud de 300cm

X30D-R250-8, un círculo de estructura truss ligero.

Indicador	Explicación
X	Tubo principal 51 x 2 mm
30	Altura aproximada de la estructura truss de 30 cm, anchura exacta es de 290 mm, la altura exacta es de 258 mm, los tubos son de 16 x 2 mm
D	Three-chord truss, triangular cross section
R	Módulo de estructura truss circular indicado por su radio exterior
250	Radio exterior mide 250 cm, el diámetro exterior mide 500 cm
8	El círculo está cortado en 8 piezas de 45°, la longitud aproximada del módulo es de $2 \times 250 \text{ cm} \times \pi / 8 = 196 \text{ cm}$

H40V-C003, un módulo angular sencillo

Indicador	Explanation
H	Tramo T principal 48 x 3 mm
40	Altura aproximada de la estructura truss de 40 cm, altura exacta es de 387 mm, los tubos son de 20 x 2 mm
V	Módulos truss de cuatro tubos, sección transversal cuadrada
C	Módulo de estructura truss angular
003	Código Prolite para módulos angulares de dos vías, la longitud de las patas en la serie 40 es de 60 cm



CCS6-600, conector cónico.

Indicador	Explicación
CCS	Sistema de conexión cónico
6	Medida para X-, H- y S30T y Serie S40T
600	Código Prolyte para conector cónico

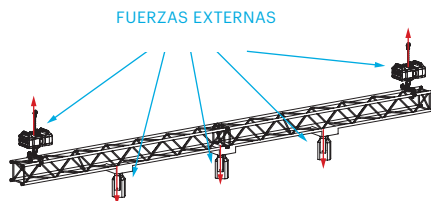
T-48-CC150CC, tubo sencillo con conectores cónicos

Indicador	Explicación
T	Tubo redondo sencillo, recto
48	El tubo de sección transversal mide 48 x 3 mm
CC	Conector cónico soldado a un lado
150	Longitud de 150cm
CC	Conector cónico soldado al otro lado

### 1.2.2 Fuerzas y reacciones

Los módulos truss están sujetos a diferentes fuerzas. Tenemos que distinguir entre fuerzas externas e internas. Las fuerzas externas son fáciles de entender. Se aplican a través de acciones externas sobre la estructura truss. Las fuerzas externas están generadas por:

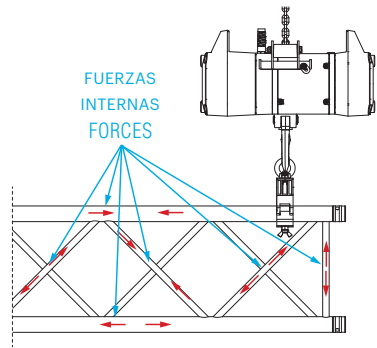
- Cargas útiles como elementos de iluminación, cajas de altavoces, pantallas LED, cables, cortinas, visillos, etc.
- Peso propio
- Las dinámicas causadas por el inicio y la parada de operaciones de elevación
- Acciones medioambientales como el viento, la nieve o el hielo definidas dentro de una sección particular de una estructura truss o dentro de una sección particular de la estructura.



Las fuerzas internas son algo más difíciles de comprender. Podemos definir como fuerzas internas las fuerzas con las que la estructura truss reacciona a las fuerzas externas. Estas fuerzas internas pueden ser definidas dentro de una sección particular de un truss o dentro de una estructura truss.

La cantidad máxima de fuerzas internas que puede soportar una estructura truss viene determinada por la resistencia del material de la estructura y la orientación y posición de sus componentes. Si las fuerzas externas generan fuerzas internas que superen la resistencia máxima a fuerzas internas de la estructura truss, esta fallaría.

A continuación vamos a considerar las fuerzas internas de una estructura truss utilizando ejemplos de fuerzas externas de la práctica diaria y cómo incrementar la capacidad de una estructura truss modificando sus componentes.



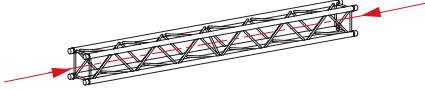
Fuerzas normales en una estructura truss



# 1. TRUSS

## Fuerza normal

La fuerza normal es una fuerza que actúa longitudinalmente sobre el tubo central de la estructura truss y sobre sus tramos y elementos principales.

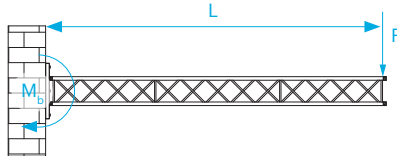


La fuerza normal en los tubos y elementos principales permitidos.

La fuerza normal máxima permitida de una estructura truss queda determinada por sus tubos principales y sus conexiones. Tras identificar el componente limitador, la fuerza normal máxima admisible se puede incrementar aumentando el diámetro del tubo principal, aumentando el grosor de las paredes del tubo principal o reforzando las conexiones de la estructura truss. Para la práctica diaria, esto supondría usar un tipo de estructura truss más fuerte.

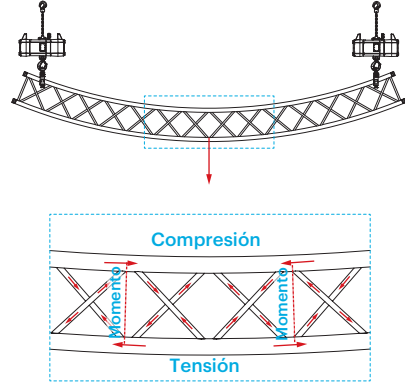
## Momento de flexión

Una fuerza externa que actúa sobre una estructura truss provocará que este se deforme. La deformación más probable es la flexión. Si nos fijamos en el sistema simple de una viga voladiza, una fuerza que actúa en el extremo libre provocaría que la estructura truss se doblase. El llamado momento de flexión se calcula multiplicando la cantidad de fuerza en Newton y la longitud de la viga voladiza en metros. El resultado será el momento de flexión presente expresado en unidades de Newtonmeter (Nm).



Longitud de la viga voladiza  $L$ , Fuerza  $F$ ,  
Momento de flexión  $M_b$  Fórmula  $M_b = F \times L$

Si nos fijamos en un ejemplo simple de la práctica diaria, como una estructura truss en dos suspensiones, una única celosía, encontramos una fórmula algo más compleja, pero con los mismos parámetros: fuerza, longitud y momento de flexión.



La flexión de una estructura truss provoca fuerzas normales en los tramos principales. En una estructura truss de celosía sencilla, la fuerza normal actúa sobre los tubos principales superiores como una fuerza de compresión y como una fuerza de tensión sobre los tubos principales inferiores. Los elementos diagonales se usan para mantener la distancia entre los tubos principales superiores e inferiores y también estarán sujetas a fuerzas normales bien de tensión o bien de compresión.

El momento de flexión máximo permitido en una estructura truss se calcula multiplicando la suma de las máximas fuerzas normales admisibles en los tubos superiores por la altura del sistema de la estructura.

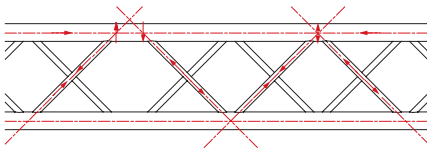
El momento de flexión máximo admisible se puede aumentar escogiendo una estructura truss con una altura mayor del sistema o aumentando la fuerza normal admisible en el tubo principal, incrementando el diámetro de dichos tubos, aumentando el grosor del tubo principal o reforzando las conexiones de la estructura.



Foto: Prolyte

El tubo principal de una estructura truss también puede estar sujeto al momento de flexión, que puede venir causado por la excentricidad en los puntos nodales o por colocar cargas entre dichos puntos.

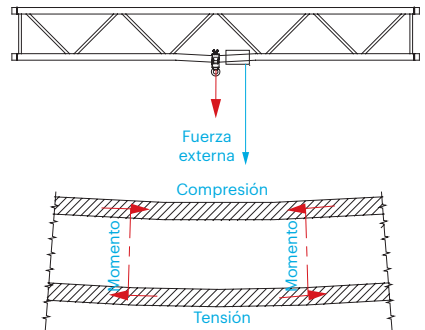
#### Momento de flexión local Sin momento de flexión



El momento de flexión provocado por la excentricidad en el punto nodal

La excentricidad en los puntos nodales no está prohibida y a veces no puede evitarse. Si existe, debe tenerse en cuenta en el informe estructural del tipo de estructura truss.

Se pueden colocar cargas sobre los tramos principales entre puntos nodales hasta un cierto punto. La cantidad de carga máxima debe calcularse individualmente de acuerdo con la carga total de la estructura truss. Por eso, la carga universal admisible de los tubos principales sencillos es bastante bajo.



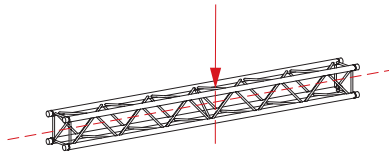
El momento de flexión provocado por la excentricidad entre los puntos nodales.



Foto: Prolyte, Leek, Países Bajos

## Fuerza transversal (fuerza de corte)

La fuerza transversal es la fuerza que actúa perpendicular sobre el tubo central de la estructura truss.



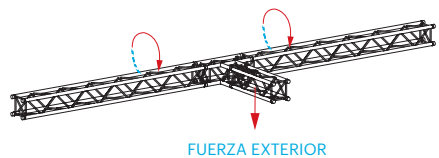
La fuerza transversal provoca fuerzas normales en los elementos diagonales y fuerza de corte sobre los tubos principales de una estructura truss. Las fuerzas normales sobre los elementos diagonales pueden ser tanto de compresión como de tensión. La fuerza de corte sobre el tubo principal intenta «cortarlo». Como los elementos diagonales suelen ser más pequeños y, por tanto, más débiles que los tubos principales, son los elementos diagonales los que limitan la fuerza transversal máxima que puede resistir una estructura truss. La fuerza transversal máxima se puede incrementar aumentando el diámetro o grosor de las paredes de los elementos diagonales.

## Fuerza de torsión

La fuerza de torsión actúa de forma rotatoria sobre el tramo central de la estructura truss e intenta girarlo. Las fuerzas de torsión son difíciles de determinar y deben evitarse o compensarse aplicando contrapesos, sin sobrecargar la estructura truss.

Ejemplos de situaciones donde pueden producirse fuerzas de torsión:

- Equipamiento en un brazo articulado.
- Equipamiento posicionado todo en un lado (tubo principal) de una estructura truss.
- Carga viva en la viga central de un sistema apoyado en el suelo.



Fuerza de torsión en las flechas giratorias



## Deflexión

La deflexión de una estructura truss muestra la acción de las fuerzas de flexión. La deflexión se define como «deformación bajo carga».

La deflexión dentro de los límites permitidos es una reacción normal y no implica ningún peligro con respecto a la estabilidad y seguridad. Cuando su fabricante de módulos truss no facilita ningún detalle sobre los límites de deflexión permitidos, esto puede provocar una sensación engañosa de seguridad.

Prolyte proporciona dos tipos de información de carga. Primero, la carga permitida sin un límite de deflexión y, segundo, carga permitida con un límite de deflexión del 1% de la longitud de la viga ( $L/100$ ). Las tablas de carga del catálogo contienen los valores sin límite de deflexión. En cualquier caso, una deflexión de menos del 1% de la longitud de una viga de estructura truss seguirá haciendo seguro el uso de una estructura truss Prolyte. Otros fabricantes de módulos truss podrían usar otros límites de deflexión en sus cálculos.

Sin embargo, si no se aportan detalles sobre la deflexión en un tipo de estructura truss, los valores de carga deberían considerarse con precaución. El usuario no tendrá la posibilidad de reconocer los límites de carga o verificar la deflexión excesiva.

El estado de las conexiones de una estructura truss puede ser la causa su deflexión. Unos pernos insuficientemente asegurados, los elementos de conexión gastados o las placas terminales deformadas pueden causar deflexión adicional en una viga de estructura truss.

Los sistemas de conexión cónicos de Prolyte (CCS®) se han diseñado para compensar una cierta cantidad de desgaste debido a su diseño cónico.

La altura de la estructura truss determina, en gran medida, su rigidez. A mayor altura total de la estructura truss (en la dirección de la fuerza), mayor solidez y menor deflexión bajo la misma carga.

Prolyte se adhiere a la práctica de incluir la deflexión completa en la información técnica y considerar la deflexión como un factor limitante para la capacidad de carga. Prolyte cree que no tiene mucha utilidad publicar

valores de carga que no tengan en cuenta la deflexión. El resultado es una sensación de inseguridad para los observadores cuando ven una estructura truss muy flexionada, incluso si dicha estructura está dentro de los límites de su capacidad de resistencia.



## ATENCIÓN

- No superar nunca la deflexión máxima permitida de una viga sencilla (consulte nuestras tablas de carga) sin consultar a un ingeniero de estructuras cualificado.
- Las tablas de carga se refieren únicamente a vigas sencillas, la deflexión permitida en una viga continua o en una estructura 2D o 3D no se puede encontrar en las tablas de carga.

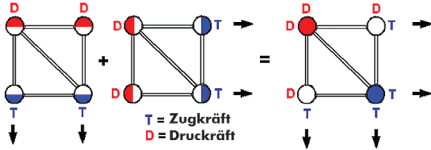
También hay aplicaciones en las que la deflexión debe permanecer dentro de ciertos límites. Por ejemplo, cuando se cuelgan cortinas de una viga de estructura truss, la deflexión provocará que las cortinas se arrastren por el suelo en el centro, mientras que serán demasiado cortas en los extremos exteriores. Si se usa un telón o pistas de cámara, no se aceptará ninguna deflexión pues se necesita una estructura truss completamente a nivel.

## Cargas horizontales

A menudo se infravaloran las cargas horizontales. Varios factores las pueden provocar, como p. ej., el viento, fuerzas de tensión creadas por toldos, cortinas, pantallas, etc. Los valores indicados en las tablas de carga únicamente hacen referencia a la carga de la estructura truss en dirección vertical. Si se añade una segunda fuerza de flexión en dirección horizontal, esto puede provocar sobrecarga de la estructura truss incluso en el caso de que la carga vertical se encuentre dentro de los límites de las tablas de carga. Debido a su diseño, los tipos de módulo truss H20V, S36R, S52F, S52V, S66R, S66V, S100F y todos los módulos truss de dos tramos orientados hacia arriba no deben someterse a ninguna carga horizontal sin consultar a un ingeniero de estructuras.

# 1. TRUSS

Si no puede evitarse, estas fuerzas deben transferirse, p. ej., con otros módulos truss para transferir las fuerzas de compresión o cables de acero para transferir las fuerzas de tensión.



Zugkraft: fuerza  $f$  de tracción

Druckkraft, fuerza de compresión  $f$

Efecto de las fuerzas verticales y horizontales simultáneamente

La imagen muestra el efecto de fuerzas verticales y horizontales actuando sobre una estructura truss de cuatro tubos.

## Fuerzas dinámicas

Al levantar y bajar cargas con un motor de cadenas eléctrico, el inicio y la parada causan fuerzas dinámicas adicionales, que deben tenerse en cuenta al determinar la carga total. Al usar motor estándar con una velocidad de elevación nominal de 4 m/min, se usa un factor de 1,4 para considerar dichas fuerzas dinámicas.

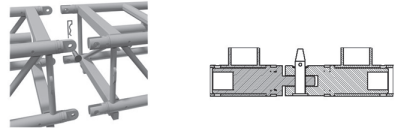
Si se esperan mayores velocidades, p. ej., motor de cadena de alta velocidad o cabrestantes, las cargas y la capacidad de carga de la estructura truss debe ser examinada por una persona competente.

### 1.2.3 Sistemas de conexión

La mayoría de los módulos de estructura truss miden entre 2 y 3 metros (de 6 a 10 pies). Sin embargo, normalmente se precisan mayores longitudes. Las ventajas económicas de comprar módulos de 5 m se pierden rápidamente debido a los costes de manejo y transporte. Por este motivo, se necesita un sistema de conexión rápido, eficiente y fuerte para conectar los módulos truss. Aunque hay varios tipos de conexiones para módulos truss, Prolyte utiliza actualmente tres tipos.

## Conexión de pasador y horquilla

La horquilla «hembra» está conectada al pasador «macho» por medio de un perno cilíndrico. Se trata de un tipo de conexión muy fuerte, que también se usa en la tecnología de las grúas. Los pernos de conexión están expuestos a fuerzas de corte.



### Ventajas:

- Menos piezas individuales.
- Conexión muy fuerte.
- Montaje muy rápido y sencillo.

## Conexión cónica

Conexión con un sólido elemento de conexión cónico doble que se fija con un pasador cónico a los conectores soldados en los extremos de los tramos principales. El pasador cónico está expuesto a fuerza de corte..



### Ventajas:

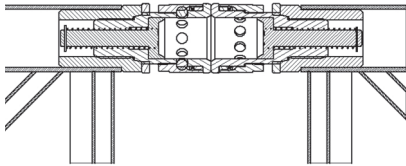
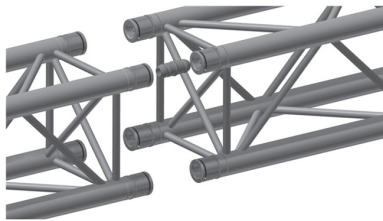
- Sistema universal.
- Alineación exacta de los elementos.
- Montaje muy rápido y sencillo.
- La conexión es 100% rígida.
- La longitud de instalación equivale a la longitud de la estructura truss.
- Compensación de desgaste en los orificios perforados al usar pasadores cónicos.
- Los elementos de conexión no se dañan fácilmente y son fáciles de sustituir.





### Conexión Verto

El tipo de conexión más reciente desarrollado por Prolyte. Un elemento de conexión ranurado hecho de acero endurecido se sostiene en los conectores de la estructura truss por medio de bolas de acero que se empujan dentro de las ranuras del elemento conector por medio de una tuerca de acero giratoria especial. La tuerca giratoria de acero se puede accionar manualmente y se fija en la posición de bloqueo por medio de un pasador de seguridad.



#### Ventajas:

- No se necesitan herramientas.
- Montaje muy rápido.
- Montaje silencioso.
- La conexión es 100% rígida.
- La longitud de instalación equivale a la longitud de la estructura truss.

### 1.2.4 Tipos de carga y sistemas estáticos

Considerando la carga de los módulos truss, distinguimos entre cargas distribuidas y cargas puntuales. Las cargas distribuidas pueden darse de forma uniforme a lo largo de una viga de estructura truss o en una parte. Las cargas puntuales se pueden aplicar de forma simétrica o asimétrica. Para explicar los diferentes tipos de carga, miramos su configuración más simple, una viga de estructura truss soportada en ambos extremos.

### Carga puntual central (UDL, por sus siglas en inglés)

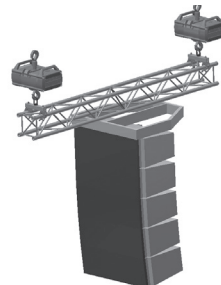
Una carga que se aplica de forma uniforme en toda la longitud de la viga de la estructura truss. Ejemplos de cargas distribuidas de forma uniforme son telones, decoraciones, lámparas del mismo peso distribuidas de forma regular con muy poca separación a lo largo de la viga.

Una carga por metro distribuida de forma uniforme utiliza el símbolo  $q$  y se mide en  $\text{kg/m}$  o en  $\text{kN/m}$ .



### Carga puntual central (CPL, por sus siglas en inglés)

La carga puntual central es una carga única aplicada en el centro de una viga de estructura truss. La carga de punto central es el peor escenario de carga para una viga de estructura truss dado que la posición de la carga tiene la máxima distancia hasta los soportes. Si la carga de punto central se desplaza en dirección al soporte, ya no será una carga de punto central, sino una carga puntual, lo que provocará menos momento de flexión en la viga y se producirá menor deflexión en la estructura truss. La fuerza transversal en la estructura truss en la posición de la carga puntual seguirá siendo la misma, pero la fuerza transversal sobre la estructura en el soporte hacia el que se mueva la carga puntual aumentará. Ejemplos de cargas puntuales son las lámparas individuales, cajas de altavoces y puntos de suspensión.

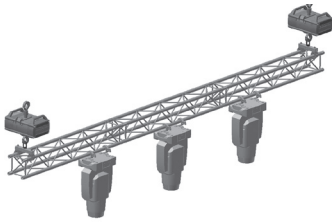


# 1. TRUSS

## Cargas puntuales múltiples

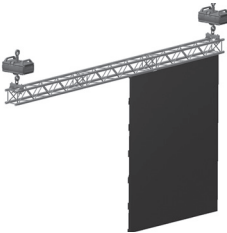
Si hay más de una carga puntual sobre una viga de estructura truss, se denominan cargas puntuales múltiples. Si estas cargas puntuales múltiples están situadas a distancias equidistantes entre ellas y con los soportes, las definimos como:

- Cargas puntuales de tercios (TPL por sus siglas in inglés): Dos cargas puntuales aplicadas sobre una viga de estructura truss que la dividen en tercios
- Cargas puntuales de cuartos (QPL por sus siglas in inglés): Tres cargas puntuales aplicadas sobre una viga de estructura truss que la dividen en cuartos
- Cargas puntuales de quintos (FPL por sus siglas in inglés): Cuatro cargas puntuales aplicadas sobre una viga de estructura truss que la dividen en quintos.



## Cargas distribuidas parcialmente

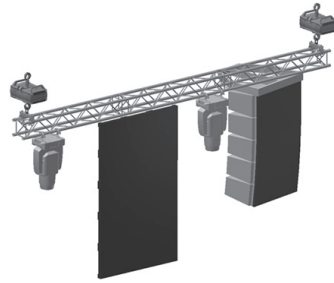
Una carga distribuida parcialmente se produce si únicamente una parte de la viga de la estructura truss está sujeta a una carga distribuida de forma uniforme o cuando varias cargas puntuales están montadas en una zona limitada, mientras que el resto de la viga no soporta cargas.



La forma más sencilla de estimar la capacidad de resistencia segura de una estructura truss sujeta a cargas distribuidas parcialmente es determinar la carga total y luego considerar esta carga como una carga puntual central (el peor tipo de carga).

## Cargas no uniformes

El tipo de carga más común es la carga no uniforme. Ocurre si una viga de estructura truss soporta varios tipos de carga diferentes o la distribución de cargas puntuales no es uniforme. La capacidad de resistencia segura de una estructura truss sujeta a cargas no uniformes es determinar la carga total y luego considerar esta carga como una carga puntual central, tal como se hace en el caso de carga parcial.

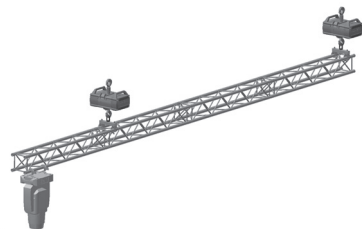


### Norma general:

Sumar todas las cargas aplicadas sobre una viga de estructura truss y comprobar que la suma es menor que la CPL permitida sobre dicha viga.

## Carga puntual sobre extremo (EPL, por sus siglas in inglés)

Una estructura truss que solo está apoyada en un extremo se llama viga voladiza. Una viga voladiza puede cargarse con diferentes combinaciones de cargas, pero la peor siempre será la carga sobre el extremo opuesto al soporte. Esta carga se llama carga puntual sobre extremo. Si la viga voladiza está cargada de forma asimétrica, utiliza el mismo principio que para la carga no uniforme, para determinar su capacidad de resistencia segura.

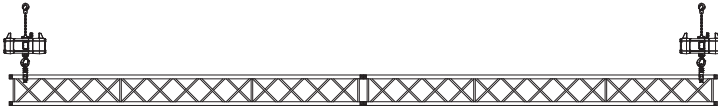




### Sistemas estáticos

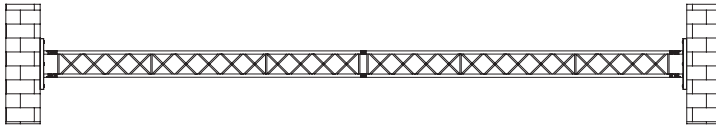
El sistema estático más simple es una estructura truss con una sola viga apoyada en ambos extremos. Se denomina sistema estáticamente determinado, porque la propia carga y la carga de los dos soportes se puede determinar fácilmente por medio de un cálculo simple. La carga total incluyendo el propio peso de la estructura truss y de otro equipo implicado se transferirá a los dos soportes. Si todas las cargas se aplican de forma simétrica, cada uno de los dos soportes recibirá un 50 % de la carga total. Si las cargas se aplican de forma asimétrica, el soporte que está más cerca del centro de gravedad del sistema recibirá más del 50% de la carga total, mientras que el otro soporte recibirá menos.

Todas las tablas de carga están basadas en el sistema de estructura truss con una sola viga, considerando ambos soportes como conectados (simplemente apoyados). Bajo la carga, los soportes conectados permiten la deflexión vertical de la estructura truss entre los dos soportes.



Estructura truss con una sola viga colgada sobre dos motores de cadena eléctrica (simplemente apoyados)

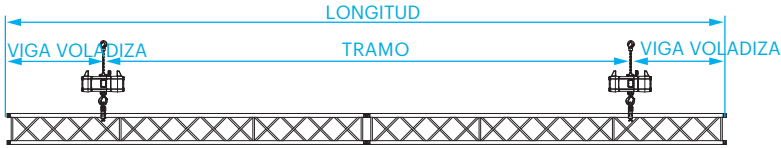
Si ambos soportes no estuvieran conectados, sino bloqueados de forma rígida (fijos), la estructura truss podría soportar mayor momento de flexión dado que el bloqueo entorpecería su deflexión. Esta situación no es común en la industria del espectáculo. Los datos de carga de acuerdo con esta situación proporcionarían valores demasiado altos y podría crear situaciones peligrosas.



Estructura truss con una sola viga bloqueada en ambos extremos

En la mayoría de situaciones de la tecnología del espectáculo, las estructuras truss con una sola viga tienen los soportes colocados hacia dentro de forma que los extremos de la estructura se proyectan sobre los soportes. Estas proyecciones también se llaman vigas voladizas. Estas vigas voladizas también se pueden cargar. La carga en la viga de la estructura truss y en las vigas voladizas y su propio peso influyen en la fuerza transversal sobre la estructura en la posición de los soportes. La longitud y carga de las vigas voladizas también influyen en el momento de flexión de la estructura truss en las zonas de los soportes. Además, las vigas voladizas solo están protegidas contra las fuerzas de torsión por el tipo de soporte (p. ej., eslinga redonda) sobre la que se apoyan y, por tanto, son susceptibles de aplicar cargas asimétricas. La carga sobre las vigas voladizas influye en el momento de flexión de la estructura truss entre los dos soportes. Este fenómeno puede usarse para reducir la deflexión de la estructura truss entre los soportes, pero deberá ejecutarla únicamente personal experimentado y competente.

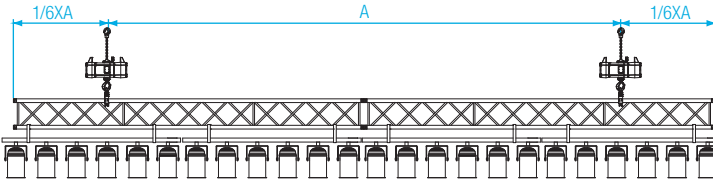
# 1. TRUSS



Estructura truss con una sola viga y vigas voladizas.

La longitud del sistema equivale a la viga + 2 vigas voladizas

Como medida de seguridad, se puede asumir una sexta parte en voladizo de la viga sobre el que se puede cargar la misma cantidad de carga distribuida de forma uniforme que en la viga principal. Tener en cuenta que las vigas voladizas pueden ser mucho más largas y soportar mucha más carga que esta norma general. Consulte las fichas técnicas de nuestra serie de módulos truss para encontrar las cargas permitidas para las vigas voladizas y las condiciones de límite necesarias.



Estructura truss de una sola viga con vigas voladizas cargadas en UDL (por sus siglas en inglés)

Ejemplo:

Tipo de estructura truss: H30V

Longitud de la viga A: 12 m

UDL a 12 m: 83,2 kg/m

Longitud de la viga voladiza:  $1/6 \times A = 1/6 \times 12 \text{ m} =$

$12 \text{ m}/6 = 2 \text{ m}$

Longitud del sistema:  $A + 2 \times 1/6 \times A = 12 \text{ m} + 2 \times 2 \text{ m} = 16 \text{ m}$

UDL en la longitud del sistema:  $16 \text{ m} \times 83,2 \text{ kg/m} = 1331,2 \text{ kg}$

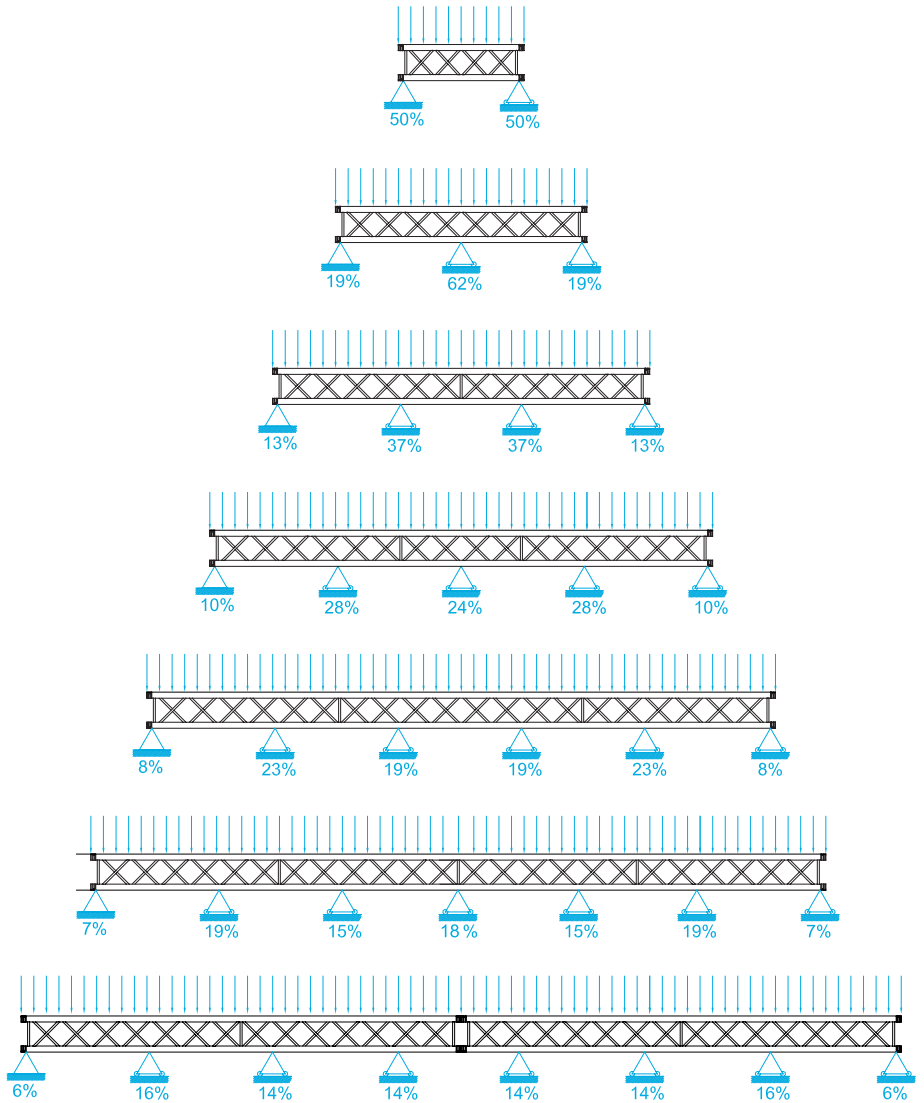
UDL en la viga voladiza:  $2 \text{ m} \times 83,2 \text{ kg/m} = 166,4 \text{ kg}$

**Norma general:**

Se puede asumir una sexta parte de la viga entre los soportes como vuelo admisible sobre el que se puede apoyar la misma cantidad de carga distribuida de forma uniforme que la de la viga principal.

Si la longitud del sistema necesaria supera la longitud permitida de una estructura truss como viga única o si la deflexión de una viga única excede un valor aceptable, se necesitará o bien una estructura más fuerte (siempre se recomienda) o se deberá incrementar el número de soportes. En cuanto el número de soportes para un tramo recto de estructura truss se incrementa a tres o más, el sistema se denomina estructura truss con vigas múltiples y se convierte en un sistema estáticamente indeterminado.

Los sistemas estáticamente indeterminados no tienen un cálculo sencillo. La carga en una viga y el área entre los soportes influyen en el comportamiento de las vigas contiguas. Los escenarios de carga posibles son inagotables. Los módulos truss con múltiples vigas se deben considerar desde el punto de vista de la capacidad de carga de la estructura y sin olvidar la capacidad de carga de los soportes. En cuanto a la capacidad de carga de los soportes, utilizamos las reacciones de soporte teóricas de las vigas continuas ideales bajo una carga distribuida de forma uniforme. En esta situación ideal, todos los soportes se encuentran a la misma distancia y exactamente a la misma altura. Encontramos un tremendo desplazamiento en la reacción de los soportes comparada con la estructura truss con una sola viga.

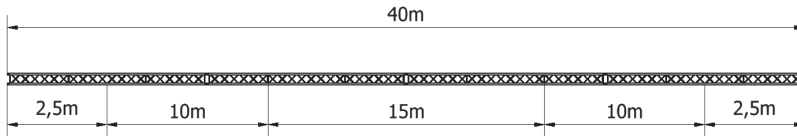


Distribución de las reacciones en los apoyos de las vigas continuas ideales (estructura truss múltiples vigas)





Foto: Techo Space, escenario interior, Festival Zwarte Cross, Países Bajos



En la práctica, encontramos tolerancias en los accesorios elevadores, imperfecciones de los métodos de eslinga y alturas de ganchos diferentes en los motores de cadena que provocan alturas diferentes de los soportes. Dependiendo de la rigidez de la estructura truss, estas diferencias de altura pueden provocar que algunos puntos de soporte individuales no estén sujetos a carga, generando una longitud de viga de la estructura truss doble entre los soportes contiguos y, simultáneamente, incrementando la carga en dichos soportes.

Con respecto a la capacidad de carga de la estructura truss en un sistema de vigas múltiple, la inagotable cantidad de escenarios de carga imposibilita generar tablas de carga adecuadas con valores de carga máxima permitidos. Los módulos truss con vigas múltiples exigen una valoración estructural individual para calcular la necesaria carga máxima.

Es posible determinar con seguridad si un tipo de estructura truss será suficiente para un escenario de carga conocido incluso con distancias diferentes entre los soportes. En primer lugar, determinamos la longitud de la distancia más larga entre soportes. Luego consideramos la posible UDL de una estructura truss con una sola viga de esa longitud y reducimos la UDL en un 50%. Este valor se puede usar como UDL para toda la estructura truss con múltiples vigas.

Ejemplo:

H40V, longitud de 40m, cuatro puntos de soporte, tres secciones con vigas voladizas.

H40V, distancia máxima de soporte 15 m.

UDL = 74 kg/m como viga única.

74 kg/m -50% UDL permitida = 37 kg/m

UDL máxima en la longitud de la estructura truss:

40 m x 37 kg/m = 1480 kg

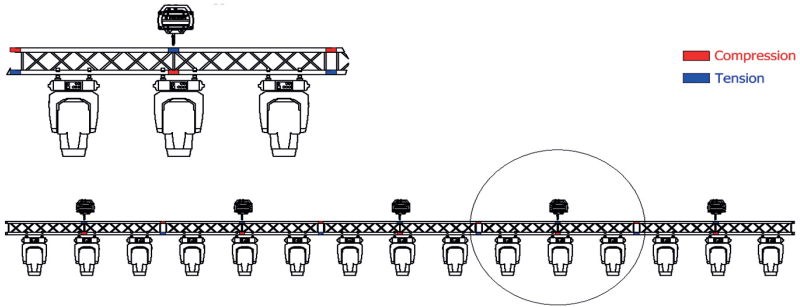
¡Preste atención a las reacciones de los apoyos y su altura! ¡Si uno o más apoyos sin carga podrían provocar que otros soportes resulten sobrecargados, considere el uso de sistemas de control de carga!

**Norma general:**

Para determinar la capacidad de carga segura de una estructura truss en un sistema con múltiples vigas determinamos la distancia máxima de soporte. Luego consideramos la posible UDL de una estructura truss con una sola viga de esa longitud y reducimos la UDL en un 50%. Este valor se puede usar como UDL para toda la estructura truss con múltiples vigas.



Tener en cuenta que las fuerzas de compresión y tensión que actúan en los tubos principales están invertidas en los soportes internos de los módulos truss con múltiples vigas. Esto se puede describir con una flexión negativa en los puntos de apoyo interiores de una estructura truss con múltiples vigas. Mientras que una deflexión en un campo entre dos apoyos provocará fuerza de compresión en los tramos principales superiores y fuerza de tensión en los tramos principales inferiores, los tramos principales estarán sometidos a una fuerza de tensión en los tramos principales superiores y fuerza de compresión en los tramos principales inferiores.



### 1.2.5 Tablas de carga para módulos truss rectos

Las tablas de carga de Prolite para módulos truss rectos proporcionan información sobre la carga máxima permitida de un módulo truss con una sola viga, sin viga voladiza, la distancia máxima de una sola viga, la deflexión que se puede esperar y el peso propio medio de la viga. Nuestras tablas de carga se basan en un tramo de celosía compuesto por longitudes de celosía aleatorias. Por tanto, no hace falta preocuparse de las posiciones de las conexiones de los módulos de estructura truss en una viga.

Siempre existe la posibilidad de analizar si es posible obtener datos de carga superior cuando las posiciones de las conexiones de los módulos de la estructura truss en una viga, están especialmente especificados para vigas cortas. Póngase en contacto con su proveedor Prolite si necesita datos de carga mayores de los indicados en las tablas de carga.

Las cargas se indican en las unidades de kilogramo (kg) y libra (lbs), la deflexión en unidades de milímetros (mm) y pulgadas (inch), la longitud en metros (m) y pies (ft), combinando todas ellas en una tabla de carga única. Puede ser difícil encontrar los datos necesarios a primera vista, por lo que explicaremos la estructura de la tabla de carga del tipo de estructura truss H30V como ejemplo<sup>1</sup>. Si es necesario conocer los datos de carga para una longitud intermedia, usar siempre los datos de la siguiente longitud mayor.

- |  |  |
|--|--|
| 1 Longitud de la viga en metros                                    | 10 Deflexión en pulgadas bajo CPL                            |
| 2 Longitud de la viga en pies                                      | 11 Cargas puntuales de tercios permitidas (TPL) en kg        |
| 3 Cargas distribuidas de forma uniforme permitidas (UDL) en kg/m   | 12 Cargas puntuales de tercios permitidas (TPL) en lbs       |
| 4 Cargas distribuidas de forma uniforme permitidas (UDL) en LBS/FT | 13 Cargas puntuales de cuartos permitidas (QPL) en kg        |
| 5 Deflexión en milímetros bajo UDL                                 | 14 Cargas puntuales de cuartos permitidas (QPL) en lbs       |
| 6 Deflexión en pulgadas bajo UDL                                   | 15 Cargas puntuales de quintos permitidas (FPL) en kg        |
| 7 Carga puntual central permitida (CPL) en kg                      | 16 Cargas puntuales de quintos permitidas (FPL) en lbs       |
| 8 Carga puntual central permitida (CPL) en lbs                     | 17 Peso propio total medio de la viga de la estructura truss |
| 9 Deflexión en milímetros bajo CPL                                 |  |

<sup>1</sup> Estructura de la tabla de cargas del truss del tipo H30V

Ejemplo: Una viga de 9,5 m de longitud se considerará como una viga de estructura truss de 10 m de longitud.

- Las cifras de carga solo son válidas para cargas estáticas.
- Las cifras de carga solo son válidas para vigas únicas con soportes en ambos extremos.
- Todos los sistemas estáticos, excepto las vigas únicas, necesitan un cálculo estructural individualizado. Contactar con un ingeniero de estructuras o con Prolyte para obtener ayuda.
- Las cifras de carga se calculan de acuerdo y cumpliendo completamente con los estándares europeos (EN 17115 y Euro código).
- El peso propio de los módulos truss ya se ha tenido en cuenta.
- Las cifras de carga solo son válidas para la orientación seccional transversal de la estructura truss tal como se muestra en el icono de la tabla de cargas.
- La interacción entre el momento de flexión y la fuerza de corte en las conexiones de los módulos de la estructura ya se ha tenido en cuenta.
- Las vigas de la estructura truss se pueden montar en diferentes longitudes.
- Leer el manual antes del montaje, el uso y la carga de los módulos truss.

## 1.3 MÓDULOS ANGULARES

Si los módulos truss rectos no son suficientes para proporcionar la solución de resistencia de carga deseada, si la capacidad de carga del techo o tejado de un local es demasiado baja, si los escenarios o decoraciones necesitan reforzarse o se deben cumplir demandas artísticas, se necesitarán componentes estructurales adicionales. La solución más sencilla para esos componentes estructurales es usar módulos angulares. Se les define como componentes estructurales asociados que tienen por objetivo conectar módulos de la estructura truss en diferentes direcciones.

### 1.3.1 Tipos de ángulos

Prolyte suministra diferentes tipos de módulos angulares. El módulo angular más común consiste en dos o más secciones de estructura truss cortas soldadas entre sí en ángulos diferentes. La serie estándar comienza con un ángulo simple de 2 vías y finaliza en un ángulo de 6 vías en forma de estrella.

Prolyte ha desarrollado un sistema de códigos únicos para describir los diferentes tipos de módulos angulares.

Mientras que los ángulos para módulos truss cuadrados se entienden fácilmente, los ángulos para módulos truss triangulares se vuelven bastante complejas debido a las diferentes orientaciones posibles de la sección transversal triangular de la estructura. Consulte los folletos de productos Prolyte para obtener más información sobre el sistema de codificación de módulos angulares de Prolyte.

Tras producir desde el principio ángulos soldados, Prolyte desarrolló la revolucionaria Boxcorner a finales de los años noventa del siglo pasado. La Boxcorner combina precisión, baja tolerancia, robustez y estabilidad. Esto se consigue atornillando los tramos principales a cubos macizos en los ángulos de la caja. En la Boxcorner, únicamente las diagonales están soldadas a los tramos principales. La Boxcorner no tiene conectores fijos permanentes, sino que los diferentes elementos conectores se pueden atornillar a los cubos en los ángulos de la caja, haciendo que la Boxcorner sea un componente estructural asociado versátil.

El sistema de estructura truss patentado Verto exigía todavía menores tolerancias que la Boxcorner estándar. Prolyte desarrolló la Boxcorner HD siguiendo el principio básico de la Boxcorner estándar, pero sin la necesidad de soldarle componentes. La Boxcorner HD es un módulo angular atornillado con tolerancias muy bajas y una solidez extraordinaria.

### 1.3.2 Estabilidad y carga de los ángulos

El cálculo de la carga admisible en los módulos angulares es un asunto complicado. El diseño y construcción de un módulo angular influye en la carga admisible que puede soportar. Con varios módulos angulares se puede absorber la carga aplicada por los módulos de estructura truss conectados cuando se encuentran sujetos a carga máxima.

Además, la construcción del módulo angular no solo es decisiva para la carga admisible, sino que su posición en una estructura truss de dos o tres dimensiones es crucial. Por tanto, la capacidad de carga de los módulos angulares debe comprobarse para cada caso individual, incluyendo las longitudes y cargas de los módulos de estructura truss o las vigas conectadas.

In three-dimensional truss structures, e.g. ground-support structures, also the height of the vertical trusses has an influence on the loading capacity of the corner modules.



### H30V - Carga Admisible

VIGA	UDL		DEFLECCIÓN		Carga puntual central		DEFLECCIÓN		CARGA PUNTUAL MÁXIMA ADMISIBLE						VIGA	
	kg/m	lbs/ft	mm	inch	kg	lbs	mm	inch	Carga puntual de tercios Carga por punto		Carga puntual de cuartos Carga por punto		Carga puntual de quintos Carga por punto			
m	ft	kg/m	lbs/ft	mm	inch	kg	lbs	mm	inch	TPL kg	TPL lbs	QPL kg	QPL lbs	FPL kg	FPL lbs	total weight
3	9,8	649,0	436,7	10	0,4	1667,9	3681,0	8	0,3	973,4	2148,4	649,0	1432,2	486,7	1074,2	18,9
4	13,1	485,3	326,5	18	0,7	1298,1	2864,9	15	0,6	932,1	2057,2	647,1	1428,1	485,3	1071,1	25,2
5	16,4	387,1	260,5	28	1,1	1074,2	2370,9	23	0,9	749,1	1653,3	581,1	1282,5	469,0	1035,1	31,5
6	19,7	321,6	216,4	41	1,6	914,4	2018,2	33	1,3	644,7	1422,8	488,7	1078,6	389,3	859,3	37,8
7	23,0	255,6	172,0	56	2,2	794,4	1753,2	45	1,8	564,8	1246,5	420,7	928,6	337,3	744,4	44,1
8	26,2	194,4	130,8	73	2,9	700,6	1546,3	58	2,3	501,6	1107,0	368,5	813,3	296,9	655,2	50,4
9	29,5	152,4	102,5	92	3,6	625,2	1379,9	74	2,9	450,2	993,7	327,0	721,8	264,5	583,8	56,7
10	32,8	122,3	82,3	114	4,5	563,2	1242,9	91	3,6	407,6	899,5	293,2	647,1	238,0	525,2	63,0
11	36,1	100,1	67,4	137	5,4	511,0	1127,8	110	4,3	371,5	820,0	265,1	585,0	215,7	476,1	69,3
12	39,4	83,2	56,0	164	6,5	466,5	1029,6	131	5,2	340,6	751,7	241,2	532,3	196,8	434,3	75,6
13	42,6	70,1	47,2	192	7,6	428,0	944,6	154	6,1	313,7	692,4	220,7	487,0	180,5	398,3	81,9
14	45,9	59,6	40,1	223	8,8	394,3	870,2	178	7,0	290,1	640,2	202,8	447,5	166,2	366,8	88,2
15	49,2	51,2	34,5	256	10,1	364,5	804,3	205	8,1	269,1	593,8	187,0	412,8	153,6	338,9	94,5
16	52,5	44,3	29,8	291	11,5	337,8	745,5	233	9,2	250,3	552,3	173,0	381,9	142,3	314,1	100,8
17	55,8	38,6	26,0	328	12,9	313,8	692,5	263	10,4	233,3	514,9	160,4	354,1	132,2	291,8	107,1
18	59,0	33,8	22,8	368	14,5	292,0	644,5	295	11,6	217,9	480,8	149,1	329,0	123,1	271,6	113,4
19	62,3	29,8	20,0	410	16,1	272,2	600,7	328	12,9	203,7	449,6	138,7	306,2	114,7	253,2	119,7
20	65,6	26,3	17,7	454	17,9	253,9	560,4	364	14,3	190,7	420,9	129,3	285,3	107,1	236,3	126

1 inch = 25,4 mm | 1m = 3,28 ft | 1 lbs = 0,453 kg

# 1. TRUSS

En los módulos truss tridimensionales, p.ej., estructuras apoyadas en el suelo, la altura de los módulos truss verticales también influye en la capacidad de carga de los módulos angulares.

Por ejemplo, un módulo angular de tres vías sobre un apoyo en el suelo simple de cuatro patas necesitaría transferir un 50% de la carga de dos módulos truss horizontales conectados (con carga simétrica) en el módulo truss vertical. La estructura truss vertical estaría sujeta a compresión, combinada con flexión en dos direcciones dependiendo de la rigidez del módulo angular y de la altura de la estructura truss vertical. Al tener en cuenta que los módulos de estructura truss se pueden combinar libremente y construirse con una estructura de apoyo en el suelo de diferentes dimensiones, combinado con gran variedad de escenarios de carga, explica claramente por qué es imposible generar datos de carga universales para los módulos angulares.

Considerando los módulos angulares simples soldados, es obvio que un angular no puede resistir más carga que un módulo de estructura truss independiente. Los extremos de los tramos principales de los angulares soldados lo están entre sí en ángulos diferentes y con diferentes áreas de contacto. Las fuerzas internas generadas por la carga sobre los módulos de estructura truss conectados debe transferirse a través de la conexión de los tramos principales y a través de los elementos en diagonal de los angulares soldados, dependiendo del diseño del angular. En muchos casos, los elementos diagonales de un ángulo son el factor que los limita.

Como norma general, las vigas de estructura truss ligadas a los angulares soldados no deberán cargarse más del 40% del CPC de las vigas de estructura truss tal como se recoge en las tablas de carga para dichas vigas individuales. De acuerdo con esta norma general para cargas no uniformes sobre una viga de estructura truss sencilla, el 40% del CPC de la viga representa el límite de todas las cargas ligadas a la viga entre dos módulos angulares. A menudo, es posible soportar mayores cargas, pero esto deberá verificarse siempre por medio de un cálculo estructural realizado por personas calificadas y competentes.



Foto: Proyecto NeuroTech en China





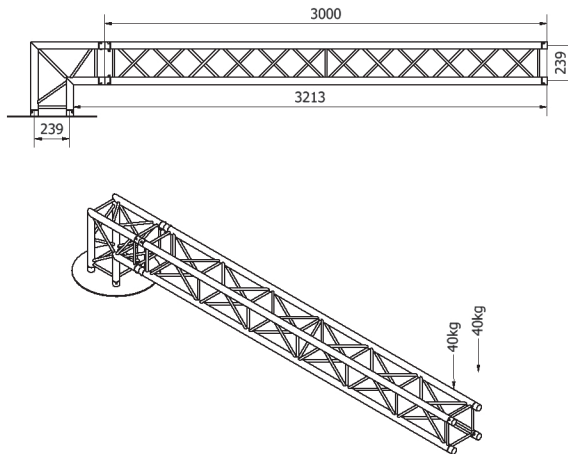
Con el uso de Boxcorners estándar en la misma estructura descrita anteriormente, se consigue una estructura mucho más fuerte. Los módulos truss horizontales que están conectados a los Boxcorners pueden cargarse hasta un 70% de la CPC admisible, según se indica en las tablas de carga para los tipos de estructura truss. Tan pronto como se incorporan extensiones estructurales adicionales, como vigas voladizas o módulos circulares, se recomienda realizar un cálculo estructural por parte de personas cualificadas y competentes.

Explicación detallada de los módulos angulares:

Prolyte realizó investigaciones científicas acerca de los módulos angulares soldados estándar. El problema principal con los módulos angulares soldados estándar es la transferencia de carga de una viga de estructura truss horizontal hacia las patas verticales. La transferencia de carga de horizontal a vertical se realiza sobre todo por el último elemento diagonal, con un valor de resistencia a la flexión diseñado para soportar 10,42 kN.

Las pruebas prácticas con un H30V-C003 muestran una carga máxima de 120 kg en una viga voladiza de 3 m H30V, lo que provoca un momento de flexión de 3,6 kNm Mrd. Con 120 kg de carga se pasa de una deformación elástica a una deformación plástica. Teniendo en cuenta los factores de seguridad parcial del Euro código, esto resulta en una carga en el extremo de la viga voladiza de 80 kg en un H30V de 3 m.

Este cálculo también se ha comprobado teóricamente:



Estrés total:  $11,31 \text{ kN/cm}^2 < 11,36 \text{ kN/cm}^2 = \text{correcto}$

Resultado en la teoría coincide con la práctica = correcto.

La carga admisible de un H30V-C003 y una BOX-30V comparada con un H30V se puede describir como:

Resistencia al momento de flexión según diseño H30V Mrd: 24kNm

Resistencia al momento de flexión según diseño H30V-C003:

$1,2 \text{ kN/1,1} \times 3 \text{ m} = 3,3 \text{ kNm} \rightarrow 3,3/24 =$

14% de un truss H30V

Resistencia al momento de flexión según diseño BOX-30V:

$3,35 \text{ kN/1,1} \times 3 \text{ m} = 9,13 \text{ kNm} - 9,13/24 =$

38% de un truss H30V

El siguiente paso es evaluar los módulos angulares apoyados sobre el suelo. En estos casos, la longitud de las vigas y de las patas también es importante. Dependiendo de la longitud de las patas, el módulo angular puede considerarse que actúa como semi articulado. Con una transición característica de 1 kNm de momento de flexión.

Comprobando las siguientes longitudes de viga de 3, 6, 9, 12, 15 m H30V con un 40% del CPL máximo. Resulta en una pequeña sobrecarga del 5% en las tensiones del material en el elemento diagonal inferior del módulo angular.

Esta prueba también se ha realizado en la pata de apoyo 100% articulado y 100% fijo (el apoyo del módulo angular depende de la longitud de la pata y de la fijación de su base).

Resumiendo, la capacidad de carga de un módulo angular depende en gran medida del diseño del ángulo (tramos principales y elementos diagonales) y de la transición de carga en el propio módulo angular.

Si un módulo angular está sujeto a una transición de carga de una viga horizontal a una pata vertical, dicha transición dependerá del elemento diagonal soldado. Y, por tanto, también lo hará el módulo angular en su conjunto.

En general, se recomienda reducir la carga CPCcpl admisible de una viga en un 60% si la viga se utiliza combinada con módulos angulares donde la transición de carga pasa de horizontal a vertical.

Si se utilizan módulos angulares en situaciones en las que la transición de carga pasa de horizontal a horizontal, el módulo angular puede transferir el 100% de la carga admisible de una viga de estructura truss. Se realizó la misma evaluación para los elementos 30V Boxcorner.

Para un 30V Boxcorner, se recomienda reducir la carga CPC admisible de una viga en un 30% si la viga se utiliza combinada con módulos angulares donde la transición de carga pasa de horizontal a vertical.

Si se utilizan Boxcorners en situaciones en las que la transición de carga pasa de horizontal a horizontal, el Boxcorner puede transferir el 100% de la carga admisible de una viga de estructura truss.

## 1.4 ESTRUCTURA TRUSS CIRCULAR

Prolyte es famosa por su amplio rango de series de módulos truss útiles para la mayor variedad de aplicaciones. Además, Prolyte fabrica estructuras truss de forma circular, en arco y elipse. Prolyte fabrica estos módulos truss curvos con un nivel de precisión especialmente alto para garantizar un ajuste preciso sin distorsiones.

Todas las estructuras truss circulares se fabrican en un departamento especializado de la fábrica. Este departamento cuenta con plantillas de soldadura de última generación diseñadas internamente.

Estas plantillas de soldadura permiten que todos los segmentos circulares se fabriquen como elementos estándar, desde los módulos truss decorativos de la serie E hasta la robusta serie S. Esto garantiza que cada segmento curvo se pueda insertar en cualquier posición de un círculo sin que afecte a su forma total. Los módulos truss circulares y en arco se pueden preparar para cualquier serie hasta la serie S, excepto S36PR y S52F.

Aunque Prolyte ha llevado a la producción de módulos truss circulares al mismo estándar de los módulos truss rectos, sigue existiendo una gran diferencia que se debe conocer. La producción de módulos truss curvados exige mucho más tiempo. Cada tramo individual de tubo debe girarse hasta alcanzar un radio específico para que sirva como tubo de un tramo de la estructura truss circular. Esto quiere decir que una estructura truss curvada tiene al menos dos radios diferentes: el radio del tubo interior y el radio del tubo exterior. Cada tubo solo puede girarse una longitud limitada por los rodillos de la máquina curvadora. La pérdida durante el curvado es de aproximadamente 50 cm para cada extremo de tubo. Esto quiere decir que un producto semi terminado con una longitud de 6 m tiene una longitud curvada máxima de 5 m. Esta es la longitud del segmento para módulos truss curvados que forman un círculo.

Hay un límite inferior para el radio de curvatura de cada tipo de tubo. Si el radio se reduce, el tubo asume una forma ovalada (10% de deformación es el límite máximo) y pierde su superficie brillante debido a las fuertes fuerzas de compresión del borde interior. El grado en el que se puede curvar un tubo con resultados satisfactorios depende de 3 factores.

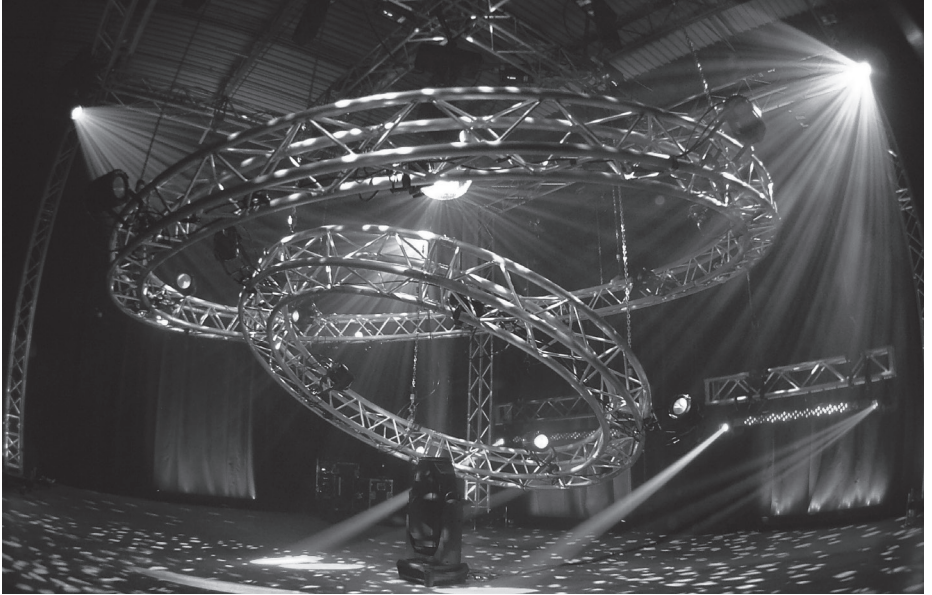


Foto: AC Lighting, Canadá

- Diámetro externo del tubo; esto influye directamente en el momento geométrico de la inercia y la resistencia a la flexión.
- Grosor de pared del tubo; esto influye directamente en el momento geométrico de inercia y la resistencia a la flexión, siendo las paredes más gruesas menos susceptibles a los cambios de superficie, pero necesitando mucha más energía y más tiempo para doblarse.
- Composición del tubo; cuanto menor sea la rigidez, más fácil el proceso de formación en frío.

Prolyte asigna los valores de las dimensiones de módulos truss circulares como el radio del tubo exterior del tramo. El radio del tubo interior limita el proceso de flexión. Los valores indicados son dimensiones mínimas del círculo lo que asegura que la superficie del tubo y su estabilidad no se deteriorarán mucho.

#### 1.4.1 Segmentos circulares

La selección inteligente del número de segmentos circulares que forman el círculo completo es crucial.

Para instalaciones permanentes, el mínimo número de segmentos circulares parece ser la opción más

económica a primera vista, pero se deben considerar los altos costes de transporte y la posibilidad de llevar los segmentos circulares grandes al lugar donde se va a instalar el círculo.

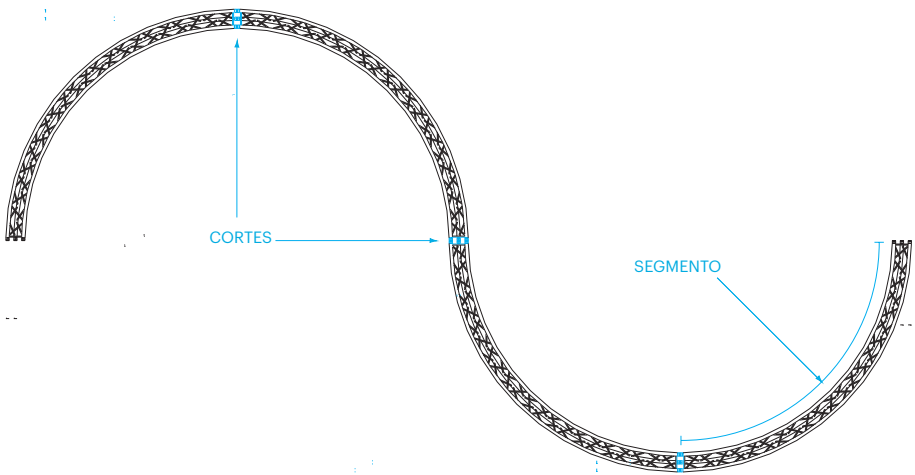
Para instalaciones temporales y negocio de alquiler, recomendamos una división en pasos de cuatro segmentos circulares (4, 8, 12, 16, ...) Con esta división, los círculos pueden utilizarse en diferentes configuraciones tal como se muestra en las siguientes imágenes. El número de segmentos de un círculo depende de su radio. La longitud de tubo máxima que se puede doblar es de 4 m, lo que quiere decir que los segmentos circulares no pueden ser más largos. Las dimensiones medias de los segmentos circulares entre 2 y 4 m son las más fáciles de manejar, transportar y almacenar.

Además, para módulos truss circulares de tres tubos, la orientación del triángulo (vértice hacia arriba, vértice hacia fuera o vértice hacia dentro) y para los módulos truss circulares de dos tubos, la posición de los dos tubos (planos o verticales) debe definirse.

# 1. TRUSS

Ejemplos para calcular la longitud de cada segmento circular:

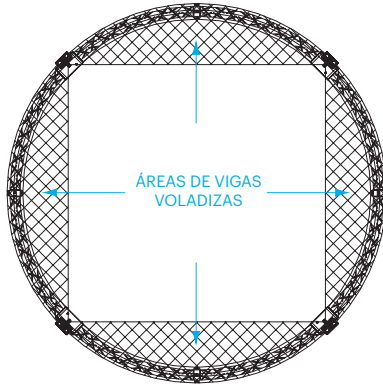
	Truss H30V	Truss H40V
	Diámetro exterior 5 m = radio 250 cm	Diámetro exterior 15 m = radio 750 cm
*	4	16
Número de catálogo	H30V-R250-4	H40V-R750-16
Circunferencia exterior	$C = d \times \pi = 5\text{ m} \times 3,14 = 15,7\text{m}$	$C = d \times \pi = 15\text{ m} \times 3,14 = 47,12\text{m}$
Longitud del segmento circular	$C / 4 = 15,7\text{m} / 4 = 3,925\text{m}$	$C / 16 = 15,7\text{m} / 16 = 2,945\text{m}$
Ángulo del segmento circular	$\alpha = 360^\circ / \text{número de segmentos circulares} = 360^\circ/4 = 90^\circ$	$\alpha = 360^\circ / \text{número de segmentos circulares} = 360^\circ/16 = 22,5^\circ$
Longitud de transporte	$c = d \times \sin(\alpha/2) = 5\text{ m} \times \sin 45^\circ = 3,54\text{m}$	$c = d \times \sin(\alpha/2) = 15\text{ m} \times \sin 11,25^\circ = 2,93\text{m}$
Resultado	La longitud del segmento circular es posible, pero puede ser difícil de manejar.	La longitud del segmento circular es correcta.





### 1.4.2 Carga de círculos

Los módulos truss circulares con orientación horizontal pueden resistir menos carga que los módulos truss rectos. En un segmento circular, los ángulos de los elementos diagonales a los tramos principales en el plano vertical para los lados interno y externo del segmento son diferentes. Esto provoca una distribución asimétrica de las fuerzas transversales sobre los segmentos circulares. Los ángulos diferentes de los elementos diagonales provocan usualmente mayores distancias entre los puntos nodales de la estructura de celosía en el lado exterior del segmento circular, lo que provoca una menor capacidad de resistencia a la carga de los tramos exteriores principales. Entre dos puntos de apoyo de una estructura truss circular, se crea una zona de viga voladiza. El tamaño de la zona de viga voladiza de una estructura truss circular depende del diámetro de la estructura truss y el número de puntos de apoyo. Mientras más puntos de apoyo, más corta es la viga voladiza.



Al aplicar fuerzas al segmento circular se provoca deflexión del segmento y esto provoca fuerzas de torsión en la estructura truss, lo que afecta a la capacidad de carga de la estructura truss circular. Tenga en cuenta que el número ideal de suspensiones para estructuras bidimensionales como una estructura truss circular es de tres. Por supuesto, los módulos truss circulares de gran tamaño necesitan más suspensión, pero tenga en cuenta que no toda la suspensión puede estar sujeta a carga, especialmente cuando el módulo truss circular se eleva o desciende por medio de motores de cadena y cabrestantes.

Aquí hay un ejemplo de tabla de cargas de una estructura truss Circular H30V:

H30V Truss Circular - Carga permitida		3 Puntos de Suspensión		4 Puntos de Suspensión		6 Puntos de Suspensión		8 Puntos de Suspensión		10 Puntos de Suspensión	
		UDL	CPL	UDL	CPL	UDL	CPL	UDL	CPL	UDL	CPL
Diámetro	ft	kg/m	lbs/ft	kg/m	lbs/ft	kg/m	lbs/ft	kg/m	lbs/ft	kg/m	lbs/ft
	4	13.1	188	126,3	305	205,2	547	368,4	786	528,8	1019
			575	1268,3			1001	2209,5			1209
6	19.7	102	68,4	175	118,0	336	226,3	498	335,1	656	441,7
			443	977,6			880	1942,3			1139
8	26.2	63	42,7	115	77,5	233	157,1	356	239,3	476	320,4
			359	793,3			784	1731,5			1077
10	32.8	43	28,8	81	54,8	174	116,8	271	182,6	369	248,0
			302	665,9			707	1560,9			1021
12	39.4	30	20,5	60	40,7	135	90,8	216	145,4	297	200,2
			259	572,6			643	1419,9			970
14	45.9	22	15,1	46	31,3	108	72,8	177	119,2	247	166,3
			227	501,3			590	1301,6			924
											2668,1
											2514,8
											2377,5
											2254,0
											2142,3
											2040,7



Foto: Metro Productions, Festival Homegrown, Nueva Zelanda

Todos los datos de carga se basan en una suspensión horizontal de la estructura truss circular con puntos de suspensión distribuidos regularmente y cargas aplicadas en cada uno de los campos. En todos los demás casos, los datos de carga NO son válidos. Si las cargas pesadas se distribuyen de forma irregular, puede provocarse inestabilidad. Si es necesario conocer los datos de carga para un diámetro intermedio, usar siempre los datos de la siguiente longitud mayor.

#### Ejemplo

Una estructura truss circular con un diámetro de 5 m se considerará como una estructura truss circular con un diámetro de 6 m. Si está suspendida de tres puntos, se podría cargar con una UDL de 102 kg/m. La circunferencia de la estructura truss circular con un diámetro de 5 m es  $C = 5 \text{ m} \times \pi = 5 \text{ m} \times 3,14 = 15,7 \text{ m}$ .

¡La UDL total admisible para esta situación es de  $Q = C \times \text{UDL} = 15,7 \text{ m} \times 102 \text{ kg/m} = 1601,4 \text{ kg}$ ! Si la carga no es UDL, sino no uniforme de alguna forma y cada uno de los tres campos está cargado, se puede aplicar la norma general para cargas no uniformes considerando la carga puntual central admisible (CPL) en cada campo. En ese caso, quería decir que serían aceptables tres cargas puntuales de 443 kg.

La carga total admisible para cargas no uniformes sería de  $3 \times 443 \text{ kg} = 1329 \text{ kg}$ .

¡Si la estructura truss circular estuviese suspendida de 6 puntos, la UDL total admisible sería de  $Q = 15,7 \text{ m} \times 336 \text{ kg/m} = 5275,2 \text{ kg}$ ! ¡La carga total admisible para cargas no uniformes sería de  $6 \times 880 \text{ kg} = 5280 \text{ kg}$ ! ¡Comprobar siempre que los puntos de eslingado y los dispositivos de elevación tienen suficiente capacidad!

Consultar el folleto de productos de Prolyte para obtener información sobre los datos de carga de otros tipos de módulos truss circulares.

## 1.5 MÓDULOS TRUSS VERTICALES

Nuestro departamento técnico frecuentemente recibe peticiones de tablas de carga para módulos truss utilizados como torres.

En ese tipo de aplicación, la flexión puede provocar fácilmente que fallen antes de alcanzar las fuerzas de compresión permitidas (fuerzas normales). Una estructura truss en torre bajo compresión tiende a desviarse lateralmente (hacia un lado).



Los factores relevantes en este tipo de uso son:

- La altura de la torre.
  - La sección transversal de la torre.
  - Fijación de la torre en ambos extremos (arriba/abajo).
- La teoría para determinar la carga axial máxima que puede resistir una columna larga y delgada (ideal) sin doblarse se basa en los cuatro modos de flexión euleriana, derivados del matemático suizo Leonhard Euler a mediados del siglo XVIII.

Al usar módulos truss verticales en la industria del espectáculo, normalmente nos enfrentamos a situaciones similares a los modos eulerianos 1 y 2:

1. Fijado en la base, libre en la parte alta.  
(Situación similar a la viga voladiza)
2. Fija (colgada) en los dos extremos.

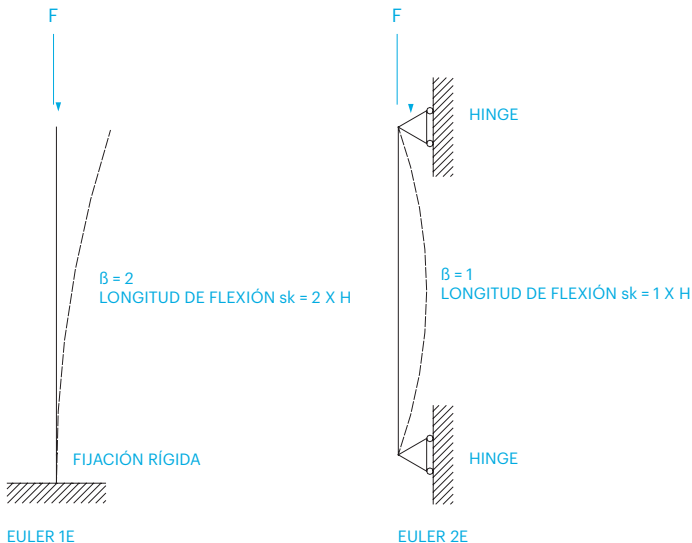
(Torre o pata en una estructura de soporte sobre el suelo)  
De acuerdo con la teoría del Sr. Euler, la longitud de flexión  $s_k$  de una torre se calcula multiplicando la altura de la torre  $A$  por el coeficiente de longitud de flexión.

Los modos de Euler son modelos teóricos. Una estructura truss difiere de una columna ideal y las fijaciones que aportan los módulos angulares de la estructura, los módulos de revestimiento de la torre, las secciones de la base de la torre o las placas base no proporcionan una fijación 100% rígida. Se deben considerar las fijaciones parciales. Esto se consigue con un coeficiente de longitud de flexión superior a:

$\beta = 2$ . Los coeficientes de longitud de flexión superiores a  $\beta = 2$  deben determinarse (estimarse) por ingenieros de estructuras.

Tenga en cuenta que hay muchos otros factores relevantes al calcular el riesgo de flexión de una estructura truss vertical. No es posible asignar los valores de carga permitida cuando solo se conoce la altura y el tipo de estructura truss, por lo que una simple tabla que tenga en cuenta todos los factores relevantes es imposible. Los ejemplos proporcionados en la siguiente sección son todos teóricos y solo explican cómo los sistemas diferentes afectan a la carga admisible.

Se supone que solo hay carga vertical, no horizontal como viento, etc., solo para uso en interiores.



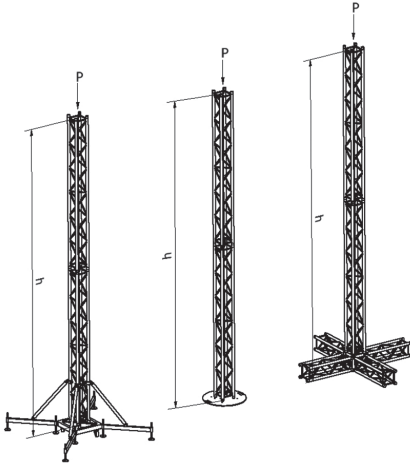


# 1. TRUSS

## EJEMPLO 1

Torre H30V independiente basada en una sección de base de torre, una placa base de acero o una estructura truss de base, libre en el extremo superior.

Este ejemplo es similar al modo de flexión 1 de Euler.



Torre H30V independiente basada en una sección de base de torre, una placa base de acero o una estructura truss de base, libre en el extremo superior

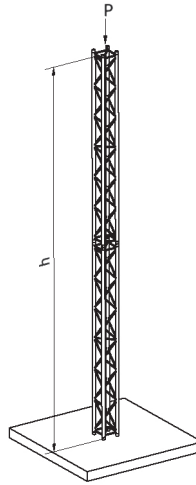
El coeficiente de longitud de flexión se estima en  $B = 2,5$   
Altura de la torre A: 6,0 m  
Longitud de flexión  $sk = 2,5 \times 6 = 15$  m

De acuerdo con los principios de diseño de Euro código 9, Capítulo 6, encontramos fórmulas que indican un resultado de carga admisible de  $P = 1870$  kg.

## EJEMPLO 2

Torre H30V independiente fijada en un bloque de hormigón rígido, 100% de rigidez, libre en el extremo superior.

Este ejemplo es igual al modo de flexión 1 de Euler.



Torre H30V independiente fijada en un bloque de hormigón rígido, 100% de rigidez, libre en el extremo superior.

El coeficiente de longitud de flexión se estima en  $B = 2$   
Altura de la torre A: 6,0m  
Longitud de flexión  $sk = 2 \times 6 = 12$  m

De acuerdo con los principios de diseño de Euro código 9, Capítulo 6, encontramos fórmulas que indican un resultado de carga admisible de  $P = 2840$  kg.

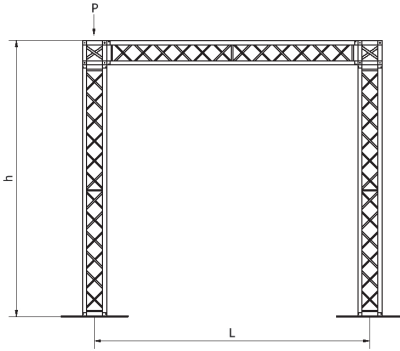
Tenga en cuenta que los ejemplos son teóricos. En la práctica diaria, habrá cargas en los módulos truss horizontales que provocarán fuerzas de flexión sobre las torres, dependiendo de la rigidez del angular. Además, tendrá que considerar las cargas horizontales sobre toda la estructura.



### EJEMPLO 3

La estructura de poste de portería H30V como marco, torres articuladas en la base y fijadas parcialmente en el extremo superior, p.ej., por medio de boxcorners.

Este ejemplo es similar al modo de flexión 2 de Euler.



La estructura de poste de portería H30V como marco, torres abatibles en la base y fijadas parcialmente en el extremo superior, p.ej., por medio de boxcorners.

La estructura puede oscilar horizontalmente. El coeficiente de longitud de flexión depende de la ratio de rigidez de la estructura truss en forma de torre y de la estructura truss horizontal (ambas H30V). Es posible encontrar coeficientes de longitud de flexión de entre 2 y 3,5.

Se asume que  $l = h$ , lo que resulta en un coeficiente de longitud de flexión de  $B = 2,3$ .

En el caso de  $l = 2 \times h$ , el factor B debe incrementarse a  $B = 2,64$ .

Altura de la torre A: 6,0m

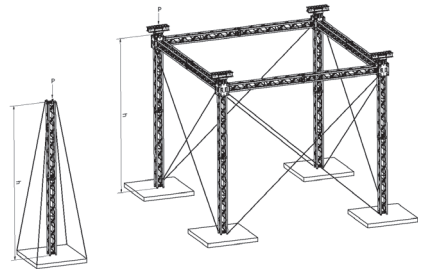
Longitud de flexión  $sk = 2,3 \times 6 \text{ m} = 13,8 \text{ m}$

De acuerdo con los principios de diseño de Euro código 9, Capítulo 6, encontramos fórmulas que indican un resultado de carga admisible de  $P = 2190\text{kg}$ .

### EJEMPLO 4

Torre de estructura truss H30V con una conexión articulada en la parte superior e inferior, tanto cableadas en cuatro direcciones o como parte de la base de soporte en suelo de cuatro torres, con cruces de cableado en todos los lados.

Este ejemplo es igual al modo de flexión 2 de Euler.



Torre de estructura truss H30V con una conexión abatible en la parte superior e inferior, tanto cableadas en cuatro direcciones o como parte de la base de soporte en suelo de cuatro torres, con cruces de cableado en todos los lados.

Cableado tenso, sin posibilidad de oscilaciones horizontales.

El coeficiente de longitud de flexión se estima en  $B = 1$  Altura de la torre A: 6,0m

Longitud de flexión  $sk = 1 \times 6 \text{ m} = 6\text{m}$

De acuerdo con los principios de diseño de Euro código 9, Capítulo 6, encontramos fórmulas que indican un resultado de carga admisible de  $P = 8550\text{kg}$ .

Conclusión: Una torre construida con H30V a una altura de 6 m provoca cuatro resultados diferentes según la carga admisible, dependiendo del sistema o estructura del que forma parte.

Prolyte recomienda encarecidamente que los cálculos de carga de una torre los realicen ingenieros cualificados y competentes.

Se debe garantizar la estabilidad frente a posibles vuelcos en todos los casos. El cálculo estructural realizado por personas cualificadas y competentes está muy recomendado en todos los casos cuando se trata de aplicar cargas pesadas a estructuras o si la estabilidad de la estructura no es evidente.

## 1.6 ESTRUCTURAS TRUSS

Los módulos truss están diseñados de tal forma que se pueden conectar entre ellos en diferentes configuraciones y diseños. Al combinar varios módulos truss rectos entre sí o incluso módulos truss con módulos angulares o módulos truss circulares, se crean las llamadas estructuras truss.

Para determinar las características de fortaleza, rigidez y estabilidad de una estructura truss, se deben distinguir las siguientes diferencias:

- Módulo truss
- Estructura bidimensionales (como un tramo soportado por una viga continua)
- Estructuras tridimensionales (como una estructura con soporte en el suelo)

Para todos los módulos truss de Prolyte se realizan cálculos estructurales, lo que determina las características estructurales del mismo módulo truss (las llamadas fuerzas internas de diseño).

Es muy raro que los módulos truss se utilicen como un elemento estructural simple. La creación de estructuras truss siempre exige una evaluación de la integridad estructural por parte de una persona competente.

### 1.6.1 1.6.1 Estructuras bidimensionales

Para estructuras truss bidimensionales como un tramo simplemente soportado (estructura truss hecha de varios módulos truss rectos, apoyados en ambos extremos) las especificaciones de carga vertical se indican en las tablas de carga admisible. Tal como se ha dicho con anterioridad, las vigas continuas no pueden determinarse con las tablas de carga permitida y las deberá evaluar una persona competente.

### 1.6.2 1.6.2 Estructuras tridimensionales

Estructuras tridimensionales pueden estar apoyadas en el suelo (módulos truss rectos combinados con módulos angulares), así como estructuras voladas con cualquier tipo de módulo angular.

Para cualquier estructura truss tridimensionales, una persona competente deberá evaluar su integridad estructural para las cargas aplicables. Igualmente deberá evaluar la reacción de apoyo procedente de la estructura truss.

### 1.6.3 Reacciones de apoyo

Cualquier estructura truss requiere un apoyo y puede hacerlo en el suelo (por ejemplo, por medio de módulos truss verticales o sistemas de torre) o con apoyo por medio de equipamiento o maquinaria de elevación. Las fuerzas de reacción procedentes de estructuras truss con su apoyo, también se llaman reacciones de apoyo.

Cualquier tipo de apoyo de una estructura truss deberá poder resistir las fuerzas de reacción presentes. Una persona competente deberá determinar la capacidad del apoyo y evaluar las fuerzas de reacción presentes.

Para tramos simplemente apoyados, las fuerzas de reacción en los apoyos se pueden determinar por la ratio de la distancia de una carga hacia el punto de apoyo opuesto y de la longitud total del tramo.

Por ejemplo, un tramo de truss de 10 m, apoyado en ambos extremos y un CPL de 500 kg (F) (sin considerar el peso propio de la estructura truss y del equipo de apoyo), crea una fuerza de reacción de  $5 \text{ m}/10 \text{ m} \times 500 \text{ kg} = 250 \text{ kg}$  en cada punto de apoyo.

Con la misma estructura truss y un punto de carga a 3 m del soporte izquierdo, se presentan las siguientes fuerzas de reacción de apoyo.

El apoyo izquierdo se llama punto A de reacción de apoyo, el apoyo derecho se llama punto B de reacción de apoyo. La longitud total del tramo se llama L.



Para el punto de apoyo A, la ratio de carga depende de la distancia de la carga hacia el punto de apoyo B (distancia A = DA).  
Para el punto de apoyo B, la ratio de carga depende de la distancia de la carga hacia el punto de apoyo A (distancia B = DB).

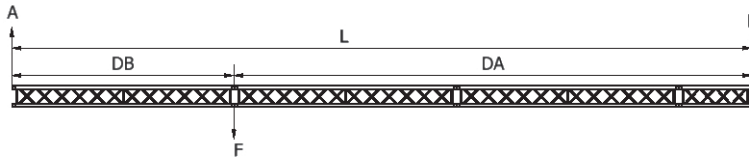
Para el ejemplo anterior DA = 10 m - 3 m = 7 m, DB = 10 m - 7 m = 3 m.

En otras palabras, la fuerza de reacción de apoyo en A se puede calcular con:

$$(DA / L) \times F = (7 \text{ m} / 10 \text{ m}) \times 500 \text{ kg} = 350 \text{ kg}$$

La fuerza de reacción de apoyo en B se puede calcular con:

$$(DB / L) \times F = (3 \text{ m} / 10 \text{ m}) \times 500 \text{ kg} = 150 \text{ kg}$$



Para tramos soportados sencillamente con múltiples puntos de carga, las fuerzas de reacción de apoyo se pueden determinar por la ratio de la distancia de una carga hacia el punto de apoyo opuesto y de la longitud total del tramo.

Por ejemplo, un tramo de módulo truss de 10 m, apoyado en ambos extremos, con una carga puntual P1 de 300 kg a 2,5 m del apoyo izquierdo y una carga puntual P2 de 450 kg a 6 m del apoyo izquierdo (sin considerar el peso propio de la estructura truss y del equipo de apoyo), se presentan las siguientes fuerzas de reacción de apoyo:

El apoyo izquierdo se llama punto A de reacción de apoyo, el apoyo derecho se llama punto B de reacción de apoyo. La longitud total del tramo se llama L.

Para el apoyo del punto A, la ratio de carga depende de la distancia de la carga P1 hacia el punto B de apoyo opuesto (distancia P1 = D1) y la distancia de la carga P2 hacia el punto B de apoyo opuesto (distancia P2 = D2).

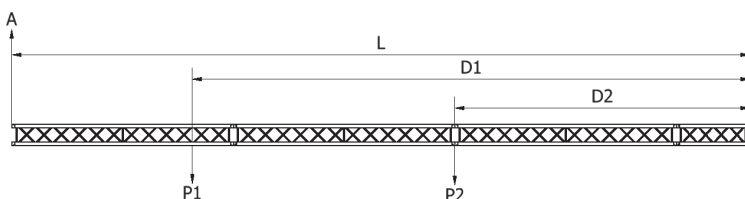
Para el ejemplo anterior D1 = 10 m - 2,5 m = 7,5 m y D2 = 10 m - 6 m = 4 m.

En otras palabras, la fuerza de reacción de apoyo en A se puede calcular con:

$$((P1 \times D1) + (P2 \times D2)) / L = ((300 \text{ kg} \times 7,5 \text{ m}) + (450 \text{ kg} \times 4 \text{ m})) / 10 \text{ m} = 405 \text{ kg}$$

Para el punto B de apoyo, la reacción de apoyo depende de la carga total del tramo menos la carga de apoyo en el apoyo A.

La fuerza de reacción de apoyo en B se puede calcular con: (P1 + P2) - A = (300 kg + 450 kg) - 405 kg = 345 kg



Las fuerzas de reacción de apoyo para las estructuras de viga continuas se tendrán que determinar por una persona competente, dado que la carga de un lado del apoyo afecta al otro lado del apoyo. Se debe tener en cuenta que se pueden producir deslizamientos de carga fácilmente durante la elevación de una estructura de viga continua por medio de maquinaria de elevación, por ejemplo.

Mientras más cortas sean las distancias del tramo entre los apoyos de una viga continua, más fáciles serán los desplazamientos de carga. Por ejemplo, al elevar un tramo de módulo truss sobre cuatro motores de cadena (de izquierda a derecha, motores A, B, C y D). Y dos motores (B y D) son X eslabones de cadena más bajos. En ese caso puede ocurrir que el truss completo solo esté apoyado por los motores A y C. Esto puede provocar una sobrecarga del apoyo e incluso una sobrecarga de la estructura truss.

Por eso se recomienda encarecidamente levantar estructuras de viga continua con mucha carga con un sistema de medición de cargas.

Es obvio que las fuerzas de reacción de apoyo en las estructuras truss tridimensionales se determinarán con las cargas que pueden dirigirse, en el peor escenario, desde seis direcciones. Se deberá prestar especial cuidado al construir estructuras truss en un subsuelo, por ejemplo, estructuras apoyadas en el suelo. El subsuelo deberá tener una resistencia de presión permitida para soportar las fuerzas de reacción de apoyo presentes procedentes de la estructura truss. Se deberá distinguir entre resistir la presión y las cargas concentradas.

Las cargas sobre suelo admisibles o presión de resistencia se indica generalmente como carga por metro cuadrado, por ejemplo, 500 kg/m<sup>2</sup>. Pero las fuerzas de reacción de apoyo de una estructura truss consisten principalmente en cargas concentradas (carga de una área/superficie pequeña: por ejemplo, procedente de una placa base o eje), que se comparará con la presión admisible sobre el suelo.

Si la presión admisible sobre el suelo de un subsuelo no es suficiente para la reacción de apoyo de una estructura truss, se puede distribuir la carga concentrada de la estructura truss usando distribuidores de carga, como placas de madera o barras distribuidoras. Estos elementos distribuyen la carga concentrada en una área más amplia.

## 1.6.4 Stability

En una situación en la que la estructura truss está sujeta a fuerzas horizontales, fuerzas laterales o imperfecciones, se deberá evaluar la estabilidad de la estructura truss. Además, las estructuras truss sobre subsuelo en rampa o irregular requieren una evaluación sobre su estabilidad.

La inestabilidad no es un problema únicamente para las estructuras tridimensionales, sino que puede ser un problema para estructuras bidimensionales. Por ejemplo, una carga asimétrica en los tramos del módulo truss, donde una pared de LED o lámparas solo se apoyan de un tramo principal inferior de una estructura truss cuadrada.

Para las estructuras tridimensionales se deberá comprobar la estabilidad en caso de elevación, vuelco o deslizamiento. Una estructura truss puede volcarse debido a una carga sobre viga voladiza. Se debe garantizar la estabilidad frente a posibles vuelcos en todos los casos. El cálculo estructural realizado por personas cualificadas y competentes está muy recomendado en todos los casos cuando se trata de estructuras truss en las que su estabilidad no es evidente.

## 1.7 USO DE MÓDULOS TRUSS

Información sobre el uso seguro de módulos truss y consejos útiles para la práctica diaria

### 1.7.1 Planificación y selección

En la fase de planificación un evento en el que se vayan a utilizar módulos truss, una de las primeras acciones es determinar los supuestos de carga y seleccionar los módulos truss adecuados con respecto a la capacidad de resistir carga, estabilidad y eficiencia. La selección puede basarse en una lista de verificación.

Una evaluación de riesgos para las subsecciones de truss y aparejo para el evento debe darse por supuesta. Uno de los resultados de la valoración de riesgo debería ser la necesidad de realizar un cálculo estructural, usar células de carga, etc.

### 1.7.2 Assembly

El montaje de un módulo truss Prolyte se explica casi por sí solo (intuitivo). Prolyte siempre ha seguido el principio de montaje a prueba de fallos, pero la práctica ha demostrado que las personas siempre encuentran fórmulas creativas de interpretar a su manera los principios. Independientemente de la facilidad de montaje de un módulo truss Prolyte, los



productos comercializados tienen que cumplir con ciertos requisitos legales. Uno de estos requisitos es proporcionar documentación del usuario por medio de manuales de uso que contengan información sobre el montaje del producto.

Los consejos útiles pueden no formar parte del manual de usuario, así que aquí incluimos algunos consejos para el montaje seguro y eficiente de un módulo truss Prolyte.

- Use siempre un martillo de cobre para golpear los pasadores cónicos. El cobre tiene un peso propio similar al del acero, pero es mucho más dúctil. Esto protege las superficies galvanizadas de los pasadores cónicos y si el usuario no acierta con la cabeza del pasador cónico y golpea el elemento conector o el tramo principal, el daño será mucho menor.

- Cuando monte los módulos truss Prolyte series 20, 30 y 40, coloque primero tablas de madera, soportes de módulos truss o algo similar en el suelo y coloque los módulos truss encima para protegerlos de superficies rugosas; esto para poder acceder a los elementos conectores en la base de los tramos principales para insertar los pasadores cónicos y crear suficiente espacio para aplicar los accesorios de elevación, como Softsteels o eslingas redondas.

### 1.7.3 Eslingado de módulos truss

Cuando los módulos truss tienen que unirse a maquinaria elevadora, directamente hacia los puntos de aparejo o si se han de colgar cargas de los módulos truss, normalmente se hace usando accesorios de elevación flexible como eslingas redondas de poliéster, eslingas redondas rellenas de cable de acero o cables de acero en combinación con trabas. La capacidad de resistencia de carga de estos accesorios de elevación se denomina límite de carga de trabajo (WLL). La WLL es una fracción de la fuerza de rotura del accesorio elevador. La proporción entre la fuerza de rotura y el límite de carga de trabajo indica el factor de seguridad del accesorio de elevación. Si las cargas deben suspenderse o incluso moverse por encima de personas, generalmente estos factores de seguridad deben duplicarse.

Otras alternativas a las eslingas son los accesorios elevadores no flexibles, como las abrazaderas o los soportes para colgar. Aunque el uso de accesorios elevadores no flexibles no puede considerarse eslingado, los consideraremos al final de este capítulo.

### 1.7.4 Dispositivos de colgado

#### Eslingas redondas

Al manejar tubos de aluminio se deben usar dispositivos de eslingado suaves y no abrasivos. Las eslingas redondas de poliéster podrían ser una elección perfecta. Desgraciadamente, el poliéster pierde toda su capacidad de resistencia a la carga en temperaturas superiores a los 100 °C. La mayoría de países tienen normativas sobre protección contra incendios que prohíben el uso de eslingas redondas de poliéster en la cercanía de fuentes de calor. Se han producido accidentes debido a que se han derretido eslingas redondas. Si se usan eslingas redondas de poliéster, deberá añadirse un dispositivo de seguridad no inflamable -también conocido como suspensión secundaria- fabricado de cable o cadena de acero.

#### Eslingas redondas con núcleo de cable de acero (Soft Steel®)

El dispositivo de eslingado flexible Soft Steel es diferente a las eslingas redondas convencionales con su núcleo de cable de acero no inflamable. Soft Steel es casi tan flexible como las eslingas redondas de poliéster, pero no precisa cable de acero como segundo dispositivo de seguridad debido a su alta resistencia al calor. La manguera de poliéster de Soft Steel es de color negro, la etiqueta de identificación es gris plata y hay una ventana de inspección cubierta con cinta de velcro que indica que se puede inspeccionar el núcleo de cable de acero. Para el tramo principal de un módulo truss, Soft Steel debería ser el dispositivo preferido.

#### Cables de acero

Otro dispositivo de eslingado flexible es un cable de acero con argollas en ambos extremos. El contacto directo entre la cuerda de cable de acero y los tramos principales del módulo truss deben evitarse debido a la superficie abrasiva de la cuerda de cable de acero. En ese caso, se deben usar las fundas de plástico del cable de acero. En los países donde está prohibido el uso de fundas de plástico fijas sobre cable de acero, las mangas protectoras deslizantes sobre el cable de acero se usan para llevar a cabo la inspección visual del cable de acero. Los cables de acero tienen un uso más difícil en los métodos de eslingado debido a su menor flexibilidad en comparación con los Softsteels. Prolyte no recomienda el uso de cables de acero para colgar módulos truss de aluminio.

## Cadenas de acero

Otro dispositivo de eslingado flexible es una cadena de acero con ganchos o eslabones maestros en ambos extremos. Debe evitarse en cualquier caso el contacto directo entre los eslabones de la cadena de acero y los tubos principales del módulo truss. Prolyte no recomienda el uso de cadenas de acero para eslingar módulos truss de aluminio.

## Métodos de eslingado

Las innumerables variantes de métodos de eslingado se pueden ver en todo el planeta basados en cuatro métodos de eslingado básicos. Estos son:

### Directo

Se usa el método de eslingado directo como parte de una brida o para extender la longitud de una eslinga al suspender cargas combinadas con grilletes o ganchos.

### Cesto

Se usa el método de cesto con una eslinga única que forma un lazo alrededor del módulo truss o alrededor de uno o dos tubos principales del mismo. El lazo está cerrado por medio de una traba. El límite de carga de trabajo (WLL) de la eslinga se dobla (factor de eslinga 2) en la medida en la que los dos extremos de la eslinga se encuentren en ángulos muy pequeños, inferiores a 14° entre ellos. El ángulo entre los extremos de los dispositivos de eslingado provocan una reducción del WLL duplicado. Con ángulos entre 14° y 90°, la reducción será del 30% (factor 0,7). En ángulos entre 90° y 120° la reducción adicional será del 50% (factor 0,5). Como norma general, el ángulo no debe superar los 120°.

### Estrangulamiento

Un estrangulamiento se hace con un nudo que se aprieta al recibir carga en un extremo de una eslinga sencilla. Cuando se cuelga un módulo truss, solo se debe utilizar este método con dos dispositivos de eslingado flexibles idénticos, uno a cada lado del módulo truss.

Cada dispositivo de eslingado está atado alrededor del tubo principal en un extremo y en el otro, unidos por un grillete. Los cables de acero no son adecuados para este método cuando se cuelga un módulo truss de aluminio. Un estrangulamiento reduce el límite de carga de trabajo (WLL) de una eslinga en un 20% (factor 0,8). El ángulo entre ambos extremos de las dos eslingas provoca una

reducción adicional del WLL. Con ángulos entre 14° y 90°, la reducción adicional será del 30% (factor 0,7) y en ángulos entre 90° y 120°, la reducción adicional será del 50%.

### Envoltura

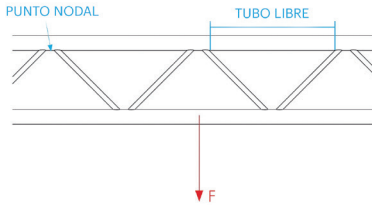
Este método se usa básicamente en conexión con el estrangulamiento de un cesto y se usa principalmente para incluir uno de los tubos superiores de un módulo truss. Además, se usa para estabilizar horizontalmente un módulo truss, para evitar que el módulo gire en torno a su línea central, para proporcionar un amplio contacto entre la eslinga y el tubo principal o para acortar la longitud de trabajo de una eslinga. El WLL de la eslinga no se reduce si la envoltura se realiza limpiamente. Las envolturas no se utilizan por sí solas, siempre en combinación con un cesto o con un estrangulamiento.

### Enganches de eslinga

La combinación de métodos de eslingado provoca un llamado enganche de eslinga. Las combinaciones se limitan a combinaciones de cesto con o sin envoltura o estrangulamiento con o sin envoltura, pero las formas de distribuir las eslingas alrededor o a través de la sección transversal del módulo truss son innumerables y pueden provocar interminables discusiones y debates. En las ediciones anteriores de Prolyte Black Book hemos presentado diferentes enganches de eslinga para nuestros módulos truss. Estaban basados en la experiencia y consejos de los expertos internos y externos. Desde entonces, hemos recopilado más y más conocimiento sobre el eslingado de módulos truss y nos gustaría proporcionar este conocimiento a continuación.

En teoría, el eslingado debe aplicarse en los puntos nodales del módulo truss. A menudo, esto no es posible debido al pequeño espacio entre las dos diagonales que se juntan en los puntos nodales del tubo principal. Las eslingas podrían acumularse en el punto nodal entre las dos diagonales cuando se hace el estrangulamiento o envoltura y provocar presión local sobre las diagonales. Por tanto, Prolyte ha verificado que una distancia de hasta 10 cm desde el punto nodal se puede seguir considerando parte de dicho punto. Se debe evitar aplicar cargas pesadas en el centro de un tubo principal libre entre dos puntos nodales.





Aplicación de pesos sobre el tubo libre entre dos puntos nodales.

Aplicar enganches de eslinga a los módulos truss se considera que debe hacerse en un ángulo de  $90^\circ$  de la línea central de los tubos principales. En los módulos truss con un patrón alterno de los elementos diagonales en los planos horizontales entre los tubos principales, como las series Prolyte 30 y 40, esta suposición provoca a menudo la situación de un tubo principal suspendido cerca de un punto nodal y el tubo principal correspondiente se suspende cerca del centro de un tubo principal libre entre dos puntos nodales. Se debe señalar que no es absolutamente necesario aplicar un enganche de eslingado de esta forma. Se puede aplicar un enganche de eslingado sin problemas en un ángulo similar al ángulo entre los elementos diagonales y los planos horizontales y los tubos principales, de forma que los correspondientes tubos principales queden eslingados cerca de los puntos nodales.

Los módulos truss de Prolyte están diseñados y calculados de tal forma que la parte más débil determina la capacidad de carga del módulo truss. Como la eslinga es la aplicación de carga en puntos únicos, el módulo truss estará sujeto a fuerzas transversales en los puntos de eslingado. La fuerza transversal admisible está limitada por los elementos diagonales de un módulo truss. Como norma general, los elementos diagonales que conectan los tubos principales, superior e inferior, son los elementos más débiles del módulo truss (excepto para el tipo de módulo truss H20LB). Esto permite que todos los módulos truss de Prolyte se puedan suspender únicamente de los tubos superiores y se carguen exclusivamente en los tubos inferiores.

Los módulos truss rectos tienden a rotar alrededor de su línea central cuando se aplican cargas desequilibradas. Los enganches de eslinga escogidos deberán contrarrestar la rotación dado que los módulos truss no están calculados para cargarse en posiciones rotatorias. En las estructuras truss bidimensionales, como los marcos cuadrados, triangulares, poligonales o circulares de módulos truss, su rotación alrededor de sus líneas centrales se evita por la propia estructura y es posible usar enganches de eslinga sencillos.

En los puntos de eslingado de un tramo sencillo de módulo truss sin vigas voladizas significativas, el módulo truss estará sujeto únicamente a fuerzas transversales. No habrá fuerzas normales significativas sobre los tubos principales en los puntos de eslingado porque las fuerzas normales de los tubos principales y el momento de flexión del módulo truss alcanzan sus valores máximos en el centro del tramo.

En los puntos de eslingado de un tramo sencillo con vigas voladizas cargadas y en los puntos de eslingado internos de los módulos truss con múltiples tramos, la estructura truss estará sujeta a fuerzas transversales y momento de flexión. El eslingado añadirá fuerzas de flexión locales a los tubos principales que ya están sujetos a una cierta cantidad de fuerza normal en esas posiciones. Dado que la interacción de la fuerza transversal, el momento de flexión global y el momento de flexión local no es fácil de predecir, se recomienda integrar todos los tramos principales en el enganche de eslinga.

Si tiene dudas sobre cómo eslingar una estructura truss únicamente de los tubos superiores, eslingar todos los tubos del módulo truss. Así irá sobre seguro.

Como ya se ha mencionado, el número de formas diferentes de eslingar un módulo truss probablemente es infinito. Los enganches de eslinga que se muestran en este libro se han probado en la práctica y sirven únicamente como indicación.

# 1. TRUSS

ESTRUCTURA TRUSS TRIANGULAR VÉRTICE HACIA ARRIBA

1 ESLINGA, CESTO INVERTIDO EN LOS TUBOS INFERIORES



1

ESTRUCTURA TRUSS TRIANGULAR VÉRTICE HACIA ABAJO

1 ESLINGA, CESTO EN EL TUBO SUPERIOR Y ENVOLTURA EN LOS TUBOS SUPERIORES



2

ESTRUCTURA TRUSS TRIANGULAR VÉRTICE HACIA ARRIBA

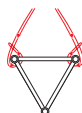
2 ESLINGAS, ESTRANGULAMIENTO EN LOS TUBOS INFERIORES



3

ESTRUCTURA TRUSS TRIANGULAR VÉRTICE HACIA ABAJO

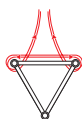
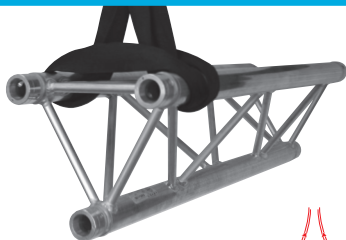
2 ESLINGAS, ESTRANGULAMIENTO EN LOS TUBOS SUPERIORES



4

ESTRUCTURA TRUSS TRIANGULAR VÉRTICE HACIA ABAJO

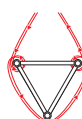
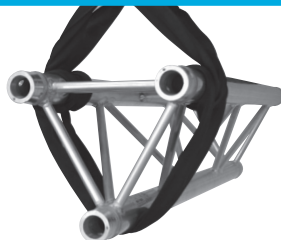
1 ESLINGA, CESTO INVERTIDO EN LOS TUBOS SUPERIORES



5

ESTRUCTURA TRUSS TRIANGULAR VÉRTICE HACIA ABAJO

1 ESLINGA, CESTO CON ENVOLTURA EN LOS TUBOS SUPERIORES

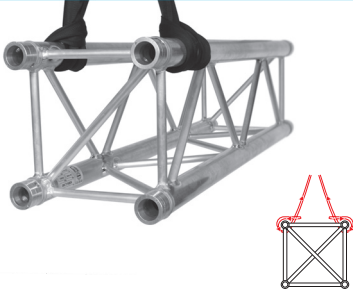


6



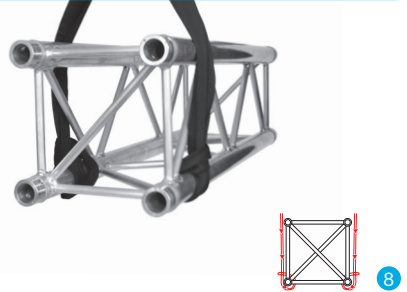
### ESTRUCTURA TRUSS RECTANGULAR

2 ESLINGAS, ESTRANGULAMIENTOS EN LOS TUBOS SUPERIORES



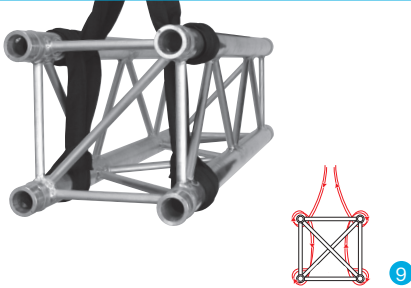
### ESTRUCTURA TRUSS RECTANGULAR

2 ESLINGAS, ESTRANGULAMIENTO EN LOS TUBOS INFERIORES



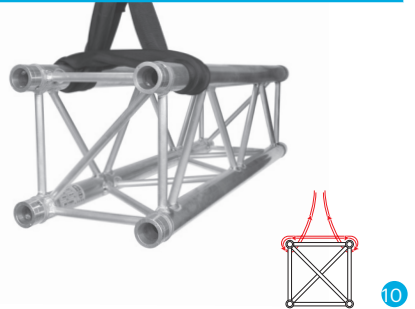
### ESTRUCTURA TRUSS RECTANGULAR

2 ESLINGAS, ESTRANGULAMIENTOS EN LOS TUBOS INFERIORES CON ENVOLTURA EN LOS TUBOS SUPERIORES



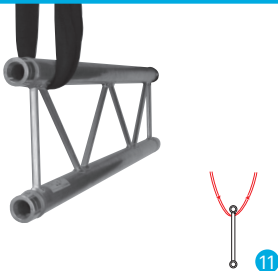
### ESTRUCTURA TRUSS RECTANGULAR

1 ESLINGA, CESTO INVERTIDO EN LOS TUBOS SUPERIORES



### TRUSS DE DOS TUBOS

1 ESLINGA, CESTO EN EL TUBO SUPERIOR



Nota: ¡Nunca eslinge tramos rectos de una armadura de dos cuerdas en la cuerda inferior!

## 1.7.5 Soportes para colgar

En vez de eslingar los módulos truss con accesorios de elevación flexibles, se pueden utilizar accesorios de elevación no flexibles, como los soportes para colgar, también llamados adaptadores de estructuras truss. En algunas aplicaciones, los soportes de elevación suponen ventajas mientras que en otras aplicaciones resultan inadecuados. En general, los soportes de elevación y las abrazaderas de módulos truss no están capacitados para aceptar fuerzas diagonales, así que no son la opción correcta para bridas de módulos truss. El montaje de soportes de elevación consume más tiempo que la aplicación de enganches de eslinga y normalmente se necesitan llaves fijas. Al colocar un soporte de elevación dentro de una estructura truss dificulta la colocación de abrazaderas cerca de los puntos nodales del módulo truss.

Los soportes de elevación ofrecen la oportunidad de tener los puntos de elevación a la misma altura por encima o por debajo del módulo truss gracias a sus tolerancias muy bajas. Aunque la precisión de los enganches de eslinga depende de la habilidad de la persona que los aplica a los módulos truss, los soportes de elevación los puede montar fácilmente cualquier persona. Una de las principales ventajas de los soportes de elevación es su resistencia al calor. Los soportes de elevación se encuentran a menudo en las instalaciones permanentes donde frecuentemente no se aceptan accesorios de elevación flexibles.



Soporte elevador WLL 500 kg



Soporte elevador WLL 1000 kg

Soportes elevadores: aplicación correcta e incorrecta (nuevas ilustraciones con productos correctos)

Los soportes de elevación están disponibles para muchos tamaños diferentes de módulos truss y no generan discusiones sobre las fuerzas horizontales entre los tramos principales.

## 1.7.6 Almacenamiento y transporte

Los módulos truss se pueden almacenar en interior, con equipos de almacenamiento adecuados. En muchos casos, los módulos truss rectos se almacenan verticalmente unos junto a otros. Se recomienda evitar que los módulos truss se vuelquen para evitar un efecto dominó. Los conectores del extremo inferior deberán protegerse de arañazos en el suelo bien colocando una capa protectora sobre el suelo o usando elementos conectores (conectores cónicos) montados de forma permanente en los conectores en un extremo del módulo truss y haciendo que estos se apoyen sobre los elementos conectores. En caso de desgaste y daños, los elementos conectores resultarán dañados en vez de los conectores del módulo truss, que no se pueden sustituir. Si los módulos truss rectos se pueden almacenar horizontalmente, se tendrá que evitar que se rocen entre ellos. Los llamados portadores de módulos truss pueden conseguirlo perfectamente y también se encargarán de una alineación adecuada de los módulos truss apilados. Estos portadores de módulos truss también se usan para transportarlos sobre plataformas rodantes. Tenga en cuenta la altura de las plataformas rodantes con módulos truss apilados, con respecto al riesgo de

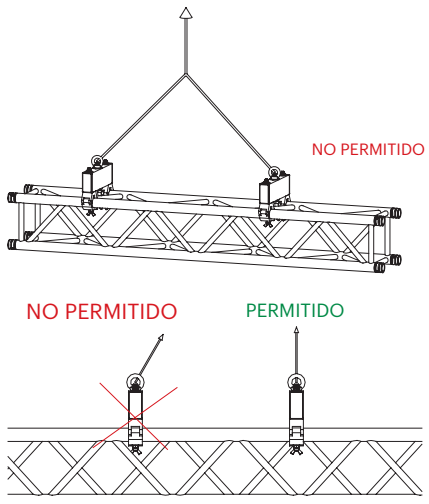




Foto: Techo LT, Aku's Factory, Finlandia.

que se vuelquen. Asegúrese de que todas las personas implicadas en el transporte de módulos truss están formados en el manejo seguro del equipo de transporte. El transporte debe realizarse sin dañar los módulos truss. Especialmente, los operadores de carretillas elevadoras de otros sectores industriales intentan introducir la horquilla a través de la estructura de celosía de los módulos truss de forma automática. Casi todos los elementos diagonales dañados de un módulo truss han sido víctimas de los operadores de carretillas elevadoras

### 1.7.7 Inspección y criterios para desechar

Cada empresario está obligado a proporcionar equipo de trabajo seguro a los trabajadores en activo. Cada trabajador está obligado a usar únicamente equipo de trabajo seguro. La forma de asegurar que el equipo es seguro es inspeccionarlo. Una comprobación visual del equipo antes de cada uso, independientemente del ámbito de utilización respectivo, debería ser evidente. En muchos países, la inspección del equipo de trabajo es obligatoria por ley. Prolyte recomienda la realización y documentación de inspecciones periódicas de los módulos truss, los componentes estructurales asociados y los elementos de conexión por parte de una persona cualificada y competente, al menos una vez al año. Si los módulos truss se utilizan de forma intensiva, las inspecciones periódicas deberán realizarse a intervalos

menores.

Si se identifican deficiencias que impiden un uso seguro durante las inspecciones, el módulo truss deberá dejar de utilizarse y si el defecto no puede eliminarse o repararse, se tendrá que desechar el módulo truss. Marcar el defecto no puede considerarse suficiente en la mayoría de los casos. Desecharlo a través del fabricante o proveedor, o a través de una empresa de reciclaje de metal, es el único modo seguro de proteger a otras personas de los riesgos generados por el material defectuoso. Los criterios definidos por Prolyte para desechar módulos truss deberá respetarse durante su inspección.

#### General

Los módulos truss deberán desecharse si muestran uno o más de los criterios siguientes. En caso de duda, deberá consultarse la opinión del fabricante o proveedor o de un experto.

Si no puede identificar un módulo truss antes de la inspección, podría no ser un módulo truss de Prolyte. Si la marca de identificación ha desaparecido o no puede leerse, podría no poder identificar la fecha de fabricación, pero siempre podrá identificar un módulo truss Prolyte por las marcas en los conectores, y la combinación de las dimensiones exteriores de los tubos principales y sus elementos.

# 1. TRUSS

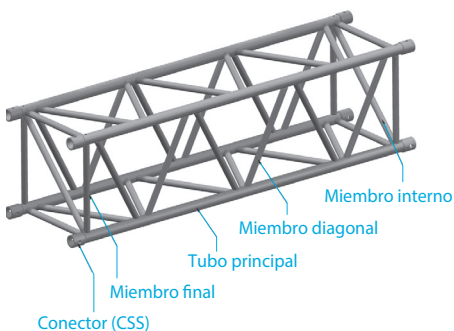
Deformación permanente (plástica) de los módulo truss a causa de la rotación, flexión o torsión u otras deformaciones con resultado de desviación de la forma original.

Soldaduras que muestran grietas u otras irregularidades visibles. Uniones de soldadura incompletas alrededor de las uniones diagonales de la serie 20, 30 y 40 son resultado de la fabricación y se ha comprobado su adecuada estabilidad.

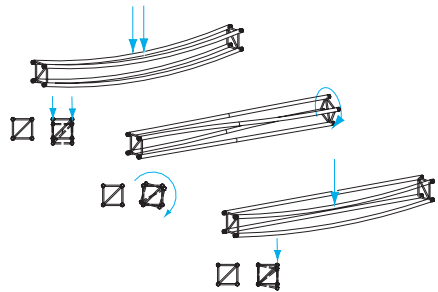
Reducción superior al 10% del nivel de elevación de la unión de soldadura debido al desgaste mecánico.

Corrosión excesiva por la que la zona de la sección transversal total del módulo truss se reduce en más del 25 % de su grosor o más del 10% de la superficie de la sección transversal del componente.

Aunque el aluminio puede no haber desarrollado corrosión visible como lo hacen muchas aleaciones de acero, las influencias ambientales pueden tener un impacto corrosivo sobre este metal. Se debe prestar especial atención a las estructuras colocadas al aire libre durante largos períodos de tiempos, especialmente en zonas con un alto nivel de polución industrial. Los módulos truss que se utilizan en zonas costeras o cercanas a piscinas deben comprobarse individualmente antes de cada uso debido a la mayor probabilidad de causar efectos corrosivos en esos entornos.



Elementos de un módulo truss



Tipos de deformación: deflexión, torsión, rotación.

## Tubos principales

Si un tubo principal muestra grietas, está roto o deformado de manera permanente en más de 3 mm en su línea central original entre los puntos nodales, el módulo truss debe retirarse del servicio. Lo mismo se aplica si los extremos de los tubos principales de un módulo truss están doblados en la zona alrededor del conector cónico de forma que la conexión del módulo a otro solo sea posible aplicando una fuerza considerable.

Otros criterios para desechar los tubos principales:

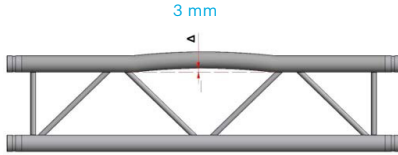
Arañazos, cortes u otros signos de desgaste como la abrasión de la superficie del tubo principal que reducen el grosor de las paredes en más de un 25% o la zona transversal del tubo principal en más de un 10%.

Arañazos o cortes en el tubo principal con una profundidad superior a 1 mm y una longitud mayor a 10 mm, independientemente de la dirección.

Agujeros o aperturas presentes en el tubo principal provocados una vez que el módulo truss ha sido comercializado.



Deformación plástica de un tubo principal en una forma ovalada o abolladura del tubo superior al 5%.



Deformación permanente del tubo principal.

El tubo principal está distorsionado o constreñido cerca de las soldaduras a causa de una fuerza de tensión excesiva.

#### Elementos (diagonales, terminales, internos)

Si uno o más elementos diagonales o terminales están rotos o faltan, el módulo truss debe retirarse del servicio. Lo mismo se aplica a los elementos deformados permanentemente en más de 3 mm de la línea central original.

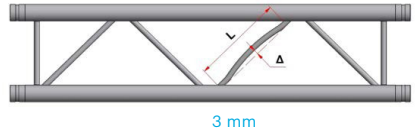
Otros criterios de desecho de los elementos:

Arañazos, cortes u otros signos de desgaste que reducen la zona transversal del elemento superior al 10%.

Arañazos, cortes o abrasión en el elemento con una profundidad superior al 0,5 mm y una longitud mayor a 10 mm, independientemente de su dirección.

Taladros o aperturas que se muestran después de que el módulo truss se haya comercializado.

Una riostra muestra una deformación a una forma ovalada por más del 5% del diámetro respectivo..



Deformación permanente de un elemento diagonal

#### Conectores

Si un conector está roto o falta, el módulo truss debe retirarse del servicio.

Otros criterios de desecho de los conectores:

Juntas de soldadura agrietadas o parcialmente rotas entre el tubo principal y el conector.

Agrandamiento o señales ovaladas de los agujeros perforados cónicos superiores al 10%.

Deformación permanente de un extremo del tubo principal con conector superiores al 5°, lo que hace que conectar dos módulos truss sea difícil.

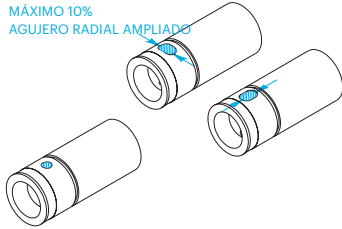
Señales de desgaste del conector que reducen el grosor de la pared superiores al 25%.

Cualquier deformación o distorsión en la zona del tubo principal en las soldaduras del conector.

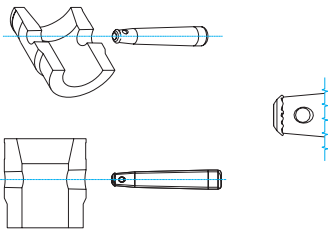
Cualquier abolladura por golpes de martillo en el conector cónico con una profundidad superior al 2 mm y una longitud superior al 10 mm, independientemente de su dirección.



Corrosión excesiva en el interior del conector.



Agrandamiento de las perforaciones cónicas



Deformación de los pasadores cónicos

## Elementos conectores

Los pasadores cónicos sufren desgaste cuando se insertan y retiran con frecuencia, en particular por los martillazos. Se pueden considerar bienes consumibles. Las áreas de presión y deformación de los pasadores son indicadores de sobrecarga masiva. Si un pasador muestra este tipo de daños, debe sustituirse.

Otros criterios para desechar los elementos conectores:

- Reducción del diámetro en más del 10%.
- Rebabas, cabezas de seta y otros bordes sobresalientes, afilados o puntiagudos en el extremo estrecho de los pasadores cónicos.
- Deformación debida a los martillazos que provocan desgaste en el orificio transversal del pasador de seguridad o que dañan la rosca.

## Documentación

Las inspecciones periódicas deben documentarse de forma adecuada. No es necesario redactar un informe de inspección de cada módulo truss revisado.

Esto provocaría un trabajo irrealizable cuando se trata de un gran inventario. Prolyte recomienda marcar cada módulo truss inspeccionado con la fecha de la inspección, la fecha de la próxima inspección y el nombre de la persona competente que realizó la inspección. Es suficiente realizar un informe colectivo para todos los módulos truss de un mismo tipo que han superado la inspección y únicamente los módulos truss que se han identificado para retirarlos de servicio deberían tener un informe de inspección individual si no se desechan inmediatamente tras la inspección.

Si hay cualquier duda sobre la idoneidad de un módulo truss, debería retirarse del servicio inmediatamente bajo cualquier circunstancia. Contacte con un experto o con su proveedor Prolyte para una investigación adicional.

## Mantenimiento y servicio

Durante la inspección periódica se pueden remediar daños menores y suciedad por parte de un inspector competente.

Se puede acumular aluminio en la parte interior de las perforaciones de los conectores, que debe retirarse regularmente con papel de lija de grano medio (grano 240 o superior).

Los restos de pintura aerosol, residuos de cinta adhesiva, suciedad, polvo y otros contaminantes deben retirarse con frecuencia para mantener el módulo truss en unas buenas condiciones visuales.

Algunas empresas utilizan pintura aerosol para marcar sus módulos truss. Se debe tener cuidado para que no entre pintura en las superficies de ajuste de los conectores ni en los elementos de conexión pues están fabricados con gran precisión. Las gotas de pintura pueden ser cinco veces más gruesas que las tolerancias de fabricación y provocar que los módulos truss sean difíciles de montar.

Los residuos harinosos en los conectores y las conexiones cónicas no son inusuales y pueden eliminarse con agua y trapos de limpieza sin pelusa. Los agentes limpiadores agresivos y los ácidos no deben usarse para limpiar módulos truss ni accesorios. La suciedad exterior de los módulos truss, p. ej., residuos de pegamento, se pueden eliminar con jabón o con un limpiador a presión. Los



paños de limpieza comercializados por los fabricantes de cinta adhesiva se pueden utilizar si han sido indicados para aleaciones de aluminio.

Prolyte y sus distribuidores y concesionarios ofrecen talleres periódicamente y cursos de formación sobre el uso y la manipulación segura de los productos Prolyte. Para más información, véase [www.prolyte.com](http://www.prolyte.com)

#### **Reparación de módulos truss de aluminio de Prolyte**

Prolyte no ofrece la reparación de los módulos truss, ni de sus componentes o accesorios estructurales asociados. Como no existe un requisito legal sobre la reparación de módulos truss utilizados en la tecnología del espectáculo, el propietario del módulo truss tiene libertad para decidir sobre su propiedad.

Cualquier reparación de un módulo truss de Prolyte se deberá realizar bajo la responsabilidad total de su propietario. Prolyte rechaza cualquier garantía sobre los módulos truss, los componentes o accesorios estructurales asociados que hayan sido reparados. En algunos países, la persona que realiza las reparaciones de los módulos truss podría considerarse que se ha convertido en su nuevo fabricante.

La única reparación de un módulo truss dañado que se podría hacer es la sustitución de los elementos dañados de la estructura de celosía del módulo truss.

Mientras que los elementos diagonales tienen una influencia menor en la precisión de las conexiones de un módulo truss y se pueden sustituir fácilmente, la sustitución de los elementos terminales siempre provoca una desviación del ajuste exacto de las conexiones, y por eso no se recomienda.

Los tubos principales y los conectores cónicos distorsionados o agrietados no deben repararse.

Los elementos sustituidos de la estructura de celosía y el módulo truss reparado deberán marcarse de forma adecuada para que se puedan reconocer los elementos sustituidos y los módulos truss tras su primera reparación. El soldador debe estar cualificado para el proceso de soldadura requerido. La aleación y las dimensiones de las piezas a sustituir y los consumibles

de soldadura tienen que coincidir con los que se usan en la producción de los módulos truss.

Antes de realizar la reparación, el módulo truss debe inspeccionarse por una persona competente para la revisión periódica de los módulos de Prolyte. Esta persona competente debe haber sido formada y certificada por Prolyte.

Tras la reparación se deberá realizar una inspección visual de las soldaduras de acuerdo con los estándares legales aplicables del país en el que realizó la reparación. Se recomienda encarecidamente ponerse en contacto con su proveedor Prolyte antes de realizar la reparación.

#### **1.7.8 Compensación de potencial (toma de tierra)**

Cada vez que un módulo o estructura truss se usa en combinación con equipo eléctrico, lo cual es casi siempre, es obligatorio proporcionar protección contra descargas eléctricas, en particular cuando las personas pueden tocar el módulo truss, p. ej., ¡en estructuras apoyadas en el suelo en salas de exposiciones!

Esta protección se realiza por medio de la compensación de potencial, lo que se describe normalmente como toma de tierra, de los módulos o estructura truss. Se debe verificar la eficacia de la compensación de potencial midiendo la resistencia de tierra por medio de instrumentos de medición apropiados operados por un electricista formado y cualificado.

#### **1.7.9 Seguridad laboral: escalada de módulos truss**

##### **General**

Se debe evitar en todos los casos la escalada en módulos truss. Trabajar en altura siempre implica un riesgo de caída, lo que puede provocar lesiones o la muerte. En estas situaciones en las que el acceso externo por medio de plataformas de trabajo elevadoras móviles como dispositivos aéreos o elevadores de tijera no es posible, escalar por el módulo truss podría ser el único modo de alcanzar una posición desde la que se puede realizar el trabajo.

Si no puede evitar escalar por el módulo truss, realice siempre su propia evaluación de riesgos para minimizar cualquier posibilidad de accidente antes de dejar la superficie segura.

¡No escalar en solitario! Verifique siempre que hay alguien cualificado, capaz y equipado para rescatarle a cualquier altura en caso de accidente. Si alguien quiere utilizar un dispositivo elevador para rescatarle, pregúntese por qué debe escalar en vez de usar dicho dispositivo.

Prolyte recomienda encarecidamente no escalar en un módulo truss si no se ha demostrado que puede resistir la fuerza de personas moviéndose en el módulo y de las fuerzas del impacto generadas por equipos de retención de caída activados. En general, todos los módulos truss de las series E, H20LB-, 30L, 30D, 40L y 40D de Prolyte no son adecuados para escalar debido a su capacidad de carga relativamente escasa. Pero incluso los tipos de módulo truss más fuertes tienen que analizarse cuidadosamente, en particular si ya están cargados con el equipo. Comprobar siempre que no está sobrecargando el módulo truss al escalar por él.

En cada entorno laboral, todas las personas deben usar y llevar equipo de protección individual (PPE, por sus siglas en inglés). Las empresas son responsables de asegurar que todos los elementos PPE obligatorios están disponibles localmente para cada empleado y asegurarse que los empleados se ponen y usan este EPI. Todas las personas implicadas son responsables de asumir el menor número de riesgos posibles para sí mismos y para los demás durante su trabajo.

El equipo de trabajo adecuado y el PPI para trabajar en altura debe determinarse y seleccionarse en la evaluación de riesgos.

El PPI más importante para escalar en módulos truss es un arnés de cuerpo entero, una cuerda corta con amortiguador, un gancho antiincendios y un casco homologado. El amortiguador está diseñado para reducir la fuerza de la caída a un máximo de 6 kN (lo que equivale a 600 kg).

### Escalar por módulos truss horizontales

Si no se puede evitar escalar por módulos truss, es obligatorio comprobar que el módulo truss puede resistir las fuerzas generadas por el impacto de una persona al caer retenida por el amortiguador (6 kN). Esta suposición de carga cubrirá normalmente a una persona colgada de su arnés y a una segunda persona moviéndose en el módulo truss para efectuar el rescate.

Es obvio que los miembros son más débiles que los tubos principales, pero incluso los tubos principales pueden ser demasiado débiles para resistir las fuerzas creadas por el impacto de una persona que cae, en particular cuando el módulo truss ya está cargado con equipos. ¡No usar nunca los miembros como anclaje para su PPE! Usar únicamente los tubos principales como anclaje si se ha verificado por una persona cualificada que estos pueden asumir las fuerzas descritas con anterioridad.

### Cuerda de salvamento horizontal

Atar cuerdas a los módulos truss es una forma común de generar cuerdas de salvamento con la sensación de estar seguro en las alturas. ¡Este es un enfoque ingenuo e inseguro! ¡Independientemente del tipo de cuerda que se use, no hay ningún punto del módulo truss aprobado para servir de punto de anclaje para una cuerda de salvamento horizontal! A menudo se pueden ver cuerdas de salvamento horizontales canalizadas a través de grilletes o eslabones maestros entre motores y enganches de eslinga. ¡Se debe respetar que un fabricante de motores no aprobaría en ningún caso si se le preguntase por la resistencia contra una carga de choque generada por una la caída de una persona!

Confiar solo en una instalación de cuerda de salvamento solo si está certificada por un organismo notificado e instalada de acuerdo con un manual disponible o aprobada por escrito por un ingeniero de estructuras y por los fabricantes del equipo correspondiente. Prolyte recomienda que utilice sistemas de cuerda de salvamento hechos de cable de acero con puntos de anclaje específicos para los módulos truss que han demostrado ser capaces de transferir todas las fuerzas a través de la estructura truss hasta los puntos de apoyo y, a continuación, a un edificio o al suelo, aunque es difícil encontrarlos.

### Escalar por módulos truss verticales

En caso de que sea inevitable escalar por una estructura truss apoyada en el suelo, el escalador suele subir primero por las torres. ¡A menudo, esto se considera como una acción sin riesgo, pero no lo es! Si el módulo truss de torre no cuenta con miembros adicionales dispuestos como peldaños de escalera, el escalador tendrá que pisar los miembros diagonales del módulo truss de torre. Esto no es un problema si el escalador es experimentado, pero conlleva cierto riesgo de lesionarse



los pies o resbalar del miembro diagonal. Se recomienda precaución cuando se ha de escalar por torres H30V, debido a que los miembros diagonales son relativamente débiles y podrían dañarse al pisarlos de forma violenta. Los ganchos de fuego de la cuerda en forma de Y siempre deberán engancharse en los tubos principales si no se ha instalado una cuerda de salvamento horizontal.

### **Cuerdas de salvamento verticales**

Los profesionales instalan cuerdas de salvamento verticales en las torres y el escalador usa un dispositivo anticaídas móvil a lo largo de la cuerda de salvamento vertical. El extremo superior de una cuerda de salvamento vertical se fijará a la sección superior de la torre o de un punto verificado de un boxcorner. El extremo inferior debe fijarse a la sección base de la torre. Pueden usarse cuerdas siempre que demuestren ser suficientemente resistentes. La mayoría de los dispositivos anticaídas móviles están diseñados para usarse con cuerdas.

## **1.8 NORMAS**

Las personas relacionadas en la tecnología del espectáculo a menudo participan en discusiones sobre qué está permitido, aceptado o prohibido hacer o usar en nuestra industria. Como fabricante que empezó en los Países Bajos, Prolyte siempre se rigió por las normas nacionales, las normas de sus países vecinos, en particular las exigentes normas de Alemania, y las regulaciones, directivas y estándares europeos. Sin embargo, siempre prestamos atención a todas las normas que conocemos y a las que tenemos acceso. Quedaría fuera del ámbito de nuestro Blackbook intentar reflejar todas las normas aplicables a la tecnología del espectáculo en el mundo, así que intentamos enfocarnos en las normas principales sobre las que se basan nuestros productos y su uso seguro.

### **1.8.1 Leyes y legislación**

No existen leyes conocidas que regulen directamente el uso de módulos truss en la tecnología del espectáculo. En algunos países hay regulaciones nacionales sobre salud y seguridad con el mismo nivel que una ley que mencionan los módulos o estructuras truss como la normativa alemana DGUV o las normas británicas HSE. Las leyes nacionales de la Unión Europea que rigen la seguridad de los productos, la seguridad en el trabajo, el uso de equipos de trabajo, los productos de

construcción y similares se basan en las regulaciones y directivas europeas y cubren un amplio rango de productos y su aplicación, incluyendo los módulos truss y sus accesorios. Los módulos truss no se mencionan directamente en dichas regulaciones y directivas, pero están sujetos a las mismas en algunas situaciones. Conviene saber que la regulación europea está por encima de las leyes nacionales de los estados miembros de la Unión Europea, mientras que las directivas europeas sientan las bases de la legislación nacional.

La Regulación de Productos de Construcción (CPR) EU 305/2011 rige los productos de construcción dedicados a formar parte de una parte integrante de obras de construcción permanente, como edificios o puentes y que influyen en la seguridad estructural de obras de construcción. La CPR también define la exigencia de la marca CE para los productos que regula. Los módulos truss no se utilizan normalmente como parte integrante de obras de construcción permanente. Los módulos truss se usan para configurar estructuras temporales desmontables (TDS), que no se tratan en la CPR. Pero la CPR está relacionada con los estándares europeos sobre el uso de estructuras de aluminio y los estándares de diseño estructural que proporcionan la base para el diseño y fabricación de módulos truss en la tecnología del espectáculo. Parece complicado y verdaderamente lo es.

Los módulos truss que no tienen por objetivo formar parte integrante de obras de construcción civil no pueden marcarse como CE según la CPR. Por eso, los módulos truss de Prolyte no llevan generalmente la marca CE tal como se define por la CPR. La regulación sobre equipo de protección individual (PPER) EU 2016/425 rige los requisitos para el diseño y fabricación del equipo de protección individual (PPE).

La directiva sobre maquinarias (MD) 2006/42/EC es más específica y regula la maquinaria, el equipo intercambiable, los componentes de seguridad, los accesorios de elevación, las cadenas, cuerdas y redes, los dispositivos de transmisión mecánica retirables y la maquinaria completada parcialmente. Los módulos truss rectos podrían considerarse como accesorios de elevación regidos por la MD. La MD define los accesorios de elevación como «un componente o equipo no fijado a la maquinaria de elevación, que permite sujetar cargas,

que está colocado entre la maquinaria y la carga o sobre la propia carga, o que tiene por objeto constituir una parte integrante de la carga y que se comercializa por separado». La MD también exige que los accesorios de elevación deben mostrar la carga máxima de uso directo sobre el producto o en una placa o medio equivalente, fijada de forma segura sobre el accesorio. Tal como ya sabemos, la carga máxima de trabajo de los módulos truss varía con la longitud del módulo. Como los módulos truss se pueden combinar en multitud de combinaciones diferentes para formar una estructura truss, es imposible requerir un marcado tal como lo define la MD. Tan pronto como los módulos truss se conectan a componentes estructurales asociados, como módulos angulares o sleeveblocks, la carga máxima de trabajo no puede definirse por adelantado. De cualquier modo, los módulos angulares y los sleeveblocks no pueden clasificarse con una carga máxima de trabajo. Por eso, los módulos truss y los componentes estructurales asociados de Prolyte no llevan generalmente la marca CE tal como se define por la MD.

La directiva sobre «uso de equipo de trabajo» 2009/104/EC rige los requisitos de seguridad y salud mínimos para el uso de equipo de trabajo por parte de los trabajadores. Entre otras muchas cosas, esta directiva trata sobre el trabajo en altura y la inspección del equipo de trabajo y, de esta forma, señala la necesidad de inspeccionar periódicamente los módulos truss.

### 1.8.2 Estándares

Los estándares definen el estado de la tecnología. Nos encontramos tres tipos de estándares principales: nacionales, continentales y los internacionales. No siguen una estructura estrictamente jerárquica. Los estándares europeos EN definidos por CEN generalmente toman prioridad y sustituyen a los estándares de los organismos nacionales (NSBs) como BS, DIN, NEN, etc. Los estándares internacionales ISO no toman prioridad sobre los estándares EN, sino que deben ser adoptados por CEN para convertirse en estándares EN ISO. Después de eso, pueden convertirse también en estándares nacionales, p. ej., BS EN ISO, DIN EN ISO o NEN EN ISO. Los NSB también pueden adoptar libremente los estándares ISO sin su adopción por parte de CEN. Estos estándares serán p. ej., BS ISO, DIN ISO o NEN ISO.

Mientras que solo unos pocos países desarrollan estándares nacionales al tratar con la tecnología del espectáculo, no ha habido estándares EN equivalentes durante décadas.

En el año 2006, un grupo de veteranos entusiastas de la industria del espectáculo se reunieron en CEN, en Bruselas, para crear un Acuerdo de Taller CEN (CWA). Un CWA se considera una sugerencia para un estándar EN, mostrando que hay interés y consenso sobre la estandarización de ciertas peticiones industriales a nivel europeo. En diciembre de 2008, CEN publicó CWS 15902 «Equipo de elevación y soporte de carga por etapas y otras zonas de producción dentro de la industria del espectáculo» en dos partes: 1ª parte: «Requisitos generales» y 2ª parte: «Especificaciones para el diseño, fabricación y uso de módulos y torres truss de aluminio y acero». La 2ª parte se ha basado en el estándar estadounidense ANSI E1.2-2006 «Tecnología del espectáculo: Diseño, fabricación y uso de módulos y torres de aluminio» y en el estándar británico BS 7905-2:2000 «Especificaciones para el diseño y la fabricación de módulos y torres truss de aluminio y acero».

Al tratarse de un CWA, se le otorga una vida útil de 3 años hasta que se convierte en estándar EN con la posibilidad de prolongarse otros 3 años. Hasta 2011, ningún miembro de CEN había querido tomar la iniciativa para convertir el CWA 15902 en un estándar EN, así que se prolongó otros 3 años.

En el año 2014, el Instituto Alemán de Estandarización DIN gestionó la financiación de un comité técnico CEN TC 433 «Tecnología del espectáculo» y comenzó con la estandarización en tres de los cuatro grupos de trabajo. El grupo de trabajo 2 «Equipos de trabajo e instalaciones» comenzó la conversión de CWA 15902-2 en febrero de 2015 y finalizó su labor en septiembre de 2017. CEN publicó el primer estándar europeo sobre tecnología del espectáculo, EN 17115 «Tecnología del espectáculo: especificaciones para el diseño y la fabricación de los módulos truss de aluminio y acero» en agosto de 2018. Desde entonces, todos los módulos truss Prolyte, los componentes estructural asociados y los accesorios se fabrican de acuerdo con este estándar. EN 17115 se refiere a los estándares aplicables de la serie Euro código, EN 1990 a EN 1999, la ejecución de las estructuras de



acero y aluminio, EN 1090, Partes 2 y 3 y los estándares necesarios que cubren las especificaciones materiales.

En los Estados Unidos, ANSI E1.2-2006 ha sido sustituido por ANSI E1.2-2012 «Tecnología del espectáculo: diseño, fabricación y uso de módulos y torres truss de aluminio». Excepto por ligeras diferencias en la terminología y las referencias en la fabricación continental y las especificaciones sobre material, el contenido de este estándar ANSI es similar al EN 17115.

### 1.8.3 Códigos de práctica

Los códigos de práctica los definen generalmente las organizaciones comerciales como PLASA, IGWW, ESTA, etc. O grupos de personas interesadas, como es el caso del reciente «código internacional de práctica para los aparejos de la industria del espectáculo» (ICOPER). Los códigos de práctica definen la actualidad del trabajo en una industria, aportando recomendaciones sobre el uso seguro del equipo de trabajo, técnicas de trabajo eficaces, terminología o salud y seguridad laboral, respetando la legislación aplicable y la estandarización, sin excluir soluciones alternativas si garantizan un nivel de seguridad equivalente. El seguimiento de los códigos de práctica da confianza a todas las personas implicadas para mantener el nivel de seguridad necesario. Prolyte anima a todos los usuarios a recopilar información sobre todos los códigos de práctica aplicables necesarios para su trabajo seguro, a leer y entender el contenido y cumplir y mantener las recomendaciones definidas.

### 1.8.4 Cálculo estructural

Los cálculos estructurales se realizan para comprobar que un módulo o estructura truss es estable y cuenta con suficiente capacidad de resistencia a la carga. Todas las series de módulos truss Prolyte se comprueban con cálculos estructurales de forma que se obtienen tablas de carga de los módulos truss de una sola pieza con la carga máxima admisible y el diseño de fuerzas internas del módulo truss y de sus componentes. Tan pronto como se trata de módulos truss de varios tramos o estructuras truss, las tablas de carga ya no son válidas, solo pueden usarse como indicación al seguir nuestras normas generales para la valoración de una configuración segura. El diseño de fuerzas internas necesitará un ingeniero estructural o una persona cualificada de forma equivalente para realizar un cálculo

estructural satisfactorio. Los cálculos estructurales deben seguir siempre todos los estándares aplicables de diseño estructural y las características materiales.

Hay que destacar que los cálculos estructurales siempre tienen en cuenta las situaciones en el peor de los casos, con las acciones esperables máximas sobre la estructura y la utilización máxima admisible de los módulos truss y los componentes estructurales asociados. En las situaciones en las que los módulos o estructuras truss están cargados con una pequeña fracción obvia de la carga posible y las estructuras truss aparentemente son estables contra su colapso, las personas con experiencia y cualificación también son competentes para juzgar si la situación es bastante segura. Sin embargo, nos encontramos diariamente configuraciones de módulos truss inseguras en todo el mundo. Prolyte recomienda realizar un cálculo estructural individual por adelantado para cada configuración de truss.

### 1.8.5 Compatibilidad

A distancia, todos los módulos truss parecen iguales. De cerca, sin embargo, se hacen aparentes las diferencias. Al juntar módulos truss de varios fabricantes se materializa un riesgo alto o responsabilidad sobre diferentes partes: el usuario, la empresa, el propietario y el fabricante/distribuidor. Este riesgo se basa en el efecto de las diferentes esferas legales, como seguridad del producto, responsabilidad del producto, garantía y fiabilidad, así como la estabilidad y la capacidad de resistencia de carga.

La conexión de módulos truss de diferentes fabricantes, lo que se denomina frecuentemente compatibilidad, es casi imposible desde el punto de vista legal. La persona que conecta módulos truss de dos fabricantes se considera automáticamente como fabricante de un producto nuevo, pues se puede asumir que ninguno de los dos fabricantes confirmará que sus productos son compatibles con los productos de la competencia. Prolyte indica de forma explícita que los módulos truss de Prolyte no pueden conectarse a módulos truss o componentes estructurales asociados de cualquier otro fabricante en un tramo.

De acuerdo con la directiva europea sobre responsabilidad de productos defectuosos 1999/34/

EC, el fabricante es la persona que importa o distribuye un producto con el objetivo de venderlo, alquilarlo, arrendarlo o distribuirlo de cualquier forma con objetivo económico en el transcurso de su negocio dentro del ámbito del acuerdo en el Espacio Económico Europeo. Si el fabricante del producto no se puede determinar, entonces cada proveedor se considerará su productor.

Ejemplo: un módulo truss usado como accesorio elevador con una longitud de 7 m, compuesto por módulos truss de diferentes fabricantes (tipo A + tipo B) se alquila. La responsabilidad de ambos fabricantes está excluida de la directiva sobre responsabilidad por productos defectuosos 1999/34/EC, si los productos parciales (tipo A y tipo B) en sí mismos no tienen fallos y el fallo se crea únicamente al fabricar el producto final. En caso de daños, únicamente la persona que fabricó el producto final será responsable. ¡En este ejemplo, sería el usuario!

Si una empresa facilita un conjunto de módulos truss de diferentes fabricantes a un empleado como equipo de trabajo (p. ej., accesorio elevador), la empresa es responsable de la seguridad del equipo de trabajo de acuerdo con la directiva europea sobre los requisitos de salud y seguridad mínimos para el uso de equipo de trabajo por parte de los trabajadores en su actividad laboral 2009/104/EC:

«El empleado tomará las medidas necesarias para garantizar que el equipo de trabajo puesto a disposición de los trabajadores para el ejercicio de su actividad laboral sea adecuado para realizarla de forma apropiada o esté adaptado correctamente para ese propósito y se pueda usar por los trabajadores sin riesgos para su salud y seguridad».

Prolyte indica explícitamente que la evaluación de riesgos de una estructura truss montada y usada como equipo de trabajo debe contar en todo caso con una prueba de estabilidad y de capacidad de soportar la carga. Prolyte rechaza cualquier reclamación de garantía que pueda derivarse de daños por una conexión incorrecta de un módulo truss de Prolyte con cualquier módulo truss de otro fabricante. Por lo que respecto a la estabilidad y capacidad de resistencia de carga de las estructuras truss montadas a partir de elementos de diferentes fabricantes, explícitamente indicamos que

incluso las tolerancias más pequeñas en los elementos de conexión pueden afectar drásticamente a la capacidad de resistencia de carga.

La opinión generalizada de que, con la conexión de módulos truss de diferentes fabricantes, los datos de carga del módulo más débil se consideran suficientemente seguro, no tienen ninguna base física ni legal. Las propiedades de los diferentes materiales y procesos de fabricación provocan fuerzas internas permitidas diferentes en los distintos tipos de módulo truss. Se necesitará en todos los casos una prueba individual de estabilidad y de capacidad de resistir carga de los módulos truss montados procedentes de diferentes fabricantes. Esto no se puede aplicar razonablemente en la práctica diaria. Los módulos truss de Prolyte y sus componentes estructurales asociados no se comercializan para su uso en combinación con módulos truss de otros fabricantes, pero se pueden usar en combinación con accesorios elevadores que se venden de forma independiente, aunque Prolyte preferiría que todo el mundo usase únicamente productos Prolyte.

¡Prolyte indica expresamente que los módulos truss de Prolyte y los componentes estructurales asociados no deben conectarse con módulos truss de otros fabricantes!

### 1.9 PROPIEDADES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS TRUSS PROLYTE

El conocimiento sobre las propiedades técnicas únicas de los módulos truss, los componentes estructurales asociados y los accesorios de Prolyte y sus combinaciones son muy importantes para la preparación inteligente y eficaz en el trabajo. En este capítulo vamos a intentar aportar información sobre algunas de las propiedades técnicas.

#### 1.9.1 Dimensiones (12.1)

Conocer las dimensiones de los módulos truss de Prolyte y las de sus componentes estructurales asociados puede evitarle experimentar dificultades inesperadas al realizar el montaje de estructuras truss.

#### Dimensiones de los elementos angulares

Desde que comenzamos a fabricar módulos angulares

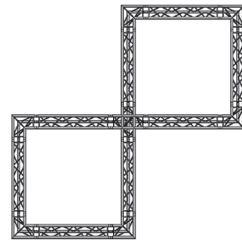
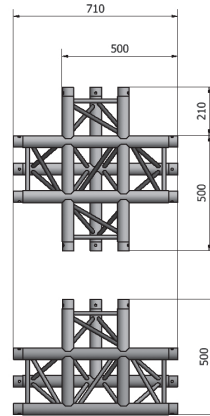


truss, nos han preguntado por qué la longitud de los módulos angulares de la serie 30 es diferente de las dimensiones habituales de 500 x 500 x 500 mm de otros fabricantes. La explicación es bastante simple. Debido a las innumerables combinaciones de módulos angulares, incluso en estructuras de celosía truss de dos dimensiones, se puede esperar que un módulo angular en forma de T o un módulo angular transversal se encuentre con otro módulo angular en dos direcciones.

Este será posible sin tener módulos truss de longitud especial, de forma que la dimensión interna de la pata de un módulo angular a 90° siempre será la misma.

Comenzando con un módulo angular de 2 vías de la serie X con las dimensiones del módulo angular exterior de 500 x 500 mm y la dimensión de truss de 290 mm, la dimensión interior de la pata del ángulo será de 500 mm - 290 mm = 210 mm. Si este ángulo de dos vías se combina con un módulo angular en forma de T, las dimensiones interiores de todas las patas del módulo angular deben tener 210 mm. Como un módulo angular en forma de T no es más que un módulo angular de dos vías con una pata adicional, la longitud total de una barra en T suma 500 mm + 210 mm = 710 mm. Lo mismo se aplica a un módulo angular transversal de la serie X30.

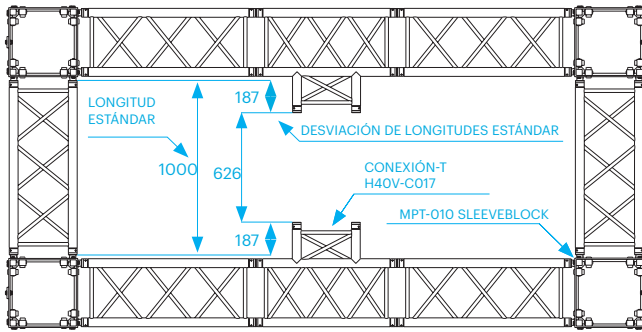
Uno de nuestros antiguos «secretitos del negocio» dejará de ser secreto. Con la implementación de la serie H que vino con la misma dimensión de centro a centro que la serie X (239 mm), las dimensiones exteriores de un módulo angular de dos vías también tenían que ser de 500 x 500 mm.



Como el diámetro exterior del tramo principal era de 48 m, las dimensiones exteriores del módulo truss H30 alcanzaba los 287 mm. La longitud interna de la pata del ángulo es, por tanto, de 500 mm - 287 mm = 213 mm. La barra en T de un módulo angular en forma de T H30D/V-C017 resultó tener 500 mm + 213 mm = 713 mm. Aunque los módulos truss de la serie X y de la serie H se pueden conectar entre si porque están fabricados por el mismo productor, la combinación de los módulos angulares X y H se debe valorar con cuidado cuando se trata de estructuras complejas. En una celosía truss rectangular simple, la diferencia de longitud no es importante. Además, se debe saber que la tolerancia de la longitud en los tubos principales es de  $\pm 0,5$  mm.

## Dimensiones de combinaciones de sleeveblocks MPT y elementos angulares

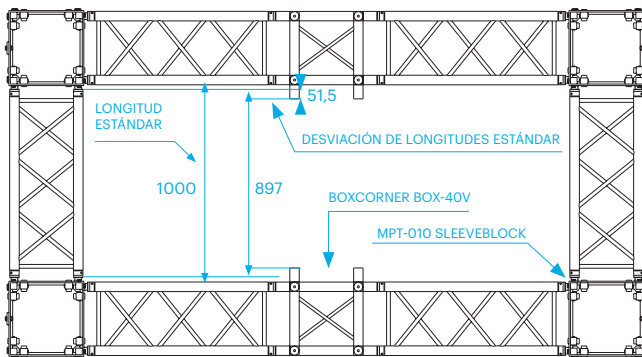
El sistema de torre MPT es un sistema de apoyo sobre suelo universal que se puede usar con todos los módulos truss transversales tridimensionales con las series 30 y 40. La mayoría de las celosías truss en un apoyo sobre suelo MPT está hecho de módulos truss H40V y angulares. El sleeveblock del sistema MPT (MPT-010) tiene unas dimensiones exteriores diferentes a las de los módulos angulares de la serie H40V. Si un tramo truss central tiene que integrarse en la celosía truss, nos enfrentamos a una combinación de diferentes opciones de módulo angular y sleeveblocks que están preparados con elementos de conexión CCS6-602 y una compensación de 19 mm. La siguiente imagen muestra la longitud de un módulo truss central usando ángulos en T estándares (H40V-C017) en una torre MPT de celosía truss con elementos de conexión CCS6-602 en los sleeveblocks.



Combinación de H40V-C017 y MPT-010

La longitud de los módulos truss rectos entre dos H40V-C017 correspondientes es de  $2 \times 187 \text{ mm} = 374 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre los sleeveblocks.

La siguiente imagen muestra la longitud de un módulo truss central usando boxcorners en (BOX40V+ CCS6-651) en una torre MPT de celosía truss con elementos de conexión CCS6-602 en los sleeveblocks.

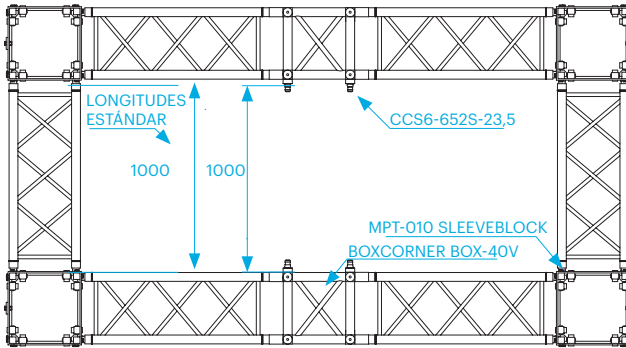


Combinación de BOX-40V y MPT-010



La longitud de los módulos truss rectos entre dos BOX-40V correspondientes es de  $2 \times 51,5 \text{ mm} = 103 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre los sleeveblocks.

La combinación del relativamente poco conocido elemento de conexión CCS6-652S-23,5 en un BOX-40V en la dirección del tramo truss central proporciona una ventaja relevante. La siguiente imagen muestra la longitud de un módulo truss central usando boxcorners (BOX40V+ CCS6-652S-23,5) en una torre MPT de celosía truss con conexión CCS6-602 en los sleeveblocks:

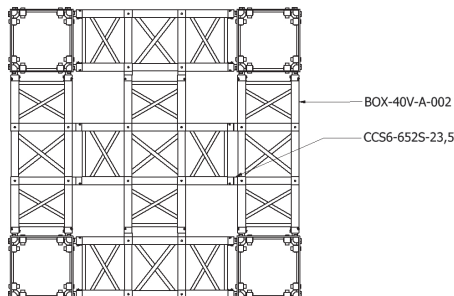


Combinación de BOX-40V con CCS6-652S-23,5 y MPT-010

La longitud de los módulos truss rectos de un tramo truss recto entre dos BOX-40V correspondientes con CCS6-652S-23,5 en una torre MPT de celosía truss equivale a la longitud entre ambos sleeveblocks. ¡No se necesita una longitud de módulo truss especial!

Si se integra un segundo tramo truss, los tipos de elementos de conexión se pueden escoger de forma correspondiente. Si se necesita un segundo módulo truss en un ángulo de  $90^\circ$  hacia el tramo central, se llamará cruz central. En esta situación se recomienda conectar otro boxcorner poco común (BOX-40V-A-002).

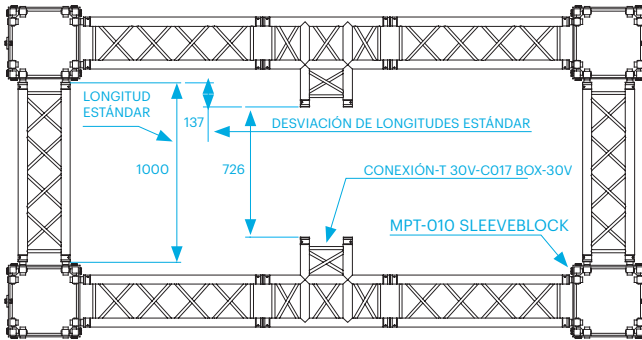
La siguiente imagen muestra una cruz central en una torre MPT de celosía truss con H40V, BOX-40V, CCS6-652S-23,5 y BOX-40V-A-002 con conexiones CCS6-602 en los sleeveblocks.



# 1. TRUSS

La longitud de los módulos truss puede ser la misma en todas direcciones. ¡No se necesita una longitud de módulo truss especial!

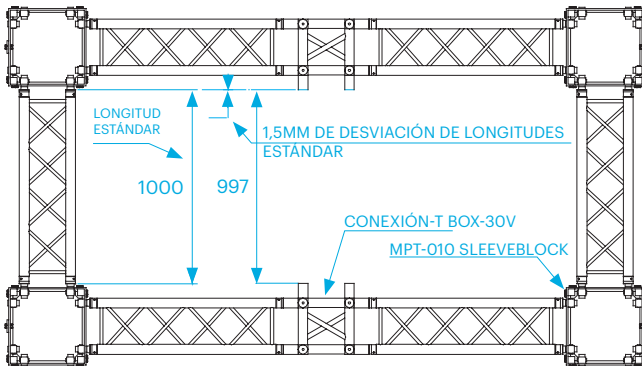
En las situaciones en las que la capacidad de carga del módulo truss H40V no se necesitan o se deben tener en cuenta aspectos económicos (transporte o volumen de inversión, filosofía de un único tipo de módulo truss individual o diseño según existencias), pensamos que el módulo truss de torre H30V se puede usar también en una celosía truss. La siguiente imagen muestra la longitud de un módulo truss central usando ángulos en T estándares (H30V-C017) en una torre MPT de celosía truss con elementos de conexión CCS6-602 en los sleeveblocks.



Combinación de H30V-C017 y MPT-010

La longitud de los módulos truss rectos entre dos H30V-C017 correspondientes es de  $2 \times 137 \text{ mm} = 274 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre los sleeveblocks.

La siguiente imagen muestra la longitud de un módulo truss central usando boxcorners (BOX30V+ CCS6-651) en un sistema de torre MPT con conexión CCS6-602 en los sleeveblocks:



Combinación de BOX-30V y MPT-010



La longitud de los módulos truss rectos entre dos BOX-30V-0 (+ CCS6-651) correspondientes es de  $2 \times 1,5 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre los sleeveblocks.

### 1.9.2 Bisagras

Las bisagras se usan principalmente en los sistemas de torre, pero cada vez más en las estructuras especiales. A continuación, explicamos los tipos de bisagra para estructuras truss de tres y cuatro tubos de las series X/H, así como para estructuras truss de las series S/B.

La bisagra que se usa con mayor frecuencia es la CCS6-H. Se usa en todos los sistemas de torre MPT y ST, así como en la torre de aparejado RT-H30V. CCS6-H es un conjunto de bisagra sencilla y está compuesto por una bisagra de horquilla CCS6-H-FM-45° (A) y una bisagra de pasador CCS6-H-M-135° (B) junto con el pasador de bloqueo ACC-LP-16 y la pinza de seguridad CCS7-705.

Los valores de graduación muestran el ángulo entre el orificio cónico y la dirección de la bisagra. La dirección de la bisagra siempre se sitúa perpendicular al eje del pasador de bloqueo. Las bisagras CCS6-H antiguas no llevan identificador, las bisagras CCS6-H nuevas llevan grabados sus valores de graduación.

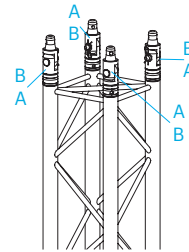
Las bisagras para torres CT solo se ofrecen en secciones separadas, también se pueden usar para estructuras especiales de los módulos truss de las series S y B. Las combinaciones son innumerables.

Un «juego» completo de secciones de bisagra para una torre CT consiste en:

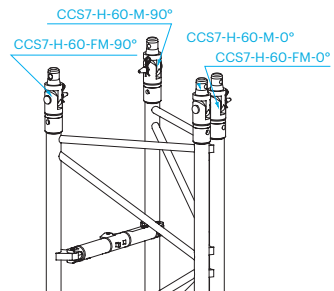
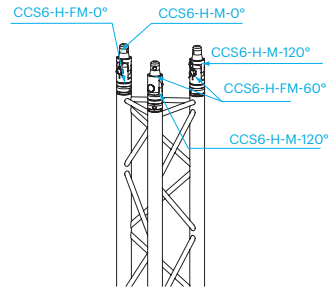
2 x	CCS7-H-60-M-0°
2 x	CCS7-H-60-M-90°
2 x	CCS7-H-60-FM-0°
2 x	CCS7-H-60-FM-90°
4 x	ACC-LP20/60
4 x	CCS7-705

También hay horquillas de bisagra disponibles para fijarlas a componentes estructurales asociados, como sleeveblocks o boxcorners. Solicite información

detallada a su proveedor Prolyte.



A = CCS6-H-FM-45°  
B = CCS6-H-M-135°



## 1.9.3 Separador

En varias situaciones, la longitud estándar de los módulos truss ofrecidos por Prolyte no es suficiente. Como reducir la longitud de un módulo truss es normalmente bastante difícil y provoca que haya que desecharlo, la extensión de un módulo truss estándar es sencilla. Se puede hacer un coneción cónico con una pieza cilíndrica extendida en el centro facilitando la oportunidad de alargar la longitud de un módulo truss en 50 mm a cada extremo del módulo. Estos conectores cónicos extendidos se llaman separadores. Están disponibles en pasos de 5 mm hasta una longitud de 50 mm, por defecto. Está claro que estos separadores no pueden alcanzar cualquier longitud deseada, pero se debe tener en cuenta que pueden combinarse con las longitudes de módulo truss estándar por debajo de 100 cm como L025, L029, L050, L071 y L074 de la serie 30, por ejemplo.



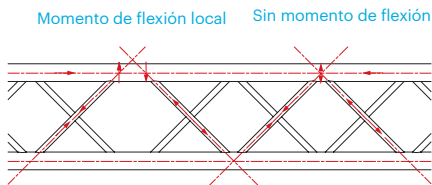
Se tiene que respetar que cada juego de separadores entre dos módulos truss incrementa la distancia entre los elementos terminales de los módulos truss y la conexión. Esto incrementa la influencia de la interacción del momento de flexión y la fuerza transversal en la conexión, lo que provoca un descenso en la capacidad de carga del módulo truss.

## 1.9.4 Excentricidad en los puntos nodales

En una estructura de celosía ideal, las líneas centrales de los elementos de un módulo truss se cruzan en un punto en la línea central del tubo principal. Por varios motivos, esta situación ideal no se puede alcanzar en algunas estructuras truss, y a este fenómeno se le llama excentricidad en los puntos nodales. Los motivos son:

- geometría de la estructura truss
- distancia entre los miembros extremos
- ángulo mínimo de los miembros diagonales
- diámetro de los miembros y los tubos principales
- soldabilidad, espacio para soldar

En el pasado, esta excentricidad se consideraba un déficit severo en el diseño de una estructura truss porque las fuerzas de flexión locales pueden darse en el punto nodal.



El momento de flexión local en el punto nodal provocado por excentricidad (izquierda); sin momento de flexión local en el punto nodal (derecha)

Desde la implementación de los Euro códigos, los cálculos estructurales deben considerar la interacción entre el momento de flexión y la fuerza transversal en las conexiones de los módulos truss donde no existen diagonales. Esto provoca una reducción de la capacidad de carga de varios tipos de módulo truss en tramos cortos. El efecto de la interacción del momento de flexión y de la fuerza transversal en las conexiones de los módulos truss es mucho mayor que el efecto de los momentos de flexión locales interactuando con fuerzas transversales debido a la excentricidad en los puntos nodales. Esto lleva a la conclusión que las pequeñas excentricidades en los puntos nodales de un módulo truss de Prolyte son aceptables sin que tengan una influencia negativa en la capacidad de sostener carga del módulo truss.

## 1.9.5 Soldadura de elementos diagonales

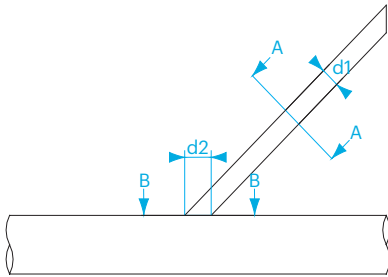
De vez en cuando se dan discusiones redundantes sobre la junta de soldadura incompleta en las conexiones de los elementos diagonales en las series de módulos truss X y H. Dando una breve mirada a los informes estructurales de estos módulos truss se ve que los elementos diagonales se considera que son únicamente una fijación parcial en sus puntos de soldadura, lo que incrementa la longitud de los elementos diagonales y que, por tanto se puede conseguir un mayor nivel de seguridad. La longitud de la junta de soldadura se considera que no ha de superar la circunferencia del elemento diagonal. Comparado con



la longitud de la junta de soldadura que tiene una forma ovalada, correspondiente al ángulo de corte del elemento y, por tanto, es mucho más larga que la circunferencia del diámetro de los elementos, encontramos suficiente margen para dejar sin hacer aproximadamente 1/10 de la junta de soldadura ovalada. La junta de soldadura siempre será más larga en lo asumido en el cálculo estructural y siempre será más fuerte que el teórico. Como efecto colateral, el ahorro de 1/10 de la junta de soldadura ahorra mucha energía y mucho tiempo de producción.

### 1.9.6 Combadado previo

En algunas aplicaciones, no se puede aceptar que un módulo truss se deforme bajo carga. Ejemplos son los módulos truss para cortinajes grandes que no deben tocar el suelo o cargas rígidas como soportes de pantalla LED. Hay varias formas de minimizar la deflexión bajo carga o incluso de evitarla completamente. La primera solución siempre será la primera opción: seleccionar un módulo truss mayor, con más altura que anchura.



Sección A-A --- Circunferencia =  $\pi \cdot d1$

Sección B-B --- Circunferencia =  $\pi \cdot d2$

$d1 < d2$

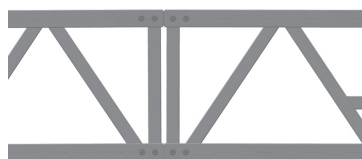
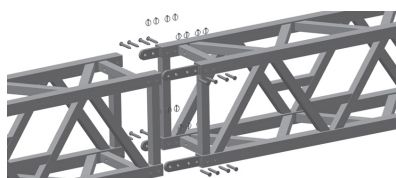
resultado : superficie A-A < Circunferencia Sección B-B

La junta de soldadura alrededor del elemento diagonal en ángulo es mucho mayor que la circunferencia del elemento que se considera en los cálculos estructurales.



Otra posibilidad es montar separadores especiales de 2 mm en los conectores de los tubos superiores del módulo truss. Esto también provocará una deflexión invertida, pero, de nuevo, la deflexión invertida es difícil de predecir según la variedad de longitudes de los módulos truss y la cantidad y posiciones de las conexiones en el módulo, así que se deberá usar el método de prueba y error para encontrar la configuración adecuada. Prolyte recomienda encarecidamente el uso únicamente de separadores especiales de 2 mm, dado que los separadores normales más largos provocarán fuerzas de flexión locales demasiado fuertes en los conectores de los módulos truss. Únicamente los usuarios cualificados, competentes y con experiencia deberían realizar este tipo de comado.

La solución más inteligente de comado previo además de seleccionar un tipo de módulo truss mayor es escoger un tipo de módulo truss especial, que esté preparado para su comado desde fábrica. El módulo truss BGR-70 de Prolyte utiliza elementos de conexión con longitudes diferentes (0-4 mm distanciadores). La longitud de los módulos truss es algo más corta que la longitud de trabajo, de forma que los extremos de los tubos principales nunca se tocarán entre ellos en una conexión de dos módulos truss. Todas las fuerzas se transmiten a través de los elementos de conexión. Este tipo de módulo truss se puede usar para espacios de hasta 45 m.



### 1.9.7 Comportamiento en incendio

Tal como pasa con otros metales comunes, el aluminio no arde. Incomprendiblemente, las autoridades pretenden solicitar un certificado de incendio para los módulos truss. Desgraciadamente, la respuesta de Prolyte puede suponer una decepción, pero no tiene sentido realizar una certificación contraria al sentido común. En otras palabras: no hay certificación para el comportamiento en incendio de un módulo truss de Prolyte.

### 1.9.8 Plataformas de escenario

Debido a la ausencia de estándares europeos para plataformas de escenario, se puede considerar el EN 13814, cuando se quieren ver supuestos de carga. Además, en el EN 1991, parte 1 «Acciones sobre estructuras» (Euro código 1, parte 1), solicitan supuestos de carga en escenarios que forman parte de edificios permanentes. En la mayoría de los casos, se han asumido una capacidad de carga uniforme de 7,5 kN/m<sup>2</sup> y un límite de deflexión de L/200 como criterio de diseño del material para las plataformas, mientras que los puntos de carga posibles sobre las plataformas se han ignorado completamente.

Euro código 1 exige una capacidad de carga uniforme de 5 kN/m<sup>2</sup> y una carga puntual de 3,5 kN – 7,0 kN sobre un área de 5 cm x 5 cm, mientras que EN 13814 se prescribe una carga uniforme de únicamente 1,5 kN/m<sup>2</sup> para los escenarios que no permiten acceso al público una capacidad de carga uniforme de 3,5 kN/m<sup>2</sup> para zonas con acceso público universal y sin carga puntual.

Al comprobar los requisitos de Euro código 1, comparados con los datos técnicos del contrachapado de abedul, el grosor mínimo de los tableros sería de 35 mm, no aplicable en la industria del espectáculo. Por eso se ha desarrollado el estándar alemán DIN 15921 «Tecnología del espectáculo: plataformas y marcos de aluminio: requisitos de seguridad», que proporciona supuestos de carga adecuados para la industria del espectáculo.

Los diferentes estándares definen valores para las fuerzas horizontales. Esto se debe a los movimientos sobre plataformas (p.ej. por bailarines o maquinaria de escenario) y se crean cargas adicionales, por ejemplo, por cargas sobre guías. EN 13814 exige una capacidad de carga horizontal para los escenarios del 10% de la carga



Foto: BGR70, Unlimited Productions, Países Bajos.

vertical admisible; los estándares británicos clasifican la capacidad de resistencia a la carga horizontal en tres clases entre el 5% y el 10%. Para los movimientos sincronizados (rítmicos), el requisito también es del 10%. Como norma general, se puede asumir que los escenarios exteriores deberán soportar una carga horizontal del 10% de la carga vertical y los escenarios de interior deberán soportar una carga horizontal del 5% de la carga vertical.

Considerando los requisitos para las patas de escenarios, donde, para una plataforma estándar de 2 m x 1 m con una carga vertical admisible de 750 kg/m<sup>2</sup> (es decir, 1500 kg de carga distribuida de forma uniforme) cada una de las cuatro patas debe poder resistir una carga horizontal de 37,5 kg (10% de 1500 kg = 150 kg/4 = 37,5 kg). Al usar tubos circulares como patas a una altura de 100 cm, se tendrán que usar tubos con un grosor de 48,3 mm x 4 mm hechos de la aleación EN AW-6082 T6.

Si los elementos del escenario están conectados entre sí para crear una zona de escenario, la capacidad de resistencia de carga admisible podría reducirse si no se utilizan todas las patas.

En Prolyte nos gustaría explicar esto claramente y, por eso, hemos publicado tablas con datos de carga

dependiendo de la longitud y material de las patas.

#### **Patas del escenario**

Los principios relativos al uso de patas para escenarios, como en el caso de módulos truss, Prolyte también facilita información sobre qué carga puede resistir un elemento de escenario, basado en el hecho que un escenario debe poder resistir una carga horizontal del 10% de la carga vertical.

La fuerza horizontal que puede absorber un elemento del escenario depende de los siguientes puntos:

- Diámetro y grosor de las paredes de la pata.
- La aleación de la pata.
- La longitud de la pata.
- La conexión de la pata

Los valores indicados por Prolyte para la carga de su StageDex, frente a la altura y el tipo de patas limitado por la conexión de la pata. Esto implica directamente que el uso de menos patas significa que, o bien hay menor carga permitida o que la fuerza horizontal admisible de 10% debe ajustarse a la baja.

## Barandillas para escenarios

Si se ha de fijar o no una barandilla al escenario es un tema que provoca muchas discusiones. La carga que debe poder soportar una barandilla de escenario depende de su uso. Se debe distinguir si el escenario está abierto al público o no. En el caso de la mayoría de escenarios para música pop, una barandilla que pueda soportar 30 kg/m se considera suficiente. Una barandilla así es una indicación clara de dónde acaba el escenario.

### Ejemplo de reducción de carga:

Si un escenario de 100 m<sup>2</sup> tiene normalmente 200 patas (4 por cada 2 m<sup>2</sup>, (foto B)), se cambiará a 66 en el caso de un sistema de «colgado» (foto A). La carga puede multiplicarse por un factor de  $66/200 = 0.33$ . Si la carga solía ser de 750 kg/m<sup>2</sup>, ahora será de 247,5 kg/m<sup>2</sup>.

Por el contrario, hay varios requisitos «en el aire» cuando se buscan especificaciones para las barandillas de plataformas o podios con acceso libre para el público. Los requisitos de carga alcanzan los 300 kg/m a una altura de la barandilla de 1 m.

Tales cargas no pueden acomodarse en los suelos de escenario existentes, o solo con un gran esfuerzo y trabajo.

Imagen A

4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

‘escenario 10x10 m. Basado en un sistema de patas suspendidas.

Respectivamente 4, 2 o 1 tramo por elemento de escenario.

En particular, la dispersión de las fuerzas es un poco mayor. La conexión entre la barandilla, el escenario y la construcción base debe cumplir requisitos estrictos. Prolyte se refiere a la norma DIN 15921 proporcionando barandillas que soportan una carga horizontal de 1 kN/m, lo que supone que una barandilla de 2 m puede absorber 2 kN.

## 1.9.9 Estándares y regulaciones para los motores eléctricos

### Aplicaciones industriales frente a aplicaciones de espectáculos

Los motores que se usan en la industria del espectáculo son casi idénticos a las versiones industriales originales. La mayor diferencia es el uso y la posición del motor con respecto a la carga. En un entorno industrial, el motor suele estar suspendido permanentemente en lo que se suele llamar una posición de motor hacia arriba, con el motor fijado a la estructura de soporte. En una situación de espectáculos, los motores se utilizan normalmente en una posición motor hacia abajo, en el que no es el motor, pero la cadena elevadora está elevada a la estructura de soporte, mientras que el motor se queda cerca de la carga.

Imagen B

4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

‘escenario 10x10 m. basado en 4 patas por escenario.’



La ventaja que supone es que el cableado puede ajustarse a una altura operativa y que, en vez de tener que levantar y manejar con el aparejo la pesada carga de la carcasa del motor, se levanta el peso relativamente más ligero de la cadena.

#### **Personas situadas debajo de una carga movable**

Otra diferencia significativa es que, en la industria del espectáculo, las cargas están suspendidas o se mueven por encima de las cabezas de las personas. En muchos países de la EU, este equipo de trabajo (2001/45/EC) solo se permite si se han tomado medidas de seguridad adicionales. La directiva sobre maquinaria 2006/42/EC (Legislación europea) se refiere a doblar el coeficiente de trabajo cuando se eleva a personas. Dentro del sentido de esta directiva también se puede afirmar que lo mismo se aplica cuando se levantan pesos por encima de las personas.

No está claro si esta directiva también se aplica a cargas inmóviles suspendidas sobre las personas, una situación que ocurre regularmente en la industria del espectáculo. El código de práctica europeo CWA 15902-1, así como los estándares existentes, como el BS 7906-1/FEM 9756 dejan abierta la posibilidad de usar un motor «estándar» siempre que un análisis de riesgo muestre que está justificado. El código de práctica holandés NPR/FEM 8020-10 indica que el uso de un motor estándar está permitido en esta situación siempre que se doble el coeficiente de trabajo, de acuerdo con la directiva sobre maquinaria. En esos casos, un motor de 1000 kg solo se puede usar para 500 kg. En Alemania, un motor llamado D8+ se tiene que usar en dichas situaciones. Además de contar con un coeficiente de trabajo doble, este motor tiene un sistema de frenos doble.

#### **Levantamiento de pesos por encima de las personas**

En lo que respecta a cargas móviles por encima de las personas, puede ser necesario el uso de motores especiales. Además de contar con protección por sobrecarga e infra carga, estos motores pueden tener un sistema operativo que verifica la posición mutua de los motores y hace seguimiento de las cargas. En el caso de que se produzca cualquier desviación sobre los parámetros establecidos, el sistema se desconecta, garantizando así un uso seguro. Tal sistema se llama normalmente DGUV V17. En Alemania, tales sistemas se

rigen por las normativas de la DGUV (Asociación alemana de prevención y seguros).

El equipo y la tecnología operativa usada depende en gran medida de la situación durante la elevación:

- Una carga sobre un motor único tiene diferentes exigencias al elevarla y controlarla que una carga levantada por cuatro motores, especialmente si más de una carga está controlada por el mismo sistema.
- Si el operador tiene una visión clara de la carga y del entorno inmediato en el que se produce la elevación, siempre será posible tomar acción en caso de peligro.
- Lo que puede fallar y cuáles son los riesgos para todos los componentes usados, y sus combinaciones.

Actualmente, hay una serie de estándares que se aplican a la utilización de máquinas y sistemas con una función de seguridad. IEC 62061 se aplica específicamente a la fabricación de máquinas. Este estándar se deriva de la norma IEC 61508 y trata el problema de cómo un sistema de seguridad se puede producir usando combinaciones de software «simple», electrónica y componentes eléctricos. IEC 62061 se refiere a la especificación del nivel de seguridad de la pieza específica de los controles de la máquina que tienen una función de seguridad y también valora todo el rango de software, electrónica y componentes eléctricos. Esto se expresa como un nivel SIL.

A la vez, junto con la norma IEC 62061, se crea la norma estándar ISO 13849 para las piezas y componentes mecánicos. Este estándar se aplica desde el punto de vista mecánico a la fiabilidad de los componentes para cada uno de ellos, en vez de al conjunto. Este estándar permite determinar la categoría y el PL (nivel de rendimiento) de un componente. A diferencia de otros sistemas, los componentes no pueden categorizarse dentro de un nivel SIL.

#### **Frenos dobles**

El uso de frenos dobles es un punto que está cuestionado. Si un motor genera el doble de coeficiente de trabajo (NPR 8020-10 y D8+), esto quiere decir que todos los ajustes, incluyendo los que pertenecen al embrague deslizante y al freno, se incrementa por un factor de 2 con respecto a la carga operativa.

Colocar 2 frenos en el mismo eje solo supondría una ventaja si uno de los frenos fallase. La cuestión es,

¿qué pasaría si se rompiera el eje, o si uno de los frenos dejara de funcionar? ¡No se notaría ningún cambio y sin embargo se seguiría pensando que se trabajaba seguro! La exigencia de frenos dobles deriva de la normativa alemana tal como se recoge por la DGUV y por el estándar de teatros DIN 56950-1.

### Eslingado secundario

¿Qué ocurre si no tengo un motor que cumple con los estándares citados? ¿Estoy obligado a dejar colgado mi peso muerto, o tengo que añadir otro dispositivo de eslingado? La ausencia de regulación específica para la mayoría de países significa que este punto no está claro. Sin embargo, se puede decir que un motor que se utiliza para elevar un sistema de techo debe estar liberado de carga en todo momento. En el contexto de colgar una construcción truss, ajustar un peso muerto a menudo implica riesgos severos que no se justifican con el incremento de seguridad general.

Puentear un motor usando un embrague de cadena es un método nada recomendable.

### Inspección visual y comprobación

Tal como ocurre con otro equipo y maquinaria, la adecuación de un motor debe verificarse siempre antes de su uso. Esta verificación se realiza normalmente de forma visual. Si se usa un motor durante un largo período de tiempo en un entorno peligroso, se debe verificar (inspeccionar) por parte de una persona competente, de acuerdo con las instrucciones del proveedor. Algún ejemplo de tales situaciones sería un uso prolongado en exteriores, uso durante la lluvia, uso en las cercanías de agua salada o en un entorno arenoso. Las inspecciones deben realizarse con la frecuencia necesaria.

Cada motor eléctrico debe verificarse al menos una vez al año. Las pruebas e inspecciones las debe realizar una persona competente. La persona que solicita la prueba/inspección es responsable de asegurar que la persona o empresa que realiza las pruebas es competente. Por eso, en la mayoría de países, los materiales de eslingado y elevación, como los que se usan en la industria del espectáculo, se pueden inspeccionar y verificar por una «persona competente». No se deje confundir por alguien que diga que el trabajo lo debe realizar un «organismo acreditado o notificado».

Sin embargo, normalmente se necesita un organismo

notificado para inspeccionar grúas y ascensores de pasajeros.

### Factor de servicio

Los motores se clasifican con lo que se conoce como factor de servicio. El tiempo de operación y los inicios y paradas (indicados en porcentajes de una hora) indican durante cuánto tiempo se puede usar un motor con carga completa. Una clasificación 2m indica que un motor tiene un 40% de tiempo operativo, con un mínimo de 240 inicios y paradas cada hora. Esto quiere decir que un motor con una velocidad de elevación de 4 m/min puede elevarse a una distancia máxima, a plena carga, de  $4 \times (60 \times 40\%) = 96$  metros.

### Explicación y clasificación IP

EN 60529 detalla un sistema de clasificación internacional para la eficacia de sellado de aislamiento de equipos eléctricos contra la intrusión de cuerpos extraños (p. ej., herramientas, polvo, dedos) y de humedad. Este sistema de clasificación utiliza las letras «IP» («Protección de las entradas») seguido de dos y, a veces, tres dígitos. (Una «x» se usa para uno de los dígitos si hay solo una clase de protección; p. ej., IPx4, que trata únicamente de la resistencia a la humedad).

### Grados de protección: primer dígito

El primer dígito del código IP indica el grado en el que el equipo está protegido contra la entrada de cuerpos extraños en su interior.

0. Sin protección especial.

1. Protección contra una parte grande del cuerpo, como una mano, o contra un objeto sólido con un diámetro superior a 50 mm.
2. Protección contra los dedos u otros objetos menores de 80 mm de longitud y 12 mm de diámetro.
3. Protección contra la entrada de herramientas, cables, etc. con un diámetro de grosor superior a 1,0 mm.
4. Protección contra la entrada de objetos sólidos con un diámetro o grosor a 1,0 mm.
5. Protección contra la cantidad de polvo que podría afectar el funcionamiento del equipo.
6. Protección contra el polvo.

### Grados de protección: segundo dígito

El segundo dígito indica el grado de protección del equipo en su interior contra los efectos nocivos de varias formas de humedad (p. ej., goteo, agua rociada, sumersión, etc.)

0. Sin protección especial.

1. Protección contra goteo de agua.

2. Protección contra goteo vertical de agua.

3. Protección contra agua rociada.

4. Protección contra agua salpicada.

5. Protección contra agua proyectada con una boquilla.

Los motores se utilizan en exteriores a menudo, por ejemplo, en los festivales o eventos al aire libre. Los motores Prolift cumplen con la clase de protección IP54. La clasificación 4 indica que un motor se ha fabricado con IP54 y no es adecuado su uso bajo lluvia torrencial. El motor debe estar protegido en todo momento con una cubierta cuando se usa en exteriores.

### WLL frente a SWL

El límite de carga de trabajo es la capacidad del equipo de elevación de elevar herramientas. SWL es la carga operativa de un sistema de equipo de elevación y de herramientas de elevación.

### Ejemplo:

Un módulo truss H30V con una longitud de 4 metros está suspendida de dos motores de 500 kg. La WLL del motor es por tanto de 500 kg. El módulo truss H30V con una longitud de 4 metros tiene una WLL de 1965 kg.

En este caso, la SWL es 2 veces la capacidad de elevación de los motores = 1000 kg - el peso propio del módulo truss = +/- 975 kg.

### Uso de motores en un sistema apoyado en el suelo

Un apoyo en el suelo eleva un dispositivo que puede izar una carga guiada a la altura deseada usando motores. En varios países se distingue entre levantar una carga libre y levantar cargas guiadas. En el caso de una carga guiada y, por tanto, en el caso de apoyo en el suelo, se debe tener en cuenta la fricción causada por la guía. Esta fricción depende del tipo de ruedas y la flacidez de la longitud entre los sleeveblock. Una norma general es que, si la carga se eleva usando más de dos motores, los motores deben usarse a un máximo del 75% de su capacidad. Prolite recomienda que se respete esta norma en el caso de usar sistemas apoyados en el suelo.



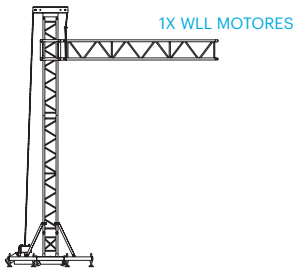
# 1. TRUSS

## Combinar motores en un sistema apoyado en el suelo

Se pueden usar dos métodos para combinar motores en un sistema apoyado en el suelo:

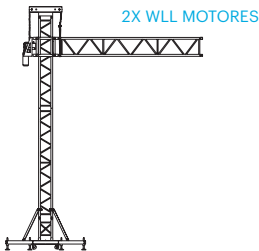
A. El motor se fija a la base y el gancho del motor se fija al módulo truss. La carga operativa del módulo truss será en ese caso igual a la carga de levantamiento del motor. Sin embargo, parte del propio peso de los módulos truss y de los sleeveblock se tiene que deducir.

### A. CAPACIDAD DE CARGA DEL MÓDULO TRUSS



B. El motor se fija al módulo truss y el gancho del motor se fija al sleeveblock. Esto dobla la capacidad de elevación, pero reduce a la mitad la velocidad de elevación. Aquí también se tiene que deducir el peso de la construcción truss de la capacidad de elevación para determinar la SWL de la construcción.

### B. CAPACIDAD DE CARGA DEL MÓDULO TRUSS



Es muy importante que el gancho del motor y el gancho del elevador estén alineados en la dirección de las fuerzas. No está permitido que la cadena elevadora tenga un recorrido en ángulo hacia el motor ni que se fije el gancho de carga en ángulo, por ejemplo, sobre el sleeveblock, porque esto ejercería una carga lateral sobre la carcasa del motor.

## Potencial de igualación eléctrico para los sistemas truss

El usuario tiene que garantizar que los sistemas truss que puedan desarrollar contacto de voltaje peligroso en caso de un fallo eléctrico estén conectados a un sistema de igualación de potencial común.

Esto se aplica a todos los elementos hechos de material conductor de electricidad sobre el que se coloque equipo, o esté fijado a ellos o por el que se hayan tendido cables que, en caso de resultar dañados, pudiesen establecer contacto eléctrico con piezas metálicas. Las conexiones pueden estar hechas con pinzas, abrazaderas de tubería, uniones atornilladas o conectores especiales de bloqueo de tubos.

El sistema de igualación de potencial común debe estar conectado a cada cable de tierra del sistema de alimentación eléctrica. Para longitudes de cable de hasta 50 metros, el valor considerado estándar para un grosor del cable es de 16 mm<sup>2</sup> de Cu. Para longitudes de cable de hasta 100 metros, el valor estándar es de 25 mm<sup>2</sup> Cu.

En los sistemas de torre truss, la conexión de igualación de potencial se puede hacer por medio de un punto de conexión de igualación de potencial suministrado por el fabricante en la base de la torre. Como las ruedas o rodillos que se usan en los sistemas de torre con «sleeveblocks» aíslan las partes móviles de la construcción truss, esta debe dotarse de una conexión de igualación de potencial separada.

Protección contra la caída de un rayo. Las instalaciones eléctricas de las estructuras temporales deben tener toma a tierra adecuada de acuerdo con los estándares normales. Se debe considerar el grado de exposición y la probabilidad de caída del rayo y, en donde corresponda, la propia estructura deberá estar aislada o con toma de tierra correcta. Para recibir el asesoramiento sobre la toma a tierra y la protección contra la caída de un rayo se deberá consultar con un ingeniero electricista.

En las construcciones apoyadas en el suelo, la red principal suele estar aislada de las torres porque se usan sleeveblock con fundas de plástico o de goma. De esta forma, la red principal debe tener una toma a tierra separada, por medio de un cable a tierra que descienda con los demás cables eléctricos.





# ¿A qué corresponde cada altura?

Foto: MF Group, Russia Day, Russia







### Altura de la torre

En Prolyte, la altura de la torre quiere decir la longitud de los módulos truss de la torre usados, ya que esta es la verdadera altura de trabajo del sistema. La «altura total de la torre» es importante al erigirla.

### Altura del gancho (cubierto por NPR 8020-13)

La altura del gancho a menudo es una parte importante de los datos de la parcela de aparejo. Este término se refiere a la distancia vertical entre el suelo del local y la altura necesaria del gancho superior. En una situación de «motor boca abajo», esto se refiere al gancho de la cadena. Las alturas del gancho necesarias son importantes cuando una red maestra es la parte principal sobre estas estructuras que deben aparejarse para el espectáculo. Las opciones de altura de gancho insuficientes en un local pueden provocar que se ajusten las distancias de desplazamiento programadas de los movimientos del motor, o incluso las posiciones enfocadas del equipo de iluminación automático sobre los módulos truss aparejados desde la red maestra. Dependiendo de la altura de las estructuras principales del local, la altura del gancho determinará el punto de conexión en la base de la abrazadera.

### Altura de corte

El término proviene del teatro, y se refiere a la altura en la que los instrumentos de iluminación están cortados de la visión por un borde textil negro. En la mayoría de los casos, esto será la distancia vertical entre una parte específica de un objeto (módulo truss, pieza fija, grupo de altavoces) y el suelo del local. Los diseñadores de iluminación se refieren casi siempre al lado inferior del módulo truss (o a una barra fly-bar en el teatro) en relación a la superficie del escenario, más que al suelo del local.

Los ingenieros de sonido adoptan otro punto de vista: algunos se refieren a sus altavoces superiores agrupados o alineados, otros se refieren al espacio entre los altavoces bajos y el suelo del local, que estará ocupado por la audiencia. Los diseñadores de decorados se refieren normalmente a la altura de la parte más baja del decorado que debe estar separada del escenario del teatro o del suelo del estudio para que quede oculto detrás del borde (telón negro horizontal), o para que queden separados de la vista para una sesión fotográfica.

Para el rigger, es importante obtener el tipo de información adecuado para poder preparar, planear y aparejar el espectáculo de forma segura y eficiente. Debe verificar las referencias de datos de altura de corte con el diseñador específico para el que está aparejando el equipo.

### Altura del módulo truss

Muy a menudo esto no tiene nada que ver con la operación de elevación, pero con la elevación del módulo truss en la sección transversal: los tipos de módulo truss X y H30V tienen una altura de 30 cm, y la altura del módulo truss S66V es de 66 cm.

#### Nota 1:

Ocasionalmente, el término «altura de módulo truss» se puede usar para el lado superior o inferior del módulo truss en su posición elevada, con un significado similar al de «altura de corte».

Igualmente, si los tubos superiores o inferiores no se han especificado, esto podría provocar que la torre apoyada en el suelo fuese un metro demasiado corta en el caso de que se planease usar módulos truss del tipo S100F o B100.

#### Nota 2:

La «altura de corte» también se usa en la industria del automóvil para indicar el espacio entre la carretera y cualquier pieza de la parte inferior del coche. Aquí, el término se define como «espacio del suelo».

### Holgura

Un término general referido a la distancia sin obstrucciones entre el (escenario) suelo y la parte más baja de la estructura de apoyo principal. Un término más adecuado sería «holgura del escenario» y «holgura del suelo».

#### Nota 1:

Los fabricantes como Prolyte proporcionan información/datos sobre «holgura» indicando la distancia desde el «sustrato» del suelo del local a la parte baja de los módulos truss del techo, dado que el objetivo o uso y la altura de un escenario posible se desconocen. Para los fabricantes de techos de exterior, la «holgura del suelo» podría ser un término más normal.

## 2. ¿A QUÉ CORRESPONDE CADA ALTURA?



Foto: Techo LT, Aku's Factory, Finlandia

### Nota 2:

En los teatros, la «holgura» puede indicar la distancia entre el suelo del escenario hasta la parte inferior de las barras fly-bar.

### Altura del techo

Esta expresión también se usa en al menos dos sentidos diferentes:

- A. Como la distancia entre el suelo del local y la parte más baja de la estructura de soporte principal: también conocida como «altura de vigas» y, por tanto, casi sinónimo de «holgura».
- B. La distancia entre la parte más baja y la parte más alta de las estructuras de soporte principal, a las que también se llama «altura estructural del techo».

### Nota:

Los ingenieros estructurales se refieren a las vigas como el mismo centro de la sección transversal, mientras que en el «aparejado», la tendencia es referirse a las distancias externas. La última dimensión es importante liberar el gancho de la cadena de la viga inferior si la viga del tubo superior está envuelta. La cadena debe poder rotar libremente e inclinarse, mientras que cargar el gancho en un una brida de la viga inferior se debe evitar en cualquier caso.

### Altura de la abrazadera

Es la distancia vertical desde la parte superior de la altura del gancho (ver: altura del gancho) en la ubicación en la estructura donde los puntos de anclaje están fijos.

### Nota:

La altura de la abrazadera es importante porque, en combinación con la distancia horizontal a los puntos de anclaje de la estructura principal, las longitudes de las patas de la abrazadera se pueden calcular usando la ecuación de Pitágoras.

A black and white photograph of a construction site. In the foreground, several workers wearing hard hats and safety harnesses are working on a complex metal structure. One worker in the center is wearing a striped shirt and a hard hat with 'Estimotec 2-125' written on it. To the right, another worker is wearing a hard hat with 'Estimotec' on it. The structure consists of numerous vertical and horizontal metal beams, some of which are being hoisted by chains and pulleys. In the background, more workers are visible on different levels of the structure. The sky is clear with some clouds, and mountains are visible in the distance. The overall scene is one of active construction.

# Techos Prolyte y estructuras exteriores

Foto: Techo XXL, PROMontaje, Venezuela

## 3. TECHOS PROLYTE Y ESTRUCTURAS EXTERIORES

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Las estructuras temporales de exterior se usan ampliamente en todo tipo de condiciones y circunstancias. Las estructuras exteriores temporales de Prolyte proporcionan un techo temporal sobre un escenario móvil. Este techo o estructura temporal cumple dos objetivos principales:

- Proporcionar protección de las influencias ambientales a las personas y al equipo.
- Proporcionar una estructura de apoyo para los equipos usados normalmente, como la iluminación, el sistema de sonido y el escenario.

#### Definición:

Donde el texto se refiere a «el cliente», se trata de varias partes implicadas en el uso, alquiler, arrendamiento o construcción de la estructura, dependiendo del uso previsto, el contexto y la responsabilidad derivada de las acciones mencionadas en el texto.

### 3.2 RESPONSABILIDADES PRINCIPALES

#### General

Los requisitos generales de salud y seguridad referidos a las estructuras desmontables coinciden con los de las estructuras permanentes: una estructura desmontable debe formar parte de un entorno sano y seguro para los usuarios y no debería generar riesgos para la salud y seguridad de los usuarios ni de todos los que participan en su instalación, mantenimiento o desmontaje.

#### Responsabilidades de los clientes, los propietarios del local y los organizadores del evento

La responsabilidad primaria sobre la seguridad de las personas que acuden al evento y de los usuarios de las estructuras temporales desmontables reside en el cliente.

El cliente no puede traspasar a terceros la responsabilidad por la seguridad. El cliente deberá asegurarse de que emplea a personas competentes para diseñar, suministrar y erigir las estructuras temporales desmontables. El cliente es responsable de asegurar la seguridad de los usuarios de estructuras temporales desmontables por medio de la gestión y control de los usuarios antes, durante y después del evento.

#### El cliente debe:

- Asegurarse de que se cumplen los requisitos de seguridad.
- Asegurarse de que los contratistas suministran planos de la instalación y cálculos complementarios, diseñan las cargas y cualquier resultado relevante de las pruebas.
- Nombrar a una persona competente como asesor cuando no se disponga de la experiencia técnica apropiada.
- Dar a las autoridades previo aviso adecuado sobre el uso propuesto de la estructura y cuándo estará accesible para su inspección.
- Disponer de procedimientos para afrontar condiciones climatológicas severas durante el evento, incluyendo vientos fuertes y lluvia intensa.
- Declaración escrita del método de instalación y desmontaje, incluyendo métodos para un apoyo equilibrado sobre el suelo, deberá estar listo por el contratista y entregado al cliente para su transmisión a todas las partes relevantes, incluyendo las autoridades locales, en caso necesario.

#### Responsabilidades de los diseñadores y contratistas

- Valorar todos los escenarios relevantes para confirmar que se ha considerado el riesgo de accidentes.
- En todos los casos se deberá completar una evaluación de riesgos.
- Proporcionar evidencia de su competencia.
- Realizar una comprobación final independiente por parte de una persona competente, una vez que se haya erigido la estructura.

### 3.3 PELIGROS Y RIESGOS RELATIVOS A LAS ESTRUCTURAS DESMONTABLES

#### Peligros

El público espera seguridad en su entorno habitual y no considera los riesgos que puedan existir. Los peligros se definen normalmente como circunstancias que tienen el potencial de causar daños. Un riesgo se define como la probabilidad de que se produzca el peligro. El proceso de evaluar peligros y riesgos aborda las siguientes preguntas: ¿Qué pasaría si...? ¿Qué probabilidad hay de que...? ¿Cuáles serían las posibles consecuencias de...?





### **Peligros durante la instalación y el desmontaje**

Los peligros causados durante la instalación pueden ser el resultado de factores como un error humano, la presión de tiempo, iluminación no adecuada, operadores cansados y errores en el funcionamiento del equipo. Si no se detectan, esos peligros pueden causar lesiones a los operadores que instalan las estructuras y a sus usuarios.

Los peligros también pueden aparecer durante el desmontaje. Los peligros principales para la seguridad durante la instalación y el desmontaje incluyen:

- Incumplimiento de la documentación de diseño y configuración.
- Incumplimiento de las buenas prácticas.
- Fallos de electricidad o de equipo.
- Eventos externos, como incendios, explosiones, impacto de vehículos, viento, nieve, terremoto.
- Caída desde las alturas.

### **Peligros operativos**

Cuando se ha completado la configuración y se abren las instalaciones para los usuarios, existe un conjunto diferente de peligros. Si la instalación se ha diseñado y erigido correctamente, estos peligros serán normalmente el resultado de influencias externas. La planificación previa en cada paso minimizará sus efectos. Los peligros operativos principales incluyen:

#### **Estructurales:**

- Sobrecarga, fallo estructural o colapso.

#### **Impacto de vehículos:**

- Eventos externos extremos, como inundaciones, viento, nieve, terremotos, caídas de rayos.
- Daños estructurales por cualquier causa.

#### **Comportamiento de la multitud:**

- Exceso de aforo.
- Vandalismo o comportamiento criminal violento.
- Entusiasmo, manifestaciones o incitación de una multitud; fuego o explosión.
- Pérdida de electricidad que provoca el fallo de los sistemas.
- Derrame de sustancias peligrosas.
- Emergencias médicas.
- Accidentes.

### **Evaluación de riesgos**

Todos los empleadores deben realizar una evaluación de riesgos para identificar los peligros y riesgos presentes en el tipo de trabajo que podría provocar lesiones a los que actúan, a los empleados o al público. Los autónomos también están obligados a realizar una evaluación de sus prácticas de trabajo.

Cuando se realicen cambios significativos a los procedimientos de trabajo, se tendrán que revisar dichas evaluaciones.

Los riesgos asociados con cualquier peligro dado dependen de varios factores:

- La probabilidad de que ocurra un incidente y una serie de eventos secundarios.
- La efectividad de las medidas de protección contra los peligros y de controlar un accidente.
- Las consecuencias directas si ocurre un incidente y las consecuencias indirectas posteriores.

## **3.4 SUMINISTRO Y USO**

### **Especificación de los requisitos**

El cliente debería proporcionar al contratista las características técnicas de los requisitos por escrito correspondientes a la estructura desmontable.

### **Lista de verificación de la información**

La información proporcionada por el cliente podría incluir, entre otros detalles, lo siguiente:

- Lugar del evento y ubicación de la estructura desmontable en el sitio.
- Tipo y detalles del evento, p. ej., deportes, teatro, festival, conferencia, concierto.
- Programa para el suministro de la estructura, p. ej., fecha en la que deben estar disponibles los cálculos estructurales y los planos para su comentario, plazo de instalación, cualquier límite de horas de trabajo.
- Tipo de estructura necesaria, p. ej., tribuna, marquesina, escenario; con o sin techo.
- Tamaño y peso del equipo que debe soportar el escenario y techo (en su caso).
- Alojamiento necesario sobre y dentro de la estructura, p. ej., superficie del suelo, número de asientos, líneas de visión, acceso a la estructura escénica.
- Rutas de acceso del público al lugar; tiempo de evacuación del público durante el evento.

### 3. TECHOS PROLYTE Y ESTRUCTURAS EXTERIORES

- Acceso al lugar para la instalación y desmontaje.
- Condiciones del suelo, p. ej., liso o irregular, soporte firme, suelo blando.
- Contactos de la autoridad competente (control de edificios, oficiales de salud e incendios) para verificar los requisitos de licencia y aprobación.
- Factores de riesgo de incendios.

#### Lista de verificación del administrador

Los siguientes requisitos ayudarán a garantizar que las estructuras temporales desmontables se suministran y usan de forma eficiente y segura:

- Responsabilidad del diseño y la instalación de la estructura y de su apoyo reside en el contratista.

La instalación y el desmontaje deberán realizarlo las personas con una formación y experiencia adecuada. El diseño de los cálculos y planos o un tipo de aprobación junto con la comprobación de diseño independiente se deberá remitir al cliente o a su agente.

- La estructura tendrá que diseñarse por personas competentes que usen principios de ingeniería aceptados y deberán cumplir con todos los estándares y documentos de directrices relevantes, así como con los requisitos de especificación.
- Cualquier alteración deberá atenerse a una verificación independiente adicional del diseño.
- El contratista y el organizador del evento deberá poder proporcionar prueba de cobertura de seguro de responsabilidad pública.
- La estructura y sus bases deberán estar protegidas de tráfico de vehículos, cuando sea necesario.
- Una vez erigida, la estructura debería estar sujeta a una comprobación de instalación documentada por parte de una persona competente.
- La estructura deberá mantenerse para cumplir con su uso en todos los momentos adecuados.
- El cliente deberá realizar u organizar que terceros realicen inspecciones periódicas y requerirán al contratista o a otra persona competente que lleve a cabo reparaciones adecuadas y trabajos de reparación según sea necesario.

#### Cumplimiento con las normativas

El cliente siempre es responsable de contactar a las autoridades competentes para informarles de las propuestas de estructuras temporales, y de obtener asesoramiento sobre la responsabilidad relativa a cualquier cumplimiento, certificado, licencia o permiso requerido, así como sobre cualquier normativa local especial que pueda ser aplicable. Cuando un evento necesita licencia, la autoridad competente verificará los cálculos y diseños. Al solicitar la licencia para un evento, el cliente tendrá que notificar a la autoridad competente sobre qué contratista(s) proporcionarán las estructuras. La autoridad competente solicitará al cliente la información técnica necesaria.

El cliente es el responsable de proporcionar la información técnica solicitada por la autoridad competente puntualmente antes de iniciar la instalación. Las autoridades competentes deberían elevar cualquier consulta sobre el diseño con tiempo suficiente antes de erigir la estructura para dar tiempo suficiente al contratista para solucionar cualquier problema. Esto es un requisito clave para la evaluación de riesgos y la declaración del método.

La documentación del diseño y la información técnica debería generalmente facilitarse al menos con 14 días de antelación a la instalación y la autoridad competente debería responder por escrito al menos 7 días antes del inicio de la instalación. Sin embargo, por su naturaleza, las estructuras temporales deben proporcionarse a menudo con un preaviso corto. No es inusual realizar una solicitud, realizar el pedido y erigir la estructura, así como celebrar el evento y despejar el lugar todo en menos de una semana.

La autoridad competente también podría querer inspeccionar la estructura durante o tras su instalación, para verificar que su construcción cumple con los detalles autorizados, que no obstruye ninguna ruta de salida y que, en la medida de lo razonablemente realizable, no se presta a un mal uso por parte del público.

ESCALA BEAUFORT						
FUERZA DEL VIENTO [BEAUFORT]	VELOCIDAD DEL VIENTO [m/s <sup>2</sup> ]	VELOCIDAD DEL VIENTO km/h	VELOCIDAD DEL VIENTO MPH	PRESIÓN DEL VIENTO Q [kN/m <sup>2</sup> ]	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN SOBRE EL TERRENO
0	0-0.2	0 - 0.7	0 - 0.43	≈ 0	Calma	El humo se eleva verticalmente
1	0.3-1.5	0.8 - 5.4	0.5 - 3.36	≤ 0.001	Muy ligero	La dirección del viento se muestra por la dirección del humo, pero no por una veleta
2	1.6-3.3	5.5 - 11.8	3.37 - 7.33	≤ 0.007	Brisa ligera	Viento en la cara, susurro de hojas, veleta ordinaria movida por el viento
3	3.4-5.4	11.9 -19.4	7.34 - 12.05	≤ 0.02	Brisa suave	Viento en la cara, susurro de hojas, veleta ordinaria movida por el viento
4	5.5-7.9	19.5 - 28.4	12.06 - 17.65	≤ 0.04	Brisa suave	El viento levanta el polvo y los papeles sueltos, se mueven las ramas pequeñas
5	8.0-10.7	28.5 - 38.5	17.66 - 23.92	≤ 0.07	Brisa fresca	Los árboles pequeños y las hojas se mecen
6	10.8-13.8	28.6 - 49.7	23.93 - 30.88	≤ 0.12	Brisa fuerte	Las ramas grandes se mueven, los cables del telégrafo silban
7	13.9-17.1	49.8 - 61.6	30.89 - 38.28	≤ 0.18	Casi tempestad	Se mueven los árboles en su totalidad, es molesto caminar contra el viento
8	17.2-20.7	61.7 - 74.5	38.29 - 46.29	≤ 0.27	Tempestad	Se rompen las ramas de los árboles, cuesta caminar
9	20.8-24.4	74.6 - 87.8	46.30 - 54.56	≤ 0.37	Tempestad fuerte	Se producen daños estructurales ligeros, se arrancan tapas de chimenea y tejas
10	24.5-28.4	87.9 - 102.0	54.57 - 63.38	≤ 0.50	Tormenta	Se arrancan los árboles, daños estructurales considerables
11	28.3			0.50		
	28.5-32.6	102.1 - 117.4	63.39 - 72.95	≤ 0.67	Tormenta violenta	Daños extendidos
	35.8			0.80		
12	32.7-36.9	117.5 - 132.8	72.96 - 82.52	≤ 0.85	Huracán	Daños extendidos
≈13	42.0	151,2	94	110		
≈14	45.6	164,16	102	1.30		

$$q[\text{kN/m}^2] = V^2 / 1600$$

Presión del viento

$$V [\text{m/s}^2] = \sqrt{[\text{km/h}] / 3.6}$$

Velocidad del viento



## 3. TECHOS PROLYTE Y ESTRUCTURAS EXTERIORES

### 3.5 USO

#### Supervisión durante el evento

Los aspectos claves que deben tenerse en cuenta al planificar la supervisión durante un evento incluyen los siguientes:

- El coordinador de seguridad deberá hacer seguimiento del evento y actuar según sea necesario para verificar que las estructuras desmontables se usan según lo previsto y que no se pone en riesgo ni en peligro la seguridad.
- No se debe permitir el acceso de los usuarios a la estructura desmontable hasta que el coordinador de seguridad esté satisfecho de que se ha erigido correctamente y que cumple con todos los criterios del diseño.
- Ningún elemento estructural que forme parte de una estructura temporal desmontable deberá retirarse durante su uso.
- El número y distribución de usuarios para los que se ha diseñado la estructura no deberá superarse.
- El cliente deberá nombrar a suficientes vigilantes en cada estructura, para proteger a los espectadores.

#### Instalaciones eléctricas y protección contra la caída de un rayo

Las instalaciones eléctricas de las estructuras temporales deben tener toma a tierra adecuada de acuerdo con los estándares normales. Se debe considerar el grado de exposición y la probabilidad de caída de rayo y, en donde corresponda, la propia estructura deberá estar aislada o con toma de tierra correcta. Para recibir el asesoramiento sobre la toma a tierra y la protección contra la caída de rayo se deberá consultar con un ingeniero electricista.

En las construcciones apoyadas en el suelo, la red principal suele estar aislada de las torres porque se usan sleeveblock con ruedas de plástico o de goma. Así pues, la red principal deberá tener una toma a tierra separada

### 3.6 CONDICIONES DEL SUELO Y DEL LUGAR

La presión de carga permitida sobre el suelo es la presión que se le puede aplicar de forma segura.

El tipo y estabilidad del sustrato tienen una importancia significativa para la presión de carga permitida. Se deberá tener particular cuidado con:

- Las condiciones del suelo después de fuertes lluvias.
- Superficies congeladas o resacas.
- Soportes duros bituminosos, de hormigón o similar,

su grosor y tipo de material que los soporta son críticos para la capacidad de soportar cargas de la superficie.

#### Tablas/distribuidores de madera

El método normal de apoyar estructuras temporales desmontables es colocar distribuidores de madera en el suelo y luego utilizar scaffolding screwjack con placas de suelo para equilibrar la estructura. Las placas base de alta resistencia especiales se usan a veces para las estructuras temporales desmontables; son mayores, más rígidas y fuertes que los andamios convencionales.

La experiencia demuestra que los distribuidores de madera se pueden colocar directamente sobre superficies con hierba siempre que el suelo tenga la capacidad de carga adecuada. Sin embargo, cuando las estructuras se colocan sobre rampas de hierba, el suelo superficial debe excavar localmente para aportar una base horizontal debajo del distribuidor. Las placas base y los distribuidores deben diseñarse y su tamaño y distribución no se debe dejar al azar. Los cálculos del diseño se deben preparar para mostrar cómo las cargas de las patas se transfieren al suelo. La experiencia ha demostrado que el uso tanto de tablas de andamio como de traviesas de tren son generalmente satisfactorios.

Se debe asumir que las cargas concentradas sobre las placas base se distribuye por medio de distribuidores de madera en 2 horizontales y 1 vertical a lo largo del grano y 1 a 1 contra el grano, a menos que el cálculo indique lo contrario. Para cargas pesadas sobre las patas, podría ser necesario añadir una base de parrilla de madera. El contratista debería inspeccionar las placas base antes de usarlas para ver que no están dañadas.

Se deben colocar centrados bajo las cargas a menos que se indique lo contrario en la documentación del diseño. Si se incumple este requisito se pueden generar tensiones de carga muy superiores a los valores calculados, provocando sobrecarga en el suelo y un ajuste diferenciado de la estructura inaceptable.

#### Anclajes de suelo

Existen varios tipos de anclajes de suelo propietarios. Los fabricantes de anclajes de suelo normalmente proporcionan datos sobre cargas de trabajo seguras para varios tipos de suelo. Se debe tener en cuenta que estas cargas permitidas varían considerablemente.

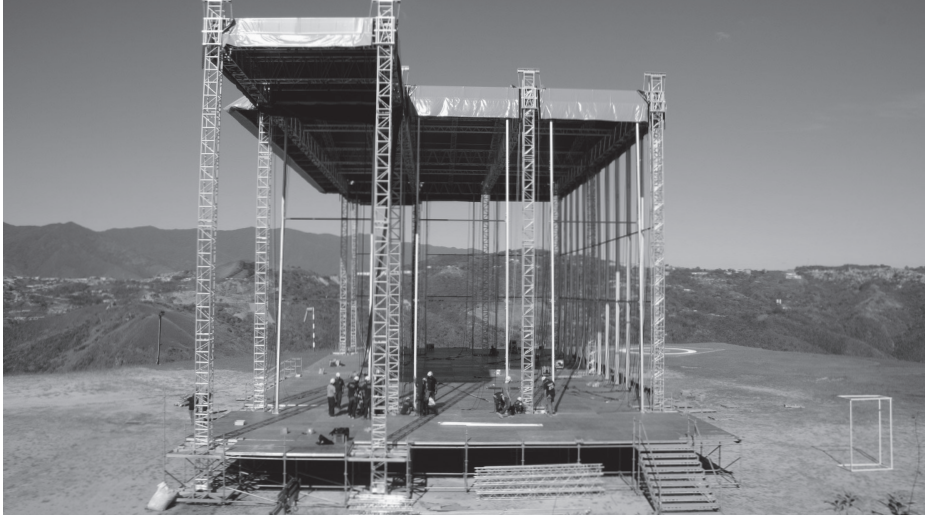


Foto: Techo XXL, PROMontaje, Venezuela

Los anclajes de suelo deben diseñarse por una persona competente e instalarse de acuerdo con las indicaciones y recomendaciones del fabricante. Los anclajes de suelo son difíciles de instalar con precisión. Esto puede provocar excentricidades y crear momentos de flexión en la estructura o en su fundamento que deberá tenerse en cuenta durante el diseño.

#### **Suelo inclinado**

En general, no se recomienda construir estructuras temporales como sistemas de techo en suelo irregular, debido al hecho de que pueden provocar dificultades de instalación, así como inestabilidad en la estructura durante la instalación o el desmontaje. Si el suelo está en rampa o es irregular, será necesario alisar o erigir una estructura que pueda modificarse para tratar con la irregularidad. Cuando el suelo no está nivelado o casi nivelado y la base de apoyo para la estructura no se puede colocar en ángulo, se deberá facilitar una base lisa.

Esto se puede hacer bien cortando escalones en el suelo o colocando traviesas de madera para igualar la rampa con bloques de madera, con forma adecuada para compensar la rampa y fijadas a las traviesas para formar una base individual para cada cuesta. Se debe tener en cuenta que la capacidad de carga de las bases sobre un escalón se reduce proporcionalmente a la inclinación del suelo circundante. Esta reducción debe considerarse en el diseño. Una persona competente deberá comprobar además la estabilidad del

suelo inclinado.

#### **3.7 CONDICIONES DE VIENTO**

La influencia del viento en una estructura temporal desmontable es uno de los mayores peligros. Por lo tanto, es de importancia primordial que se apliquen todas las medidas mencionadas en el informe estático. La omisión no pericial de lastre, cables tensores u otros componentes de construcción pueden tener consecuencias graves para la seguridad de todas las personas implicadas.

Al usar una estructura temporal desmontable, se recomienda consultar las noticias locales o sitios web aplicables diariamente y se deben tomar precauciones en caso necesario. Es admisible reducir las cargas de viento en estructuras temporales desmontables y las marquesinas y las mallas se pueden desmontar en un cierto plazo de tiempo; entre 10 y 15 minutos parece un plazo adecuado. En general, estas precauciones se toman para los vientos a una velocidad superior a 20 m/s / 74 km/h / 46 mph. La velocidad del viento debe medirse a una altura de 10 m por encima del nivel del suelo o, al menos, en el punto más alto de la estructura.

#### **Uso de malla**

El uso de malla permeable para cada estructura de exterior requiere una atención especial. A menudo, la permeabilidad se expresa como porcentaje relacionado con la transmisión

## 3. TECHOS PROLYTE Y ESTRUCTURAS EXTERIORES

de la luz.

Se debe notar que esto no es lo mismo que la permeabilidad del viento. La malla deberá suministrarse con un número de CF (resistencia aerodinámica) para la permeabilidad. El tipo de tejido, su estructura y el tamaño de sus huecos determina este factor. En la práctica, esto implica que la malla puede parecer abierta, pero no serlo con respecto al viento. Las mallas acústicas especiales están disponibles para alas de sonido. La mayoría de mallas «estándar» deforman dramáticamente el sonido y dejan pasar el viento.

### 3.8 CONFIGURACIÓN, INSPECCIÓN Y DESMONTAJE

#### Preparación

Las etapas de configuración crítica para las estructuras temporales desmontables se deben identificar durante el proceso de diseño. Para asegurar que se han tomado medidas adecuadas contra el volcado durante la instalación, el apuntalamiento o la aplicación de tensores podría ser necesario; tales requisitos deberán comunicarse adecuadamente a los operarios del lugar.

#### Seguridad en el lugar de trabajo

La estructura deberá erigirse de forma segura de acuerdo con los manuales y diseños suministrados. Todas las repisas de Kent, tensores temporales y otros medios de apoyo temporal identificados en el manual deberán instalarse adecuadamente para asegurar la seguridad de los operadores. Todos los trabajos en altura deben valorarse por completo y ejecutarse de acuerdo con los requisitos locales o internacionales. Se debe tener cuidado de usar los componentes correctos en el lugar y orientación adecuados.

Todos los componentes deben alinearse con cuidado. No deberán estar torcidos, distorsionados o alterados de otra forma para forzar su ajuste. Se debe prestar especial atención a la ligereza de las conexiones. El momento aplicado a los pernos y a otros conectores deberá corresponder a las recomendaciones del fabricante. Se deberá tener cuidado de asegurar que todas las bridas y abrazaderas especificadas se han instalado correctamente. Las alteraciones o adaptaciones sobre el terreno sobre el diseño específico no deberán llevarse a cabo sin la verificación del diseñador.

#### Tensores y conexiones

Todos los tensores y otros componentes necesarios deberán incorporarse a medida que progresa el montaje. Los tensores deben colocarse para proporcionar estabilidad en todas las etapas de la instalación. Se deberá realizar una comprobación para garantizar que se han hecho las conexiones necesarias y que los componentes de conexión no se han forzado para conseguir su unión. Se podría producir una inestabilidad local que pudiese poner en peligro la estructura completa al realizar la carga en caso de omitir o no apretar un perno. Se debe enfatizar constantemente la importancia de prestar atención a los detalles.

#### Seguridad de los operativos

Se recomienda seguir las directrices para la seguridad de los operarios que participan en el trabajo de construcción. Donde corresponda se deberá utilizar equipo de protección individual, incluyendo equipo para detener caídas. En el diseño se deben identificar los puntos de anclaje adecuados.

#### Inspección de las estructuras

La inspección es esencial para mantener la seguridad e integridad de una estructura desmontable. Es obligatorio realizar inspecciones en varias etapas y principalmente son la responsabilidad del contratista. El cliente, el coordinador de seguridad y las autoridades locales también pueden realizar inspecciones. El contratista debería realizar inspecciones periódicas durante la instalación para verificar los supuestos de diseño y comprobar que se está realizando el trabajo de acuerdo con la documentación recibida. La inspección inicial debería concentrarse en la presentación y preparación del lugar. Las inspecciones siguientes deberían comprobar la orientación y ubicación de los componentes, en especial los miembros del truss, el uso de soportes temporales y la instalación adecuada de los conectores, acopladores y ajustes correctos.

Se deberán documentar todos los trabajos de inspección. Se deberá hacer referencia específica a las medidas correctoras identificadas según sea necesario, y a las fechas acordadas para realizar dichas tareas. El contratista deberá ejecutar cualquier trabajo de reparación considerado necesario en esas inspecciones, a menos que pueda presentar evidencia documental de que la situación tal como se ha instalado es segura.



### Autoridades locales

En el caso que se precise una licencia municipal, el inspector de la autoridad local deberá recibir un conjunto completo de documentación sobre el montaje de la estructura temporal, y podrá inspeccionarla en cualquier momento. Tal inspección considerará especialmente la preparación del sitio y la estructura finalizada. El inspector también podrá solicitar copias de cualquier documentación formal de inspecciones previas.

### Comprobación de la configuración

Una vez configurada, la estructura debería estar sujeta a una comprobación de instalación por parte de una persona competente. A la inspección seguirá un control local sistemático de toda la estructura. Deberá tenerse un plano y una lista de comprobación disponibles como referencia continua. La inspección deberá comprobar que:

- La presentación es precisa con la tolerancia requerida.
- Los cimientos son adecuados, no es probable que se vean afectados y que la parte inferior de la estructura de apoyo no sufrirá daños por interferencias, accidentes, tráfico, limpieza, desgaste u otra causa.
- Se han proporcionado placas base o distribuidores adecuados, están nivelados correctamente y están bien sujetos.
- Las placas base o distribuidores se han asentado correctamente y no tienen un ajuste inaceptable.
- Los elementos están colocados y conectados correctamente.
- No se han superado los límites de extensión de los componentes ajustables estipulados.
- Todos los componentes necesarios, incluyendo pasadores, pernos, tuercas, pinzas, etc., son de tipo correcto, se han insertado bien y están fijos.
- Las cubiertas, asientos y barandillas se han instalado correctamente y están fijas.
- El cuidado de la estructura no crea por sí mismo un peligro o añade cargas no consideradas en el diseño.
- Al finalizar una inspección satisfactoria, se deberá informar al cliente y emitir la confirmación por escrito. Una vez que la estructura se haya completado e inspeccionado, deberá protegerse para evitar vandalismo.

Se deberán tomar medidas para evitar acceso no autorizado debajo de la estructura temporal. Se recomienda que una persona competente inspeccione

cada estructura mientras se usa, dependiendo la frecuencia de las inspecciones de la naturaleza del evento. Si la estructura permanece en uso durante mucho tiempo (p. ej., para una serie de conciertos en un festival), se deberá inspeccionar antes de cada uso.

### Desmontaje

El proceso de desmontaje de una estructura desmontable es importante ya que es probable que sus componentes se vuelvan a utilizar. Se deberá tener cuidado de mantener la seguridad del equipo de desmontaje y de otras personas cercanas.

Cualquier tensor temporal usado para erigir la estructura tendrá que desmontarse.

Esto deberá evitar que los componentes se tuerzan, distorsionen o sufran excesiva tensión durante el desmontaje.

Durante su uso, se podrían haber producido daños menores a la estructura, y los componentes dañados deberán haberse marcado previamente para facilitar su identificación durante el desmontaje.

El contratista deberá examinar todos los componentes en ese momento para identificar señales de desgaste, deformación u otros daños. Los componentes dañados o los que tengan reparaciones temporales, deberán separarse para desecharlos o para su reparación permanente en el taller.



## 3. TECHOS PROLYTE Y ESTRUCTURAS EXTERIORES

### Inspección de los componentes

El uso repetido de estructuras desmontables inevitablemente provocará desgaste y daños, además de los daños o distorsiones que puedan ocurrir durante el manejo, transporte, instalación y desmontaje. El contratista deberá inspeccionar periódicamente todos los componentes utilizados en las estructuras desmontables, incluyendo las ayudas para la instalación y los propios componentes de la estructura, para detectar señales de desgaste, deformación u otros daños.

Tales inspecciones deberán realizarse en las etapas siguientes:

- Cuando se asignan en el almacén.
- Al llegar al lugar o en la descarga.
- Durante el montaje.
- Mientras se usan.
- Durante el desmontaje.
- Al llegar de vuelta al almacén.

### Los daños típicos incluyen:

Tubos y componentes prefabricados:

- Corrosión, grietas, deformación, arrugas, puntas abiertas, terminaciones no planas o cuadradas, integridad de las soldaduras.

### Conectores, acopladores y ajustes:

- Deformación, distorsión, roscas dañadas.

Consultar los criterios específicos de rechazo para los componentes suministrados por el fabricante.

## 3.9 IDENTIFICACIÓN

### Componentes de la estructura

Todos los módulos truss, torres y componentes Prolyte están marcados individualmente y se pueden identificar por una etiqueta de producción. Verificar que el producto dispone de dichas etiquetas. Los planos generales muestran dónde se coloca cada componente en la construcción.

### Canopies

Los canopies de Prolyte generalmente están hechos de PVC ignífugo. Las marcas de identificación están selladas en el material e impresas en la etiqueta. Bajo pedido tenemos disponibles los certificados para diferentes países.

## 3.10 MONTAJE

### Canopy

Se deberá evitar el exceso de tensión pues reduce drásticamente la vida útil del canopy y puede crear tensión excesiva en los módulos truss de la red principal.

### Lastre

Un lastre es el peso adicional necesario para mantener la estructura en su sitio y para asegurarla contra la fuerza del viento, ráfagas, deslizamiento u otros peligros. El peso necesario puede variar para cada torre. Para obtener una lista de todo el lastre necesario, ver el informe estructural.

A la vista de los varios métodos de aplicación del lastre, así como de las restricciones legales locales, no se muestran los tipos de peso específicos en los planos. Sin embargo, el peso del lastre en la base de las torres es esencial para asegurar la estabilidad y seguridad del sistema, y particularmente para limitar las condiciones climáticas (¡viento!).

El peso de una construcción o escenario intermedio e interconectado se puede deducir del lastre de carga necesario, siempre que el escenario pueda soportar las fuerzas horizontales, tal como se especifica en el informe estructural. Además, el escenario deberá funcionar como una plataforma sólida única, es decir, que todo el escenario debería levantarse si se levanta en cualquier ángulo. El proveedor del escenario deberá verificar estos requisitos.

### Elevación

La integridad estructural de una estructura temporal desmontable solo se garantiza cuando está completamente construida, es decir, cuando todos los tensores están colocados y los lastres se han conectado. ¡La integridad no es la misma durante la elevación que durante el descenso!

Es importante tenerlo presente en todo momento. En general, las estructuras Prolyte se pueden elevar y bajar a una velocidad del viento máxima de 7,9 m/s (28,4 km/h o 17,6 mph).

Al elevar la estructura, una persona siempre deberá ser responsable de la operación de elevación y deberá haber un empleado vigilándola en cada punto de elevación. Verificar que hay buena visibilidad en todo momento.



Garantizar que la capacidad de elevación de su dispositivo es adecuada. Recomendamos tener al menos un 25% de margen en la capacidad. Una elevación desigual, fricción causada por los sleeveblocks o una distribución desigual de las cargas puede provocar que estas sean mayores de lo previsto.

#### **Uso de cabrestantes o motores**

Verificar que se guía el cable o cuerda del cabrestante se enrolla en el tambor de forma ordenado lado a lado, pues los cables giros de los cables cruzados pueden provocar daños y desgaste severo. Si se dañan los cables esto puede romper las hebras o incluso el cable completo haciendo que el sleeveblock caiga, con un riesgo de daños materiales, personales o incluso la muerte.

Al usar un motor, comprobar que la cadena no se tuerce en ningún momento. Verificar que todos los puntos se elevan de forma equilibrada y a la misma velocidad. Podría ser necesario realizar comprobaciones intermedias o paradas para evitar una elevación desigual de toda la estructura.

### **3.11 INSPECCIÓN**

#### **General**

Prolyte recomienda la realización de inspecciones documentadas cuidadosamente por parte de una persona competente, al menos una vez al año y más a menudo si las circunstancias o intensidad de uso lo requieren. ¡La responsabilidad de que las estructuras temporales desmontables se usen de forma segura es principalmente del propio cliente!

#### **Niveles de inspección**

Tanto los módulos truss nuevos como los usados deberán inspeccionarse en el momento de la compra (inspecciones iniciales). Se deberán realizar inspecciones visuales periódicas y mantener un registro de estas. Además, una persona competente deberá realizar inspecciones periódicas antes de cada uso y, al menos, una vez al año, de acuerdo con una rutina de inspección establecida por una persona competente. Los módulos truss sujetos a daños por accidente deberán inspeccionarse de acuerdo con los requisitos de las inspecciones periódicas.

#### **Instalaciones permanentes**

Las inspecciones permanentes deberán realizarse en todos los módulos truss que se han instalado de forma permanente en una configuración fija (no sujeta a movimiento). La frecuencia de las inspecciones deberá determinarse según las condiciones existentes. En el caso de módulos truss instalados en una configuración permanente, donde el movimiento del sistema truss forme parte integrante de su uso, se deberán realizar inspecciones cada tres meses, o de acuerdo con una rutina de inspección establecida por persona competente.

#### **Registros**

El propietario deberá mantener registro de las inspecciones iniciales y periódicas de cada módulo truss, que deberán contar con la fecha y firma del inspector.

#### **Reparaciones y retirada de servicio**

Si alguna parte de un módulo truss muestra daños visibles significativos o se sospecha que contiene algún elemento dañado (visible o no), este módulo truss deberá retirarse del servicio y marcarse de forma correspondiente. Una persona cualificada deberá realizar la evaluación del módulo truss. Cualquier módulo que tenga daños considerados irreparables deberá retirarse del uso de forma permanente. Las reparaciones deberán realizarlas y garantizarlas el fabricante o una persona cualificada.

#### **Cables y cadenas de acero**

Los criterios de inspección y mantenimiento de los motores, cabrestantes y otro equipo de rigging se reflejan en los manuales correspondientes.



# Artistas voladores



Foto: Space Roof, Interstage, Concert at Sea, Países Bajos

## 4. ELEVACIÓN DE PERSONAS



El movimiento vertical de las personas se hace normalmente con ascensores, elevadores, montacargas y plataformas de elevación. Las dos primeras instalaciones de transporte están orientadas a los requisitos para máquinas grandes con acceso abierto al público en general.

Las dos últimas instalaciones se pueden clasificar como equipo de trabajo para un grupo de personas selecto que debe recibir formación. Ambos tipos están regulados por una serie de requisitos de seguridad y normativas definidas claramente por la ley.

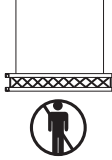
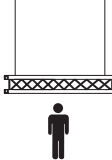
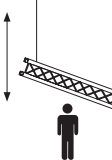
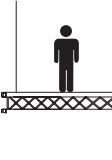
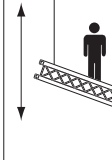
Sin embargo, si se trata de hacer un uso creativo de un movimiento de vuelo de una persona, apenas hay algún país en el mundo que tenga una regulación definida clara y correctamente. Para tales efectos especiales (usados en las películas, la televisión y el teatro) los sistemas de vuelo de personas especiales se desarrollaron para la tecnología de los espectáculos. A pesar de eso, esta forma de transportar personas se excluye de la directiva sobre maquinaria (2006/42/EG).

En el caso de personas elevadas por dispositivos no creados originalmente para ese propósito, los requisitos de la directiva sobre maquinaria son bastante claros:

duplicar el factor de seguridad. Generalmente, esto quiere decir que el factor de seguridad se ha de elevar de 5 a 10 o se ha de reducir la carga nominal (WLL) x 0,5. Esta prueba la puede aportar un fabricante, por ejemplo, por medio de pruebas diseñadas por el TÜV y la identificación posterior de los módulos truss.

Prolyte tiene pruebas diseñadas para todos los tipos de módulo truss. Se necesita un conocimiento muy detallado y especializado para los artistas voladores. Recomendamos encarecidamente trabajar únicamente con empresas especializadas en este tipo de proyectos. Además, un técnico debería comprobar concienzudamente todos los componentes de un sistema de vuelo y documentar el resultado de esas pruebas. Antes de poner en marcha tal sistema, se deberá realizar una prueba de sobrecarga y aceptación. Se debe realizar una evaluación de riesgos y los peligros para las personas deberán documentarse y aplicar medidas para prevenirlos. Además, se deberá diseñar un plan de emergencia viable, p. ej., en caso de que se corte la electricidad.

Recomendamos encarecidamente el código de práctica holandés NPR 8020-11 «Sistemas manuales de artistas voladores»

FACTOR DE SEGURIDAD	CARGA ESTÁTICA NINGUNA PERSONA DEBAJO DE LA CARGA	CARGA ESTÁTICA PERSONAS DEBAJO DE LA CARGA	CARGA DINÁMICA PERSONAS DEBAJO DE LA CARGA	CARGA ESTÁTICA PERSONAS SOBRE O UNIDAS A LA CARGA (A)	CARGA DINÁMICA PERSONAS SOBRE O UNIDAS A LA CARGA (C)
					
CARGA NOMINAL	✓				
0,5X CARGA NOMINAL O SUSPENSIÓN SECUNDARIA EQUIVALENTE		✓	✓	✓(b)	✓

A) Ejemplos: enfocar la iluminación desde el módulo truss, usar sillas o plataformas de seguimiento para el equipo técnico.

B) Las personas en la carga deben tomar precauciones contra el riesgo de caída desde las alturas.

Nota importante: Las consecuencias para la carga estática, como resultado de escalar por la construcción o la absorción de fuerzas como resultado del equipo de detención de caída debe tenerse en cuenta (EN 795)

C) Algunos ejemplos son: ballet, presentación de una plataforma de elevación, instalación para los artistas voladores, plataformas de trabajo



# **Equipo de seguridad personal en la industria del espectáculo**



Foto: Mammoth Ground Support, NeuroTech, China

En un entorno de trabajo, los empleados deben usar equipos de protección individual (PSE). Es un error pensar que solo las personas que están trabajando en altura o trabajando en un entorno arriesgado deben usar PSE. Todo el personal que entra la zona de trabajo debe usar PSE. Esto puede consistir en zapatos con suelas de goma y puntera de acero y casco. En muchos sitios de construcción es obligatorio llevar una chaqueta amarilla, diseñada para atraer más atención de otras personas que trabajan en la obra. Los artículos de PSE recomendados son los guantes, zapatos con puntera de acero, un chaleco amarillo y un casco.

Las empresas son responsables de comprobar que todos los elementos de PSE están disponibles localmente para cada empleado y asegurar que los empleos se ponen y usan este PSE. El empleado es el responsable de asumir el mínimo de riesgos durante su trabajo.

Por ejemplo, no estar nunca debajo de un sistema de techo o de una carga mientras se eleva.

Todo el PSE está sujeto a la regulación de la directiva europea sobre salud y seguridad. Además de esta directiva europea sobre salud y seguridad hay otras muchas regulaciones sobre equipo de seguridad personal, y cada regulación específica juega un papel en el entorno total de trabajo. Muchas de esas regulaciones tienen un ámbito local, lo que hace casi imposible mencionarlas todas. Las regulaciones más comunes se detallan a continuación.

### Trabajo en altura

El trabajo en altura (a más de 2,5 m) es muy común en la industria del espectáculo, por ejemplo, para enfocar iluminación o sustituir una bombilla fundida. En el caso de trabajar en altura, intentar realizar el trabajo sin escalar e intentar obtener acceso a la zona de trabajo usando plataformas de trabajo para reducir el riesgo que supone dicha tarea.

A veces, escalar es inevitable para alcanzar ciertas partes del techo o de la estructura de construcción. En cuyo caso se deberá llevar a cabo una valoración de riesgos propia e intentar encontrar una solución que minimice el riesgo.

### Equipo para escalar

Las regulaciones generales indican que a partir de una altura de trabajo de 2,5 metros, el empleado deberá

llevar el PSE adecuado, incluyendo un arnés de cuerpo completo. Las empresas están obligadas a proporcionar los PSE apropiados para sus empleados. El personal autónomo deberá proveerse de su propio PSE.

Para los riggers y técnicos de escalada, los elementos más importantes de su PSE son: arnés de cuerpo entero combinado con un amortiguador de choques y un sistema de detención de caídas. Hay muchos tipos de arnés en el mercado. Para los riggers y técnicos de escalada se recomienda un arnés de cuerpo entero, que consiste en un arnés de cuerpo entero y un arnés de asiento.

Las dos partes del arnés están unidas y por tanto diseñadas para distribuir las fuerzas de una caída por todo el cuerpo. La posición de suspensión tras una caída se calcula para maximizar las posibilidades de supervivencia. En combinación con un arnés de cuerpo entero, los riggers deberían usar también un sistema de detención de caída. El sistema de detención de caída debería estar ligado o bien al punto de eslingado delantero (pecho) o trasero (omoplatos). El amortiguador de choques adicional siempre deberá conectarse por encima de la cintura.

Recomendamos que el sistema de detención de caída esté ligado a un sistema de línea de supervivencia, que esté fijado a un edificio o estructura de techo en todo momento. Fijar el sistema de detención de caída a la estructura truss es una opción peligrosa ya que la mayoría de ellas no está diseñada para resistir las fuerzas adicionales provocadas por una caída libre.

### Sistema de detención de caída con amortiguador de choque

Una parte esencial del sistema de detención de caída es el amortiguador de choque. Este amortiguador de choque está diseñado para reducir la fuerza de la caída a un máximo de 600 kg. Sin el uso del amortiguador de choques, la fuerza causada por una caída libre puede incrementarse fácilmente hasta 25 veces el peso propio de la persona que cae, dependiendo de la longitud de la caída y de la fijación a la estructura. (Velocidad de caída =  $9,8 \text{ m/s}^2$ )

Cualquier movimiento elástico en la cuerda de eslingado o en la construcción puede reducir esa ratio, pero de una

forma limitada si se compara con un amortiguador de choque. La posibilidad de sobrevivir una caída sin arnés de cuerpo completo y sin un sistema de detención de caída es muy baja. Cualquier arnés de cuerpo entero debe cumplir con la norma EN 361 «equipo de seguridad personal contra las caídas». El amortiguador de choque deberá cumplir con el estándar EN 355.

### Equipo de posicionamiento

Además del sistema de detención de caída, también se recomienda el uso de equipo de posicionamiento. El equipo de posicionamiento normalmente consiste en una cuerda o eslinga combinada con un equipo especial de escalada como mosquetones o ganchos saflock (scaffold). El equipo de posicionamiento siempre deberá estar fijado al anillo del arnés de asiento y se usa sobre todo para colocarse en la posición de trabajo sin tener que usar las manos. Cuando el equipo de posicionamiento deja espacio para una caída superior al 0,5 metros, es obligatorio fijar el sistema de detención de caída y el amortiguador de choques.

Recomendamos dejar el sistema de detención de caída fijado en todo momento a la línea de supervivencia o al sistema del techo, pues reducirá el riesgo de que falle el equipo de posicionamiento. El punto de anclaje nunca deberá estar situado por debajo de la cintura de la persona que escala, para mantener la distancia de caída lo más corta posible. Cuando el punto de anclaje está fijado al módulo truss, este punto de anclaje siempre deberá estar sobre el tubo principal y en el punto nodal.

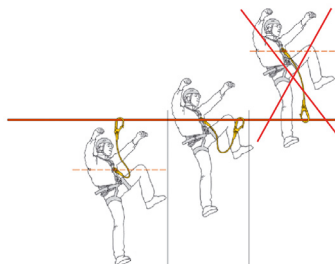
El uso de dos puntos de anclaje separados permite que esté sujeto a la estructura, incluso cuando se cambia de sitio uno de los ganchos de scaffold.

### Política de casco

El uso de casco es obligatorio en muchos lugares de construcción, así como para el personal que escala. Los cascos deberán cumplir con el estándar EN 397. Los cascos protegen la cabeza de lesiones producidas por objetos que caen y por el impacto de otros objetos durante la escalada o en caso de caída. Los cascos deben tener una cinta de fijación para evitar que se suelten durante la caída.

### Escalada de una estructura truss

Uno de los errores más comunes sobre escalar estructuras truss Prolyte es que la serie de módulos truss MPT no es adecuada para escalar, pero que la serie de uso intensivo sí lo es. Es importante ser consciente de que, en la mayoría de los casos, ninguna estructura truss es capaz de soportar las fuerzas de una caída libre. Recomendamos suspender el sistema de línea salvavidas del techo o de una estructura adicional y nunca de la propia red de truss, siempre que sea posible. Cuando pretenda escalar la plataforma truss, el peso del técnico deberá incluirse en el cálculo del sistema. No se trata solo del propio peso de la persona, sino de las fuerzas reactivas en una eventual caída, que suponen 600 kg en el peor de los casos: usualmente en el centro de un tramo libre.



Sistema de detención de caída con amortiguador de choque:

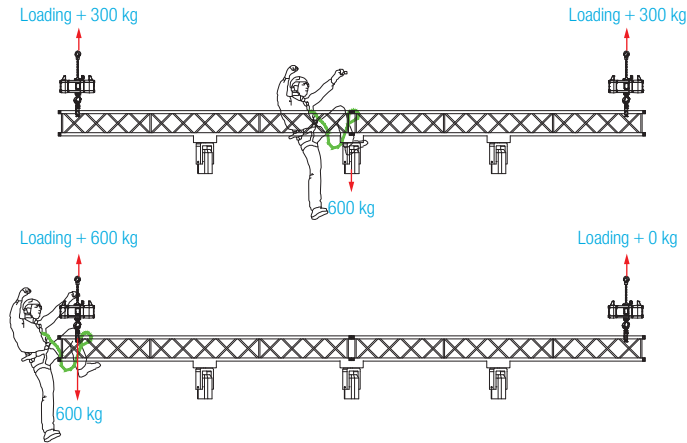


Línea de amortiguación de choque



### Ejemplo

Para un tramo sencillo apoyado en dos motores se debe determinar si el tramo de truss es capaz de soportar las fuerzas de reacción de un equipo suspendido del módulo truss además de 600 kg adicionales, resultantes de una caída libre (calculados como carga puntual). Los motores también tendrán que poder soportar la carga adicional resultante de 600 kg. Este sería el caso si se cae debajo de un punto de suspensión.



### Normativas

Las normativas más comunes se detallan a continuación.

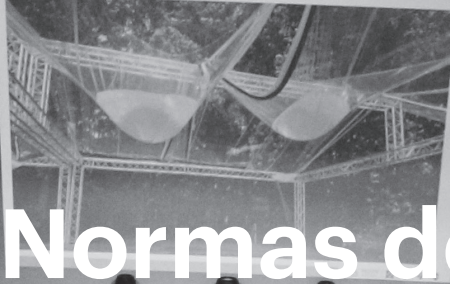
EN 361: 2002	Equipo de protección individual contra caídas desde altura: arnés de cuerpo entero.
EN 358: 2000	Equipo de protección individual para posicionamiento en el trabajo y prevención de caídas desde altura: Cinturones para posicionamiento de trabajo y sujeción y lanyards de posicionamiento en el trabajo.
EN 354: 2008 2 <sup>nd</sup> borrador en	Equipo de protección individual contra caídas desde altura: lanyard.
EN 355:2002 en	Equipo de protección individual contra caídas desde altura: amortiguadores de energía.
EN 813: 2005 2 <sup>nd</sup> borrador en	Equipo de protección individual contra caídas: arnés de asiento.
EN 360:2002 en	Equipo de protección individual contra caídas desde altura: retención contra caídas del tipo retráctil.
EN 363:2008 en	Equipo de protección individual: sistemas de protección personal contra caídas.
EN 795: 2003 borrador en	Protección contra caídas desde altura: dispositivos de anclaje: requisitos y pruebas.
EN 1868: 2003 borrador en	Equipo de protección individual contra caídas: definiciones y lista de términos equivalentes

- Versiones en borrador sustituyen estándares previos.

Forces acting on the truss



Environmental influences, rain loads



# Normas de aplicación



Nos gustaría aportar algunos consejos para el uso de módulos truss en la operativa diaria:

### Fecha de adquisición

Cargas por aplicar:

- Número de las cargas únicas y tramos diferentes como: focos, luces móviles, unidades de alimentación de energía, focos de seguimiento (incluyendo asiento y operador), cables, adaptadores, altavoces, soportes de altavoces, pantallas de proyección, proyectores, estructuras volantes, cortinas, decorados, etc.).
- Masa/peso de las cargas individuales.
- Cálculo de la carga total.
- Número y tipo de apoyos.
- Número y distancia de los puntos volantes y su capacidad de resistencia a la carga.
- Número y distancia de las columnas o puntos de rigging.

### Circunstancias locales:

- Acceso al lugar.
- Igualación de potencial.
- Medios de comunicación con los organizadores del evento y con las autoridades.
- Regulaciones locales especiales (p. ej., prohibición de materiales de trabajo especiales).

### Selección de los módulos truss adecuados

Primero se debe calcular la carga para cada tramo truss individual. Si la combinación de cargas distribuidas de forma uniforme y las cargas puntuales existen sobre un módulo truss, se deberá utilizar la fórmula correspondiente. Los valores de las cargas distribuidas de forma uniforme y las cargas puntuales no deben sumarse simplemente. El momento de flexión depende en gran medida de la posición de las cargas.

Nota importante: las lámparas distribuidas de forma uniforme sobre módulos truss se pueden considerar más o menos como cargas uniformes excepto los focos de seguimiento, que deben tratarse como cargas puntuales. Las cargas se comparan con los valores permitidos de acuerdo con las tablas de carga para los tipos de módulo truss correspondientes (los datos estructurales permitidos como el momento de flexión se pueden encontrar en los catálogos). Como siguiente paso, se determina el propio peso del tipo de módulo truss para esta aplicación.

El peso total se puede calcular a partir de la longitud del módulo truss (incluyendo todas las partes conectadas). El peso total es necesario más tarde para determinar las fuerzas de reacción en los apoyos.

### Apoyos múltiples

Primero se debe determinar cuántos apoyos serán necesarios para asegurar la seguridad adecuada del tramo truss si bien la carga es tan alta que el momento de flexión permitido se supera o si un tramo con dos soportes excede el valor de la tabla.

Las fuerzas de reacción se calculan a partir del propio peso de la estructura truss y de las cargas que se le imponen. Se deberá usar la fórmula correspondiente para módulos truss sobre dos soportes o para estructuras truss con más de dos soportes (estructuras truss con múltiples tramos). A continuación se calcula la capacidad de resistencia requerida del equipo de elevación basado en las fuerzas reactivas. Si las cargas se suspenden sobre personas, se deberán seleccionar métodos adecuados para garantizar que el fallo de una suspensión superior no pone en peligro a ninguna persona (tolerancia a un fallo único). Esto deberá documentarse por medio de una evaluación de riesgos.

### Las fuerzas de reacción

Las cargas sobre la estructura principal se calculan como sigue: Para los módulos truss «volantes»: Añadir el propio peso del equipo de elevación a la fuerza de reacción calculada, calcular la longitud del acero (y de la masa que también se añade a la fuerza de reacción), así como las fuerzas horizontales en los puntos de aparejo causados por las posibles abrazaderas.

Para estructuras truss libres (apoyadas en el suelo): Añadir el propio peso de las columnas verticales a la fuerza de reacción calculada y comprobar la longitud efectiva permitida de los apoyos verticales. Además, toda la estructura truss deberá verificarse con respecto a su seguridad y estabilidad completa. En caso necesario, se deberán añadir fijaciones apropiadas o tensores.

Verificar las cargas puntuales de los puntos de aparejo en los edificios: Para los módulos truss «volantes»: Comprobar la capacidad de soportar carga de las uniones, tramos y puntos de rigging correspondientes de la estructura truss. El operador del lugar del evento deberá proporcionar los datos correspondientes a las



cargas puntuales sobre elevadores y nodos admisibles.

Para las estructuras libres (apoyadas en el suelo): considerar la capacidad de soporte de la superficie del suelo. La base de una estructura truss generalmente es mucho menor que un metro cuadrado a pesar de la placa base. La información sobre la carga permitida

Sobre el suelo debe provenir del operador del lugar. El técnico de rigging realizará las correcciones necesarias para evitar potenciales situaciones de sobrecarga modificando la posición y el número de dispositivos de elevación o colocando abrazaderas.

#### **Diagramas y tablas**

Toda la información y cálculos recogidos deberán registrarse por escrito para que se puedan verificar por los ingenieros estructurales y por las autoridades. Los planos y diagramas deberán mostrar la posición e identificación de los puntos de eslingado y del equipo elevador con las cargas puntuales correspondientes incluyendo el peso del equipo de elevación en kg o en kN. Además, los diagramas deberán estar hechos a escala y esta deberá indicarse en el diagrama.

Los diagramas también deben contener las cargas permitidas para los puntos de eslinga y los cables y abrazaderas verticales. Las tablas deben incluir todos los dispositivos de elevación, todos los puntos de carga, todos los puntos de eslinga y todas las cargas verticales en los puntos de eslinga individuales. Los valores numéricos se pueden redondear a los 5 o 10 kg más cercanos, para permitir que se incluya el peso de los dispositivos de colgado, fijaciones, anillas, abrazaderas, etc. que no están especificados con todos sus detalles en la lista de pesos original.

#### **Mantenga actualizado su conocimiento**

Al escribir y compilar este Blackbook, Prolyte ha intentado ofrecer una visión general completa y actualizada de las normativas y estándares actuales, sin embargo, nunca podemos garantizar que vamos a publicar inmediatamente los últimos cambios. Por eso, siempre es bueno mantener actualizado su conocimiento manteniéndose informado de los nuevos desarrollos y regulaciones leyendo la multitud de artículos, libros y blogs que aparecen de forma regular.

Además, puede atender los eventos del Campus Prolyte, organizado de forma regular en todo el mundo. Los eventos Campus Prolyte tienen por objeto compartir conocimientos vitales sobre el uso de estructuras truss, escenarios y rigging a una amplia audiencia, para ayudar a construir las cosas mejor y más seguras.

Mire nuestro sitio web [www.prolyte.com](http://www.prolyte.com) para ver cuándo y dónde puede unirse al próximo evento campus.

Prolyte produce blogs técnicos, vídeos instructivos e información relevante de forma periódica. Manténgase informado en [www.prolyte.com](http://www.prolyte.com)

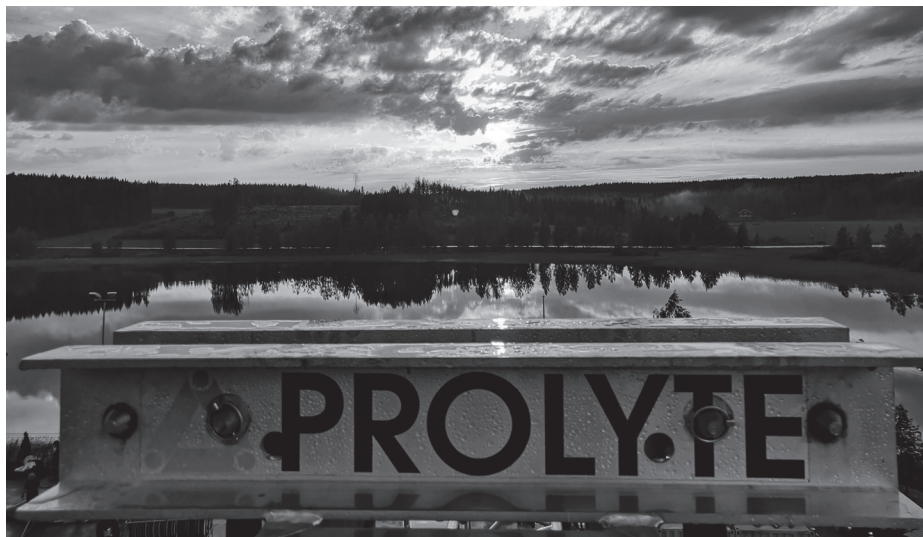


Foto: Aku's Factory, Finlandia

### **CAMPUS PROLYTE: UNA INICIATIVA DE APRENDIZAJE**

Campus Prolyte es una iniciativa de Prolyte para ayudar a los clientes con el mejor y más actual conocimiento disponible. El suministro de herramientas y formación para usar los productos Prolyte de forma segura y de acuerdo con la normativa y estándares aplicables le ayudará a tener un mejor desempeño. El campus Prolyte ofrece un programa completo de actividades de formación para crear concienciación sobre el uso seguro de los productos Prolyte.

### **Proporcionamos el conocimiento para que su negocio crezca**

Como fabricante, Prolyte se siente responsable de aportar conocimiento como parte integrante de sus productos. Al crear la conciencia de que las prácticas de trabajo seguro son clave para una propiedad responsable estamos cumpliendo uno de nuestros objetivos. La colocación de todas nuestras iniciativas de formación bajo un mismo techo es una forma de facilitar el acceso a este conocimiento básico a todos nuestros clientes y usuarios. La transferencia de conocimiento y la creación de un diálogo con técnicos de todo el mundo, encontrar sus necesidades y compartir experiencias es una base valiosa para crear soluciones que trabajan y le ayudan a crecer su negocios.

### **¿Qué ofrece el campus Prolyte?**

Compartir información es el punto clave, de cualquier forma necesaria para que se comprenda el mensaje. El campus Prolyte ofrece una combinación de medios para transmitir el conocimiento en línea, impreso y por seminarios. Las actividades existentes como el Blackbook, los HOW-TO videos, cursos de rigging y oportunidades de seminarios continuará.

Se desarrollarán las iniciativas nuevas como el contenido de formación basada en la web y las oportunidades de desarrollar contactos. Se anima a los usuarios de Prolyte a compartir sus experiencias y sus habilidades prácticas diarias.

### **Registrarse en el campus Prolyte**

¿Quiere unirse a esta iniciativa? Comparta sus ideas o su experiencia en [www.prolyte.com/prolytecampus](http://www.prolyte.com/prolytecampus) ¡participe en uno de nuestros programas, seminarios o bien organice uno! Puede encontrar más información en [www.prolyte.com/prolytecampus](http://www.prolyte.com/prolytecampus) o contactarnos en [marketing@prolyte.com](mailto:marketing@prolyte.com) para cualquier petición específica.s











**Prolyte**  
**Industriepark 9**  
**9351 PA Leek**  
**Países Bajos**  
**T: +31-594 851 515**  
**sales@prolyte.com**



[www.prolyte.com](http://www.prolyte.com)