



# PROLYTE GROUP

## BLACK BOOK

TECHNICAL MATTERS  
SPANISH VERSION 2013



LITE  
STRUCTURES



PROLYTE  
STRUCTURES



STAGE  
DEX



PRO  
LYFT



PROLYTE  
GROUP





# CONTENIDOS DEL LIBRO NEGRO

## - INTRODUCCIÓN 4

### 1. EL TÉRMINO: TRUSS 5

### 2. SISTEMAS DE CONEXIÓN 8

### 3. FUERZAS SOBRE EL TRUSS 12

### 4. TIPO DE CARGA 18

### 5. ESCENARIOS DE CARGA ESPECÍFICOS 20

### 6. TRUSSES Y CARGAS 22

### 7. MÉTODOS DE CÁLCULO 32

### 8. DETERMINAR LOS FACTORES DE SEGURIDAD 35

### 9. TABLAS DE CARGA 37

### 10. LEGISLACIÓN Y NORMAS VIGENTES 39

### 11. TRUSSES PARA ESLINGA 49

### 12. CONSEJOS PRÁCTICOS PARA TRUSSES PROLYTE 60

### 13. ¿QUÉ ALTURA ES CUÁL? 66

### 14. TECHO Y ESTRUCTURAS EXTERIORES PROLYTE 69

### 15. INTÉRPRETE EN VUELO 81

### 16. EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL EN LA INDUSTRIA DEL ESPECTÁCULO 83

### 17. CERTIFICACIÓN E INSPECCIÓN 86

### 18. MANTENIMIENTO Y CRITERIOS PARA DESECHAR TRUSSES 89

### 19. REGLAS DE APLICACIÓN 93

### 20. CAMPUS PROLYTE 95

### 21. CUESTIONARIO TÉCNICO 96

### 22. DATOS ESTRUCTURALES DEL TRUSS PROLYTE 97

### 23. NOTAS 98

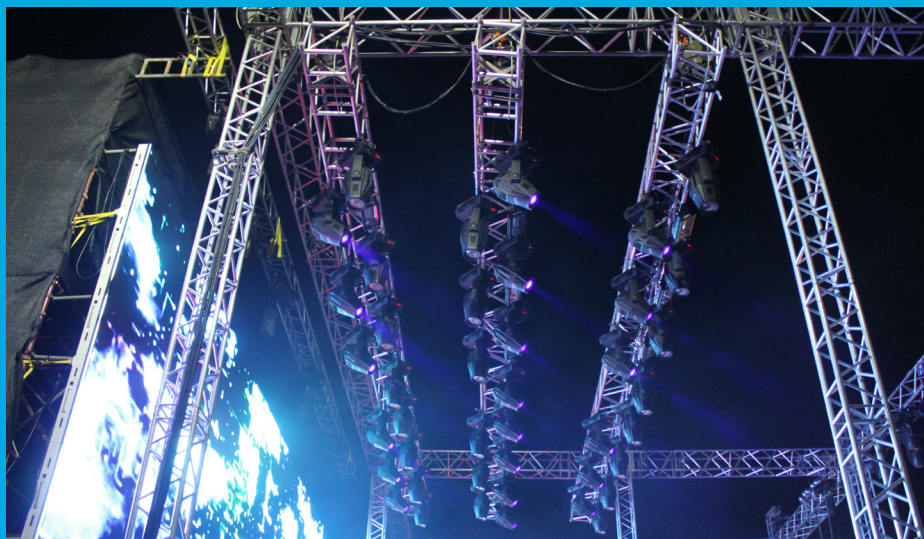


Foto: Faithless concert, Dubai

### Información técnica básica

Este Libro Negro contiene información técnica básica sobre nuestros trusses y productos complementarios. Examinaremos el truss atendiendo a sus propiedades técnicas, su potencial y sus límites prácticos.

Somos conscientes de que esta información es un conocimiento básico y no puede cubrir todas las áreas.

Sin embargo, aunque la documentación no es exhaustiva, pensamos que proporciona una

buena introducción a nuestros productos.

Toda la información cumple con la normativa y desarrollo más recientes. Las composiciones y diseños de los trusses de aluminio se describen a continuación, así como los distintos tipos de conexiones, fuerzas dentro de los trusses y distintos tipos de carga.

Trataremos sobre normativas, regulaciones y leyes relativas a trusses, para seguir con métodos de cálculo y tablas de carga.

Además, describiremos la elevación de





los trusses, levantamiento de personas, mantenimiento del truss, criterios para rechazarlos y desecharlos y reglas prácticas aceptadas. En nuestra opinión, una buena asistencia al cliente consiste en primer lugar en mejorar continuamente la información disponible para los usuarios.

Esto significa que todos los usuarios puedan seleccionar y usar diferentes tipos de truss dependiendo de las propiedades estructurales específicas de cada truss.

El uso mejor y más apropiado de los trusses supone un gran beneficio para nuestros clientes y para nosotros como fabricantes.

A largo plazo, esto significa mejorar la seguridad, clientes satisfechos y mayor conocimiento de los usuarios cuando trabajan con trusses.

Nuestro objetivo primordial es la calidad, lo cual se aplica no solo a nuestros productos, sino también a la información asociada.

Ambos son la clave para una gama de productos segura y exitosa.

#### © 2013 PROLYTE GROUP

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este catálogo se puede reproducir o publicar de ninguna forma o medio, mediante impresión, foto impresión, microfilm o ningún otro sistema sin previo consentimiento por escrito de Prolyte Group. Aunque se han realizado con el debido cuidado, no se garantiza la veracidad o exactitud de las medidas, datos o información aquí contenidos. Prolyte Group rechaza toda responsabilidad por daños, pérdidas u otras consecuencias sufridas o incurridas en relación con el uso de las medidas, datos o información contenidos aquí. Nos reservamos el derecho de modificar los productos, códigos e información técnica sin previo aviso.

## 1. EL TÉRMINO: TRUSS

### 1.1 UNA BREVE REVISIÓN HISTÓRICA

Cuando los primeros tramos de celosía aparecieron en la tecnología de espectáculos en los años 1970, nadie hubiese descrito un truss de la forma siguiente: "Un elemento modular estructural hecho de tubos de aluminio soldados entre sí, que se usa para crear estructuras temporales de soporte para equipos de sonido e iluminación utilizados en la tecnología de espectáculos."

En aquel momento se usaba cualquier cosa, desde tubos redondos de acero a mástiles de antena o perfiles remachados en ángulo.

La palabra truss o viga de celosía se usaba para describir el armazón de madera utilizado para la construcción de casas, techos o catedrales medievales.

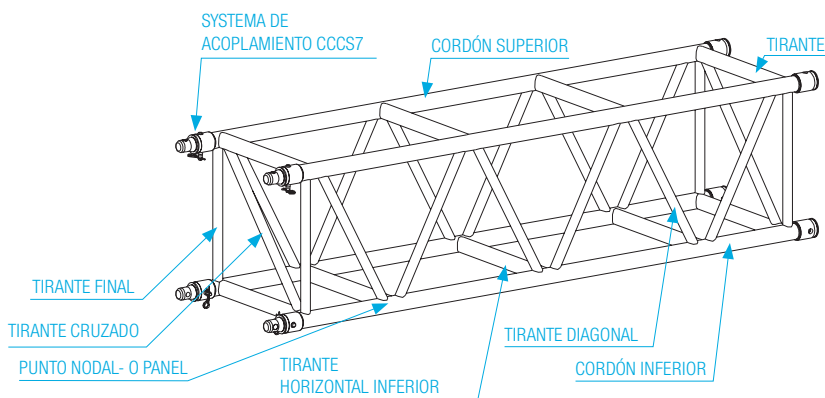
El desarrollo de trusses como hoy los conocemos comenzó al final de la década de 1970, cuando la industria del espectáculo estaba buscando formas simples y eficientes de fabricar estructuras de soporte al mismo tiempo ligeras y seguras. Los diseñadores usaron su conocimiento de las estructuras espaciales empleadas en la construcción de puentes para desarrollar los productos actuales.

Aparte de su aguantar, había otras consideraciones prácticas importantes al desarrollar trusses.

Un truss se define como:

una viga de celosía espacial:

- Hecha de tubos redondos soldados.
- Compuesta de piezas modulares acopladas.
- Fabricado en varias longitudes estándar.
- Usado para sostener equipo de la industria del espectáculo.
- Sostenido o suspendido en casi cualquier punto deseado.





## 1.2 MATERIAL PARA TRUSSES

### Los trusses están hechos de aluminio porque:

- El aluminio tiene un peso propio de aprox. un 65% menos que el acero.
- El aluminio es resistente a la corrosión y por tanto necesita menos mantenimiento y ninguna protección contra la corrosión.
- El aluminio tiene un límite de elasticidad relativamente alto.
- El aluminio tiene una apariencia atractiva debida a su lustre natural.
- El aluminio es reciclable 100%.

### Los elementos básicos de un truss:

- Cordones o tubos principales (principalmente 48 - 51 mm de diámetro exterior)
- Tirantes o verticales y diagonales (el entramado o estructura de celosía).
- Piezas de conexión (para conectar los módulos estructurales individuales).

### Todos los trusses deberían tener las siguientes propiedades:

- Rigidez y estabilidad apropiada para el uso previsto.
- Un sistema de conexión
- Piezas de conexión robusta y fiable.

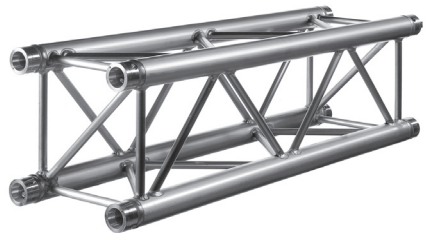
Los trusses están disponibles en varios perfiles geométricos: truss de doble cordón (escalera), truss de triple cordón (triángulo), truss de cuádruple cordón en diseño cuadrado y triangular y varios tipos de truss articulado.

Hay diferencias considerables entre estos perfiles, que son decisivas para:

- Seguridad: rigidez estructural y estabilidad.
- Efectividad de coste: eficiencia para conectar, almacenar y transportar.
- Múltiples aplicaciones: un amplio rango de usos para varios diseños de construcción con un tipo de truss especial.

Cada uno de estos diseños tiene ventajas, desventajas y campos de aplicación específicos. El usuario debe considerar con detenimiento el uso previsto antes de seleccionar un sistema.

Prolyte fabrica trusses para casi todas las aplicaciones en tecnología de espectáculos, desde los trusses decorativos de la serie-E para tiendas y muestras, a trusses universales para ferias, construcción y alquiler de puestos de exposición, o trusses pesados para la alta exigencia de la industria del espectáculo y construcción de escenarios. A pesar de ser un invento reciente, los trusses se han convertido en un producto indispensable para la industria del espectáculo contemporánea.



## 2. SISTEMAS DE CONEXIÓN

Los trusses se fabrican en largos estándar, que se pueden combinar para proporcionar cualquier largo total requerido. No es común fabricar largos de truss de una pieza, puesto que esto los haría inmanejables para su manipulación, transporte y varias otras aplicaciones.

### 2.1 LOS CUATRO TIPOS DE CONEXIÓN MÁS COMUNES

La mayoría de módulos de truss son de 2-3 metros de largo (6 a 10 pies). Sin embargo, normalmente se necesitan longitudes mayores. Las ventajas de coste al adquirir módulos de 5m se pierden rápidamente por los costes de manejo y transporte. Por esta razón, se necesita un sistema de conexión simple y eficiente para conectar los trusses. Aunque hay muchos tipos de conexiones de truss, hoy solo se usa una cantidad reducida de ellas. Los sistemas de conexión con una cuota de mercado significativa se pueden dividir en cuatro categorías:

#### 1. Conexión con placas:

Las placas finales se conectan usando pernos. Estos quedan expuestos a la tensión lejos de los ejes de cordón principales. Esto provoca un momento flector en la junta que usualmente reduce la capacidad de carga significativamente.

#### Desventajas:

- Alineamiento inexacto del eje de los tubos de un cordón con respecto a otro.
- Muchas piezas individuales.
- Ensamblaje complicado.
- Fácil de confundir el plano vertical con el horizontal cuando se usan trusses cuadrados.
- Se necesitan herramientas para los pernos.
- Capacidad de carga relativamente baja.
- Peligro cuando se usan pernos con baja rigidez.
- Se necesitan bisagras especiales para aplicaciones de torre.

#### Ventajas:

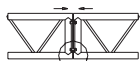
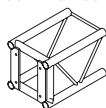
- Sistema de conexión universal.
- La longitud de la instalación es igual a la longitud del truss.
- Puntos de conexión robustos.
- Elementos de nodo fáciles de usar.

#### 2. Conexión de tubo:

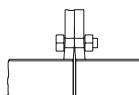
La conexión se hace insertando tubos con un diámetro exterior más pequeño que el diámetro interior de los tubos de cordón en los extremos de los tubos de cordón. Los tubos insertados se fijan entonces con pernos al tubo de cordón.

### TIPOS DE CONEXIÓN

#### 1: CONEXIÓN CON PLACAS

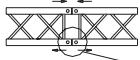
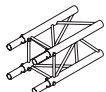


FUERZA DE FLEXIÓN EN LA PLACA DE REFUERZO

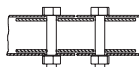


ESPACIO ABIERTO ENTRE CORDONES INFERIORES

#### 2: CONEXIÓN DE TUBO

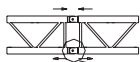
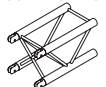


ESTRÉS DE APLASTAMIENTO MUY ALTO EN LOS PERNOS (TENSIÓN DE SOPORTE)



ESPACIO ABIERTO ENTRE CORDONES INFERIORES

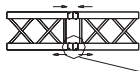
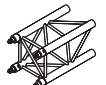
#### 3: CONEXIÓN HORQUILLA/PASADOR



LADO FIJO MACHO / HEMBRA, EL DESGASTE DA FLECHA ADICIONAL



#### 4: CONEXIÓN CÓNICA



EL DESGASTE SE COMPENSA CON LA FORMA DE LA ESPIGA





Foto: Prolyte Group

Los pernos quedan expuestos a fuerzas de corte, pero pueden absorberlas sin ningún problema en contraste con el material de los tubos de cordón. Los orificios para los tubos de cordón y conector quedan por tanto expuestos a una tensión muy alta. Este tipo de conexión se usa primordialmente para trusses con pocos requerimientos en cuanto a soporte de carga.

#### **Desventajas:**

- Ensamblaje relativamente complicado.
- Muchas piezas individuales.
- Ensamblaje complicado.
- Altura libre en la conexión entre el tubo principal y el tubo de conexión.
- Se necesitan herramientas.
- Sobrecarga rápida de la conexión por tensión de soporte.
- Los extremos de los tubos se dañan fácilmente cuando se usan frecuentemente (quiere decir que el truss no podría usarse).

#### **Ventajas:**

- Sistema de conexión universal.
- La longitud de la instalación es igual a la longitud del truss.

### **3. Conexión Horquilla/Pasador:**

La horquilla “hembra” se conecta con el pasador “macho” por medio de un perno cilíndrico. La transmisión de carga se ejerce en los ejes de los cordones principales, con los pernos de conexión expuestos a las fuerzas de corte.

#### **Desventajas:**

- Se necesita más planificación porque la dirección de la instalación es fija.
- Se necesita un gran número de elementos de nodo distintos.
- La longitud de la instalación es más corta que la longitud del truss.
- Los elementos de conexión se pueden dañar fácilmente (quiere decir que el truss no podría usarse).
- El desgaste en los elementos de conexión conduce a una altura libre entre dos elementos de truss (el hueco interior de los orificios de los elementos de conexión no se puede reparar).

#### **Ventajas:**

- Pocas piezas individuales.
- Ensamblaje muy rápido y simple.
- No se necesitan bisagras para aplicaciones de torre.





Foto: Prolyte Group, Leek, The Netherlands

### 4. Conexión cónica

Conexión con un conector macizo cónico doble que se asegura con una clavija de espiga cónica en los extremos de los tubos de cordón. Las clavijas de la espiga cónica están expuestas a una fuerza de corte doble.

Una conexión completamente no positiva se crea y la fuerza se transmite en los ejes de los cordones principales.

### Desventajas:

- Se necesitan bisagras especiales para aplicaciones de torre.

### Ventajas:

- Sistema universal.
- Alineamiento exacto de los elementos.
- Ensamblaje muy rápido y simple.
- La conexión es 100% rígida.
- La longitud de la construcción se corresponde con la longitud del truss.
- Compensación por desgaste en los orificios usando clavijas de espiga cónica.
- Los elementos de conexión no se estropean fácilmente y son fáciles de sustituir.



## 2.2 LA ESTRUCTURA TRIANGULAR DE LA ESTRUCTURA DE CELOSÍA

¿Por qué la forma triangular es la característica predominante en un truss? El triángulo es la única figura geométrica que mantiene su forma cuando se la somete a carga en los puntos de conexión o juntas, incluso si estas juntas son con bisagra. Solo si un lado se deforma (estirado, comprimido, combado) pierde un triángulo su forma.

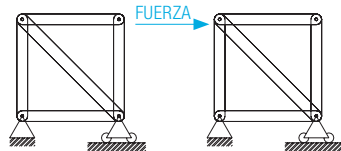
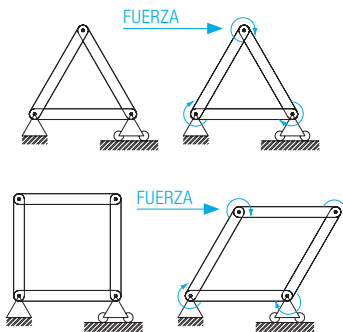
El comportamiento de una estructura triangular bajo carga es fácil de calcular y predecir si las cargas se ejercen solamente en los puntos nodales.

Se pueden identificar los siguientes procesos de fallo: pandeo, ruptura o quebramiento y hundimiento de la forma inestable. Los ingenieros estructurales han de ser capaces de determinar los resultados de su trabajo con un margen de tolerancia muy estrecha con el fin de garantizar la seguridad con que trabajan los usuarios. Se deben hacer ciertas asunciones básicas con el fin de realizar los cálculos.

Cada lado del triángulo debe estar expuesto solamente a compresión o fuerzas de elasticidad. Como no se asumen otras influencias, como carga de flexión, las cargas han de dirigirse a los puntos nodales.

Ha de hacerse hincapié en que un truss con tirantes laterales en uno o dos lados (en los ángulos rectos del cordón principal) no puede usarse para los mismos tipos de carga que los trusses con una estructura de celosía diagonal en todos sus lados. Por ejemplo, esto se aplica a las series de truss S36R, S52F, S52V, S66R y S66V.

Sin consultar a un ingeniero estructural, significa que estas fuerzas impactarían en un plano con la estructura de celosía diagonal y a 90° del plano de los tirantes de soporte.



El triángulo es la única figura geométrica que mantiene su forma cuando se aplica carga en los vértices.

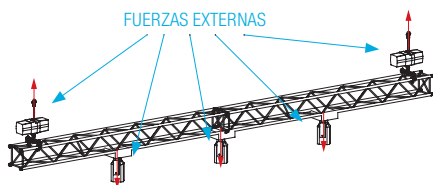
## 3. FUERZAS SOBRE EL TRUSS

### 3.1 DEFINICIÓN DE FUERZAS EXTERNAS E INTERNAS

En una construcción de truss podemos definir dos tipos de fuerzas diferentes.

El primer tipo de fuerzas que podemos definir son las fuerzas externas, que se imponen a través de influencias externas sobre la construcción del truss. Ejemplos de estas fuerzas externas son:

- Cargas activas como aparatos de iluminación o equipos de sonido.
- Telones, cortinas.
- Dinámicas, causadas por el movimiento de polipastos (eléctricos) de cadena.
- Influencias medioambientales como: fuerza del viento, peso de la nieve, hielo.

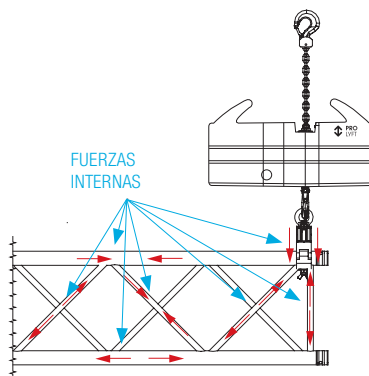


El segundo tipo de fuerzas que podemos definir son fuerzas internas. Las fuerzas internas son fuerzas de reacción de la estructura debidas a las fuerzas externas.

Estas fuerzas internas se pueden definir dentro de una sección particular de un truss o dentro de una sección particular de una construcción de truss. Cuando consideramos una sección particular de un truss o una sección particular de una construcción de truss, todas las fuerzas deben estar equilibradas o tendríamos un mecanismo. En otras palabras, la suma de todas las fuerzas externas e internas en un plano horizontal o vertical ha de ser necesariamente igual a cero.

Cuando los distintos componentes de un truss, como tubos principales o tirantes, no son capaces de soportar estas fuerzas internas, el truss fallará. En los próximos párrafos explicaremos, mediante

ejemplos de práctica diaria, cuáles serán las diferentes clases de fuerzas externas sobre un truss, y las fuerzas de reacción dentro del truss. También explicaremos cómo aumentar las fuerzas admisibles cambiando los componentes del truss.



### 3.2 FUERZA NORMAL

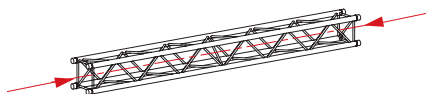
La fuerza normal es una fuerza que se ejerce longitudinalmente a la línea central del truss.

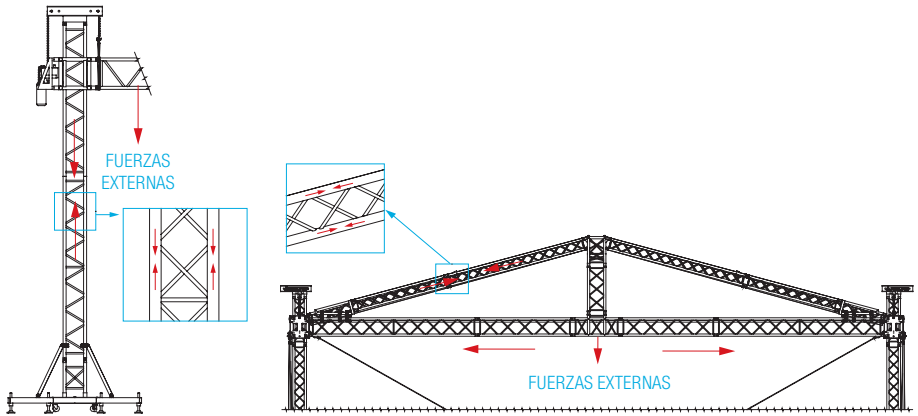
Ejemplos de situaciones en las que se produce fuerza normal:

- Torres.
- Columnas.
- Trusses de vigas en un techo MPT o ST.

La fuerza normal máxima admisible está determinada por los cordones principales del truss.

Se puede obtener un incremento de la fuerza bien aumentando el diámetro del cordón principal, bien aumentando el grosor de la pared del cordón principal.





### 3.3 MOMENTO FLECTOR

El momento flector es la suma de todos los momentos y cargas de reacción que pasan por el eje central del truss, considerados en cualquier punto. En palabras simples, "la fuerza que se necesita para doblar un truss."

Ejemplos de situaciones en las que se produce momento flector:

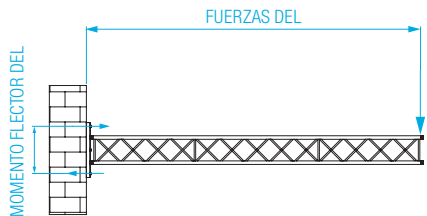
- Carga propia causada por la fuerza de la gravedad.
- Cargas activas como aparatos de iluminación o equipos de sonido.
- Telones, cortinas.
- Influencias medioambientales como: fuerza del viento, peso de la nieve, hielo.

El momento flector actúa como una fuerza de compresión en el cordón principal superior y como una tensión en el cordón principal inferior. Los tirantes se usan para mantener la distancia entre en los cordones principal superior y principal inferior. El momento flector máximo admisible se puede

incrementar escogiendo un truss con una distancia mayor entre el cordón principal superior e inferior (por ejemplo, un truss más grande). Esto creará una distancia más grande entre fuerzas.

La segunda forma de incrementar el momento flector admisible es aumentar la fuerza normal admisible en el cordón principal, aumentando el diámetro del cordón principal o aumentando el grosor de la pared del cordón principal.

Los cordones principales de un truss también pueden estar sujetos a momento flector, que puede estar causado por balanceos o por colocar grandes cargas entre los puntos de los nodos.



### 3. FUERZAS SOBRE EL TRUSS

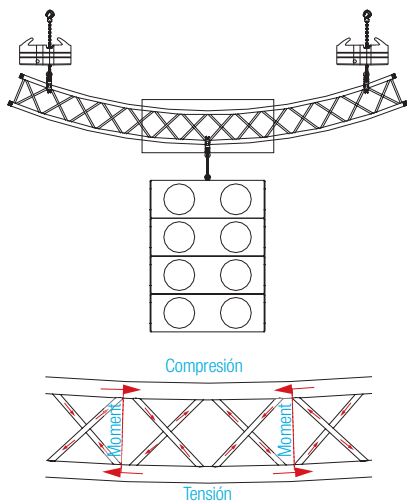


Figura: Incidencia de las fuerzas internas causadas por balanceos

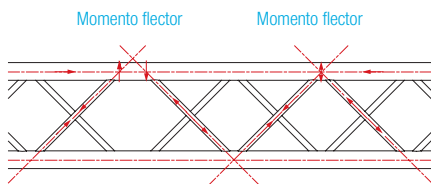
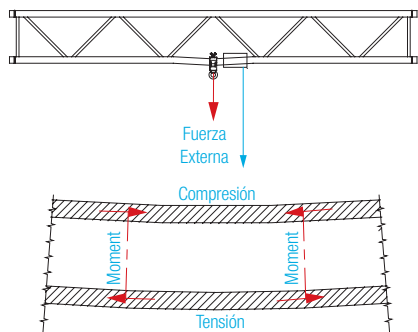
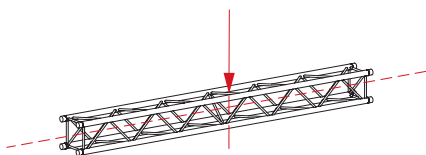


Figura: Incidencia de fuerzas cuando una carga o soporte se coloca entre dos puntos de nodo.



#### 3.4 FUERZA TRANSVERSAL / FUERZA DE CORTE

La fuerza transversal es la fuerza que se ejerce perpendicularmente a la línea central del truss.

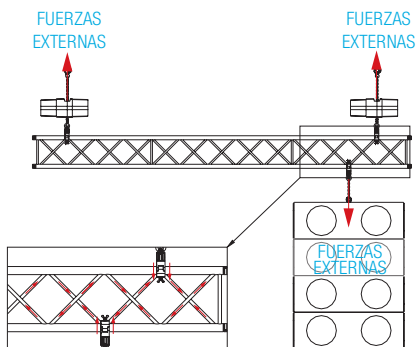


Ejemplos de situaciones en las que son importantes las fuerzas transversales:

- Una carga pesada en un tramo corto.
- Una carga pesada cerca de un punto de suspensión.
- Construcciones de truss bajo el suelo de un escenario.

La fuerza transversal actúa como una fuerza normal en los tirantes y como fuerza de corte en los cordones principales de un truss. La fuerza normal en los tirantes puede ser fuerza de compresión o de tensión.

La fuerza de corte en el cordón principal trata de "cortar" el cordón principal. La fuerza transversal permisible se puede incrementar aumentando el diámetro de los tirantes o aumentando el grosor de las paredes de los cordones principales.





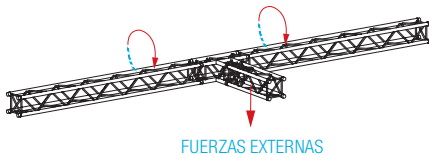


### 3.5 FUERZA DE TORSIÓN

Esta fuerza se ejerce perpendicularmente a la línea central del truss, pero no se coloca en el mismo plano que la línea central. Esta fuerza trata de retorcer el truss.

Ejemplos de situaciones en las que tiene lugar la torsión:

- Equipo en un brazo de grúa.
- Equipo colocado todo en un lado (cordón principal) de un truss.
- Carga activa en el tramo central en un sistema de apoyo en tierra.



### 3.6 FLECHA

La flecha de un truss muestra las fuerzas de flexión que actúan. La flecha se define como “deformación bajo carga”.

La flecha dentro de límites admisibles es una reacción normal y no implica ningún peligro por lo que respecta a la estabilidad y la seguridad. Cuando el fabricante del truss no proporciona detalles sobre los límites de flecha admisibles, esto puede provocar una sensación engañosa de seguridad. Prolyte proporciona dos tipos de información de carga; primero, la carga admisible sin límite de flecha, y en segundo lugar la carga admisible con un límite de flecha de  $L/100$ . Las tablas de carga del catálogo contienen los valores sin límite de flecha. Las tablas de carga que incluyen la flecha como un factor limitador están disponibles en nuestra web (ver: certificados TÜV).

Prolyte sigue una calculada estrategia para proporcionar información abierta y transparente sobre las especificaciones de materiales y bases de cálculo para trusses.

En nuestra opinión, favorece el interés del usuario comprender las bases de cálculo para asegurar una instalación segura de los trusses si se usan dentro de los límites de tensión de carga proporcionados.

Otros fabricantes de truss pueden usar otros límites de flecha en sus cálculos.

Sin embargo, si no se dan detalles sobre flecha en un tipo de truss, los valores de carga han de observarse con precaución. El usuario no tiene posibilidad de reconocer el límite de carga o comprobar el exceso de flecha.

Las malas conexiones pueden ser otra causa de flecha en el truss. Pernos insuficientemente asegurados, elementos de conexión desgastados o placas de terminación deformadas pueden causar flecha adicional en un tramo de truss.

Las conexiones de acoplamiento cónico (CCS®) de Prolyte se han diseñado para compensar cierta cantidad de desgaste, gracias su diseño ahusado. Otros sistemas de conexión no ofrecen esta posibilidad y por tanto están sujetos a flecha desde el principio.

#### Ejemplo 1: carga permisible para un truss con cierta flecha

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| • Truss X30D, tramo autosoportado                          | $L = 10 \text{ m}$      |
| • Peso propio total 39 kg aprox.,<br>peso propio por metro | $DW = 3.9 \text{ kg/m}$ |
| • Carga distribuida excluyendo<br>la flecha admisible      | $U = 32.9 \text{ kg/m}$ |
| • Flecha bajo esta carga es                                | $f = 89 \text{ mm}$     |

¿Cuál es la carga distribuida admisible si la flecha se establece un máximo de  $d = 1/200$  del tramo autosoportado?

$$\begin{aligned} UL/200 + Eg &= ((L \times d) / f) \times (U + Eg) \\ &= ((10000 \text{ mm} \times 1/200) / 89 \text{ mm}) \times \\ &\quad (32.9 \text{ kg/m} + 3.9 \text{ kg/m}) \\ &= (50/89) \times 36.8 \text{ kg/m} \\ UL/200 + Eg &= 20.67 \text{ kg/m} \\ UL/200 &= 20.67 \text{ kg/m} - DW \\ &= 20.67 \text{ kg/m} - 3.9 \text{ kg/m} \\ &= 16.77 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Incluyendo el factor 0,85 para posible desgaste (ver 8.2) esto nos da:  $U_{\text{max}} = 16.77 \text{ kg/m} \times 0.85 = 14.25 \text{ kg/m}$

Estos resultados en un “factor de seguridad” adicional de:  
 $S = 32.9 \text{ kg/m} / 14.25 \text{ kg/m} = 2.31$

### 3. FUERZAS SOBRE EL TRUSS



Foto: Prolyte Group, Leek, The Netherlands

#### Ejemplo 2: cálculo de deflexión a una carga determinada

- Truss X30D, tramo autosoportado  $L = 10 \text{ m}$
- Peso propio total 39 kg aprox.,  
peso propio por metro  $DW = 3.9 \text{ kg/m}$
- Carga distribuida excluyendo la  
flecha admisible  $U = 32.9 \text{ kg/m}$
- La flecha bajo esta carga es  $f = 89 \text{ mm}$
- La carga distribuida  $U$  + peso  
propio del truss  $DW$   $UE = 36.8 \text{ kg/m}$

¿Cuánta es la flecha para una carga de  $U_{\text{vor}} = 20 \text{ kg/m}^2$ ?

$$\begin{aligned} f_{\text{vor}} &= ((U_{\text{vor}} + DW)/UE) * f \\ &= ((20 \text{ kg/m} + 3.9 \text{ kg/m})/36.8 \text{ kg/m}) * 89 \text{ mm} \\ f_{\text{vor}} &= 57,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

El truss se deformará aprox. 58 mm con una carga aplicada de 20 kg/metro.

La altura de un truss determina, a largo plazo, la rigidez de ese truss. Cuanto mayor sea la altura total de la sección del truss (en la dirección de la carga), mayor será la rigidez y menor la flecha bajo la misma carga.

Los valores dados por distintos fabricantes sobre la flecha de los trusses difieren.

Esto es por dos motivos:

1. No todos los fabricantes permiten un 15% más de flecha de un truss, al contrario que uno hecho de vigas o de material macizo.
2. Se pasa por alto el peso propio del truss.

Prolyte sigue la práctica de incluir la flecha total en la información técnica y dar la flecha como un factor limitador para la capacidad de carga. Prolyte cree que no tiene sentido publicar valores de carga que no tengan en cuenta la flecha.

El resultado es una sensación engañosa de inseguridad para los observadores al ver un truss muy doblado, incluso si el truss está dentro de los límites de carga.



Foto: Showtech, Dubai, ST Roof

Hay también aplicaciones en las que la flecha debe permanecer dentro de ciertos límites. Por ejemplo, cuando hay cortinas colgando de un tramo de truss, la flecha hará que las cortinas se arrastren por el suelo en el medio mientras quedan cortas en los extremos. O, cuando se usa telón o raíles de cámara, se necesita un nivel de truss completamente distinto.

La flecha de un truss no es de ninguna manera un “efecto óptico”; puede tener importancia técnica en aplicaciones prácticas también. Los fabricantes que no incluyen la flecha en sus datos, o que no ven la capacidad de aguante como un factor limitador, muestran escaso conocimiento de los requerimientos prácticos de sus clientes y usuarios.

### 3.7 QUÉ ES CARGA TEÓRICA

A menudo hay confusión sobre el término “carga teórica”. Carga teórica es un término que se usa en las normativas en las que el cálculo está basado en lo que se denomina Factor Teórico de Resistencia de Carga, o LRDF. También implica un factor de seguridad aplicable a la carga y al material. Las normativas basadas en el principio LRDF son

Eurocódigos, como DIN 18800, BS 8118 etc. Un ejemplo es una barrera de seguridad para público que tiene una carga teórica de  $450\text{kg/m}^1$ , que significa que el SWL es  $450/1,5 = 300\text{kg/m}^1$ .

Aparte de las normativas LRDF, también hay normativas de Diseño de Tensión Permisible (ASD). El principio en el que se basan estas normativas es la aplicación de un factor de seguridad a una tensión admisible máxima. En el caso del aluminio, según DIN 4113, este factor es 1,7 por encima y por debajo del límite de fluencia. Un ejemplo de una normativa ASD es la DIN 4113.

En muchos países todavía se admite aplicar ambos principios. Sin embargo, pueden surgir problemas considerables si los cálculos de las construcciones de acero se combinan con los de una construcción de aluminio.

## 4. TIPOS DE CARGA

### La carga se puede definir como:

La suma de las fuerzas resultante de la masa, el peso propio o la tensión a la que se somete un tramo.

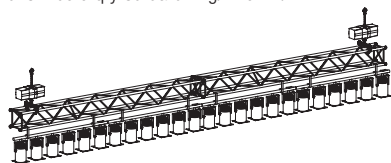
Los tipos de carga en cuestión se pueden dividir en dos categorías: cargas uniformemente distribuidas y cargas en un punto.

### Cargas uniformemente distribuidas

Una carga con idéntico peso a lo largo de todo el tramo de un truss o una carga que está distribuida homogéneamente sobre los puntos nodales del tubo del cordón inferior de un truss se denomina carga uniformemente distribuida (UDL). Ejemplos de cargas uniformemente distribuidas son telones, decorados, cables y focos del mismo peso distribuidos a intervalos regulares a lo largo del tramo de truss.

El símbolo de la fórmula para carga uniformemente distribuida es  $Q$ , y la unidad se da en kg o kN.

Una carga uniformemente distribuida por metro usa el símbolo  $q$  y se da en kg/m o kN/m.



Carga distribuida

### KYLO "CONOZCA SU CARGA"

Para simplificar la determinación de un truss, Prolyte para sistemas estructurales específicos (tramos de un solo campo con proyecciones), Prolyte proporciona la herramienta "KYLO" (KNOW YOUR LOAD, conozca su carga) en nuestra web [www.Prolyte.com](http://www.Prolyte.com).

La capacidad de carga para un truss o un truss adecuado para una carga específica se puede determinar con KYLO. ¡A Prolyte le gustaría enfatizar que los valores de KYLO no sustituyen de ningún modo los cálculos estructurales!

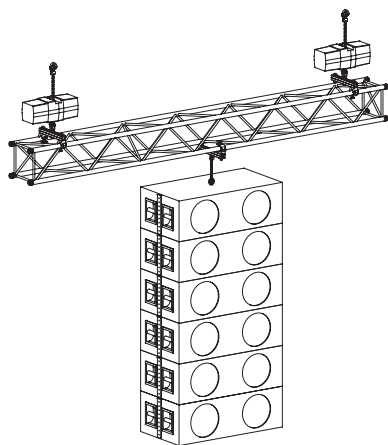
### Carga en un punto

Una carga en un punto se refiere a una sola carga en un solo punto en el tramo de truss. La posición más desfavorable para una carga en un solo punto es en medio del tramo de truss. Este tipo de carga se llama carga en un punto centrada (CPL).

Si esta carga en un punto se coloca en otro punto del tramo de truss, resultará en una tensión de flexión menor, aunque la fuerza de corte en el punto activo de la fuerza permanezca invariable. Sin embargo, la fuerza de corte aumenta sobre el soporte hacia el que se mueve la fuerza. Ejemplos de cargas en un punto son unidades de altavoz, asientos de focos de seguimiento, puntos de suspensión para colgar trusses y técnicos.

Prolyte considera todas las cargas con el peso propio de una persona o superior como carga en un punto, y recomienda que todos los usuarios hagan lo mismo.

Un técnico en un truss causa una carga en un punto de al menos 1 kN o más como resultado de la carga dinámica.



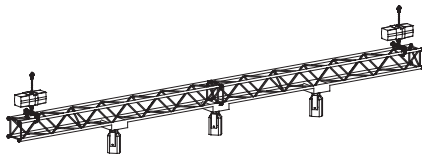
Carga en un punto



### Varias cargas en un punto

A menudo se encuentra más de una carga en un punto en un tramo de truss; normalmente se encuentran varias cargas en un punto a intervalos regulares equivalentes.

En nuestras tablas de carga le proporcionamos la carga permisible causada por dos cargas en un punto iguales, que dividen el tramo de truss en tres secciones iguales (cargas en un punto de un tercio). Tres cargas en un punto iguales que dividen



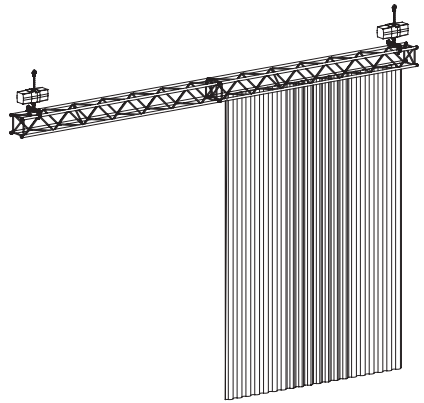
Cargas en un punto de un cuarto

el tramo de truss en cuatro secciones iguales se llaman cargas en un punto de un cuarto, y cuatro cargas en un punto iguales dividen el tramo en cinco secciones iguales se denominan cargas en un punto de un quinto. Para un número más grande de cargas en un punto se pueden usar los datos de carga para carga uniformemente distribuida.

### Cargas no uniformes

Una carga no uniforme tiene lugar cuando solo parte del tramo está sujeto a una carga uniformemente distribuida o cuando varias cargas en un punto se ejercen en una zona limitada mientras que el resto del tramo permanece libre de carga.

La forma más segura de estimar la capacidad que soporta un truss bajo carga no uniforme es determinar la carga total y luego considerar esta carga como carga en un punto centrada (CPL). Es obvio que estos tipos diferentes de carga tienen efectos extremadamente distintos en la estabilidad de un truss y por tanto necesitan tratarse por separado.



Cargas en un punto de un cuarto

Se deben tener en cuenta dos criterios fundamentales a la hora de seleccionar un truss adecuado:

- A)** La longitud del tramo de truss permisible – la distancia entre dos soportes.
- B)** La carga permisible del truss para un tramo de truss determinado.

El tramo entre dos soportes y la carga permisible son dos factores relacionados.

Cuanto más grande el tramo, más baja la carga permisible, y cuanto más grande la carga, más corto el tramo de truss permisible. En los pocos casos en los que la fuerza de corte y no la flecha es el factor limitador, una carga muy alta en un tramo de truss muy corto puede causar un fallo en la zona de soporte.

Esto supondrá un pandeo de los tubos de cordón, pandeo de las diagonales bajo carga o ruptura de las soldaduras en los tirantes bajo la carga. Cada tipo de truss, independientemente del fabricante, tiene su criterio de fallo específico. Es responsabilidad de cada fabricante asegurar que estos criterios nunca representen un peligro duradero cuando se calculen las cargas y tramos permisibles.



## 5. ESCENARIOS DE CARGA ESPECÍFICOS

### 5.1 PARA USO EN EXTERIORES O EN ESPACIOS CERRADOS

La diferencia con respecto a la carga sin los trusses se usan en exteriores o en espacios cerrados es tan importante como parece: las condiciones climáticas tienen gran influencia en la seguridad de la construcción.

#### Viento:

- Puede causar cargas horizontales en una sección de truss.
- Puede hacer que la construcción se incline, se separe del suelo o se deslice.
- Puede causar sobrecarga en los trusses que tienen que absorber las fuerzas transmitidas a través de cortinas u otras superficies expuestas al viento.
- Puede dañar el techo y cubiertas laterales y traseras.

#### Lluvia y nieve:

- Puede causar sobrecarga si se acumulan masas de agua.
- Las cargas causadas por el peso de la nieve se deben evitar.
- Pueden ablandar el suelo y por tanto disminuir su capacidad de aguante.
- Incrementan el riesgo de resbalar cuando se sube por un truss.
- Pueden afectar al equipo eléctrico.

#### Rayos:

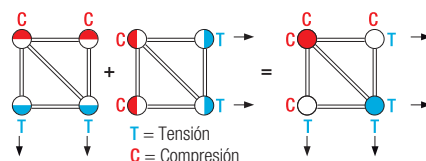
- Pueden poner en peligro a personas e instalaciones eléctricas.

#### Temperatura:

- Las torres y trusses se pueden calentar considerablemente bajo el sol. Esto puede ser peligroso cuando trepa, en particular si se ha generado calor adicional con el equipo de iluminación. Se debe vestir ropa protectora adecuada, y los accesorios textiles deben estar protegidos contra los efectos del calor.

### 5.2 CARGAS HORIZONTALES

Las cargas horizontales se subestiman a menudo. Son causadas por muchos factores, como viento, fuerzas de tensión creadas por toldos, cortinas, pantallas etc. Los valores dados en las tablas de carga se refieren a la carga del truss en sentido vertical. Si se añade una segunda fuerza de flexión en sentido horizontal, esto puede causar sobrecarga del truss incluso si la carga vertical está dentro de los límites de la tabla. Debido a su diseño, los tipos de truss S36R, S52F & V, S66R & V y S100F no pueden estar sujetos a cargas horizontales sin consultar a un ingeniero estructural. Si no se puede evitar, estas fuerzas se deben transferir, por ejemplo a través de otros trusses para transmitir fuerzas de compresión o de cables de acero para transferir las fuerzas de tensión.



### 5.3 FUERZAS DINÁMICAS

Cuando se elevan o se bajan cargas, el arranque y la parada causan fuerzas dinámicas adicionales que se deben tener en cuenta al determinar la carga total. Cuando se usa un polipasto estándar, a menudo con 4/8 m/ min, se usa normalmente un factor de 1,2 a 1,4 para determinar las cargas dinámicas.

Si se esperan velocidades más altas, como polipastos de cadena muy rápidos y cabrestantes o actuaciones artísticas, las cargas y la capacidad de soporte las debe calcular un profesional.

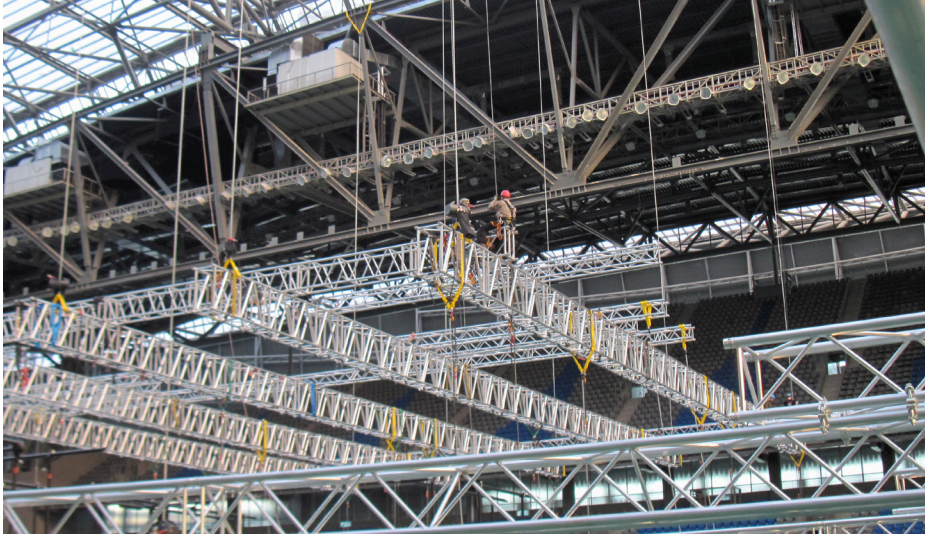


Foto: Astana, Asian Winter Games

#### 5.4 TEORÍA Y PRÁCTICA

Aunque todos nuestros cálculos y modelos teóricos reflejan la tecnología más vanguardista, no es posible cubrir todas las situaciones de la vida diaria. Para nosotros, como fabricantes, la comunicación en estas situaciones es una fuente de información importante, que nos ayuda a proporcionar soluciones satisfactorias y altos niveles de calidad para nuestros productos a largo plazo. En nuestros Departamentos de Ingeniería y Ventas empleamos a expertos con experiencia práctica en los campos de aparejamiento y trusses. Su inestimable conocimiento, junto con el conocimiento que hemos ido adquiriendo con el paso de los años como fabricantes profesionales de Prolyte, nos aporta una gran ventaja, que nos gustaría compartir con nuestros usuarios.

El hecho de saber que puede existir una distancia entre el conocimiento teórico de los trusses y sus aplicaciones nos recuerda nuestra responsabilidad de ayudar a nuestros usuarios compartiendo nuestros conocimientos.

De este modo contribuimos a asegurar unas condiciones de trabajo seguras y una gran durabilidad de nuestros productos.

## 6. TRUSSES Y CARGAS

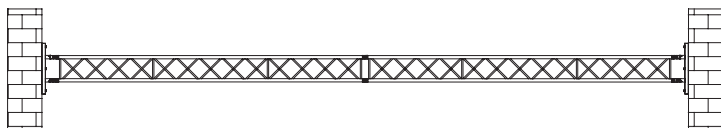
### 6.1 TRAMO SOBRE DOS SOPORTES

La versión más simple de un tramo es un tramo sobre dos soportes, conocido como tramo simple. Las tablas de carga proporcionan los valores de carga para un tramo simple. Esta es el tipo de aplicación de truss más común en tecnología de espectáculos. El truss queda sostenido por los dos extremos y por tanto permite flecha vertical del truss bajo carga entre estos soportes.



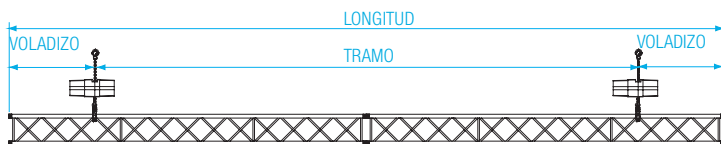
### 6.2 LIMITACIÓN RÍGIDA (TRAMO FIJO)

Los valores de carga que se refieren a tramos montados bilateralmente son difíciles de producir, puesto que este tipo de aplicación es muy poco usual en tecnología de espectáculos. Los fabricantes que publican tales valores parecen estar interesados en mostrar altas capacidades de soporte que, sin embargo, son viables en poquísimos casos.

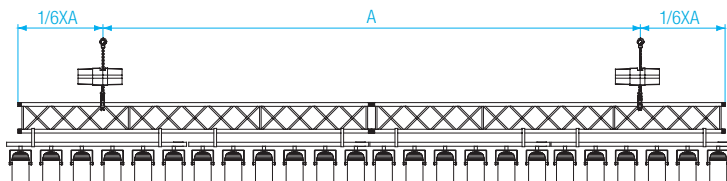


### 6.3 TRAMO EN VOLADIZO

Los tramos con proyecciones son tramos de tramo simple con los soportes colocados hacia adentro, de forma que el extremo del truss se proyecta sobre los soportes. La carga total sobre el truss y su propio peso afectan la fuerza de corte en la zona de los soportes. Cuanto más grande el voladizo, más grande el momento flector en el punto de apoyo. Además, los voladizos están protegidos contra las fuerzas de torsión por el soporte por encima del que pasan, y por tanto son muy proclives a cargas no uniformes.



Si los tramos de truss son limitados, los trusses se pueden extender más allá de los soportes en caso de tramos de tramo simple. Como regla general, según se muestra en el diagrama, un sexto del tramo se puede asumir como voladizo admisible, que se puede cargar con la misma cantidad de carga que el tramo principal.





## 6.4 TRAMO CONTINUO

Los tramos continuos sobre más de dos soportes se describen como sistemas indeterminados estáticamente.

La carga en un tramo –la zona entre dos soportes– afecta el comportamiento del tramo en las zonas adyacentes.

Los escenarios de carga potencial son prácticamente infinitos. Las consecuencias posibles para la carga admisible son tan complejas que es imposible publicar una tabla específica para las numerosas combinaciones de carga.

Sin embargo, la información sobre la reacción del soporte en tramos de soporte múltiple es muy importante, porque la fuerza de corte en los puntos de apoyo debe permanecer dentro del rango admisible para el truss y para el punto de apoyo.

Además, la propiedad del momento flector sobre los soportes interiores es inversa a la del medio del tramo. En el medio del tramo, el momento flector causa tensión en los cordones inferiores y compresión en los cordones superiores. Sobre los soportes del medio, la fuerza de flexión causa tensión en los cordones superiores y compresión en los cordones inferiores.

Por lo que a esta cuestión se refiere, Prolyte cumple con los requisitos del organismo nacional de normalización de Alemania (DIN), así como con los últimos desarrollos en los borradores de ESTA-ANSI (USA), PLASA-BSI (UK), NEN (NL), VPLT (D) y CEN (EU) sobre diseño, fabricación e instalación de trusses en tecnología de espectáculos.

## 6.5 CARGA DE LAS ESQUINAS DEL TRUSS

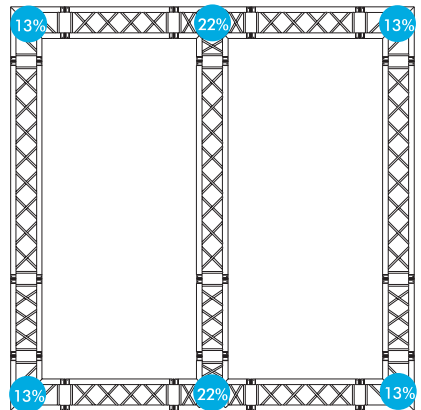
La determinación exacta de la carga permisible en los elementos de la esquina es un asunto complicado. El diseño y construcción de un elemento de esquina afectará a la carga permisible sobre ese elemento. No todos los elementos de la esquina pueden absorber la carga aplicada por las secciones de truss conectadas cuando estas se encuentran bajo una carga máxima. Muchos fabricantes no toman esto en consideración cuando aluden a sus valores de carga. Además, no solo la construcción es decisiva para la carga permisible en un elemento de esquina, sino que también lo es su posición en la construcción de un truss 2D o 3D.

Por consiguiente, la carga en los elementos de la esquina se debe analizar para cada caso en particular, incluyendo las longitudes y cargas en las secciones de truss colindantes.

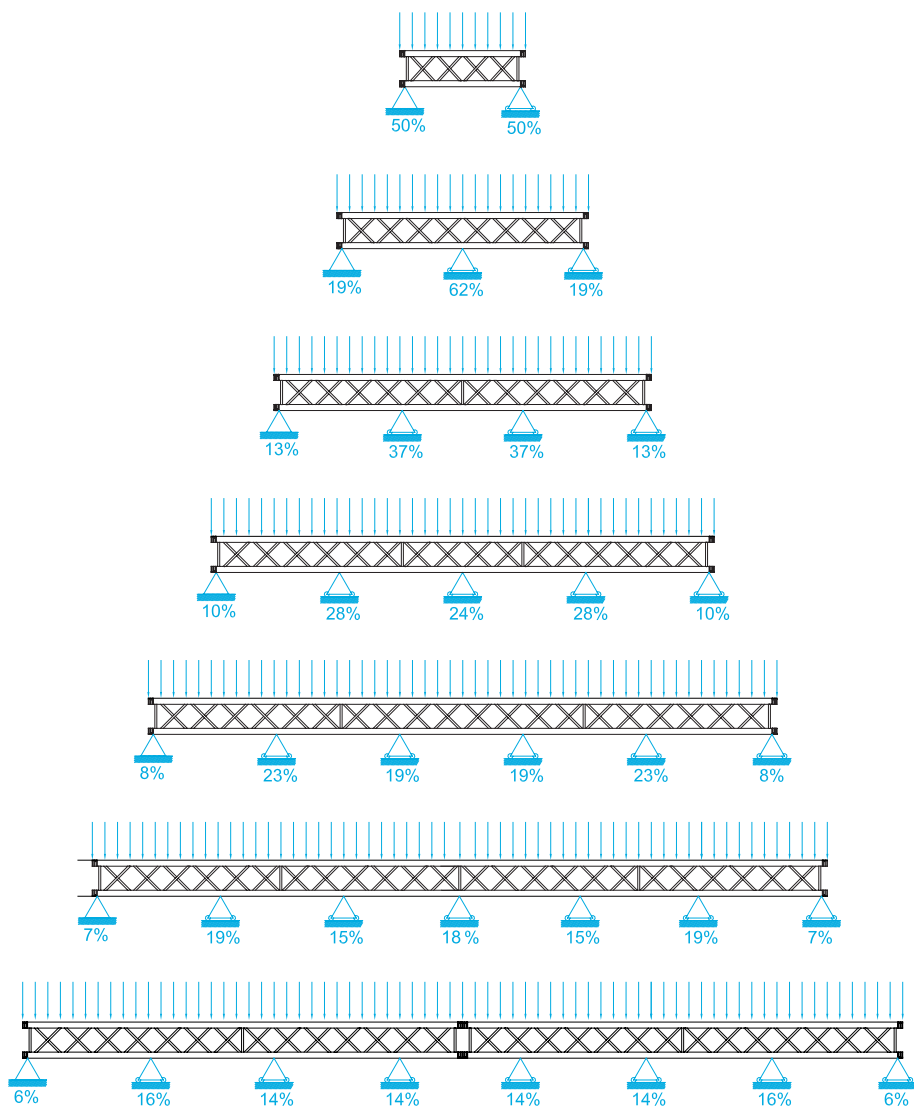
Durante los últimos dos años, Prolyte ha mejorado sus elementos soldados de esquina o los ha rediseñado para aumentar la capacidad permisible. Como norma general, se puede asumir que las secciones de truss colindantes con elementos de esquina soldados Prolyte se pueden cargar con alrededor de un 50% - 100% de su carga permisible.

Si miramos a las tablas de carga para la carga en un punto centrada del tramo más corto, por ejemplo 4 m X30D = 451,3 kg, solo se puede asumir un 50% de este valor, es decir, 225,7 kg. Los soportes con el porcentaje más alto no deberían someterse nunca a cargas mayores que esta. Así pues, podemos calcular un mínimo de carga uniformemente distribuida para una construcción usando trusses X30D de 1026 kg aproximadamente. Esto significa cargas de soporte de:

140,6 kg   225,7 kg   140,6 kg  
140,6 kg   225,7 kg   140,6 kg



Asumiendo que cada nodo del truss representa un soporte, las reacciones aproximadas del soporte vienen dadas aquí como un porcentaje de la carga uniformemente distribuida total de una construcción cuadrada con un truss central.

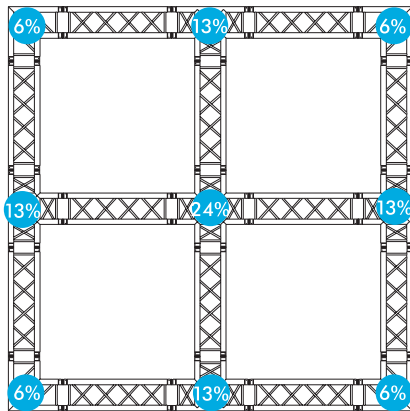






Asumiendo que cada nodo del truss representa un soporte, las reacciones aproximadas del soporte vienen dadas aquí como un porcentaje de la carga uniformemente distribuida total de una construcción cuadrada con un cruce de truss en el centro.

Si miramos a las tablas de carga para la carga en un punto centrada del tramo más corto, por ejemplo 4 m X30D = 451,3 kg, solo se puede asumir un 50% de este valor, es decir, 225,7 kg, para determinar la carga permisible del nodo C-016. El soporte con el porcentaje más alto no debería someterse nunca a una carga mayor que esta. Por tanto, podemos calcular un máximo permisible de una carga uniformemente distribuida



para una construcción con trusses X30D de aproximadamente 1026 kg. Esto significa cargas de soporte de:

56 kg	122 kg	56 kg
122 kg	225,7 kg	122 kg
56 kg	122 kg	56 kg

Aquí se ha de hacer hincapié en que casi un cuarto del total de la carga uniformemente distribuida está concentrada en el módulo de la sección de cruce central.

## 6.6 INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA DEL TRUSS CIRCULAR

Polyte es conocido por su completa gama de series de truss para el más amplio abanico de aplicaciones. Además, Polyte fabrica trusses circulares, arcos, y elipses. Polyte fabrica estos trusses curvos con un nivel de precisión especialmente alto para asegurar un ajuste preciso sin deformación.

Todos los trusses se fabrican en un departamento especializado dentro de la empresa. Este departamento está equipado con plantillas de soldadura de última generación que se diseñan en la casa. Estas plantillas de soldadura permiten que los segmentos circulares se fabriquen como elementos estándar, desde el truss decorativo E20 la robusta serie S66. Esto asegura que cada segmento curvo se pueda insertar en cualquier posición en un círculo sin afectar la forma global del círculo.

Los trusses circulares y arcos se pueden hacer con cualquier serie de truss, excepto las S52F y S100F.

### Producción de truss circular

Aunque Polyte ha elevado la producción de trusses circulares al mismo nivel que los trusses rectos, siempre hay diferencias entre ambos.

La producción de trusses curvos precisa de un tiempo considerablemente mayor. Cada tubo de cordón individual tiene que enrollarse para el radio específico que necesita con el fin de funcionar como tubo de cordón de un truss circular. Esto significa que un truss curvado tiene al menos dos radios distintos de tubo de cordón: el radio interno y el externo. Los rodillos de la máquina curvadora pueden enrollar cada tubo sólo sobre una longitud limitada. La pérdida durante el curvado es de aproximadamente 20-25 cm en el extremo de cada tubo. Esto significa que una longitud de 6 m de un producto semi-terminado tiene una longitud curvada de alrededor de 5,5 m. Esta es la longitud del segmento para trusses curvados que forman un círculo. Otro factor que afecta a la producción de círculo y arco es la posición de las diagonales. Esto lo define exactamente el equipo de soldadura cuando produce trusses rectos. Sin embargo, para producción circular, no existe una solución factible.

Hay un límite más bajo para el radio de curvatura para cada tipo de tubo. Si el radio se hace más pequeño, el tubo de cordón adopta una forma oval (un 10% de deformación es el límite máximo) y pierde su superficie brillante debido a las grandes fuerzas de compresión en el filo interior. El grado al que un tubo puede enrollarse con resultado satisfactorio depende de tres factores:

- el diámetro exterior del tubo; esto tiene una incidencia directa en el momento de inercia geométrico y la resistencia a la curvatura.
- grosor de la pared del tubo; esto también influye directamente en el momento de inercia geométrico y en la resistencia a la curvatura, siendo las paredes más gruesas menos propensas a cambios de superficie, pero requiriendo considerablemente más tiempo y energía para curvarse.
- composición del tubo; cuanto más baja la rigidez, más fácil es el proceso de moldeado en frío.

Prolyte proporciona los valores de las dimensiones del truss circular como el radio exterior del tubo de cordón exterior. El radio interno del tubo de cordón interno limita el proceso de curvado.

E -Serie (32 x 1,5 mm)	Radio mínimo de curvatura del tubo 400 mm Diámetro mínimo del círculo 1,3 m
X -Serie (51 x 2 mm)	Radio mínimo de curvatura del tubo 1,000 mm
X30 -Serie	Diámetro mínimo del círculo 2,2 m
X40 -Serie	Diámetro mínimo del círculo 2,4 m
H -Serie (48 x 3 mm)	Radio mínimo de curvatura del tubo 800 mm
H30 -Serie	Diámetro mínimo del círculo 2,2 m
H40 -Serie	Diámetro mínimo del círculo 2,4 m
S -Serie (50 x 4 mm)	Radio mínimo de curvatura del tubo 1,300 mm
S36R	Diámetro mínimo del círculo 3,2 m
S36V	Diámetro mínimo del círculo 3,4 m
S52V	Diámetro mínimo del círculo 3,7 m
S66R	Diámetro mínimo del círculo 3,6 m
S66V	Diámetro mínimo del círculo 4,2 m

Los valores dados son las dimensiones mínimas del círculo que aseguran que la superficie de cada tubo y la estabilidad no se deterioran demasiado.

Pedir un truss circular

Para aplicaciones en tecnología de espectáculos, siempre recomendamos un división en 4, 8, 12, 16... segmentos. Con esta división, los círculos se pueden usar en construcciones diferentes, como se muestra en las figuras siguientes. El número de segmentos de un círculo depende del radio del círculo.

La longitud máxima del tubo que se puede curvar es de 5,5 m, lo que significa que los segmentos circulares no pueden ser más largos. Las longitudes medias de entre 2 m y 4 m son más fáciles de manejar, transportar y almacenar. Recomendamos que nuestros clientes se atengan a estos valores cuando pidan un círculo.

Además, para trusses circulares de tres cordones, no se debe olvidar la posición del triángulo – apuntando arriba/abajo, exterior o interior –.

Cargas en trusses circulares

Los trusses circulares en posición horizontal –y hasta cierto punto también segmentos de arco– pueden absorber menos carga que los trusses rectos.

En un segmento en arco, los tirantes en el plano vertical para el lado exterior e interior son fundamentalmente distintos. Por tanto, la longitud efectiva de los tirantes es siempre mayor en el lado exterior que en el interior. Esto significa que se crea una distribución asimétrica de la fuerza dentro del truss.

El resultado es no solo una carga diferente en el tubo de cordón, diagonales y elementos de conexión por las fuerzas de flexión y de corte, sino también una fuerza de rotación y torsión que afecta la capacidad de aguantar del truss.

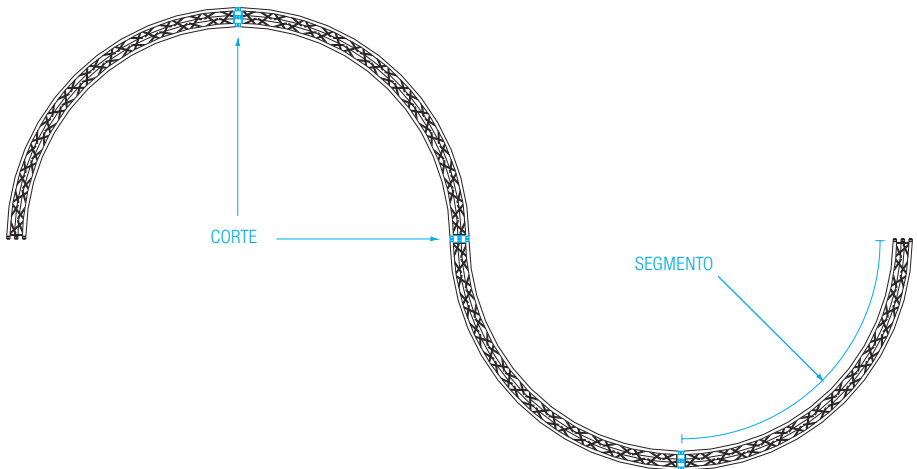
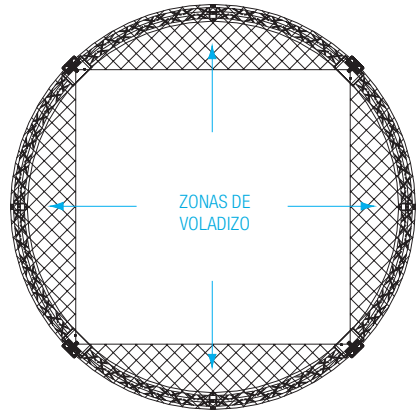


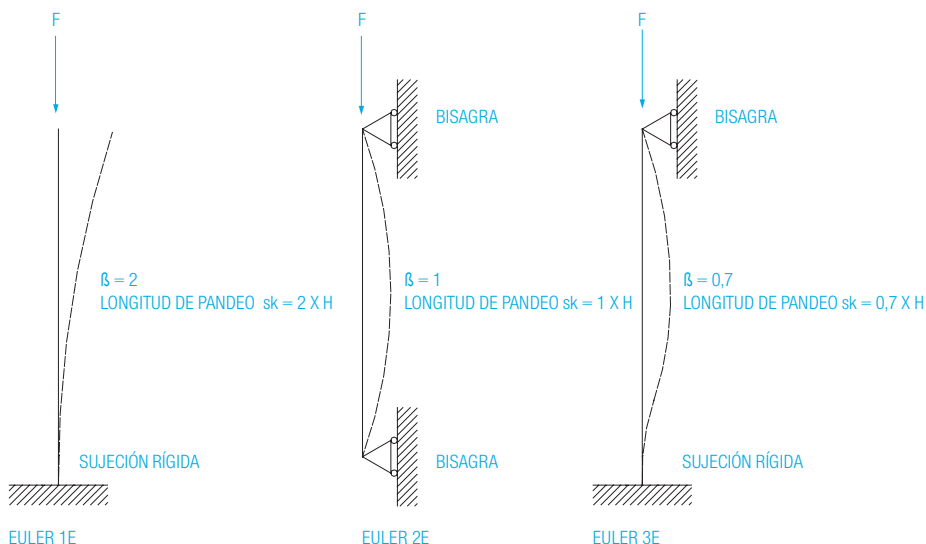
La fuerza de torsión influye sobre el peligro de pandeo de los tramos arqueados. Estos efectos tienen gran influencia sobre los distintos tipos de truss circular, dependiendo de si tienen dos, tres o cuatro tubos de cordón. El número mínimo de apoyos para los trusses circulares y diagonales sobre todos los lados usados en una posición horizontal sin provocar problemas de estabilidad o equilibrio es “tres”.

Los trusses circulares con solamente dos apoyos son principalmente inestables y, por tanto, se consideran inseguros.

Si un truss circular se inclina desde una posición horizontal o si se mueve durante un espectáculo, es extremadamente difícil calcular la carga permisible porque no es imposible predecir que resulta de cada posible ángulo de inclinación.

En tales casos, recomendamos encarecidamente contratar los servicios de un ingeniero estructural.





### 6.7 CARGA PERMISIBLE EN TRUSSES DE TORRE

A nuestro departamento de ingeniería se le piden frecuentemente tablas de carga para trusses usados como torres.

En tales aplicaciones, el pandeo puede conducir fácilmente a fallo antes de alcanzar la carga de compresión permisible. Por compresión, la torre de truss tiende a deformarse lateralmente (costados). Importantes factores aquí son:

- La altura de la torre.
- Las dimensiones de las secciones de cruce.
- La sujeción de la torre (superior/inferior) en ambos extremos.

Situaciones de pandeo de Euler:

- **Euler 1:** El mástil está completamente sujeto en la base, efecto voladizo en la parte superior.
- **Euler 2:** El mástil tiene conexiones de bisagra en la base y la parte superior.
- **Euler 3:** Mástil en sujeción rígida en la base, conexión con bisagra en la parte superior.

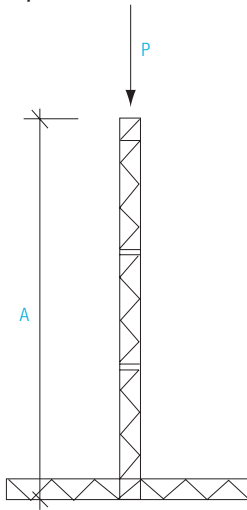
Puesto que muchos factores intervienen al calcular el riesgo de pandeo, no es posible dar valores de carga permisible cuando solamente se conoce la altura de la torre.

Una tabla que incluya todos los factores no es viable. Se necesitarían varios Libros Negros solo para este tema. En situaciones en las que la carga se desvía de los valores dados en el catálogo y descrita en el apartado siguiente, se necesitan cálculos específicos para cada caso en particular. Recomendamos encarecidamente que estos cálculos los realice un especialista.

Proporcionamos tres ejemplos que se encuentran en la práctica diaria. Todos los casos se basan en el hecho de que los mástiles se apoyan simétricamente en dos direcciones opuestas de un rectángulo (es decir, si se usan vientos en un lado, han de utilizarse también en el otro).



### Ejemplo 1



#### Columna de voladizo

(Mástil independiente con sujeción por la sección base o trusses conectados a la parte inferior).

Se asume: Solo carga vertical (sin carga horizontal a causa de la fuerza del viento, etc. > uso sólo en interiores).

Longitud de pandeo = 2-3 x longitud del mástil.

#### Torre sencilla

Torre independiente sobre una base o en una construcción de base hecha de trusses; se asume una carga estrictamente vertical (sin fuerzas horizontales como carga por el viento). Sin momento flector por ruedas sin flecha.

Truss: H30V

Altura de la torre h: 6,0m

Factor B asumido para determinar la longitud efectiva:  $\beta = 2,5$

Esto nos da una longitud efectiva de:  $s_k = \beta \times h$

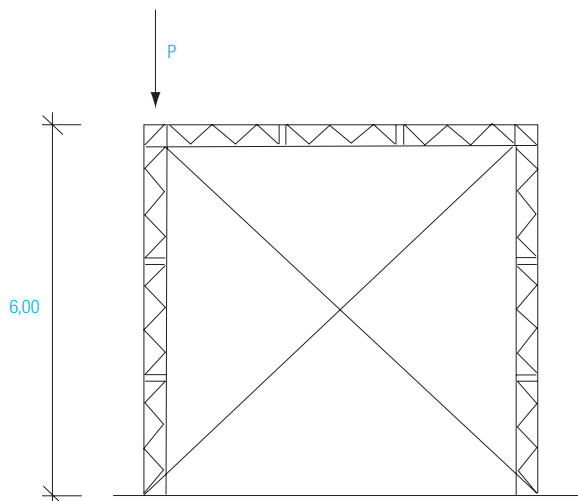
**Por ejemplo:**

$s_k = 2,5 \times 6\text{m} = 15\text{m}$

Las tablas Omega en DIN 4113 contienen un factor para determinar la fuerza normal permisible para este tipo de truss y la longitud efectiva.

La máxima fuerza compresiva permisible es  $P=15\text{kN}$ , correspondiente a una carga de aprox. 1500 kg Una sección base estándar con estabilizadores largos se puede tratar de forma similar.

### Ejemplo 2



#### Columna terminada en punta

(Mástil con conexiones de bisagra en los lados superior e inferior, como una placa base en el lado inferior y una esquina estándar en combinación con vientos cruzados en el lado superior).

Se asume: El mástil está sujeto de forma totalmente simétrica en dos direcciones opuestas de un rectángulo.

Longitud de pandeo = longitud del mástil.

#### Columna de marco

(El mástil tiene una sujeción de bisagra en la parte inferior, una conexión curva rígida en la parte superior).

Se asume: El mástil está totalmente vertical.

Solo carga vertical (sin carga horizontal a causa de la fuerza del viento, etc. > solo para uso en interiores).

Longitud de pandeo = 2,0-3,5 x longitud del mástil

#### Ejemplo:

Truss H30V, altura 6,0m

Factor de pandeo  $\beta = 1$

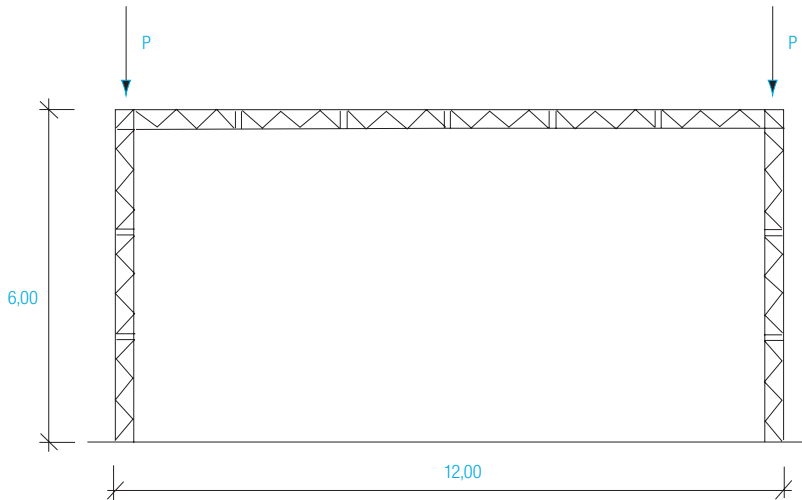
Longitud de pandeo  $> 1,0 \times 6,0 = 6,0\text{m}$

Las tablas Omega de DIN 4113 dan la fuerza normal permisible para la longitud de pandeo y el tipo de truss usado

Permisible  $P = 83 \text{ kN} > 8300 \text{ kg}$



### Ejemplo 3



#### Ejemplo:

Truss H30V, altura 6,0m, ancho de rejilla 12m.

El factor de pandeo depende de la rigidez de la conexión entre el truss vertical y el horizontal (mástil y rejilla). La rigidez también depende del ancho del marco.

Una rejilla más pequeña tiene una rigidez mayor y, por tanto, una longitud de pandeo menor.

Para una rejilla de 12m, el factor de pandeo es  $B = 3$ .

Longitud de pandeo  $> 3,0 \times 6,0 = 18,0\text{m}$

Las tablas Omega de DIN 4113 dan la fuerza normal permisible para la longitud de pandeo y el tipo de truss usado. Permissible  $P = 10 \text{ kN} > 1000 \text{ kg}$ .

Para una rejilla de 6m, el factor de pandeo  $B = 2,6$ .

Longitud de pandeo  $> 2,6 \times 6,0 = 15,6\text{m}$

Las tablas Omega de DIN 4113 dan la fuerza normal permisible para la longitud de pandeo y el tipo de truss usado.

Permissible  $P = 14 \text{ kN} > 1400 \text{ kg}$ .

Si se colocan tirantes diagonales entre el tramo horizontal y la columna para fortalecer la esquina, es posible reducir la longitud de pandeo. Sin embargo, estos tirantes han de tener un diseño específico adecuado, no vale cualquier tubo de andamio.

Las cargas verticales han de estar sobre el centro de gravedad de la torre y su base.

No ha de existir carga horizontal alguna.



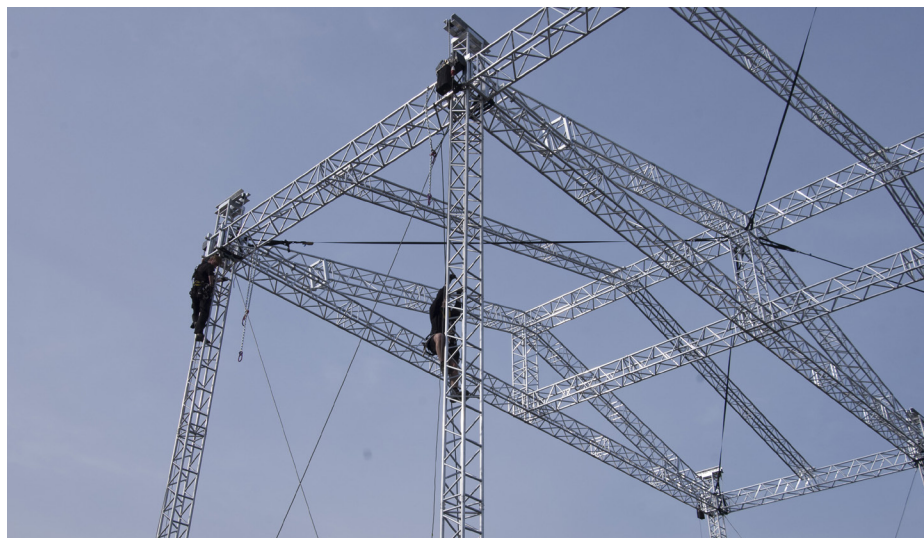


Foto: Prolyte Group, Leek, The Netherlands

### 7.1. UNA VISIÓN MÁS DETALLADA

En los últimos años, el mercado de la tecnología de espectáculos se ha expandido considerablemente, con muchos fabricantes de truss nuevos entrando a competir.

Más competencia en el mercado significa mayor surtido con precios más bajos, lo cual supone sin duda una ventaja para el consumidor. Una desventaja es el hecho de que esta situación puede crear confusión, porque los trusses de distintos fabricantes parecen iguales a primera vista. Para el usuario medio, es muy difícil juzgar la calidad basándose simplemente en la apariencia externa. Puede resultar incluso peligroso, porque hay algunos fabricantes en el mercado cuya estrategia consiste en copiar todo y tratar de persuadir al mercado de que sus copias a precios más bajos ofrecen el mismo nivel de calidad y seguridad. Nos gustaría señalar que hay diferencias entre países en los métodos de cálculo y especificaciones de construcción. Además, las interpretaciones distintas de los principios básicos, o una falta de conocimiento de la aplicación normal de los trusses pueden llevar a distintos resultados en los cálculos. Así, a primera vista puede parecer que hay

diferencias en la capacidad que soportan sistemas de truss iguales, pero de distinto fabricante.

Solo si se usan las normativas aprobadas internacionalmente para la construcción y los cálculos se puede comparar la capacidad de soporte.

Como en una cadena, un truss es tan fuerte como su eslabón más débil. La capacidad de carga de un truss viene determinada por numerosos factores. Solo un factor limita la capacidad de carga al mismo tiempo. Qué factor es depende de cómo se esté usando el truss en ese preciso momento. Por ejemplo, las características de la construcción (altura total, grosor de las paredes...) o características técnicas del material, como límite de elasticidad, pueden limitar la capacidad de soporte en un caso particular.

Incluso las bien conocidas normativas ya mencionadas (como ANSI, BS, NEN, EN y DIN) usan distintos métodos de cálculo para calcular construcciones de aluminio y acero. Sin embargo, estos métodos generalmente conducen en la práctica a los mismos resultados.



## 7.2 NORMATIVA EUROPEA

En los últimos 10 años, se ha desarrollado una cantidad de normas/directivas europeas relativas a trusses, construcciones de truss y escenarios. En el caso de construcciones temporales, se puede consultar EN 13814, el equivalente EU de DIN 4112, y la publicación inglesa 'Temporary Demountable Structures'.

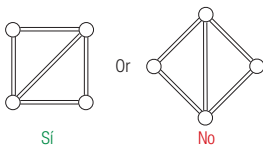
Si los trusses se usan para levantar cargas, quedan bajo la jurisdicción EU a la que se alude en la Directiva de Maquinaria.

Recientemente, se ha redactado un código de prácticas europeo en relación con la maquinaria de escenario y con estructuras que soportan cargas en el marco de la industria del espectáculo. Prolyte considera que la seguridad y la transparencia son muy importantes cuando se trata de proporcionar información a los usuarios. Por esta razón, Prolyte desempeña un papel fundamental como presidente del grupo de trabajo 'construcciones de truss', definiendo el contenido de este documento.

Hay varias partes para CWA 25.

Una parte trata de la fabricación de trusses y otra parte de su uso.

El código de prácticas estipula, entre otras cosas, que un fabricante tiene que indicar lo siguiente:



- Valores que incluyan un coeficiente de seguridad para trusses, porque sólo estos dicen algo sobre la situación real del truss.
- La orientación del truss con respecto a los valores establecidos.
- Valores que incluyan un coeficiente de seguridad para longitudes del truss y para más de 2 puntos de suspensión.

El usuario deberá también encontrar ciertos asuntos que garantizan la seguridad, por ejemplo:

- Las fuerzas a las que está sujeta la construcción.
- Si se pueden usar las tablas de carga 'normales' o hay que hacer algún cálculo.

## 7.3 ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL

EN AW6082 T6 es la aleación más comúnmente usada para fabricar trusses.

Otras aleaciones menos rígidas se usan en casos particulares. Como es el caso que las aleaciones de aluminio se endurecen, las especificaciones de una aleación específica se modifican por efecto del calor. La aplicación de calor durante la soldadura reduce el límite de elasticidad de material base en determinada zona alrededor de la soldadura.

Esta zona se llama zona afectada térmicamente (ZAT). El tamaño de la ZAT y la fuerza residual restante, así como la geometría de la pieza y muchos otros parámetros, están determinados por el proceso de soldadura en sí (por ejemplo MIG y WIG).

La normativa DIN correspondiente no distingue entre los distintos procesos de soldadura a la hora de calcular la capacidad de soporte.

Otras normativas sí incluyen esta diferenciación, aunque no se acepta generalmente.



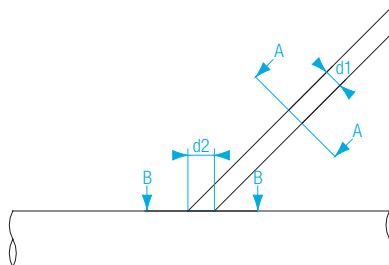
Foto: Prolite Group, Leek, The Netherlands

### 7.4 MÉTODOS DE CÁLCULO

Como el aluminio es muy flexible a causa de su bajo coeficiente de elasticidad, se adoptan los tirantes diagonales para montarlos flexiblemente en ambos lados con propósitos de cálculo.

Si se usan sujetándose en ambos lados, esto reducirá la longitud de pandeo. Los modernos métodos de ingeniería establecen que, para estructuras espaciales en las que el cordón principal tiene un diámetro mucho mayor que las diagonales, se produce una situación en la que la sujeción es una combinación de ambos y por consiguiente un factor de reducción de la longitud de pandeo.

Como se muestra en la ilustración de abajo, biselar los tirantes del tubo de cordón permite una circunferencia mayor en la intersección ( $d2$ ) y por tanto una circunferencia mayor para la soldadura comparado con la circunferencia del tirante ( $d1$ ). Esta diferencia implica que la soldadura se puede tomar alrededor de 9/10 de la circunferencia sin reducir la capacidad total de soporte de la conexión.



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

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

$d1 < d2$

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



## 8.1 TRUSSES COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO

### General

Las regulaciones o normativas para calcular construcciones de aluminio están disponibles en casi todos los países del mundo. Se aplican regulaciones similares en la mayoría de los países de Europa y Norteamérica, de modo que cabría esperar que los cálculos arrojaran resultados parecidos. Ojalá fuera así, pero desgraciadamente no lo es. Sería ideal que los métodos de cálculo para los trusses nos los diera una plantilla. En cambio, este proceso de coordinación mundial no ha hecho más que comenzar.

Un organismo independiente ha de probar los trusses dentro de un test teórico, y han de revelarse los valores teóricos y los métodos de cálculo. Todos los cálculos deberían ajustarse a las normas, de modo que se puedan comparar.

### Elemento constructivo

Las estructuras se pueden hacer con tramos rectos de truss en combinación con elementos de esquina. Estas estructuras pueden ser independientes y se pueden aguantar una determinada carga. Si un truss se usa como parte de dicha estructura, se puede comparar con un tramo de acero en un edificio normal. Sin embargo, los factores de seguridad no se pueden comparar con los factores de seguridad habituales en la construcción en acero porque:

- Los trusses se usan principalmente para estructuras móviles o temporales.
- Los trusses se transportan regularmente.
- Un truss se usa en muchas estructuras diferentes durante su vida útil.
- Los trusses están hechos de aluminio, un material relativamente blando.

Por esta razón, los trusses están sujetos a desgaste y rotura. La normativa británica BS 7905/7906, CWA 15902-1&2 y la normativa americana ANSI E1.2-2000 establece multiplicar los valores en las tablas de carga con el factor 0,85 para compensar el desgaste y rotura.

Desgraciadamente, estas normativas no regulan cuándo hay que deshacerse de los trusses. Estos datos los tienen que proporcionar

los fabricantes como medida de seguridad para los trabajadores con trusses. Nosotros pro-por-cionamos los criterios correspondientes para saber cuándo se han de rechazar los trusses y también ofrecemos un servicio de inspección para elementos de truss.

La normativa alemana W SQP1 establece que el fabricante del truss no es responsable del desgaste del truss. A falta de directrices claras para esta materia, de acuerdo con la normativa CE la responsabilidad recae sobre el propietario/usuario del truss.

## 8.2 TRUSSES USADOS COMO EQUIPO DE ELEVACIÓN DE SOPORTE DE CARGA

### General

Si un truss se usa como medio con una capacidad de carga soportada por dispositivos de elevación como polipastos de cadena, el polipasto puede considerarse parte de una construcción de grúa o como una viga de elevación (según EN 13155:2003+A2:2009- Grúas- accesorios para elevación de carga no-fijos).

Tales estructuras se calculan como tramos de acero normales, pero se incluye seguridad adicional limitando la flecha permisible bajo carga e incrementando el factor de seguridad 1,2.

### ¿La flecha es un factor limitador?

Los límites para el valor absoluto de la flecha vienen dados por la normativa local y dependen del uso de la estructura construida y del tipo de construcción. Los trusses han de tratarse igual. La limitación de flecha permisible deben en primer lugar considerarse un valor funcional, y no un factor de seguridad adicional.

Aquí se debe hacer hincapié en que la flecha permisible para trusses es generalmente mayor que la tolerada para usos en otras áreas técnicas. Los trusses combados no dan la impresión de ser una estructura de apareamiento muy sólida, incluso si los trusses no han alcanzado su máxima capacidad de carga.

## 8. DETERMINAR LOS FACTORES DE SEGURIDAD

### 8.3 FACTORES DE SEGURIDAD PARA TRUSSES PROLYTE

Todos los trusses Prolyte que han pasado las pruebas están calibrados por ingenieros expertos. Como Prolyte no puede prever los distintos usos de los trusses, el cálculo de cargas permisibles incluye los mismos factores de seguridad que se usan en ingeniería, como al calibrar estructuras de soporte de aluminio.

Estos factores de seguridad son de 1.7 para deformación plástica y de 2.3 - 2.8 para fallo de los trusses, relativo a los valores máximos permisibles dados en las tablas de carga.

**ADVERTENCIA:** A Prolyte le gustaría advertir expresamente a sus clientes que es ILEGAL exceder las cargas permisibles para los trusses.

Muchas veces los clientes no están seguros o se sienten confusos sobre la necesidad de usar factores de seguridad más altos (10 o 12) para tecnología de espectáculos.

Estos factores de seguridad más altos, requeridos por aseguradoras de accidentes por ejemplo, tienen efecto cuando el equipo técnico se usa para transportar personas o para sostener o mover carga sobre personas.

El origen de esto es la Directiva de Maquinaria EC; sin embargo, esto "solo" requiere doblar el factor de seguridad del fabricante.

Sin embargo, si el equipo técnico se ha probado oficialmente, (con test teórico), para el propósito de la aplicación (por ejemplo para sostener carga sobre personas), se pueden aplicar los valores de carga del test. Puede encontrar más detalles en los informes de pruebas de los centros de pruebas.

Si las regulaciones, directrices o leyes nacionales o regionales sobre el equipo técnico son más exigentes, se han de seguir siempre estas.

Se requiere de los usuarios/técnicos que estén al día de las versiones vigentes de todas las regulaciones, directrices, leyes y normativas.



Foto: Prolyte Group, Leek, The Netherlands



Los valores de carga se aplican para un solo tramo sin voladizos sujeto a una UDL (carga uniformemente distribuida), una CPL (carga en un punto centrada) o varias cargas en un punto iguales

a distancias regulares entre sí y con respecto a los soportes.

Las tablas de carga se aplican a tramos compuestos de cualquier longitud o tipos de truss.

1 Longitud del tramo de truss en metros.

2 Longitud del tramo de truss en pies.

3 Carga uniformemente distribuida (UDL) permisible en kg/m.

4 Carga uniformemente distribuida (UDL) permisible en lb/ft.

5 Flecha en milímetros bajo UDL.

6 Flecha en pulgadas bajo UDL.

7 Carga permisible en kg centrada en un punto (un punto que divide el tramo en 2 secciones iguales).

8 Carga permisible en lb centrada en un punto (un punto que divide el tramo en 2 secciones iguales).

9 Flecha en milímetros bajo CPL.

10 Flecha en pulgadas bajo CPL.

11 Cargas en un punto de un tercio (TPL) permisibles en kg (dos cargas en un punto iguales que dividen el tramo en 3 secciones iguales).

12 Cargas en un punto de un tercio (TPL) permisibles en lb (dos cargas en un punto iguales que dividen el tramo en 3 secciones iguales).

13 Cargas en un punto de un cuarto (QPL) permisibles en kg (tres cargas en un punto iguales que dividen el tramo en 4 secciones iguales).

14 Cargas en un punto de un cuarto (QPL) permisibles en lb (tres cargas en un punto iguales que dividen el tramo en 4 secciones iguales).

15 Cargas en un punto de un quinto (FPL) permisibles en kg (cuatro cargas en un punto iguales que dividen el tramo en 5 secciones iguales).

16 Cargas en un punto de un quinto (FPL) permisibles en lb (cuatro cargas en un punto iguales que dividen el tramo en 5 secciones iguales).



## 9. TABLAS DE CARGA

**X30W - Carga permisible**

TRAMO		Carga Uniformemente Distribuida		FLECHA		CPL		FLECHA		Carga en un punto centrada		FLECHA		CARGAS EN UN PUNTO MÁXIMAS PERMISIBLES				TRAMO	
m	ft	kg/m	lbs/ft	mm	inch	kgfs	lbs	mm	inch	kgfs	lbs	mm	inch	TPL	OPL	FPL	peso total		
1	3.3	1965.3	1335.8	1	0.04	1965.3	4381.6	1	0.04	992.7	2190.8	660.9	1458.7	496.3	1095.4	1095.4	5.1		
2	6.6	990.1	666.2	4	0.16	1980.2	4370.3	3	0.12	990.1	2185.2	658.4	1453.0	495.1	1092.6	1092.6	10.2		
3	9.8	658.4	443.0	9	0.35	1405.1	3101.1	7	0.28	987.6	2179.5	655.8	1447.4	493.8	1089.8	1089.8	15.3		
4	13.1	492.5	331.4	17	0.67	1049.4	2316.0	13	0.51	787.0	1737.0	524.7	1158.0	435.5	961.1	20.4			
5	16.4	334.0	224.7	26	1.02	834.9	1842.7	21	0.83	626.2	1382.0	417.5	921.3	346.5	764.7	25.5			
6	19.7	230.4	155.0	37	1.46	691.1	1525.2	30	1.18	518.3	1143.9	345.5	762.6	286.8	633.0	30.6			
7	23.0	167.9	113.0	51	2.01	587.6	1296.9	41	1.61	440.7	972.7	293.8	648.4	243.9	538.2	35.7			
8	26.2	123.3	84.4	69	2.71	567.4	1254.2	56	2.20	411.0	912.2	273.7	604.1	215.1	476.6	40.8			
9	29.5	99.6	67.0	84	3.31	448.0	988.7	67	2.63	336.0	741.5	224.0	494.3	185.9	410.3	45.9			
10	32.8	79.7	53.6	103	4.06	398.3	879.1	83	3.27	298.8	659.3	199.2	439.6	165.3	364.8	51.0			
11	36.1	65.0	43.7	125	4.92	357.3	788.5	100	3.94	267.9	591.3	178.6	394.2	148.3	327.2	56.1			
12	39.4	53.8	36.2	149	5.87	322.6	712.0	119	4.69	241.9	534.0	161.3	356.0	133.9	295.5	61.2			
13	42.6	45.1	30.3	175	6.89	292.9	646.4	140	5.51	219.7	484.8	146.4	323.2	121.5	268.2	66.3			
14	45.9	38.1	25.7	202	7.95	267.0	589.4	162	6.38	200.3	442.0	133.5	294.7	110.8	244.6	71.4			
15	49.2	32.6	21.9	233	9.17	244.3	539.2	186	7.32	183.2	404.4	122.2	269.6	101.4	223.8	76.5			
16	52.5	28.0	18.8	264	10.39	224.1	494.6	212	8.35	168.1	370.9	112.0	247.3	93.0	205.3	81.6			

1 inch = 25.4 mm 1 m = 3.28 ft 1 lbs = 0.453 kg

• Cifras de carga solo válidas para cargas estáticas y tramos con dos puntos de apoyo

• Los tramos han de apoyarse en cada extremo

• Si intervienen cargas dinámicas o cargas por viento, o si se aplican más puntos de apoyo, póngase en contacto con un ingeniero estructural o con el Servicio de Asistencia Prolite.

• Las cifras de carga están basadas en normativas alemanas DIN; para cumplir con BS 7905-2 / ANSI E1.2-2006 / CWA 15902-2, los datos de carga deben multiplicarse por 0,85

• El peso propio de los trusses ya se ha tenido en cuenta

• Para tramos más largos de lo indicado y con una configuración de la carga distinta, usa el programa KYLO

• Prolite Structures puede crear piezas personalizadas bajo demanda



Certificado de marca de homologación N° 2258/04.  
Informe de test N° 2257/04. Certificación TÜV válida únicamente para la tabla de carga de más arriba.





### 10.1 REGULACIONES PARA FABRICAR TRUSSES

La fabricación de trusses hechos de aluminio está sujeta a la siguiente normativa:

- Aleaciones de aluminio (EN 573), denominación, composición química, propiedades físicas como límite de elasticidad, propiedades de dureza.
- Soldadura de aluminio (ISO 9606-2).
- Estructuras de aluminio (Eurocódigo 9 = EN1999-1)

Prolyte fabrica trusses de aluminio para tecnología de espectáculos atendiendo a los siguientes aspectos:

#### Materiales

Los materiales procesados por Prolyte están sometidos al riguroso control de calidad de los suministradores. Los materiales de aluminio en particular son en apariencia iguales, pero pueden tener sensibles diferencias de calidad. Los usuarios deberían preguntar siempre qué materiales ha usado un fabricante; un buen documento de información sobre el producto debería contener esta información. Prolyte usa tubos de aluminio hechos del material EN AW-6082 T6.

Las propiedades significativas de esta aleación para trusses están como un 10% por encima de los hechos con material EN AW-6061, que se usa principalmente en EE.UU. Los materiales usados por Prolyte tienen siempre una certificación de fábrica 3.2, de acuerdo con EN 10204. Este certificado confirma que la composición química y propiedades mecánicas se hallan dentro del margen de tolerancia prescrito.

#### Procedimiento de soldadura

No es fácil juzgar una línea de soldadura por su aspecto. Prolyte garantiza que la soldadura se realiza en estricta conformidad con lo establecido por ISO 3834 y DIN 4113-3.

Esto requiere emplear técnicos de soldadura cualificados o un ingeniero de soldadura. Además, todos los soldadores han de estar certificados con arreglo a la ISO 9606-2. El procedimiento de soldadura usado ha de ser según la ISO 15614-2.

#### Control de calidad

Prolyte garantiza la calidad de sus productos

con un procedimiento de control de calidad que se desarrolló de acuerdo con la ISO 3834. Esta normativa describe todos los pasos para el proceso de fabricación que influyen en la terminación del producto.

#### Certificación de producto

Todos los trusses producidos en serie son "probados" por RWTÜV. Los sistemas de torre Prolyte llevan la etiqueta CE y las construcciones Prolyte se pueden entregar con cálculos estáticos verificables.

### 10.2 REGULACIONES PARA ENSAMBLAR TRUSSES

El ensamblado de trusses en tecnología de espectáculos se divide según la situación en que se usan:

#### 1. Ensamblado de trusses en exteriores

Si las estructuras de trusses se ensamblan en exteriores, se consideran trabajos estructurales y, por consiguiente, están sujetos a las leyes de construcción y las regulaciones de construcción correspondientes.

Las regulaciones generales de construcción consideran tales estructuras permanentes como norma – y por ello sometidas a las condiciones medioambientales como tormentas, nieve y heladas, pero como las estructuras de truss para tecnología de espectáculos son generalmente temporales, existen normativas y regulaciones especiales para cubrirlas.

Las estructuras con el mismo diseño cuyo uso previsto es el ensamblado y desmantelamiento en distintas ubicaciones se consideran "estructuras desmontables temporales".

Su diseño y construcción están regulados en EN13814 – "Estructuras Temporales". Las leyes de construcción tienen regulaciones que contienen un párrafo sobre "Aprobar las estructuras temporales desmontables" donde se define el requisito para la aprobación de una construcción (Especificaciones Estructurales).

Finalmente, las "Directivas de muestra para la construcción y operación de estructuras temporales

desmontables” definen requisitos para una estructura móvil tales como salidas de emergencia, material de construcción, clases de materiales usados y cumplimiento de las regulaciones de seguridad. Un campo particularmente complicado en relación a los trusses en estructuras temporales desmontables es la intercambiabilidad de elementos de truss individuales de una construcción. Las estructuras temporales desmontables clásicas son atracciones de feria en las que los elementos estructurales individuales tienen una posición específica en la estructura y, por tanto, tienen que pasar regularmente pruebas de evaluación; sin embargo, para trusses no existe actualmente el requisito de que un evaluador los compruebe. Los fabricantes, usuarios y aseguradores de la industria del espectáculo deberían responder abiertamente y honradamente a todas las preguntas sobre responsabilidad, obligaciones y seguridad.

### 2. Ensamblado de trusses en edificios anexos

Si las estructuras de truss se erigen en edificios anexos, no se consideran trabajos estructurales —ya que no están conectados permanentemente con el edificio—, sino como instalaciones; por consiguiente, no están directamente sujetos a los requisitos de leyes sobre construcción. Sin embargo, sí requieren prueba de capacidad de carga y estabilidad. La prueba de capacidad de carga para instalaciones de truss suspendidas puede ser proporcionada por evaluadores expertos que usen valores de carga reconocidos para sistemas estáticos simples. Las estructuras suspendidas complejas o estructuras temporales desmontables, las estructuras requieren generalmente la inspección de un evaluador que pueda demostrar que son capaces de realizar un cálculo estático verificable. Sin embargo, un ingeniero estructural ha de inspeccionar las estructuras complejas o particularmente altas, con soportes delgados.

Las normativas y directrices adicionales en otros países miembros de la UE son “Estructuras desmontables temporales” y BS 7906 — “Código de prácticas para uso de trusses y torres de aluminio y acero” de Gran Bretaña.

### 10.3 DIRECTIVAS PARA TRUSSES Y DISPOSITIVOS DE ELEVACIÓN

#### De normativas nacionales a Eurocódigos

Uno de los efectos positivos de la Unión Europea es la gradual transferencia de regulaciones nacionales al sistema europeo de “código /legislación reguladora integrada”.

Podemos ver el principio de normativas europeas coordinadas (EN) y Eurocódigos que reemplazarán las distintas normativas nacionales en un futuro próximo. Esta es el único objeto de evitar diferencias cuando se usan máquinas como elementos de la tecnología de espectáculos. Los dispositivos de elevación y accesorios proporcionarán especificaciones técnicas y serán clasificados por ley. Finalmente este proceso ha comenzado, pero lleva años completarlo.

Los trusses tienen una posición extraña desde un punto de vista de la regulación, aunque son componentes básicos en muy distintas aplicaciones. Para instalaciones permanentes como instalaciones de tienda unidas al techo de instalaciones de salas de fiestas, las especificaciones de diseño normales se han de usar para determinar la capacidad de soporte y seguridad. Los trusses deben cumplir con la Directiva sobre Productos de Construcción (305/2011/EC) para tales usos.

Para estructuras temporales, como apoyos en tierra o sistemas de techado para conciertos o en la construcción de puestos de exposiciones, se aplican otras regulaciones más estrictas. Debería ser evidente que las estructuras para cargas guiadas en elevación (p. ej. soporte de tierra de torre) o cargas en libre suspensión (p. ej. torre de aparejamiento) deben usarse de acuerdo a las directivas y regulaciones para instalaciones de mecanismos de elevación o soporte de carga.

#### Directivas europeas que describen el diseño y uso del equipamiento de elevación.

1. La Directiva de Maquinaria (2006/42/EC) se ha transformado en ley nacional en todos los estados miembros. Describe los requisitos mínimos de seguridad que se aplican al diseño y producción de maquinaria, incluyendo máquinas de equipamiento de elevación.



2. Las Directivas de Salud y Seguridad en el Trabajo (89/391/EEC) regula los deberes de los empleadores como partes responsables de la salud y seguridad de los empleados en el trabajo.
3. La Directiva sobre Equipo de Trabajo (2001/45/EC) define los requisitos mínimos de salud y seguridad cuando los empleados usan el equipo de trabajo en el trabajo. El empleador debe asegurar que el equipo de trabajo (incluyendo la maquinaria) no supone peligro para la salud o la seguridad de los empleados en el trabajo cuando se usa. Esto incluye el equipamiento de elevación que no se planeó originalmente para usarse en la elevación de cargas sobre personas.

### Desarrollos futuros

La legislación y normalización para tecnología de espectáculos están en proceso de desarrollo. Este segmento especial se puede contemplar ahora como un campo de trabajo independiente. Similar a la integración de la seguridad de la maquinaria en la legislación, la legislación para elevar cargas sobre personas se está coordinando lentamente.

En muchos países miembros de la UE, levantar cargas sobre personas se equipara con levantar personas. Esto con el fin de ser capaces de, al menos, tolerar la así llamadas representaciones de escenarios desde un punto de vista legal.

Las tendencias en regulaciones y directivas para teatro y tecnología de espectáculos coinciden en un punto: Si las cargas se levantan por encima de personas usando mecanismos de elevación convencionales (coherentes con la Directiva de Maquinaria), el 'factor de seguridad' debe ser el doble como mínimo. Esta tendencia se puede encontrar en las directivas y normativas industriales de muchos estados miembros de la UE y en algunos borradores en EE.UU.

En un futuro, esta tendencia – al menos dentro de la UE– puede conducir a una "Directiva de Espectáculos Europea" con normativas comparables para todos los estados miembros de la UE. Un primer paso en esta dirección es el "CEN Workshop Agreement CWA 15902-1&2".

Una asociación de fabricantes, organismos y usuarios interesados, actuando bajo los auspicios del Comité Europeo de Normalización (CEN) que elabora normativas y directrices que disfrutan del estado reconocido de regulaciones técnicas escritas transfronterizas.

Se espera un desarrollo similar en todo el mundo, aunque no todos los países están interesados en participar de estos principios.

Se debe destacar que los usuarios tendrían que familiarizarse con las regulaciones, directivas, ordenanzas o leyes regionales o nacionales que tengan que ver con la seguridad cuando operen dispositivos de elevación. Si estas regulaciones no existen en un país en particular, Prolyte recomienda encarecidamente que se aplique el principio de "doble factor de seguridad", ya que este se contempla hoy como la parte más importante de la "mejor práctica". Cada dispositivo de elevación, accesorio de izado o elemento de soporte de carga debería cargarse sólo con la mitad de capacidad de carga dada si tiene que haber personas bajo la carga levantada "por razones operativas".

Para los trusses – en tanto en cuanto estos son componentes de una instalación de elevación de carga– esto significa que se deberían cargar solamente con la mitad de las cargas permisibles dadas en las tablas de carga.

Solo el equipo de trabajo destinado a la elevación de cargas sobre personas y que se ha probado para este fin se puede someter a plena carga según los valores dados por el fabricante (instrucciones de identificación/operación). En este caso el fabricante comparte la responsabilidad si el equipo falla bajo condiciones de operación normales. Incluso si la reducción a un 50% en instalaciones de carga normal parece drástico, se puede conseguir fácilmente aumentando el número de soportes para tramos largos de truss o con la selección de un truss con una superior capacidad de soporte de carga.

Los técnicos responsables que muestren preocupación por los niveles de calidad y seguridad no encontrarán dificultad en cumplir con este tipo de normativas y casos prácticos. Prolite puede ofrecer formación para adquirir este tipo de conocimientos.

### **La seguridad primero**

Es hora de darse cuenta de que los argumentos económicos nunca pueden pesar más que la seguridad de los empleados o del público. Existen varias instituciones y organizaciones para control de calidad y certificación. Todas basan su trabajo en la normativa de sus respectivos países.

En Europa, la TÜV alemana o la 505 suiza es generalmente reconocida como la principal autoridad de certificación; otros institutos bien conocidos son Lloyds (Gran Bretaña), DNV (Noruega) y Bureau Veritas (Francia). En Europa existe un número de instituciones reconocidas que están legalizadas para certificar equipamiento de trabajo cubierto por la Directiva Europea. Incluso si los trusses para tecnología de espectáculos no están relacionados con ninguna Directiva Europea, los trusses usados sobre personas deben cumplir con la Directiva para Equipos de Trabajo (89/655/EEC) y por tanto requieren un análisis de riesgos para este uso específico.

Even if trusses for event technology are not dealt with in any European Directive, trusses used above persons must comply with the Directive for Work Equipment (89/655/EEC) and therefore require a risk analysis for this specific use.



Foto: PERINIC SISTEMI D.O.O., Croatia

#### 10.4 PLATAFORMAS DE ESCENARIO

EN 13814 es la normativa de la UE para escenarios. En la mayoría de los casos, la capacidad de carga uniforme y el límite de flecha de  $L/200$  es lo prescrito como criterio teórico de material para plataformas, mientras que las cargas en un punto posibles sobre las plataformas se pasan totalmente por alto.

Los códigos de construcción existentes precisan de una carga en un punto de 7 kN (alrededor de 700 kg) en un área de 5 cm x 5 cm. Si este requisito se compara con los datos técnicos del contrachapado de abedul, el grosor mínimo del tablero es de 35 mm.

No es el factor limitador la extensión o tamaño del tablero, sino la carga en un punto presionando en el material del tablero.

Las normativas de Alemania, UE y Gran Bretaña dan directrices para fuerzas horizontales. Estas están causadas por movimientos sobre las plataformas (p. ej. bailarines o máquinas de escenario) y cargas adicionales generadas por barandillas.

EN 13814 requiere una capacidad de soporte de carga horizontal para escenarios de un 10% de

cargas verticales permisibles; la normativa británica clasifica la capacidad de carga horizontal en tres clases entre el 5% y el 10%. Para movimientos sincronizados (rítmicos), el requerimiento es también del 10%.

De esto se deduce que los requerimientos para patas, donde, para una plataforma estándar de 2 m x 1 m con una carga vertical permisible de 750 kg/m<sup>2</sup> (esto es, 1500 kg de carga uniformemente distribuida), cada una de las cuatro patas debe ser capaz de soportar una carga de 37,5 kg (10% de 1500 kg = 150 kg / 4 = 37.5 kg).

Cuando se usan tubos circulares como patas con 100 cm de largo, se deben usar tubos de al menos 48,3 mm x 4 mm de la aleación EN AW-6082 T6.

Si las plataformas están conectadas entre sí para crear una zona de escenario, la capacidad de soporte de carga permisible podría reducirse si no se usa el número total de patas.

A Prolyte le gustaría explicar esto claramente, y por eso ha publicado tablas con datos de carga dependiendo de la longitud y el material de las patas.

10.5 ESCENARIOS

Principios relativos al uso de escenarios.

Como con los trusses, Prolyte proporciona información sobre la carga que un elemento de escenario puede soportar, basándose en el hecho de que un escenario debe ser capaz de aguantar un 10% de fuerza lateral (Fh).

El 10% de fuerza lateral se deriva de las regulaciones europeas de grandes escenarios y escenarios con acceso al público en general.

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

- Diámetro y grosor de las paredes de la pata.
- Aleación de la pata.
- Longitud de la pata.
- Conexión de la pata.

Los valores que Prolyte establece para la carga del Dex contra la altura y las patas usadas están limitados por la conexión de la pata. Esto implica directamente que el uso de menos patas significa que la carga es menor o que la fuerza horizontal Fh admisible del 10% se tiene que ajustar hacia abajo.

Barandillas para escenarios

Si una barandilla tiene que colocarse o no en un escenario es objeto de fuerte discusión. La carga que una barandilla de escenario tiene que ser capaz de soportar depende del uso.

Ilustración 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 de 10 x 10 m basado en un sistema de pata de colgar"  
Respectivamente 4, 2 o 1 pata por elemento de escenario

Ha de hacerse una distinción entre si el escenario está o no abierto al público. En el caso de la mayoría de los escenarios de música pop, una barandilla que pueda soportar 30 kg/m1 debe ser suficiente. Una barandilla así es una clara indicación de dónde termina el escenario. Por el contrario, se aplican unos requisitos muy distintos con respecto a la carga en un escenario o puesto en el que se pueda congrega un gran número de personas.

El requisito de carga puede ser de hasta 300 kg/m1. Tales cargas no se pueden colocar sobre suelos existentes de escenario, o solo con considerable complicación y esfuerzo. El particular, la dispersión de las fuerzas supone un problema. La conexión entre la barandilla, el escenario y la sub-construcción tiene que cumplir unos requisitos muy restrictivos. Esto es casi imposible de conseguir en la práctica de la construcción de escenarios. Las regulaciones alemanas, según se ve en la DIN 4112, son más prácticas y realistas. Aquí, también, sería sensato hacer una distinción entre construcciones temporales y permanentes.

La tabla de abajo se basa en normativas EN/DIN existentes y muestra los valores y dimensiones con los que los postes verticales de las barandillas tienen que cumplir. Estos valores se aplican al Acero S235JR.

Ilustración 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
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

"escenario 10x10 m basado en 4 patas por escenario"



## ALTURA DE LA BARANDILLA 1 METRO

### BARANDILLA TIPO A

Carga F	Momento de resistencia necesario	Tubo	Perfil escogido del mo- mento de resistencia	Tubo cuadrado	Perfil escogido del momento de resistencia
kN/m	cm <sup>3</sup>	mm	cm <sup>3</sup>	mm	cm <sup>3</sup>
0,15	0,52	33,7x2,5	1,78	30x2,5	2,1
0,30	1,03	33,7x2,5	1,78	30x2,5	2,1
1,00	3,45	48,3x3	4,55	40x3	4,66
1,50	5,17	48,3x4	5,7	40x4	5,54
2,00	6,90	48,3x4	7,87*	50x3	7,79
3,00	10,34	60,3x4	12,7*	50x5	13,7*

Material Acero S235 IR

elementos marcados\* = Zona def. plástica

La conexión de la barandilla debe ser capaz de soportar el momento de contención

## ALTURA DE LA BARANDILLA 1 METRO

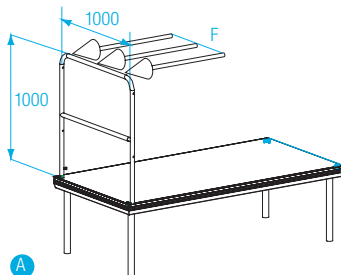
### BARANDILLA TIPO B

Carga F	Momento de resistencia necesario	Tubo	Perfil escogido del mo- mento de resistencia	Tubo cuadrado	Perfil escogido del momento de resistencia
kN/m	cm <sup>3</sup>	mm	cm <sup>3</sup>	mm	cm <sup>3</sup>
0,15	1,03	33,7x2,5	1,78	30x2,5	2,1
0,30	2,07	33,7x3,2	2,14	30x3	2,34
1,00	6,90	48,3x4	7,87*	50x3	7,79
1,50	10,34	60,3x4	12,7*	50x5	13,7*
2,00	13,79	60,3x5	15,3*	60x4	17,6*
3,00	20,69	76,1x4	20,8*	70x4	24,8*

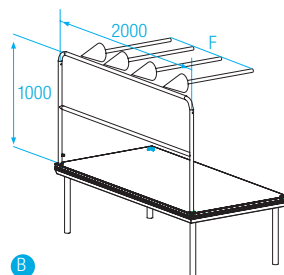
Material Acero S235 IR

elementos marcados\* = Zona def. plástica

La conexión de la barandilla debe ser capaz de soportar el momento de contención



A



B



### 10.6 NORMATIVA Y REGULACIONES PARA POLIPASTOS ELÉCTRICOS

#### Industria contra aplicación para Espectáculos

Los polipastos que se usan en la industria del espectáculo son casi idénticos a las versiones industriales originales. La diferencia principal es el uso y la posición del polipasto, enfrentado a la carga. En un entorno industrial, un polipasto tiende a estar permanentemente suspendido en lo que se denomina una posición de motor arriba, con el polipasto unido a la estructura de soporte. En una situación de espectáculos, los polipastos se usan por lo general en una posición de motor abajo, en la que no es el polipasto, sino la cadena de elevación, la que está unida a la estructura de soporte, mientras que el polipasto permanece junto a la carga.

La ventaja es que el cableado se puede ajustar a la altura de operación y así, en lugar de una pesada carcasa de motor, el aparejador tiene que levantar y manejar el peso relativamente ligero de la cadena.

#### Gente colocada bajo una carga activa

Otra diferencia fundamental es que en la industria del espectáculo las cargas están suspendidas o se mueven por encima de la gente. En muchos países de la UE, este Equipo de Trabajo (2001/45/EC) se permite solamente si se toman medidas de seguridad adicionales. La Directiva de Maquinaria 2006/42/EC (Legislación europea) establece el doble del coeficiente de trabajo cuando se levanta a personas. Según lo estipulado en esta directiva, se puede afirmar que se aplica lo mismo al levantamiento de carga sobre las personas.

No está claro si esta directiva se aplica también a cargas inmóviles suspendidas sobre personas, una situación que ocurre habitualmente en la industria del espectáculo. El Nuevo Código Profesional Europeo CWA 15902-1, así como en la normativa existente, como EN 14492 / FEM 9756, deja abierta la posibilidad de usar un polipasto 'estándar' cuando un análisis de riesgos así lo justifique. El Código Profesional Holandés NPR / FEM 8020-10 establece que el uso de un polipasto estándar se permite en esta situación con el doble de coeficiente de trabajo, en conformidad con la

directiva de maquinaria. En tales casos, un polipasto de 1.000 kg se puede usar sólo para 500 kg. En Alemania, se tiene que usar en estas situaciones un polipasto conocido como BGV D8+. Además, de un coeficiente de trabajo del doble, este polipasto tiene también un doble sistema de freno.

#### Levantar cargas sobre personas

Para mover cargas por encima de personas puede ser necesario usar polipastos especiales. Además de tener protección contra sobrecarga y carga baja, estos polipastos pueden tener un sistema operativo que compruebe la posición mutua de los polipastos y que controle las cargas.

En caso de desviación de los parámetros establecidos, el sistema se apaga, garantizando así el uso seguro. Dicho sistema se denomina frecuentemente BGV-C1. En Alemania, dichos sistemas se rigen por las regulaciones de la BGV (Asociación Alemana de Prevención y Seguros).

El equipo y la tecnología operativa usados dependen en gran medida de la situación durante el izado:

- Una carga en un solo polipasto tiene distintas necesidades para levantarla y controlarla que una carga levantada por cuatro polipastos, especialmente si más de una de estas cargas se controla con un único sistema.
- Si el operario tiene una visión clara de la carga y del entorno cercano en el que tiene lugar el levantamiento, siempre será posible tomar medidas en caso de peligro.
- Cuál es la posibilidad de fallo, y cuáles son los riesgos para todos los componentes usados y sus combinaciones.

Actualmente, se aplica una serie completa de normativas al manejo de máquinas y sistemas con una función de seguridad. IEC 62061 se aplica específicamente a la construcción de máquinas. Esta normativa deriva de IEC 61508 y trata de cómo se puede producir un sistema de seguridad usando combinaciones de software 'simple', electrónica y componentes eléctricos. IEC 62061 se refiere a la especificación del nivel de seguridad de la parte



específica de los controles de la máquina que tienen función de seguridad, y también establece la gama completa de software, electrónica y componentes eléctricos. Esto se expresa como un nivel SIL (Nivel de Integridad de Seguridad).

Simultáneamente a IEC 62061, la normativa ISO 13849 se creó para la parte mecánica y componentes. Esta normativa se aplica desde el punto de vista mecánico a la fiabilidad de los componentes a su nivel, en lugar de a nivel global. Esta normativa permite determinar la categoría y el PL (nivel de rendimiento) de un componente. Al contrario que los sistemas, los componentes no se pueden clasificar en un nivel SIL.

### Frenos dobles

El uso de un freno doble es un punto abierto a debate. Si un polipasto genera el doble de coeficiente de trabajo (NPR 8020-10 y D8+), esto significa que todos los reglajes, incluyendo las que pertenecen al embrague y el freno, se incrementan por un factor de 2 con respecto a la carga operativa. Colocar dos frenos en el mismo eje solo tendría alguna ventaja si un freno fallase. La cuestión es, ¿qué pasaría si el eje se rompiera, o si uno de los frenos se estropeara definitivamente? ¡No se notaría ningún cambio y usted seguiría pensando que puede trabajar con seguridad! El requisito de frenos dobles deriva de las regulaciones alemanas, según lo redacta el BGV, y de la normativa de teatro DIN 56950.

Suspensión secundaria

### ¿Qué sucede si no tengo un polipasto que

cumpla con las normativas mencionadas arriba? ¿Estoy obligado a dejar la carga en peso muerto o tengo que instalar un dispositivo de suspensión independiente? La falta de regulaciones específicas en la mayoría de países hace que este extremo no quede claro. Sin embargo, se puede afirmar que un polipasto de cadena usado para levantar un sistema de techado debe ser aliviado de carga en todo momento. En el contexto de una construcción de truss en suspensión, un peso muerto acarrea por lo común un gran riesgo que el aumento de la seguridad general no compensa.

El método de puentear un polipasto de cadena con un embrague por cadena es absolutamente desaconsejable.

### Inspección visual y pruebas

Como es el caso con otro equipamiento y máquinas, debe evaluarse la idoneidad de un polipasto antes de usarlo. Esta evaluación es normalmente visual. Si un polipasto se usa durante un largo período de tiempo en un entorno peligroso, una persona capacitada debe comprobar (inspeccionar) el polipasto atendiendo los requisitos del suministrador. Ejemplos de estas situaciones son usos en el exterior a largo plazo, uso bajo la lluvia, en proximidad de agua salada o en zonas arenosas. Las inspecciones han de realizarse con tanta frecuencia como se necesite.

Cada polipasto eléctrico debe comprobarse al menos una vez al año. Las comprobaciones e inspecciones ha de realizarlas una persona capacitada. La persona que solicita la comprobación/inspección es responsable de asegurarse de que la persona o empresa que hace la inspección es competente. Por eso en la mayoría de países, los materiales de aparejo e izado como los que se usan en la industria del espectáculo los puede inspeccionar una 'persona competente'. No permita que le confunda quien asegura que este trabajo lo tiene que hacer un 'organismo acreditado o certificado'. En cambio, sí hay que llamar generalmente a un organismo certificado para comprobar e inspeccionar grúas y ascensores.

### Factor de trabajo

Los polipastos de cadena se clasifican usando lo que se conoce como factor de trabajo. El tiempo de funcionamiento y arranques/paradas (indicados en porcentajes de una hora) indica cuánto tiempo se puede usar un polipasto a plena carga. Una clasificación de 2m indica que un polipasto tiene un tiempo operativo de un 40% con un mínimo de 240 arranques y paradas por hora. Esto significa que un polipasto con una velocidad de izado de 4 m/min puede levantar una distancia máxima, a plena carga, de  $4 \times (60 \times 40\%) = 96$  metros.

### Explicación y clasificaciones IP

EN 60529 establece un sistema de clasificación internacional para la efectividad de sellado de las carcassas del equipamiento eléctrico contra la entrada de cuerpos extraños en el equipo (herramientas, polvo, dedos) y humedad. Este sistema de clasificación utiliza las letras 'IP' ('Grado de protección'), seguido de dos o a veces tres dígitos.

(Se usa una 'x' para uno de los dígitos si solo hay una clase de protección; p. ej. IPX4 indica resistencia sólo al agua).

### Grados de protección - Primer dígito

El primer dígito del código IP indica el grado en el que el equipo está protegido contra cuerpos extraños sólidos que penetren en la carcasa.

**0** Sin protección especial.

**1** Protección de una parte grande del cuerpo, como la mano; cuerpos sólidos > 50 mm de diámetro

**2** Protección contra dedos u otros objetos no mayores de 80 mm de largo y 12 mm de diámetro.

**3** Protección contra la entrada de herramientas, cables, etc. con un diámetro de grosor mayor de 1,0 mm.

**4** Protección contra la entrada de objetos sólidos con un diámetro de grosor mayor de 1,0 mm.

**5** Protección contra una cantidad de polvo que interfiera con el funcionamiento del equipo.

**6** Sellado contra el polvo.

### Grados de protección - Segundo dígito

El segundo dígito indica el grado de protección del equipo dentro de la carcasa contra los efectos perjudiciales de varias formas de humedad (p. ej. goteo, pulverizado, inmersión, etc.).

**0** Sin protección especial.

**1** Protección contra agua goteando.

**2** Protección contra agua goteando verticalmente.

**3** Protección contra agua pulverizada.

**4** Protección contra agua salpicada.

**5** Protección contra agua lanzada a chorro.

Los polipastos se usan a menudo en exteriores, por ejemplo en festivales o espectáculos en el exterior.

Los polipastos ProLyft cumplen con la protección IP54 ¡La clasificación 4 significa que un polipasto hecho de acuerdo con IP54 no es apto para el uso bajo lluvia torrencial!

El polipasto ha de protegerse siempre con una cubierta cuando se use en exteriores.

### WLL contra SWL

El límite de carga de trabajo (WLL) es la capacidad del equipo de izado o aparejos de izado. SWL es la carga operativa de un sistema o equipo de izado y aparejos de izado.

### Ejemplo:

Un truss H30V con una extensión de 4 metros es suspendido con dos polipastos de 500 kg.

El WLL del polipasto es, pues, 500 kg. El truss H30V con una extensión de 4 metros tiene un WLL de 1.965 kg.

El SWL es en este caso 2x la capacidad de izado de los polipastos = 1.000 kg – peso propio del truss = +/- 975 kg.



### 11.1 RELEVANCIA DEL MÉTODO DE ESLINGAJE

Se puede decir mucho sobre los métodos de eslingaje de los trusses. Prolyte aconseja a todos los usuarios de trusses que utilicen los métodos mejores y más seguros para el eslingaje de los trusses. Sin embargo, siempre se debe mencionar que nuestra experiencia con accidentes de truss nos ha mostrado que el método de eslingaje desempeña tan solo un papel secundario.

Hay tres razones principales para que las estructuras de truss fallen o para los accidentes con trusses:

- A.** Sobrecarga de una sección de truss; cargas demasiado elevadas en una sección de truss, frecuentemente en combinación con carga dinámica tal como:
- B.** interrupciones frecuentes del proceso de izado, personas trepando, dispositivos de elevación o cabrestantes sobre trusses suspendidos (rejilla principal),
- C.** trusses en movimiento sujetando o enganchados tras secciones de un edificio, superestructuras de escenario u otros obstáculos rígidos que conducen directamente a sobrecarga extrema y avería (el operario de los dispositivos de elevación ha de ser capaz de supervisar la distancia completa de izado de una estructura suspendida en todo momento, y no se le ha de distraer), sobrecarga de cordones entre dos puntos nodales de un truss (las grandes cargas en un punto se deben colocar siempre en los puntos nodales o en su proximidad inmediata). Ver 11.6 y 11.7

El tipo de eslingaje es de importancia cuando las fuerzas de corte y/o en combinación con momento flector son el factor limitador de la fuerza de una estructura de truss (ver 11.6/2).

### 11.2 MÉTODOS DE ESLINGAJE

Cuando se eslingan trusses, se debe hacer una primera diferenciación entre instalaciones temporales y permanentes.

Para instalaciones permanentes, se usan sobre todo dispositivos de sujeción rígidos para mantener los trusses en su sitio. Los dispositivos de eslingaje

rígidos se pueden usar solo para apoyo recto vertical; la tracción en diagonal no es admisible para los soportes de elevación y para las abrazaderas de truss. Por tanto, el uso de dispositivos de eslingaje rígidos en la brida de un truss no está permitido. Para instalaciones temporales como las que se usan en conciertos, se usan principalmente dispositivos flexibles, para permitir que el truss suspendido libremente reaccione a las cargas horizontales. Las eslingas redondas con un cable interno de acero o con cable de acero con manguito protectora se usan junto con grilletes.

### 11.3 DISPOSITIVOS DE ESLINGAJE

#### Eslingas redondas

Cuando se manejan tubos de aluminio, se necesitan dispositivos de eslingaje suaves y no abrasivos.

Las eslingas redondas serían la elección perfecta.

Desgraciadamente, las eslingas redondas están hechas de poliéster, que se derrite a unos 250° C. La temperatura permisible para eslingas redondas en uso es de 100° C. La mayoría de los países tienen regulaciones de protección contra incendios que prohíbe el uso de eslingas redondas cerca de fuentes de calor.

Han ocurrido accidentes definitivamente causados por eslingas redondas derretidas. Si se usan eslingas redondas, se debe añadir un segundo dispositivo de seguridad no inflamable, o un cable o cadena de acero.

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

El dispositivo de eslingaje flexible Soft Steel se diferencia de las eslingas redondas convencionales en su núcleo no inflamable de cable de acero. Soft Steel es casi flexible como las eslingas redondas de poliéster, pero no necesita de un cable de acero como dispositivo adicional de seguridad, debido a su gran resistencia al calor. El material de poliéster Soft Steel es negro, la etiqueta de identificación es gris plateado y una ventana de inspección cubierta con una tira de velcro sirve para inspeccionar el núcleo de cable de acero.

Soft Steel cumple con todos los requisitos CE.

Para el cordón de un truss, Soft Steel tendría que

ser el dispositivo de preferencia antes que un cable de acero, puesto que ofrece una zona de soporte considerablemente más amplia.

### Cables de acero

Un dispositivo de eslingaje aún más flexible es una soga de cable de acero en cumplimiento de EN 13414. El contacto directo entre la soga de cable de acero y el cordón del truss debería evitarse, dado lo abrasivo de la superficie de la soga de cable de acero. En este caso, debería usarse cable de acero plástico. Como esto está prohibido en Alemania, se usan manguitos de plástico protectoras sobre el cable de acero. Como los manguitos se pueden deslizar a lo largo de la soga de cable de acero, esto hace que se pueda inspeccionar la soga de cable de acero completa. Aparte de protegerla contra el desgaste, el manguito actúa también como aislante del calor. Los cables de eslingaje del tipo N con núcleo de fibra y manguitos de aluminio corrugado pierden capacidad de soporte de carga por encima de una temperatura de 100° C, con núcleo de acero desde 150° C. Los cables de eslingaje del tipo F (Ojal) tienen siempre un interior de acero y manguitos de acero corrugado. Pierden su capacidad de soporte de carga nominal por encima de los 250° C.

Una buena resistencia al calor es siempre buena cosa en los dispositivos de eslingaje. Sin embargo, si son considerablemente mejores que la sensibilidad a la temperatura del truss, su efectividad alcanza el límite apreciable. Las aleaciones de aluminio pierdan el límite de elasticidad al aumentar la temperatura. Por encima de 75°C es solo del 95 % del límite de elasticidad nominal; por encima de 100°C es del 85 %; por encima de 150°C, del 70 %; y a 200°C es solo del 50 %.

Se ha de hacer hincapié en que en las zonas tropicales con un uso masivo de lámparas de flujo convencionales o en estudios de cine y TV, donde las lámparas se usan si interrupción durante largos periodos, hay un peligro potencial de sobrecalentamiento de los trusses. Los cables de acero son difíciles de usar comparados con los métodos de eslingaje preferidos, con eslingas

y manguitos. Esto reduce las posibilidades de encontrar un método de eslingaje óptimo.

### Cadenas

Las cadenas soportan temperaturas más altas, pero resulta imprescindible el uso de un manguito protector y solo se pueden usar con dificultad para el tipo de eslingaje preferido. Incluso si se prevén necesidades de temperaturas de trabajo por encima de 200° C, el usuario debe saber que los trusses hechos de aluminio dejan de ser estables.

A semejantes temperaturas de trabajo se deben usar trusses de acero. Si se prefieren cadenas como método de eslingaje para los trusses de aluminio, el usuario tendrá que aportar argumentos favorables, sobre todo si otros dispositivos de eslingaje demuestran ser tan buenos o incluso mejores para cualquier aplicación.

### Soportes de izado

El último dispositivo de eslingaje digno de mención es el soporte de izado con ojales de izado. Estos soportes se pueden producir para la mayoría de series de trusses y tienen una propiedad en común, dado que las fuerzas horizontales entre los cordones se pueden pasar por alto y que la resistencia al calor no es significativa. Los soportes de izado están hechos de aluminio o acero, dependiendo del tipo de truss.

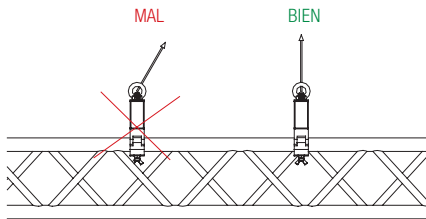
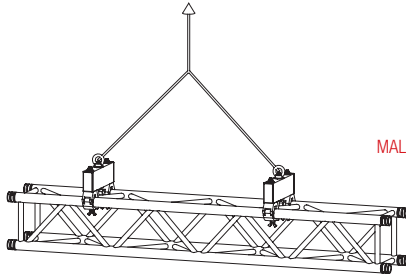
Una pequeña desventaja es que estos adaptadores no se pueden colocar directamente en los puntos nodales de un truss, sino solamente cerca de ellos, y así el montaje, sobre todo en los cordones inferiores, lleva tiempo. Para instalaciones permanentes, esta limitación es irrelevante, por lo que los soportes de izado son muy comunes. Como el soporte de izado no es del todo comparable con los métodos de eslingaje normalizados, no abundaremos en el asunto. La tracción diagonal no se permite cuando se usan soportes de izado o abrazaderas de tubo.



WLL del soporte de izado 1000kg



WLL del soporte de izado 500kg



#### 11.4 ESLINGAJE DE TRUSSES

Todos los tipos de eslingaje en todo el mundo se basan en cuatro tipos de eslingaje básico:

1. Enganche directo
2. Enganche de gargantilla
3. Enganche de canasta
4. Múltiples patas

Las distintas variantes de eslingaje para trusses se componen siempre de una combinación de estos cuatro tipos de eslingaje. Cuanto más grande la zona de contacto entre un dispositivo de eslingaje y el cordón del truss, mejor se puede dirigir la carga en el truss. Si el cordón fuera a descansar sobre un clavo, las fuerzas en la zona de contacto serían múltiples de las fuerzas si se usara una abrazadera de 50 mm con un área de soporte efectiva de aproximadamente 1/3 de la

circunferencia del cordón. Naturalmente, nadie va a apoyar un truss en un clavo, pero el cable de acero y las cadenas tienen una zona de soporte muy pequeña con contacto directo, y por tanto pueden dañar fácilmente los cordones. Esto se debe tener especialmente en consideración en el caso de cordones de pareses relativamente finas, de solo 2 mm o incluso menos.

Las pruebas han demostrado que incluso los manguitos de fibra de vidrio reforzada de 3 mm de grosor que se usan como cubierta protectora para cables de acero con un diámetro de 10 mm, tienen un límite de uso. Cargas de soporte de alrededor de 1.800 kg (esto es, 900 kg por cordón), conducen a la destrucción total de la capa de nailon entre el cable de acero y el cordón. Solo quedan las fibras de refuerzo. La protección contra el daño del cable de acero en el tubo de aluminio se pierde. Si los cables de acero con un manguito de protección se usan como trusses de enganche, se deben comprobar sistemáticamente.

Otra posibilidad más de proteger los cordones es usar tubos de plásticos con ranuras colocados sobre los cordones en el punto de alzado requerido. Esta medida de protección se puede hacer fácilmente con tuberías de desagüe disponibles comercialmente, cortando una sección. En este caso, se puede usar acero "desnudo", porque la sustitución normal de este medio tan barato de protección no puede ser un problema para nadie con el más mínimo respeto por la seguridad.

Las cadenas se usan bastante raramente para el eslingaje de trusses, puesto que son relativamente caras y usar manguitos protectores para cadenas para proteger los cordones dificulta mucho el eslingaje del truss. Básicamente, el tipo de eslingaje debería compensar ante todo las fuerzas de corte en el plano vertical del truss. El método de eslingaje tiene una incidencia considerablemente menor, si es que tiene alguna, en la seguridad de un tramo de truss libre en relación con el momento flector. Se debe tener cuidado con el tipo de eslingaje en los soportes internos de los trusses multi-tramo, en los que las fuerzas de tensión y compresión se invierten en los cordones. Aquí el truss debe sujetarse en los nodos.



Foto: Showtech, Dubai. Build of a ST Roof.

### 1. Enganche directo (DH)

Este tipo de eslingaje se usa solo en conjunción con soportes de izado o cuando los puntos de alzado ya están presentes. Los dispositivos flexibles de eslingaje (eslingas redondas, cable de acero o cadena) se conectan con un cable o grilletes.

### 2. Enganche de gargantilla (CH)

Este tipo de eslingaje se debería usar solamente con dos dispositivos de eslingaje flexibles idénticos en un punto de sujeción. Un dispositivo flexible de eslingaje sujeta un lado de la sección de cruce del truss. Los dispositivos de eslingaje están ligados alrededor de un cordón inferior y envueltos en un cordón superior antes de conectarse uno con otro usando un grillete o gancho. Los cables de acero y cadenas no son adecuados para este método. Se ha de tener en cuenta que este tipo de eslingaje reduce la capacidad de soporte de carga de los dispositivos de eslingaje individuales por el factor de eslinga de 0,8, y el ángulo entre los extremos de los dispositivos de eslingaje implica una reducción adicional en la capacidad de soporte de carga de un 30% a un 50%. Esto debe reflejarse en las tablas de carga proporcionadas por los fabricantes de dispositivos de eslingaje flexibles.

### 3. Enganche de canasta (BH)

Para este tipo de eslingaje, el dispositivo de eslingaje se alimenta por debajo del truss y se envuelve una vez alrededor del cordón inferior o se pasa por encima en cada extremo del truss y se envuelve una vez alrededor del cordón superior antes conectar los extremos usando un gancho o grillete. La capacidad de soporte de carga de los dispositivos de eslingaje mejora con el factor de eslinga 1,4 – 2, dependiendo del ángulo entre los extremos de la eslinga.

El ángulo no debe ser mayor de  $120^\circ$ .

Se debe tener cuidado de que el dispositivo de eslingaje se use cerca de un tirante vertical que absorba las fuerzas de compresión entre los cordones superiores.

### 4. Múltiples patas

Como con los enganches de canasta, el ángulo superior de una pata múltiple (brida) no debe superar una cierta apertura.

Las razones son que la capacidad de carga de la eslinga descenderá y las fuerzas horizontales en la construcción elevada podrían incrementarse a





Foto: Rigging Course, with Rinus Bakker of Rhino Rigs

niveles indeseados. La referencia de capacidad debe tomarse de las etiquetas de producto, que deben mencionar los factores de reducción y ángulos permisibles.

### Envolver cordones principales

Este método se usa básicamente junto con el enganche de gargantilla o de canasta, y fundamentalmente para incluir el cordón superior de un truss. Se usa además para la estabilización horizontal de un truss. La capacidad de soporte de carga del dispositivo de eslingaje no se reduce si se envuelve limpiamente.

Prolyte siempre recomienda usar enganche de gargantilla con dos dispositivos de eslingaje flexibles idénticos.

Todos los cordones de truss deben estar incluidos en el enganche.

### 11.5 MÉTODOS DE ESLINGAJE COMÚNMENTE USADOS

Con el fin de determinar el método de eslingaje adecuado, se deben tener en consideración un par de aspectos técnicos:

#### 1. La posición de los puntos de soporte dentro del truss

**A.** Los trusses están calculados como tramos simples, suspendidos o apoyados en ambos extremos en la posición de los tirantes del final. Se puede sujetar una eslinga a los cordones superiores o a los inferiores en los puntos nodales o cerca de ellos sin perder fuerza. Todos los miembros de un truss contribuyen a transferir las fuerzas causadas por las cargas a los puntos de suspensión/apoyo. Las fuerzas en las diagonales se alternan, sujetas a tensión o compresión dependiendo de su posición en el tramo. Para las diagonales en un truss de aluminio, la fuerza permisible de tensión y de compresión es la misma. Sin embargo, si se sobrecarga al punto de fallo, una diagonal cargada en tensión se romperá, mientras que una en compresión se doblará como mecanismo de fallo. Así pues, se aconseja tener la primera diagonal bajo compresión porque, si se produce el fallo, las consecuencias son menos graves.

**B.** El eslingaje se aplicará en los puntos nodales.

Si el eslingaje se aplica dentro de 10 cm desde el nodo, se puede aplicar la carga total para las series 30 y 40, y un máximo de 2.000 kg para serie-S (ver también 11.6).

**C.** Los trusses sin tirantes verticales en el extremo se han de tratar con especial cuidado. Estos trusses se deben apoyar sujetar siempre en un punto nodal.

### 2. Estabilización del truss suspendido:

**A.** Los trusses pueden girar debido a carga excéntrica, p. ej. colgar lámparas en un lado en un solo cordón. Se debe evitar que el truss se gire en todo momento, ya que no está calculado para posiciones giradas. Un método común consiste en envolver todos los cordones con una eslinga y así incrementar la fricción para evitar que el truss gire. Subir la elevación de los envoltorios aumenta la estabilidad y reduce las fuerzas horizontales en la sección de cruce de truss.

**B.** En un entramado cerrado o un apoyo en tierra, los trusses giran mucho más difícilmente. Un bloqueo de esquina o un bloque de manga evite que lo hagan. En estas situaciones se pueden usar también otros métodos de eslingaje.

**C.** En caso de trusses basculantes o entramados de truss, las suspensiones están sujetas a fuerzas cambiantes debido al movimiento del centro de gravedad de la carga. Para estas aplicaciones, recomendamos envolver todos los cordones.

### 3. Disposición de diagonales

**A.** Para los trusses como las series Prolyte 36, 52, 66 y 100 (excepto trusses articulados), con diagonales corriendo en paralelo a dos lados opuestos, el eslingaje se puede aplicar en un nodo en los cordones superiores o inferiores, puesto que los puntos nodales se conectan lateralmente con tirante cruzado, lo que permite fuerzas de compresión causadas por el eslingaje dentro del truss.

**B.** Para trusses con un patrón diagonal alternado, como las series Prolyte 30 y 40, un método de

eslingaje en el que todos los cordones estén envueltos  $\sim 1$  cuarto de la distancia total de nodo a nodo- satisface todas las necesidades. Este método garantiza que el eslingaje nunca se fije entre puntos nodales.

### 4. Posición de la suspensión o apoyo en un tramo.

**A.** Al extremo de un tramo, en sus puntos de apoyo, un truss solamente está sometido a fuerzas de corte en los cordones principales y a fuerzas normales en las diagonales (ver 3.4). Se supone que no hay momento flector.

**B.** En los apoyos intermedios de un truss de apoyo múltiple, el truss está sujeto a momento flector, así como a fuerzas de corte. Suspendiendo el truss en esa posición con eslinga en solo dos de los cordones principales (p. ej. un soporte de izado), añade un momento flector adicional a los cordones principales. Además, la reacción del soporte en estos puntos intermedios es mucho más alta. Se deberá minimizar todo esto en lo posible. Por tanto, aconsejamos un método de eslingaje que envuelva todos los cordones.

Con literalmente cientos de posibilidades para eslingar los trusses, y más de 10 parámetros para considerarlos seguros, está fuera del alcance de este Libro Negro discutirlos en detalle. Los métodos de más abajo son los aprobados y aconsejados por Prolyte.

**El eslingaje de truss se puede aplicar solo en - o cerca de - los puntos nodales.**

Prolyte señala que se recomienda usar 2 dispositivos de eslingaje similares para cada punto de suspensión, por redundancia. En caso de plena carga, se deben sujetar todos los cordones principales.

La sujeción preferible es en los cordones inferiores, como medida para reducir los riesgos.

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There is no handwriting or other markings on the paper.

## 11. ESLINGAJE Y SOPORTE DE TRUSSES

TRUSS TRIANGULAR	VÉRTICE ARRIBA	1 ESLINGA DE CANASTA
------------------	----------------	----------------------



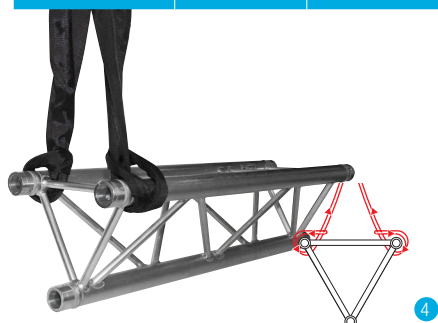
TRUSS TRIANGULAR	VÉRTICE ARRIBA	1 ESLINGA DE CANASTA
------------------	----------------	----------------------



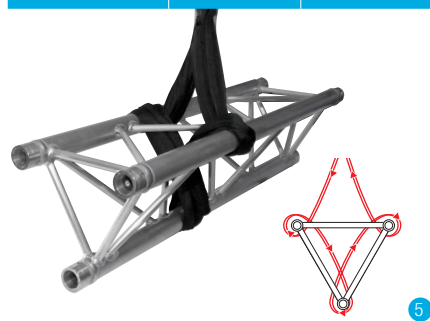
TRUSS TRIANGULAR	VÉRTICE ARRIBA	2 ESLINGA DE GARGANTILLA
------------------	----------------	--------------------------



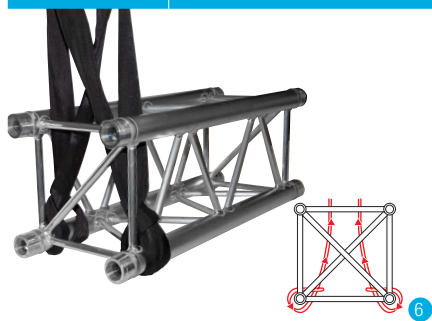
TRUSS TRIANGULAR	VÉRTICE ABAJO	2 ESLINGA DE GARGANTILLA
------------------	---------------	--------------------------



TRUSS TRIANGULAR	VÉRTICE ABAJO	1 ENVOLTORIO DE ESLINGA
------------------	---------------	-------------------------



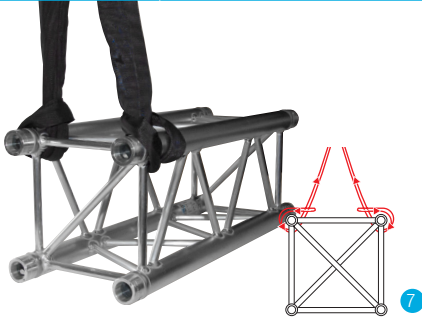
TRUSS RECTANGULAR	2 ESLINGA DE GARGANTILLA CORDONES INFERIORES
-------------------	--





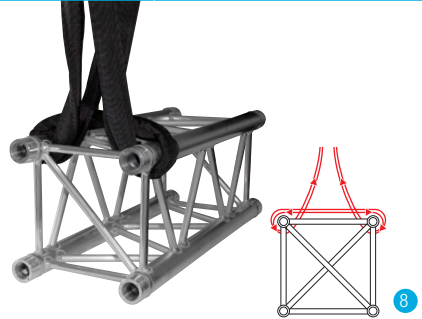
TRUSS  
RECTANGULAR

2 ESLINGA DE GARGANTILLA  
CORDONES SUPERIORES



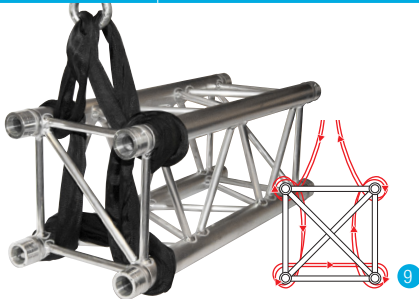
TRUSS  
RECTANGULAR

1 ESLINGA DE GARGANTILLA  
CORDONES SUPERIORES



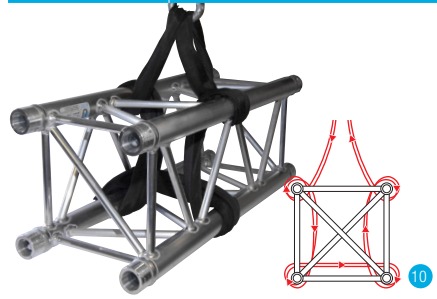
TRUSS  
RECTANGULAR

1 ENVOLTORIO DE ESLINGA  
ABIERTO CORDONES INFERIORES  
/ENVOLTORIO EXTRA CORDONES  
SUPERIORES



TRUSS  
RECTANGULAR

1 ENVOLTORIO DE ESLINGA  
ABIERTO CORDONES INFERIORES  
/ENVOLTORIO EXTRA CORDONES  
SUPERIORES



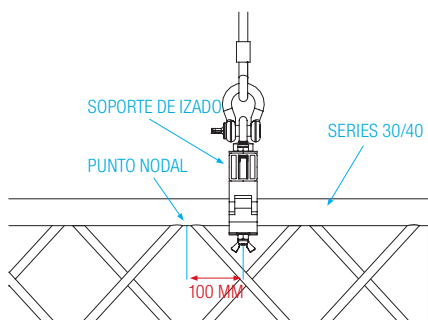


Obtenga más información en un evento de Prolyte Campus

### 11.6 SUSPENDER/APOYAR TRUSSES FUERA DE LOS PUNTOS NODALES

Cuando se usa un mecanismo de elevación a veces no es posible sujetarlo en la intersección de las diagonales. Esto puede llevar a una reducción de la capacidad de soporte de carga del truss, dependiendo de la posición de los puntos de suspensión y del número de puntos de suspensión por tramo.

Si el truss no se sustenta en el punto nodal, sino en el cordón principal, este cordón estará sujeto a fuerzas adicionales (momento flector).



#### 1. Truss suspendido en cada extremo del tramo, 10 cm máx. fuera del punto nodal

En el extremo del truss el momento flector es casi cero. Esto significa que el cordón principal no está sometido a fuerzas normales. La única carga es la causada por el soporte de izado.

Resultando una capacidad de soporte de carga:

Si el soporte de izado está sujeto a 10 cm del nodo, los trusses pueden estar sometidos a las siguientes cargas:

- Prolyte Series X30, H30, X40 y H40, 100% de su capacidad de soporte de carga.
- Prolyte Serie S, máx. 2000 kg por punto de apoyo.

#### 2. Trusses de apoyo múltiple

Si un truss está suspendido de más de 2 puntos, los puntos de suspensión entre medias tienen que estar sujetos en los mismos puntos nodales. Si esto no se hace, el truss no se puede cargar al 100% de su capacidad de soporte de carga. El eslingaje de todos los cordones principales no cambia nada.



La carga correcta solo se puede determinar estudiando cada caso individualmente.

En los puntos de apoyo en trusses de apoyo múltiple se han de tener en cuenta 2 fuerzas:

- A.** A causa del peso propio y de la carga en ambos lados del soporte, el truss está sujeto a momentos flectores. Esto causa compresión del cordón inferior y tensión en los cordones superiores.
- B.** Se produce un momento flector adicional en el cordón principal debido al balanceo del soporte de izado. Una interacción de ambas fuerzas significa que la capacidad de soporte de carga permisible del punto de apoyo solo se puede determinar según cada caso. En general, se debería reducir sensiblemente la carga.

Cargar las secciones exteriores del tramo de truss al máximo implica dejar apenas ninguna reserva para los puntos de soporte. En el peor de los casos, el punto de soporte se puede cargar solamente con 100 kg. (Ver punto de carga máx. permisible para cordones libres al final de la tabla de carga de cada truss en los folletos).

### 11.7 CARGAS EN LOS CORDONES LIBRES ENTRE DOS PUNTOS NODALES

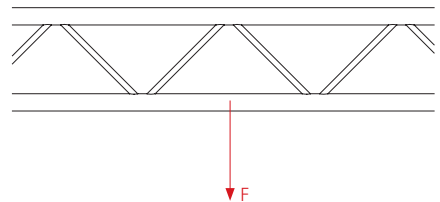
La capacidad de carga de un tramo de cordón libre está afectada por:

- La longitud del tramo.
- El tamaño del tubo.
- El tamaño de la ZAT en los puntos nodales en ambos extremos del tubo (Por este motivo, la CPL en un tubo libre de un truss H30D es mayor que para un H30V).

Las cargas dadas se calculan de tal forma que no importa si:

- Se aplican a los cordones superiores o inferiores.
- Las cargas están suspendidas en zonas adyacentes.
- La suma de todos los puntos de carga no excede el máximo permisible de carga del truss. En caso de tener solo un punto de carga que suspender en la extensión de un cordón libre, la carga podría ser más alta; sin embargo, esto lo ha de comprobar un ingeniero.

X30D	=	120 kg
X30V	=	90 kg
H30D	=	130 kg
H30V	=	100 kg
H40D	=	90 kg
H40V	=	60 kg
S36R/V	=	150 kg
S52 V/SV	=	80 kg
S66R/RV	=	70 kg
B100RV	=	140 kg





## 12. CONSEJOS PRÁCTICOS PARA TRUSSES PROLYTE

### 12.1 DIMENSIONES PARA COMBINACIONES DE BLOQUES DE MANGA Y ELEMENTOS DE ESQUINA

El diagrama muestra la longitud de un truss central usando esquinas-T estándar (H40V-C017) en un sistema de torre MPT con conexiones CCS6-602:

La longitud de las piezas rectas entre dos esquinas-T H40V-C017 es  $2 \times 187 \text{ mm} = 374 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre bloques de manga.

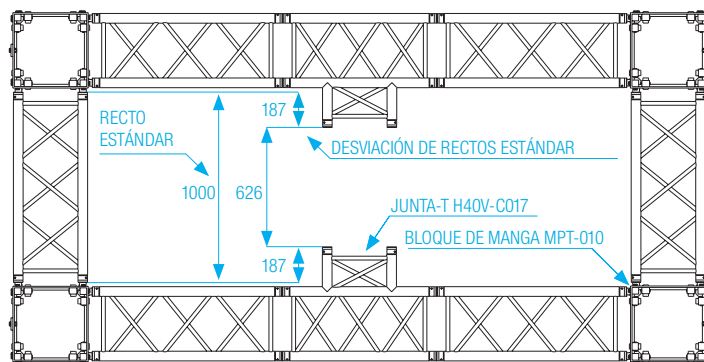


Figura: H40V-C017 con bloques de manga MPT

El diagrama muestra la longitud de un truss central usando esquinas de caja (BOX40V + CCS6-651) en un sistema de torre MPT con conexiones CCS6-602:

La longitud de las piezas rectas entre dos esquinas de caja-T H40V-C017 es  $2 \times 51,5 \text{ mm} = 103 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre bloques de manga.

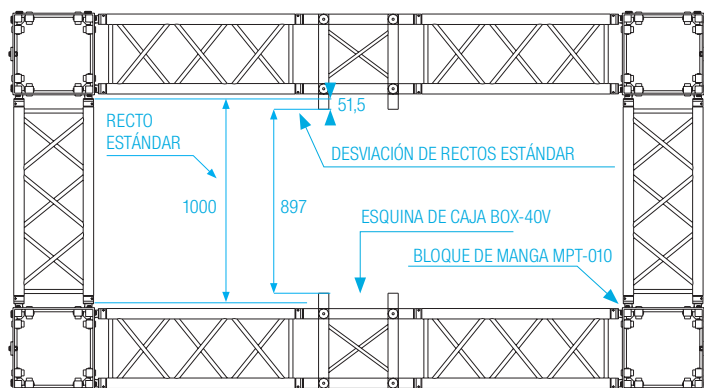


Figura: BOX40V con bloques de manga MPT



El diagrama muestra la longitud de un truss central usando esquinas-T estándar (H40V-C017) en un sistema de torre MPT con conexiones CCS6-602:

La longitud de las piezas rectas entre dos esquinas-T H40V-C017 es  $2 \times 137 \text{ mm} = 274 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre bloques de manga.

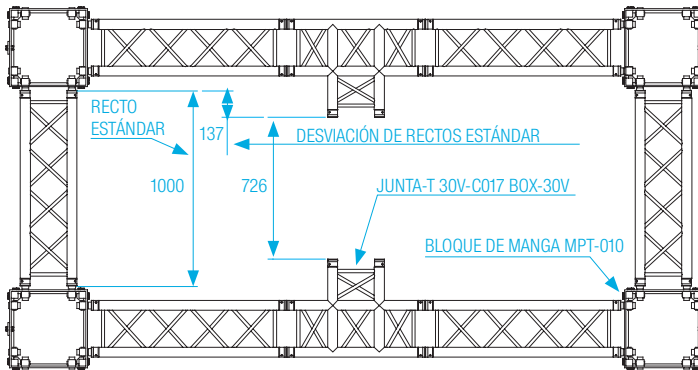


Figura: H40VC017 con bloques de manga MPT

Esta imagen muestra la longitud de un truss central usando esquinas de caja (BOX30V + CCS6-651) en un sistema de torre MPT con conexiones CCS6-602:

La longitud de las piezas rectas entre dos esquinas de caja-T (BOX30V + CCS6-651) es  $2 \times 1,5 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$  menos que la longitud usada entre bloques de manga. Prolte puede suministrar longitudes especiales o espaciadores.

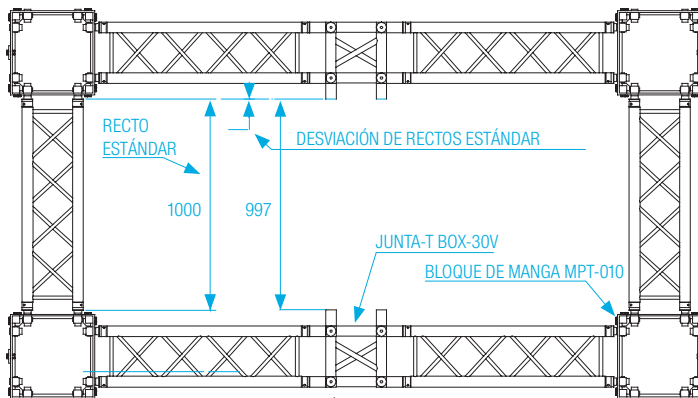


Figura: BOX30V con bloques de manga MPT

## 12. CONSEJOS PRÁCTICOS PARA TRUSSES PROLYTE

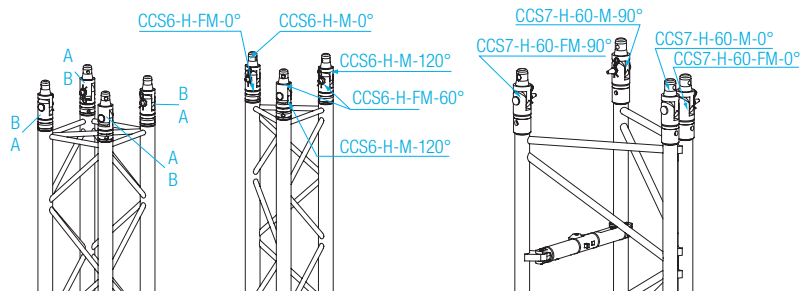
### 12.2 BISAGRAS O ELEMENTOS DE ARTICULACIÓN

Las bisagras se usan principalmente en sistemas de torre, pero también cada vez más en estructuras especiales. Más abajo explicamos los tipos de bisagra para trusses de tres y cuatro cordones de las series X/H, así como para trusses de las series S/B.

La bisagra más comúnmente usada es la CCS6-H. Se usa en todos los sistemas de torre MPT y ST, así como en la torre de apareamiento RT-H30V. El CCS6-H es un juego de bisagra sencilla y se compone de una bisagra de horquilla CCS6-H-FM-45° (A) y una bisagra de clavija CCS6-H-M-135° (B) junto con una clavija de bloqueo ACC-LP016 y una clavija de seguridad CCS7-705. Los grados muestran el ángulo de la perforación

cónica en la dirección de la bisagra. La bisagra siempre se encuentra en ángulo recto con respecto a su eje. Las bisagras CCS6-H más antiguas no están identificadas; las bisagras CCS6-H están grabadas con sus valores de grados.

Las bisagras para trusses de las series B/H se sirven solo en piezas individuales. Un "juego" completo para un truss de cuatro cordones de las series B/H se compone de la clavija de bisagra CCS7-H-60-M-0° y CCS7-H-60-M-90° y las horquillas de bisagra CCS7-H-60-FM-0° y CCS7-H-60-FM-90°, junto con las clavijas de bloqueo ACC-LP20/60 y clavija de seguridad CCS7-705.



A = CCS6-H-FM-45°

B = CCS6-H-M-135°



### 12.3 USAR POLIPASTOS EN UN SISTEMA DE APOYO EN TIERRA

Un apoyo en tierra es un dispositivo de izado que puede levantar una carga guiada a la altura deseada usando polipastos. En ciertos países se establece una distinción entre levantar una carga libre y levantar una carga guiada. En el caso de una carga guiada, y por tanto también en el caso de un apoyo en tierra, se ha de tener en cuenta la fricción causada por la guía. Esta fricción depende del tipo de ruedas y de la curvatura del tramo entre los bloques de manga. Como regla general, si la carga se levanta usando más de dos polipastos, los polipastos se deben usar hasta un máximo del 75% de su capacidad. Prolyte aconseja que esta regla se cumpla con los sistemas de apoyo en tierra.

#### Sujetar polipastos en un sistema de apoyo en tierra

Se pueden usar dos métodos para sujetar polipastos en un sistema de apoyo en tierra:

- A.** El polipasto se fija a la base y el gancho del polipasto al truss. La carga operativa del truss será entonces igual a la carga de elevación del polipasto. Sin embargo, se tiene que restar parte del peso propio de los trusses y de los bloques de manga.
- B.** El polipasto se sujeta al truss y el gancho del polipasto al bloque de manga. Esto dobla la capacidad de elevación pero divide por la mitad

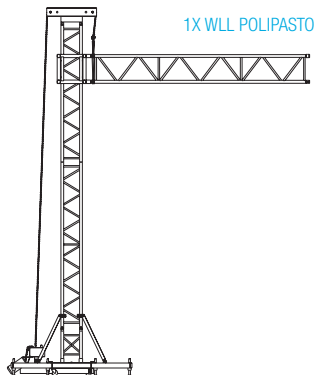
la velocidad de elevación. Aquí también, el peso propio de la construcción de truss se tiene que restar de la capacidad de carga con el fin de determinar la SWL de la construcción.

### 12.4 ECUALIZACIÓN DE POTENCIAL ELÉCTRICO PARA SISTEMAS DE TRUSS

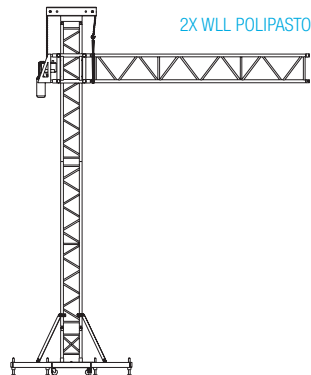
El usuario necesita asegurarse de que los sistemas de truss que pueden desarrollar tensiones peligrosas en caso de fallo eléctrico se incorporan a un sistema de equalización de potencial común. Esto se aplica a todos los elementos hechos de material conductor de electricidad que lleve el equipo o que estén unidos a él o atraviesen su cableado, los cuales, en caso de avería, puedan contactar con las partes metálicas. Las conexiones se harán con clips, abrazaderas de tubería, juntas de tornillo o conectores de bloqueo especiales de un solo polo.

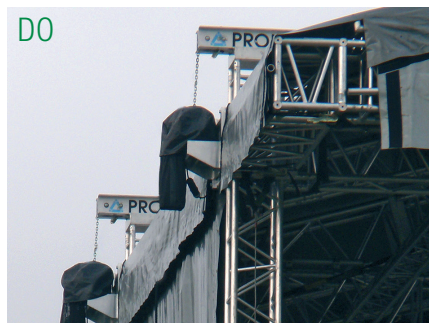
El sistema de equalización de potencial común debe conectarse a la toma de tierra del sistema de fuente de alimentación. Para longitudes de cable de hasta 50 metros, cobre de 16 mm se considera el valor estándar para una sección transversal adecuada. Para longitudes de cable de hasta 100 metros, el valor estándar es cobre de 25 mm.

A: CAPACIDAD CARGA DEL TRUSS



B: CAPACIDAD CARGA DEL TRUSS





En sistemas de torre de truss, la conexión de ecualización de potencial se puede hacer por medio de un punto de conexión de ecualización proporcionado por el fabricante en la base de la torre. Como las ruedas o rodillos usados en los sistemas de torre con "bloques de manga" aíslan la parte móvil de la construcción de truss, este último ha de estar provisto de una conexión de ecualización de potencial independiente.

**Protección contra rayos.** Las instalaciones eléctricas en estructuras temporales se deben conectar a tierra adecuadamente de acuerdo con la normativa. Se debe tener en consideración el grado de exposición y la posibilidad de riesgo de alcance de un rayo y, donde sea oportuno, la estructura en sí se debe ligar o conectar a tierra. Se debe seguir el consejo de un ingeniero eléctrico sobre la conexión a tierra y la protección contra rayos.

En las construcciones de apoyo en tierra, el entramado principal se aísla a menudo de las torres a causa del uso de ruedas de plástico o goma en los bloques de manga. Por tanto, el entramado principal debe conectarse a tierra por separado, con un cable de tierra que baje con todos los demás cables eléctricos.

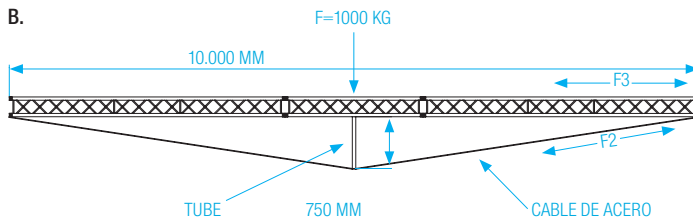
### 12.5 PRE-TENSADO DE LOS TRUSSES (PRE COMBADURA)

En caso de ciertas aplicaciones no es deseable que un truss se curve. Un ejemplo es una pantalla de proyección, que tiene que colgar perfectamente plana. Existen varias formas de minimizar la curvatura de un tramo de truss, o incluso reducirla a nada.

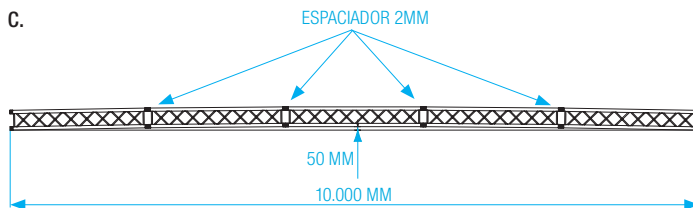
- A.** Seleccione un truss con una elevación de sección de cruce mayor. Si un truss se construye usando los mismos materiales pero con mayor altura, el momento de inercia será mayor y la misma carga causará que el truss se curve menos.
- B.** Sujete el truss, por ejemplo, ligando un cable de acero al extremo del tramo de truss y pasándolo por medio de un tensor fijado bajo el truss en el medio. El cable de acero absorberá entonces todas las fuerzas de tensión. El truss está cargado a presión. Este método se puede usar para aumentar el límite de carga del tramo. Sin embargo, los puntos de fijación del cable de acero generarán una fuerza tal que se tendrán que crear puntos de fijación especiales.



C. Coloque espaciadores extendidos en el borde superior del truss. El borde inferior se enlaza usando acoples normales. Haciendo esto en una cantidad de sitios diferentes hará que el truss se doble en lo que se podría denominar una curvatura positiva. No habrá incremento en la fuerza y tampoco disminuirá la curvatura, pero la curvatura positiva compensará.sag will compensate.



$F2 = \text{CABLE DE ACERO} = \pm 2823 \text{ KG}$   
 $F3 = \text{TRUSS} = \pm 2780 \text{ KG}$



## 13. ¿QUÉ ALTURA ES CUÁL?

Cuando se apareja en lugares relativamente bajos o en escenarios al aire libre, es muy importante tener un conjunto claro de referencias de altura. En este capítulo explicaremos algunas “alturas” que se pueden encontrar, y qué ha de entenderse de ellas. Como muchos de estos términos no están todavía definidos en ninguna normativa de aparejamiento de espectáculos, se debe comprobar siempre si hay acuerdo con los términos y si se usan correctamente en relación con los requisitos del diseñador de espectáculos.

### Altura de elevación

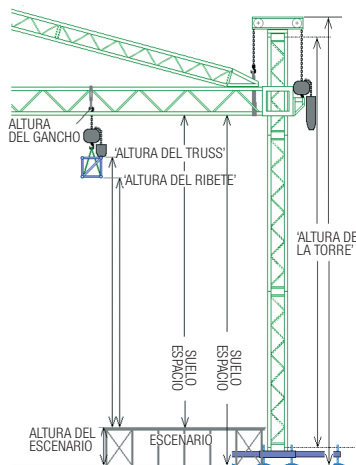
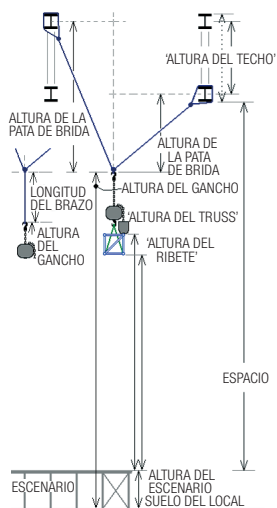
Se refiere a la longitud de la cadena de izado del polipasto de cadena, es decir, la cantidad de cadena libre que se necesita en el extremo activo para hacer el levantamiento, y en el extremo suelto para asegurar la tracción adecuada de la cadena en el bolso de cadena cuando se saca del motor. Otro factor importante es el número de bajadas de la cadena de izado.

### Ejemplo:

Una cadena de izado de 20 m de una tonelada de capacidad aferrada a un motor de bajada simple de 1 tonelada, con un recorrido del polipasto de 0,2 m a lo largo de la rueda dentada y dejando 0,4 m a los lados activo y suelto de la cadena, proporcionará una altura máxima de elevación de aproximadamente 19 m. Aquí el tipo de polipasto de ‘bajada a motor’ estará en reposo en la caja y el peso del motor de cadena no necesita levantarse. En caso de que se necesita una altura de elevación de 20m, el polipasto debe equiparse con aproximadamente 21m de cadena de izado. Igualmente, una horquilla de izado tiene una altura de elevación específica, que es menor que la altura total de las secciones telescópicas plenamente extendidas.

### Nota:

Para encontrar la longitud de cadena requerida para un sistema de torre, necesita añadirse el ancho de la sección superior al doble de la altura de la torre, la longitud requerida dentro y la parte del extremo suelto del polipasto. Se puede restar de esta altura la altura del truss que conecta con el bloque de manga.







### Altura de la torre

En Prolyte, altura de la torre significa la longitud de los trusses de torre usada como la altura real de trabajo de un sistema.

La “altura total de la torre” es de importancia cuando se erige la torre.

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

La altura del gancho es una parte importante entre los datos para el aparejamiento. 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 abajo’, se refiere al gancho de la cadena.

Las alturas de gancho requeridas son importantes cuando un entramado maestro es la parte principal sobre la que estas estructuras tienen que aparejarse para el espectáculo. Unas opciones de altura de gancho insuficiente en un lugar pueden conllevar el ajuste de las distancias de recorrido programadas para los movimientos del polipasto de cadena, o incluso de las posiciones de enfoque para el equipo de iluminación automático en los focos del truss colgados del entramado maestro.

Dependiendo de la altura de las estructuras principales del local, la altura del gancho establecerá el punto de unión en la parte inferior de la brida.

### Altura del ribete

El término proviene del teatro, y se refiere a la altura en que un borde de tela corta la visión de los instrumentos de iluminación. En la mayor parte de los casos esta será la distancia vertical entre una parte específica de un objeto (truss, elemento escénico) y el suelo del local.

Los diseñadores de iluminación se refieren al lado inferior del truss (o barra de tramoya en teatro) en relación con la superficie del escenario, en lugar de al suelo del local.

Los ingenieros de sonido pueden verlo de forma diferente: algunos aludirán a sus armarios superiores en un conjunto o matriz; otros se referirán al espacio entre los armarios y el suelo del local, que estará ocupado por el público. Los diseñadores de decorados se refieren principalmente a la altura de las partes inferiores

del decorado que se deben despejar del escenario o suelo del estudio para ocultarlas detrás de un borde (tela negra horizontal) o quitarse de la vista para hacer fotos.

Para el instalador de aparejos es importante disponer del tipo de información correcta para preparar, planear y aparejar el espectáculo con seguridad y eficiencia. El instalador debe verificar las referencias de los datos de altura del ribete con el diseñador particular para el que está instalando el equipo.

### Altura del truss

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

#### Nota 1:

Ocasionalmente, el término ‘altura del truss’ se puede usar para el lado superior o inferior del truss en su posición levantada, con un significado más o menos como el de ‘altura del ribete’.

De todos modos, si los cordones superiores o inferiores no se especifican, esto podría provocar que una torre de soporte en tierra fuera un metro demasiado baja en caso de que se planificaran trusses S100f o B100.

#### Nota 2:

‘Altura del ribete’ se usa también en la industria del automóvil para indicar el espacio entre la carretera y cualquier parte de los bajos del coche (trim height es el término común en inglés; en la industria del automóvil en español se habla de altura de la carrocería o de la guarnición).

Aquí el término define como ‘distancia al suelo’.

### Espacio

Un término general que se refiere a la distancia sin obstáculos entre el suelo (del escenario) y las partes inferiores de la estructura principal de soporte.

Un término más ajustado sería ‘espacio del escenario’ y ‘distancia a tierra’ o ‘distancia al suelo’.

## 13. ¿QUÉ ALTURA ES CUÁL?



Foto: Walibi Holland

### Nota 1:

Los fabricantes como Prolyte proporcionan información / datos sobre 'espacio' indicando la distancia desde el 'sustrato' del suelo del local a la parte inferior de los trusses del techo, dado que no se conoce el propósito o uso y la altura de un posible escenario no se conoce. Para fabricantes de techos de exteriores, el término más normal es 'distancia a tierra'.

### Nota 2:

En teatros, 'espacio' puede indicar la distancia entre el suelo del escenario y el lado inferior de las barras de tramoya.

### Altura del techo

Esta expresión se usa también de dos modos diferentes por lo menos:

- A. como la distancia entre el suelo del local y las partes inferiores de la estructura principal de soporte ~ también conocida como 'altura de la viga' y, por tanto, casi un sinónimo de 'espacio'.
- B. La distancia entre las partes inferior y superior de las estructuras principales de soporte, también llamada 'altura estructural del techo'.

### Nota:

Los ingenieros estructurales considerarán las vigas desde el punto muerto de la sección de cruce, mientras que en 'aparejamiento' la tendencia es referirse a las distancias exteriores. En la última dimensión es importante quitar el gancho de cadena de la viga inferior si el cordón superior está envuelto. La cadena debe ser capaz de girar libremente y ladearse, mientras que debe evitarse en todo momento cargar el gancho sobre una brida de la viga inferior.

### Altura de la brida

Es la distancia vertical desde la altura de la parte superior del gancho (ver altura del gancho) a la posición en la estructura horizontal donde están fijados los puntos de anclaje.

### Nota:

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



### 14.1 INTRODUCCIÓN

Las estructuras temporales de exteriores se usan ampliamente en toda condición y circunstancia. Las estructuras temporales de exteriores Prolyte proporcionan techo temporal sobre un escenario móvil. Este techo o estructura temporal sirve a dos propósitos fundamentales:

- Proporcionar refugio a personas y equipo contra las inclemencias.
- Proporcionar una estructura de soporte para equipo usado comúnmente, como iluminación, sistemas de sonido y escenografía.

#### Definición:

Cuando en este texto hacemos referencia a “el cliente”, aludimos a las distintas partes implicadas en el uso, contratación, alquiler o construcción de la estructura, dependiendo del uso previsto, contexto y responsabilidad que se derive de las acciones mencionadas en el texto.

### 14.2 RESPONSABILIDADES PRINCIPALES

#### General

Los requisitos generales para la salud y la seguridad en relación con las estructuras desmontables son los mismos que para las estructuras permanentes: una estructura desmontable debe formar parte de un entorno saludable y seguro y no debe dar lugar a riesgos para la salud o la seguridad de los usuarios ni de los implicados en el levantamiento, mantenimiento o desmantelamiento de la estructura. Responsabilidades de los clientes, propietarios del terreno y organizadores del espectáculo:

La responsabilidad primaria por la seguridad de los asistentes a un espectáculo y de los usuarios de las estructuras temporales desmontables recae sobre el cliente. El cliente no puede traspasar su responsabilidad a terceros. El cliente debe asegurarse de que se emplea a gente competente para el diseño, suministro y levantamiento de estructuras temporales desmontables. El cliente es responsable de asegurar la seguridad de los usuarios de estructuras temporales desmontables por medio de la dirección y control de los usuarios antes, durante y después del espectáculo.

#### El cliente debe:

- Asegurarse de que los requisitos de seguridad se cumplen.
- Asegurarse de que el contratista proporciona planos de levantamiento y los acompaña con cálculos, cargas teóricas y cualquier resultado relevante de pruebas.
- Designar a una persona competente para aconsejar si falta experiencia técnica apropiada.
- Dar a las autoridades aviso pertinente del uso previsto para la estructura y de cuándo estará accesible para inspección.
- Tener a mano los procedimientos para tratar con condiciones meteorológicas adversas durante un espectáculo, incluyendo vientos fuertes y lluvia intensa.
- El contratista ha de preparar métodos por escrito para el levantamiento y el desmantelamiento, incluyendo métodos para cimentar el suelo a nivel, y dárselos al cliente para que los haga llegar a todas las partes, incluyendo la autoridad local, si es necesario.

#### Responsabilidades de los diseñadores y contratistas:

- Evaluar todas las posibilidades relevantes para estar seguros de que se ha tenido en cuenta el riesgo de accidente.
- Se ha de completar una evaluación de riesgos en todos los casos.
- Proporcionar pruebas de su competencia.
- Realizar una comprobación final, independiente, por una persona competente, una vez la estructura se haya erigido.

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

#### Peligros

El público espera seguridad en su entorno del día a día, y no tiene en cuenta los riesgos que puedan existir. Los peligros son generalmente definidos como circunstancias que pueden causar daño. Un riesgo se define como la probabilidad de que un peligro se materialice. El proceso de evaluación de peligros y riesgos se ocupa de las preguntas: ¿Qué pasa si...? ¿Qué probabilidad hay de que...? ¿Cuáles son las posibles consecuencias de...?

### **Peligros durante la instalación y desmantelamiento**

Los peligros durante la instalación pueden derivarse de factores como el fallo humano, premura, iluminación inadecuada, fatiga de los operarios y equipo averiado. Si no se detectan, tales peligros se ciernen sobre los operarios que levantan las estructuras y sobre los usuarios.

Los peligros pueden estar presentes también durante el desmantelamiento. Los peligros principales para la seguridad durante la instalación y desmantelamiento son:

- Incumplimiento de la documentación de diseño e instalación.
- Incumplimiento de una buena praxis.
- Fallo de alimentación o del equipo.
- Evento externo, como incendio, explosión, impacto de vehículo, viento, nieve, terremoto.
- Caídas desde la altura.

### **Peligros operativos**

Cuando se termina de instalar y la construcción está abierta a usuarios, se presenta otro conjunto de peligros. Si la construcción está diseñada y levantada adecuadamente, tales peligros serán por lo general el resultado de influencias externas. Pre-planificar en todas las etapas minimizará su efecto. Los principales peligros operativos son:

#### **Estructurales:**

- Sobrecarga, fallo estructural o hundimiento.

#### **Impacto de vehículo:**

- Eventos externos extremos, como inundación, viento, nieve, terremoto, rayo.
- Daños estructurales por cualquier causa.

#### **Comportamiento de las masas:**

- Abarrotamiento.
- Vandalismo o comportamiento criminal violento.
- Alteraciones, manifestaciones o incitación a las masas; fuego o explosión.
- Pérdida de alimentación que conlleve fallo de los sistemas.
- Derramamiento de sustancias peligrosas.
- Urgencias médicas.
- Accidentes.

### **Evaluación de riesgo**

Se requiere de todos los empleados que realicen una evaluación para identificar los peligros y riesgos implicados en el tipo de trabajo que podrían causar lesiones a los empleados o al público. La gente que trabaja por libre tiene que llevar a cabo también una evaluación de su ejercicio profesional. Si se hacen cambios significativos en los procedimientos, estas evaluaciones tienen que revisarse.

Los riesgos asociados con cualquier peligro dependen de varios factores:

- La probabilidad de un accidente y una los acontecimientos secundarios que se produzcan.
- La efectividad de las medidas para protegerse del peligro y para controlar un accidente.
- Las consecuencias directas si se produce un accidente y las consecuencias indirectas posteriores.

## **14.4 OBTENCIÓN Y USO**

### **Especificación de requisitos**

El cliente ha de proporcionar al contratista de la estructura desmontable una especificación técnica escrita de los requisitos.

### **Lista de comprobación de la información**

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

- Lugar del acto y localización de la estructura desmontable en el emplazamiento.
- Tipo y detalles del acto, p. ej. deporte, teatro, festival, conferencia, concierto.
- Programa para suministro de la estructura, p. ej. fecha requerida, fecha en la que los cálculos estructurales y planos se necesiten para comentar, tiempos de construcción, cualquier limitación de las horas de trabajo.
- Tipo de estructura requerida, p. ej. tribuna, marquesina, escenario; con/sin techo.
- Tamaño y peso del equipo que el escenario y techo han de soportar (si corresponde).
- Servicios necesarios sobre y en la estructura, p. ej. zona de suelo, número de asientos, líneas de visión, acceso a la estructura de escenario.
- Rutas de acceso público al emplazamiento; tiempos de evacuación de público durante el acto.





- Acceso al emplazamiento para construcción y desmantelamiento.
- Condiciones del terreno, p. ej. plano o desnivelado, posición firme, terreno blando.
- Velar por el cumplimiento de los contactos de la autoridad (control de la construcción, salud medioambiental y encargado de control de incendios) para asegurarse de los requisitos de licencia y certificados.
- Factores de riesgo de incendio.

### Lista de comprobación de gestión

Los siguientes requisitos contribuirán a asegurar que las estructuras temporales desmontables se obtienen y se usan con eficiencia y seguridad.

- La responsabilidad sobre el diseño y el levantamiento de la estructura y sus cimientos recae sobre el contratista. Gente con formación adecuada debe llevar a cabo el levantamiento y desmantelamiento. Los cálculos de diseño y los planos o una clase de certificación, junto con una comprobación independiente del diseño, se deben enviar al cliente o al agente del cliente.
- La estructura tiene que ser diseñada por personas competentes usando principios aceptados de ingeniería, y ha de cumplir con todas las normativas y documentos de instrucciones correspondientes, así como con los requisitos de especificación.
- Cualquier alteración debe someterse a una comprobación independiente adicional.
- El contratista y el organizador del acto deben ser capaces de proporcionar prueba de la responsabilidad civil está cubierta por un seguro.
- La estructura y sus cimientos han de estar protegidos de tráfico de vehículos, donde sea necesario.
- Después de haberse levantado, la estructura debe estar sometida a una comprobación documentada de su levantamiento a cargo de una persona competente.
- Se debe hacer mantenimiento de la estructura para que esté en buen uso en el momento adecuado.
- El cliente debe realizar, o encargar a otros que realicen, inspecciones periódicas y requerir al contratista u otra persona competente que lleve

a cabo las reparaciones pertinentes y trabajos de restauración según se necesiten.

### Cumplimiento con las regulaciones

Es siempre responsabilidad del cliente contactar con el organismo de aplicación para informar de las propuestas para una estructura temporal, y buscar asesoramiento sobre responsabilidad en lo que se refiere a cumplimiento de los requisitos, certificados, licencias y permisos, así como con lo que respecta a cualquier regulación local que corresponda. Si un acto necesita licencia, el organismo de aplicación comprobará los cálculos y planos. Si se aplica una licencia para un acto, el cliente debe notificar al órgano de aplicación de qué contratista(s) proporcionará(n) las estructuras. El organismo de aplicación pedirá entonces al cliente la información técnica precisa. Es responsabilidad del cliente proporcionar oportunamente toda la información técnica requerida por el organismo de aplicación antes de que empiece el levantamiento. Los organismos de aplicación deben presentar cualquier objeción al diseño con suficiente antelación al levantamiento como para dar al contratista tiempo de solucionar los problemas. Este es un requisito clave para cualquier evaluación de riesgo y disposición metodológica. La documentación de diseño y la información técnica deben proporcionarse en general al menos 14 días antes de que empiece el levantamiento, y el organismo de aplicación debe responder por escrito al menos 7 días antes de que empiece el levantamiento. Sin embargo, por su propia naturaleza, las estructuras temporales deben suministrarse a menudo con aviso previo muy breve. Es habitual que se haga un estudio, se haga un pedido, se erija la estructura, tenga lugar el acto y se despeje el lugar, todo en menos de una semana. El organismo de aplicación puede también desear inspeccionar la estructura durante y/o después de su levantamiento para verificar que su construcción cumple con los detalles aprobados, que no obstruya ninguna salida y que, en un límite razonable, no se preste a uso indebido por parte del público.

### 14.5 USO

#### Supervisión durante el acto

Los aspectos clave que se han de considerar en



la planificación de la supervisión durante un acto incluyen lo siguiente:

- El coordinador de seguridad debe controlar y actuar si es necesario para asegurarse de que las estructuras desmontables se usan como se planeó y que la seguridad no se compromete o se pone en riesgo.
- No deben admitirse usuarios en una estructura desmontable hasta que el coordinador de esté satisfecho con el levantamiento decida que cumple totalmente con los criterios de diseño.
- Ningún elemento estructural que forme parte de una estructura temporal desmontable debe quitarse durante el uso.
- El número y distribución de los usuarios para los que se ha diseñado una estructura no se deben sobrepasar.
- El cliente debe designar una cantidad suficiente de ayudantes a cada estructura para salvaguardar a los espectadores.

### **Instalaciones eléctricas y protección contra rayos**

Las instalaciones eléctricas en estructuras temporales se deben conectar a tierra adecuadamente de acuerdo con la normativa. Se debe tener en consideración el grado de exposición y la posibilidad de riesgo de alcance de un rayo y, donde sea oportuno, la estructura en sí se debe ligar o conectar a tierra.

Se debe seguir el consejo de un ingeniero eléctrico sobre la conexión a tierra y la protección contra rayos.

En las construcciones de apoyo en tierra, el entramado principal se aísla a menudo de las torres a causa del uso de ruedas de plástico o goma en los bloques de manga. El entramado principal debe pues conectarse a tierra por separado.

### **14.6 CONDICIONES DEL TERRENO Y EL EMPLAZAMIENTO**

La presión admisible en el terreno es la presión que se puede aplicar con seguridad al terreno. El tipo y estabilidad del subsuelo son de vital importancia para la presión admisible. Se debe tener particular cuidado con:

- Las condiciones del terreno tras lluvia intensa.
- Superficies heladas o resacas.

- Pedestales duros de materia bituminosa, cemento u otros; el grosor y tipo de material subyacente son críticos para la capacidad de la superficie para soportar carga.

### **Separadores / tacos de madera**

El método normal para soportar estructuras temporales desmontables es colocar separadores de madera en el suelo y luego usar barras de andamio roscadas con plataformas para nivelar la estructura. Para estructuras temporales desmontables se usan a veces placas base especialmente pesadas; estas son más grandes, rígidas y fuertes que el andamiaje convencional.

La experiencia nos enseña que los separadores de madera se pueden colocar directamente en superficies de hierba en suelos con una capacidad de soporte adecuada. Sin embargo, si las estructuras se colocan en pendientes de hierba, el césped/subsuelo se ha de excavar localmente para proporcionar soporte vertical bajo el separador. Las placas base y separadores han de ser productos de ingeniería, y su tamaño y distribución no se ha de dejar al azar. Los cálculos de diseño se deben preparar para mostrar cómo las cargas de las patas se transfieren al suelo. La experiencia nos muestra que el uso de tablas de andamio o separadores traveseros de barandilla es por lo general satisfactorio.

Cabe esperar que las cargas concentradas de la plataforma/placa base se extiendan por el separador de madera en 2 horizontal a 1 vertical a lo largo de la fibra, y 1 a 1 a través de la fibra a menos que se dirija de otra manera calculada. Para cargas de patas pesadas, puede ser necesario prever una suspensión reticular de los separadores de madera. El contratista debe inspeccionar las placas base en busca de daños antes de cada uso.

Se deben colocar centradas bajo la carga a menos que se indique lo contrario en los documentos de diseño. Faltar a la observación de este requisito puede causar tensiones de soporte que excedan ampliamente los valores calculados, conduciendo a sobretensión local en el suelo y a un asentamiento diferencial inaceptable de la estructura.



### Anclaje al terreno

Hay varios tipos disponibles de anclajes al terreno comerciales. Los fabricantes de anclajes al terreno proporcionan usualmente datos sobre cargas de trabajo seguras para varios tipos de suelo. Se ha de notar que estas cargas permisibles varían considerablemente. Los anclajes de suelo han de estar diseñados por una persona competente e instalados conforme a las directrices y recomendaciones del fabricante. Los anclajes al terreno pueden ser difíciles de instalar con precisión. Esto puede conducir a excentricidades dar lugar a momentos flectores en la estructura o en los cimientos que hay que tener en cuenta para el diseño.

### Terreno en cuesta

En general, no es recomendable construir estructuras temporales como sistemas de techado en terrenos con desnivel debido al hecho de que esto puede causar grandes dificultades al erigirlo, así como inestabilidades en la estructura durante el levantamiento y/o desmantelamiento. Cuando un emplazamiento está en cuesta o en desnivel, será necesario allanar el terreno o erigir una estructura susceptible de modificarse para solucionar el desnivel. Cuando el terreno no esté nivelado o casi a nivel y las bases de los cimientos para la estructura no se puedan colocar en ángulo, se habrá de proveer una base de nivel. Esto se puede hacer cortando escalones en el terreno o colocando traviesas de madera pendiente arriba con bloques de madera, dándoles forma para adaptarse a la pendiente y fijados a las traviesas para formar cimientos individuales para cada montante. Se ha de tener en cuenta que la capacidad de soporte de los cimientos en un escalón se reduce proporcionalmente a la pendiente del terreno circundante. Esta reducción se debe ajustar en el diseño. Una persona competente debe comprobar la estabilidad del terreno en pendiente.

### 14.7 CONDICIONES DE VIENTO

La influencia del viento en una estructura temporal desmontable es uno de los mayores peligros. Por tanto, es de primordial importancia aplicar todas las medidas que se mencionen en el informe estático.

La omisión por negligencia de lastre, vientos u otras partes de la construcción pueden tener consecuencias graves para la seguridad de todos.

Cuando use una estructura temporal desmontable, consulte diariamente los boletines locales y/o sitios web correspondientes y tome precauciones si es necesario y se recomienda.

Es admisible reducir la carga del viento en estructuras temporales desmontables si los toldos y telones de gasa se pueden quitar dentro de cierto tiempo; de 10 a 15 minutos parece adecuado.

En general, estas precauciones se toman para velocidades de viento de más de 20m/s / 74 km/h / 46mph. La velocidad del viento se debe medir a una altura de 10 m por encima del nivel del terreno, o al menos en el punto más alto de la estructura.

### Uso de telones de gasa

El uso de telas permeables de gasa para estructuras exteriores requiere atención especial. A menudo, la permeabilidad se expresa como un porcentaje relativo a la transmisión de luz. Se ha de tener en cuenta que esto no es lo mismo que permeabilidad al viento. La tela de gasa se ha de suministrar con un número CF (resistencia aerodinámica) para la permeabilidad. El tipo de tejido, su estructura y el tamaño de las aberturas determina este factor. En la práctica, esto implica que los telones de gasa pueden parecer abiertos, pero no lo son con respecto al viento.

Hay telones de gasa especiales acústicos para alas de sonido. La mayoría de los telones de gasa 'estándar' deforman drásticamente el sonido, puesto que dejan que pase el viento.

## 14.8 INSTALACIÓN, INSPECCIÓN Y DESMANTELAMIENTO

### Preparación

Las etapas críticas de la instalación de estructuras temporales desmontables se han de identificar durante el proceso de diseño. Para asegurarse una provisión adecuada contra vuelcos durante el levantamiento, puede que sean necesarios puntales y/o vientos provisionales; tales requisitos se han de comunicar oportunamente a los operativos del emplazamiento.



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

### Seguridad en el lugar de trabajo

La estructura se ha de erigir con seguridad, de acuerdo con los manuales y planos proporcionados. Todos los lastres, vientos provisionales y otros medios temporales de soporte señalados en el manual se deben instalar adecuadamente para la seguridad de los operarios. Todo el trabajo en altura se debe evaluar y realizar de acuerdo con los requisitos locales o internacionales. Se ha de tener cuidado en usar el componente correcto en el lugar y orientación correctos. Todos los componentes se deben juntar con cuidado. No se deben doblar, deformar o alterar de ningún modo para forzarlos a encajar. Se ha de poner particular atención a la delicadeza de las conexiones. El par aplicado a pernos y otras conexiones se debe hacer según las recomendaciones del fabricante. Se ha de tener cuidado en cerciorarse de que todas las ligaduras y abrazaderas especificadas se han instalado correctamente. Las alteraciones del emplazamiento o adaptaciones al diseño especificado no se deben hacer sin verificación del diseñador.

### Vientos y conexiones

Todos los vientos y otros componentes necesarios se deben incorporar según avance el ensamblaje. Los vientos se deben disponer de modo que proporcionen estabilidad en todas las fases de la construcción. Se ha de hacer una comprobación para asegurarse de que se han realizado las conexiones necesarias y que los componentes de enlace no están tensos para llegar a unirse. Podría producirse inestabilidad local, poniendo potencialmente en peligro la estructura completa, por omitir apretar un perno. Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de estar atento a los detalles.

### Seguridad de los operarios

Se recomienda seguir las directrices para la seguridad de los operarios implicados en el trabajo de construcción. Se debe usar EPP, incluido equipo anticaídas, cuando esté indicado. Se deben identificar en el diseño los puntos de anclaje adecuados.

### Inspección de estructuras

La inspección es esencial para garantizar

la seguridad e integridad de una estructura desmontable. Se necesitan inspecciones en varias etapas y son principalmente responsabilidad del contratista. El cliente, coordinador de seguridad y autoridad local pueden también hacer inspecciones. El contratista debe hacer inspecciones periódicas durante la instalación para verificar los supuestos del diseño y para comprobar que el trabajo se lleva a cabo según la documentación provista. La inspección inicial debe concentrarse en la preparación y acondicionamiento del emplazamiento. Las inspecciones siguientes deben comprobar la orientación y ubicación de los componentes, especialmente elementos de sujeción, el uso de soportes temporales y la instalación adecuada de los conectores, acoples y ajustes correctos.

Todo trabajo de inspección se debe documentar. Se debe hacer referencia específica a las medidas de rectificación necesarias que se hayan señalado y a las fechas acordadas para realizar el trabajo. El contratista debe llevar a cabo cualquier trabajo de rectificación que se haya considerado necesario tras las inspecciones, a menos que pueda proporcionar prueba documental de que la construcción es segura como está.

### Autoridad local

Donde se precise una licencia de la autoridad local, al inspector de la autoridad local se le ha de proporcionar la documentación completa para el ensamblado de la estructura temporal, y puede inspeccionarla en cualquier etapa. Dicha inspección pondrá particular atención en la preparación del emplazamiento y en la estructura totalmente ensamblada. El inspector puede también pedir copias de cualquier documentación formal de inspecciones previas.

### Comprobación de instalación

Después de la instalación, la estructura deber someterse a una revisión a cargo de una persona competente. A la inspección ha de seguir una revisión sistemática de la estructura completa. Han de estar disponibles para consulta continua un plano y una lista de comprobación. El inspector debe comprobar que:



Foto: Space Roof Training Scenbyggarne

- La instalación se corresponde exactamente con la tolerancia requerida.
  - Los cimientos son adecuados, no es probable que se alteren y que la porción inferior de la estructura de soporte no es susceptible de provocar daños por interferencia, accidente, tráfico, fricción, socavación u otra causa.
  - Se han colocado placas base/separadores adecuados, nivelados apropiadamente y, donde fuera necesario, soportados correctamente.
  - Las placas base/separadores se han asentado apropiadamente, sin estabilidad inaceptable.
  - Los elementos están correctamente situados y conectados.
  - Los límites estipulados para la extensión de los componentes ajustables no se ha superado.
  - Todos los componentes requeridos, incluyendo clavijas, pernos, tuercas, abrazaderas, etc., son del tipo correcto, se han insertado correctamente y son seguros.
  - El entarimado, asientos y barandillas están correctamente instalados y son seguros.
  - El mantenimiento de la estructura no crea por sí mismo peligro o impone cargas no previstas en el diseño.
  - Tras la consecución de una inspección satisfactoria, se debe informar al cliente y confirmar por escrito. Después de que la estructura esté completada e inspeccionada, se ha de asegurar para evitar el vandalismo.
- Se han de tomar medidas para evitar acceso no autorizado a la estructura temporal. Se recomienda que una persona competente inspeccione cada estructura en uso, con una frecuencia en las inspecciones que dependerá de la naturaleza del acto. Si una estructura se usa por tiempo prolongado (p. ej. una serie de conciertos en un festival), se debe inspeccionar antes de cada uso.

### Desmantelamiento

El proceso de desmantelamiento de una estructura desmontable es importante, ya que sus componentes probablemente se reutilizarán. Se ha de tener cuidado de mantener la seguridad del equipo de desmantelamiento y de la gente de los alrededores. Cualquier cable provisional que se haya usado para erigir la estructura hará falta cuando se desmantele. Así se evita que los componentes se doblen, se

deformen o acumulen tensión excesiva durante el desmantelamiento.

Puede que durante el uso se hayan producido daños leves en la estructura, y los componentes estropeados tienen que haber marcado claramente por adelantado para facilitar su identificación al desmantelar.

Durante el desmantelamiento, el contratista debe examinar todos los componentes para ver si hay signos de desgaste, deformación u otros daños. Los componentes estropeados, o los que tengan reparaciones provisionales, deben apartarse para eliminarlos o llevárselos para una reparación permanente.

### Inspección de componentes

El uso repetido de estructuras desmontables conducirá inevitablemente a un desgaste general, con rotura en caso extremo, o deformación que puede producirse durante el manejo, transporte, montaje o desmantelamiento. El contratista debe inspeccionar periódicamente todos los componentes usados en estructuras desmontables –incluyendo las ayudas al levantamiento y los componentes de la estructura en sí– en busca de signos de desgaste, deformación u otros daños.

Tales inspecciones deben realizarse en las siguientes etapas:

- Cuando se distribuyan en el almacén.
- Al llegar al sitio o durante la descarga.
- Durante el ensamblaje.
- Mientras están en uso.
- Durante el desmantelamiento.
- A la vuelta al almacén.

### Los daños típicos incluyen:

Tubo y componentes prefabricados:

- Corrosión, grietas, deformación, raspaduras, extremos hendidos, extremos no planos o descuadrados, integridad de soldaduras.

### Conectores, acoples, juntas:

- Deformación, distorsión, cables estropeados.

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

### 14.9 IDENTIFICACIÓN

#### Componentes de la estructura

Todos los trusses, torres y componentes Prolite se marcan individualmente y se pueden identificar por un grabado. Asegúrese de que estas pegatinas están en el producto. Gráficos generales muestran dónde va cada componente en la estructura construida.

#### Toldos

Los toldos Prolite están hechos generalmente de PVC con retardante al fuego. Las marcas de identificación están grabadas en el material e impresas en la etiqueta. Existen certificados para diferentes países disponibles bajo demanda.

### 14.10 ENSAMBLAJE

#### Toldo

Se debe evitar el sobretensado, ya que este reduce drásticamente la vida del toldo y puede provocar una tensión excesiva en los trusses del entramado principal.

#### Lastre

El lastre es el peso adicional que es necesario para mantener la estructura en su sitio y asegurarla contra la fuerza del viento, ráfagas de viento, deslizamientos u otros peligros. El peso necesario puede diferir para cada torre. Para una lista de la cantidad total de lastre necesario, vea el informe estructural.

En vista de los múltiples métodos para aplicar lastre, así como de las restricciones locales, no se muestran en los gráficos tipos de peso específicos. Sin embargo, el peso del lastre en bases de torre es esencial para asegurar la estabilidad y seguridad del sistema, y particularmente con limitaciones a causa del clima (viento!).

El peso de una construcción o escenario intermedio interconectado se puede deducir del requerimiento de lastre total, suponiendo que el escenario es capaz de soportar las fuerzas horizontales según lo especificado en el informe estructural.

El estado puede funcionar además como una plataforma única sólida – esto es, el escenario entero debe subir cuando se levanta cualquier



esquina. El suministrador del escenario debe comprobar estos requisitos.

### Elevación

La integridad estructural de una estructura temporal desmontable solo está garantizada cuando está completamente construida, es decir, cuando todos los vientos están en su sitio y se ha conectado el lastre. ¡La integridad no es la misma durante el alzado y bajada!

Es importante tener esto en cuenta en todo momento. En general, las estructuras Prolite se pueden alzar y bajar a una velocidad máxima del viento de 7,9 m/s (28,4 km/h / 17,6 mph).

Cuando alce la estructura, ha de haber siempre una persona a cargo de la operación de izado y un empleado debe controlar el izado en cada punto de su recorrido. Asegúrese de que hay buena visibilidad en todo momento.

Asegúrese de que la capacidad de carga de su dispositivo de izado es adecuada. Recomendamos al menos un 25% de espacio libre en altura. Una elevación desigual, la fricción causada por los bloques de manga y una distribución desequilibrada del peso pueden causar que las cargas sean mayores de lo previsto.

### Uso de cabrestantes/polipasto

Asegúrese de guiar el cable-soga del cabrestante en giros limpios paralelos en capas suaves sobre el tambor, puesto que el retorcimiento del cable puede causar daños graves y desgaste. El daño a los cables puede provocar la rotura de fibras de cable o incluso del cable completo, causando que el bloque de manga caiga, con el consiguiente riesgo de daños materiales, lesiones o incluso muerte.

Cuando use un polipasto de cadena, asegúrese en todo momento de que las cadenas no están retorcidas. Asegúrese de que todos los puntos se levantan por igual y a la misma velocidad. Puede que sean necesarias revisiones intermedias o paradas para evitar un izado desigual de la estructura completa.

## 14.11 INSPECCIÓN

### General

Prolite aconseja encarecidamente inspecciones meticulosas documentadas a cargo de una persona competente al menos una vez al año, y más a menudo si las circunstancias o intensidad de uso así lo requieren. ¡La responsabilidad legal o de otro tipo por el uso seguro de estructuras temporales desmontables recae sobre todo sobre el propio cliente!

### Niveles de inspección

Los módulos de truss, tanto viejos como nuevos, deben inspeccionarse tras su adquisición (inspecciones iniciales). Se deben realizar inspecciones visuales regulares y llevar registro de dichas inspecciones.

Además, una persona competente debe realizar inspecciones regulares antes de cada uso y al menos una vez al año, o según la rutina de inspección determinada por una persona cualificada. Los trusses sujetos a daños accidentales deben inspeccionarse según los requisitos de inspecciones periódicas.



### **Instalaciones permanentes**

Se deben realizar inspecciones periódicas en todos los módulos de truss instalados en una configuración estacionaria (sin movimiento). La frecuencia de las inspecciones se ha de determinar a partir de las condiciones presentes. En caso de módulos instalados en una configuración permanente en la que el movimiento del sistema de truss forme parte del uso, las inspecciones periódicas han de tener lugar cada tres meses, o según una rutina de inspección determinada por una persona cualificada.

### **Registros**

El propietario debe mantener registro de las inspecciones iniciales y las inspecciones periódicas de cada módulo de truss, las cuales deben llevar fecha y firma del inspector.

### **Reparaciones y retirada del servicio**

Si una parte del truss muestra daño visible significativo o se sospecha que contiene un elemento dañado (visible o no), el truss debe retirarse del servicio y marcarse oportunamente. Una persona cualificada debe realizar una evaluación del truss. Todo módulo que tenga daños considerados irreparables se debe apartar permanentemente del uso. El fabricante o una persona cualificada deben realizar y garantizar las operaciones.

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

Los criterios de inspección e instrucciones de mantenimiento para polipastos, cabrestantes y otro equipo de aparejamiento aparecen en los manuales correspondientes.



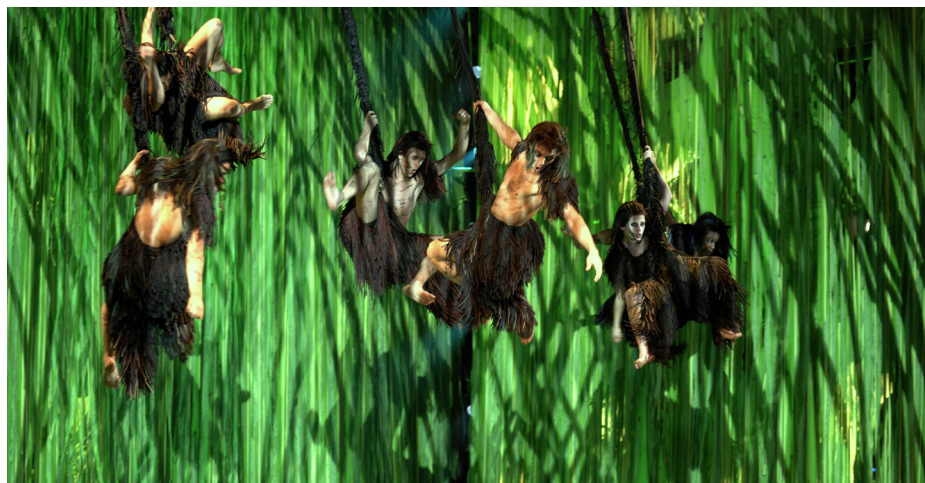


Foto: Tarzan the Musical

Mover gente en vertical se hace por lo general con ascensores, escaleras mecánicas, elevadores de trabajo y plataformas de elevación. Los dos primeros mecanismos de transporte están orientados a los requisitos de grandes máquinas abiertas al acceso el público en general. Los dos último mecanismos se pueden clasificar como equipo de trabajo para un grupo reducido de personas que han recibido formación. Ambos tipos están regulados por una serie de requisitos de seguridad y regulaciones claramente definidas por ley.

Sin embargo, si el uso creativo del movimiento en vuelo de una persona está en cuestión, apenas hay un país en el mundo que tenga una regulación legalmente correcta y claramente definida.

Para tales efectos especiales (usados en películas, televisión y teatro), la tecnología de espectáculos ha desarrollado sistemas especiales para el vuelo de personas.

A pesar de ello, esta forma de transportar personas queda excluida de la Directiva de Maquinaria (2006/42/EG).

En el caso de personas levantadas por dispositivos que no se hubieran previsto para este fin, los requisitos de la Directiva de Maquinaria son claros: doblar el factor de seguridad.

Por lo general esto significa elevar el factor de seguridad de 5 a 10 o reducir la carga nominal (WLL) x 0,5.

Esta prueba la puede proporcionar un fabricante, por ejemplo, mediante un test de diseño de la TÜV y la designación consiguiente de los trusses. Prolyte ha diseñado pruebas para todos los tipos de truss. Se necesita un conocimiento muy detallado y especializado para los intérpretes en vuelo. Recomendamos encarecidamente comprometerse solo con empresas especializadas en este tipo de proyectos.

Además, un técnico debe probar minuciosamente todos los componentes de un sistema de vuelo y documentar los resultados de las pruebas. Antes de poner en funcionamiento dicho sistema, se deben llevar a cabo pruebas de sobrecarga y tolerancia. Se ha de realizar un análisis de riesgos y se han de documentar los peligros para las personas, así como las medidas para evitarlos.

Además, se debe diseñar un plan de emergencia, p. ej. en caso de corte de energía.

Recomendamos encarecidamente el código profesional holandés NPR 8020-11 "Sistemas de "vuelo" de operación manual para intérpretes".



Foto: Interstage, Festival Classique

FACTOR DE SEGURIDAD	CARGA ESTÁTICA SIN PERSONAS BAJO LA CARGA	CARGA ESTÁTICA PERSONAS BAJO LA CARGA	CARGA DINÁMICA PERSONAS BAJO LA CARGA	CARGA ESTÁTICA PERSONAS SOBRE O LIGADAS A LA CARGA (A)	CARGA DINÁMICA PERSONAS SOBRE O LIGADAS A LA CARGA (C)
CARGA NOMINAL	✓				
0,5 X CARGA NOMINAL O SUSPENSIÓN SECUNDARIA EQUIVALENTE		✓	✓	✓ (b)	✓

- A) Ejemplos: Enfocar luces desde el truss, uso de sillas de foco de seguimiento o plataformas para equipo técnico.
- B) Las personas sobre la carga deben tomar precauciones contra el riesgo de caídas desde lo alto .
- Nota: Se han de tener en cuenta las consecuencias de la carga estática, como resultado de la construcción o la absorción de fuerzas resultantes de equipo anticaídas (EN 795)
- C) Ejemplos son: ballet, presentación sobre una plataforma elevadora, instalaciones para Artista en Vuelo, plataformas de trabajo.



En un entorno de trabajo, los empleados están obligados a llevar Equipo de Seguridad Personal (ESP).

Es un error pensar que solo quienes trabajan en altura o en un entorno peligroso deben usar ESP. Todo el personal que entre en el emplazamiento debe usar ESP. Este podría constar de zapatos con suelas de goma y punta de acero o casco. En muchos lugares de construcción es obligatorio ponerse una chaqueta amarilla diseñada para llamar la atención de los demás trabajadores en la construcción.

Elementos recomendados de un ESP son guantes, zapatos con punta de acero, chaqueta amarilla y casco.

Es responsabilidad del empleador asegurarse de que todos los elementos del ESP están disponibles in situ para todos los empleados, y comprobar si los empleados llevan y usan este ESP.

Es responsabilidad del empleado correr el menor riesgo posible durante su trabajo.

Por ejemplo, nunca permanecer bajo una un sistema de techado o una carga mientras se levantan.

Todos los ESP están regulados según la Directiva de Salud y Seguridad en el Trabajo europea.

Además de esta Directivas de Salud y Seguridad en el Trabajo europea, hay otras regulaciones sobre el Equipo de Seguridad Personal, y cada regulación tiene su función en el entorno global de trabajo.

Muchas de estas regulaciones se imponen localmente, lo que hace casi imposible mencionar todas las regulaciones. Las regulaciones más comunes se enumeran más abajo.

### Trabajo en altura

Trabajar en altura (a más de 2,5 m) es muy común en la industria del espectáculo, por ejemplo para enfocar luminarias o para sustituir una bombilla rota.

En caso de trabajar en altura, inténtese siempre llevar a cabo el trabajo sin escalar, y acceder a la zona de trabajo usando plataformas de trabajo para disminuir el riesgo que conlleva este trabajo.

A veces es inevitable escalar con el fin de conseguir acceso a cierto punto del techo o de la estructura.

En cuyo caso ha de realizar siempre su propia

evaluación del riesgo e intentar hallar una solución que implique el menor riesgo posible.

### Material de escalada

Las regulaciones establecen que desde una altura de trabajo de 2,5 metros, el empleado tiene que llevar ESP apropiado, lo que incluye un arnés corporal.

Los empleadores están obligados a proporcionar un ESP adecuado a sus empleados. El personal independiente ha de aportar su propio ESP.

Para aparejadores y técnicos de escalada, los elementos más importantes de su ESP son: un arnés de cuerpo completo en combinación con un amortiguador de impacto y un sistema anticaídas. Hay muchos tipos de arneses en el mercado. Para aparejadores y técnicos de escalada se recomienda un arnés de cuerpo completo, que consta de un arnés de cuerpo completo y un arnés de asiento. Las dos partes del arnés se unen y están diseñadas para distribuir la fuerza de la caída por todo el cuerpo. La posición de la suspensión después de la caída se calcula para maximizar las posibilidades de supervivencia.

En combinación con aparejos de arnés de cuerpo completo se debe usar también un sistema anticaídas.

El sistema anticaídas se debe unir bien al punto de suspensión frontal (pecho), bien al posterior (escápulas). La amortiguación adicional se debe sujetar siempre por encima de la cintura.

Recomendamos que el sistema anticaídas se una a un sistema de cabo de seguridad, que se sujeta a una estructura del techo o edificio en todo momento. Ligar el sistema anticaídas al truss puede ser una opción peligrosa, puesto que la mayoría de trusses no están diseñados para soportar las fuerzas adicionales de una caída libre.

### Sistema anticaídas con amortiguador de impacto

Una parte esencial del sistema anticaídas es el amortiguador de impacto. Este amortiguador de impacto está diseñado para reducir la fuerza de una caída a un máximo de 600 kg. Sin el uso de un amortiguador de impacto, la fuerza causada por una caída libre puede aumentar fácilmente hasta 25 veces el peso de la persona que cae,

dependiendo de la longitud de la caída y de la unión a la estructura.

(velocidad de la caída = 9,8 m/s<sup>2</sup>)

Un movimiento elástico en la sogas de suspensión o en la construcción puede reducir estas cantidades, pero solo de forma muy limitada en comparación con un amortiguador de impacto.

La posibilidad de sobrevivir a una caída sin un arnés de cuerpo completo y sistema anticaídas es muy baja.

Cualquier arnés de cuerpo completo debe cumplir con la EN 361 “equipo de seguridad personal contra caídas”. El amortiguador debe cumplir con la Normativa EN 355.

### Equipo de posicionamiento

Se recomienda también el uso de un equipo de posicionamiento junto al sistema anticaídas. El equipo de posicionamiento consta normalmente de una cuerda o eslinga combinados con material de escalada como mosquetones o ganchos SafLock (andamiaje). El equipo de posicionamiento debe estar siempre sujeto a la anilla del arnés de asiento y se usa principalmente para colocar al trabajador en posición operativa sin tener que usar las manos. Cuando el equipo de posicionamiento deja espacio para una caída de más de 0,5 metros, existe la obligación de sujetar el sistema anticaídas/amortiguador de impacto.

Recomendamos dejar siempre unido el sistema anticaídas al cabo de seguridad o sistema de techado, lo cual reducirá el riesgo de fallo del equipo de posicionamiento.

El punto de anclaje nunca debe estar por debajo de

la cintura de la persona que escala, con el fin de mantener la distancia de caída tan corta como sea posible.

Cuando este punto de anclaje se sujeta al truss, el punto de anclaje tiene que estar siempre en el cordón principal o en un punto nodal. El uso de dos puntos de anclaje independientes le dejará siempre ligado a la estructura, incluso si está cambiando de posición de uno de los ganchos de andamio.

### Política de uso de casco de seguridad

El uso de casco de seguridad es obligatorio en muchos lugares de construcción, así como para el personal que escala.

Los cascos de seguridad han de cumplir con las normativas EN 397.

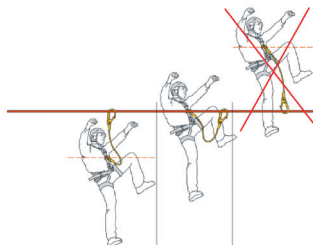
Los cascos de seguridad protegen la cabeza de lesiones provocadas por la caída de objetos y de impactos contra otros objetos durante la escalada o en caso de caída. Los cascos de seguridad requieren una banda de sujeción para impedir que el casco se desplace durante una caída.

### Escalar por una estructura de truss

Uno de los errores más comunes cuando se trata de escalar por trusses Prolyte es pensar que la serie MPT no es apta para escalar, pero las series pesadas sí lo son. Es importante advertir que en la mayor parte de los casos ningún truss es capaz de soportar las fuerzas de una caída libre.

Aconsejamos suspender el cabo de seguridad del techo o de la estructura adicional, y nunca del truss mismo, siempre que sea posible.

Si pretende escalar el aparejo del truss, el peso del técnico debe incluirse en el cálculo del sistema. Este no es solo el peso de la persona en sí, sino



Sistema anticaídas con amortiguador de impacto



Amarre del amortiguador de impacto



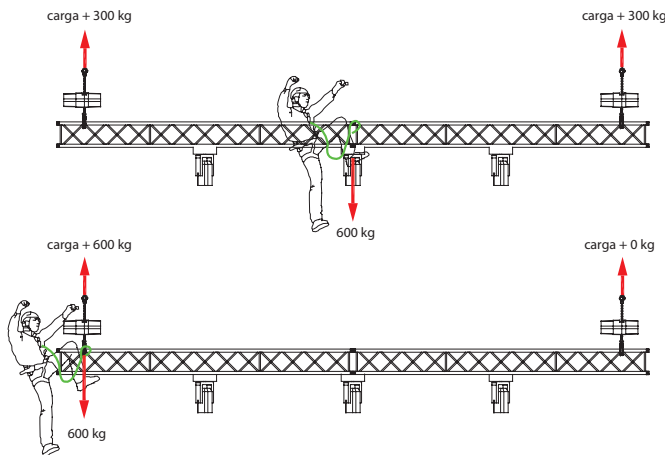
también las fuerzas de reacción en caso de una eventual caída, que será de 600 kg en la peor posición posible -usualmente en la mitad de un tramo libre.

### Ejemplo:

Para un tramo simple apoyado en dos polipastos, se necesita determinar si el tramo de truss es capaz de soportar las fuerzas de reacción del equipo

suspendido del truss, más los 600 kg adicionales que resultan de la caída libre (calculados como carga en un punto).

Asimismo, los polipastos deben ser capaces de aguantar los 600 kg de carga suplementaria. Que es el caso si se cae directamente bajo un punto de suspensión.



### Regulaciones

Las regulaciones más comunes se enumeran aquí.

NEN-EN 361: 2002

NEN- EN 358: 2000

NEN-EN 354:2008 2º borrador en

NEN-EN 355:2002 en

NEN-EN 813:2005 2º borrador en

NEN-EN 360:2002 en

NEN-EN 363:2008 en

NEN-EN 795:2003 borrador en

NEN-EN 1868:2003 borrador en

Equipo de protección personal contra caídas desde altura - Arneses corporales completos.

Equipo de protección personal contra posicionamiento de trabajo y prevención de caídas desde altura

- Cinturones para posicionamiento de trabajo y amarres de limitación y posicionamiento de trabajo.

Equipo de protección personal contra caídas desde altura - Amarres.

Equipo de protección personal contra caídas desde altura - Amortiguadores.

Equipo de protección personal contra caídas - Arneses de asiento.

Equipo de protección personal contra caídas desde altura - Anticaídas de tipo retráctil.

Equipo de protección personal contra caídas - Sistemas de protección personal contra caídas.

Protección contra caídas desde altura - Dispositivos de anclaje - Requisitos y pruebas.

Equipo de protección personal contra caídas - Definiciones y lista de términos equivalentes.

- Las versiones en borrador sustituyen a las normativas anteriores.

### 17.1 CERTIFICACIÓN DEL TRUSS

El uso de trusses en el sector del espectáculo se pueden dividir en dos aplicaciones principales:

- Truss usado como elemento constructivo.
- Truss usado como equipo de iluminación.

El truss usado como elemento de construcción, p. ej. soportando una estructura para un puesto de exposición o un marco para una cartelera en la pared está, en la mayoría de países europeos, supeditado a códigos de construcción locales y se calcula según las normativas correspondientes, como DIN 4113, BS 8118 y Eurocódigo 9.

Los trusses Prolyte se calculan según la normativa DIN 4133 y el Eurocódigo 9.

De acuerdo con las regulaciones de construcción, según lo compila la DiBt (Instituto Alemán para la Ingeniería Civil), los trusses deben llevar el símbolo U. El símbolo U es indicativo de la marca CE y está restringido a los materiales de construcción. Significa que todos los trusses y materiales con los que están fabricados cumplen con estos requisitos. Un truss se puede usar también como elemento de soporte-carga en combinación con un dispositivo de elevación. Esta aplicación difiere de la primera porque, en la mayoría de los casos, las cargas estarán suspendidas sobre personas o grupos de personas y esto requiere cumplir unos criterios de seguridad más estrictos. Sin embargo, los trusses como los que se usan para el sector del espectáculo están sujetos a desgaste y desgarro por el uso repetitivo y manejo.

Se puede asegurar la conformidad con CWA 15902-2 multiplicando el factor de seguridad por 1,2.

Prolyte tiene la certificación TÜV para la mayoría de sus trusses. Esta certificación se puede conseguir cotejando los cálculos con las normativas alemanas sobre construcción mediante un test en directo realizado para evaluar si se alcanzan los valores. El test no es un juicio de valor.

Si el fabricante decide bajar sus valores por cualquier razón, el TÜV evaluará estos valores. Este hecho dificulta la comparación de las tablas de carga para distintos fabricantes.

La política de Prolyte ha sido siempre ser claro y transparente con respecto a la información que proporciona. Por eso, hace unos años, pedimos con urgencia que el TÜV estableciera valores que incluyeran un coeficiente de seguridad para trusses en sus certificados. Las distintas marcas de trusses solo se pueden comparar si se proporcionan estos valores.

Los detalles que un fabricante a de ser capaz de enviar son:

- Especificaciones del material
- Dimensiones.
- Momento flector permisible máximo.
- Fuerza de corte permisible máxima.
- Fuerza normal permisible máxima en el cordón principal.
- Fuerza normal permisible máxima en la diagonal.

Por lo que respecta a las construcciones, tienen que cumplirse regulaciones locales de construcción en la mayoría de los países. La naturaleza temporal de las construcciones en la industria del espectáculo implica que sea imposible cumplir con las reglas que se aplican a instalaciones para una 'licencia de construcción'. Por consiguiente, se necesitan regulaciones suplementarias.

En Alemania, las construcciones temporales para exteriores tienen que ser revisadas por un ingeniero independiente, después de cuyas pruebas se publica un 'libro de construcción'. Todos los sistemas de techado Prolyte se han calculado y compilado de forma que estas construcciones sean aptas de inmediato para obtener un libro de construcción. Los libros de construcción estándar están ya disponibles para bastantes sistemas.



## 17. CERTIFICACIÓN E INSPECCIÓN

### Inspecciones iniciales

Cuando se adquieren, sean usados o no, los módulos de truss tienen que inspeccionarse de acuerdo con la Tabla 1, y se ha de mantener un registro de la inspección.

### Inspecciones regulares

Se deben realizar inspecciones visuales regulares, según la Tabla 1. Las inspecciones regulares deben ser realizadas por una persona competente y se han de llevar a cabo antes de cada uso.

### Inspecciones Periódicas

Se deben realizar inspecciones visuales periódicas según la Tabla 1 y mantener registro de dichas inspecciones. Las inspecciones periódicas deben ser realizadas por una persona competente al menos una vez al año, o de acuerdo con una rutina de inspección determinada por una persona cualificada.

Los trusses que hayan sufrido cualquier accidente deben inspeccionarse de acuerdo con los requerimientos para inspección periódica y según la Tabla 1.

TABLA 1

Parte	Nivel de inspección			Elementos que inspeccionar						
	Inicial	Regular	Periódica	Cordones	Diagonales	Conectores	Soldaduras	Cierres	Geometría	ID-TAG
	Capítulo	Capítulo	Capítulo							
Partes que faltan				✓	✓	✓	✓	✓		✓
Dientes	✓	✓	✓	✓	✓					
Curvas	✓	✓	✓	✓	✓					
Agujeros (1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Reparación incorrecta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Abrasión	✓	✓	✓	✓	✓		✓			
Corrosión			✓		✓		✓			
Elementos perdidos	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
Planitud (2)	✓	✓	✓			✓				
Deformación	✓	✓	✓			✓		✓		
Desgaste excesivo	✓	✓	✓			✓	✓	✓		
Grietas	✓	✓	✓				✓			
Puntuación correcta (3)	✓	✓	✓					✓		
Retorcimiento	✓	✓	✓						✓	
Cuadratura	✓	✓	✓						✓	
Flexión	✓	✓	✓						✓	
Curva			✓						✓	
Combadura			✓						✓	

(1) no forma parte de la construcción (2) particular para trusses con placas de conexión (3) Puntuación mínima 8,8 ww



### 17.3 FRECUENCIA DE INSPECCIÓN

#### **Truss en servicio normal**

Los módulos de truss en servicio normal han de estar sometidos a inspecciones regulares y periódicas.

#### **Instalaciones permanentes, estacionarias**

Se deben realizar inspecciones periódicas en todos los módulos de truss que estén permanentemente instalados en una configuración estacionaria (sin movimiento).

La frecuencia de las inspecciones se debe determinar a partir de las condiciones predominantes.

#### **Instalaciones permanentes, móviles**

Se deben realizar inspecciones periódicas cada tres meses, o de acuerdo con una rutina de inspección determinada por una persona cualificada, en todos los módulos de truss instalados en una configuración permanente donde el movimiento del sistema de truss sea parte integrante para el uso.

### 17.4 REGISTROS

El propietario de cada módulo de truss debe mantener registros de las inspecciones iniciales para cada módulo de truss, y deben llevar fecha y firma de la persona que lleve a cabo las inspecciones.

### 17.5 REPARACIONES Y RETIRADA DEL SERVICIO

Si una parte del truss muestra daño visible significativo o se sospecha que contiene un elemento dañado (visible o no), el truss debe retirarse del servicio y marcarse oportunamente. Una persona cualificada debe realizar una evaluación del truss.

- Todo módulo que tenga daños considerados irreparables se debe apartar permanentemente del uso.
- Los módulos dañados se deben marcar convenientemente de forma clara y permanente.
- El fabricante o una persona debidamente cualificada deben realizar y garantizar las operaciones.



### Introducción

Aparte de los requisitos normales con respecto a los debidos cuidados para la utilización, ensamblado, desmantelamiento, transporte y almacenamiento de trusses, son vitales las inspecciones regulares. Una revisión visual minuciosa de los elementos antes de cada uso, independiente del respectivo campo de utilización, es imprescindible. Se han de realizar pruebas regulares de los trusses al menos una vez al año a cargo de un experto y documentarlos por escrito. Si los trusses se usan intensivamente, las inspecciones regulares se han de realizar a intervalos más cortos. Si durante una inspección se notan deficiencias que impidieran seguir con un uso seguro, el truss se debe desechar.

Esto quiere decir: considerar el producto (en este caso el truss) inútil para su uso.

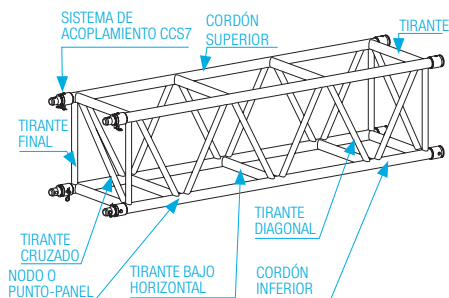
La identificación del defecto no se puede considerar suficiente en la mayoría de los casos. La eliminación por medio del fabricante/distribuidor o una empresa de reciclaje de metal es la única forma segura de proteger a los demás de los riesgos generados por material defectuoso.

Los criterios proporcionados aquí para desechar trusses, deben incorporarse plenamente en la inspección, puesto que hasta la fecha no existen regulaciones dentro de la UE.

### Criterio para desechar

Los trusses se consideran desechables si muestran uno o más de los siguientes criterios.

En caso de duda, se debe consultar la opinión del fabricante/distribuidor o de un experto.

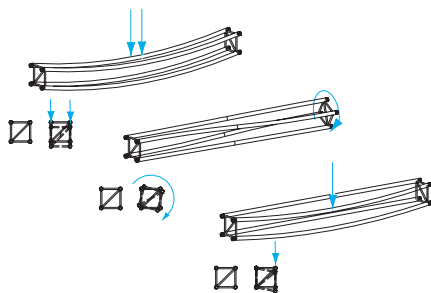


Elementos de un truss.

### General

- Ausencia de identificación (nombre del fabricante, tipo de truss y fecha de producción).
- Deformación duradera (3D) de los elementos de truss por rotación, flexión o torsión u otra deformación de la que resulte desviación de la forma original.
- Soldaduras que tengan grietas u otras irregularidades. Las líneas de soldadura incompletas alrededor de los tirantes diagonales están relacionadas con la producción y su adecuada estabilidad está probada (Test de diseño TÜV).
- Soldaduras incompletas (aparte de las soldaduras mencionadas arriba en la zona del chaflán de los tirantes diagonales).
- Reducción del nivel de protuberancia de la línea de soldadura por desgaste mecánico mayor del 10%.
- Corrosión excesiva por la que la zona de sección transversal del truss se reduzca más de un 10%.

Aunque el aluminio no puede desarrollar corrosión de la forma en que lo hacen otras aleaciones de acero, el ambiente puede tener un impacto corrosivo sobre el aluminio. Se debe tener particular cuidado con las estructuras que están colocadas en exteriores durante mucho tiempo, especialmente en zonas con un alto nivel de contaminación industrial. Los trusses cerca de la costa o cerca de piscinas deben revisarse individualmente antes de cada uso, debido a la gran probabilidad de que tales entornos tengan efecto corrosivo.



Tipos de deformación: flecha, torsión, rotación.

### Cordones principales

Si uno o más de los cordones principales se rompe o tiene grietas, o si uno o más de los cordones principales está retorcido más de  $5^\circ$  de la línea central original, entonces el truss no es apto para el uso. Lo mismo se aplica si los extremos del cordón principal de un truss están retorcidos en la zona alrededor del acople cónico, haciendo posible la conexión con otro elemento solo con una fuerza considerable.

### Más signos de que ha de descartarse son:

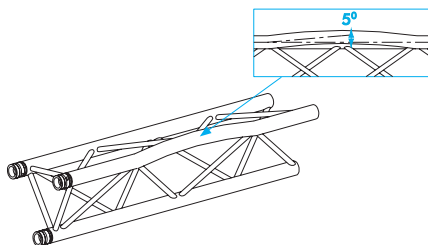
- Arañazos, cortes o signos de abrasión en la superficie de los cordones principales que reduzcan la sección transversal del tubo en más de un 10%.
- Arañados, cortes o mellas en el tubo principal de una profundidad mayor de 1 mm y una longitud de más de 10 mm, independientemente de su dirección.
- Agujeros que aparezcan después de haber usado el truss.
- La deformación restante (plástica) del cordón principal a una forma oval o hendidura del tubo de más de un 10%.

### Tirantes

Si uno o más tirantes diagonales, tirantes finales o tirantes cruzados están rotos o ausentes, el truss no es utilizable. Lo mismo se aplica a tirantes retorcidos más de  $10^\circ$  de su diámetro desde la línea de centro.

Más signos de que ha de descartarse son:

- Arañazos, cortes o signos de desgaste en la superficie de los tirantes que reduzcan la sección transversal del tirante en más de un 10%.



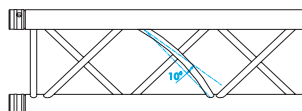
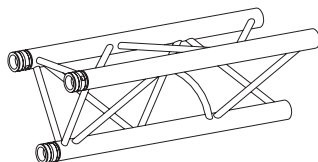
Curvatura de los cordones principales.

- Arañados, cortes o mellas en el tirante de una profundidad mayor de 0,5 mm y una longitud de más de 10 mm, independientemente de su dirección.
- Agujeros que aparezcan después de haber usado el truss.
- La deformación restante (plástica) de un tirante a una forma oval o hendidura del tirante de más de un 10%.

### El sistema de conexión cónica

Signos de que ha de descartarse son:

- Soldaduras agrietadas o parcialmente rotas entre el tubo principal y el acople cónico.
- Signos ovales de desgaste en las perforaciones superiores a un 10%.
- Desplazamiento de rotación de las perforaciones para los agujeros de los pernos en un conector CSS o entre dos conectores adyacentes de más de  $2^\circ$ .



Curvatura de los tirantes diagonales.

- La flecha de los extremos del cordón principal con acoples cónicos de más de  $5^\circ$ , con lo que conectar dos elementos de truss durante el ensamblaje se hace más difícil.
- Signos de desgaste del conector cónico del acople cónico que reduzca la sección transversal en más de un 10%.
- Deformación o distorsión en la zona del cordón principal junto a las soldaduras del acople cónico.
- La sobrecarga por fuerza excesiva causa pandeo.
- La sobrecarga por fuerzas elásticas puede causar merma del tubo principal junto a las soldaduras.
- Cualquier arañazo, corte o hendidura por martillazo en el acople cónico con una



profundidad mayor de 2mm y longitud de más de 10mm, independientemente de la dirección.

- Corrosión excesiva en la conexión. Para sistemas que se hayan quedado montados más de un año en interiores o para un verano en exteriores, se deben usar pernos galvanizados nuevos, o acero inoxidable para evitar posibles peligros por corrosión galvánica.

### Clavijas de espiga cónica

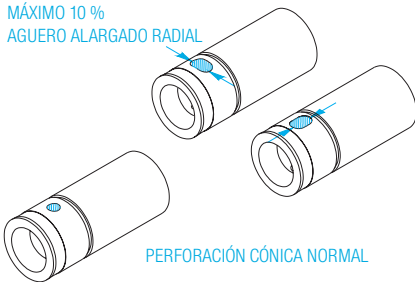
Las clavijas de espiga cónica sufren desgaste cuando se insertan y se quitan frecuentemente, sobre todo a martillazos. Pueden considerarse artículo de consumo. Las zonas de presión y deformaciones en las clavijas indican sobrecarga masiva.

Si una clavija muestra dicho cambio, no se debe usar más.

### Más signos de que ha de descartarse:

- Incremento del diámetro de más de un 10%.
- Cortes, mellas, arañazos y otros daños en la superficie lisa de la clavija.
- Virutas, rebordes y otras irregularidades protuberantes, cortantes o en punta en el extremo más estrecho de la clavija.
- Deformación por martillazos que cause desgaste en la sección transversal sobre el agujero de cruce o daño a la cabeza de un tornillo.

MÁXIMO 10 %  
AGUERO ALARGADO RADIAL



Deformación en los agujeros de la espiga

- Desgaste de la capa de cinc en cualquier parte de la clavija, causando corrosión.
- No se deben usar tuercas auto-cierre si el mecanismo de nailon está claramente estropeado por desgaste.

### Documentación

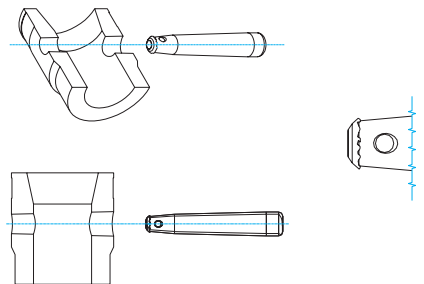
La estipulación de inspeccionar todos los trusses o elementos de torre a diario no es realista. Todos los elementos de truss y torre tienen que ser inspeccionados por una persona cualificada al menos una vez al año (si se usan intensivamente, este intervalo se debe acortar de forma acorde) para asegurarse de la funcionalidad y seguridad de los trusses. Estas inspecciones se han de documentar en un protocolo de inspección que contenga los criterios de prueba y los resultados. Idealmente, a cada elemento se le tiene que dar una marca distintiva de forma que se pueda seguir el historial de mantenimiento de cada elemento. Los trusses desechados se deben apartar del uso inmediatamente y marcarse para que otras personas no las usen por error. Si hay alguna duda si se puede usar un truss, no se debe usar bajo ninguna circunstancia. En tal caso, póngase en contacto con su distribuidor.

### Mantenimiento y reparación

Durante estas comprobaciones regulares, ciertos defectos pueden ser subsanados por inspectores profesionales.

En la parte interna de las perforaciones de los acoples cónicos se puede acumular aluminio, que se debe eliminar de vez en cuando con papel de lija de grano medio.

Restos de pintura de spray, suciedad, polvo y fibras



Deformación en las clavijas cónicas.

se depositan a menudo en los acoples cónicos de los trusses o de la torre y dificultan el ensamblaje de los elementos.

## 18. MANTENIMIENTO, INSPECCIÓN Y CRITERIOS PARA DESECHAR TRUSSES

Algunas empresas usan pintura en spray para marcar sus trusses. Se debe tener cuidado para que no haya pintura en la superficie de ajuste (el lado interno y la cara de contacto del acople cónico, los lados exteriores del conector cónico y los lados internos de las perforaciones para las clavijas cónicas), ya que los elementos de conexión se fabrican de forma muy precisa. Las gotas de pintura pueden ser cinco veces más gruesas que las tolerancias de fabricación.

Estas pueden provocar que los elementos de conexión se peguen o interferir con el montaje cuando estén secas. Prolyte recomienda usar un martillo de cobre cuando se monte la clavija cónica.

Esto conservará las clavijas del truss, puesto que el cobre es más blando que el acero, y también el cobre evita un daño excesivo si se golpea el lado incorrecto en el acople cónico del tubo. Residuos “harinosos” en los conectores cónicos y acoples son normales y se pueden quitar con agua y paños que no dejen pelusa. No se deben usar bajo ninguna circunstancia agentes limpiadores agresivos, y desde luego nunca ácidos. La suciedad externa de los trusses, como restos de pegamento, se pueden quitar con jabón o agua a presión. Los paños de limpieza que ofrecen los fabricantes de tiras adhesivas se pueden usar si el fabricante declara que no perjudican a las aleaciones de aluminio. Los elementos de truss que tengan cualquier merma de seguridad deben apartarse del uso inmediatamente, de forma que nadie los use por equivocación. Una banda de cinta adhesiva no es suficiente como identificación porque su significado se puede confundir y se puede pasar por alto o quitar. La comprensión de los aspectos de seguridad de los trusses depende por supuesto en gran medida de una información adecuada y de la formación proporcionada al usuario.

### ADVERTENCIA:

Si los trusses y torres no se inspeccionan regularmente, esto puede mermar la seguridad de los productos, poner en riesgo objetos y lesionar o incluso causar accidentes mortales.

Prolyte y todos los distribuidores Prolyte ofrecen talleres y cursos de formación regulares sobre seguridad en el manejo de productos Prolyte. Para más información vea [www.Prolyte.com](http://www.Prolyte.com).

### Reparaciones

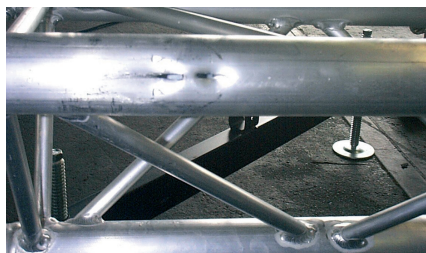
Las reparaciones las ha de realizar y garantizar el fabricante o una persona cualificada.

### Documentación

Es responsabilidad del instalador o suministrador proporcionar información suficiente con el equipamiento que usted compra. Cada pieza del equipo debe entregarse con el correspondiente manual. Si su suministrador no incluye manuales con la entrega, debe pedirse los.

Si la entrega incluye la instalación de los materiales (de aparejamiento), el instalador debe también proporcionar los siguientes documentos:

- Un manual completo del sistema instalado.
- Instrucciones de trabajo y mantenimiento.
- Cálculos estructurales.
- Análisis de riesgos.



Tenga en cuenta que estos no son necesariamente los mismos que los manuales del equipo del suministrador. Una instalación se considera de forma diferente que sus componentes individuales dentro de la instalación. Todo el equipo de truss y aparejamiento se debe inspeccionar y mantener con regularidad. Saber dónde se hizo el equipo, dónde se instaló y su historial le ayudará a tomar decisiones fundadas con respecto a la frecuencia de mantenimiento. Es responsabilidad de los gerentes y propietarios del emplazamiento tener acceso a esta información y mantener la documentación al día. Todo servicio de inspección y mantenimiento se debe documentar en un registro.



Nos gustaría proporcionarle algunos consejos prácticos para usar trusses día a día:

Datos de adquisición

### Cargas que aplicar:

- Número de las diferentes cargas únicas y de tramo como: lámparas, luces móviles, unidades de alimentación, focos de seguimiento (con asiento y operador), cables, adaptadores, altavoces, pies de altavoz, pantallas de protección, proyectores, soportes de colgar, cortinas, telones de fondo, etc.).
- Masa/peso de las cargas individuales.
- Determinación de la carga total.
- Cantidad y tipo de soportes.
- Cantidad y distancia de los puntos de suspensión y su capacidad de soporte de carga.
- Cantidad y distancia de columnas y/o puntos de aparejamiento.

### Circunstancias locales:

- Acceso al emplazamiento.
- Ecuilibración de potencial.
- Vías de comunicación con los organizadores del acto y autoridades.
- Regulaciones locales especiales (p. ej. prohibición de materiales de trabajo especiales).

### Selección de trusses adecuados

Primero se debe calcular la carga para cada tramo de truss individual. Si en un truss se produce una combinación de carga uniformemente distribuida y carga en un punto, se debe usar la fórmula correspondiente. No vale simplemente con sumar los valores para cargas uniformemente distribuidas y cargas en un punto. Los momentos flectores son en gran medida dependientes de la posición de las cargas.

Nota: los dispositivos de iluminación uniformemente distribuidos se pueden considerar más o menos como cargas uniformes con excepción de focos de seguimiento, que se tienen que tratar como cargas en un punto. Las cargas se comparan con los valores permisibles según las tablas de carga para los tipos de truss correspondientes (los catos estructurales permisibles, como momentos flectores, se pueden encontrar en los catálogos).

El próximo paso es determinar el peso propio del tipo de truss para esta aplicación.

El peso total se puede calcular a partir de la longitud del truss (incluyendo todas las piezas de conexión).

El peso total se necesita más tarde para determinar las fuerzas de reacción en los soportes.

### Soportes múltiples

Primero se debe determinar cuántos soportes serán necesarios para asegurar la seguridad del tramo de truss, incluso si la carga es tan alta que se supera el momento flector permisible o que un tramo con dos soportes supera los valores de la tabla.

Las fuerzas de reacción se calculan a partir del peso propio del truss y las cargas impuestas. Se ha de usar la fórmula correspondiente para trusses sobre dos soportes o para trusses sobre más de dos soportes (trusses multi-tramo). A continuación se calcula la capacidad de soporte requerida del equipo de izado, basándose en las fuerzas de reacción.

Si las cargas se suspenden sobre personas, se deben encontrar los métodos adecuados para asegurar que el fallo de una suspensión sobre las cabezas no pone a nadie en peligro (tolerancia a fallo único). Esto se documentará por una evaluación de riesgos.

### Las fuerzas de reacción

Las cargas de la estructura principal se calculan de la forma siguiente: Para trusses "volantes": Añada el peso propio del equipo de izado a la fuerza de reacción calculada, calcule la longitud del acero (y de ahí la masa que se añade también a la fuerza de reacción), así como las fuerzas horizontales en los puntos de aparejamiento causadas por posibles bridas.

Para estructuras de truss que se sostienen solas (apoyadas en tierra): Añada el peso propio de las columnas verticales a la fuerza de reacción calculada y revise la longitud efectiva permisible de los soportes verticales. Además, se debe revisar la seguridad y estabilidad general de la estructura de truss completa. Si es necesario, se añadirán los tirantes o vientos adecuados.

Comprobar las cargas en un punto de los puntos de aparejamiento en edificios: Para trusses “volantes”: Revise la capacidad de carga de las juntas del truss, tramos y puntos de aparejamiento correspondientes. Los datos relativos a las vigas y puntos nodales de carga en un pongo permisibles tiene que proporcionarlos el operario del lugar del acto.

Para estructuras que se sostienen solas (apoyadas en tierra): capacidad de soporte de carga admisible en la zona del suelo. La base de un truss es generalmente mucho menor de un metro cuadrado, a pesar de la placa base. La información de la carga permisible en el suelo ha de ser proporcionada por el operario del sitio. El aparejador llevará a cabo las correcciones necesarias para evitar posibles situaciones de sobrecarga modificando la posición y número de los dispositivos de elevación o colocación de bridas.

### Diagramas y tablas

Toda la información y cálculos recopilados se deben registrar por escrito de forma que los ingenieros estructurales o las autoridades los puedan revisar. Los diagramas deben mostrar la posición e identificación de los puntos de suspensión y mecanismo de izado con la carga en un punto correspondiente, incluyendo el peso del mecanismo de izado en kg o kN. Los diagramas deben ser además a escala, la cual tiene que figurar en el diagrama.

Los diagramas ha den de contener asimismo las caras permisibles para los puntos de eslingaje y las bridas y cables de eslingaje vertical. Las tablas deben contener todos los dispositivos de aparejamiento, todos los puntos de carga, todos los puntos de eslingaje y todas las cargas verticales en los puntos de eslingaje individuales. Los valores numéricos se pueden redondear a los 5 o 10 kg siguientes con el fin de permitir el peso de los dispositivos de eslingaje, grilletes, anillas, abrazaderas, etc. que no estén especificados con todos sus detalles en la lista de pesos original.

### Formación y publicaciones

Prolyte ofrece formación sobre el producto a petición. Adicionalmente, existe la oportunidad de participar en los seminarios sobre aparejamiento y trusses que ofrece Prolyte en el mundo entero. Creemos que la seguridad de nuestros productos en uso se incrementa con el conocimiento técnico de nuestros usuarios y que el fabricante no debe dormirse en los laureles una vez haya vendido el producto.

En los últimos años hemos publicado varios libros sobre aparejamiento y trusses. Como en algunos casos los contenidos están muy fuertemente orientados al fabricante, y exponen su filosofía, no recomendamos ninguna publicación en particular. Simplemente recomendamos los libros y publicaciones periódicas de interés, que se pueden encontrar fácilmente en Internet.





Foto: Prolyte Campus event at Prolyte Products GmbH

### CAMPUS PROLYTE: UNA ALTERNATIVA DE APRENDIZAJE

Prolyte Campus es una iniciativa de Prolyte Group para apoyar a sus clientes con el mejor y más actualizado conocimiento disponible. Proporcionándole las herramientas y formación para usar los productos de Prolyte Group con seguridad y cumpliendo toda la normativa y regulaciones vigentes, le ayudamos a desempeñar mejor su trabajo. El Campus Prolyte le ofrece un programa completo de actividades de aprendizaje para concienciar del uso seguro de los productos Prolyte.

#### Proporcionar el conocimiento para que su negocio prospere

Como fabricante, Prolyte Group siente la responsabilidad de proporcionarle conocimiento como parte integrante de sus productos. Concientizar que las prácticas de trabajo seguras son la clave de una propiedad responsable es una de nuestras metas. Cuidar de nuestras iniciativas de formación significa facilitar el acceso a esta base de conocimiento a todos nuestros clientes y usuarios. Transferir el conocimiento y crear un diálogo con técnicos de todo el mundo, satisfaciendo sus necesidades y compartiendo experiencias, es un valioso principio sobre el que

crear soluciones que funcionen y le ayuden a hacer crecer su negocio.

#### ¿Qué ofrece el Campus Prolyte?

Compartir conocimiento es el punto sobre el que se articula, como sea preciso para comunicar el mensaje. El Campus Prolyte ofrece una mezcla de medios online, impresos y en persona para la transferencia de conocimientos. Las actividades existentes, como el Libro Negro, vídeos de guía práctica, cursos de aparejamiento y oportunidades de seminario, van a continuar. Se desarrollarán nuevas iniciativas, como aprendizaje por contenido en la web, y oportunidades en red. Animaremos a los usuarios de Prolyte a compartir su experiencia y sus habilidades prácticas.

#### Inscríbase en el Campus Prolyte

¿Quiere unirse a esta iniciativa? ¡Comparta sus ideas y experiencia en [www.facebook.com/ProlyteCampus](http://www.facebook.com/ProlyteCampus), participe en uno de nuestros seminarios u organice uno!

Puede encontrar más información en [www.Prolyte.com/Prolytecampus](http://www.Prolyte.com/Prolytecampus) o póngase en contacto con [mparak@Prolyte.com](mailto:mparak@Prolyte.com) si tiene alguna petición en particular.

## 21. CUESTIONARIO TÉCNICO

- 1 NOMBRE DEL PROYECTO:
- 2 ¿Para qué se usa la construcción? (describir brevemente)
- 3 ¿Existe algún plano?  
☐ sí, ver adjunto  
☐ no (¡si es no, haga un esbozo!)
- 4 Por favor, denos todas las medidas (alto, ancho, largo, radio)
- 5 ¿En qué entorno/bajo qué condiciones se usará el truss?  
☐ interior ☐ exterior  
☐ zona pública ☐ zona privada
- 6 ¿La construcción es una instalación temporal o permanente?
- 7 ¿Desea usar algún tipo de truss en particular?  
Si es que sí... ¿Por qué?
- 8 9. ¿Qué tipos de carga tiene que soportar la construcción?  
☐ Mínima carga que soportar \_\_\_\_\_ kg  
☐ Carga en un punto (focos, altavoces, etc.) \_\_\_\_\_ unidades  
  
☐ Carga uniformemente distribuida (cortinas, suelos, nieve, etc.) \_\_\_\_\_ kg/m<sup>1</sup>  
☐ Cargas concentradas \_\_\_\_\_ unidades  
  
☐ Carga horizontal (vientos -cables-, escalones, escaleras) \_\_\_\_\_ unidades  
☐ Carga dinámica (viento, cargas móviles) \_\_\_\_\_ kg  
☐ Especial (como: gente, elementos escénicos) \_\_\_\_\_
- 9 ¿Como se suspenderá o se soportará el truss (construcción)?  
☐ Polipastos ☐ Manos ☐ Eléctrico unidades \_\_\_\_\_  
☐ Patas (portal) unidades \_\_\_\_\_  
☐ Apoyo en el terreno unidades \_\_\_\_\_
- 10 ¿Cuáles son las distancias entre los puntos de soporte o suspensión?
- 11 ¿Necesita un informe estructural?
- 12 ¿Cuál es el tiempo de entrega requerido?

## 22. DATOS ESTRUCTURALES DEL TRUSS PROLYTE



TIPO	Material	Sección transversal tubos únicos						diagonales						Sistema de acople cónico						Fuerza normal permisible en los tubos únicos						Longitud del truss						Fuerza normal permisible en los tubos únicos						Fuerza interna permisible truss completo						Peso muerto						
		tubos de cordón						diagonales						tubos de cordón						diagonales						Fuerza normal permisible en los tubos únicos						Longitud del truss						Fuerza normal permisible en los tubos únicos							Fuerza interna permisible truss completo					
		D	t	A	D	t	A	N	N	KN	N	N	KN	h	b	A	Iy	Iz	Iy	Iz	My	Mz	N	Qz / Vz	Qy / Vy	g																								
		mm	mm	cm²	mm	mm	cm²	mm	mm	cm²	mm	mm	cm	cm	cm²	cm⁴	cm⁴	cm⁴	cm⁴	kg/m	kg/m	KN	KN	KN	kg/m																									
E15V	ENAW 6060 T6	32	1,5	1,437	8	4	0,503			CC54	6,90	2,41	11,80	11,80	5,75	175,8	175,8	5,5	5,5	1,63	1,63	27,60	3,41	3,41	2,5																									
E20D	ENAW 6060 T6	32	1,5	1,437	10	1	0,263	CC54			6,90	1,36	16,45	19,00	4,31	224,7	223,4	7,2	7,2	1,14	1,31	20,70	1,67	0,96	1,6																									
E20V	ENAW 6060 T6	32	1,5	1,437	10	1	0,263	CC54			6,90	1,36	19,00	19,00	5,75	446,7	446,7	8,8	8,8	2,62	2,62	27,60	1,92	1,92	2,1																									
X30D	ENAW 6082 T6	51	2	3,079	16	2	0,880	CC56			22,17	7,04	20,70	23,90	9,24	771,2	763,1	9,1	9,1	4,59	5,30	66,50	8,62	4,98	3,8																									
X30V	ENAW 6082 T6	51	2	3,079	16	2	0,880	CC56			22,17	7,04	23,90	23,90	12,32	1526,3	1526,3	11,1	11,1	10,60	10,60	88,67	9,95	9,95	5,1																									
H30D	ENAW 6082 T6	48	3	4,241	16	2	0,880	CC56			30,54	7,04	20,70	23,90	12,72	1067,3	1047,9	9,1	9,1	6,32	7,30	91,61	8,62	4,98	5																									
H30V	ENAW 6082 T6	48	3	4,241	16	2	0,880	CC56			30,54	7,04	23,90	23,90	16,96	2095,9	2095,9	11,1	11,1	14,60	14,60	122,15	9,95	9,95	6,3																									
S36V	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	25	3	2,073	CC57			41,62	16,59	29,90	29,90	23,12	4445,1	4445,1	13,9	13,9	24,89	24,89	166,48	23,46	23,46	12																									
S36R	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	25	3	2,073	CC57			41,62	16,59	29,90	29,90	20,70	23,12	1250,0	13,9	7,4	24,89		166,48	23,46		10,5																									
X40D	ENAW 6082 T6	51	2	3,079	20	2	1,131	CC58			22,17	9,05	29,40	33,90	9,24	1531,6	1519,4	12,9	12,8	6,52	7,51	68,50	11,08	6,40	4,1																									
X40V	ENAW 6082 T6	51	2	3,079	20	2	1,131	CC58			22,17	9,05	33,90	33,90	12,32	3038,9	3038,9	15,7	15,7	15,03	15,03	88,67	12,80	12,80	5,6																									
H40D	ENAW 6082 T6	48	3	4,241	20	2	1,131	CC58			30,54	9,05	29,40	33,90	12,72	2104,8	2089,8	12,9	12,8	8,98	10,35	91,61	11,08	6,40	5																									
H40V	ENAW 6082 T6	48	3	4,241	20	2	1,131	CC58			30,54	9,05	33,90	33,90	16,96	4179,5	4179,5	15,7	15,7	20,70	20,70	122,15	12,80	12,80	6,9																									
H52V	ENAW 6082 T6	48	3	4,241	25	2	1,445	CC58			30,54	11,56	47,00	47,00	16,96	8000,1	3000,0	21,7	13,3	28,70		122,15	16,35		12																									
S40T	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	25	3	2,073	CC58			31,86	16,59	33,90	33,90	23,12	5999,0	2800,0	15,7	11,0	21,60		127,44	23,46		12																									
S52F	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	25	3	2,073	CC57			41,62	16,59	47,00	52,00	23,12	10906,2		21,7		39,12		166,48	24,11		12																									
S52D	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	25	3	2,073	CC57			41,62	13,92	45,00	52,00	17,34	6872,4	6699,2	19,6	19,6	18,73	21,64	124,86	17,05	9,84	12																									
S52V	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	30	3	2,545	CC57			41,62	20,36	47,00	47,00	23,12	10906,2	3650,0	21,7	12,6	39,12		166,48	28,79	15																										
S52S	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	30	3	2,545	CC57			41,62	20,36	47,00	47,00	23,12	10906,2	10906,2	21,7	21,7	39,12		166,48	28,79	15																										
CS2T	ENAW 6082 T6	60	5	8,639	30	3	2,545	CC57			62,20	20,36	47,00	47,00	34,56	16333,7	16333,7	21,7	21,7	58,47		248,81	28,79	19																										
S66R	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	30	3	2,545	CC57			41,62	20,36	61,00	42,00	23,12	18335,3	3950,0	28,2	12,4	50,78		166,48	31,24	17																										
S66V	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	30	3	2,545	CC57			41,62	20,36	61,00	71,20	23,12	18335,3	3400,0	28,2	12,1	50,78		166,48	31,24	17																										
S66RV	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	30	3	2,545	CC57			41,62	20,36	61,00	42,00	23,12	18335,3	8719,7	28,2	19,4	50,78		166,48	31,24	17																										
S76RV	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	30	3	2,545	CC57			41,62	20,36	71,20	61,00	23,12	24860,8	18355,3	32,9	28,2	59,27		166,48	30,20	31,24	18																									
S100F	ENAW 6082 T6	50	4	5,781	48	3	4,241	CC57			41,62	33,93	95,00	52,00	23,12	44396,3		43,8		79,08		166,48	47,98		18																									
B25SV	ENAW 6082 T6	60	6	10,179	30	3	2,545	CC57			63,90	20,36	47,00	47,00	40,72	19239,9	19239,9	21,7	21,7	60,07		60,07	255,60	31,66	20																									
B100RV	ENAW 6082 T6	60	6	10,179	48	3	4,241	CC57			63,90	33,93	95,00	52,00	40,72	78211,5	23522,6	43,8	24,0	121,41		66,46	255,60	61,57	31,08	25																								
D75T	ENAW 6082 T6	80	10	21,991	40	3	3,487	P/F			156,67	27,90	67,00	67,00	87,96	84377,8	84377,8	31,0	31,0	209,94		209,94	626,68	46,80	40																									
M145RV	ENAW 6082 T6	100	8	23,122	60	3,5	3,500	P/F			200,00	63,30	135,00	67,00	92,49	38047,9	97112,4	64,1	32,4	540,00		272,00	800,00	116,84	39,81	50																								

[illegible]



## IMPRESSUM

### Text and translation:

Rinus Bakker  
Marc Hendriks  
Matthias Moeller  
Marina Prak  
Ivo Mulder

### Autocad Drawing:

Ivo Mulder  
Ralph Beukema

### Photography:

Prolyte Group  
Jan Buwalda  
Interstage  
Showtech  
Astana  
Perinic Sistemi

### Design:

Jeen de Vries

**Edition: July 2013**



Prolyte Group HQ  
Leek, Netherlands  
[info@Prolyte.com](mailto:info@Prolyte.com)

Prolyte Products UK Ltd.  
Wakefield, England  
[info@Prolyte.co.uk](mailto:info@Prolyte.co.uk)

Prolyte Products GmbH  
Emsdetten, Germany  
[info@Prolyte.eu](mailto:info@Prolyte.eu)

Prolyte Products RO SRL  
Slatina, Romania  
[info@Prolyte.ro](mailto:info@Prolyte.ro)