ANEJO 20. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN
SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa

CÁLCULO ESTRUCTURAS GITANA

Agosto 2022

Schletter Solar GmbH
Alustraße 1
D-83527 Kirchdorf
Tel.: +498072 9191-234
Fax: +498072 9191-9234
info.de@schletter-group.com
https://www.schletter-group.com/

Documentos de planificación para el sistema portante para la fijación de módulos solares FS-Duo 2V

Proyecto: La Gitana

Tipo de módulo: HiKu5 Mono PERC CS3Y-500MS 2250 x 1048 mm

Por orden

Grupo Indeso

Cálculos estructurales (FS2V) (Zona de borde)

Para la instalación de módulos fotovoltaicos en huertas solares

Proyecto	La Gitana E-41440 ACEBUCHAL, EL (LORA DEL RIO)
Cliente	Schletter Solar GmbH Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf
Propietario	Grupo Indeso
Esbozo	Schletter Solar GmbH Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf
Planificación de estructuras portantes	Dr. Zapfe GmbH Ingenieurbüro für konstruktiven Ingenieurbau und Solartechnik Gewerbegebiet B15 Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf/Haag i. OB

El cálculo estructural abarca las siguientes páginas:
Análisis estructural: páginas 1 - 12
Anexo
Fecha 07/07/2022

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

Contents

1	Generalidades	3
1.1	Descripción de la obra	3
1.2	Construcción	3
1.3	Mecanismos reguladores técnicos	4
2	Acciones	5
2.1	Cargas continuas	5
2.2	Cargas de nieve	5
2.3	Cargas de viento	5
2.4	Combinación de acciones	6
3	Cálculos estructurales	6
3.1	Correas	6
3.2	Verificación de los perfiles transversales	9
4	Verificación de los postes de hincado	11
5	Verificación de los empalmes y uniones	12
5.1	Unión de los módulos con las correas y de las correas con los perfiles transversales	12
5.2	Unión de la vigueta con el pilote hincado	12

Draft

1 Generalidades

1.1 Descripción de la obra

El presente cálculo estructural incluye el cálculo de las secciones, así como las demostraciones de la estabilidad de una estructura portante de una instalación solar que se construirá en campo abierto.

E-41440 ACEBUCHAL, EL (LORA DEL RIO)

Altura sobre nivel del mar < 38 m

1.2 Construcción

La estructura portante es una construcción inclinada en la que los elementos solares son fijados a las correas mediante pinzas. Las correas están situadas sobre las viguetas, a la misma distancia de los postes de la estructura portante, las cuales son apoyadas a distancias regulares.

Los elementos solares tienen las siguientes dimensiones:

h = 2250,00 mm b = 1048,00 mm d = 35,00 mm

Módulos solares / fila de módulos	x = 14
Módulos solares sobrepuestos	y = 2
Potencia del módulo	500Wp

Dimensiones totales del módulo solar

L =	14,97 m	Longitud de la estructura
B =	4,09 m	Proyección de la superficie de módulos
H =	4,51 m	Altura de la superficie modular
h =	2,41 m	Parte alta de la estructura

Tipo de módulo	HiKu5 Mono PERC CS3Y-500MS
Tamaño de la instalación	0,29 MWp
Cantidad de estructuras	21

Cantidad de secciones de los soportes	4
Cantidad de campos	3
Luz entre viguetas	a = 3,92 m
Brazos voladizos de la correa	l_{kr} = 1,61 m Por ambos lados

Ángulo de inclinación de los módulos contra el nivel horizontal	β = 30
Altura mínima del canto delantero del módulo	°h_{min} = 50,00 cm

Calculador FS 5.180.8173.29751

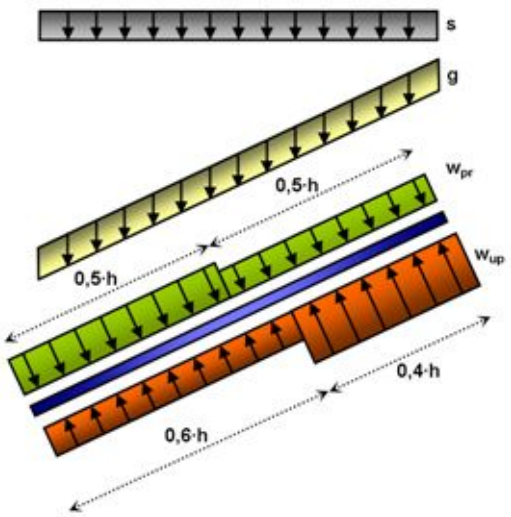
1.3 Mecanismos reguladores técnicos

- UNE-EN 1990 Bases de diseño estructural
- UNE-EN 1991-1-3/NA Acciones generales - cargas de nieve
- UNE-EN 1991-1-4/NA Acciones generales - cargas de viento
- UNE-EN 1993 Esbozo, cálculo y medición de estructuras de acero
- UNE-EN 1997 Esbozo, cálculo y medición en la geotecnia
- UNE-EN 1998 Diseño sísmico de estructuras
- UNE-EN 1999 Esbozo, cálculo y medición de estructuras de aluminio
- UNE-EN 1090 Ejecución de estructuras portantes de acero y aluminio
- Categoría de ejecución EXC2
- UNE-EN ISO 14713 Recubrimientos de cinc - directrices y recomendaciones para la protección ante la corrosión de construcciones de hierro y de acero

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

2 Acciones



Con:

β	°	Ángulo de inclinación hacia el nivel horizontal
g	kN/m²	Según
		Según certificado del fabricante
s	kN/m²	
w	kN/m²	CTE marzo 2006
W	kN/m²	CTE marzo 2006

2.1 Cargas continuas

g = 0,11 kN/m² Peso propio de los elementos solares según las indicaciones del fabricante

2.2 Cargas de nieve

Zona carga nieve **6**

s_k = 0,20 kN/m²

μ = 1,00

$s = s_k \cdot \mu$ = 0,20 kN/m²

2.3 Cargas de viento

Cargas de viento **A** Categoría de terreno **III**

Altura sobre rasante: z < 2,4 m

v_{ref} = 26,0 m/s

q_{ref} = 0,4 kN/m²

$q_{(z)}$ = 0,60 kN/m² (Presión de velocidad de ráfagas)

Fuerzas del viento

Coeficientes de fuerza:

C_{f1} = 1,23

C_{f2} = -1,26

Coeficientes de presión:

Arriba	$C_{p,net}$ =	1,10	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,90	Que levantan
Centro	$C_{p,net}$ =	1,40	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,27	Que levantan
Abajo	$C_{p,net}$ =	1,70	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,00	Que levantan

Aumento de carga en zona periférica lateral

$f_{Succión}$ = 1,00 En una longitud A/10

$f_{Presión}$ = 1,00 En una longitud A/10

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

2.4 Combinación de acciones

Partial safety factors for actions
Factor de fiabilidad Viento: K_{Fi} = 0,90 Nieve: K_{Fi} = 0,90
γ_g = 1,35 γ_g = 0,90 para efecto favorable
γ_q = 1,50 · 0,90 = 1,35
Coeficientes combinados $\psi_{0,w}$ = 0,60

$\psi_{0,s}$ = 0,50
Para las demostraciones en el estado límite de la carga admisible se toman en consideración las siguientes combinaciones de cargas:
LC1: $\gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot s + \psi_{0,w} \cdot \gamma_q \cdot w$
LC2: $\gamma_g \cdot g + \psi_{0,s} \cdot \gamma_q \cdot s + \gamma_q \cdot w$
LC3: $0,9 \cdot g + \gamma_q \cdot w$ para acciones de viento que levantan

3 Cálculos estructurales

3.1 Correas

Para una transmisión de las cargas a los elementos de soporte se emplean correas de acero. Desde el punto de vista estructural éstas son tratadas como vigas continuas con voladizos en ambos lados. En la fabricación y el montaje éstas pueden ser juntadas como vigas cantilever con articulaciones en puntos específicos.
Material S550 $f_{y,k}$ = 55,00 kN/cm² γ_M = 1,10
f_d = 50,00 kN/cm²

Perfil: Zeta
A = 5,04 cm²
W_y = 18,97 cm³
W_z = 4,53 cm³
I_y = 117,80 cm⁴
I_z = 12,22 cm⁴
g = 4,03 kg/m

Longitud total: l_{ges} = 14,97 m β = 30°
a = 3,92 m sin β = 0,423
l_{kr} = 1,61 m cos β = 0,906

En el cálculo de las secciones, las acciones de cargas por viento y nieve se situarán de forma desfavorable en cada campo. El cálculo se realizará con los factores para vigas continuas con luces equidistantes.

Coeficientes de momento flector

$M_{1,total}$	$M_{1,partial}$	$M_{B,total}$	$M_{B,partial}$
0,080	0,101	-0,100	-0,117

Coeficientes de fuerza

A_{total}	$A_{partial}$	B_{total}	$B_{partial}$
0,400	0,450	1,100	1,200

cargas continuas g_z = 0,150 kN/m g_y = 0,070 kN/m incluido perfil
Cargas de nieve s_z = 0,185 kN/m s_y = 0,086 kN/m
Cargas de viento (presión) $W_{k,D}$ = 3,339 kN/m $W_{k,D}$ = 0,742 kN/m
Cargas de viento (succión) $W_{k,Z}$ = -3,410 kN/m $W_{k,Z}$ = -1,282 kN/m

Calculador FS 5.180.8173.29751

Correa interior

LC1 $M_{1,y}$ = 1,569 kNm $M_{1,z}$ = 0,297 kNm
LC2 $M_{1,y}$ = 1,997 kNm $M_{1,z}$ = 0,206 kNm
LC3 $M_{1,y}$ = -2,518 kNm $M_{1,z}$ = 0,077 kNm

LC1 $M_{A,y}$ = 1,360 kNm $M_{A,z}$ = 0,272 kNm
LC2 $M_{A,y}$ = 1,717 kNm $M_{A,z}$ = 0,197 kNm
LC3 $M_{A,y}$ = -2,060 kNm $M_{A,z}$ = 0,081 kNm

LC1 $M_{B,y}$ = -1,840 kNm $M_{B,z}$ = -0,354 kNm
LC2 $M_{B,y}$ = -2,336 kNm $M_{B,z}$ = -0,250 kNm
LC3 $M_{B,y}$ = 2,902 kNm $M_{B,z}$ = -0,113 kNm

LC1 A = 3,511 kN A_h = 1,622 kN
LC2 A = 4,441 kN A_h = 1,319 kN
LC3 A = -5,403 kN A_h = 0,677 kN

LC1 B = 4,875 kN B_h = 0,955 kN
LC2 B = 6,173 kN B_h = 0,681 kN
LC3 B = -7,555 kN B_h = 0,272 kN

Verificación de tensión de los perfiles de correas

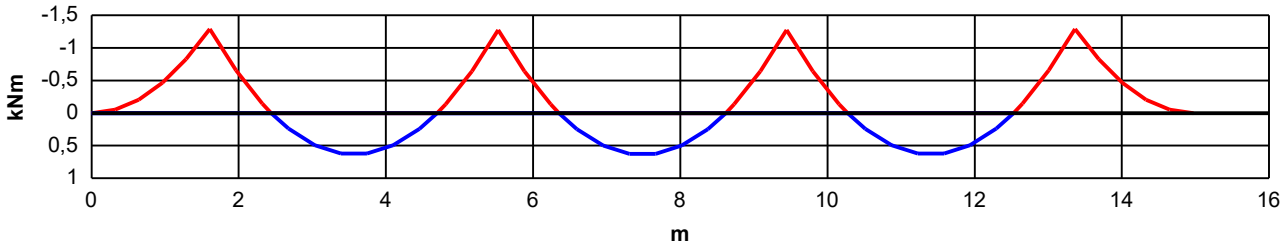
	max M_y	σ_x	max M_z	σ_x	$\Sigma\sigma_x$		n [%]
LC 1	1,84	9,70	0,35	7,82	17,52	kN/cm²	35,04
LC 2	2,34	12,31	0,25	5,51	17,83	kN/cm²	35,66
LC 3	2,90	15,30	0,11	2,50	17,80	kN/cm²	35,6

Formato de verificación

$$\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} \leq f_d =$$

Calculador FS 5.180.8173.29751

Trazado del momento flector bajo carga uniformemente repartida (p = 1,0 kNm)



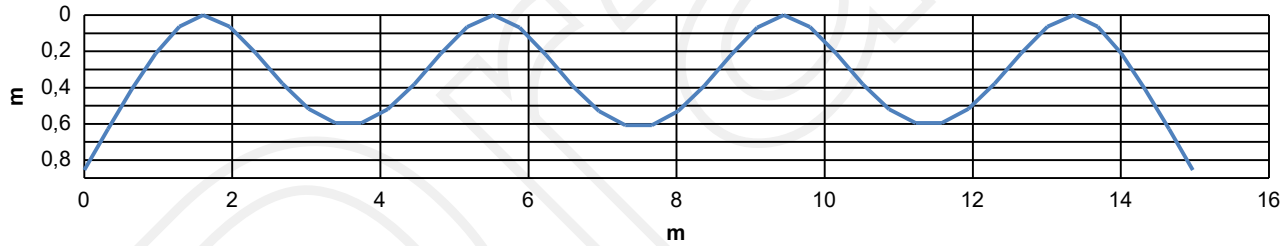
Deflexión de las correas perpendicular a la superficie del módulo

Módulo elástico E = 21000 kN/cm²
Segundo momento de inercia I_y = 117,80 cm ^{4} EI = 247,38 kN/m²
Deflexión central en el campo EIw = 0,6085
Deflexión en el voladizo EIw = 0,8551

Peso propio	Nieve	Presión de viento	Succión del viento	
0,370	0,455	8,212	-8,387	mm
0,519	0,639	11,540	-11,785	mm

LC 1: 5,75 mm a / 681 8,08 mm a / 199
LC 2: Campo 8,81 mm a / 445 Voladizo 12,38 mm a / 130
LC 3: -8,02 mm a / 489 -11,27 mm a / 143

Deflexión relativa de las correas (p = 1,0 m)



Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

3.2 Verificación de los perfiles transversales

La transmisión de las cargas de las correas a los soportes se efectúa mediante un perfil transversal inclinado que está fijado a un perfil trapezoidal hincado.

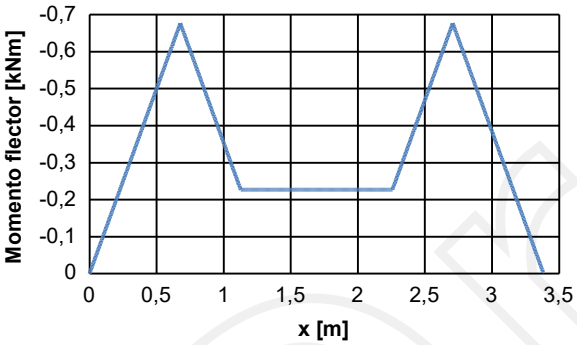
Perfil de vigueta transversal: Eta

Material S550 $f_{y,k}$ = 55,00 kN/cm²
f_d = 50,00 kN/cm²

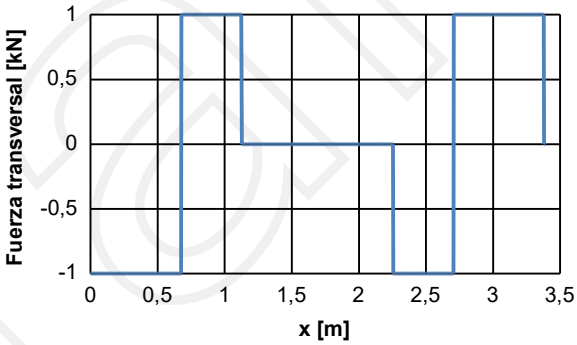
A = 5,05 cm²
W_y = 19,59 cm³
W_z = 4,31 cm³
I_y = 124,82 cm⁴
I_z = 16,87 cm⁴
g = 3,96 kg/m

Diagrama unitario de cargas con F ="1" en los puntos de ataque de la correa

Momentos flectores (normalizado)



Transcurso de la fuerza horizontal (normalizado)



Longitud total del perfil transversal	l_R = 3,38 m	
Factor momentos momento de espacio	f_F = 0,00	
Factor momentos momento de apoyo	f_S = -0,68 (Izquierda)	f_S = -0,68 (Derecha)
Factor de fuerza transversal	f_V = 2,00	
Excentricidad de conexión vigueta	e_z = 20,00	

Para determinar las secciones en los componentes de la subestructura se aplicarán las fuerzas del viento en los puntos cuartos de la superficie modular.
De allí resultan dos posiciones de carga de las fuerzas del viento por cada combinación de carga.
Para el cálculo de los esfuerzos determinantes por tanto se evaluarán 6 combinaciones de acciones.

Calculador FS 5.180.8173.29751

Fuerzas internas de la subestructura	ombinación de carg 1		ombinación de carg 2		ombinación de carg 3		
	rte delante	Detrás	rte delante	Detrás	rte delante	Detrás	
Valor mínimo de la fuerza normal	2,83		4,72		-8,17		kN
Momento de excentricidad	0,06		0,09		-0,16		kNm
Momento máximo de espacio	0,05		0,06		-0,05		kNm
Momento máximo de apoyo izquierda	-3,30		-4,18		3,66		kNm
Momento máximo de apoyo derecha	-3,30		-4,18		3,66		kNm
Fuerza de apoyo vertical del soporte	9,80	7,34	13,16	9,07	-3,75	-15,59	kN
Fuerza de apoyo horizontal del soporte	4,68	0,70	7,79	1,16	-7,98	-1,17	kN
Tensiones campo	0,81		1,25		1,34		kN/cm²
Tensiones momento de apoyo izquierda	-16,84		-21,33		20,29		kN/cm²
Tensiones momento de apoyo derecha	-16,84		-21,33		20,29		kN/cm²

momento máximo de espacio $M_F = \max(A;B) \cdot f_F + M_{ez} = 7{,}56 \cdot 0{,}01 + 0{,}09 = 0{,}17$ kNm

momento máximo de apoyo izquierda $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 7{,}56 \cdot -0{,}68 + 0{,}00 = -5{,}11$ kNm

momento máximo de espacio $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 7{,}56 \cdot -0{,}68 + 0{,}00 = -5{,}11$ kNm

Verificación $\frac{N}{A} + \frac{M}{W_y} \leq f_d =$

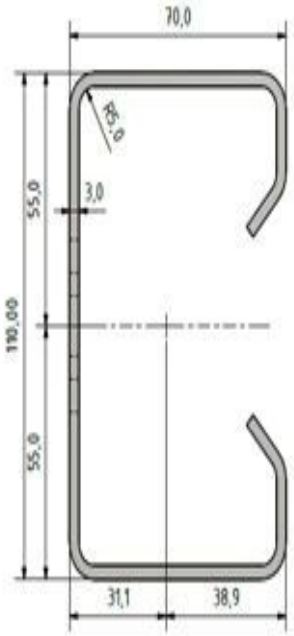
Tensiones máximas $\sigma_x = 21{,}33$ kN/cm² grado de utilización 42,7 %

Sistema de montaje con inclinación Soporte delantero Cierra en 20 % La longitud proyectada de la vigueta
Soporte trasero Cierra en 80 % La longitud proyectada de la vigueta

Calculador FS 5.180.8173.29751

4 Verificación de los postes de hincado

La ejecución del soporte está previsto mediante empleo de un perfil trapezoidal que será empotrado en la tierra con una profundidad de hinca definida. Ello requiere estudios de suelo y ensayos de cargas para determinar los esfuerzos transmisibles.



Parámetros de perfil: SRF 6

b_f = 70,00 mm
h = 110,00 mm
t = 3,00 mm
A = 9,18 cm^2
W_y = 30,23 cm^3 W_z = 17,36 cm^3
I_y = 166,28 cm^4 I_z = 67,90 cm^4
g = 7,10 kg/m

Parámetros del material: S355

$f_{y,k}$ = 35,50 kN/cm²
γ_M = 1,10
$f_{y,d}$ = 32,27 kN/cm²
max σ = 26,83 kN/cm²
η = 83,1 %

Capa del suelo no utilizable: t = 0,00 cm
Profundidad estimada de hinca Detrás: t_{soil} = 160,00 cm
ndidad estimada de hinca Parte delantera: t_{soil} = 140,00 cm

Fuerzas internas en el empotramiento de la base	mbinación de ca 1		mbinación de ca 2		mbinación de ca 3		
	W_u	W_o	W_u	W_o	W_u	W_o	
Fuerza normal en el empotramiento	11,88	9,49	14,37	10,36	-4,71	-16,50	kN
Fuerza horizontal en el empotramiento	4,67	0,70	7,79	1,17	-7,98	-1,17	kN
Momento de empotramiento	4,61	1,29	7,68	2,15	-7,86	-2,16	kNm
Verificación de tensión	16,53	5,31	26,96	8,24	26,51	8,95	kN/cm²

Foundation front
Fuerza máxima de tracción en el soporte N_{max} = 4,71 kN (3,79) Perteneciente a V = 7,98 kN (5,91)
Fuerza máxima de compresión en el soporte N_{min} = 14,37 kN (10,64) Perteneciente a V = -4,67 kN (5,77)
Momento máximo flector en el soporte M_e = 7,86 kNm
(los valores entre paréntesis representan valores característicos)

Foundation rear
Fuerza máxima de tracción en el soporte N_{max} = 16,50 kN (12,50) Perteneciente a V = 1,17 kN (0,87)
Fuerza máxima de compresión en el soporte N_{min} = 10,36 kN (7,67) Perteneciente a V = -0,70 kN (0,86)
Momento máximo flector en el soporte M_e = 2,15 kNm
(los valores entre paréntesis representan valores característicos)

Para el empotramiento de los soportes de cimentación en el suelo queda una reserva plástica de 14 %
M_p = 11,12 kNm

Verificación en dirección transversal por carga de viento

Coef. Deslizamiento: f_r = 0,04 A_{fr} = 17,67 cm^2 F_{fr} = 0,57 kN M_{fr} = 0,51 kNm σ_x = 1,57 kN/cm²

Calculador FS 5.180.8173.29751

5 Verificación de los empalmes y uniones

5.1 Unión de los módulos con las correas y de las correas con los perfiles transversales

Las correas y los perfiles transversales se unen mediante conexiones de apriete. Dada la limitada posibilidad de una demostración por cálculo, se ha determinado la resistencia de las uniones por apriete mediante experimentos.

Unión de los módulos con las correas max F_z = 1,91 kN < P_{Rd} = 4,77 kN
Unión de las correas con los perfiles transversales max F_z = 7,56 kN < P_{Rd} = 13,60 kN
(capacidad de solicitación de las uniones según las hojas de datos de la empresa Schletter Solar GmbH)

Solicitación del módulo Parte delantera 841 Pa
Solicitación del módulo Parte posterior 1.139 Pa

5.2 Unión de la vigueta con el pilote hincado

La principal característica constructiva es la formación del empalme de las viguetas horizontales inclinadas con los cabezales para el soporte de los perfiles de hincado. La ejecución detallada debe cumplir los siguientes requisitos:

- Transmisión de las fuerzas de intersección de una posición de carga desventajosa $\Delta z = \pm$ 20,00 mm
- Compensación de tolerancias de la hinca de los perfiles de soporte $\Delta\beta = \pm$ 2 °
- Márgenes en dirección vertical y horizontal $\Delta x = \pm$ 15,00 mm

La vigueta está unida a una riostra regulable mediante un perno, la cual es enganchada durante el montaje. El ajuste en la altura se efectúa mediante un agujero oblongo, la posición se mantiene mediante placas estriadas y la estructura estriada del perfil de conexión

Perno para la distribución de carga
M12x80 A2

Cizallamiento perno
$V_{a,Rd}$ = 34,90 kN η = 44,80 %

Aplastamiento acero Perfil U
$V_{l,Rd}$ = 30,96 kN η = 50,50 %

Aplastamiento acero Chapa laminada
$V_{l,Rd}$ = 26,40 kN η = 59,22 %

Unión perfil plegado/perfil U

max N = 15,59 kN
max V = 7,98 kN

F_{sd} = 15,63 kN < 33 kN (test report) η = 47,38 %

Calculador FS 5.180.8173.29751

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa

CÁLCULO ESTRUCTURAS RESTINGA

Agosto 2022

Schletter Solar GmbH
Alustraße 1
D-83527 Kirchdorf
Tel.: +498072 9191-234
Fax: +498072 9191-9234
info.de@schletter-group.com
https://www.schletter-group.com/

Documentos de planificación para el sistema portante para la fijación de módulos solares FS-Duo 2V

Proyecto: La Restinga

Tipo de módulo: HiKu5 Mono PERC CS3Y-500MS 2250 x 1048 mm

Por orden

Grupo Indeso

Cálculos estructurales (FS2V) (Zona de borde)

Para la instalación de módulos fotovoltaicos en huertas solares

Proyecto	La Restinga E-41410 CARMONA
Cliente	Schletter Solar GmbH Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf
Propietario	Grupo Indeso
Esbozo	Schletter Solar GmbH Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf
Planificación de estructuras portantes	Dr. Zapfe GmbH Ingenieurbüro für konstruktiven Ingenieurbau und Solartechnik Gewerbegebiet B15 Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf/Haag i. OB

El cálculo estructural abarca las siguientes páginas:
Análisis estructural: páginas 1 - 12
Anexo
Fecha 07/07/2022

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

Contents

1	Generalidades	3
1.1	Descripción de la obra	3
1.2	Construcción	3
1.3	Mecanismos reguladores técnicos	4
2	Acciones	5
2.1	Cargas continuas	5
2.2	Cargas de nieve	5
2.3	Cargas de viento	5
2.4	Combinación de acciones	6
3	Cálculos estructurales	6
3.1	Correas	6
3.2	Verificación de los perfiles transversales	9
4	Verificación de los postes de hincado	11
5	Verificación de los empalmes y uniones	12
5.1	Unión de los módulos con las correas y de las correas con los perfiles transversales	12
5.2	Unión de la vigueta con el pilote hincado	12

Draft

1 Generalidades

1.1 Descripción de la obra

El presente cálculo estructural incluye el cálculo de las secciones, así como las demostraciones de la estabilidad de una estructura portante de una instalación solar que se construirá en campo abierto.

E-41410 CARMONA

Altura sobre nivel del mar < 254 m

1.2 Construcción

La estructura portante es una construcción inclinada en la que los elementos solares son fijados a las correas mediante pinzas. Las correas están situadas sobre las viguetas, a la misma distancia de los postes de la estructura portante, las cuales son apoyadas a distancias regulares.

Los elementos solares tienen las siguientes dimensiones:

h = 2250,00 mm b = 1048,00 mm d = 35,00 mm

Módulos solares / fila de módulos	x = 18
Módulos solares sobrepuestos	y = 2
Potencia del módulo	500Wp

Dimensiones totales del módulo solar

L =	19,26 m	Longitud de la estructura
B =	4,09 m	Proyección de la superficie de módulos
H =	4,51 m	Altura de la superficie modular
h =	2,41 m	Parte alta de la estructura

Tipo de módulo	HiKu5 Mono PERC CS3Y-500MS
Tamaño de la instalación	0,18 MWp
Cantidad de estructuras	10

Cantidad de secciones de los soportes	5
Cantidad de campos	4
Luz entre viguetas	a = 4,00 m
Brazos voladizos de la correa	l_{kr} = 1,64 m Por ambos lados

Ángulo de inclinación de los módulos contra el nivel horizontal	β = 30
Altura mínima del canto delantero del módulo	°h_{min} = 50,00 cm

Calculador FS 5.180.8173.29751

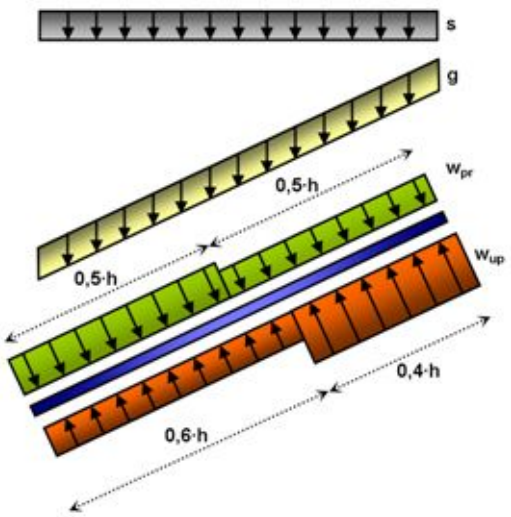
1.3 Mecanismos reguladores técnicos

- UNE-EN 1990 Bases de diseño estructural
- UNE-EN 1991-1-3/NA Acciones generales - cargas de nieve
- UNE-EN 1991-1-4/NA Acciones generales - cargas de viento
- UNE-EN 1993 Esbozo, cálculo y medición de estructuras de acero
- UNE-EN 1997 Esbozo, cálculo y medición en la geotecnia
- UNE-EN 1998 Diseño sísmico de estructuras
- UNE-EN 1999 Esbozo, cálculo y medición de estructuras de aluminio
- UNE-EN 1090 Ejecución de estructuras portantes de acero y aluminio
- Categoría de ejecución EXC2
- UNE-EN ISO 14713 Recubrimientos de cinc - directrices y recomendaciones para la protección ante la corrosión de construcciones de hierro y de acero

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

2 Acciones



Con:

β	°	Ángulo de inclinación hacia el nivel horizontal
g	kN/m²	Según
		Según certificado del fabricante
s	kN/m²	
w	kN/m²	CTE marzo 2006
W	kN/m²	CTE marzo 2006

2.1 Cargas continuas

g = 0,11 kN/m² Peso propio de los elementos solares según las indicaciones del fabricante

2.2 Cargas de nieve

Zona carga nieve **6**

s_k = 0,20 kN/m²

μ = 1,00

$s = s_k \cdot \mu$ = 0,20 kN/m²

2.3 Cargas de viento

Cargas de viento **A** Categoría de terreno **III**

Altura sobre rasante: z < 2,4 m

v_{ref} = 26,0 m/s

q_{ref} = 0,4 kN/m²

$q_{(z)}$ = 0,60 kN/m² (Presión de velocidad de ráfagas)

Fuerzas del viento

Coeficientes de fuerza:

C_{f1} = 1,23

C_{f2} = -1,26

Coeficientes de presión:

Arriba	$C_{p,net}$ =	1,10	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,90	Que levantan
Centro	$C_{p,net}$ =	1,40	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,27	Que levantan
Abajo	$C_{p,net}$ =	1,70	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,00	Que levantan

Aumento de carga en zona periférica lateral

$f_{Succión}$ = 1,00 En una longitud A/10

$f_{Presión}$ = 1,00 En una longitud A/10

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

2.4 Combinación de acciones

Partial safety factors for actions
Factor de fiabilidad Viento: K_{Fi} = 0,90 Nieve: K_{Fi} = 0,90
γ_g = 1,35 γ_g = 0,90 para efecto favorable
γ_q = 1,50 · 0,90 = 1,35
Coeficientes combinados $\psi_{0,w}$ = 0,60

$\psi_{0,s}$ = 0,50
Para las demostraciones en el estado límite de la carga admisible se toman en consideración las siguientes combinaciones de cargas:
LC1: $\gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot s + \psi_{0,w} \cdot \gamma_q \cdot w$
LC2: $\gamma_g \cdot g + \psi_{0,s} \cdot \gamma_q \cdot s + \gamma_q \cdot w$
LC3: $0,9 \cdot g + \gamma_q \cdot w$ para acciones de viento que levantan

3 Cálculos estructurales

3.1 Correas

Para una transmisión de las cargas a los elementos de soporte se emplean correas de acero. Desde el punto de vista estructural éstas son tratadas como vigas continuas con voladizos en ambos lados. En la fabricación y el montaje éstas pueden ser juntadas como vigas cantilever con articulaciones en puntos específicos.
Material S550 $f_{y,k}$ = 55,00 kN/cm² γ_M = 1,10
f_d = 50,00 kN/cm²

Perfil: Zeta
A = 5,04 cm²
W_y = 18,97 cm³
W_z = 4,53 cm³
I_y = 117,80 cm⁴
I_z = 12,22 cm⁴
g = 4,03 kg/m

Longitud total: l_{ges} = 19,26 m β = 30°
a = 4,00 m sin β = 0,423
l_{kr} = 1,64 m cos β = 0,906

En el cálculo de las secciones, las acciones de cargas por viento y nieve se situarán de forma desfavorable en cada campo. El cálculo se realizará con los factores para vigas continuas con luces equidistantes.

Coeficientes de momento flector

$M_{1,total}$	$M_{1,partial}$	$M_{B,total}$	$M_{B,partial}$
0,077	0,100	-0,107	-0,121

Coeficientes de fuerza

A_{total}	$A_{partial}$	B_{total}	$B_{partial}$
0,393	0,446	1,143	1,223

cargas continuas g_z = 0,150 kN/m g_y = 0,070 kN/m incluido perfil
Cargas de nieve s_z = 0,185 kN/m s_y = 0,086 kN/m
Cargas de viento (presión) $W_{k,D}$ = 3,315 kN/m $W_{k,D}$ = 0,742 kN/m
Cargas de viento (succión) $W_{k,Z}$ = -3,395 kN/m $W_{k,Z}$ = -1,282 kN/m

Calculador FS 5.180.8173.29751

Correa interior

LC1 $M_{1,y}$ = 1,607 kNm $M_{1,z}$ = 0,302 kNm
LC2 $M_{1,y}$ = 2,047 kNm $M_{1,z}$ = 0,209 kNm
LC3 $M_{1,y}$ = -2,596 kNm $M_{1,z}$ = 0,077 kNm

LC1 $M_{A,y}$ = 1,412 kNm $M_{A,z}$ = 0,283 kNm
LC2 $M_{A,y}$ = 1,782 kNm $M_{A,z}$ = 0,205 kNm
LC3 $M_{A,y}$ = -2,139 kNm $M_{A,z}$ = 0,085 kNm

LC1 $M_{B,y}$ = -1,989 kNm $M_{B,z}$ = -0,386 kNm
LC2 $M_{B,y}$ = -2,522 kNm $M_{B,z}$ = -0,274 kNm
LC3 $M_{B,y}$ = 3,111 kNm $M_{B,z}$ = -0,122 kNm

LC1 A = 3,559 kN A_h = 1,633 kN
LC2 A = 4,503 kN A_h = 1,325 kN
LC3 A = -5,483 kN A_h = 0,678 kN

LC1 B = 5,082 kN B_h = 1,000 kN
LC2 B = 6,431 kN B_h = 0,716 kN
LC3 B = -7,837 kN B_h = 0,288 kN

Verificación de tensión de los perfiles de correas

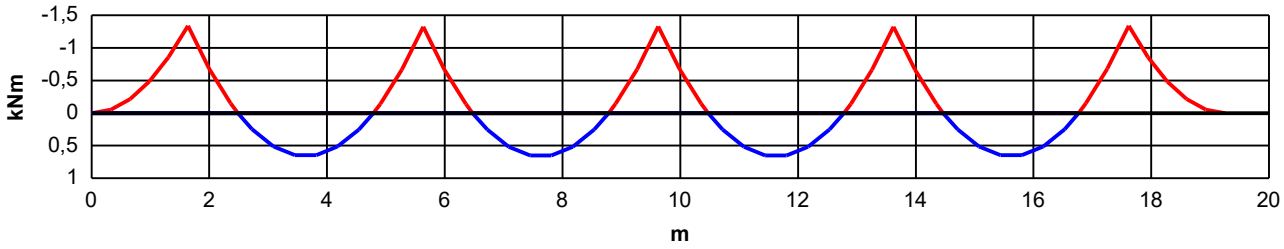
	max M_y	σ_x	max M_z	σ_x	$\Sigma\sigma_x$		n [%]
LC 1	1,99	10,49	0,39	8,53	19,01	kN/cm²	38,02
LC 2	2,52	13,29	0,27	6,05	19,34	kN/cm²	38,68
LC 3	3,11	16,40	0,12	2,69	19,09	kN/cm²	38,17

Formato de verificación

$$\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} \leq f_d =$$

Calculador FS 5.180.8173.29751

Trazado del momento flector bajo carga uniformemente repartida (p = 1,0 kNm)



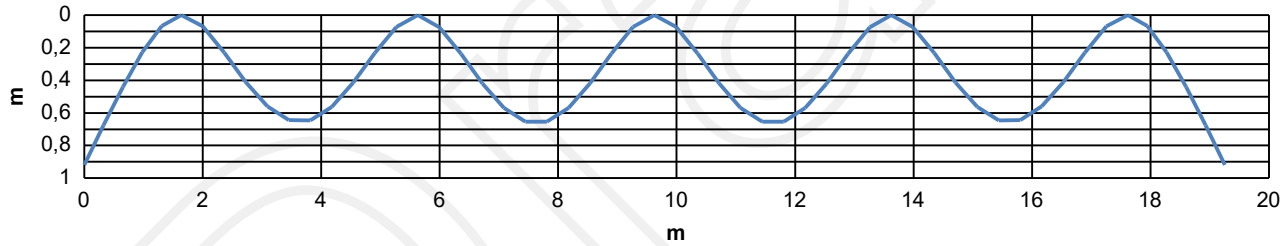
Deflexión de las correas perpendicular a la superficie del módulo

Módulo elástico E = 21000 kN/cm²
Segundo momento de inercia I_y = 117,80 cm ^{4} EI = 247,38 kN/m²
Deflexión central en el campo EIw = 0,6541
Deflexión en el voladizo EIw = 0,9187

Peso propio	Nieve	Presión de viento	Succión del viento	
0,397	0,489	8,764	-8,977	mm
0,558	0,686	12,310	-12,609	mm

LC 1:		6,14 mm a / 650		8,63 mm a / 190
LC 2:	Campo	9,41 mm a / 425	Voladizo	13,21 mm a / 124
LC 3:		-8,58 mm a / 466		-12,05 mm a / 136

Deflexión relativa de las correas (p = 1,0 m)



Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

3.2 Verificación de los perfiles transversales

La transmisión de las cargas de las correas a los soportes se efectúa mediante un perfil transversal inclinado que está fijado a un perfil trapezoidal hincado.

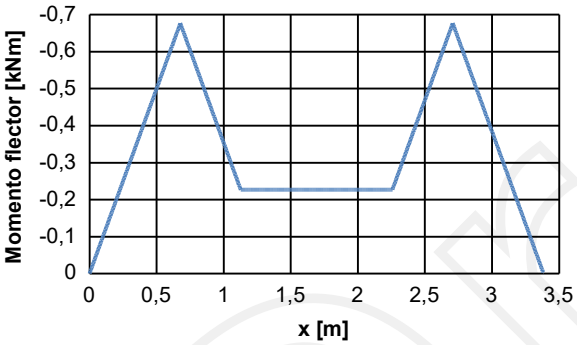
Perfil de vigueta transversal: Eta

Material S550 $f_{y,k}$ = 55,00 kN/cm²
f_d = 50,00 kN/cm²

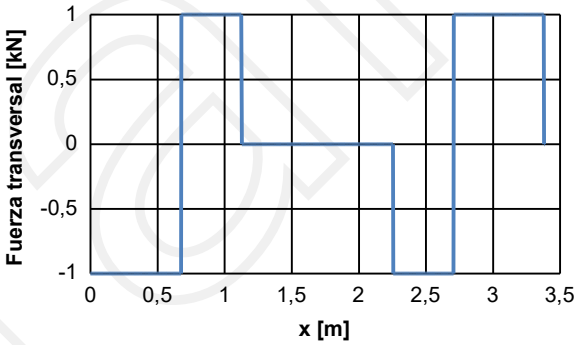
A = 5,05 cm²
W_y = 19,59 cm³
W_z = 4,31 cm³
I_y = 124,82 cm⁴
I_z = 16,87 cm⁴
g = 3,96 kg/m

Diagrama unitario de cargas con F ="1" en los puntos de ataque de la correa

Momentos flectores (normalizado)



Transcurso de la fuerza horizontal (normalizado)



Longitud total del perfil transversal	l_R = 3,38 m	
Factor momentos momento de espacio	f_F = 0,00	
Factor momentos momento de apoyo	f_S = -0,68 (Izquierda)	f_S = -0,68 (Derecha)
Factor de fuerza transversal	f_V = 2,00	
Excentricidad de conexión vigueta	e_z = 20,00	

Para determinar las secciones en los componentes de la subestructura se aplicarán las fuerzas del viento en los puntos cuartos de la superficie modular.
De allí resultan dos posiciones de carga de las fuerzas del viento por cada combinación de carga.
Para el cálculo de los esfuerzos determinantes por tanto se evaluarán 6 combinaciones de acciones.

Calculador FS 5.180.8173.29751

Fuerzas internas de la subestructura	ombinación de carg 1		ombinación de carg 2		ombinación de carg 3		
	rte delante	Detrás	rte delante	Detrás	rte delante	Detrás	
Valor mínimo de la fuerza normal	2,91		4,84		-8,45		kN
Momento de excentricidad	0,06		0,10		-0,17		kNm
Momento máximo de espacio	0,05		0,06		-0,05		kNm
Momento máximo de apoyo izquierda	-3,44		-4,35		3,71		kNm
Momento máximo de apoyo derecha	-3,44		-4,35		3,71		kNm
Fuerza de apoyo vertical del soporte	10,16	7,57	13,64	9,32	-3,86	-16,13	kN
Fuerza de apoyo horizontal del soporte	4,82	0,72	8,04	1,20	-8,25	-1,21	kN
Tensiones campo	0,84		1,29		1,39		kN/cm²
Tensiones momento de apoyo izquierda	-17,56		-22,22		20,62		kN/cm²
Tensiones momento de apoyo derecha	-17,56		-22,22		20,62		kN/cm²

momento máximo de espacio $M_F = \max(A;B) \cdot f_F + M_{ez} = 7{,}84 \cdot 0{,}01 + 0{,}10 = 0{,}18$ kNm

momento máximo de apoyo izquierda $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 7{,}84 \cdot -0{,}68 + 0{,}00 = -5{,}30$ kNm

momento máximo de espacio $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 7{,}84 \cdot -0{,}68 + 0{,}00 = -5{,}30$ kNm

Verificación $\frac{N}{A} + \frac{M}{W_y} \leq f_d =$

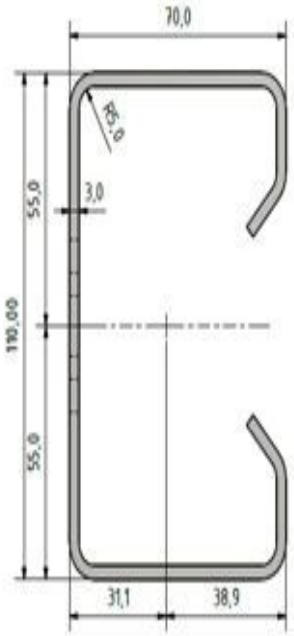
Tensiones máximas $\sigma_x = 22{,}22$ kN/cm² grado de utilización 44,4 %

Sistema de montaje con inclinación Soporte delantero Cierra en 20 % La longitud proyectada de la vigueta
Soporte trasero Cierra en 80 % La longitud proyectada de la vigueta

Calculador FS 5.180.8173.29751

4 Verificación de los postes de hincado

La ejecución del soporte está previsto mediante empleo de un perfil trapezoidal que será empotrado en la tierra con una profundidad de hinca definida. Ello requiere estudios de suelo y ensayos de cargas para determinar los esfuerzos transmisibles.



Parámetros de perfil: SRF 6

b_f = 70,00 mm
h = 110,00 mm
t = 3,00 mm
A = 9,18 cm^2
W_y = 30,23 cm^3 W_z = 17,36 cm^3
I_y = 166,28 cm^4 I_z = 67,90 cm^4
g = 7,10 kg/m

Parámetros del material: S355

$f_{y,k}$ = 35,50 kN/cm²
γ_M = 1,10
$f_{y,d}$ = 32,27 kN/cm²
max σ = 27,69 kN/cm²
η = 85,8 %

Capa del suelo no utilizable: t = 0,00 cm
Profundidad estimada de hinca Detrás: t_{soil} = 160,00 cm
ndidad estimada de hinca Parte delantera: t_{soil} = 140,00 cm

Fuerzas internas en el empotramiento de la base	mbinación de ca 1		mbinación de ca 2		mbinación de ca 3		
	W_u	W_o	W_u	W_o	W_u	W_o	
Fuerza normal en el empotramiento	12,87	10,33	14,92	10,67	-4,89	-17,10	kN
Fuerza horizontal en el empotramiento	4,82	0,72	8,04	1,20	-8,25	-1,21	kN
Momento de empotramiento	4,75	1,33	7,92	2,22	-8,13	-2,24	kNm
Verificación de tensión	17,12	5,53	27,82	8,50	27,43	9,26	kN/cm²

Foundation front
Fuerza máxima de tracción en el soporte N_{max} = 4,89 kN (3,94) Perteneciente a V = 8,25 kN (6,11)
Fuerza máxima de compresión en el soporte N_{min} = 14,92 kN (11,05) Perteneciente a V = -4,82 kN (5,95)
Momento máximo flector en el soporte M_e = 8,13 kNm
(los valores entre paréntesis representan valores característicos)

Foundation rear
Fuerza máxima de tracción en el soporte N_{max} = 17,10 kN (12,97) Perteneciente a V = 1,21 kN (0,90)
Fuerza máxima de compresión en el soporte N_{min} = 10,67 kN (7,91) Perteneciente a V = -0,72 kN (0,89)
Momento máximo flector en el soporte M_e = 2,22 kNm
(los valores entre paréntesis representan valores característicos)

Para el empotramiento de los soportes de cimentación en el suelo queda una reserva plástica de 14 %
M_p = 11,12 kNm

Verificación en dirección transversal por carga de viento

Coef. Deslizamiento: f_r = 0,04 A_{fr} = 18,02 cm^2 F_{fr} = 0,58 kN M_{fr} = 0,52 kNm σ_x = 1,60 kN/cm²

Calculador FS 5.180.8173.29751

5 Verificación de los empalmes y uniones

5.1 Unión de los módulos con las correas y de las correas con los perfiles transversales

Las correas y los perfiles transversales se unen mediante conexiones de apriete. Dada la limitada posibilidad de una demostración por cálculo, se ha determinado la resistencia de las uniones por apriete mediante experimentos.

Unión de los módulos con las correas max F_z = 1,91 kN < P_{Rd} = 4,77 kN
Unión de las correas con los perfiles transversales max F_z = 7,84 kN < P_{Rd} = 13,60 kN
(capacidad de solicitación de las uniones según las hojas de datos de la empresa Schletter Solar GmbH)

Solicitación del módulo Parte delantera 841 Pa
Solicitación del módulo Parte posterior 1.139 Pa

5.2 Unión de la vigueta con el pilote hincado

La principal característica constructiva es la formación del empalme de las viguetas horizontales inclinadas con los cabezales para el soporte de los perfiles de hincado. La ejecución detallada debe cumplir los siguientes requisitos:

- Transmisión de las fuerzas de intersección de una posición de carga desventajosa $\Delta z = \pm$ 20,00 mm
- Compensación de tolerancias de la hinca de los perfiles de soporte $\Delta\beta = \pm$ 2 °
- Márgenes en dirección vertical y horizontal $\Delta x = \pm$ 15,00 mm

La vigueta está unida a una riostra regulable mediante un perno, la cual es enganchada durante el montaje. El ajuste en la altura se efectúa mediante un agujero oblongo, la posición se mantiene mediante placas estriadas y la estructura estriada del perfil de conexión

Perno para la distribución de carga
M12x80 A2

Cizallamiento perno
$V_{a,Rd}$ = 34,90 kN η = 46,36 %

Aplastamiento acero Perfil U
$V_{l,Rd}$ = 30,96 kN η = 52,26 %

Aplastamiento acero Chapa laminada
$V_{l,Rd}$ = 26,40 kN η = 61,28 %

Unión perfil plegado/perfil U

max N = 16,13 kN
max V = 8,25 kN

F_{sd} = 16,18 kN < 33 kN (test report) η = 49,03 %

Calculador FS 5.180.8173.29751

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa

CÁLCULO ESTRUCTURAS ROSARIO

Schletter Solar GmbH
Alustraße 1
D-83527 Kirchdorf
Tel.: +498072 9191-234
Fax: +498072 9191-9234
info.de@schletter-group.com
https://www.schletter-group.com/

Documentos de planificación para el sistema portante para la fijación de módulos solares FS-Duo 2V

Proyecto: El Rosario

Tipo de módulo: HiKu5 Mono PERC CS3Y-500MS 2250 x 1048 mm

Por orden

Grupo Indeso

Cálculos estructurales (FS2V) (Zona de borde)

Para la instalación de módulos fotovoltaicos en huertas solares

Proyecto	El Rosario E-41350 VILLANUEVA DEL RIO Y MINAS
Cliente	Schletter Solar GmbH Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf
Propietario	Grupo Indeso
Esbozo	Schletter Solar GmbH Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf
Planificación de estructuras portantes	Dr. Zapfe GmbH Ingenieurbüro für konstruktiven Ingenieurbau und Solartechnik Gewerbegebiet B15 Alustraße 1 D-83527 Kirchdorf/Haag i. OB

El cálculo estructural abarca las siguientes páginas:
Análisis estructural: páginas 1 - 12
Anexo
Fecha 07/07/2022

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

Contents

1	Generalidades	3
1.1	Descripción de la obra	3
1.2	Construcción	3
1.3	Mecanismos reguladores técnicos	4
2	Acciones	5
2.1	Cargas continuas	5
2.2	Cargas de nieve	5
2.3	Cargas de viento	5
2.4	Combinación de acciones	6
3	Cálculos estructurales	6
3.1	Correas	6
3.2	Verificación de los perfiles transversales	9
4	Verificación de los postes de hincado	11
5	Verificación de los empalmes y uniones	12
5.1	Unión de los módulos con las correas y de las correas con los perfiles transversales	12
5.2	Unión de la vigueta con el pilote hincado	12

Draft

1 Generalidades

1.1 Descripción de la obra

El presente cálculo estructural incluye el cálculo de las secciones, así como las demostraciones de la estabilidad de una estructura portante de una instalación solar que se construirá en campo abierto.

E-41350 VILLANUEVA DEL RIO Y MINAS

Altura sobre nivel del mar < 72 m

1.2 Construcción

La estructura portante es una construcción inclinada en la que los elementos solares son fijados a las correas mediante pinzas. Las correas están situadas sobre las viguetas, a la misma distancia de los postes de la estructura portante, las cuales son apoyadas a distancias regulares.

Los elementos solares tienen las siguientes dimensiones:

h = 2250,00 mm b = 1048,00 mm d = 35,00 mm

Módulos solares / fila de módulos	x = 9
Módulos solares sobrepuestos	y = 2
Potencia del módulo	500Wp

Dimensiones totales del módulo solar

L = 9,62 m Longitud de la estructura
B = 4,09 m Proyección de la superficie de módulos
H = 4,51 m Altura de la superficie modular
h = 2,41 m Parte alta de la estructura

Tipo de módulo	HiKu5 Mono PERC CS3Y-500MS
Tamaño de la instalación	0,12 MWp
Cantidad de estructuras	13

Cantidad de secciones de los soportes	3
Cantidad de campos	2
Luz entre viguetas	a = 3,41 m
Brazos voladizos de la correa	l_{kr} = 1,40 m Por ambos lados

Ángulo de inclinación de los módulos contra el nivel horizontal	β = 30
Altura mínima del canto delantero del módulo	°h_{min} = 50,00 cm

Calculador FS 5.180.8173.29751

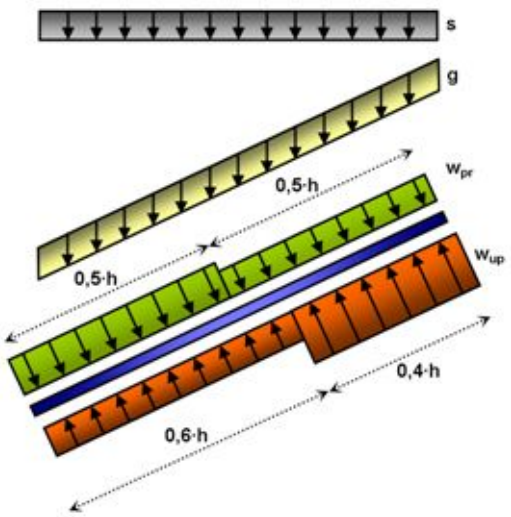
1.3 Mecanismos reguladores técnicos

- UNE-EN 1990 Bases de diseño estructural
- UNE-EN 1991-1-3/NA Acciones generales - cargas de nieve
- UNE-EN 1991-1-4/NA Acciones generales - cargas de viento
- UNE-EN 1993 Esbozo, cálculo y medición de estructuras de acero
- UNE-EN 1997 Esbozo, cálculo y medición en la geotecnia
- UNE-EN 1998 Diseño sísmico de estructuras
- UNE-EN 1999 Esbozo, cálculo y medición de estructuras de aluminio
- UNE-EN 1090 Ejecución de estructuras portantes de acero y aluminio
- Categoría de ejecución EXC2
- UNE-EN ISO 14713 Recubrimientos de cinc - directrices y recomendaciones para la protección ante la corrosión de construcciones de hierro y de acero

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

2 Acciones



Con:

β	°	Ángulo de inclinación hacia el nivel horizontal
g	kN/m²	Según
		Según certificado del fabricante
s	kN/m²	
w	kN/m²	CTE marzo 2006
W	kN/m²	CTE marzo 2006

2.1 Cargas continuas

g = 0,11 kN/m² Peso propio de los elementos solares según las indicaciones del fabricante

2.2 Cargas de nieve

Zona carga nieve **6**

s_k = 0,20 kN/m²

μ = 1,00

$s = s_k \cdot \mu$ = 0,20 kN/m²

2.3 Cargas de viento

Cargas de viento **A** Categoría de terreno **III**

Altura sobre rasante: z < 2,4 m

v_{ref} = 26,0 m/s

q_{ref} = 0,4 kN/m²

$q_{(z)}$ = 0,60 kN/m² (Presión de velocidad de ráfagas)

Fuerzas del viento

Coeficientes de fuerza:

C_{f1} = 1,31

C_{f2} = -1,31

Coeficientes de presión:

Arriba	$C_{p,net}$ =	1,10	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,90	Que levantan
Centro	$C_{p,net}$ =	1,40	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,27	Que levantan
Abajo	$C_{p,net}$ =	1,70	Que cargan
	$C_{p,net}$ =	-1,00	Que levantan

Aumento de carga en zona periférica lateral

$f_{Succión}$ = 1,00 En una longitud A/10

$f_{Presión}$ = 1,00 En una longitud A/10

Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

2.4 Combinación de acciones

Partial safety factors for actions
Factor de fiabilidad Viento: K_{Fi} = 0,90 Nieve: K_{Fi} = 0,90
γ_g = 1,35 γ_g = 0,90 para efecto favorable
γ_q = 1,50 · 0,90 = 1,35
Coeficientes combinados $\psi_{0,w}$ = 0,60

$\psi_{0,s}$ = 0,50
Para las demostraciones en el estado límite de la carga admisible se toman en consideración las siguientes combinaciones de cargas:
LC1: $\gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot s + \psi_{0,w} \cdot \gamma_q \cdot w$
LC2: $\gamma_g \cdot g + \psi_{0,s} \cdot \gamma_q \cdot s + \gamma_q \cdot w$
LC3: $0,9 \cdot g + \gamma_q \cdot w$ para acciones de viento que levantan

3 Cálculos estructurales

3.1 Correas

Para una transmisión de las cargas a los elementos de soporte se emplean correas de acero. Desde el punto de vista estructural éstas son tratadas como vigas continuas con voladizos en ambos lados. En la fabricación y el montaje éstas pueden ser juntadas como vigas cantilever con articulaciones en puntos específicos.
Material S550 $f_{y,k}$ = 55,00 kN/cm² γ_M = 1,10
f_d = 50,00 kN/cm²

Perfil: Zeta
A = 5,04 cm²
W_y = 18,97 cm³
W_z = 4,53 cm³
I_y = 117,80 cm⁴
I_z = 12,22 cm⁴
g = 4,03 kg/m

Longitud total: l_{ges} = 9,62 m β = 30°
a = 3,41 m sin β = 0,423
l_{kr} = 1,40 m cos β = 0,906

En el cálculo de las secciones, las acciones de cargas por viento y nieve se situarán de forma desfavorable en cada campo. El cálculo se realizará con los factores para vigas continuas con luces equidistantes.

Coeficientes de momento flector

$M_{1,total}$	$M_{1,partial}$	$M_{B,total}$	$M_{B,partial}$
0,070	0,096	-0,125	-0,125

Coeficientes de fuerza

A_{total}	$A_{partial}$	B_{total}	$B_{partial}$
0,375	0,438	1,250	1,250

cargas continuas g_z = 0,150 kN/m g_y = 0,070 kN/m incluido perfil
Cargas de nieve s_z = 0,185 kN/m s_y = 0,086 kN/m
Cargas de viento (presión) $W_{k,D}$ = 3,542 kN/m $W_{k,D}$ = 0,742 kN/m
Cargas de viento (succión) $W_{k,Z}$ = -3,532 kN/m $W_{k,Z}$ = -1,282 kN/m

Calculador FS 5.180.8173.29751

Correa interior

LC1 $M_{1,y}$ = 1,115 kNm $M_{1,z}$ = 0,207 kNm
LC2 $M_{1,y}$ = 1,423 kNm $M_{1,z}$ = 0,142 kNm
LC3 $M_{1,y}$ = -1,822 kNm $M_{1,z}$ = 0,051 kNm

LC1 $M_{A,y}$ = 1,029 kNm $M_{A,z}$ = 0,206 kNm
LC2 $M_{A,y}$ = 1,299 kNm $M_{A,z}$ = 0,149 kNm
LC3 $M_{A,y}$ = -1,559 kNm $M_{A,z}$ = 0,062 kNm

LC1 $M_{B,y}$ = -1,531 kNm $M_{B,z}$ = -0,307 kNm
LC2 $M_{B,y}$ = -1,932 kNm $M_{B,z}$ = -0,222 kNm
LC3 $M_{B,y}$ = 2,319 kNm $M_{B,z}$ = -0,092 kNm

LC1 A = 3,003 kN A_h = 1,351 kN
LC2 A = 3,801 kN A_h = 1,090 kN
LC3 A = -4,642 kN A_h = 0,552 kN

LC1 B = 4,490 kN B_h = 0,899 kN
LC2 B = 5,667 kN B_h = 0,651 kN
LC3 B = -6,800 kN B_h = 0,269 kN

Verificación de tensión de los perfiles de correas

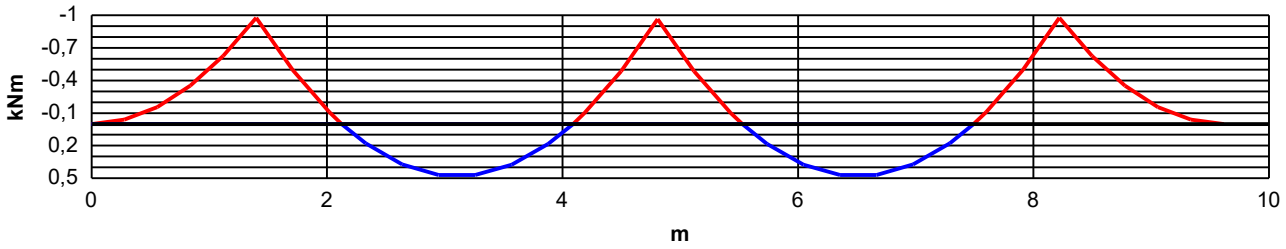
	max M_y	σ_x	max M_z	σ_x	$\Sigma\sigma_x$		n [%]
LC 1	1,53	8,07	0,31	6,77	14,84	kN/cm²	29,68
LC 2	1,93	10,19	0,22	4,90	15,09	kN/cm²	30,18
LC 3	2,32	12,22	0,09	2,02	14,25	kN/cm²	28,49

Formato de verificación

$$\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} \leq f_d =$$

Calculador FS 5.180.8173.29751

Trazado del momento flector bajo carga uniformemente repartida (p = 1,0 kNm)



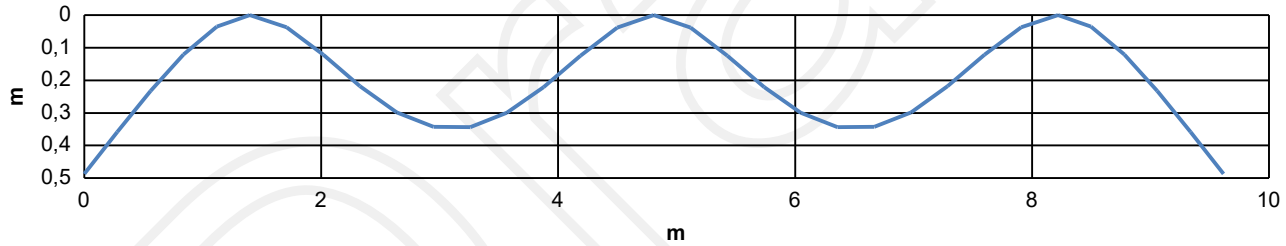
Deflexión de las correas perpendicular a la superficie del módulo

Módulo elástico E = 21000 kN/cm²
Segundo momento de inercia I_y = 117,80 cm ^{4} EI = 247,38 kN/m²
Deflexión central en el campo EIw = 0,3436
Deflexión en el voladizo EIw = 0,4872

Peso propio	Nieve	Presión de viento	Succión del viento	
0,209	0,257	4,920	-4,906	mm
0,296	0,364	6,976	-6,956	mm

LC 1:		3,42 mm a / 998		4,85 mm a / 289
LC 2:	Campo	5,26 mm a / 649	Voladizo	7,45 mm a / 188
LC 3:		-4,70 mm a / 726		-6,66 mm a / 210

Deflexión relativa de las correas (p = 1,0 m)



Draft

Calculador FS 5.180.8173.29751

3.2 Verificación de los perfiles transversales

La transmisión de las cargas de las correas a los soportes se efectúa mediante un perfil transversal inclinado que está fijado a un perfil trapezoidal hincado.

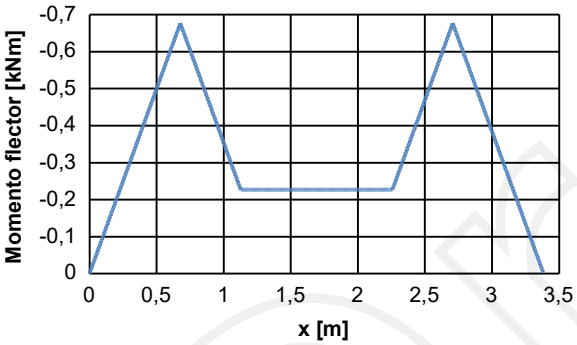
Perfil de vigueta transversal: Eta

Material S550 $f_{y,k}$ = 55,00 kN/cm²
f_d = 50,00 kN/cm²

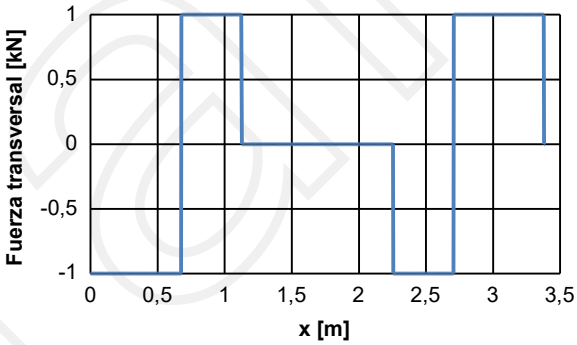
A = 5,05 cm²
W_y = 19,59 cm³
W_z = 4,31 cm³
I_y = 124,82 cm⁴
I_z = 16,87 cm⁴
g = 3,96 kg/m

Diagrama unitario de cargas con F ="1" en los puntos de ataque de la correa

Momentos flectores (normalizado)



Transcurso de la fuerza horizontal (normalizado)



Longitud total del perfil transversal	l_R = 3,38 m	
Factor momentos momento de espacio	f_F = 0,00	
Factor momentos momento de apoyo	f_S = -0,68 (Izquierda)	f_S = -0,68 (Derecha)
Factor de fuerza transversal	f_V = 2,00	
Excentricidad de conexión vigueta	e_z = 20,00	

Para determinar las secciones en los componentes de la subestructura se aplicarán las fuerzas del viento en los puntos cuartos de la superficie modular.
De allí resultan dos posiciones de carga de las fuerzas del viento por cada combinación de carga.
Para el cálculo de los esfuerzos determinantes por tanto se evaluarán 6 combinaciones de acciones.

Calculador FS 5.180.8173.29751

Fuerzas internas de la subestructura	ombinación de carg 1		ombinación de carg 2		ombinación de carg 3		
	rte delante	Detrás	rte delante	Detrás	rte delante	Detrás	
Valor mínimo de la fuerza normal	2,82		4,69		-7,65		kN
Momento de excentricidad	0,06		0,09		-0,15		kNm
Momento máximo de espacio	0,04		0,06		-0,05		kNm
Momento máximo de apoyo izquierda	-3,04		-3,84		3,14		kNm
Momento máximo de apoyo derecha	-3,04		-3,84		3,14		kNm
Fuerza de apoyo vertical del soporte	9,06	7,15	12,21	9,03	-3,56	-14,57	kN
Fuerza de apoyo horizontal del soporte	4,50	0,67	7,49	1,12	-7,49	-1,10	kN
Tensiones campo	0,79		1,22		1,28		kN/cm²
Tensiones momento de apoyo izquierda	-15,51		-19,58		17,55		kN/cm²
Tensiones momento de apoyo derecha	-15,51		-19,58		17,55		kN/cm²

momento máximo de espacio $M_F = \max(A;B) \cdot f_F + M_{ez} = 6{,}80 \cdot 0{,}01 + 0{,}09 = 0{,}16$ kNm

momento máximo de apoyo izquierda $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 6{,}80 \cdot -0{,}68 + 0{,}00 = -4{,}60$ kNm

momento máximo de espacio $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 6{,}80 \cdot -0{,}68 + 0{,}00 = -4{,}60$ kNm

Verificación $\frac{N}{A} + \frac{M}{W_y} \leq f_d =$

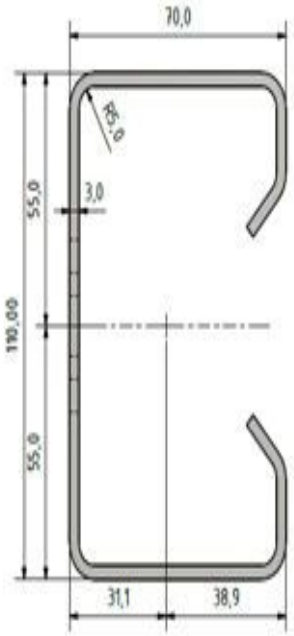
Tensiones máximas $\sigma_x = 19{,}58$ kN/cm² grado de utilización 39,2 %

Sistema de montaje con inclinación Soporte delantero Cierra en 20 % La longitud proyectada de la vigueta
Soporte trasero Cierra en 80 % La longitud proyectada de la vigueta

Calculador FS 5.180.8173.29751

4 Verificación de los postes de hincado

La ejecución del soporte está previsto mediante empleo de un perfil trapezoidal que será empotrado en la tierra con una profundidad de hinca definida. Ello requiere estudios de suelo y ensayos de cargas para determinar los esfuerzos transmisibles.



Parámetros de perfil: SRF 6

b_f = 70,00 mm
h = 110,00 mm
t = 3,00 mm
A = 9,18 cm^2
W_y = 30,23 cm^3 W_z = 17,36 cm^3
I_y = 166,28 cm^4 I_z = 67,90 cm^4
g = 7,10 kg/m

Parámetros del material: S355

$f_{y,k}$ = 35,50 kN/cm²
γ_M = 1,10
$f_{y,d}$ = 32,27 kN/cm²
max σ = 25,76 kN/cm²
η = 79,8 %

Capa del suelo no utilizable: t = 0,00 cm
Profundidad estimada de hinca Detrás: t_{soil} = 160,00 cm
ndidad estimada de hinca Parte delantera: t_{soil} = 140,00 cm

Fuerzas internas en el empotramiento de la base	mbinación de ca 1		mbinación de ca 2		mbinación de ca 3		
	W_u	W_o	W_u	W_o	W_u	W_o	
Fuerza normal en el empotramiento	10,66	8,82	13,41	10,31	-4,52	-15,47	kN
Fuerza horizontal en el empotramiento	4,50	0,67	7,49	1,12	-7,49	-1,10	kN
Momento de empotramiento	4,43	1,24	7,38	2,07	-7,38	-2,03	kNm
Verificación de tensión	15,81	5,07	25,88	7,96	24,90	8,40	kN/cm²

Foundation front
Fuerza máxima de tracción en el soporte N_{max} = 4,52 kN (3,65) Perteneciente a V = 7,49 kN (5,55)
Fuerza máxima de compresión en el soporte N_{min} = 13,41 kN (9,93) Perteneciente a V = -4,50 kN (5,55)
Momento máximo flector en el soporte M_e = 7,38 kNm
(los valores entre paréntesis representan valores característicos)

Foundation rear
Fuerza máxima de tracción en el soporte N_{max} = 15,47 kN (11,74) Perteneciente a V = 1,10 kN (0,82)
Fuerza máxima de compresión en el soporte N_{min} = 10,31 kN (7,64) Perteneciente a V = -0,67 kN (0,83)
Momento máximo flector en el soporte M_e = 2,07 kNm
(los valores entre paréntesis representan valores característicos)

Para el empotramiento de los soportes de cimentación en el suelo queda una reserva plástica de 14 %
M_p = 11,12 kNm

Verificación en dirección transversal por carga de viento

Coef. Deslizamiento: f_r = 0,04 A_{fr} = 15,38 cm^2 F_{fr} = 0,50 kN M_{fr} = 0,44 kNm σ_x = 1,37 kN/cm²

Calculador FS 5.180.8173.29751

5 Verificación de los empalmes y uniones

5.1 Unión de los módulos con las correas y de las correas con los perfiles transversales

Las correas y los perfiles transversales se unen mediante conexiones de apriete. Dada la limitada posibilidad de una demostración por cálculo, se ha determinado la resistencia de las uniones por apriete mediante experimentos.

Unión de los módulos con las correas max F_z = 1,91 kN < P_{Rd} = 4,77 kN
Unión de las correas con los perfiles transversales max F_z = 6,80 kN < P_{Rd} = 13,60 kN
(capacidad de solicitación de las uniones según las hojas de datos de la empresa Schletter Solar GmbH)

Solicitación del módulo Parte delantera 841 Pa
Solicitación del módulo Parte posterior 1.139 Pa

5.2 Unión de la vigueta con el pilote hincado

La principal característica constructiva es la formación del empalme de las viguetas horizontales inclinadas con los cabezales para el soporte de los perfiles de hincado. La ejecución detallada debe cumplir los siguientes requisitos:

- Transmisión de las fuerzas de intersección de una posición de carga desventajosa $\Delta z = \pm$ 20,00 mm
- Compensación de tolerancias de la hinca de los perfiles de soporte $\Delta\beta = \pm$ 2 °
- Márgenes en dirección vertical y horizontal $\Delta x = \pm$ 15,00 mm

La vigueta está unida a una riostra regulable mediante un perno, la cual es enganchada durante el montaje. El ajuste en la altura se efectúa mediante un agujero oblongo, la posición se mantiene mediante placas estriadas y la estructura estriada del perfil de conexión

Perno para la distribución de carga
M12x80 A2

Cizallamiento perno
$V_{a,Rd}$ = 34,90 kN η = 41,88 %

Aplastamiento acero Perfil U
$V_{l,Rd}$ = 30,96 kN η = 47,21 %

Aplastamiento acero Chapa laminada
$V_{l,Rd}$ = 26,40 kN η = 55,37 %

Unión perfil plegado/perfil U

max N = 14,57 kN
max V = 7,49 kN

F_{sd} = 14,62 kN < 33 kN (test report) η = 44,29 %

Calculador FS 5.180.8173.29751