ANEJO Nº8.- INTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

ÍNDICE DEL ANEJO

1. ANTECEDENTES. 5

2. OBJETO DE LA INSTALACIÓN GENERADORA. 5

3. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN GENERADORA. 6

3.1. CARATERÍSTICAS DE LA BALSA. 6

3.2. TERRENO. 7

3.3. PRESCRIPCIONES GENERALES. 7

3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE MATERIALES. 9

3.4.1. TERRITORIO. 10

3.4.2. NORMATIVA DE CÁLCULO APLICABLE. 11

3.4.3. MATERIALES. 13

3.4.4. MÉTODOS DE UNIÓN. 13

3.4.5. RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS. 13

4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. 15

4.1. DISTANCIA ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. 18

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS. 19

5. CÁLCULO ESTRUCTURA DE SOPORTACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. 21

5.1. INTRODUCCIÓN. 21

5.2. DEFINICIONES. 21

5.2.1. EJEMPLO. 21

5.3. OBTENCIÓN DE CARGAS MÁXIMAS SOBRE ESTRUCTURA FLOTANTE. 22

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.3.1. PESO PROPIO Y CARGA MUERTA. 22

5.3.2. CARGA DE VIENTO. 22

5.3.3. CARGA SÍSMICA. 29

5.3.4. OLEAJE. 30

5.3.5. CORRIENTES. 31

5.4. CÁLCULOS. 33

5.4.1. CÁLCULO DE STRING. 33

5.4.1.1. PRESIÓN NORTE-SUR. 34

5.4.1.2. SUCCIÓN NORTE-SUR. 34

5.4.1.3. PRESIÓN ESTE-OESTE. 35

5.4.1.4. SUCCIÓN ESTE-OESTE. 36

5.4.2. CÁLCULO DE FRONT DECK. 37

5.4.2.1. CARGAS DE FRONT DECK. 38

5.4.3. CÁLCULO DE AMARRES. 47

5.4.3.1. STRINGLINES. 50

5.4.4. ESPECIFICACIÓN DEL ANCLAJE A TIERRA. 51

5.4.4.1. CÁLCULO DEL PERFIL DE ACERO. 51

5.4.4.2. CÁLCULO DEL PILOTE 52

5.4.5. CÁLCULO DEL FLOTADOR. 60

5.4.6. CÁLCULO DE COMPONENTES DE UNIÓN. 63

5.4.6.1. CÁLCULO DE LA UNIÓN DE LA MB. 63

5.4.6.2. CÁLCULO DE LA PIEZA C1. 64

5.4.6.3. CÁLCULO DE LA PIEZA C2. 64

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.4.6.4. CÁLCULO DE LA PIEZA C4. 65

6. SIMULACIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA. 66

7. INVERSOR. 76

7.1.1. PROTECCIONES INCLUIDAS EN EL INVERSOR. 76

7.1.2. CARACTERÍSTICAS EL INVERSOR. 78

8. SISTEMA PARA EVITAR EL VERTIDO DE ENERGÍA A LA RED. 81

8.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VATÍMETRO. 84

8.1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GESTOR ENERGÉTICO. 110

8.1.3. CERTIFICADO DE INYECCIÓN CERO DEL EQUIPO. 111

9. MONITORIZACIÓN DE LA ENERGÍA PRODUCIDA. 131

10. CONCLUSIONES. 132

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

1. ANTECEDENTES.

Se redacta el presente documento para definir la instalación fotovoltaica propiamente dicha, es decir desde los elementos generadores de energía, los módulos fotovoltaicos, hasta los inversores, que serán los encargados de convertir la energía de corriente continua a corriente alterna.

Además en el presente documento se utiliza para simular la producción de la instalación generadora fotovoltaica en base a unas hipótesis de partida que permitan definir el dimensionado correcto de los equipos que compongan la instalación y su conexionado. Para ello se ha empleado hoja de cálculo específica para tal fin facilitada por los fabricantes de los equipos que componen la instalación.

2. OBJETO DE LA INSTALACIÓN GENERADORA.

El objeto de la producción energética es el autoabastecimiento de bombas de riego, por tanto se dice que la instalación estará en **régimen de autoconsumo**.

En el ámbito de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, la instalación se encuadrará en la modalidad de:

- **Sin Excedentes**

De manera que aquella energía que el promotor no sea capaz de consumir de manera directa o instantánea no pasará a la red de distribución. Para ello, se instalará un sistema que evite el vertido de energía a la red.

En la citada modalidad, primará buscar el máximo acople entre generación y consumo con objeto de maximizar el ahorro económico y reducir en la medida de lo posible el plazo de recuperación de la inversión.

No obstante, el promotor podría realizar en un futuro un cambio de modalidad a autoconsumo con compensación de excedentes para lo cual deberá solicitar condiciones de acceso a empresa distribuidora eléctrica.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

3. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN GENERADORA.

La instalación generadora de energía fotovoltaica se ejecutará mediante una estructura flotante, sin seguimiento solar, sobre lámina de agua de la balsa "Abellán", con las siguientes condiciones generales:

- **Localización:** C.P. 04610 Cuevas del Almanzora (Almería).
- **Altitud:** 130 m.
- **Viento predominante:** Noroeste.
- **Velocidad del viento:** 26 m/s.
- **Nieve:** 0,2 kN/m².
- **Tipología de Eurocódigo:** Estructura metálica mediante marquesina multivano a 1 agua.
- **Tipología de puertos:** 8.300 ha brutas.
- **Tipología eléctrica:** Según R.D. 244/2019, de 5 de abril, la instalación que nos ocupa será:
  - Individual. Existe un solo consumidor asociado a la instalación.
  - SIN excedentes. Se proyectará un sistema antivertido para impedir la energía excedente a la red eléctrica de la Cía. Distribuidora.

3.1. CARATERÍSTICAS DE LA BALSA.

La citada balsa "Abellán" tiene una capacidad de 130.000 m³ y una profundidad nominal de 8 m, describiéndose las dos siguientes condiciones extremas:

- **Balsa llena**: la lámina de agua se encuentra en la cota de la exclusa de desahogo, 1,50 m por debajo de la cota de coronación.
- **Balsa vacía**: la balsa se vacía al menos cada 2 años para realizar labores de limpieza y mantenimiento del recubrimiento de plástico.

En la siguiente imagen se pueden observar claramente la línea que define la base de la balsa para el cálculo de ocupación de los paneles.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

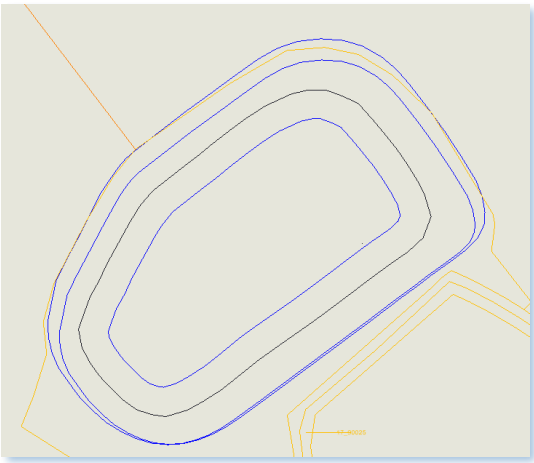


Ilustración 1- Balsa de riego del proyecto.

3.2. TERRENO.

Se ha realizado estudio geotécnico del terreno que se aporta en el Anejo nº5

3.3. PRESCRIPCIONES GENERALES.

En cuanto a las características técnicas deseadas, se prescriben principalmente las siguientes, sin perjuicio de que deban ser cumplidos los requisitos del resto de este documento:

NÚMERO	CARACTERÍSTICA	VALOR	JUSTIFICACIÓN
1	Tipología de módulos	Bifaciales con tecnología de 1500V	La tecnología bifacial ha sido reforzada institucionalmente en el Estado y debe ser promovida. La producción de los paneles bifaciales justifica su implantación.
2	Inclinación de paneles	25º	Se pretende maximizar la energía generada, por lo que no se aceptarán ángulos menores de 25º.
3	Sistema de flotación.	• 10% máximo de contacto con la	La planta fotovoltaica no podrá tocar el agua en más de un 10%. Con este parámetro se controla: • La entrada de luz para garantizar la calidad del agua.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

NÚMERO	CARACTERÍSTICA	VALOR	JUSTIFICACIÓN
		lámina de agua. • Material: HDPE. • Resistencia a hielo.	• La reducción de plástico en contacto con el fondo en situación de balsa vacía de cara a la limpieza del recubrimiento de la balsa. • La reducción en el empleo de plásticos a nivel medioambiental. • Utilizar un material inocuo para el consumo humano, lo cual garantiza una calidad del agua suficiente.
4	Sistema de anclaje en tierra.	A orillas. Sin uso de talud.	Se deberá evitar cualquier tipo de fijación a la lámina plástica de la balsa o que esté en contacto con dicha protección. En su lugar, se podrán realizar operaciones de obra civil la coronación, de cara a la sujeción de la planta. Se permite el uso de anclas flotantes en combinación con otros amarres. El sistema propuesto no podrá entorpecer el camino que rodea la balsa, ya que se trata de un paso para los camiones de mantenimiento y limpieza de la instalación. El sistema propuesto de cimentación deberá estar conforme a lo dispuesto en el CTE. El talud no deberá ser cubierto en ningún caso por la estructura flotante cuando se da la situación de balsa vacía.
5	Sistema de amarre	De fibra sintética.	Debido a que no hay redundancia en el sistema, se opta por un sistema: • Que no esté sujeto a rigideces por corrosión. • Que tenga capacidad elástica para absorber impactos y tirones de la planta.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

NÚMERO	CARACTERÍSTICA	VALOR	JUSTIFICACIÓN
6	Sistema eléctrico.	Se prescribe específicamente en el apartado correspondiente.	Se justifica en el Pliego de Condiciones Técnicas del presente documento.
7	Sistema estructural	Estructura metálica	Dado que la inclinación de paneles es elevada, las combinaciones de carga de viento, nieve, corriente, etc, son muy altas y suponen un riesgo crítico para la viabilidad estructural del proyecto. Se prescribe una estructura metálica para: • Reducir el riesgo estructural. • Reducir el uso de plásticos o compuestos químicos como resinas.
8	Mantenimiento	• Se debe permitir el acceso a todos los paneles solares. • Los paneles deben estar al menos a 400mm sobre el agua.	El acceso a los paneles solares es crucial para su inspección, limpieza y mantenimiento. Los paneles deben estar a una altura que posibilite la limpieza de la balsa, al menos en un 80% de la superficie cubierta. La altura permite mejorar la producción energética.

3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE MATERIALES.

Se pretende en este apartado describir el entorno físico donde se ejecutará la instalación generadora, así como la normativa aplicable para el cálculo de la estructura que servirá de base a los paneles fotovoltaicos y a las características de la citada estructura base.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

3.4.1. TERRITORIO.

La instalación está calculada para la zona viento correspondiente a la localización del proyecto, es decir: a 26 m/s, junto con una carga de nieve de 0,2 kN/m². La siguiente ilustración muestra la distribución de viento en la zona, por tanto, las direcciones a estudiar deberán ser, al menos, las de viento de Norte (succión), viento de Sur (presión) y viento de Oeste.

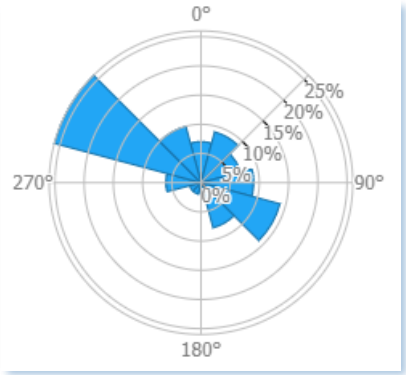


Ilustración 2- Rosa de los vientos en frecuencia

En cuanto a las temperaturas a considerar, de cara al dimensionamiento de paneles, se ha tenido en cuenta los valores de la ROM2.0-11, que se reproducen a continuación.

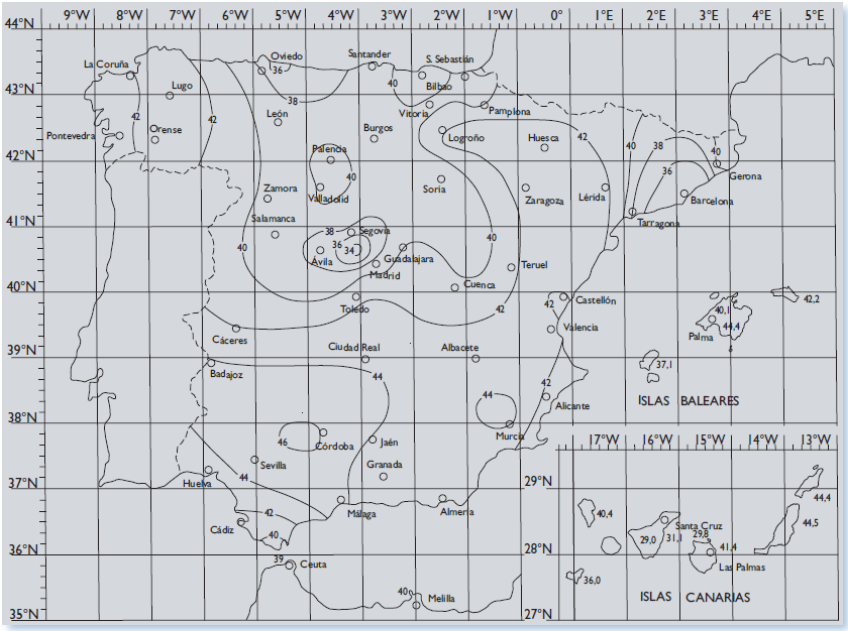


Ilustración 3- Mapa de temperatura máxima del aire a la sombra en España para un periodo de retorno de 50 años, correspondiente a un nivel de confianza del 90%.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

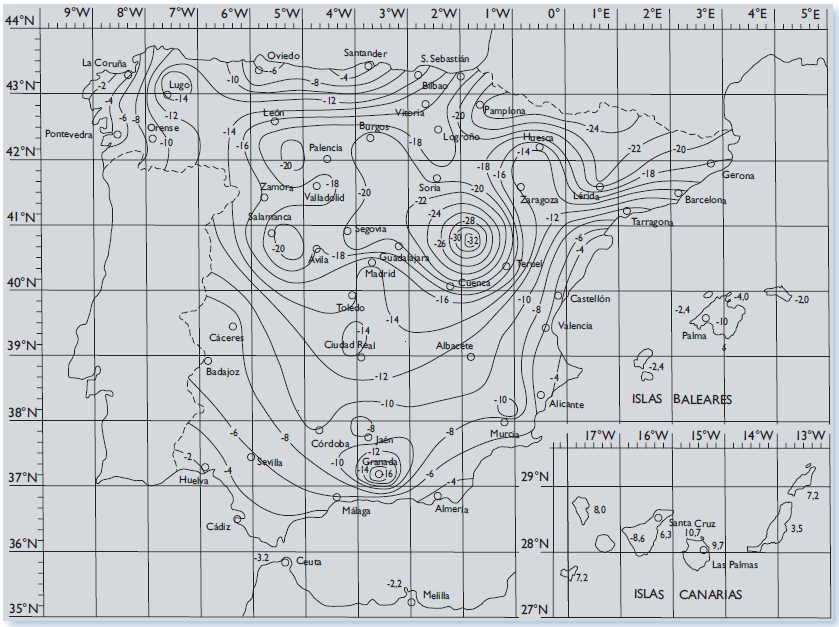


Ilustración 4- Mapa de temperatura mínima del aire a la sombra en España para un periodo de retorno de 50 años, correspondiente a un nivel de confianza del 90%.

3.4.2. NORMATIVA DE CÁLCULO APLICABLE.

Los cálculos mecánicos de la estructura soporte de los módulos solares se aportan en el apartado nº 5 del presente Anejo.

Esta estructura es, sin duda alguna, una obra flotante que no se corresponde con una edificación. A falta de normativa específica a tal efecto, se recomiendan a continuación un conjunto de normas que aplican con certeza a la comprobación de cada parte del conjunto, de cara a comprobar la viabilidad técnica de la estructura, sin prejuicio de que se pueda aplicar una normativa específica en función de la solución presentada.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

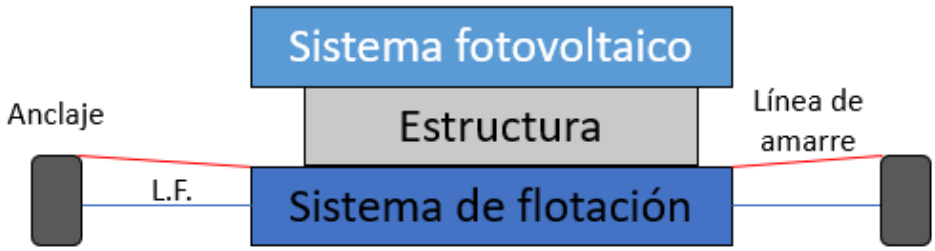


Ilustración 5- Esquema del sistema completo.

En la Ilustración 5, se han diferenciado las principales subsecciones del conjunto, estando cada una amparado por una normativa específica.

Las combinaciones de carga de la normativa se aplicarán a la estructura junto con unas condiciones de contorno adecuadas a la tipología de la estructura propuesta. Los resultados serán, a parte de las comprobaciones de las barras y nodos del sistema portante, las reacciones en los apoyos. Dichas reacciones servirán para combinarse junto con las cargas de corriente y dar como resultado el estado de cargas en los puntos de conexión con las líneas de amarre. A continuación, se resumen las normativas aplicables a cada apartado del sistema.

CONDICIONES AMBIENTALES	
Viento	Eurocódigo 1:4
Nieve	Eurocódigo 1:3
Sismo	• Eurocódigo 8 • NCSE
Corriente	British Standard /Van Dorn's
Oleaje	British Standard / ROM 04-95
Flotabilidad	ISO 12217

Tabla 1- Normativa sobre condiciones ambientales

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

COMPROBACIONES ESTRUCTURALES	
Estructura acero	Eurocódigo 3 y 4 (UE)
Estructura aluminio	Eurocódigo 9
Líneas de amarre	• BS 6349-6
Anclaje a tierra	• Eurocódigo 2 (ES) • CTE DB-SE-C

Tabla 2- Normativa sobre las comprobaciones estructurales

3.4.3. MATERIALES.

La estructura deberá ser metálica, abarcando aquellos componentes que sustenten el sistema fotovoltaico y que conecten con el sistema de flotación, que será en plástico HDPE (polietileno de alta densidad).

3.4.4. MÉTODOS DE UNIÓN.

Todas las uniones entre elementos se prevén atornilladas. La calidad de la tornillería estructural a utilizar será tornillería de acero inoxidable calidad A2-70. Se utilizará, alternativamente, calidad 8.8 cuando se oferte un recubrimiento galvanizado en caliente, debiendo garantizar la duración del recubrimiento anticorrosión.

En el caso de proponer una estructura soldada, se deberá hacer referencia a las comprobaciones vigentes de la normativa correspondiente.

3.4.5. RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

La presente instalación se encuentra en una zona de categoría C4.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

ESPESOR DE LA PIEZA	ESPESOR LOCAL DEL RECUBRIMIENTO (MÍNIMO)[a] (µm)	MASA LOCAL DEL RECUBRIMIENTO (MÍNIMO)[b] (g/m^2)	ESPESOR MEDIO DEL RECUBRIMIENTO (MÍNIMO)[c] (µm)	MASA MEDIA DEL RECUBRIMIENTO (MÍNIMO)[d] (g/m^2)
Acero > 6mm	70	505	85	610
Acero > 3 mm to ≤ 6 mm	55	395	70	505
Acero ≥ 1,5 mm to ≤ 3 mm	45	325	55	395
Acero < 1,5 mm	35	250	45	325
Piezas moldeadas ≥ 6 mm	70	505	80	575
Piezas moldeadas < 6 mm	60	430	70	50

Nota: Esta tabla es de aplicación general; las normas particulares de producto pueden incluir requisitos diferentes y, en particular, categorías de espesores distintas. En esta tabla se incluyen los requisitos relativos a la masa local de recubrimiento y a la masa media de recubrimiento para servir de referencia en caso de litigio.

[a] Véase el apartado 3.8.

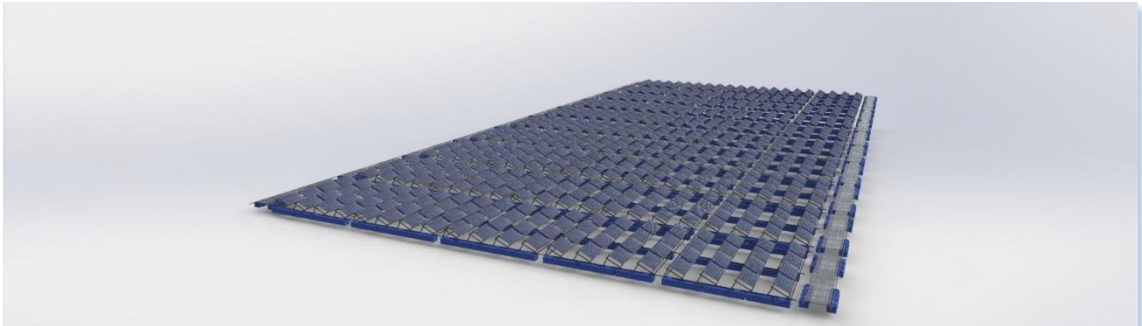
[b] Masa de recubrimiento equivalente utilizando una densidad nominal del recubrimiento de 7,2 g/cm^3 (véase el anexo D)

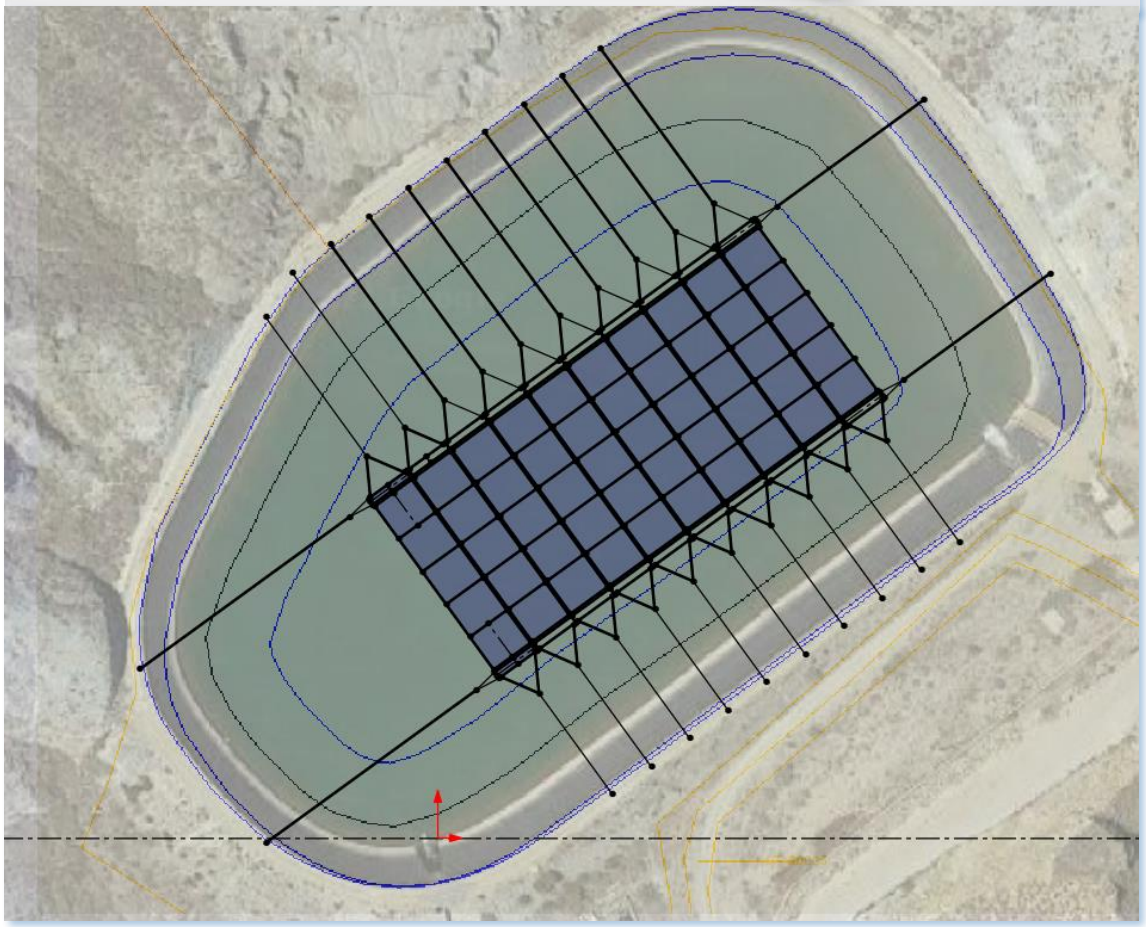
[c] Véase el apartado 3.9.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Los módulos solares serán monocristalinos bifaciales de 545 Wp de la marca LONGI modelo Hi-MO, LR5-72HBD-545M o similar. Se proyectan una cantidad de 800 unidades de paneles que suman una potencia pico total de: 800 uds. x 545 Wp = 436.000 Wp = 436 kWp. En la siguiente imagen se muestra el layout de la estructura flotante que deberá instalarse. En la misma se muestra una planta formada por 50 Strings de 16 paneles cada uno de ellos y dos puentes de unión formados por 10 Front Decks cada uno de ellos.





Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Las medidas generales son:

- Longitud Norte-Sur: 44m
- Longitud Este-Oeste: 92m
- Nº de hincas: 24 (10 en Norte, 10 en Sur, 2 en Este y 2 en Oeste).

El layout está compuesto por 10 columnas de 5 strings cada una. De esta forma, las columnas son independientes y no se trasladan cargas entre ellas, sino a través de los puentes de unión que se formas con los Front Decks, que actúan como puente de unión en toda la planta.

Para la fijación de la planta flotante se utilizarán cables de acero inoxidable que se amarrarán a perfiles metálicos hincados en el perímetro exterior de la balsa, exactamente a 24 puntos según el esquema de la imagen superior.

Se prescribe la utilización de una estructura que consta de puentes de unión formados por estructuras denominadas Front Deck, las cuales permiten el tránsito para operaciones de mantenimiento, guiado de cables e incluso, dependiendo de las necesidades, la incorporación de inversores flotantes. A continuación, se muestra una infografía de un Front Deck, sobre el que se amarran las líneas de mooring.

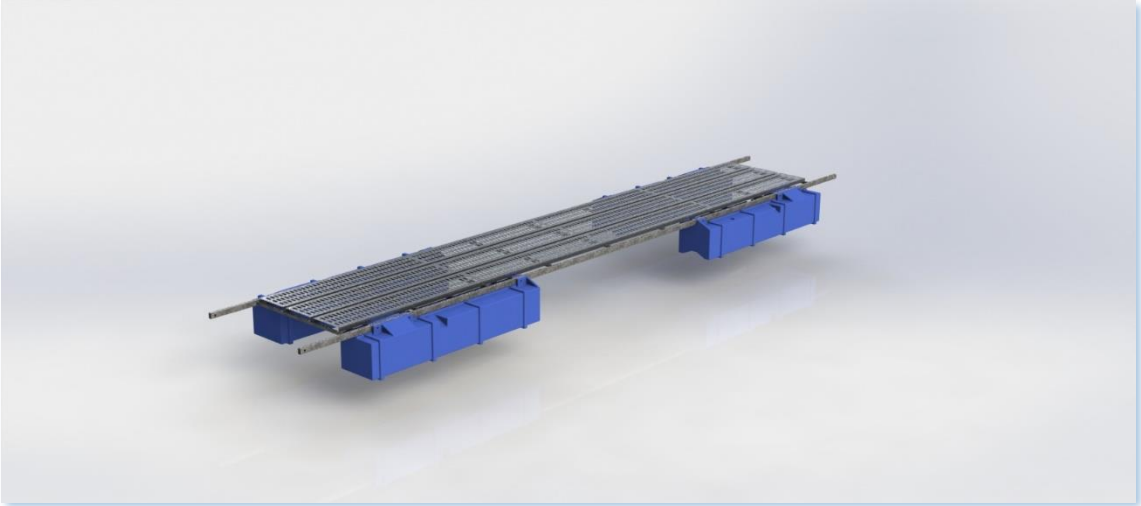


Ilustración 6- Front Deck

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Para el acceso de mantenimiento de cualquiera de los paneles interiores de la planta, se accederá por pasarelas de mantenimiento que se instalarán solo para el acceso puntual cuando sea necesario, de forma que el resto del tiempo, la luz del sol pueda penetrar sin problemas entre las filas de paneles, y rebotar en el agua para incidir en la parte trasera de los paneles.

La siguiente imagen muestra el diseño del string de 16 paneles, mostrando el espacio libre mencionado entre filas de paneles para poder tener incidencia de sol en la cara reversa de los paneles tras la reflexión en la lámina de agua.

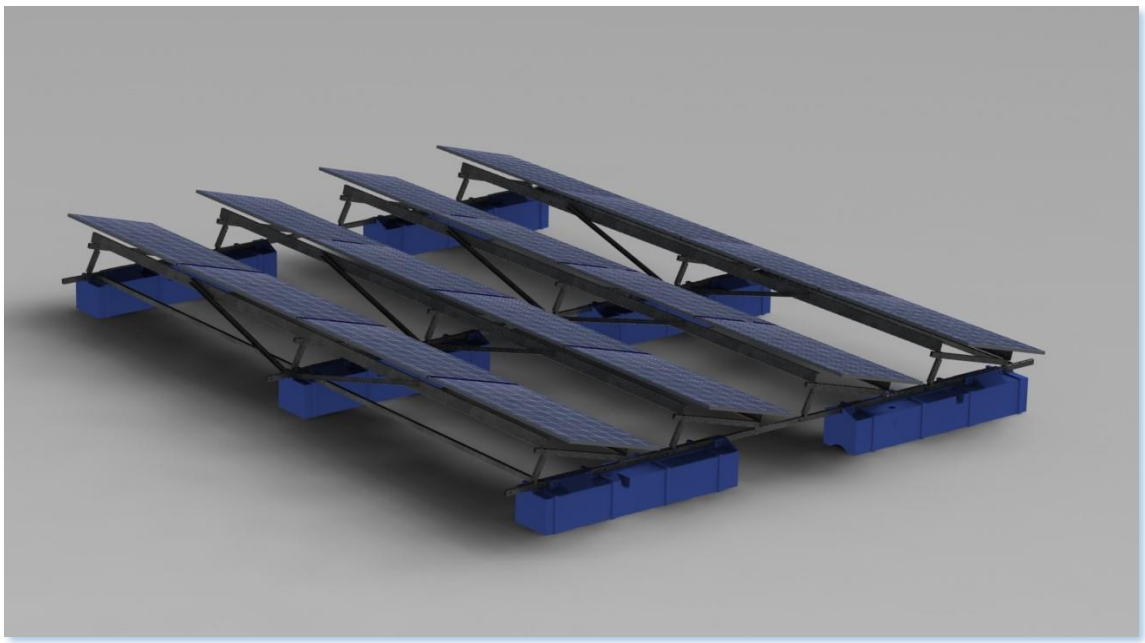


Ilustración 7- String

La orientación de los paneles en la balsa corresponde a los +25º (Oeste).

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

4.1. DISTANCIA ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Con el objeto de minimizar las sombras que pudieran producirse entre filas de módulos, a continuación se calculará la distancia mínima a partir de la cual son nulas las pérdidas de energía por sombreado entre filas. La distancia "d" (Ilustración 8) medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura "h" que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia "d" será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(61º - latitud)}$$

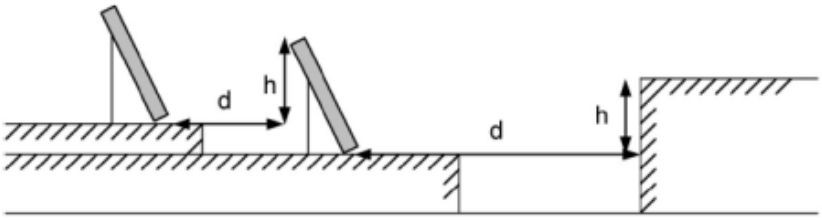
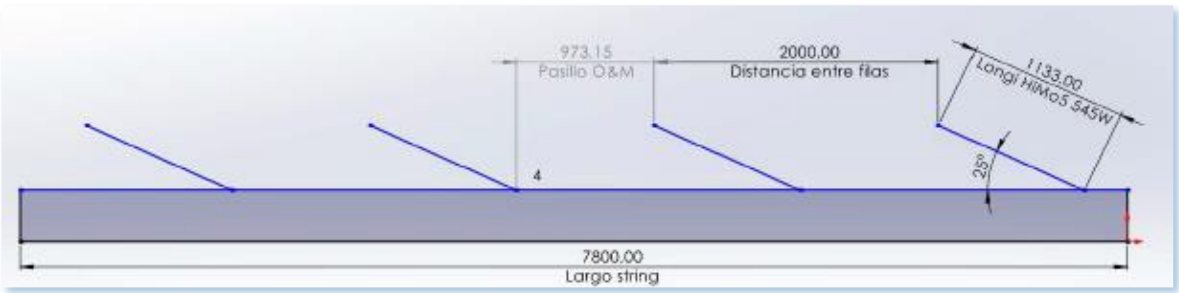


Ilustración 8- Cálculo distancia entre módulos solares

DATOS DE PARTIDA:

- Dimensiones de los módulos: 2256 x 1133 mm
- Inclinación de los módulos: 25º
- Altura h: 0,427 m
- Latitud centro balsa: 37.32º

$$d = \frac{0{,}427}{\tan(61º - 37.32º)} = 0{,}973 \ \ m$$



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

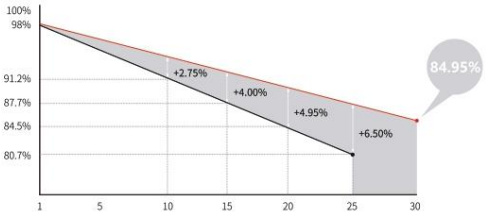
Hi-MO 5

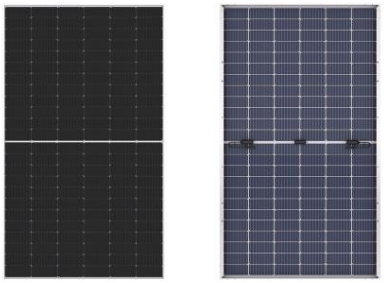
LR5-72HBD 525~545M

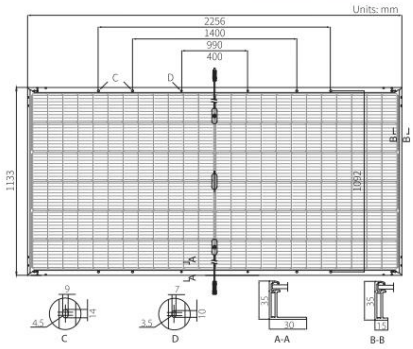
21.3%	0~+5W	<2%	0.45%	HALF-CELL
MAX MODULE EFFICIENCY	POWER TOLERANCE	FIRST YEAR POWER DEGRADATION	YEAR 2-30 POWER DEGRADATION	Lower operating temperature

Additional Value

30-Year Power Warranty







Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm², +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	32.3kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC

Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR5-72HBD-525M		LR5-72HBD-530M		LR5-72HBD-535M		LR5-72HBD-540M		LR5-72HBD-545M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	525	392.1	530	395.8	535	399.5	540	403.3	545	407.0
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.05	45.89	49.20	46.03	49.35	46.17	49.50	46.31	49.65	46.46
Short Circuit Current (Isc/A)	13.65	11.03	13.71	11.08	13.78	11.14	13.85	11.19	13.92	11.24
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.20	38.41	41.35	38.55	41.50	38.69	41.65	38.83	41.80	38.97
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.75	10.21	12.82	10.27	12.90	10.33	12.97	10.39	13.04	10.44
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		20.9		21.1		21.3	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 29
Bifaciality	70±5%

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.284%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

LONGi

No.8369 Shangyuan Road, Xi'an Economic And Technological Development Zone, Xi'an, Shaanxi, China.
Web: en.longi-solar.com

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. LONGi reserves the right of final interpretation. (20210508V13)

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5. CÁLCULO ESTRUCTURA DE SOPORTACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

5.1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este apartado es estudiar las condiciones de carga del sistema flotante de El Material Solar para la balsa de riego perteneciente a la Comunidad de Regantes de Cuevas de Almanzora, en Almería.

5.2. DEFINICIONES.

En este documento se tratará de forma habitual cargas con una denominación similar pero de muy diferente índole, que se describen a continuación.

- Cargas Intrínsecas: aquellas variables que están dentro del sistema de estudio del ensamblaje.
- Cargas Extrínsecas: aquellas variables que vienen de fuera del sistema de estudio.

A su vez, las variables, sean intrínsecas o extrínsecas, se clasifican en:

- Variables internas: forman parte del ensamblaje u objeto de estudio por el mero hecho de existir (peso propio).
- Variables externas: son estados temporales que habitualmente en este documento se dan por inclemencias climáticas (viento, nieve, corriente).

5.2.1. EJEMPLO.

Un String está atracado a un Front Deck y este, a su vez, amarrado a la orilla. Se da una situación de viento repentino. En esas condiciones, el viento es una variable externa e intrínseca para el string; de cara al Front Deck, que verá la reacción del string debido al viento, estará sometido a una carga externa y extrínseca.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.3. OBTENCIÓN DE CARGAS MÁXIMAS SOBRE ESTRUCTURA FLOTANTE.

A continuación se define una estructura que consta de 50 bloques o “strings”, cada uno con 4 filas de paneles inclinadas 25º sobre el horizonte. El layout de proyecto cuenta con 10 columnas de 5 strings en dirección Norte-Sur.

El caso maestro de carga de este producto es de una columna máxima de 6 strings, en zona C de viento (29m/s) y con una carga de nieve de 0,7kN/m2, por lo que en la zona de Almanzora (26m/s de viento y 0,2 kN/m2 de nieve) y con una columna de 5 strings, la estructura es viable.

En cualquier caso, se presenta a continuación la justificación correspondiente.

5.3.1. PESO PROPIO Y CARGA MUERTA.

El peso propio de la estructura se introduce de forma automática en el programa de cálculo CYPE y recoge el peso de todos los elementos estructurales que se ven en la figura anterior. El software aplica a cada barra el peso propio en función de la sección definida. Se ha considerado por tanto el peso total de las barras de cada string y el peso distribuido de cable que tira hacia debajo de la estructura.

A su vez, la carga muerta es la correspondiente a los sistemas auxiliares que transmiten carga a la estructura. Dicha carga está aplicada sobre las vigas secundarias donde se atornillan los paneles y equivale a 0,055 [kN/m]. Para hallar este valor se ha tenido en cuenta el peso de los paneles (que no aparece automáticamente en el cálculo del software) y el peso distribuido de cable que tira hacia debajo de la estructura por cada string a modo de incertidumbre (diferente grosor de cables o tornillería, por ejemplo).

5.3.2. CARGA DE VIENTO.

La carga de viento es estudiada conforme a lo dispuesto en el Eurocódigo 1-4: acciones del viento, siempre acudiendo al anexo nacional (CTE) para los valores específicos necesarios.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Dentro de las tipologías que se recogen en dicha norma, la más adecuada para este tipo de sistemas es la de marquesina a un agua con multi-vano.

En cualquier caso, a continuación, se indica la carga mínima de viento a tener en cuenta para calcular el proyecto.

Los parámetros a utilizar para el cálculo de la presión dinámica y de la presión básica del viento, así como del factor de intensidad de turbulencia, que es obligatorio, son:

- Categoría de terreno (tabla 4.1 Eurocódigo 1:4): I → Z_0=0,01 / $Z_{0,II}$ =0,05 / Zmin= 1 [m]
- Factor de turbulencia, KI: 1
- Factor de rugosidad:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \qquad \text{for} \qquad z_{min} \le z \le z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \qquad \text{for} \qquad z \le z_{min}$$

- Zona de exposición: II

  Kr es un factor de terreno dependiente de la longitud de la rugosidad, según:

$$k_r = 0{,}19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07}$$

Teniendo en cuenta las ecuaciones anteriores, la geometría de los paneles y cómo se disponen en horizontal según las prescripciones del proyecto, a la estructura le corresponderá una velocidad que irá en función de su altura, según la siguiente gráfica.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

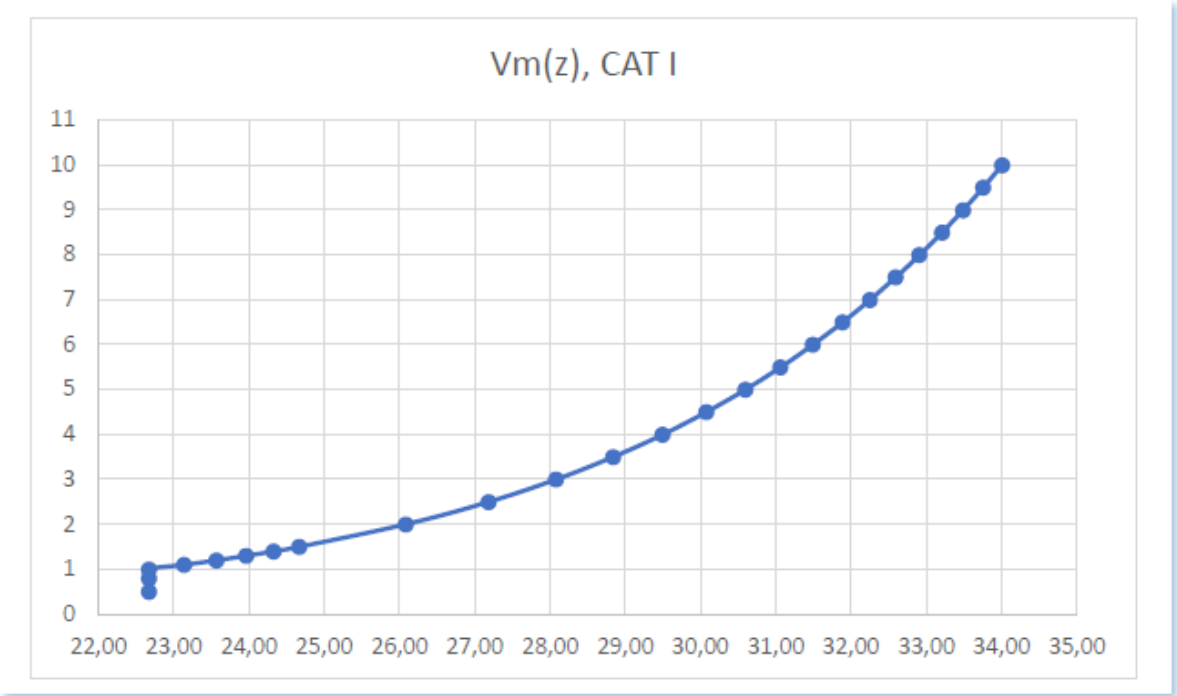


Ilustración 11-Perfil de velocidad en función de la altura del viento

Como la altura máxima de esta estructura no supera el metro de altura, el valor de la velocidad media del viento a dicha altura es de 22,67 [m/s].

La intensidad de la turbulencia deberá ser tenida en cuenta para reflejar las oscilaciones del viento y los vórtices generados por las ráfagas, de forma que la estructura se dinámicamente más estable.

$$\sigma_v = K_r \cdot V_b \cdot k_I$$

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} \qquad \text{zmin} \leq \text{z} < \text{zmax}$$

$$I_v(z) = I_v(zmin) \qquad \text{z} < \text{zmin}$$

Finalmente, la presión dinámica del viento que se aplicará a la estructura deberá seguir la siguiente ecuación:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0{,}5 \cdot \rho \cdot {V_b}^2$$

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Para una intensidad de turbulencia anteriormente descrita de 0,217 y los 22,67 [m/s], la carga pico de viento correspondiente a este proyecto es de:

0,650 kN/m²

De acuerdo con el Eurocodigo 1-4, la fuerza se aplica a 1/4 de la longitud paralela a la dirección de viento, denominándose e o excentricidad.

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}$$

De esta forma, se presentan a continuación 2 tablas, para las direcciones principales.

Tipo	Fila	Aref (m2)	cs·cd	Cf	Qp (kN/m2)	Fw (kN)	e (m)
Presión	1	10,2922	1	1,000	0,6507	6,6970	0,2833
Presión	2	10,2922	1	0,900	0,6507	6,0273	0,2833
Presión	3	10,2922	1	0,700	0,6507	4,6879	0,2833
Succión	1	10,2922	1	-1,217	0,6507	-8,1481	0,2833
Succión	2	10,2922	1	-1,065	0,6507	-7,1296	0,2833
Succión	3	10,2922	1	-1,065	0,6507	-7,1296	0,2833

Tipo	Fila	Aref (m2)	cs·cd	Cf	Qp (kN/m2)	Fw (kN)	e (m)
Presión	1	10,2922	1	0,200	0,6507	1,3394	2,2710
Presión	2	10,2922	1	0,180	0,6507	1,2055	2,2710
Presión	3	10,2922	1	0,140	0,6507	0,9376	2,2710
Succión	1	10,2922	1	-0,752	0,6507	-5,0372	2,2710
Succión	2	10,2922	1	-0,658	0,6507	-4,4075	2,2710
Succión	3	10,2922	1	-0,658	0,6507	-4,4075	2,2710

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Con estos valores, en NORTE/SUR, la carga equivalente de Eurocódigo se aplica directamente a los puntos de anclaje de panel. En ESTE/OESTE, se calcula una carga parabólica que tenga su equivalente puntual a 1/4L y que dicha puntual sea la mitad que la Fw de la fila, ya que la Fw está equidistante de ambas SB. Según el apartado de marquesinas de Eurocódigo, cuando se trata de marquesinas multi-vano, se puede aplicar un coeficiente reducción debido al efecto de abrigo de unas filas con otras. Esto deja los coeficientes a 0º y 25º como sigue.

Fila	Coeficiente reducción Presión	Cf 25º	Cf 0º
1	1	1,000	0,200
2	0,9	0,900	0,180
3	0,7	0,700	0,140
Fila	**Coeficiente reducción Succión**	**Cf 25º**	**Cf 0º**
1	0,8	-1,217	-0,752
2	0,7	-1,065	-0,658
3	0,7	-1,065	-0,658

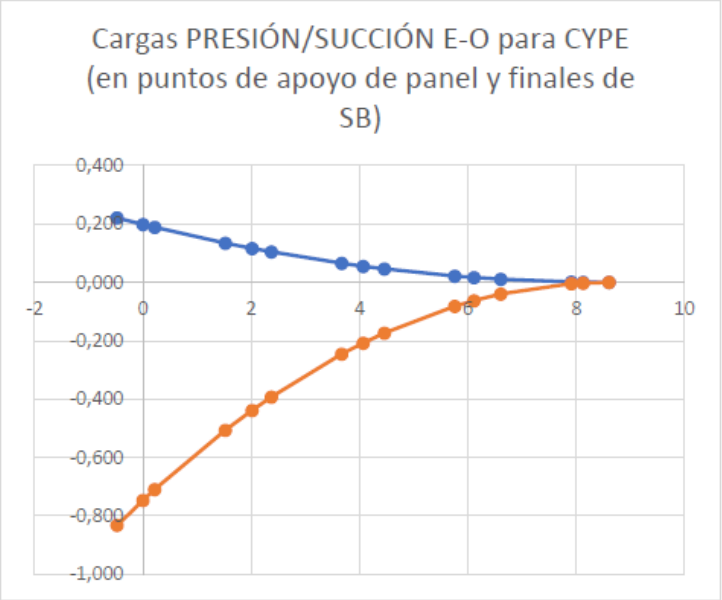
Estos coeficientes son el resultado de interpolar los valores normativos en función del valor, o coeficiente de cubrimiento, que en el caso del string es de 0,396 (N-S) y 0,55 (E-O). Este factor es la proporción de área "cubierta" por la estructura respecto a toda el área que circunscribe cada vista.

A continuación se muestran las cargas tabuladas para presión y succión en dirección Norte-Sur, es decir, a 25 grados.

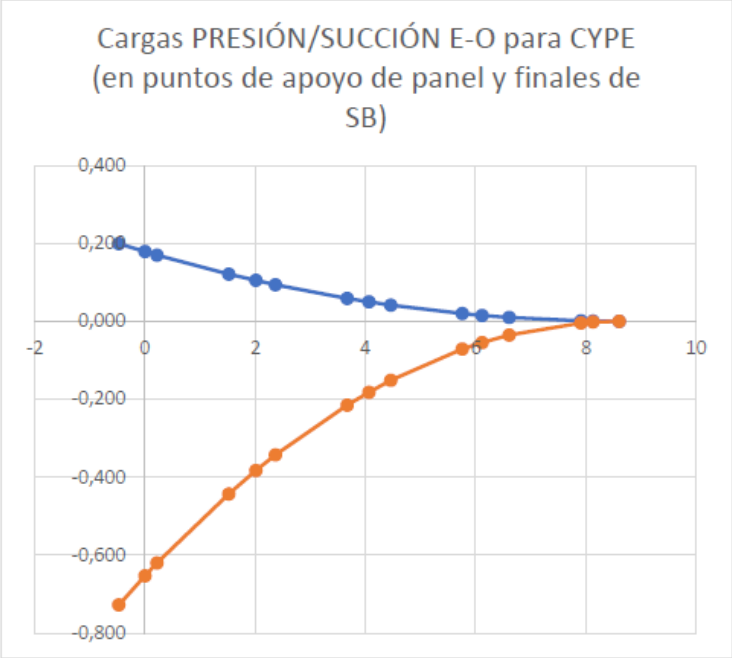
Carga en apoyos inferiores (kN)	Carga en apoyos superiores (kN)
0,63	0,21
0,57	0,19
0,44	0,15
-0,25	-0,76
-0,22	-0,67
-0,22	-0,67

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Por otro lado, en lugar de haber una tabla similar a la anterior y como se comentó anteriormente, las cargas en dirección Este-Oeste llevan una distribución parabólica cuya carga puntual equivalente está a ¼ de la longitud paralela a la dirección del viento. Los valores de carga se pueden visualizar en las siguientes gráficas.

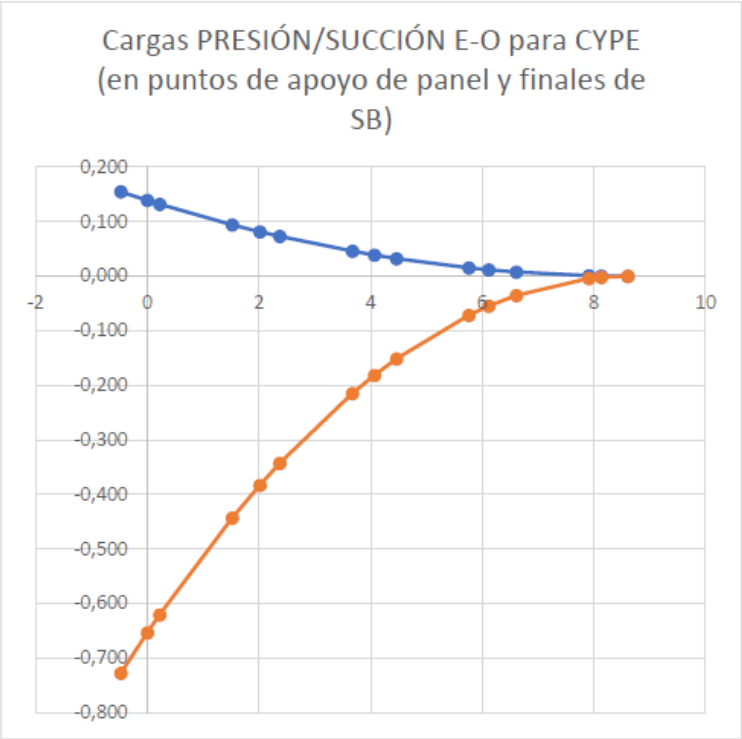


Gráfica 1- Cargas de presión y succión E-O para la fila 1.



Gráfica 2- Cargas de presión y succión E-O para la fila 2.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com



Gráfica 3- Cargas de presión y succión E-O para la fila 3.

En la siguiente ilustración se pueden observar las cargas sobre barras: la carga parabólica de viento E-O (rosa), la carga muerta (verde), la nieve (verde) y el peso propio (amarillo). También se puede observar los puntos de condición de contorno:

- Flotadores: permiten los desplazamientos en el plano horizontal y todos los giros. El desplazamiento vertical está amortiguado con una K=10 kN/m.
- Unión a amarre: permiten los desplazamientos en dirección N-S para el caso E-O y viceversa, así como el desplazamiento vertical. El desplazamiento E-O para el caso NS y el opuesto tiene una K=696 kN/m, correspondiente a la elasticidad aproximada de los cables de acero de amarre.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

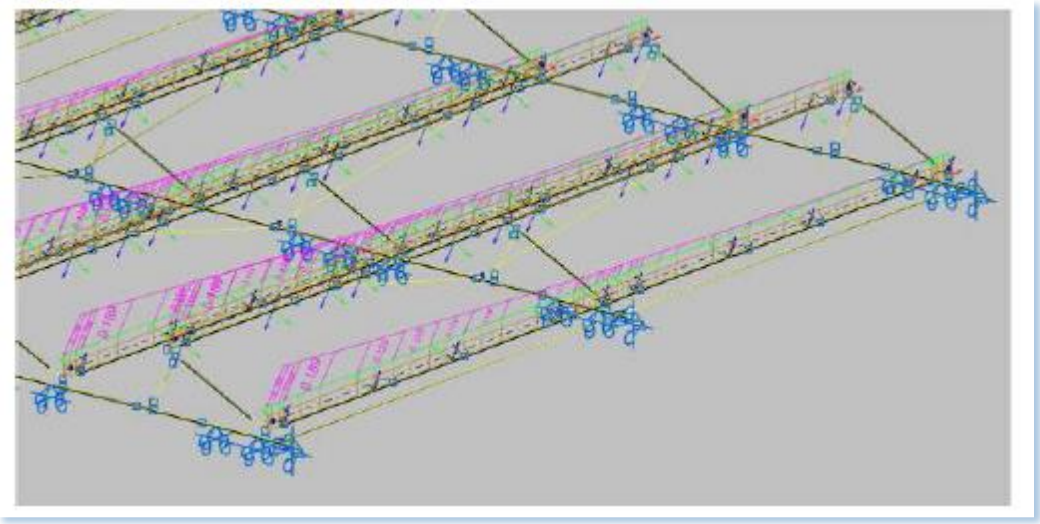
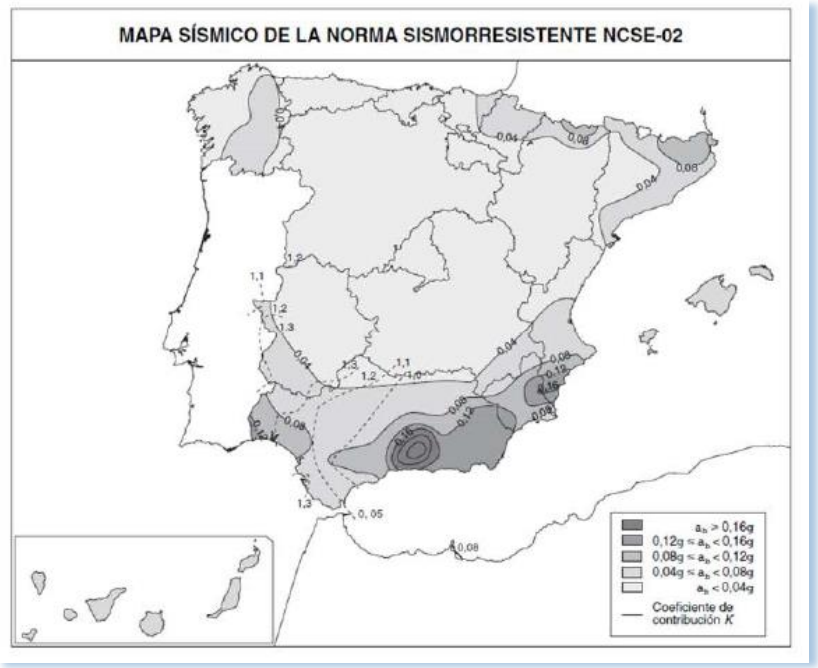


Ilustración 9- Distribución de cargas sobre la estructura

5.3.3. CARGA SÍSMICA.

Según la norma NCSE-2, la localización tiene una aceleración menor de 0.12g, por lo que el sistema de anclaje al suelo (hincado o zapata) deberá cumplir las comprobaciones correspondientes cuando se realicen las pruebas de hincado (ver apartado 5.4.4 de este documento).



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.3.4. OLEAJE.

Las olas tienen relevancia en embalses y mares, pero se pueden despreciar en pequeñas balsas de riego como es el caso. Aun así, se hará una comprobación en la que, según la ROM 04-95, se deberá argumentar, en función de la estructura presentada, los efectos del oleaje presentes en el proyecto, de cara al dimensionamiento de las líneas de amarre. En este sentido, dadas las discrepancias entre los ambientes que caracterizan las normativas en mar abierto y el ambiente de la localización de este proyecto, se ha realizado un cálculo físico de la altura de ola, obteniendo como resultado una variación de la lámina de agua despreciable (0,2m) y que se muestra a continuación.

Como la relación de Airy, que es la relación entre la profundidad y el periodo de ola al cuadrado, es <0.38, se trata de aguas poco profundas, lo cual es coherente con la balsa de estudio.

Gravedad	g	9,816	m/s2
Velocidad de viento a 10m, 10min	Vv	26	m/s
Velocidad eficaz de viento	Ua	39,05	m/s
Fetch	X	50	m
Altura significante de ola	Hs	0,141	m
Periodo pico de ola	Tp	0,78	s
Tiempo mínimo de viento	tmin	0,04	h

La altura característica de ola afecta sobre todo a las líneas de amarre, pero al ser de un material con una elongación alta (más de un 6% de su longitud, es decir, más de 1,8[m] para este proyecto), van a trabajar dentro del límite elástico aun cuando se pudiese dar la máxima ola para esta localización. Dichas líneas de amarre se describen más adelante.

Por otro lado, las olas se denominan capilares porque no llegan a formarse, sino que se trata de picos de olas que tienen un periodo de 1 segundo, por lo que una estructura de más de 7,8 [m] de largo por 8,8 [m] de ancho no se va a ver afectada por ellas.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.3.5. CORRIENTES.

La corriente sí tiene cierta relevancia en cualquier proyecto, incluso en balsas de riego, ya que el agua ejerce una fuerza de arrastre sobre la estructura que es la que tensa los cables de acero. El procedimiento a seguir implica conocer primero la velocidad de la corriente, para lo cual existen varias metodologías que se aplican en cálculos marinos. A pesar de que el resultado de la norma internacionalmente aceptada, la BS-6349, otorga un valor de 0,503 m/s, se ha optado por utilizar el cálculo de la Ecuación de Van Dorn, en la que se basan otras normas, que da un resultado más conservador, de:

0,71 m/s

Ecuación de Van Dorn		
Tensión superficial	Pa	1,74
Densidad agua	kg/m3	998
Kw		2,6E-06
Velocidad viento	m/s	26
Tensión fondo		0,35
k		0,2
kroughness		0,01
D50 (tamaño medio de grano)		0,001
Y0		4
V corriente	m/s	0,71

British standard 6349		
Velocidad viento	m/s	26
Velocidad superficie del agua	m/s	0,52
Produndidad máxima	m	10
Calado máximo	m	0,33
Velocidad en calado máximo	m/s	0,503
V corriente	m/s	0,503

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Con este valor se puede aplicar la ecuación de la fuerza de arrastre en un fluido, en este caso el agua, teniendo en cuenta el área mojada de la estructura flotante. En la siguiente tabla se pueden ver los valores en función del ángulo de incidencia de la corriente, con un máximo en la dirección Este u Oeste (simetría) debido a que los flotadores son longitudinales en dirección Norte-Sur, según se muestra en la siguiente ilustración. Hay que recordar que la dirección de la corriente es la provocada por la dirección del viento generador.

Ilustración 10- Tipología de estructura flotante

Orientación de viento	Densidad del fluido	Coeficiente de sustentación	Coeficiente de arrastre	Área de sustentación	Área de arrastre	Velocidad de la corriente	Fuerza de sustentación	Fuerza de arrastre
Wd	rho (kg/m3)	Cd_L	Cd_T	AL (m2)	AT (m2)	Vc (m/s)	F_L (kN)	F_T (kN)
0	1000	0,5	0,5	0,00	0,518	0,50	0,000	0,033
5	1000	0,5	0,5	0,48	0,516	0,50	0,030	0,033
10	1000	0,5	0,5	0,95	0,510	0,50	0,060	0,032
15	1000	0,5	0,5	1,42	0,501	0,50	0,089	0,032
20	1000	0,5	0,5	1,87	0,487	0,50	0,118	0,031

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

25	1000	0,5	0,5	2,32	0,470	0,50	0,146	0,030
30	1000	0,5	0,5	2,74	0,449	0,50	0,173	0,028
35	1000	0,5	0,5	3,14	0,425	0,50	0,198	0,027
40	1000	0,5	0,5	3,52	0,397	0,50	0,222	0,025
45	1000	0,5	0,5	3,87	0,366	0,50	0,244	0,023
50	1000	0,5	0,5	4,20	0,333	0,50	0,265	0,021
55	1000	0,5	0,5	4,49	0,297	0,50	0,283	0,019
60	1000	0,5	0,5	4,74	0,259	0,50	0,299	0,016
65	1000	0,5	0,5	4,97	0,219	0,50	0,313	0,014
70	1000	0,5	0,5	5,15	0,177	0,50	0,325	0,011
75	1000	0,5	0,5	5,29	0,134	0,50	0,334	0,008
80	1000	0,5	0,5	5,40	0,090	0,50	0,340	0,006
85	1000	0,5	0,5	5,46	0,045	0,50	0,344	0,003
90	1000	0,5	0,5	5,48	0,000	0,50	0,345	0,000

Las corrientes generan, por tanto, diferentes cargas en función de la orientación del viento generador, que se resumen a continuación y que serán aplicadas en las comprobaciones necesarias.

CASO	Descripción	Carga por string (kN)
1	Corriente de Norte (succión)	0,07
2	Corriente de Sur (Presión)	0,07
3	Corriente de Oeste (lateral)	0,7
4	Corriente de Este (lateral)	0,7

5.4. CÁLCULOS.

5.4.1. CÁLCULO DE STRING.

Los cálculos de string se llevan a cabo de acuerdo con las combinaciones de Eurocódigo, siendo las combinaciones más severas las siguientes:

Presión: 1.35PP+1.35CM+1.5V+0.75N

Succión: PP+CM+0.9V+1.5N

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.4.1.1. PRESIÓN NORTE-SUR.

En la siguiente tabla se puede ver tanto la aplicación de las cargas como de los resultados (el color verde indica que todas las barras cumplen las verificaciones normativas).

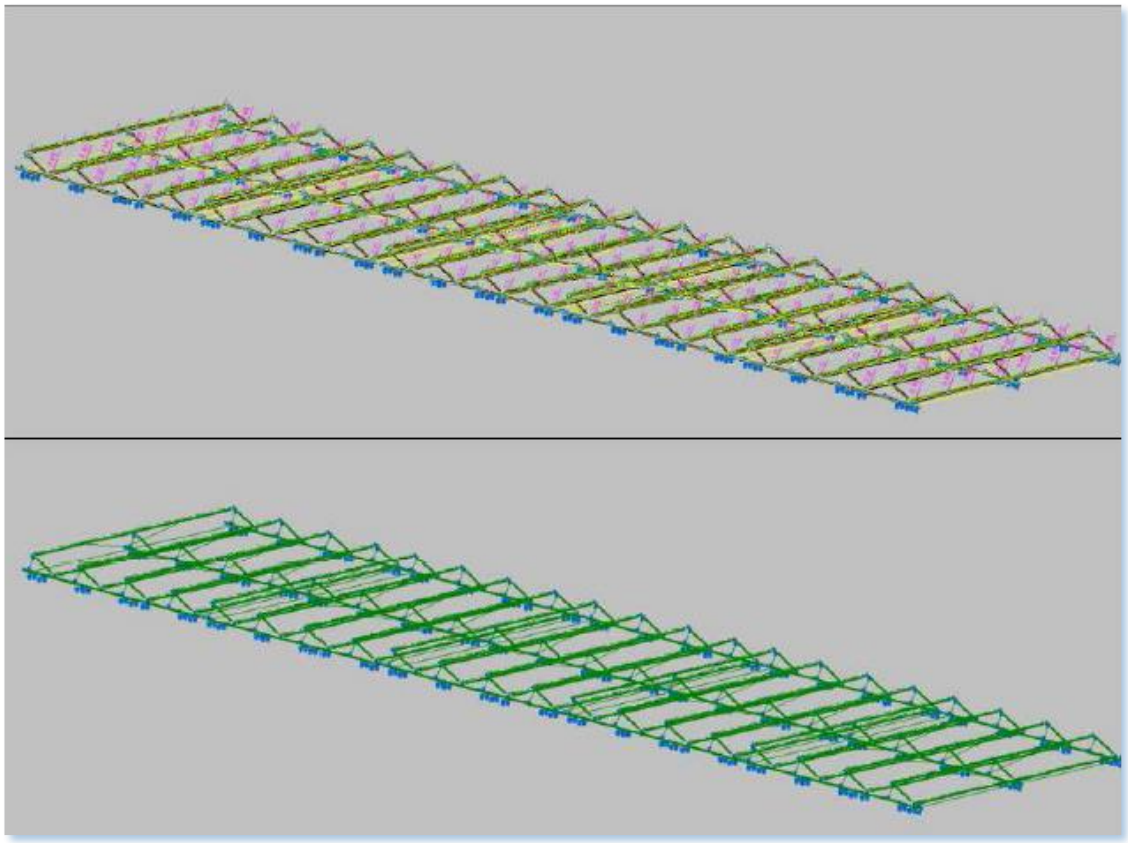


Ilustración 11- Cargas y resultados de comprobación para el caso de Presión Norte-Sur

5.4.1.2. SUCCIÓN NORTE-SUR.

En la siguiente tabla se puede ver tanto la aplicación de las cargas como de los resultados (el color verde indica que todas las barras cumplen las verificaciones normativas).

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

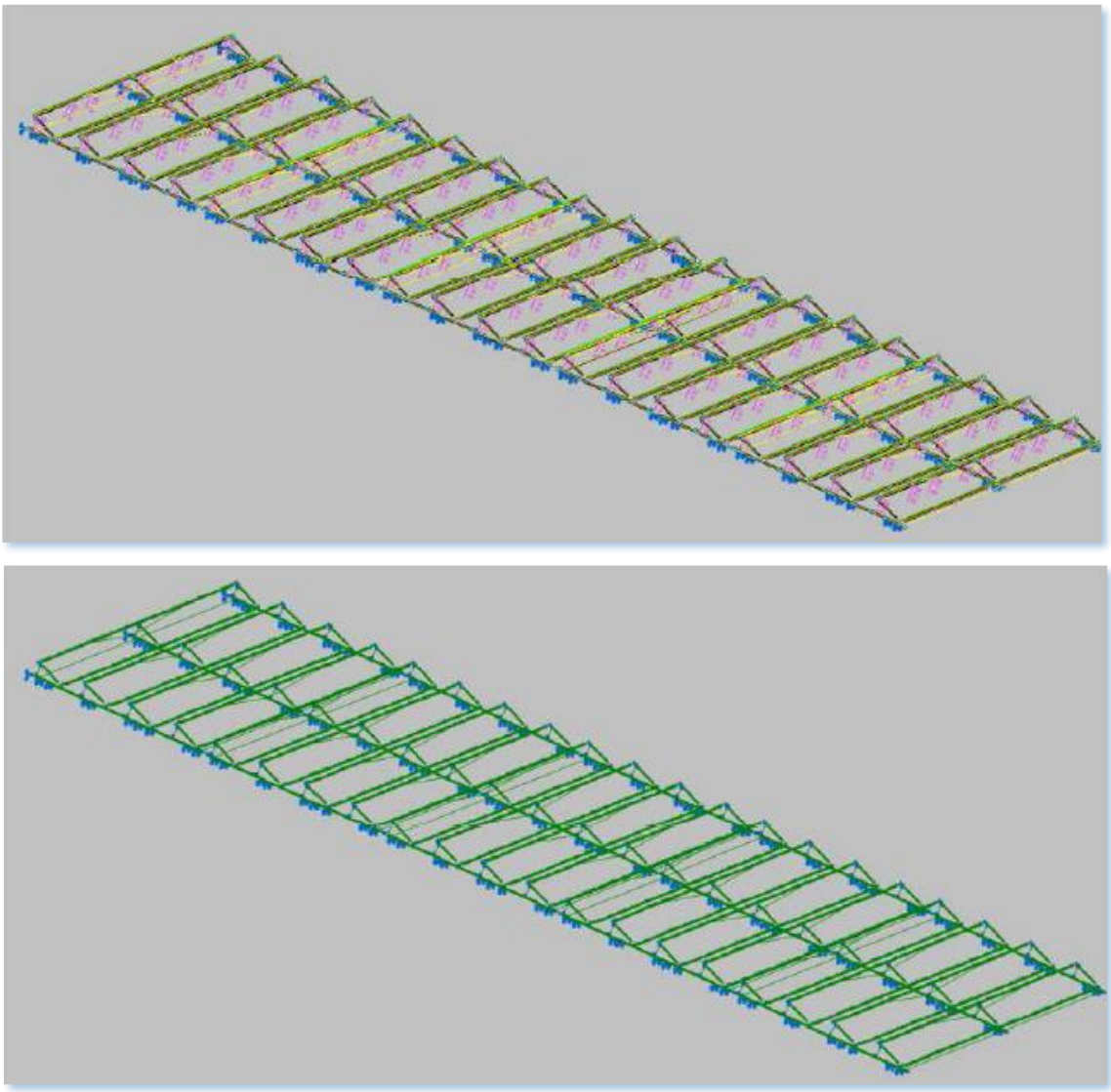


Ilustración 12- Cargas y resultados de comprobación para el caso de Succión Norte-Sur

5.4.1.3. PRESIÓN ESTE-OESTE.

En la siguiente tabla se puede ver tanto la aplicación de las cargas como de los resultados (el color verde indica que todas las barras cumplen las verificaciones normativas).

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

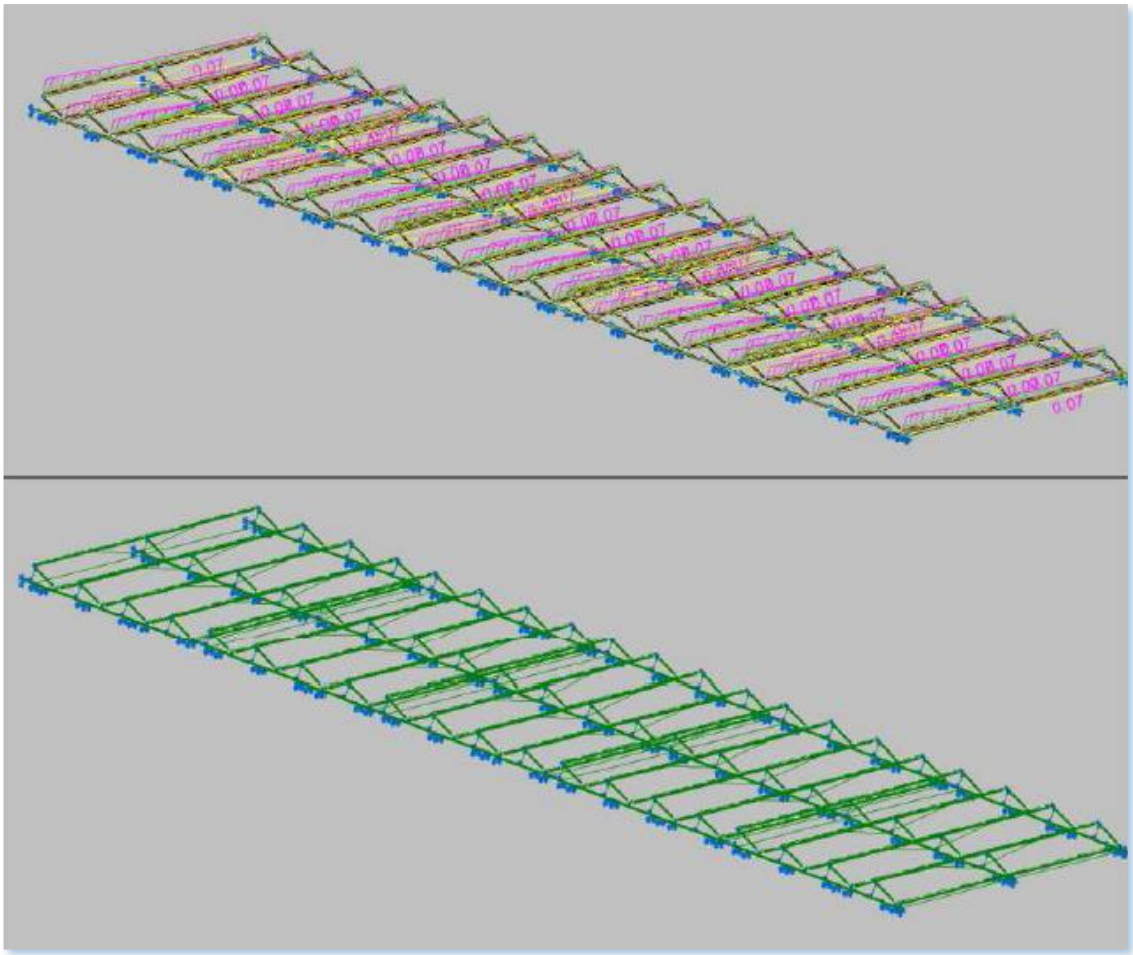


Ilustración 13- Cargas y resultados de comprobación para el caso de Presión Este-Oeste

5.4.1.4. SUCCIÓN ESTE-OESTE.

En la siguiente tabla se puede ver tanto la aplicación de las cargas como de los resultados (el color verde indica que todas las barras cumplen las verificaciones normativas).

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

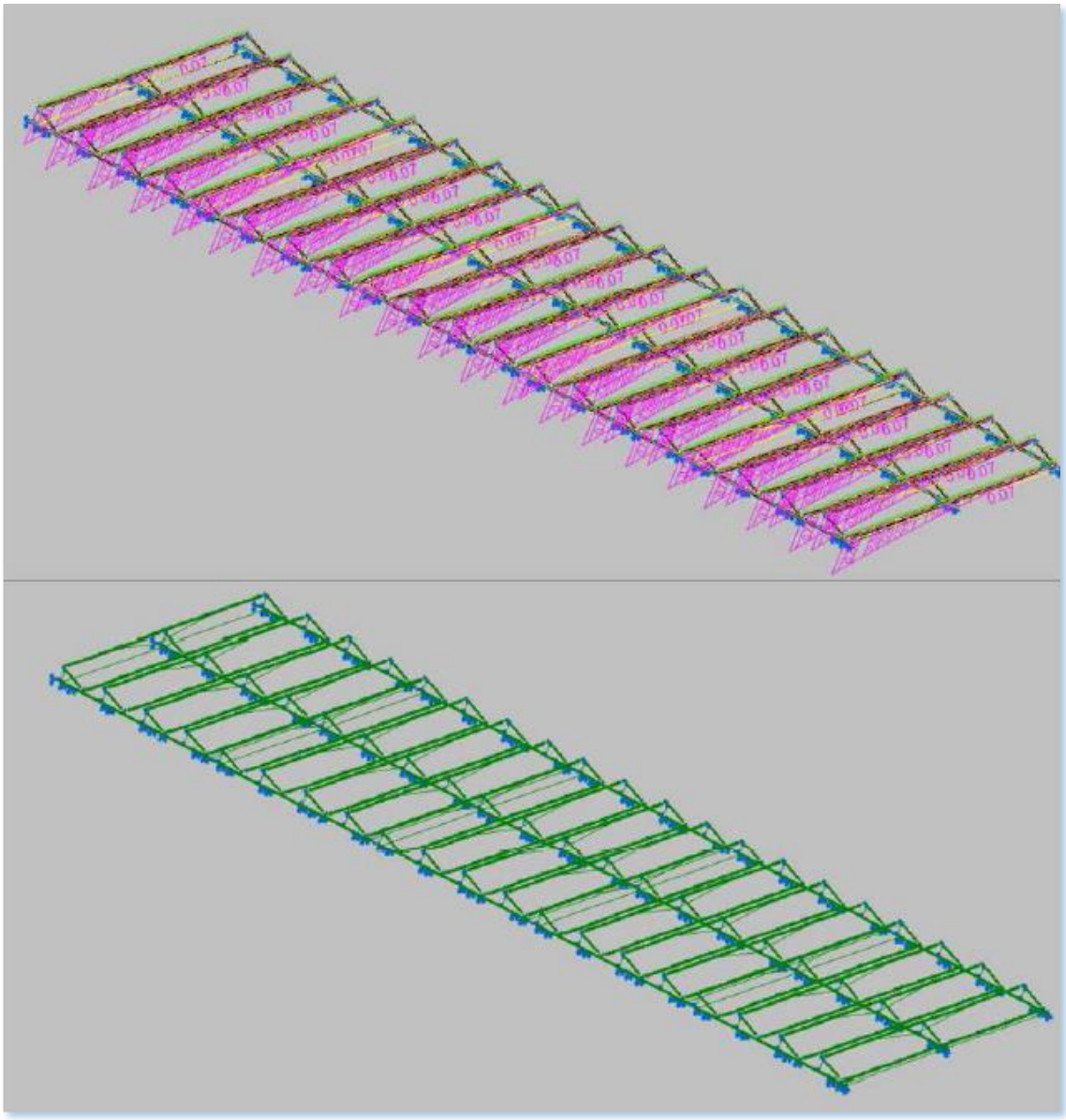


Ilustración 14- Cargas y resultados de comprobación para el caso de Succión Este-Oeste

5.4.2. CÁLCULO DE FRONT DECK.

El Front Deck, (del inglés main deck o "puente de mando", FD en adelante) es el conjunto de estructuras flotantes que se coloca en el Norte y Sur de los strings y que cumple las siguientes funciones:

- Los FD se unen entre sí para formar una vía de acceso y tránsito estable y seguro.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

- El hecho de que estén firmemente unidos permite amarrar a ellos las columnas de strings, como se de barcos se tratase.
- El sistema de amarre de la planta une los anclajes (hincado, fondeos o zapatas) con los FD.
- Según el proyecto, pueden alojar los string inverters y guiar el cableado hasta el punto de flotación.

5.4.2.1. CARGAS DE FRONT DECK.

Las cargas intrínsecas del FD se calculan igual que con el string, salvo que no se aplican factores correctores por multi-vano y que las cargas externas se aplican a 0º (planta horizontal). Las cargas intrínsecas son prácticamente despreciables; si se dejase un FD a la deriva, se comprobaría que sería el arrastre de la corriente la única carga que movería poco a poco el conjunto hasta quedar varado en la orilla, junto con la carga de nieve que podría llegar a hundirlo.

FRONT DECK Fw, NORTE/SUR (0º)							
Tipo	Fila	Aref (m2)	cs·cd	Cf	Qp (kN/m2)	Fw (kN)	e (m)
Presión	1	12,9	1	0,200	0,6507	1,6762	0,3500
Succión	1	12,9	1	-0,752	0,6507	-6,3037	0,3500
FRONT DECK Fw, ESTE/OESTE (0º)							
Tipo	Fila	Aref (m2)	cs·cd	Cf	Qp (kN/m2)	Fw (kN)	e (m)
Presión	1	12,9	1	0,200	0,6507	1,6762	2,3000
Succión	1	12,9	1	-0,752	0,6507	-6,3037	2,3000

A continuación, se presenta el cálculo de la carga muerta en el FD que, como se ve, es prácticamente despreciable.

Carga muerta por FD (kg)	Area de FD (m2)	Carga por FD (kN/m2)	Carga lineal en FD_SB, CYPE (kN/m)
62,4	13,80	0,044	0,02

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

La siguiente tabla muestra los valores correspondientes al cálculo de carga de nieve.

Sk	0,2	CTE DB SE-AE 3.5.2 Tabla 3.8
Coeficiente de forma, un	1	CTE DB SE-AE 3.5.3 ap.2
Factor de exposición	Normal 1	CTE DB SE-AE 3.5.1 ap.3
Carga de nieve, qn	0,2	CTE DB SE-AE 3.5.1 ap.2
Carga de nieve en verdadera magnitud, qnv	0,181	Aplicando el ángulo de 25º
Carga lineal en cada SB, CYPE (kN/m)	0,103	

Las cargas extrínsecas son las que ejercen las columnas de strings en los FD y son las que se transmitirán a los amarres. Para su cálculo en dirección N-S, se deben sumar de forma ponderada las cargas de cada fila. Esto es así debido a que la primera y segunda fila tienen mayor carga que la tercera y restantes, como se puede ver a continuación en el ejemplo. En la siguiente tabla se puede ver que ni la nieve (N) ni el peso propio (PP) aparecen en la combinatoria ya que estas variables no tienen efecto sobre las cargas horizontales. Sí aparecen, sin embargo, en la tabla correspondiente de cargas verticales, junto con la componente de viento, desapareciendo la corriente (C). Para la obtención de la carga horizontal de cara a los amarres, se ha tenido en cuenta la combinación de cargas de DNV-RP-0584: 1.3V+1.3CM+1.3N+PP.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

String 1 – F 1	3,77	=	1,3VP +1,3·C
String 1 – F 2	3,40	=	1,3VP +1,3·C
String 1 – F 3	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 1 – F 4	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 2 – F 1	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 2 – F 2	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 2 – F 3	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 2 – F 4	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 3 – F 1	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 3 – F 2	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 3 – F 3	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 3 – F 4	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 4 – F 1	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 4 – F 2	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 4 – F 3	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 4 – F 4	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 5 – F 1	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 5 – F 2	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 5 – F 3	2,66	=	1,3VP +1,3·C
String 5 – F 4	2,66	=	1,3VP +1,3·C

Tabla 13- Cálculo de carga combinada de Presión horizontal en toda la columna de 5 strings (67,5 kN)

Este proceso se lleva a cabo en el software de El Material Solar, para Presión y Succión en dirección Norte-Sur. Las cargas verticales se comprueban aparte, pues es la flotación la que va a oponerse a esta combinación.

En dirección Este-Oeste, el FD acumula la carga que el resto de FDs ven de sus respectivas columnas, transmitiéndose el total a los amarres laterales.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

String 1 – F 1	0,82	=	1,3Vfr +1,3·C
String 1 – F 2	0,75	=	1,3Vfr +1,3·C
String 1 – F 3	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 1 – F 4	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 2 – F 1	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 2 – F 2	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 2 – F 3	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 2 – F 4	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 3 – F 1	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 3 – F 2	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 3 – F 3	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 3 – F 4	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 4 – F 1	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 4 – F 2	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 4 – F 3	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 4 – F 4	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 5 – F 1	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 5 – F 2	0,60	=	1,3Vfr +1,3·C
String 5 – F 3	0,75	=	1,3Vfr +1,3·C
String 5 – F 4	0,82	=	1,3Vfr +1,3·C

Tabla 14 - Cálculo de carga combinada de Fricción de viento y corriente en toda la columna de 5 strings (21,6 kN)

Según la tabla anterior, se puede ver la combinación de viento de fricción y corriente. A pesar de que el caso de carga se denomina Presión/Succión E-O, el viento en esa dirección se transmite vertical y horizontalmente en dirección N-S, debido a la inclinación de paneles. Son únicamente las cargas de fricción y corriente las que tiran directamente de los amarres laterales. Este “fenómeno” se explica en la siguiente ilustración.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

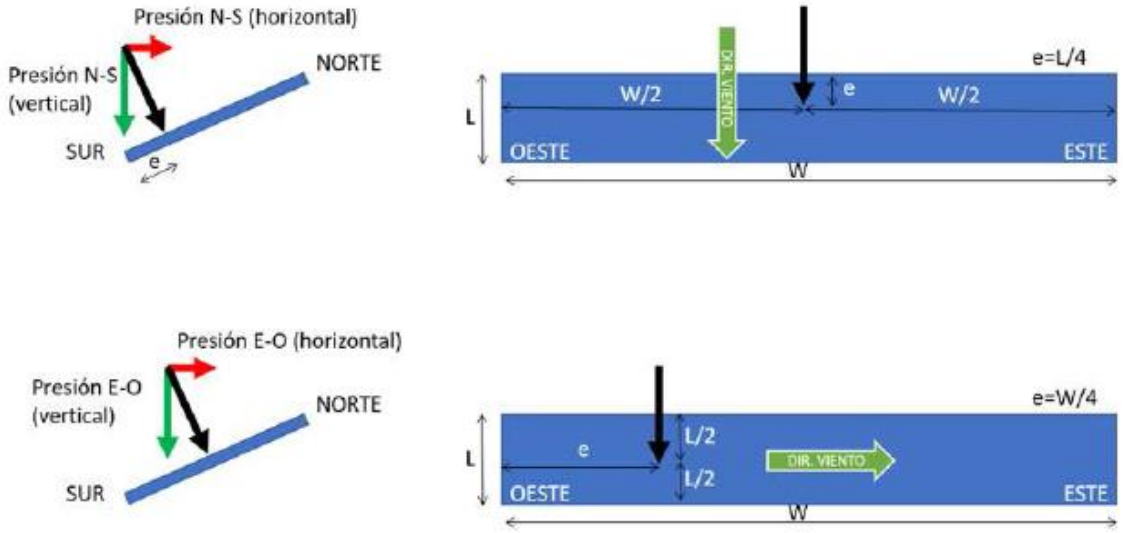


Ilustración 15- Efecto del viento en función de su dirección

Así pues, el caso de carga verificado para el FD se resume en la tabla siguiente. Los valores que se introducen en el software son 1,5 veces inferiores ya que luego se mayoran automáticamente al realizar las combinaciones de variables normativas dentro de CYPE. Cuando se trata de una combinación de cargas, como puede ocurrir con el viento y la nieve, estos valores se ponderan previamente y se introducen en CYPE a través de una única variable minorada, de forma que el valor resultante sea el correcto (el inicialmente ponderado por el usuario).

Resumen cargas FRONT DECK	VIENTO (se aplica en FD_SB, CYPE_1.5)	NIEVE (se aplica en FD_SB, CYPE_1.5)	CM (se aplica en FD_SB, CYPE_1.35)	PP (se aplica en todos los perfiles)	Carga extrínseca (CYPE_1.5)
PRESIÓN N-S	0,1995	0,091	0,025	CYPE	12,65
SUCCIÓN N-S	-0,7504	0,091	0,025	CYPE	-
PRESIÓN E-O	0,1995	0,091	0,025	CYPE	12,63
SUCCIÓN E-O	-0,7504	0,091	0,025	CYPE	-

Si se hace zoom a una de las barras, se pueden ver las cargas menos representativas (peso propio y carga muerta), que no aparecen en la siguiente tabla para facilitar la visualización.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

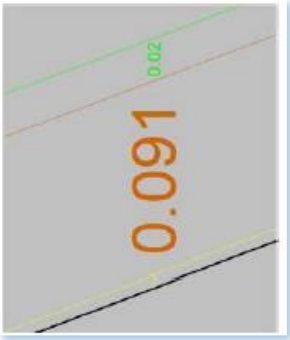
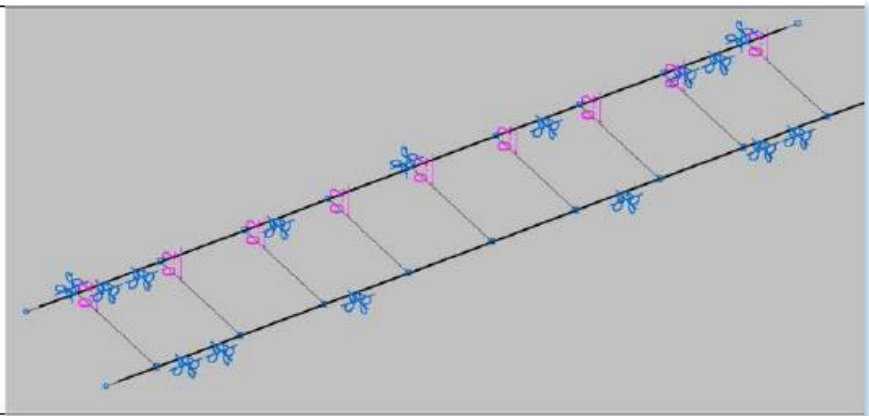
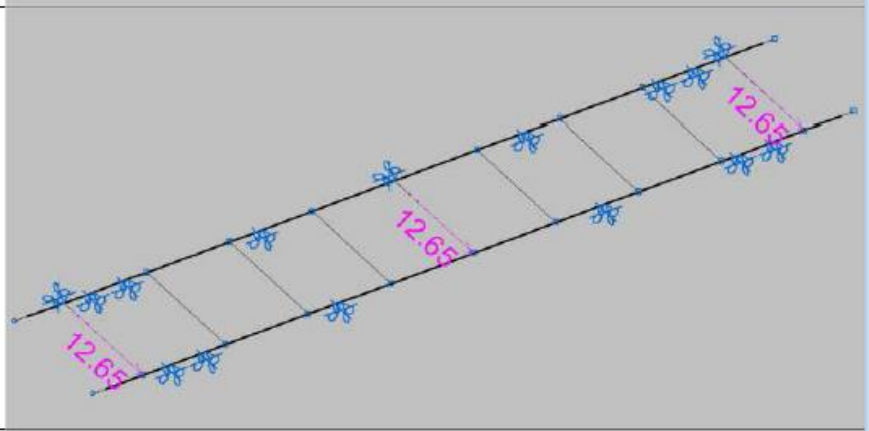
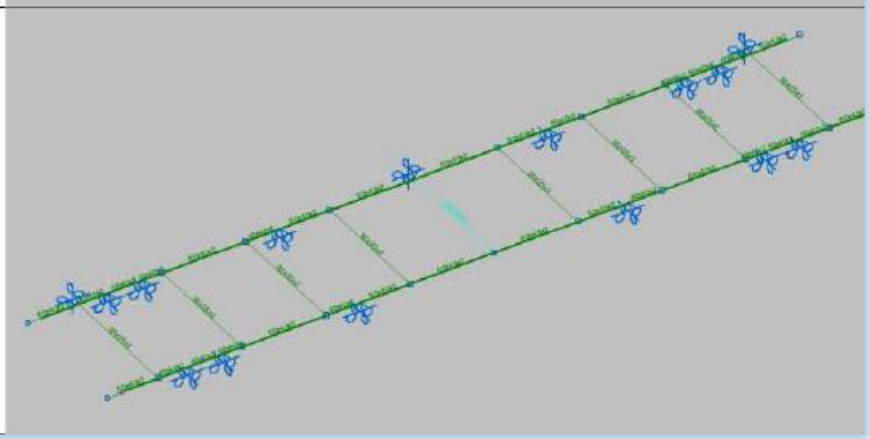


Ilustración 16- Escala entre la CM (verde) la nieve (marrón) y el PP (amarillo)

1	Presión INTRÍNSECA (0º) N-S	
	Presión EXTRÍNSECA (5 Strings) N-S	
	RESULTADO PRESIÓN N-S OK	

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Ilustración 17- Resultado Presión N-S

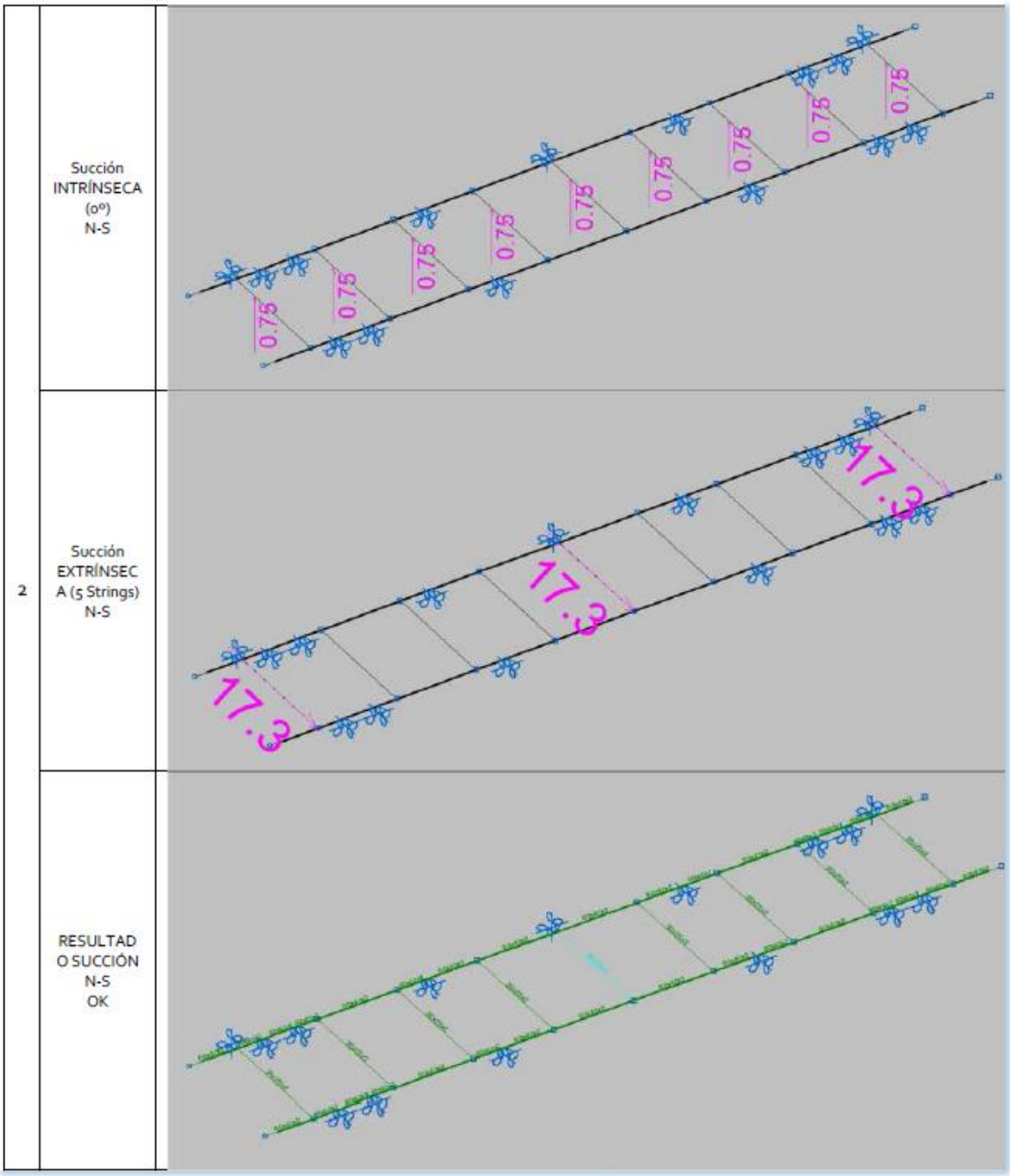


Ilustración 18- Resultado Succión N-S

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

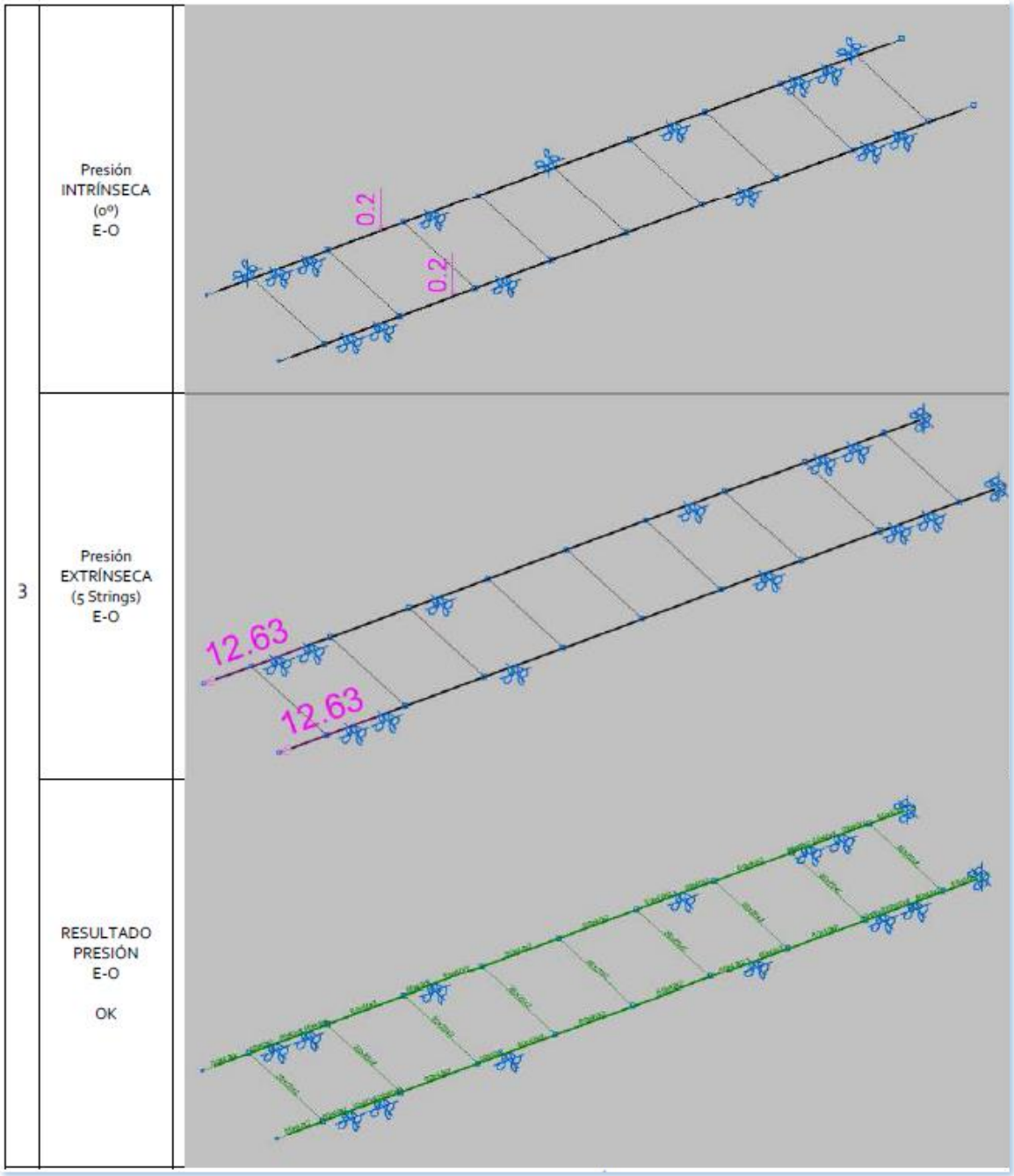


Ilustración 19- Resultado Presión E-O

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

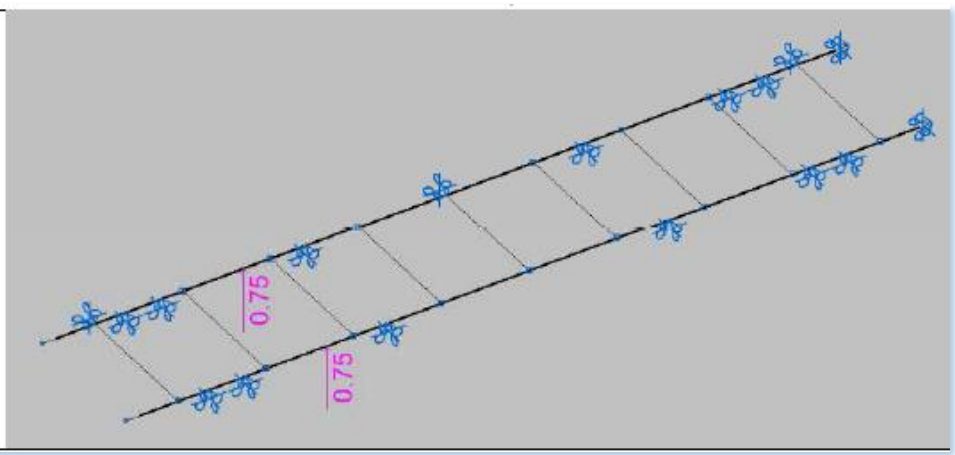
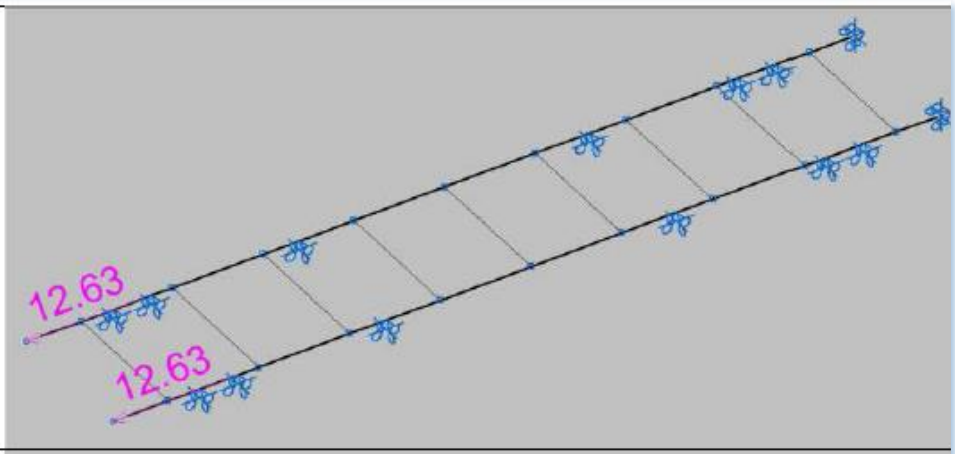
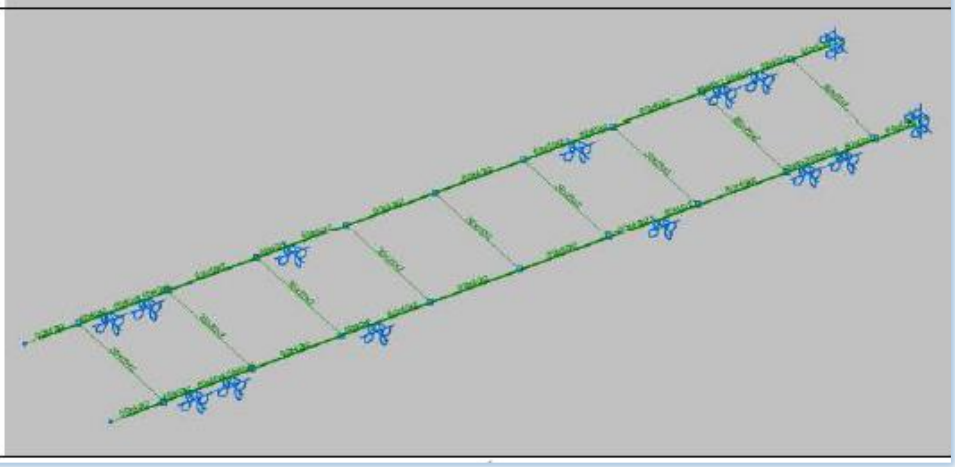
3	Succión INTRÍNSECA (0º) E-O	
	Succión EXTRÍNSECA (5 Strings) E-O	
	RESULTADO SUCCIÓN E-O OK	

Ilustración 20- Resultado Succión E-O

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.4.3. CÁLCULO DE AMARRES.

Una vez que la estructura está validada, se pasa a dimensionar los amarres. Las cargas aplicadas se han obtenido de acuerdo con la siguiente combinación de DNV RP-0584:

1.3VP+1.3N+1.3C+PP

A falta de una normativa homogénea para la comprobación de los amarres, este documento se basará principalmente en el BS 6349-6, del que se sacan los siguientes factores de seguridad.

Components	Normal operation condition	Extreme condition
Chain	3	2
Rope	3	1
Shackle	Max = SWL	1,2·Breaking load
Mooring point on structure	-	Max load < proof load
Dead weight	-	Max load < The holding power < Chain/rope breaking load

A estos valores se le añade un factor de incertidumbre de 1,3 debido a la pérdida de capacidad de los cables de acero inoxidable. Los valores dimensionales son los siguientes.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

PUNTO DE AMARRE	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
L MAX - Norte (m)	41,4	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2
α MAX-Norte (º)	14,7	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
α MIN-Norte (º)	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Altura bita (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
DIFERENCIA: Coronación - fondo (m)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Calado (m)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Produndidad -Norte, d (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Nivel agua MIN - Norte (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Proy. Horiz. Mooring (Bita-structura), D1 - N	40	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Rozamiento	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Siendo,

- L MAX: la máxima longitud de cable medida entre el punto de anclaje a tierra hasta el punto de unión en el FD.
- α: ángulos máximo y mínimo del cable (balsa llena y balsa vacía).
- Altura de la bita: es la prominencia vertical del punto de anclaje a tierra.

PUNTO DE AMARRE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Proy. Horiz. Mooring (Bita-structura) D1 - Sur	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Nivel agua MIN - Sur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Produndidad -Sur, d (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Calado (m)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
DIFERENCIA: Coronación - fondo (m)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Altura bita (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Rozamiento	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
α MIN-Sur (º)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
α MAX-Sur (º)	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7
L MAX - Sur (m)	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

PUNTO DE AMARRE	OESTE 1	OESTE 2	ESTE 1	ESTE 2
L MAX - Oeste (m)	56,0	56,0	41,4	41,4
α MAX-Oeste (º)	10,8	10,8	14,71	14,71
α MIN-Oeste (º)	1,0	1,0	1,4	1,4
Altura bita (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
DIFERENCIA: Coronación - fondo (m)	10,5	10,5	10,5	10,5
Calado (m)	0,33	0,33	0,33	0,33
Produndidad -Oeste, d (m)	10	10	10	10
Nivel agua MIN - Oeste (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
Proy. Horiz. Mooring (Bita-estructura), D1 - Oeste	55	55	40	40
Rozamiento	0,35	0,35	0,35	0,35

Con los valores anteriores se calcula la carga en la condición extrema en cada punto de unión a la estructura y se especifica un diámetro de cable, según los valores comerciales disponibles, siendo la más desfavorable la de las direcciones este y oeste.

AMARRE	ESTE 1	ESTE 2	OESTE 1	OESTE 2
Unidades	kN	kN	kN	kN
Carga máxima	14,07	14,07	14,07	14,07
Nº de ptos de amarre de cabo	2	2	2	2
Carga por punto de amarre	7,04	7,04	7,04	7,04

Los cable de ajuste (denominador “MLshort o mooring line short” en el BOM) son los tramos pequeños en los que se divide el cable principal antes de llegar a los FD. Llevan nudos en uno o ambos extremos para ajustar la geometría en campo.

A modo de ejemplo, se puede comprobar que la carga máxima del amarre ESTE 1 viene dada por la siguiente ecuación:

Carga en condición máxima: FSeguridad · FIncertidumbre · Carga = 14,07 kN

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Siendo 10,82 kN la suma de la carga de fricción y de corriente para ese punto de anclaje, tal y como se explicó anteriormente. Así, se determina el valor máximo de carga, con el que se dimensiona el cable principal y, dividiendo entre el número de puntos de amarre, se dimensiona el cable de ajuste según los valores anteriores. Los cabos seleccionados aportan las siguientes resistencias a tracción, según el fabricante:

Cable ø mm	Par de rotura cálculo kN (1 kN ≙ 100 kg)	Par de rotura mínimo kN (1 kN ≙ 100 kg)	Peso Kg /m	Art. Nº	U/E m/l
1,5	1,46	1,17	0,008	**5176 004 015**	250
2	2,65	2,33	0,015	**5176 004 002**	
2,5	4,17	3,66	0,023	**5176 004 025**	
3	5,86	4,69	0,035	**5176 004 003**	
4	10,4	8,34	0,061	**5176 004 004**	
5	16,3	13	0,096	**5176 004 005**	
6	23,4	18,8	0,138	**5176 004 006**	100
8	41,7	33,3	0,234	**5176 004 008**	
10	65,1	52,1	0,381	**5176 004 010**	
12	93,7	75	0,548	**5176 004 012**	

Por tanto, se selecciona un cable de 5 mm de diámetro.

5.4.3.1. STRINGLINES.

Los stringlines son los cables que unen las columnas de string con sus respectivos FD. Son siempre 3 unidades por FD y su longitud es corta para que no exista mucho movimiento relativo entre los diferentes componentes del ensamblaje. Según los cálculos de deformación, el máximo desplazamiento lateral que puede haber en una columna de strings es de 350 mm, como se puede ver en la siguiente ilustración.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

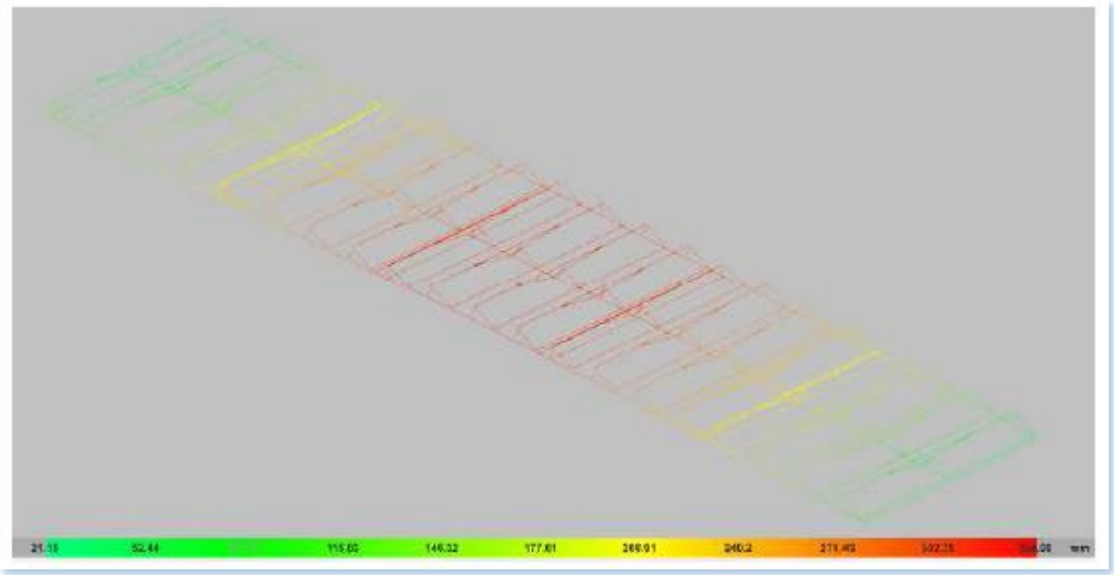


Ilustración 21- Máximo desplazamiento lateral de una columna de 5 string

De acuerdo con las cargas máximas del caso maestro (29m/s y 0,7kN/m2 de nieve) cada Stringline debe aguantar, al menos, 62.64 kN de tensión.

5.4.4. ESPECIFICACIÓN DEL ANCLAJE A TIERRA.

5.4.4.1. CÁLCULO DEL PERFIL DE ACERO

Como vimos en puntos anteriores, larga en condición máxima que los amarres transmitirán a los perfiles de acero es de 10,82 kN, en el amarre más desfavorable. Aplicamos un coeficiente de seguridad de 1,5, por lo que obtenemos una carga en el perfil mayorada de 16,23 kN.

Tomando como referencia un perfil IPE 200 de acero S275JR, procedemos a comprobar su capacidad para soportar los esfuerzos solicitados por el cabo de amarre, en base a las siguientes propiedades del perfil y cálculos realizados al efecto:

Las propiedades de la sección IPE 200 son las siguientes:

- Sección: 2850 mm^2

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

- Momento de Inercia Iy: 1940 cm^4

- Módulo resistente W (eje fuerte): 194000 mm^3

Por su parte, en lo que se refiere al material, sus características mecánicas principales son las siguientes:

- Módulo de Young E: 210 MPa

- Límite elástico fy: 275 MPa

Comenzamos calculando el perfil a momento flector. Partiendo de la carga mayorada, y de la longitud del perfil hasta el comienzo del pilote, y realizando los cálculos de unidades necesarios para luego realizar las comprobaciones oportunas, obtenemos un momento en la base de:

$$16{,}23 \text{ kN} \cdot 0{,}3 \text{ m} = 4.869.000 \text{ N·mm}$$

A continuación, dividimos el momento por el módulo resistente de la sección, y obtendremos la tensión en la base:

$$4.869.000 \text{ N·mm} / 194000 \text{ mm}^3 = 25{,}10 \text{ N/mm}^2$$

Dado que el límite elástico del material es de 275 N/mm2, deducimos que las tensiones generadas son inferiores, y por lo tanto, el perfil cumple a momento flector.

Pasamos a realizar la comprobación a cortante, para lo que calculamos la tensión a cortante:

$$16230 \text{ N} / 2850 \text{ mm}^2 = 5{,}69 \text{ N/mm}^2$$

Observamos como las tensiones generadas a cortante son muy inferiores al límite elástico del material, por lo que también cumple a cortante.

5.4.4.2. CÁLCULO DEL PILOTE

Una vez dimensionado el perfil metálico, calculamos el sistema de anclaje al suelo, consistente en una cimentación en la coronación de la balsa mediante pilotes de hormigón sometidos a cargas laterales.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

En situación extrema, un pilote solicitado por fuerzas transversales alcanza su estado de lo según la siguiente clasificación:

- Pilotes cortos o rígidos: El fallo se produce al excederse la resistencia lateral del suelo. Suele ocurrir en pilotes de escasa longitud, poco empotrados, o muy resistentes respecto a la propia resistencia lateral del terreno frente a sus empujes. El Estado Límite Último (ELU) correspondiente es de tipo geotécnico puesto que el límite de carga depende de la resistencia del terreno.

- Pilotes largos o flexibles: El colapso se origina por la rotura del propio pilote tras someterse a grandes flexiones que originan la formación de rótulas plásticas a lo largo de la longitud del pilote. En este caso, el ELU viene condicionado normalmente por sobrepasar la resistencia estructural del propio pilote.

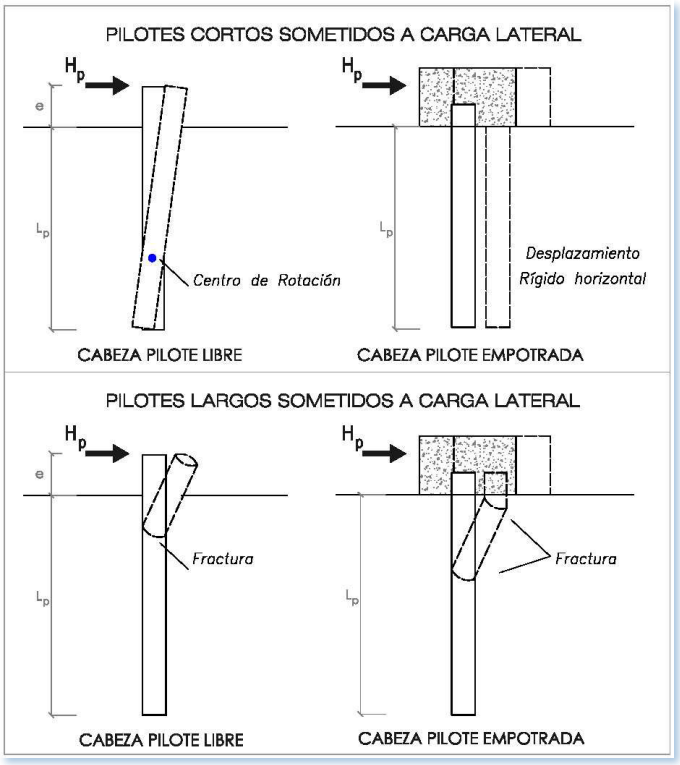


Ilustración 5: Métodos de fallo. Pilotes cortos vs Pilotes Largos

En el caso concreto del presente estudio, la clasificación corresponde al primer tipo, pilotes cortos o rígidos, con la cabeza libre. Para el cálculo de los pilotes se utiliza el método de Broms, una solución analítica para pilotes cargados lateralmente que parte del supuesto de una falla por cortante del suelo. Para pilotes cortos que no tienen la rotación restringida, el fallo se producirá en

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

el sustrato. La curva reacción del suelo en función de la profundidad tiene aproximadamente la forma mostrada en la figura La siguiente figura esquematiza esta metodología.

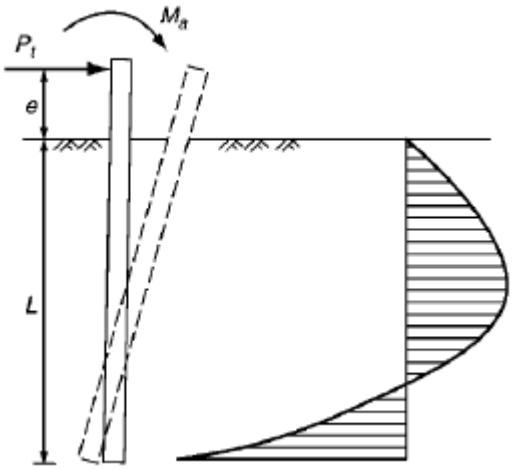


Ilustración 6: Distribución aproximada de la reacción del suelo en pilotes cortos en suelos no cohesivos.

El objetivo es calcular la carga máxima P_t y el momento máximo a una profundidad *f,* éstos son los que dictaminan la dimensión del pilote. El fallo ocurre cuando el pilote rota hasta que se alcanza el límite resistente del terreno desde el nivel del suelo hasta en centro de rotación. La alta resistencia que ofrece el suelo en la punta del pilote se sustituye por una carga puntual de valor Pt, como queda reflejado en la figura.

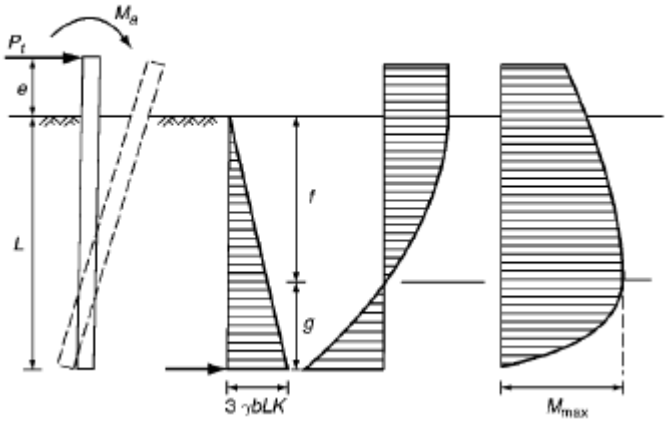


Ilustración 7: Diagramas de desplazamiento, reacción del suelo, cortante y momento flector para un pilote corto en un suelo cohesivo, sin restricciones a la rotación.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

La nomenclatura es la siguiente:

- ϒ; Peso específico del terreno (KN/m^3).
- b; ancho del pilote (m).
- L; Longitud del pilote (m).
- K_p; Coeficiente de presión pasiva de Rankine.

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

- e; Longitud del pilote sobre el terreno (m).

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Para la obtención de las propiedades del suelo, acudimos al estudio geotécnico disponible en el anejo correspondiente.

Ilustración 7: Zonas según la tipología de material

Observamos como en la balsa hay dos zonas en cuanto a materiales se refiere. Una de roca y otra de suelo. Para estar de lado de la seguridad, tendremos en cuenta los datos de la zona de suelo, además, en la zona más baja del rango que ofrece el estudio:

Ángulo de rozamiento interno: 38º

Densidad aparente: 1,88 gr/cm^3

A partir de la densidad aparente, calculamos el peso específico del terreno, obteniendo un valor de 18,42 kN/m^3.

Con estos valores, y las ecuaciones anteriores se realiza un proceso de iteración que da como resultado unas dimensiones ideales del pilote de 1,5 m de profundidad y 0,6 m de lado.

A continuación, comprobamos estos valores:

Primero, calculamos el coeficiente de presión pasiva de Rankine, K_p, obteniendo un valor de **4,2**.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

$$K_p = tan^2(45 + \frac{\emptyset_s}{2})$$

Con este valor, ya podemos calcular la carga lateral que resiste el pilote, mediante la expresión:

$$\boldsymbol{P_t = \frac{\gamma b L^3 K_p}{2(e+L)}}$$

Obteniendo un valor de P_t=46,71 kN.

Teniendo en cuenta el factor de seguridad de 2, el valor de P_{trd} último de cálculo mayorado queda en 23.359 kN, mayor a los 16.23Kn de carga máxima por anclaje mayorada.

Por otro lado, calculamos el momento flector máximo que se origina a una profundidad f en la que se produce la rotación, mediante la expresión:

$$\boldsymbol{f = 0.816\left(\frac{P_t}{\gamma b K_p}\right)^{0.5}}$$

$$\boldsymbol{M_{max}^{pos} = P_t(e+f) - \frac{\gamma b f^3 K_p}{2} + M_t}$$

La profundidad de giro es de 0.578m, con lo que se obtiene un valor de 39.53 kN, al que le aplicamos el factor de seguridad de 2, obteniendo un momento de cálculo de 19.77 kN·m.

Estos valores son perfectamente asumibles para una sección cuadrada de hormigón de 0.6m de lado armado con un perfil IPE 200, las características mecánicas del pilote calculadas con el programa Cypecad 2022 con el código estructural:

Cortante. Eje Y (Código Estructural, Artículo A22.6.2.6)

El valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} que actúa sobre la sección mixta debe cumplir:

Para el cálculo plástico de $V_{c,Rd}$ se tomará el cortante resistente plástico de cálculo $V_{pl,Rd}$: **$V_{pl,Rd}$** : *269.91* kN

Donde:

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

A_v: Área a cortante. — **A_v** : *1700* mm²

Donde:

b: Anchura total de la sección. — **b** : *100.00* mm

t_f: Espesor del ala. — **t_f** : *8.50* mm

f_y: Valor nominal del límite elástico del acero estructural (Código Estructural, Tabla A22.3.1). — **f_y** : *275.00* N/mm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad de la resistencia de la sección para cualquier Clase (Código Estructural, A22.6.1(1)). — **γ_{M0}** : *1.00*

Flexión compuesta esviada (Código Estructural, Artículo A30.6.7.3.7) - Situaciones de proyecto persistentes y transitorias.

(1) En pilares mixtos y elementos sometidos a flexión compuesta esviada, los valores μ_{dy} y μ_{dz} de la figura A30.6.20 pueden calcularse de acuerdo con el apartado 6.7.3.6 de forma independiente para cada eje. Únicamente deben considerarse las imperfecciones en el plano en el que se espera que se produzca el fallo. Si no es evidente qué plano es más crítico, deberán comprobarse ambos planos.

(2) Para la comprobación de estabilidad, deben satisfacerse las siguientes condiciones en todas las secciones del pilar:

$N_{cr,eff}$: es el axil crítico según el eje de estudio, obtenido considerando la rigidez eficaz a flexión especificada en el apartado 6.7.3.4(2).

$N_{cr,eff,y}$: *46378.68* kN

$N_{cr,eff,z}$: *26107.48* kN

M'_{Ed}: es el mayor de los momentos de los extremos y el máximo momento flector en la longitud del pilar, calculado de acuerdo con el apartado 6.7.3.4.

$M'_{y,Ed}$: *0.00* kNm

$M'_{z,Ed}$: *1.80* kNm

e_0: Imperfecciones equivalentes para pilares mixtos (Tabla A30.6.5).

$e_{0,y}$: *0.008* m

$e_{0,z}$: *0.010* m

L: Longitud eficaz.

L_y : *1.55* m

L_z : *1.55* m

Para aceros con tipos comprendidos entre S235 y S355, ambos inclusive, el coeficiente α_M debe tomarse como 0,9 y para aceros de tipos entre S420 y S460 como 0,8.

$\alpha_{M,y}$: *0.9*

$\alpha_{M,z}$: *0.9*

μ: Coeficiente relativo al cálculo a flexo-compresión.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

	μ_{dy} :	*9.91*	
	μ_{dz} :	*9.92*	
$M_{pl,N,Rd}$: Valor de cálculo del momento plástico resistente de la sección mixta teniendo en cuenta la fuerza de compresión simple.	$M_{pl,N,y,Rd}$:	*252.28*	kNm
	$M_{pl,N,z,Rd}$:	*253.62*	kNm
$M_{pl,y,Rd}$: Valor de cálculo del momento plástico resistente en el eje *y-y* de la sección mixta con conexión total.	$M_{pl,y,Rd}$:	*25.45*	kNm
$M_{pl,z,Rd}$: Valor de cálculo del momento plástico resistente en el eje *z-z* de la sección mixta con conexión total.	$M_{pl,z,Rd}$:	*25.58*	kNm

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

5.4.5. CÁLCULO DEL FLOTADOR.

Los datos geométricos del flotador son los siguientes. El calado del 86% se corresponde con el caso máximo de carga.

Volumen total sólido (mm3)	448217631
Calado (%)	86

Tabla 27- Datos geométricos del flotador.

Según la norma ISO 12217-2 para el cálculo de estabilidad y flotabilidad de embarcaciones, se debe tomar en consideración todas las cargas muertas y pesos propios del barco. Sin embargo, debido a la posibilidad de que estas estructuras, diferentes a las embarcaciones tradicionales, acumulen nieve durante cierto tiempo o se vean afectadas por el viento de presión, se toma en consideración un caso de carga más restrictivo que tiene en cuenta los siguientes sumandos.

0.5VP+0.5N+PP

Pesos por string (kg) = 2702,05

Tabla 28- Cálculo de pesos.

Siendo la carga de viento el resultado del cálculo en la siguiente tabla.

Viento presión (25º)	
	Eurocodigo Fw (kN)
Fila 1	6,1
Fila 2	5,5
Fila 3	4,2
Fila 4	4,2
Total (kg)	2038,74

Tabla 29- Carga de viento máximo en cada fila de un string

Teniendo en cuenta que un string es soportado por 7 flotadores, se obtiene una carga individual de 386 kg en cada flotador. Asumiendo que la carga de presión se reparte equitativamente por todo el string debido a su tamaño y a que las olas de esta balsa no tienen suficiente altura como para inclinar el string y generar una diferencia sustancial en el reparto de downforce, cada flotador tiene 3 apoyos que verán una carga máxima de 129 kg.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Validación para el caso de carga maestro

Se llevaron a cabo varias simulaciones con la carga máxima para Península, es decir, suponiendo una carga de string de 3717kg (superior a la de éste proyecto de 2702,05 kg) aplicando 137 kg a cada apoyo. Se comprobó que con el espesor del flotador diseñado el resultado era positivo siendo el punto crítico la zona superior de nervios, cerca de los agujeros, donde se da la mayor tensión. Por tanto, el flotador es válido para zonas de carga inferiores como la de este supuesto.

En caso de una presión máxima de viento constante durante un tiempo prolongado (más de 10 segundos), la flotabilidad de cada flotador quedaría al 86% según la tabla anterior. En ese caso, el reposo se conseguiría a través de la presión hidrostática de las cargas laterales e inferiores sobre la pieza, que se opondrían a los 3717 kg calculados. En la siguiente imagen se puede ver que se alcanza el 94% del límite elástico, siendo el resultado válido.

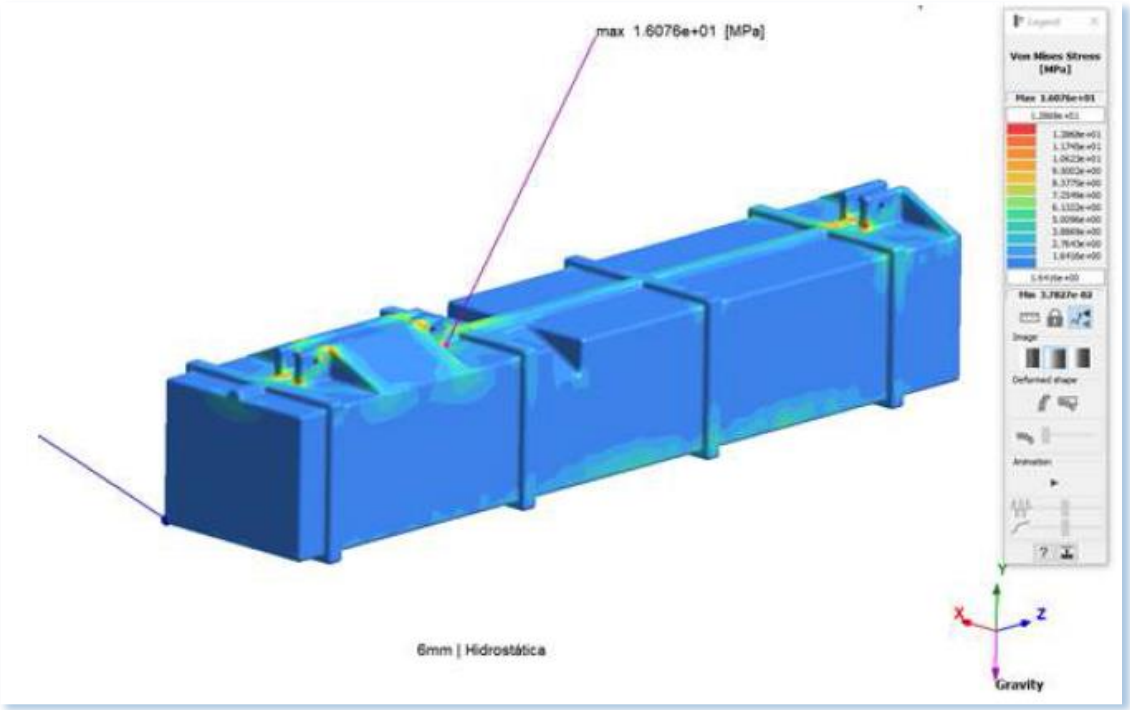


Ilustración 22- Caso de carga hidrostática

Evidentemente, el viento es racheado y una ráfaga de tal magnitud y duración supondría un caso de fuerza mayor no recogido en la norma de viento. La razón es que antes que de transcurra el tiempo suficiente como para que el flotador se hunda tanto, el viento oscilará y se producirá un

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

rebote de flotación hacia la superficie. Aun así, se calculan las tensiones del flotador en dicho supuesto para estar del lado de la seguridad ante la indefinición normativa.

A parte, se realizaron dos ensayos mecánicos destructivos en los que se aplicó una carga estática máxima de 253,2 kg a cada flotador, siendo conscientes de que se superaría el límite elástico. El ensayo consiste en colocar una plancha metálica sobre la zona de doble agujero, que es la más restrictiva, y aplicar pesos progresivamente, midiendo las deformaciones.

El resultado fue satisfactorio e incluso con una carga mayor de la esperada, las deformaciones permanentes fueron sólo de 8mm. No se obtuvieron resultados destructivos. Esto es debido a que en el proceso de fabricación, se acumula más material del que se define en el CAD de forma homogénea.

Finalmente se pudo cotejar que la simulación con el ensayo ya que a 60 kg de carga el ensayo ofrecía una deformación vertical en el punto de medida de uno 15 mm, por los 14,3 mm de la simulación, como se aprecia a continuación para la misma carga.

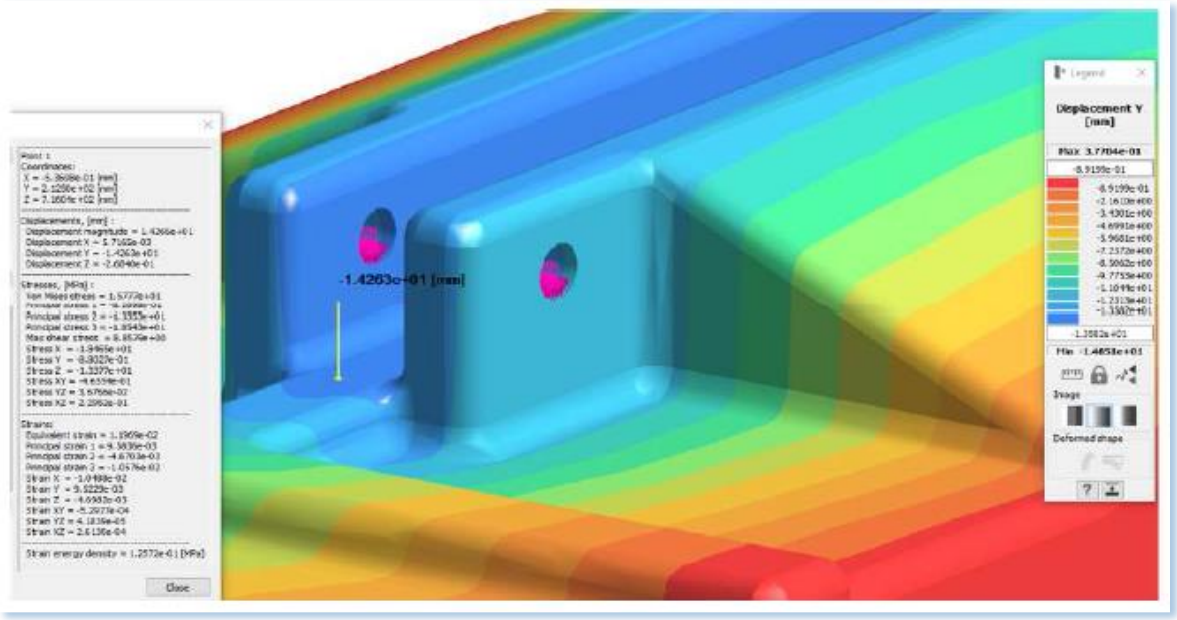


Ilustración 23- Deformación vertical en el punto de medida

Resultados

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

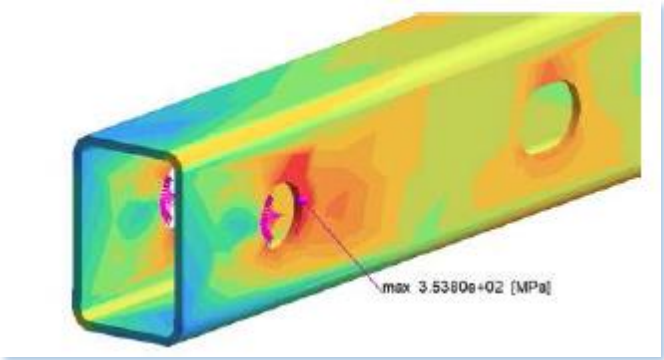
A tenor de los resultados, el flotador es válido para los 2702 kg de carga por string establecidos como ciertos, con una carga de 129 kg por unión (< 137 kg de la simulación estática y 253 kg del ensayo destructivo).

5.4.6. CÁLCULO DE COMPONENTES DE UNIÓN.

Los siguientes componentes se han calculado con elementos finitos de acuerdo a la máxima carga que pueden soportar. De esa forma, se puede comprobar fácilmente si las piezas son o no viables en cada proyecto. Todos los estudios han sido realizados con SimSolid, un software de Altair que no necesita mallado y que, como se ha visto en el apartado de cálculo del flotador, confiere resultados que se correlacionan con la realidad con gran precisión. En los siguientes apartados se indica la carga máxima aplicada que hace alcanzar el límite elástico en algún punto de la pieza. Si bien es cierto que en muchas ocasiones son puntos que no tienen influencia en el desempeño de los componentes, se muestran en este documento como zonas de inicio de daño. Es decir, probablemente en la realidad las piezas aguanten más de lo que lo hacen en las simulaciones debido a la rigidez infinita de los apoyos, principal razón de la aparición de estos concentradores de tensión.

5.4.6.1. CÁLCULO DE LA UNIÓN DE LA MB.

Este es el único caso en el que la simulación no tiene como condiciones de contorno apoyos, sino un proceso de liberación inercial. Esto es debido a la gran longitud y complejidad de los contactos de la MB con el resto del sistema. Aplicando inertial relief, se consigue que la pieza únicamente vea la carga máxima que puede soportar la unión de la viga principal con los cables de amarre. La unión tiene una resistencia máxima de 96kN, mayor que las reacciones que se mostrarán más adelante.



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Ilustración 24- Simulación a la MB con una tensión máxima de 353 MPa

5.4.6.2. CÁLCULO DE LA PIEZA C1.

La pieza de unión C1 soporta una carga máxima de 5,3kN, alcanzando en ese punto su límite elástico. La pieza se sujeta en su parte inferior como lo haría con la MB.

Ilustración 25- Simulación a la pieza C1 con una tensión máxima de 354 MPa

5.4.6.3. CÁLCULO DE LA PIEZA C2.

La pieza de unión C2 soporta una carga máxima de 3,35kN, alcanzando en ese punto su límite elástico.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

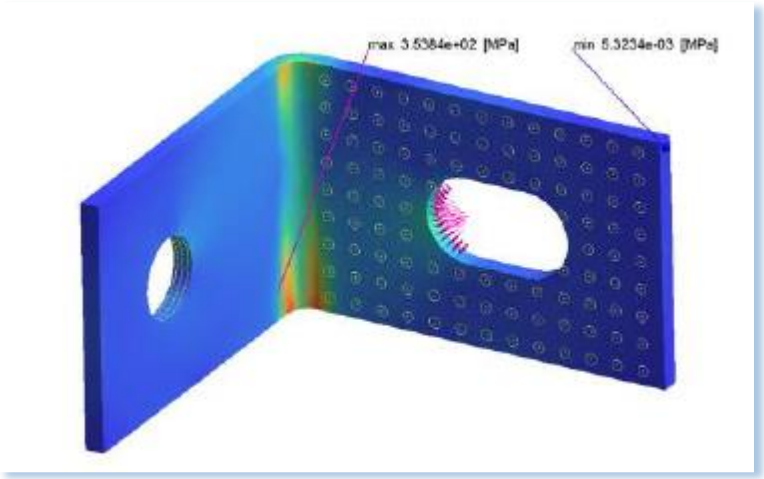


Ilustración 26- Simulación a la pieza C2 con una tensión máxima de 353 MPa

5.4.6.4. CÁLCULO DE LA PIEZA C4.

La pieza de unión C4 soporta una carga máxima de 2,98kN, alcanzando en ese punto su límite elástico.

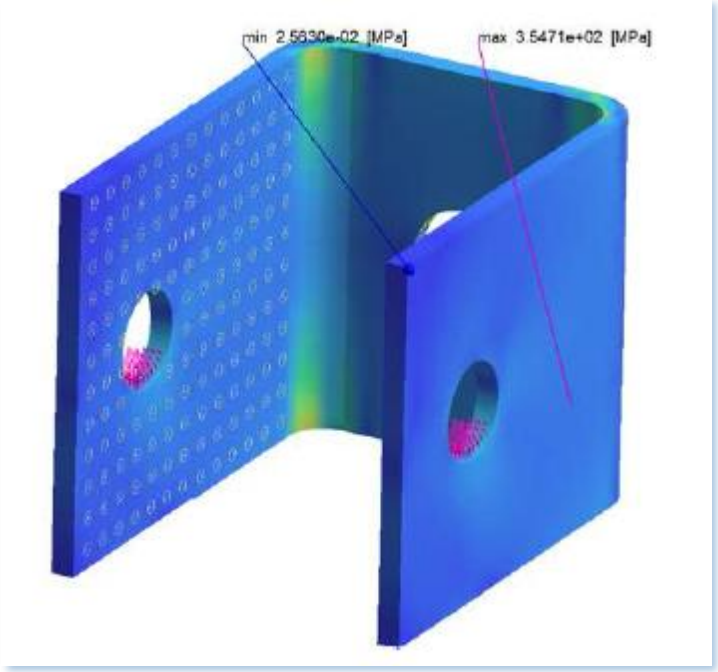


Ilustración 27- Simulación a la pieza C4 con una tensión máxima de 354 MPa

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

6. SIMULACIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA.

Para realizar la simulación de energía generada se ha utilizado el software de cálculo **PVsyst versión 7.2.7**, programa de cálculo que sirve para dimensionar el tamaño de las instalaciones de producción fotovoltaica en función de la radiación solar en función de la ubicación de la instalación gracias a su base de datos meteorológica, es uno de los programas más potentes del mercado para el cálculo de este tipo de instalaciones.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

A continuación se adjuntan los resultados de la simulación realizada.

Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Resumen del proyecto

Sitio geográfico	Situación		Configuración del proyecto	
El Alhanchete	Latitud	37.32 °N	Albedo	0.20
España	Longitud	-1.89 °W		
	Altitud	126 m		
	Zona horaria	UTC+1		

Datos meteo
El Alhanchete
Meteonorm 8.0 (1996-2010), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red — **Planta Flotante**

Orientación campo FV	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Plano fijo	Cálculo eléctrico detallado	Carga ilimitada (red)
Inclinación/Azimut 25 / -36 °	según el diseño de módulo	

Información del sistema

Conjunto FV		Inversores	
Núm. de módulos	800 unidades	Núm. de unidades	4 unidades
Pnom total	436 kWp	Pnom total	400 kWca
		Proporción Pnom	1.090

Resumen de resultados

Energía producida	751.2 MWh/año	Producción específica	1723 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	85.63 %

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Parámetros generales

Sistema conectado a la red — **Planta Flotante**

Orientación campo FV

Orientación		**Configuración de cobertizos**		**Modelos usados**	
Plano fijo		Núm. de cobertizos	40 unidades	Transposición	Perez
Inclinación/Azimut	25 / -36 °	**Tamaños**		Difuso	Perez, Meteonorm
		Espaciamiento cobertizos	2.00 m	Circunsolar	separado
		Ancho de colector	1.13 m		
		Proporc. cob. suelo (GCR)	56.7 %		
		Banda inactiva superior	0.01 m		
		Banda inactiva inferior	0.01 m		
		Ángulo límite de sombreado			
		Ángulo límite de perfil	26.7 °		

Horizonte	**Sombreados cercanos**	**Necesidades del usuario**
Horizonte libre	Cálculo eléctrico detallado según el diseño de módulo	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

Módulo FV		**Inversor**	
Fabricante	Longi Solar	Fabricante	Ingeteam
Modelo	LR5-72 HBD 545 M Bifacial	Modelo	Ingecon Sun 100TL 400V
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	545 Wp	Unidad Nom. Potencia	100 kWca
Número de módulos FV	800 unidades	Número de inversores	4 unidades
Nominal (STC)	436 kWp	Potencia total	400 kWca
Módulos	50 Cadenas x 16 En series	Voltaje de funcionamiento	570-850 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.09
Pmpp	398 kWp		
U mpp	598 V		
I mpp	666 A		

Potencia FV total		**Potencia total del inversor**	
Nominal (STC)	436 kWp	Potencia total	400 kWca
Total	800 módulos	Núm. de inversores	4 unidades
Área del módulo	2045 m²	Proporción Pnom	1.09
Área celular	1855 m²		

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		**Pérdidas de cableado CC**		**Pérdida de calidad módulo**	
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	15 mΩ	Frac. de pérdida	-0.3 %
Uc (const)	29.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC		
Uv (viento)	3.0 W/m²K/m/s				

Pérdidas de desajuste de módulo		**Pérdidas de desajuste de cadenas**	
Frac. de pérdida	2.0 % en MPP	Frac. de pérdida	0.1 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Perfil definido por el usuario

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

PVsyst investigación

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Pérdidas del sistema.

Pérdidas auxiliares
constante (ventiladores) 20 W
25.0 kW del umbral de potencia

PVsyst investigación
PVsyst investigación
PVsyst investigación
PVsyst investigación

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

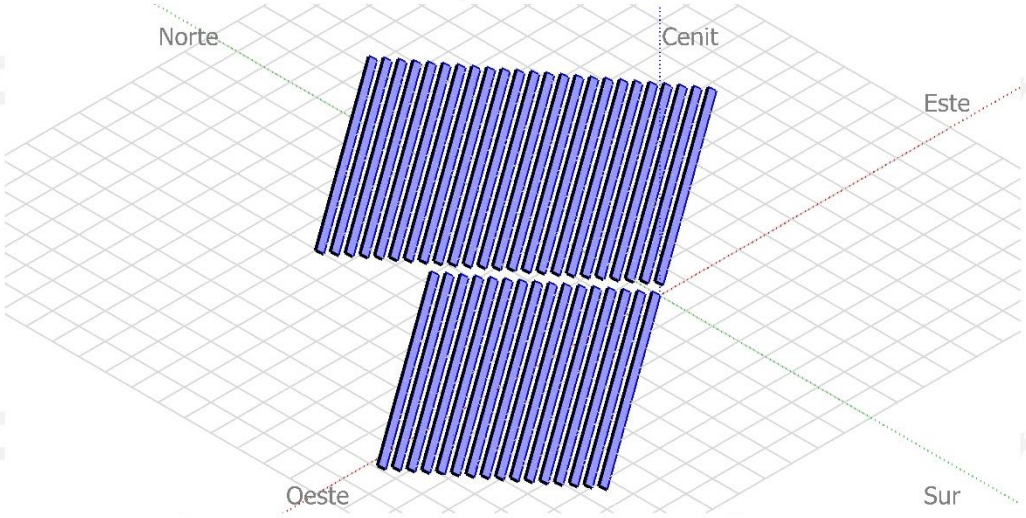
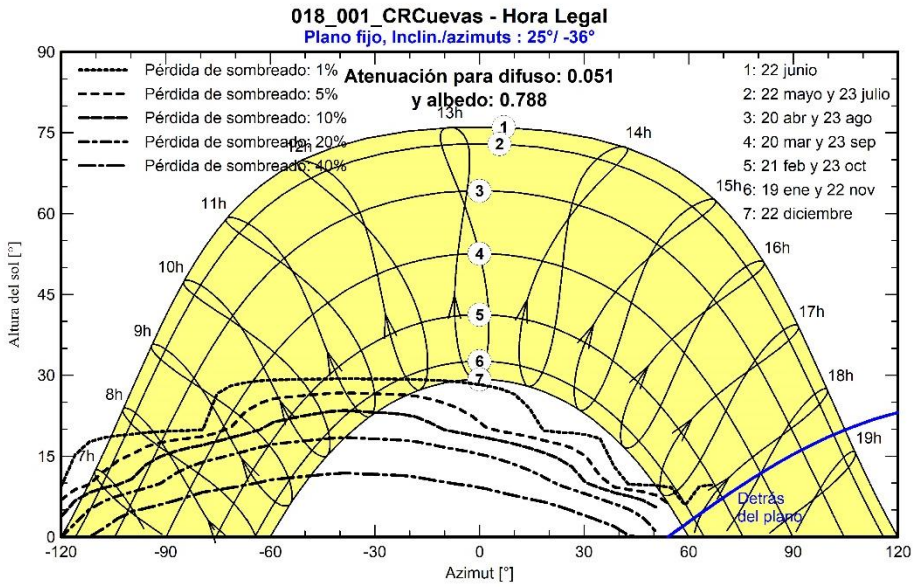


Diagrama de iso-sombreados



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

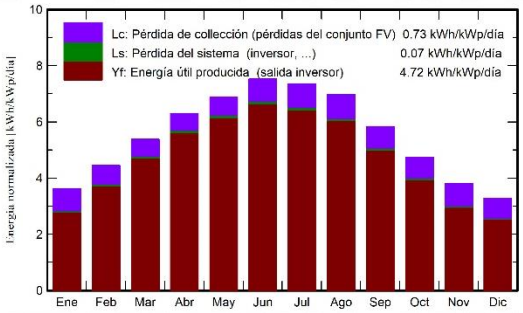
PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Resultados principales

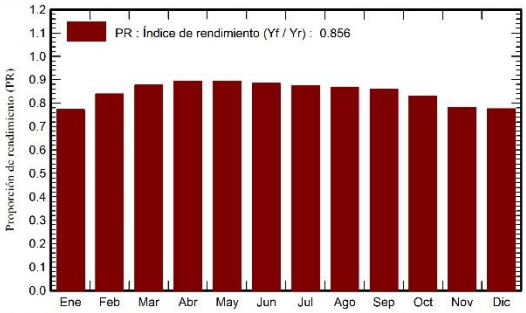
Producción del sistema

Energía producida	751.2 MWh/año	Producción específica	1723 kWh/kWp/año
		Proporción de rendimiento (PR)	85.63 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	proporción
Enero	79.6	30.72	11.43	112.1	103.2	38.35	37.79	0.773
Febrero	96.6	36.23	12.48	124.4	117.5	46.14	45.48	0.839
Marzo	145.2	53.63	14.80	166.8	160.0	64.62	63.73	0.876
Abril	177.3	62.25	17.04	188.7	182.0	74.57	73.57	0.894
Mayo	212.9	77.75	20.48	213.2	206.1	84.28	83.15	0.894
Junio	233.3	72.33	24.25	225.7	218.5	88.17	87.01	0.884
Julio	232.4	75.48	27.15	227.9	220.6	88.06	86.90	0.875
Agosto	207.5	70.64	27.56	215.9	209.3	82.81	81.73	0.868
Septiembre	155.6	58.22	24.00	174.9	168.0	66.34	65.44	0.858
Octubre	119.7	43.45	20.56	147.0	139.8	54.00	53.24	0.831
Noviembre	83.5	29.98	14.97	113.9	105.6	39.43	38.82	0.781
Diciembre	70.6	27.53	12.33	101.5	93.5	34.90	34.35	0.776
Año	1814.1	638.20	18.96	2012.2	1924.2	761.66	751.21	0.856

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_Grid	Energía inyectada en la red
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Proporción de rendimiento
GlobInc	Global incidente plano receptor		
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados		

PVsyst investigación

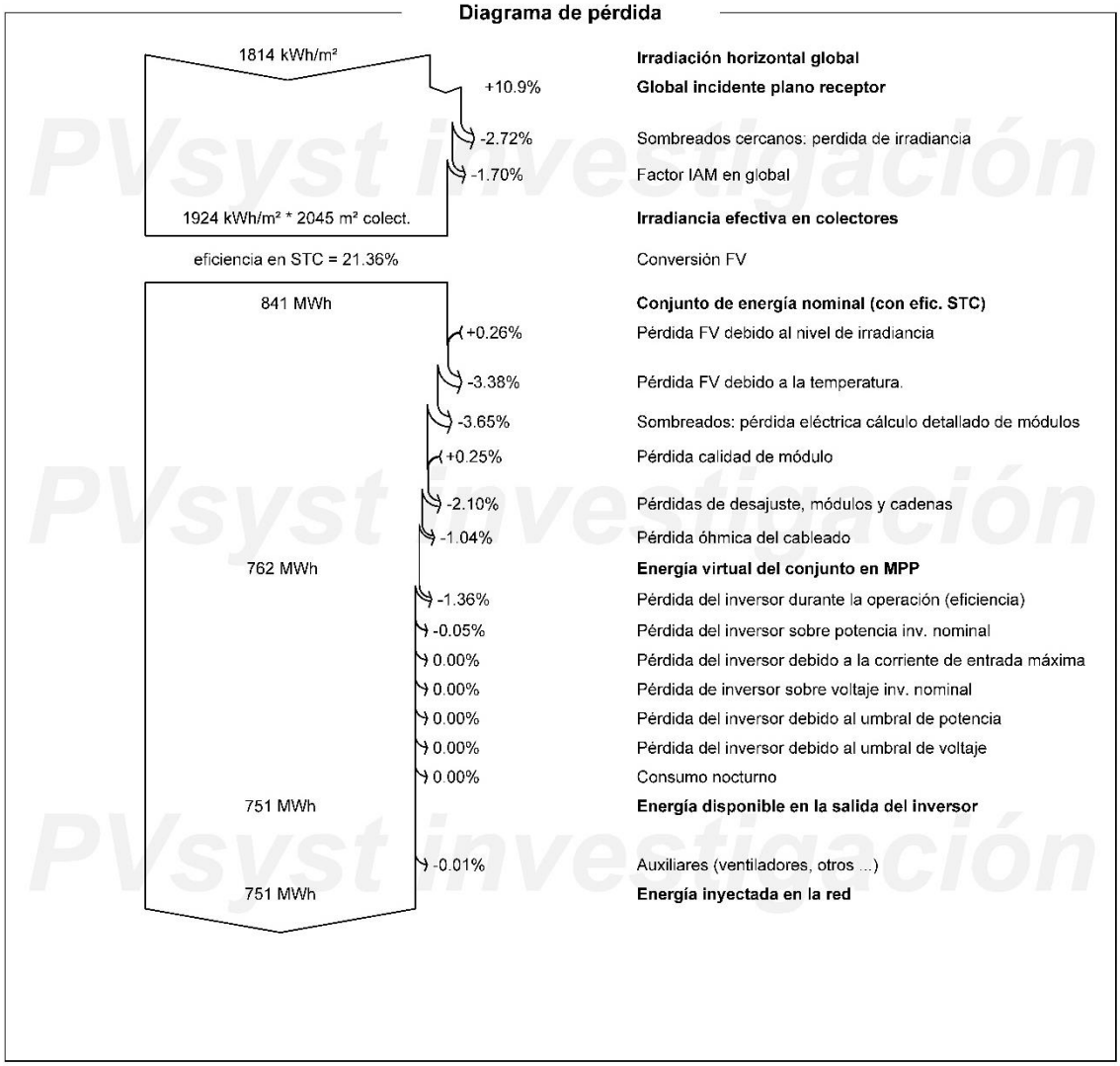
Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Diagrama de pérdida



PVsyst investigación

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

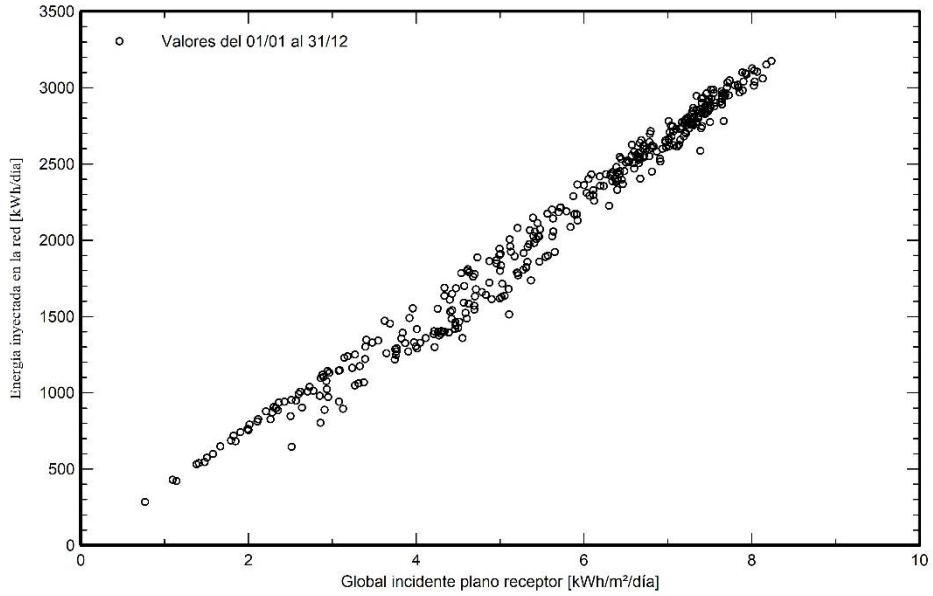
Proyecto: 018_001_CRCuevas

Variante: 25º36ºAz_50strings

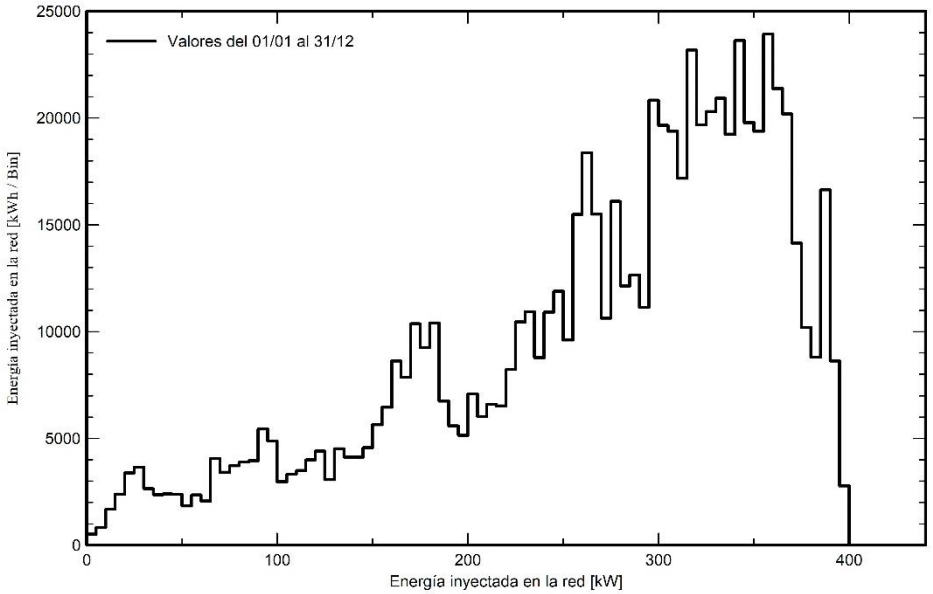
PVsyst V7.2.7
VC3, Fecha de simulación:
27/10/21 12:26
con v7.2.7

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Cálculo de la tensión de circuito abierto (Voc) y la temperatura: Teniendo en cuenta una Tmin de -6 ºC como valor más desfavorable en el emplazamiento, tenemos:

BIFACIAL	SI
Weight (kg)	32,3
Frame (mm)	35
Power (W)	545
Config	1PH
Voc panel STC	49,65
Vmp	41,8
Imp	13,04
Isc	13,92
Tcoeff (Pmax)	-0,35
Tcoeff (Voc)	-0,284
Tcoef (Isc)	0,05
Tc, NOCT	45
Ta, NOCT	20
GT, NOCT	0,8
Ta, STC	25
GT	1
Module efficiency at STC	0,213
Units / pallet	31
Units / 40' HC	620
Price	0,32
Voc at Tmin (V)	**54,0**
Length (mm)	**2256**
Width (mm)	**1133**
Voc at Tmin per string (V)	**864,3**

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

INPUTS	Value	Units	Comments
Power	545	W	Power of the module
Voc panel STC	49,65	V	Open circuit voltage at STC
Vmp	41,8	V	Maximum power voltage
Imp	13,04	A	Maximum power current
Isc	13,92	A	Short circuit current
TcoeffVmp	-0,35	%/ºC	Temperature coefficient at maximum power voltage
TcoeffVoc	-0,284	%/ºC	Temperature coefficient at open circuit voltage
TcoefImp	0,05	%/ºC	Temperature coefficient at maximum power current
Tc,NOCT	45	ºC	Temp of the cell at NOCT
Ta,NOCT	20	ºC	Temp of the ambient at which the NOCT is defined
GT,NOCT	0,8	kW/m2	Solar radiation at which the NOCT is defined
Ta, STC	25	ºC	Temperature of the ambient, STC
T amb MAX	43	ºC	Maximum ambient temperature in Location
T amb MIN	-6	ºC	Minimum ambient temperature in Location
GT	1	kW/m2	Solar radiation striking the PV array
Module efficiency at STC	0,213	%	Electrical conversion efficiency of the PV array
Tc,STC	48,85	ºC	Temperature of the cell at STC

INPUTS	Ta	Tc	Voc, Tc	Vmp, MIN	Vmp, MAX
Power	-21	2,9	56,14	**43,58**	**43,58**
Voc panel STC	-20	3,9	56,00	**43,43**	**43,43**
Vmp	-18	5,9	55,71	**43,14**	**43,14**
Imp	-16	7,9	**55,43**	**42,85**	**42,85**
Isc	-14	9,9	55,15	**42,55**	**42,55**
TcoeffVmp	-12	11,9	54,87	**42,26**	**42,26**
TcoeffVoc	-10	13,9	54,59	**41,97**	**41,97**
TcoefImp	-8	15,9	54,30	**41,68**	**41,68**
Tc,NOCT	-6	17,9	54,02	**41,38**	**41,38**
Ta,NOCT	-4	19,9	53,74	**41,09**	**41,09**
GT,NOCT	-2	21,9	53,46	**40,80**	**40,80**
Ta, STC	0	23,9	53,18	**40,50**	**40,50**
T amb MAX	10	33,9	51,77	**39,04**	**39,04**
T amb MIN	20,0	43,9	50,36	**37,58**	**37,58**
GT	30,0	53,9	48,94	**36,12**	**36,12**
Module efficiency at STC	40,0	63,9	47,53	**34,65**	**34,65**
Tc,STC	50,0				

El valor de la Voc del panel nos da 54 V.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

7. INVERSOR.

El inversor es el elemento de la instalación que transforma la corriente continua (cc) generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (ca), con valores de tensión y frecuencia sincronizados con la red a la que se conecta.

La instalación de 436 kWp y de 400 kW de potencia nominal estará formada por 4 inversores modelo INGECON SUN 100TL PRO o similar.

Este inversor cumple con todas las protecciones establecidas, en especial con las directrices del Real Decreto 1699/2011, la directiva 73/23/CEE, la directiva 89/336/CEE de compatibilidad electromagnética, y la directiva 93/68/CEE denominación CE, así como todos los requisitos técnicos establecidos en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, PCT-C-Rev-julio 2011.

El inversor dispone de microprocesadores de control, así como de un PLC de comunicaciones; además cuenta con un microprocesador encargado de garantizar una curva senoidal con una mínima distorsión. La lógica de control empleada garantiza además de un funcionamiento automático completo, el seguimiento del punto de máxima potencia (mpp) y evita las posibles pérdidas durante periodos de reposo.

Es capaz de entregar a la red la potencia que el generador fotovoltaico produce en cada momento, funcionando a partir de un umbral mínimo de radiación solar. Además, permite la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, evitando el funcionamiento en isla y por tanto garantizando la seguridad en tareas de mantenimiento.

7.1.1. PROTECCIONES INCLUIDAS EN EL INVERSOR.

En lo referente a la conexión a la red de baja tensión, el RD 1699/2011, en su artículo 15, establece que la instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

De acuerdo con el artículo 14 del RD 1699/2001, se contarán con las siguientes protecciones en cuanto a tensión/frecuencia máxima y mínima:

- Tensión de operación mínima fijada en relé de control 0,85 Un
- Tensión de operación máxima fijada en relé de control 1,15 Un
- Frecuencia de operación mínima fijada en relé de control 48 Hz
- Frecuencia de operación máxima fijada en relé de control 50,5 Hz

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

7.1.2. CARACTERÍSTICAS EL INVERSOR.

INGECON SUN 3Play Serie TL

100TL

INVERSOR DE STRING TRIFÁSICO SIN TRANSFORMADOR Y CON LA MÁXIMA DENSIDAD DE POTENCIA

Familia de inversores trifásicos para plantas fotovoltaicas comerciales, industriales y de gran escala.

Mayor competitividad
Gracias a su mayor potencia de salida (hasta 110 kW si el equipo se conecta a una red de 440 Vac), el nuevo INGECON® SUN 100TL permite una drástica reducción del número de inversores requeridos para el diseño de una planta fotovoltaica. Así, minimiza el gasto en mano de obra y cableado total. Es más, gracias a este equipo se puede ahorrar hasta un 20% en cableado AC, ya que no requiere cable de neutro.

Además, este inversor no necesita cajas de conexiones ni en DC ni en AC. Todo ello garantiza los menores gastos de capital o CAPEX (Capital Expenditures).

Menores costes operacionales
Gracias a la red de comunicación inalámbrica que se puede establecer con el INGECON® SUN 100TL, la planta FV puede ser puesta en marcha, monitorizada y controlada sin cables. Además, su filosofía de inversor de string permite una fácil y rápida sustitución que no precisa de técnicos cualificados.

Mayor flexibilidad y densidad de potencia
La mayor flexibilidad es posible gracias a sus elevados índices de tensión DC máxima (1.100 V) y a su amplio rango de tensión MPP (570-850 V). Gran densidad de potencia, con hasta 105 kW en un inversor de tan sólo 75 kg.

Diseño duradero y robusto
Envolvente de aluminio, especialmente concebida para instalaciones de interior y exterior (IP65). El diseño de la familia INGECON® SUN 3Play garantiza la máxima durabilidad en el tiempo y las mejores prestaciones, incluso ante temperaturas extremas.

Ethernet y Wi-Fi de serie
Este inversor FV presenta comunicaciones Ethernet y Wi-Fi de serie. Estas comunicaciones, junto con el webserver que integra el equipo, permiten una rápida y fiable puesta en marcha usando un teléfono móvil, una Tablet o un PC portátil. Además, es compatible con Cloud Connect externo.

Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años

www.ingeteam.com
solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

INGECON SUN 3Play Serie TL

100TL

Diferentes versiones para elegir
Ingeteam ha creado dos versiones distintas para poder satisfacer todas las necesidades de sus clientes:

- Versión STD
- Versión PRO

Versiones disponibles	Versión STD	Versión PRO
Bornas DC	✓	
Conectores fotovoltaicos[1]		✓
Seccionador DC	✓	✓
Descargadores DC, tipo 2	✓	✓
Descargadores AC, tipo 2	✓	✓
Fusibles DC		✓[2]
Kit de medida de corrientes		✓

Notas: [1] No necesita herramientas de crimpado [2] Fusibles de 1.500 V y 25A, solo para el polo positivo.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Capacidad para soportar huecos de tensión.
- Capacidad para inyectar potencia reactiva.
- Compatible con Cloud Connect externo.
- Eficiencia máxima del 99,1%.
- Comunicaciones Ethernet y Wi-Fi de serie.
- Webserver integrado.
- Software de monitorización INGECON® SUN Monitor.
- Apto para instalaciones de interior y exterior (IP65).
- Alto rendimiento a altas temperaturas.
- Distintas versiones para ajustarse a todo tipo de proyectos.
- Compatible fuentes de alimentación nocturna.
- 4 entradas digitales y 2 salidas digitales.
- Apto para DRM0 (para mercado australiano).

PROTECCIONES

- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Fallo de aislamiento.
- Sobretensiones AC con descargadores tipo 2.
- Sobretensiones DC con descargadores tipo 2.
- Fusibles de 25A (versión PRO).

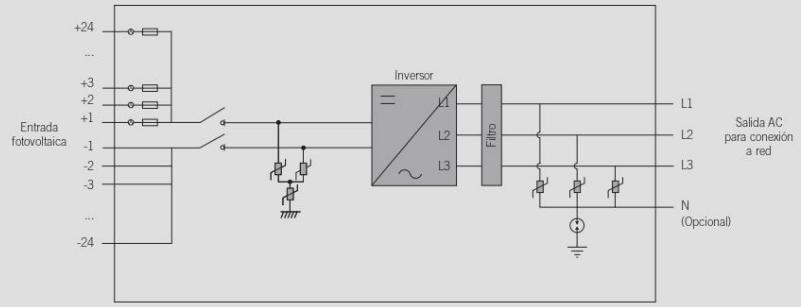
ACCESORIOS OPCIONALES

- Kit de autoconsumo.
- Comunicación RS-485.
- Fusibles DC para el polo negativo.

BENEFICIOS

- Mayor densidad de potencia.
- Mayor competitividad gracias a la reducción del gasto en cableado.
- Alta disponibilidad comparada con inversores centrales.
- Elevados índices de eficiencia.
- Fácil mantenimiento.

3Play TL versión PRO



Ingeteam

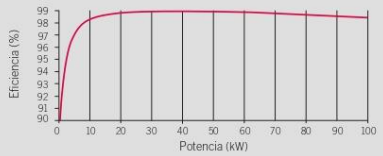
Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

INGECON SUN 3Play Serie TL

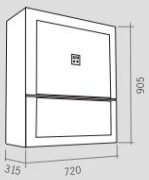
	100TL					
Valores de Entrada (DC)						
Rango pot. campo FV recomendado	56 - 80,2 kWp	91,1 - 130,5 kWp	96,2 - 137,8 kWp	101,2 - 145 kWp	106,3 - 152,3 kWp	111,3 - 159,5 kWp
Rango de tensión MPP[1]	513 - 850 V	513 - 850 V	541,5 - 850 V	570 - 850 V	598,5 - 850 V	627 - 850 V
Tensión máxima[2]	1.100 V					
Corriente máxima[3]	185 A					
Corriente de cortocircuito	240 A					
Entradas (STD / PRO)	1 / 24					
MPPT	1					
Valores de Salida (AC)						
Potencia nominal	55,3 kW	90 kW	95 kW	100 kW	105 kW	110 kW
Máx. temperatura a potencia nominal[4]	50 °C					
Corriente máxima	145 A					
Tensión nominal	220 V	360 V	380 V	400 V	420 V	440 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz					
Tipo de red[5]	TT / TN					
Factor de Potencia	1					
Factor de Potencia ajustable[6]	Sí. 0 - 1 (capacitivo / inductivo)					
THD[7]	<3%					
Rendimiento						
Eficiencia máxima	99,1%					
Euroeficiencia	98,5%					
Datos Generales						
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada					
Caudal de aire	570 m³/h					
Consumo en stand-by	20 W					
Consumo nocturno	1 W					
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 60 °C					
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%					
Grado de protección	IP65 / NEMA 4					
Interruptor diferencial	1.000 mA					
Altitud máxima[8]	3.000 m					
Conexión	AC: Máxima sección: 240 mm² (un cable) Conexión DC (STD): Máxima sección: 300 mm² (un cable) Conexión DC (PRO): 6 mm2 (24 pares de conectores PV-Stick) Permitido el cableado en cobre y aluminio, tanto en DC como en AC					
Marcado	CE					
Normativa EMC y de seguridad	IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62103, IEC 61000-3-12, EN50178, FCC Part 15, IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2, IEC 60068-2-14, IEC 60068-2-30, IEC 60068-2-68, IEC 60529					
Normativa de conexión a red	DIN V VDE V 0126-1-1, Arrêté du 23 avril 2008, EN 50438, EN 50439, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16 VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/3, P.O.12.3, AS4777.2, BDEW, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, Brazilian Grid Code, South African Grid Code, Chilean Grid Code, DEWA 2.0, Jordanian Grid Code, Thailand MEA & PEA requirements					

Notas: [1] $V_{mpp,min}$ es para condiciones nominales (V_{ac}=1 p.u. y Factor de potencia=1). $V_{mpp,min}$ dependerá de la tensión de red (V_{ac}), de acuerdo con esta relación: $V_{mpp,min}$=1.425*V_{ac} [2] El inversor no entra en funcionamiento hasta que Vdc <1.000 V. Si se han instalado los fusibles de DC para el polo negativo, la tensión máxima DC es de 1.000 V [3] La corriente máxima por conector FV es 15 A para la versión PRO [4] Por cada °C de aumento, la potencia de salida se reducirá un 2,3% [5] Estas unidades deberán conectarse a una red trifásica en estrella con neutro aterrado. No pueden ser conectadas a redes IT [6] Rango de ajuste extendido para puntos de trabajo nominales [7] Para potencia y tensión AC nominales de acuerdo con la norma IEC 61000-3-4 [8] Por encima de 1.000 m, la temperatura máxima para entregar potencia nominal se reduce a razón de 5,5ºC por cada 1.000 m adicionales.

Rendimiento INGECON® SUN 100TL Vdc = 570 V



Dimensiones y peso (mm)



100TL STD
75 kg.

100TL PRO
78 kg.

Ingeteam

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

8. SISTEMA PARA EVITAR EL VERTIDO DE ENERGÍA A LA RED.

Puesto que la instalación fotovoltaica se proyecta en la modalidad de autoconsumo sin excedentes, ésta deberá contar con un sistema para evitar el vertido de energía a la red según lo prescrito en la ITC-BT-40, en su Anexo I.

La parte de control de inyección cero se realizará de la siguiente forma, con dispositivos certificados y recomendados por el fabricante de los inversores.

- **VATIMETRO**. Para este proceso se ha optado por la referencia WM20 AV5 DE CARLO GAVAZZI o similar, dispositivo homologado por el fabricante del inversor para este proceso. Se ha optado por este dispositivo ya que es el más flexible e incluso se podría medir en la parte de alta tensión.

- EL vatímetro que medirá el consumo total de las cargas, enviará a través de la conexión ethernet los datos **al gestor energético EMS Manager 100 TL o similar**. Ese dispositivo gestiona los flujos de energía de la instalación a partir de la lectura de un vatímetro colocado en el punto de conexión, enviando consignas de funcionamiento a los diferentes inversores. Este se conecta a los equipos de la instalación mediante su interfaz Ethernet o Wi-Fi (integrados de serie) y puede ser monitorizado con el software INGECON SUN EMS Tools, que se utiliza también para configurar la estrategia de control del gestor EMS. Adicionalmente, este dispositivo cuenta con un puerto RS-485 para la comunicación con el vatímetro externo. El gestor energético de la instalación lleva un control exhaustivo de la cantidad de energía intercambiada con la red pública. Esta información es transferida en tiempo real desde el vatímetro al INGECON SUN EMS, y estaría disponible para su visualización a través del software INGECON SUN EMS Tools.

- **SWITCH ETHERNET**. Dispositivo que se usará para concentrar las comunicaciones, en se conectará en la parte de del suministro en Alta tensión el vatímetro, el gestor energético y una antena de radio frecuencia 5 GHz para realizar un radio enlace con la parte de generación.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

- En la parte de producción se colocará la antena gemelo que permitirá establecer el radio enlace WIFI entre ambas instalaciones, este antena se conectará a otro switch Ethernet que repartirá la conexión ethernet a los 4 inversores, recibiendo por la misma las consignas de generación.

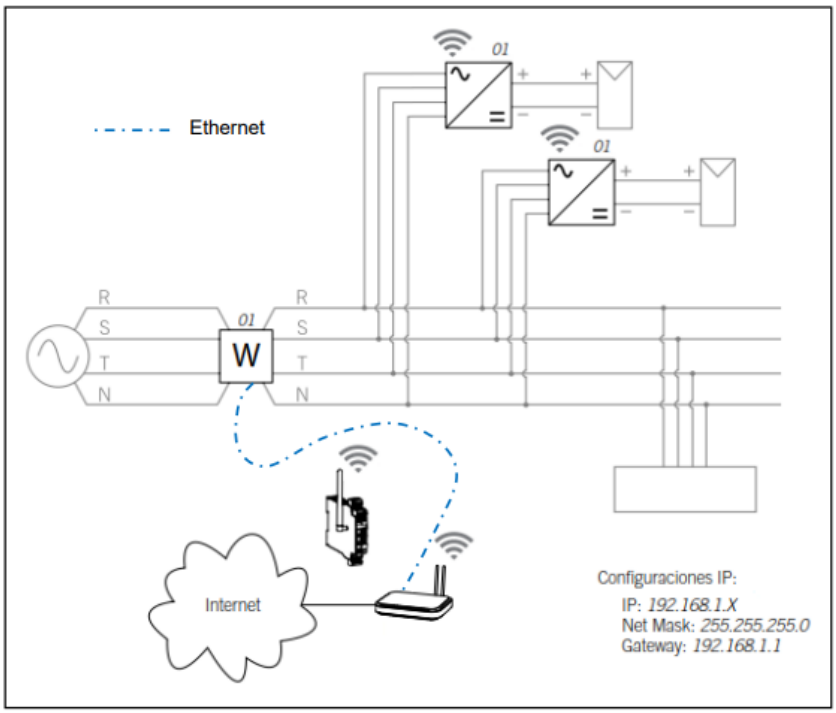
Dicho sistema transmitirá órdenes en cada momento a los inversores, cuando haya carga de las bombas, para gestionar la inyección o no de la energía producida por la instalación FV. El sistema constará de los siguientes elementos:

- **Parte de producción (C.T. proyectado)**
    - 1 ud. Antena para radioenlace wifi 5Ghz
    - 1 ud. Switch Ethernet 5 Gbps 8 puertos RJ45
- **Parte de consumo (C.T. existente)**
    - 1 ud. Vatímetro VM20 AV5 de Carlo Gavazzi o similar.
    - 1 ud. Gestor energético EMS Manager 100 TL o similar.
    - 1 ud. Antena para radioenlace wifi 5Ghz
    - 1 ud. Switch Ethernet 1Gbps 5 puertos RJ45

  El Vatímetro y el Gestor energético se instalarán en el Cuadro General de Baja Tensión del C.T. existente.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Instalación trifásica (Inversores *INGECON SUN 100TL*): Comunicación Wi-Fi



Esquema de comunicaciones (Ejemplo Red Wi-Fi)

Dispositivo	Comunicación	Nodo Modbus
Vatímetro WM20	IP: 192.168.1.13	1
INGECON SUN EMS	IP: 192.168.1.10	-
INGECON SUN 100TL 1	IP: 192.168.1.11	1
INGECON SUN 100TL 2	IP: 192.168.1.12	1

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

8.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VATÍMETRO.

WM20

CARLO GAVAZZI

Analizador de potencia para sistemas trifásicos

Descripción

WM20 es un analizador de potencia modular para sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos.
Consta de un máximo de tres módulos: la unidad principal que muestra las mediciones en el display LCD y gestiona dos alarmas, y dos módulos adicionales, uno con salidas digitales y el otro para comunicación.
El módulo de salidas digitales asocia las alarmas con salidas estáticas o salidas de relé y/o transmite pulsos proporcionales al consumo de energía.
El módulo de comunicación permite configurar el analizador y transmitir los datos utilizando diferentes protocolos de comunicación dependiendo de la versión.

Ventajas

- **Claridad.** El amplio display LCD retroiluminado muestra claramente las mediciones y los valores de los parámetros de configuración.
- **Sencillez.** La función de rotación de las páginas muestra automáticamente todas las mediciones en una secuencia sin necesidad de utilizar el teclado. Dispone de puerto óptico para configurar rápidamente el analizador mediante OptoProg (CARLO GAVAZZI).
- **Software integrado.** WM20 se puede configurar y las mediciones se pueden ver desde el software de configuración UCS (CARLO GAVAZZI). El software y sus posteriores actualizaciones son gratuitos.
- **Escalabilidad.** Se pueden añadir dos módulos adicionales al WM20 en función de las necesidades. De este modo, el analizador ampliará sus funciones de control y comunicará datos a distancia.
- **Flexibilidad de comunicación.** El módulo de comunicación se encuentra disponible en versiones Modbus RTU, Modbus TCP/IP, BACnet IP, BACnet MS/TP y Profibus DP V0.
- **Instalación rápida.** WM20 y sus módulos adicionales están equipados con terminales desmontables. Los módulos se pueden instalar rápidamente gracias a las patillas de acoplamiento rápido específicamente diseñadas.
- **Protección frente a manipulaciones.** El acceso a los ajustes de configuración del WM20 se puede bloquear. Los terminales y los módulos adicionales se pueden sellar.
- **Flexibilidad de instalación**. WM20 es adecuado para sistemas monofásicos, bifásicos, trifásicos y wild-leg.

Aplicaciones

WM20 se puede instalar en cualquier cuadro eléctrico con fines de control del consumo energético, de las principales variables eléctricas y de la distorsión armónica.
En el campo de la automatización industrial, WM20 utiliza el módulo de comunicación con protocolo Profibus para comunicar datos sobre el consumo a los sistemas de supervisión y gestionarlos de manera independiente si están instalados en una máquina.
En el ámbito de la automatización de edificios, WM20 se puede instalar en sistemas BMS mediante el módulo de comunicación con protocolo BACnet (en RS485 o Ethernet).

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

WM20

CARLO GAVAZZI

Funciones principales

- Medición de las principales variables eléctricas y de las distorsiones armónicas de tensión e intensidad
- Medición de la energía activa y reactiva
- Medición de las horas de funcionamiento
- Gestión de hasta dos alarmas
- Gestión de dos salidas digitales (a través del módulo accesorio opcional)
- Transmisión de datos a otros sistemas (a través del módulo adicional opcional)

Componentes

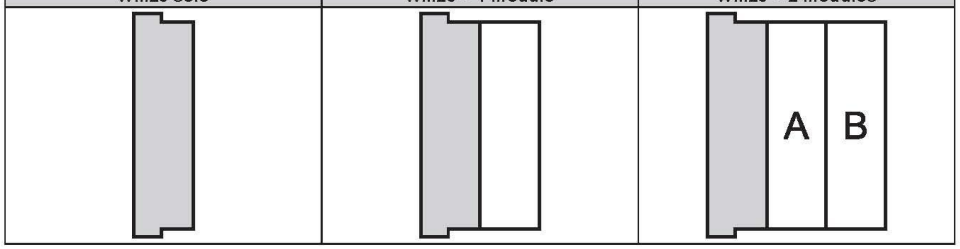
Módulo	Descripción
WM20	Unidad principal, mide y muestra las principales variables eléctricas. Con display LCD y teclado táctil, permite establecer parámetros de medición, configurar módulos adicionales y gestionar hasta dos alarmas.
Salidas digitales (opcional)	Módulo adicional con dos salidas digitales. Amplía la capacidad de la unidad principal, permitiendo concretamente: Transmitir pulsos proporcionales al consumo energético Salidas digitales de control (estáticas o de relé en función del módulo)
Comunicación (opcional)	Módulo adicional que permite transmitir datos a otros sistemas y configurar el analizador remotamente

Módulos adicionales compatibles

Tipo	Descripción del módulo	Código
Salidas digitales	Salida estática doble	M O O2
	Salida de relé doble	M O R2
Comunicación	Comunicación Modbus RTU en RS485/RS232	M C 485232
	Comunicación Modbus TCP/IP en Ethernet	M C ETH
	Comunicación BACnet IP en Ethernet	M C BAC IP
	Comunicación BACnet MS/TP en RS485	M C BAC MS
	Comunicación Profibus DP V0 en RS485	M C PB

Configuraciones posibles

WM20 solo	WM20 + 1 módulo	WM20 + 2 módulos



ADVERTENCIA: máximo 1 módulo por tipo. En la configuración con 2 módulos, el módulo de comunicación se instala el último.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

WM20

CARLO GAVAZZI

Características

General

Material	Frontal: ABS, autoextinguible V-0 (UL 94) Trasera y módulos adicionales: PA66, autoextinguible V-0 (UL 94)
Grado de protección	Frontal: IP65 NEMA 4x NEMA 12 Terminales: IP20
Terminales	Tipo: desmontable Sección: 2,5 mm^2 máximo Par: 0,5 Nm
Categoría de sobretensión	Cat. III
Grado de contaminación	2
Rechazo (CMRR)	100 dB, desde 42 hasta 62 Hz
Aislamiento	Doble aislamiento eléctrico en zonas a las que puede acceder el usuario. Para más información sobre el aislamiento entre entradas y salidas, consulte "Aislamiento de entradas y salidas" a continuación.

Aislamiento de entradas y salidas

NOTA: condiciones de la prueba: 4 kVca rms durante un minuto.

Tipo	Alimentación (H o L) [kV]	Entradas de medición [kV]	Salidas digitales [kV]	Puerto serie [kV]	Puerto Ethernet [kV]
Alimentación (H o L)	-	4	4	4	4
Entradas de medida	4	-	4	4	4
Salidas digitales	4	4	-	4	4
Puerto serie	4	4	4	-	NP
Puerto Ethernet	4	4	4	NP	-

Leyenda
- NP: combinación no posible
- 4: Aislamiento 4 kV rms (EN 61010-1, IEC 60664-1, categoría de sobretensión III, grado de contaminación 2, doble aislamiento en sistema con puesta a tierra máxima de 300 V rms)

Ambiental

Temperatura de funcionamiento	De -25 y +55 °C
Temperatura de almacenamiento	De -30 a +70 °C

NOTA: H.R. < 90 % sin condensación @ 40 °C

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

WM20

CARLO GAVAZZI

Compatibilidad y conformidad

Directivas	2014/35/UE (baja tensión) 2014/30/UE (compatibilidad electromagnética) 2011/65/UE (sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos)
Normativas	Compatibilidad electromagnética (EMC) - emisiones e inmunidad: EN62052-11 Seguridad eléctrica: EN61010-1 Metrología: EN62053-22, EN62053-22 Salidas de pulso: IEC62053-31, DIN43864
Marca y homologaciones	CE c UL us LISTED

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

Descripción

Unidad principal con display LCD y teclado táctil para ver las mediciones, configurar el sistema y gestionar dos alarmas.
Es posible añadir un módulo de comunicación y salida digital.
Existen cuatro versiones disponibles (AV4, AV5, AV6 y AV7) en función de la entrada de intensidad y tensión.
Se puede configurar rápidamente mediante OptoProg a través del puerto óptico.

Características principales

- Variables de fase y del sistema (4 x 3 dígitos): V L-L, V L-N, A, W/var/VA, PF, Hz
- Medidores de energía consumida y generada activa y reactiva (10 dígitos)
- Cálculo de los valores de potencia de fase y sistema máximos y medios
- Cálculo THD (distorsiones armónicas totales) de intensidad y tensión hasta el armónico 32
- Cálculo de las horas de funcionamiento
- Función de rotación de las páginas
- Alimentación auxiliar
- Dos alarmas virtuales
- Display LCD retroiluminado y teclado táctil
- Puerto óptico
- Terminales desmontables
- Cubiertas sellables para terminales
- Configuración a través del teclado o del software de configuración UCS
- Filtro para estabilizar las mediciones mostradas

Funciones principales

- Medición de las principales variables eléctricas y de las distorsiones armónicas de tensión e intensidad
- Medición de la energía activa y reactiva
- Medición de las horas de funcionamiento
- Gestión de hasta dos alarmas

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Estructura

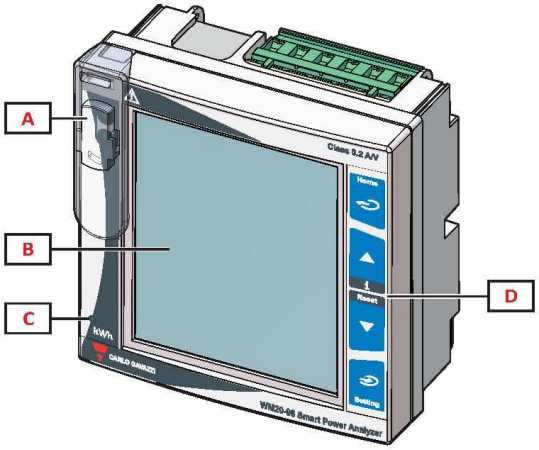


Fig. 1 *Frontal*

Elemento	Descripción
A	Puerto óptico y soporte de plástico para conexión OptoProg (CARLO GAVAZZI)
B	Display LCD retroiluminado
C	LED que parpadea con una frecuencia proporcional al consumo de energía activa, consulte la sección "LED"
D	Teclado táctil

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

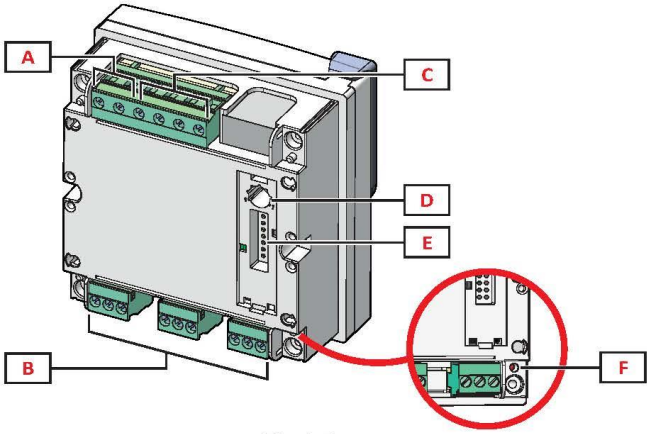


Fig. 2 *Trasera*

Elemento	Descripción
A	Terminales de alimentación desmontables
B	Terminales de entrada de intensidad desmontables
C	Terminales de entrada de tensión desmontables
D	Selector rotativo para bloquear la configuración
E	Puerto de bus local para módulos adicionales
F	LED de estado de la alimentación, consulte la sección "LED"

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

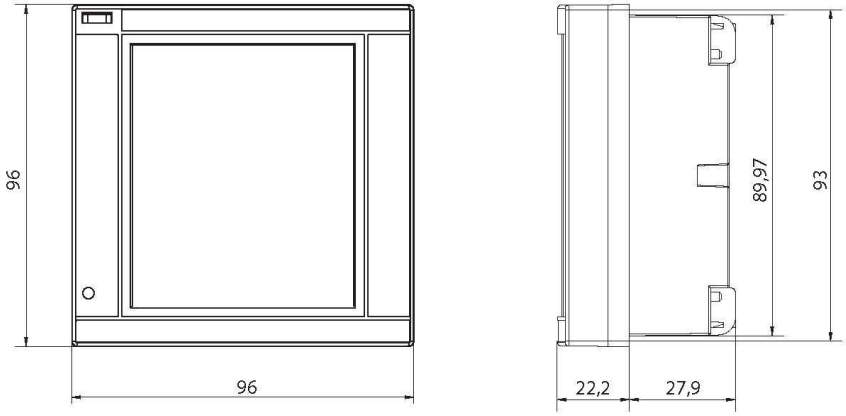
Unidad principal

CARLO GAVAZZI

Características

General

Montaje	Montaje en panel
Peso	420 g



Especificaciones eléctricas

Sistema eléctrico	
Sistema eléctrico gestionado	Monofásico (2 hilos) Bifásico (3 hilos) Trifásico con neutro (4 hilos) Trifásico sin neutro (3 hilos)

Tensión				
Entradas	AV4	AV5	AV6	AV7
Conexión de tensión	Directa o vía VT/PT			
Relación de transformación VT/PT	Desde 1 hasta 9999			
Tensión nominal L-N (desde Un min hasta Un max)	De 220 a 400 V		De 57,7 a 133 V	
Tensión nominal L-L (desde Un min hasta Un max)	De 380 a 690 V		De 100 a 230 V*	
Tolerancia de tensión	-20%, + 15%			
Sobrecarga	Continua: 1,2 Un max Para 500 ms: 2 Un max			
Impedancia de entrada	>1,6 MΩ			
Frecuencia	De 40 a 440 Hz			

NOTA*: en el caso de un sistema bifásico o wild leg:
tensión nominal L-L: hasta 240 V.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

NOTA: en el caso de un sistema wild leg (trifásico, triángulo de cuatro hilos), una de las tensiones de fase-neutro puede exceder el rango nominal de la tabla hasta:
- 415 V (AV4, AV5)
- 208 V (AV6, AV7).

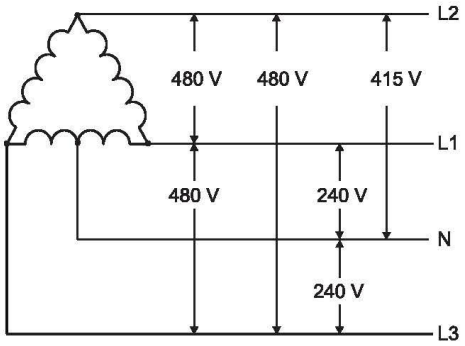


Fig. 3 *AV4, AV5*

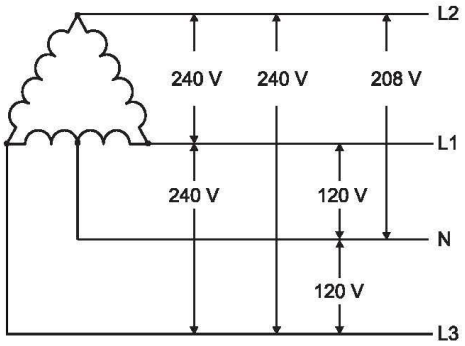


Fig. 4 *AV6, AV7*

Intensidad				
Entradas	AV4	AV5	AV6	AV7
Conexión de intensidad	Con transformadores de intensidad serie CT			
Relación de transformación CT	Desde 1 hasta 9999			
Intensidad nominal (In)	1 A	5 A		1 A
Intensidad mínima (Imin)	0,01 A	0,05 A		0,01 A
Intensidad máxima (Imax)	2 A	6 A		2 A
Intensidad de inicial (Ist)	1 mA	5 mA		1 mA
Sobrecarga	Continua: Imax Para 500 ms: 20 Imax			
Impedancia de entrada	< 0,2 VA			
Máx. relación CTxVT	9999 x 9999			

Alimentación

	H	L
Alimentación	Desde 100 hasta 240 V ca/cc ± 10%	Desde 24 hasta 48 V ca/cc ± 15%
Consumo	3,5 W, 6 VA	

Mediciones

Método	Mediciones TRMS de ondas distorsionadas
Lectura	3200 lecturas/s @50 Hz 3840 lecturas/s @60 Hz

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

CARLO GAVAZZI

Mediciones disponibles

Energía activa	Unidad	Sistema	Fase
Consumida (+) Total	kWh+	●	-
Consumida (+) parcial	kWh+	●	-
Generada (+) Total	kWh-	●	-
Generada (+) parcial	kWh-	●	-

Energía reactiva	Unidad	Sistema	Fase
Consumida (+) Total	kvarh+	●	-
Consumida (+) parcial	kvarh+	●	-
Generada (+) Total	kvarh-	●	-
Generada (+) parcial	kvarh-	●	-

Variable eléctrica	Unidad	Sistema	Fase
Tensión L-N	V	●	●
Tensión L-L	V	●	●
Intensidad	A	●	●
Potencia activa	kW	●	●
DMD	kW	●	●
MAX	kW	●	●
DMD MAX	kW	●	●
Potencia aparente	kVA	●	●
DMD	kVA	●	●
MAX	kVA	●	●
DMD MAX	kVA	●	●
Potencia reactiva	kvar	●	●
DMD	kvar	●	●
MAX	kvar	●	●
DMD MAX	kvar	●	●
Factor de potencia	PF	●	●
Frecuencia	Hz	●	-
THD Intensidad*	THD A %	-	●
THD Tensión L-N*	THD L-N %	-	●
THD Tensión L-L*	THD L-L %	-	●
Horas de funcionamiento	h	●	-

NOTA: las variables disponibles dependerán del tipo de sistema configurado.
* Hasta el armónico 32°

Precisión de medida

Intensidad	
Desde 0,05 In hasta Imax	±(0,2% lect. + 2 díg.)
Desde 0,01 In hasta 0,05 In	±(0,5% lect. + 2 díg.)

Tensión fase-fase	
Desde Un min -20% hasta Un max + 15%	±(0,5% lect. +1 díg.)

Tensión fase-neutro	
Desde Un min -20% hasta Un max + 15%	±(0,2% lect. +1 díg.)

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

Potencia activa y aparente	
Desde 0,05 In hasta Imax (PF=0,5L; 1; 0,8C)	±(0,5% lect. +1 díg.)
Desde 0,01 In hasta 0,05 In (PF=1)	±(1% lect. +1 díg.)

Potencia reactiva	
Desde 0,1 In hasta Imax (senϕ=0,5L; 0,5C) Desde 0,05 In hasta Imax (senϕ=1)	±(1% lect. + 1 díg.)
Desde 0,05 In hasta 0,1 In (senϕ=0,5L; 0,5C) Desde 0,02 In hasta 0,05 In (PF=1)	±(1,5% lect. + 1 díg.)
Factor de potencia (PF)	±[0,001+0,5%(1 – PF lect.)]
Energía activa	Clase 0,5S (EN62053-22), clase 0,5 (ANSI C12.20)
Energía reactiva	Clase 2 (EN62053-23, ANSI C12.1)
THD	±1%

Frecuencia	
De 40 a 65 Hz	±(0,02% lect. + 1 díg.)
De 65 a 340 Hz	±(0,05% lect. + 1 díg.)
De 340 a 440 Hz	±(0,1% lect. + 1 díg.)

Display

Tipo	LCD retroiluminado
Tiempo de actualización	500 ms
Descripción	4 líneas: 1ª: 10 dígitos (7,5 mm) 2ª, 3ª, 4ª: 4 dígitos (14 mm)
Lectura de variables	Instantánea: 4 dígitos, mín.: 0,001 intensidad, 0,01 potencias/PF/frecuencia/THD, 0.1 tensiones, máx.: 9 999 Energía: 10 dígitos, mín.: 0,01, máx.: 9 999 999 999

LED

Frontal	Rojo. Indicación: proporcional al consumo de energía y dependiente del CT y del producto de relación VT/PT (frecuencia máxima de 16 Hz):	
	Indicación (kWh por pulso)	**CT*VT/PT**
	0,001	< 7
	0,01	Desde 7,1 hasta 70
	0,1	Desde 70,1 hasta 700
	1	Desde 700,1 hasta 7000
	10	Desde 7001 hasta 70 k
	100	> 70,01 k
Posterior	Verde. Estado de la alimentación.	

Nota: CT: Transformador de intensidad, VT: Transformador de tensión, PT: Transformador de potencia

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

CARLO GAVAZZI

Funciones especiales

- Dos alarmas virtuales (alarma máxima o mínima)
- Filtro para estabilizar las mediciones de las variables con fluctuaciones elevadas
- Secuencia de visualización automática de las mediciones (función de rotación de las páginas)
- Medición de las horas de funcionamiento
- Contadores de energía activa y reactiva total y reset de los valores medios y máximos
- Puerto óptico para la configuración a través de OptoProg
- Menú de ajustes protegido con contraseña

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

CARLO GAVAZZI

Diagramas de conexiones

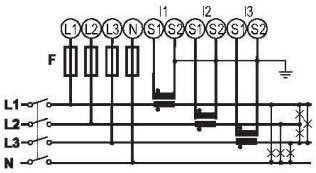


Fig. 5 *Sistema trifásico con neutro (4 hilos), desequilibrado y 3 CT. Fusible de 315 mA (F).*

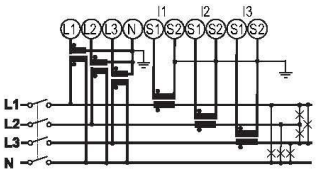


Fig. 6 *Sistema trifásico con neutro (4 hilos), desequilibrado, 3 CT y 3 VT/PT*

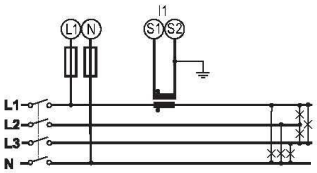


Fig. 7 *Sistema trifásico con neutro (4 hilos), equilibrado y 1 CT. Fusible de 315 mA (F).*

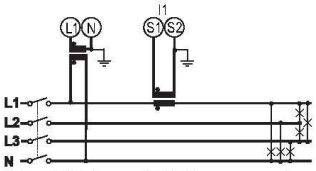


Fig. 8 *Sistema trifásico con neutro (4 hilos), equilibrado, 1 CT y 1 VT/PT*

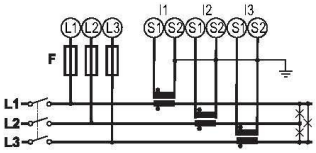


Fig. 9 *Sistema trifásico sin neutro (3 hilos), desequilibrado y 3 CT Fusible de 315 mA (F).*

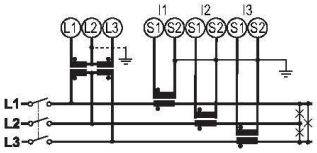


Fig. 10 *Sistema trifásico sin neutro (3 hilos), desequilibrado, 3 CT y 2 VT/PT*

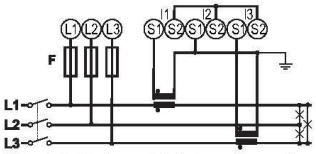


Fig. 11 *Sistema trifásico sin neutro (3 hilos), desequilibrado y 2 CT (Aron) Fusible de 315 mA (F).*

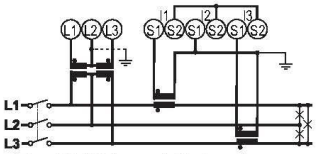


Fig. 12 *Sistema trifásico sin neutro (3 hilos), desequilibrado, 2 CT (Aron) y 2 VT/PT*

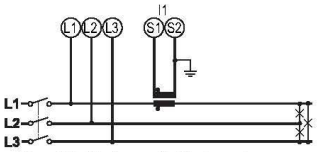


Fig. 13 *Sistema trifásico sin neutro (3 hilos), equilibrado y 1 CT.*

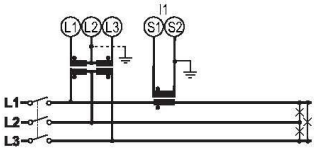


Fig. 14 *Sistema trifásico sin neutro (3 hilos), equilibrado, 1 CT y 2 VT/PT*

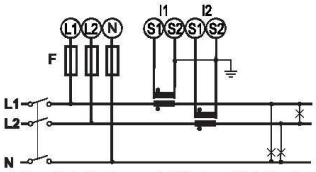


Fig. 15 *Sistema bifásico (3 hilos), 2 CT. Fusible de 315 mA (F).*

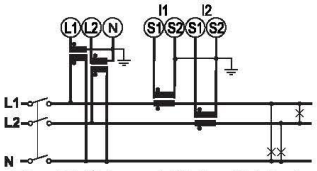


Fig. 16 *Sistema bifásico (3 hilos), 2 CT y 2 VT/PT.*

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

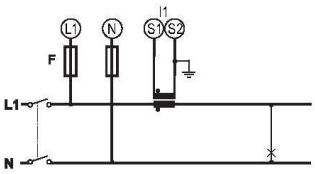


Fig. 17 *Sistema monofásico (2 hilos), 1 CT. Fusible de 315 mA (F).*

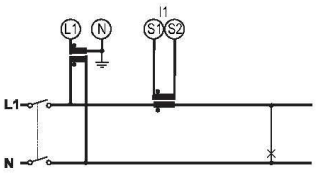


Fig. 18 *Sistema monofásico (2 hilos), 1 CT y 1 VT/PT.*

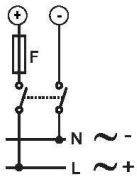


Fig. 19 *Alimentación auxiliar. Fusible 250 V [T] 630 mA (F).*

Referencias

Código de pedido

WM20 AV □ 3 □ (9 caracteres en total)

Obtenga el código seleccionando la opción correspondiente en lugar de □

Código	Opción	Descripción
W	-	-
M	-	-
2	-	-
0	-	-
A	-	-
V	-	-
□	4	Desde 380 hasta 690 V L-L ca, 1(2) A, conexión vía CT
	5	Desde 380 hasta 690 V L-L ca, 5(6) A, conexión vía CT
	6	Desde 100 hasta 230 V L-L ca, 5(6) A, conexión vía CT
	7	Desde 100 hasta 230 V L-L ca, 1(2) A, conexión vía CT
3	-	-
□	H	Alimentación auxiliar desde 100 hasta 240 V ca/cc
	L	Alimentación auxiliar desde 24 hasta 48 V ca/cc

Documentación adicional

Información	Dónde se puede encontrar
Manual de instrucciones - WM20	www.productselection.net

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Unidad principal

CARLO GAVAZZI

Componentes compatibles de CARLO GAVAZZI

Objeto	Nombre/código del componente	Notas
Accesorios de medición de intensidad	CTD1X, CTD2X, CTD3X, CTD4X	Transformadores de intensidad de núcleo cerrado (intensidad secundario de 1 o 5 A, intensidad primario de 40 a 1600 A) para embarrado o cable. Ver hojas de datos correspondientes
	CTD1Z, CTD2Z, CTD3Z	Transformadores de intensidad de núcleo cerrado (intensidad secundario de 5 A, intensidad primario de 40 a 600 A) para embarrado o cable. Véanse las hojas de datos correspondientes.
	CTD5S, CTD6S, CTD8S, CTD9S, CTD10S	Transformadores de intensidad de núcleo abierto (intensidad secundario de 5 A, intensidad primario de 100 a 3200 A) para embarrado. Véanse las hojas de datos correspondientes.
	CTD8V, CTD8V, CTD9V, CTD9H, CTD10V, CTD10H	Transformadores de intensidad de núcleo cerrado (intensidad secundario de 1 o 5 A, intensidad primario de 150 a 3200 A) para embarrado. Véanse las hojas de datos correspondientes.
	CTD8Q	Transformadores de intensidad de núcleo cerrado (intensidad secundario de 1 o 5 A, intensidad primario de 1000 a 4000 A) para embarrado. Véanse las hojas de datos correspondientes.
Gestión de dos salidas digitales/asociación de alarmas a salidas digitales	M O O2 M O R2	Véase "Módulos de salida digital"
Transmisión de datos a distancia	M C 485232 M C ETH M C BAC IP M C BAC MS M C PB	Véase "Módulos de comunicación"
Configuración del analizador a través de la aplicación del PC	Software de configuración UCS	Se puede descargar de forma gratuita en: www.productselection.net
Supervisión de datos procedentes de varios analizadores	VMU-C	Ver hoja de datos correspondiente
Configuración rápida de varios analizadores a través del interfaz óptico	OptoProg	Ver hoja de datos correspondiente
Conversión RS485/USB	SIU-PC3	Ver hoja de datos correspondiente

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Módulos de salida digital

Características principales

- Dos salidas digitales (estática o relé)
- Tres funciones posibles para cada salida
- Configuración a través del teclado de la unidad principal o del software de configuración UCS
- Facilidad de instalación en la unidad principal
- Terminales desmontables
- Conexión de bus local con la unidad principal

Funciones principales

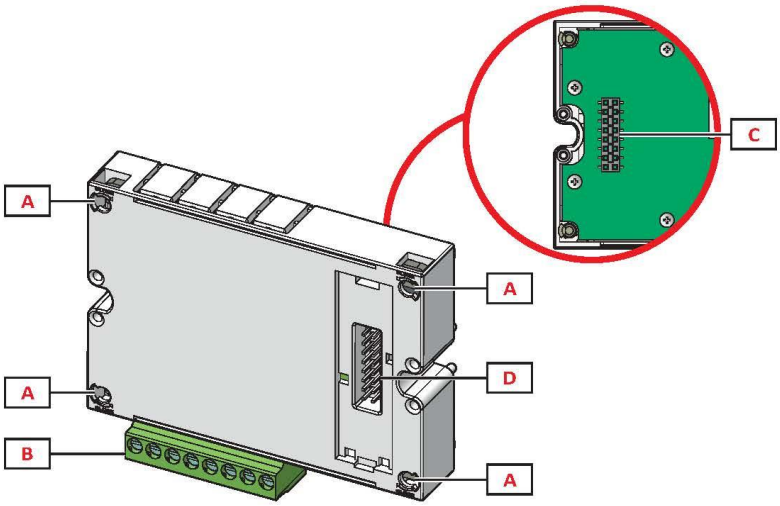
- Gestión de dos salidas estáticas o de relé
- Asociación de salidas estáticas o de relé a alarmas
- Transmisión de pulsos proporcionales al consumo de energía

Descripción

Módulo adicional para la familia de analizadores WM que asocia salidas estáticas o de relé a alarmas y/o transmite pulsos proporcionales al consumo energético.
Cada salida puede ejecutar tres funciones distintas: alarma, control remoto o pulso.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Estructura



Elemento	Descripción
A	Patillas de fijación a la unidad principal
B	Terminales de salida digital desmontables
C	Puerto del bus local para unidad principal
D	Puerto del bus local para el módulo de comunicación

Funciones de las salidas digitales

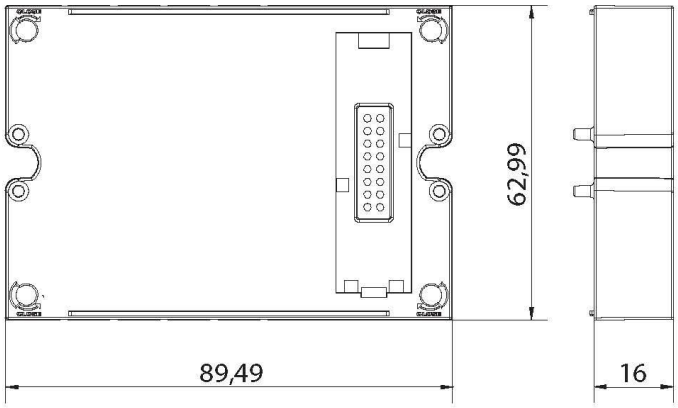
Las salidas digitales pueden ejecutar tres funciones distintas:
- Alarma: salida asociada a una alarma y directamente gestionada por WM20
- Control remoto: estado de salida gestionado mediante comunicación
- Pulso: salida de transmisión de pulsos sobre el consumo de energía activa o reactiva, consumida o generada.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Características

General

Montaje	En la unidad principal
Peso	80 g
Alimentación	Alimentación a través de bus local



Módulo de salida estática (M O O2)

Número máximo de salidas	2
Tipo	Opto-mosfet
Características	V_{ON}: 2,5 V cc, 100 mA máx V_{OFF}: 42 V cc máx
Parámetros de configuración	Función de la salida: alarma/control remoto/pulso Alarma de salida asociada y estado normal (únicamente función de "alarma") Valor del pulso, tipo de energía transmitida, ajustes de transmisión de prueba (únicamente función de "pulso")
Modo de configuración	A través de teclado o software UCS

Módulo de salida de relé (M O O2)

Número máximo de salidas	2
Tipo	Relé SPDT
Características	AC1: 5 A @ 250 V ca AC15: 1 A @250 V ca
Parámetros de configuración	Función de la salida: alarma/control remoto/pulso Alarma de salida asociada y estado normal (únicamente función de "alarma") Valor del pulso, tipo de energía transmitida, ajustes de transmisión de prueba (únicamente función de "pulso")
Modo de configuración	A través de teclado o software UCS

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Diagramas de conexiones

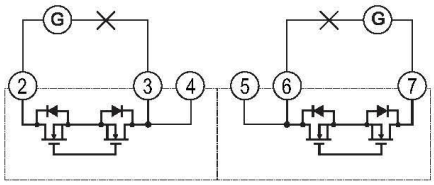


Fig. 20 *M O O2. Salida opto-mosfet estática doble.*

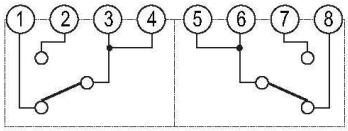


Fig. 21 *M O R2. Salida de relé doble.*

Referencias

Código de pedido

Código	Descripción
M O O2	Salida estática doble
M O R2	Salida de relé doble

Documentación adicional

Información	Dónde se puede encontrar
Manual de instrucciones - WM20	www.productselection.net
Manual de instrucciones del módulo de salida digital	

Componentes compatibles de CARLO GAVAZZI

Objeto	Nombre/código del componente	Notas
Alimentación del módulo a través del analizador	WM20 WM30 WM40	El módulo de salida digital únicamente funciona conectado a un analizador. Véanse las hojas de datos correspondientes.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Módulos de comunicación

Principales características

- Protocolos de comunicación compatibles: Modbus, BACnet, Profibus. Véase "Descripción general del módulo de comunicación"
- Configuración a través del teclado de la unidad principal o del software de configuración UCS
- Facilidad de instalación en la unidad principal
- Conexión de bus local con la unidad principal

Funciones principales

- Transmisión de datos a distancia
- Configuración del sistema

Descripción

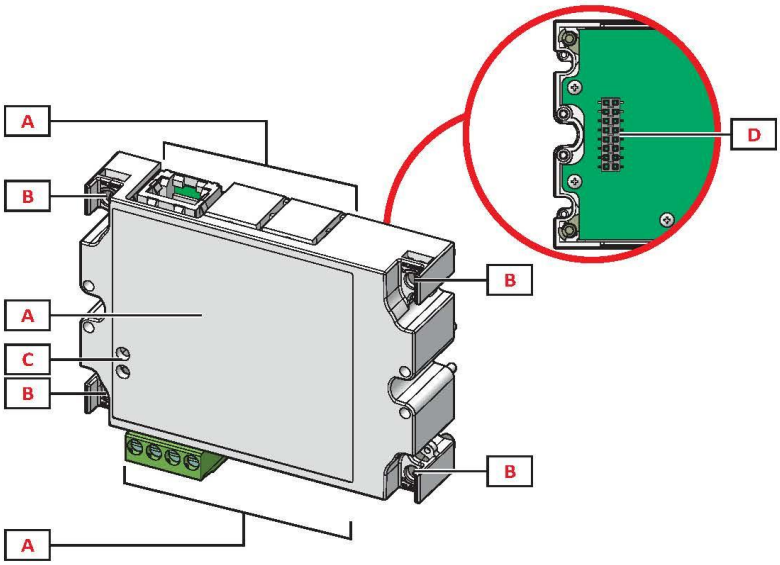
Módulo adicional para la familia de analizadores WM que conectado a la unidad principal transmite datos del sistema a distancia mediante un protocolo de comunicación distinto en función de la versión.

Descripción general del módulo de comunicación

Código del módulo	Protocolos de comunicación	Puerto
M C 485232	Modbus RTU	RS485, RS232
M C ETH	Modbus TCP/IP	Ethernet
M C BAC IP	BACnet IP, Modbus TCP/IP	Ethernet
M C BAC MS	BACnet MS/TP	RS485
	Modbus TCP/IP	Ethernet
M C PB	Profibus DP V0 esclavo	RS485
	Modbus RTU	Micro USB

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Estructura



NOTA: la imagen corresponde al módulo M C BAC MS.

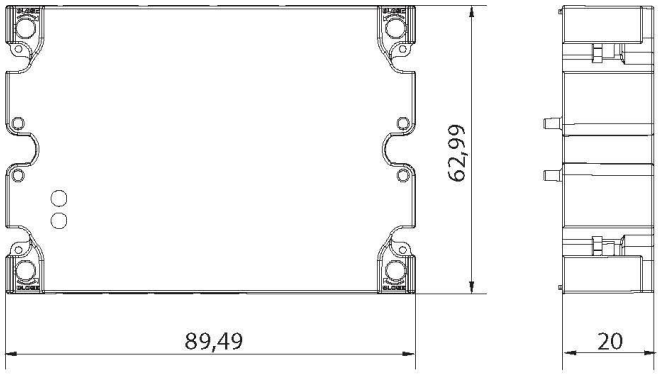
Elemento	Descripción
A	Zona del puerto de comunicación NOTA: los puertos de comunicación dependen del módulo de comunicación, consulte "Descripción general del módulo de comunicación".
B	Patillas de fijación a la unidad principal
C	LED de estado de la comunicación (M C 485232, M C BAC MS, M C PB)
D	Puerto del bus local para conectar la unidad principal o el módulo de salida digital

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Características

General

Montaje	En la unidad principal (con o sin módulo de salida digital)
Peso	80 g
Alimentación	Alimentación a través de bus local



Módulo M C 485232

Puerto RS485	
Protocolos	Modbus RTU
Dispositivos en el mismo bus	Máx 160 (1/5 carga unitaria)
Tipo de comunicación	Multipunto, bidireccional
Tipo de conexión	2 hilos, distancia máx. 1000 m
Parámetros de configuración	Dirección Modbus (entre 1 y 247) Velocidad de transmisión (9,6/ 19,2/ 38,4/ 115,2 kbps) Paridad (ninguna/impar/par)
Modo de configuración	A través de teclado o del software UCS

Puerto RS232	
Protocolos	Modbus RTU
Tipo de comunicación	Bidireccional
Tipo de conexión	3 hilos, distancia máx. 15 m
Parámetros de configuración	Dirección Modbus (entre 1 y 247) Velocidad de transmisión (9,6/ 19,2/ 38,4/ 115,2 kbps) Paridad (ninguna/impar/par)
Modo de configuración	A través de teclado o del software UCS

NOTA: los puertos RS485 y RS232 son alternativos.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Módulos de comunicación

LED	
Significado	Estado de comunicación: Amarillo: recibiendo Verde: transmitiendo

Módulo M C ETH

Puerto Ethernet	
Protocolos	Modbus TCP/IP
Conexiones al cliente	Máximo 5 de manera simultánea
Tipo de conexión	Conector RJ45 (10 Base-T, 100 Base-TX), distancia máxima 100 m
Parámetros de configuración	Dirección IP Máscara de subred Gateway Puerto TCP/IP
Modo de configuración	A través de teclado o del software UCS

Módulo M C BAC IP

Puerto Ethernet	
Protocolos	BACnet IP (lectura) Modbus TCP/IP (lectura y configuración)
Conexiones al cliente	(Solo Modbus) Máximo 5 de manera simultánea
Tipo de conexión	Conector RJ45 (10 Base-T, 100 Base-TX), distancia máxima 100 m
Parámetros de configuración	Protocolo BACnet IP: Número de instancia (entre 0 y 9999 a través del teclado, entre 0 y 4194302 mediante comunicación) Habilitar dispositivo externo Dirección BBMD Puerto UDP "Time-to live" del WM20 como dispositivo externo en un servidor BBMD especificado Protocolo Modbus TCP/IP: Dirección IP Máscara de subred Gateway Puerto TCP/IP
Modo de configuración	A través de teclado o software UCS

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Módulos de comunicación

CARLO GAVAZZI

Módulo M C BAC MS

Puerto RS485	
Protocolos	BACnet MS/TP (lectura de medidas y escritura de descripción de objetos)
Tipo de comunicación	Multipunto, unidireccional
Tipo de conexión	2 hilos, distancia máx. 1000 m
Servicios compatibles	"I-have", "I-am", "Who-has", "Who-is", "Read-property (múltiple)"
Objetos compatibles	Tipo 2 (valor analógico incluida propiedad COV), tipo 5 (valor binario, para transmisión de alarmas), tipo 8 (dispositivo)
Parámetros de configuración	Protocolo BACnet IP: Número de instancia (entre 0 y 9999 a través del teclado, entre 0 y 4194302 mediante comunicación) Velocidad de transmisión (9,6/ 19,2/ 38,4/ 57,6/ 76,8 kbps) Dirección MAC (entre 0 y 127)
Modo de configuración	A través de teclado o del software UCS

Puerto Ethernet	
Protocolos	Modbus TCP/IP (configuración)
Conexiones al cliente	(Solo Modbus) Máximo 5 de manera simultánea
Tipo de conexión	Conector RJ45 (10 Base-T, 100 Base-TX), distancia máxima 100 m
Parámetros de configuración	Dirección IP Máscara de subred Gateway Puerto TCP/IP
Modo de configuración	A través de teclado o del software UCS

LED	
Indicación	Estado de comunicación: Amarillo: recibiendo Verde: transmitiendo

Módulo M C PB

Puerto Profibus	
Protocolos	Profibus DP V0 esclavo
Tipo de conexión	9 patillas D-sub RS485
Parámetros de configuración	Dirección, mediante el teclado Otros ajustes con el software UCS a través de la comunicación en serie
Modo de configuración	A través de teclado o del software UCS

Puerto Micro-USB	
Protocolos	Modbus RTU
Tipo	USB 2.0 (compatible con USB 3.0)
Tipo de conexión	Micro-USB B
Velocidad en baudios	Cualquiera (máximo 115,2 kbps)
Direcciones	1

LED	
Indicación	Estado de la comunicación: Rojo: entre el módulo y la unidad principal Verde: entre el módulo y el maestro Profibus

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Diagramas de conexiones

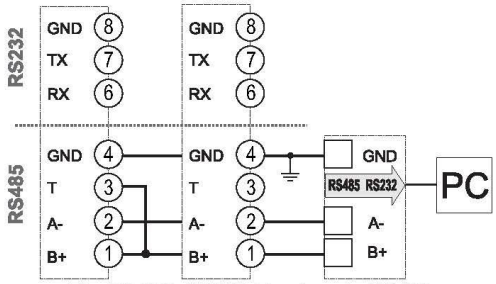


Fig. 22 *M C 485232. Puerto serie RS485.*

NOTA: Los medidores adicionales con RS485 se conectan en cadena tipo margarita. La salida serie se tiene que finalizar solo en el último medidor de la red conectando los terminales B+ y T.

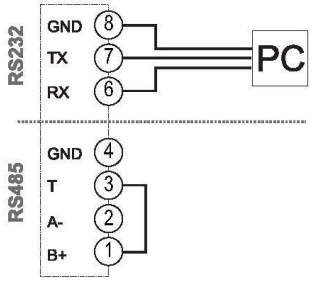


Fig. 23 *M C 485232. Puerto serie RS232.*

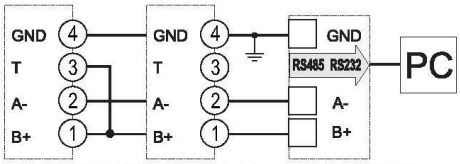


Fig. 24 *M C BAC MS. Puerto serie RS485.*

NOTA: Los medidores adicionales con RS485 se conectan en cadena tipo margarita. La salida serie se tiene que finalizar solo en el último medidor de la red conectando los terminales B+ y T.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

Referencias

Código de pedido

Código	Descripción
MC 485232	Comunicación Modbus RTU en RS485/RS232
MC ETH	Comunicación Modbus TCP/IP en Ethernet
MC BAC IP	Comunicación BACnet IP en Ethernet
MC BAC MS	Comunicación BACnet MS/TP en RS485
MC PB	Comunicación Profibus DP V0 en RS485

Documentación adicional

Información	Dónde se puede encontrar
WM20 - Manual de instrucciones	www.productselection.net
Manual de instrucciones del módulo de comunicación (M C 485232, M C ETH, M C BAC IP, M C BAC MS)	
Manual de instrucciones del módulo de comunicación (M C PB)	

Componentes compatibles de CARLO GAVAZZI

Objeto	Nombre/código del componente	Notas
Alimentación del módulo a través del analizador	WM20 WM30 WM40	El módulo de comunicación únicamente funciona conectado a un analizador. Véanse las hojas de datos correspondientes.

COPYRIGHT ©2019
Contenido sujeto a cambios. Descarga del PDF en continua actualización:
www.productselection.net

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

8.1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GESTOR ENERGÉTICO.

INGECON SUN

EMS para inversores INGECON® SUN 100TL

LA GESTIÓN ENERGÉTICA MÁS EFICIENTE PARA SISTEMAS DE AUTOCONSUMO CON INVERSORES INGECON® SUN 100TL

Los gestores energéticos INGECON® SUN EMS de Ingeteam (EMS: Energy Management System) están destinados a optimizar el consumo de energía en instalaciones de ámbito comercial e industrial desarrolladas con inversores fotovoltaicos INGECON® SUN 100TL. Su objetivo es aumentar en todo momento la tasa de generación de energía desde fuentes renovables, en función de las necesidades de consumo de la instalación.

Gestor energético inteligente
INGECON® SUN EMS gestiona los flujos de energía de la instalación a partir de la lectura de un vatímetro colocado en el punto de conexión, enviando consignas de funcionamiento a los diferentes inversores.

Conectividad avanzada
El INGECON® SUN EMS se conecta a los equipos de la instalación mediante su interfaz Ethernet o Wi-Fi (integrados de serie) y puede ser monitorizado con el software INGECON® SUN EMS Tools. Dicho software se utiliza también para configurar la estrategia de control del gestor EMS. Adicionalmente, este dispositivo cuenta con un puerto RS-485 para la comunicación con el vatímetro externo.

Máximo control de la energía consumida
El gestor energético de la instalación lleva un control exhaustivo de la cantidad de energía intercambiada con la red pública. Esta información es transferida en tiempo real desde el vatímetro al INGECON SUN® EMS, y estaría disponible para su visualización a través del software INGECON SUN® EMS Tools.

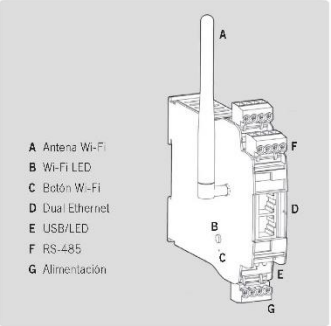
Múltiples instalaciones
Hay diversos tipos de sistemas que pueden ser controlados por un INGECON® SUN EMS:

- Autoconsumo con generación fotovoltaica.
- Hibridación diésel-generación fotovoltaica.
- Hibridación red pública-diésel-generación fotovoltaica.
- Monitorización.

Garantía estándar de 3 años

	EMS
Fuente de alimentación [1]	
Consumo de potencia	15 W
Alimentación	7 - 42 Vdc
Conectividad	
Wi-Fi	✓
Ethernet	2
RS-485	2
Actualización de FW desde la nube	✓
Estrategias EMS avanzadas	✓
Compatible con IS Board Interface	✓
Compatible con IS Monitor	✓
Interfaz de comunicación con otros equipos	
Inversores Ingeteam	Ethernet, Wi-Fi
Sistemas de monitorización	Ethernet, Wi-Fi, 3G [2]
Vatímetro	RS-485

Notas: [1] No suministrada por Ingeteam. [2] Se puede conectar un módem 3G externo usando la conexión Ethernet o Wi-Fi del dispositivo IS EMS.



www.ingeteam.com
solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

8.1.3. CERTIFICADO DE INYECCIÓN CERO DEL EQUIPO.

ENSAYOS PARA LA VERIFICACIÓN DE INVERSOR FV DE ACUERDO CON:
UNE 217001:2015 IN : "REQUISITOS Y ENSAYOS PARA SISTEMAS QUE EVITEN EL VERTIDO DE ENERGÍA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN"
&
ITC-BT-40 ANEXO I, "SISTEMAS PARA EVITAR EL VERTIDO DE ENERGÍA A LA RED" (RD244/2019)

Procedimiento PE.T-LE-62

Numero de Informe.....: 2218 / 0977 / E3

(*) Este informe modifica y sustituye al informe Nº 2218 / 0977 / E2
Ver Tabla de Histórico de Informes en página 2

Familia .....: INGECON SUN 3 PLAY

Modelo Ensayado.....: INGECON SUN 100 TL

Modelos Variantes.....: INGECON SUN 160 TL

SOLICITANTE

Nombre.....: SGS Tecnos, S.A. (Certification Body)

Dirección.....: C/ Trespaderne, 29 - Edificio Barajas 1
28042 MADRID (Spain)

Entidad Contratante.....: INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A.

Dirección.....: Av. Ciudad de la Innovación, 13
31621; Sarriguren, Navarra (España)

LABORATORIO DE ENSAYO

Nombre.....: SGS Tecnos, S.A. (Laboratorio de Ensayos)

Dirección.....: C/ Trespaderne, 29 - Edificio Barajas 1
28042 MADRID (España)

Ensayado por .....: Miguel Rodríguez
(Ingeniero de Proyecto)

SGS Tecnos, S.A.
Laboratorio de Ensayos E&E

Revisado y aprobado por.....: Omar Kalim
(Revisor Técnico)

Fecha de emisión.....: 06/05/2020

Número de páginas .....: 20

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 2 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

Nota Importante:

- Este documento es emitido por la Compañía en virtud de sus Condiciones Generales de servicio accesibles en http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Se llama la atención sobre la limitación de la responsabilidad, la indemnización y las cuestiones de jurisdicción que se definen en él. Se advierte a cualquier titular de este documento que la información contenida en el mismo refleja las conclusiones de la Compañía en el momento de su intervención únicamente y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si las hubiera. La única responsabilidad de la Compañía es para con su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción.
- Este documento no puede ser reproducido excepto en su totalidad, sin la aprobación previa por escrito de la Compañía. Toda alteración, falsificación o falsificación no autorizada del contenido o la apariencia de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.
- A menos que se indique lo contrario, los resultados que figuran en este informe de prueba se refieren únicamente a la(s) muestra(s) probada(s) tal como se recibió. La información de los modelos derivados o de extensión de la gama proporcionados por el solicitante (si los hay) se incluye en este informe sólo con fines informativos. La compañía SGS no será responsable por cualquier resultado incorrecto que surja de información poco clara, errónea, incompleta, engañosa o falsa proporcionada por el cliente.

Histórico de Informes:

Versión del Informe	Fecha	Resumen
2218/0977	15/11/2018	Emisión inicial
2218/0977/E1	10/04/2019	Cambios editoriales
2218/0977/E2	27/01/2020	Inclusión de evaluación según ITC-BT-40 Anexo I incluido por RD244/2019 y cambios editoriales.
2218/0977/E3	06/05/2020	Inclusión de modelos variantes INGECON SUN 160 TL. Modificación cambios editoriales.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 3 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

ÍNDICE

1 ALCANCE 4
2 INFORMACIÓN GENERAL 5
2.1 Periodo de Ensayo 5
2.2 Equipos a Ensayar 5
2.3 Definiciones 7
2.4 Lista de Equipos de Medida 7
2.5 Incertidumbre de Medida 7
2.6 Esquema de instalación de limitación de potencia 8
2.7 Listado de componentes de la instalación 9
3 RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO 10
4 RESULTADOS DE ENSAYO 11
4.1 Tolerancia en régimen permanente 12
4.2 Respuesta ante desconexiones de carga 12
4.3 Respuesta ante incrementos de potencia en la fuente de energía primaria 12
4.4 Actuación en caso de pérdida de comunicaciones 13
4.4.1 Desconexión alimentación Analizador de Potencia 13
4.4.2 Desconexión alimentación EMS Manager 13
4.4.3 Desconexión Comunicación EMS Manager-Analizador 13
4.5 Número máximo de generadores en paralelo 14
4.5.1 Tolerancia en regimen permanente 14
4.5.2 Desconexiones de carga 14
4.5.3 Máximo de generadores 15
5 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD 16
6 FOTOS 17
7 ESQUEMA ELÉCTRICO 20

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 4 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

1 ALCANCE

SGS Tecnos, S.A. (Laboratorio de Ensayos) ha sido contratado por INGETEAM POWER TECHNOLOGY con el fin de realizar los ensayos de acuerdo a lo enunciado en los siguientes documentos/normas para los cuales el laboratorio se encuentra acreditado bajo 17025 por ENAC (Acreditación Nº 5/LE011 Link):

- UNE 217001 IN cuyo título es "*Requerimiento y ensayos para sistemas que eviten el vertido de energía a la red de distribución*" con fecha octubre 2015.

En este informe se incluyen la evaluación de resultados bajo la siguiente norma:

- ITC-BT-40 Anexo I: "*Sistemas para evitar el vertido de energía a la red*" incluido por el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, *por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 5 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1 PERIODO DE ENSAYO

Los ensayos necesarios se han realizado a lo largo de 2 días de trabajo, entre el 24 de Octubre y el 25 de Octubre de 2018. Reevaluación de resultados entre 13 de Enero y 24 de Enero de 2020.

Todos los test se han realizado con condiciones ambientales de 25ºC ± 5ºC y 39%RH ± 10%.

LUGAR DE ENSAYO

Nombre.....:	INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A.
Dirección.....:	Av. Ciudad de la Innovación, 13 31621; Sarriguren, Navarra (España)

2.2 EQUIPOS A ENSAYAR

Tipo de aparato/ Instalación..... :	Inversor trifásico
Fabricante / Distribuidor / Instalador ..... :	INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A.
Marca..... :	INGETEAM
Modelo/ Tipo ..... :	INGECON SUN 3PLAY 100TL
Nº Serie..... :	380118291561
Versión del Software.... ..... :	ABS1004_C
Características nominales del inversor..... :	Input: MPPT1: 570-850 V_{dc}; (1100V_{max}); $I_{dc1,max}$=185 A. Output: 3x400 V_{ac}; $I_{ac,max}$=145A; 3~NPE ; 50 / 60 Hz; 100kW

Tipo de aparato/ Instalación..... :	Gestor Energético
Fabricante / Distribuidor / Instalador ..... :	INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A.
Marca..... :	INGETEAM
Modelo/ Tipo ..... :	INGECON SUN EMS
Nº Serie..... :	0AM162A01A35
Versión del Software.... ..... :	AAX1055_X

Particularidades de los elementos ensayados

Entrada .....:	DC (PV)
Salida.....:	3~NPE
Clase de protección frente a riesgos eléctricos .....:	Clase I
Tipo de conexión a la fuente principal.....:	Trifásica – Instalación fija
Grupo de refrigeración.....:	Ventiladores
Transformador de aislamiento .....:	No
Modular.....:	No

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 6 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

Placa de características:

Tipo: INGECON SUN 3 PLAY
Modelo ensayado de Inversor: INGECON SUN 100 TL

Modelos Variantes INGECON SUN 160 TL

Los modelos variantes han sido incluidos en este informe sin ensayos porque las siguientes características no cambian con respecto al modelo ensayado:

- Misma topología de etapas de potencia.
- Misma clase de aislamiento (transformador de baja frecuencia, de alta frecuencia o sin transformador.
- Mismo régimen de conexión CA (monofásico o trifásico)
- Corriente alterna nominal +50% y -80% con respecto al generador tipo ensayado.
- Mismo algoritmo de control referente a cada uno de los requisitos contemplados en este documento.
- Se consideran válidas las agrupaciones de varias etapas de potencia (sistemas modulares), sin ser necesaria la repetición de ensayos.

Se ha verificado el kit de autoconsumo de acuerdo con los procedimientos y límites establecidos por la norma de referencia.

Los resultados obtenidos se aplican solo a la muestra ensayada que es objeto del presente informe de ensayos. Los resultados más desfavorables de las verificaciones y ensayos realizados se recogen en este documento.

A lo largo de este informe una coma ~~(punto)~~ es usado como separador decimal.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 7 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

2.3 DEFINICIONES

ESE/EUT Equipo Bajo Ensayos

Pn Potencia nominal

2.4 LISTA DE EQUIPOS DE MEDIDA

Equipos de Medida Ingeteam:

EQUIPO	MARCA/MODELO	CÓDIGO	FECHA DE CALIBRACIÓN	
ANALIZADOR DE POTENCIA	YOKOGAWA / WT1800	IDAP04	05/04/2018	05/04/2019
TERMOHIGROMETRO	KIMO / KPA 320	IDDL04	15/09/2018	15/09/2019
PINZA AMPERIMETRICA	HIOKI / 3285	DIE.510051	01/03/2019	01/03/2020
MULTÍMETRO DIGITAL	FLUKE / 289	DIE.560010	19/06/2019	19/06/2020

2.5 INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

Magnitud	Incertidumbre
Incertidumbre de medida de tensión	±1.5%
Incertidumbre de medida de corriente	±2.0%
Incertidumbre de medida de frecuencia	±0.2%
Incertidumbre de medida de tiempo	±0.2%
Incertidumbre de medida de potencia	±2.5%
Ángulo de fase	±1º
cosφ	±0.01
Nota 1: Las incertidumbres de medida mostradas en esta tabla son las máximas incertidumbres permitidas. Las incertidumbres de medida asociadas con otros parámetros medidos durante los ensayos se encuentran a disposición para consulta en el laboratorio. Nota 2: Cuando la norma requiera incertidumbres menores que las mostradas en esta tabla, se aplicarán las más restrictivas.	

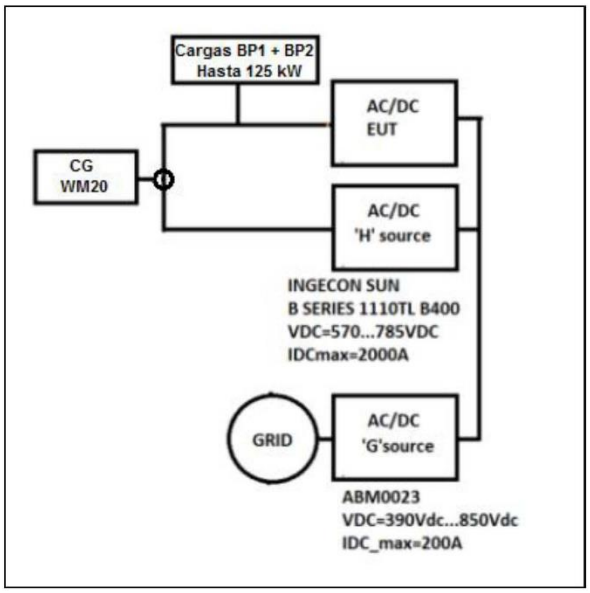
Las siguientes incertidumbres de medición han sido verificadas por los equipos utilizados (Osciloscopios y/o Analizadores de Potencia) según lo requerido específicamente por la norma para la realización de los ensayos:

Magnitud	Requisito de incertidumbre	Incertidumbre del equipo utilizado
Potencia (UNE 217001:2015 IN)	≤ 0,2 %	± 0,04 %
Potencia (ITC-BT-40 Anexo I)	≤ 0,5 %	± 0,04 %

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 8 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

2.6 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE LIMITACIÓN DE POTENCIA.



La bancada de ensayos usada incluye

EQUIPO	MARCA / MODELO	CARACTERÍSTICAS NOMINALES	PROPIETARIO / CODIGO IDENTIFICADOR
Fuente DC (Simulador PV)	--	Vdc = 390 – 850 Vdc Idc,max = 200A 110 KW	ABM0023
Fuente AC	Ingecon Sun B Series 1110TL B400	Vdc = 570 – 785 Vdc Vac=300-410 Vac Idc,max = 2000 A 1100 kW (400V)	--
Cargas	Ingeteam	Hasta 125 kW	BP1 + BP2

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 9 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

2.7 LISTADO DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ENSAYADA (ANALIZADOR DE POTENCIA)

Tipo de aparato/ Instalación..... :	ANALIZADOR DE REDES TRIFÁSICO
Fabricante / Distribuidor / Instalador ..... :	CARLO GAVAZZI
Marca..... :	CARLO GAVAZZI
Modelo/ Tipo ..... :	WM20 AV5 Smart Power Analyzer
Modelos Asimilables ……..:	Familia Carlo Gavacci WM con misma precisión (Clase 0,5S/0,5 (P) – Clase 2 (Q) Clase 0,2 A/V) o mejor
Nº Serie..... :	BS02300510
Versión del Software.… ..... :	rELA.1925 Year 2018
Características nominales..... :	Un (L-N) = 220-400 V; 50 Hz; I = 0.05-6 A; In= 5 A -25ºC to 55ºC; Clase 0,5S/0,5 (P) – Clase 2 (Q) Clase 0,2 A/V

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ENSAYADA (TRANSFORMADOR DE CORRIENTE)

Tipo de aparato/ Instalación..... :	Transformador de corriente trifásico de clase 0,2
Fabricante / Distribuidor / Instalador ..... :	CIRCUTOR
Marca..... :	CIRCUTOR
Modelo/ Tipo ..... :	TC6.2 / M70446
Modelos Asimilables ……..:	Clase: 0,2 o mejor.
Nº Serie..... :	5071807553 / 5094210902
Versión del Software.… ..... :	--
Características nominales..... :	Clase: 0,2; 300/5 A; 0,72/3kV; 50/60 Hz; I_{th}=60*I_n; I_{dyn}=2,5*I_{th}; 130ºC

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 10 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

3 RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO

INTERPRETACIÓN:

El objeto de ensayo cumple con el requerimiento ....: P Pasa

El objeto de ensayo no cumple con el requerimiento: F Falla

La especificación requiere realizar el ensayo sin especificar criterio de aceptación.....: R Realizado

Ensayo no aplicable al objeto de ensayo .....: N/A No aplica

Para hacer referencia a una tabla o anexo.....: Ver hoja adicional

Para indicar que el ensayo no ha sido realizado .....: N/R No realizado

Cap. UNE 217001:2015	Cap. ITC-BT-40 Anexo I	Sección Informe	Titulo	Resultados
5.1	I.3.1	4.1	Tolerancia en régimen permanente	P
5.2	I.3.2	4.2	Respuesta ante desconexiones de carga	P
5.3	I.3.3	4.3	Respuesta ante incrementos de potencia en la fuente de energía primaria	P
5.4	I.3.4	4.4	Actuación en caso de pérdida de comunicaciones	P
5.5	I.3.5	4.5	Determinación del número máximo de generadores	R
--	I.4	6	Evaluación de la conformidad	R

Nota: la conformidad de los resultados ha sido evaluada teniendo en cuenta la Guía IEC 115.

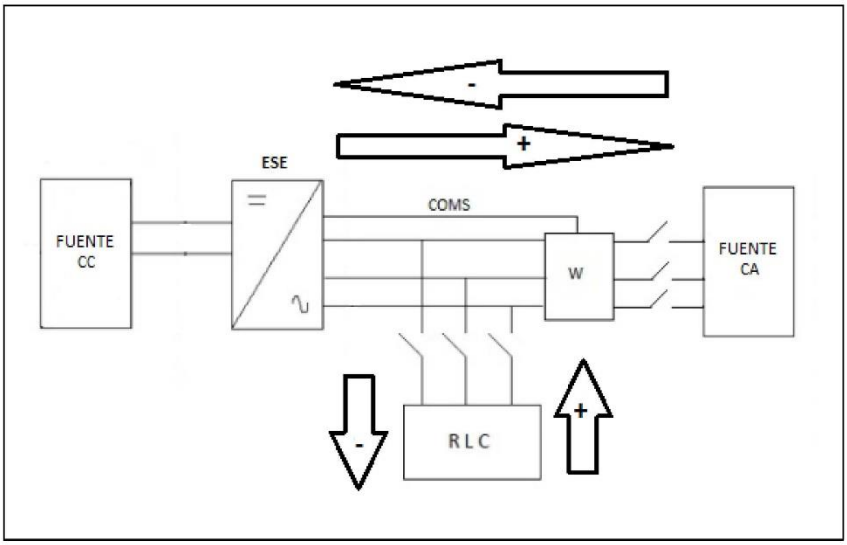
Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 11 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

4 RESULTADOS DE ENSAYO

Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro, en Vatios. Valores negativos indican que el sistema de inversor y cargas consume, es decir, no existe una inyección de potencia a la red, en esos casos, se han tomado los valores de consumo más cercanos a la inyección de potencia.

Criterio de signos para interpretación de datos:



En las tablas de resultados son positivos los valores de inyección de potencia desde el inversor hacia cargas, y negativos los valores consumidos por las cargas. También son negativos los valores desde red hacia cargas, de tal manera que si se produjese inyección desde el inversor hacia la red esto se vería como valores positivos.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 12 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

4.1 TOLERANCIA EN RÉGIMEN PERMANENTE

Potencia (kW)						Tiempo de registro (min)	Potencia inyectada (W) (*)	Límite de potencia inyectada (W)
Carga R (%)		Carga S (%)		Carga T (%)				
Deseada	Medida	Deseada	Medida	Deseada	Medida			
90-100	99,9	90-100	100,0	90-100	99,6	2,47	-9670	-660(**)
10-20	17,0	10-20	17,1	10-20	16,7	2,15	-6510	
0	0,5	0,00	0,5	0,00	0,3	2,43	-3630	
90-100	98,6	60-70	66,3	60-70	66,7	2,13	-42950	
60-70	66,7	60-70	66,9	60-70	66,5	2,48	-9370	
30-40	33,7	60-70	66,9	60-70	65,2	2,21	-64260	
0	0,5	60-70	67,2	60-70	65,0	2,31	-133720	

(*) Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro. Los casos en los que la potencia máxima inyectada está por encima del límite se corrigen en menos de 2s, de acuerdo a la norma.
(**) Este es el límite de potencia inyectada en trifásica, el límite para cada fase por separado es de -220 W
Nota 1: Ante el desequilibrio de carga de alguna fase, el inversor responde equilibrando la potencia de las tres fases a la potencia más baja y siendo suministrada el resto de la potencia demandada por la red.

4.2 RESPUESTA ANTE DESCONEXIONES DE CARGA

Carga inicial (% P_n)		Carga Final (% P_n)		Tiempo estabilización (s)	Tiempo límite (s)	Potencia inyectada (W) (*)	Límite de potencia inyectada (W)	Tiempo de registro (min)
Deseada	Medida	Deseada	Medida					
90-100	98,9	60-70	66,1	0,10	2,00	-3110	-660	2,70
90-100	98,8	30-40	33,2	1,25		-2720		2,42
90-100	99,0	0	0,4	0,65		-1198		2,46
60-70	66,0	30-40	33,2	0,10		-2313		2,27
60-70	66,0	0	0,4	1,20		-1159		2,43
30-40	33,1	0	0,4	1,75		-1194		2,17

Nota: Los datos mostrados en la tabla son los más desfavorables de las tres repeticiones realizadas por cada ensayo.

(*) Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro. Los casos en los que la potencia máxima inyectada está por encima del límite se corrigen en menos de 2s, de acuerdo a la norma.

4.3 RESPUESTA ANTE INCREMENTOS DE POTENCIA EN LA FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA

Potencia inicial PV (% Pn)		Carga Requerida (% Pn)		Potencia final PV (% Pn)		Tiempo estabilización (s)	Tiempo límite (s)	Potencia inyectada (W) (**)	Límite de potencia inyectada (W)	Tiempo de ensayo (min)
Deseada	Medida(*)	Deseada	Medida(*)	Deseada	Medida(*)					
40-50	44,5	60-70	64,5	>90	61,2	0,10	2,00	-3230	-660	2,53
40-50	44,5	60-70	64,4	>90	61,2	0,25		-3240		2,36
40-50	44,9	60-70	64,5	>90	61,2	0,50		-3230		3,29

Información suplementaria:
(*) Se realiza un incremento de la potencia de entrada del inversor desde la mitad hasta el 100 % de la potencia bajo las condiciones de carga especificadas (60-70 %). Debido al desequilibrio de las fases y puesto que el inversor ajusta la generación al de la fase con menor consumo, la potencia absorbida de PV no alcanza el valor deseado. Los datos mostrados son en referencia a la potencia nominal del inversor
(**) Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro. Los casos en los que la potencia máxima inyectada está por encima del límite se corrigen en menos de 2s, de acuerdo a la norma.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

4.4 ACTUACIÓN EN CASO DE PÉRDIDA DE COMUNICACIONES

Dentro de este punto encontramos 3 posibilidades de pérdidas de comunicaciones: Desconexión de la alimentación de alguno de los elementos (Analizador de potencia o EMS) o desconexión de las comunicaciones entre ellos. En el ensayo se ha comprobado que en caso de ocurrir cualquiera de las 3 situaciones descritas, el equipo limita potencia al 0%Pn sin desconectar.

4.4.1 Desconexión alimentación Analizador de Potencia

ANALIZADOR DE POTENCIA						
Carga Requerida (% Pn)	**Carga Medida (% Pn)**	**Potencia Final Requerida (% Pn)**	**Potencia Final Medida (% Pn)**	**Tiempo estabilización (s)**	**Tiempo límite (s)**	**Desconexión ó limitación de potencia**
60-70	64,2	0	-0,8	0,60	2,00	Limita 0%Pn
60-70	64,3	0	-0,8	0,75		Limita 0%Pn
60-70	64,3	0	-0,8	0,60		Limita 0%Pn

4.4.2 Desconexión alimentación EMS Manager

EMS MANAGER						
Carga Requerida (% Pn)	**Carga Medida (% Pn)**	**Potencia Final Requerida (% Pn)**	**Potencia Final Medida (% Pn)**	**Tiempo estabilización (s)**	**Tiempo límite (s)**	**Desconexión ó limitación de potencia**
60-70	61,6	0	-0,8	0,65	2,00	Limita 0%Pn
60-70	63,4	0	-0,8	0,70		Limita 0%Pn
60-70	63,4	0	-0,8	0,65		Limita 0%Pn

4.4.3 Desconexión Comunicación EMS Manager-Analizador

EMS MANAGER Y ANALIZADOR DE POTENCIA						
Carga Requerida (% Pn)	**Carga Medida (% Pn)**	**Potencia Final Requerida (% Pn)**	**Potencia Final Medida (% Pn)**	**Tiempo estabilización (s)**	**Tiempo límite (s)**	**Desconexión ó limitación de potencia**
60-70	63,4	0	-0,8	0,70	2,00	Limita 0%Pn
60-70	63,4	0	-0,8	0,68		Limita 0%Pn
60-70	63,4	0	-0,8	0,50		Limita 0%Pn

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 14 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

4.5 NÚMERO MÁXIMO DE GENERADORES EN PARALELO

4.5.1 Tolerancia en regimen permanente

Potencia (kW)						Tiempo de registro (min)	Potencia inyectada (W)(*)	Límite de potencia inyectada (W) (**)
Carga R (%)		Carga S (%)		Carga T (%)				
Deseada	Medida	Deseada	Medida	Deseada	Medida			
90-100	97,7	90-100	98,7	90-100	97,7	2,05	-2740	-660
10-20	16,9	10-20	17,1	10-20	16,8	2,51	-2170	
0	0,5	0,00	0,5	0,00	0,3	2,32	-1200	
90-100	98,6	60-70	66,3	60-70	66,7	2,12	-14140	
60-70	67,0	60-70	67,2	60-70	66,8	2,56	-3310	
30-40	33,7	60-70	66,6	60-70	65,2	2,62	-21180	
0	0,5	60-70	67,2	60-70	65,0	2,12	-44110	

(*) Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro. Los casos en los que la potencia máxima inyectada está por encima del límite se corrigen en menos de 2s, de acuerdo a la norma.
(**) Este es el límite de potencia inyectada en trifásica, el límite para cada fase por separado es de -220 W
Nota 1: Ante el desequilibrio de carga de alguna fase, el inversor responde equilibrando la potencia de las tres fases a la potencia más baja y siendo suministrada el resto de la potencia demandada por la red.
Nota 2: Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro, en Vatios. Valores negativos indican que el sistema de inversor y cargas consume, es decir, no existe una inyección de potencia a la red, en esos casos, se han tomado los valores de consumo más cercanos a la inyección de potencia.

4.5.2 Desconexiones de carga

Carga inicial (% P_n)		Carga Final (% P_n)		Tiempo estabilización (s)	Tiempo límite (s)	Potencia inyectada (W) (*)	Límite de potencia inyectada (W)	Tiempo de registro (min)
Deseada	Medida	Deseada	Medida					
90-100	94,6	60-70	63,2	0,05	2,00	-2786	-660	2,15
90-100	97,1	30-40	32,5	1,25		-2488		2,64
90-100	97,1	0	0,4	1,70		-1100		2,47
60-70	65,0	30-40	33,2	1,15		-2530		3,01
60-70	66,0	0	0,4	0,65		-1160		2,72
30-40	33,0	0	0,4	1,75		-1200		2,50

Nota: Los datos mostrados en la tabla son los más desfavorables de las tres repeticiones realizadas por cada ensayo.

(*) Potencia máxima inyectada durante el tiempo de registro. Los casos en los que la potencia máxima inyectada está por encima del límite se corrigen en menos de 2s, de acuerdo a la norma.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 15 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

4.5.3 Máximo de generadores

Basado en los resultados anteriores tal y como se establece en la normativa se aplica la siguiente fórmula para el cálculo del número máximo de inversores en paralelo.

$$N \leq \frac{2 - t1}{tr} + 1$$

N: Máximo número de generadores en paralelo que es posible incluir en el sistema.
t1: Tiempo de respuesta con un único inversor. Se tomará el tiempo de respuesta máximo obtenido.
tr: Diferencia entre el tiempo de respuesta máximo con uno y dos inversores (t2-t1).

Valores usados: t2= 1,75 s; t1= 1,75 s; tr=0,00 s
El número máximo de inversores es N<= infinito

Nota:
Con los resultados obtenidos aplicando la fórmula de la norma el resultado es una indeterminación. Sin embargo, se observa que el tiempo máximo medido con 2 inversores t2 ha sido igual que el medido con 1 inversor t1. Basado en este hecho, no se puede determinar influencia en el tiempo de respuesta ante el aumento de inversores en paralelo por lo que el número máximo de inversores en paralelo podría ser ilimitado.

Adicionalmente el fabricante presenta el estudio AAX7060IPD04 donde se concluye que el número máximo de generadores en paralelo a gestionar por el sistema es de 75.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 16 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

5 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

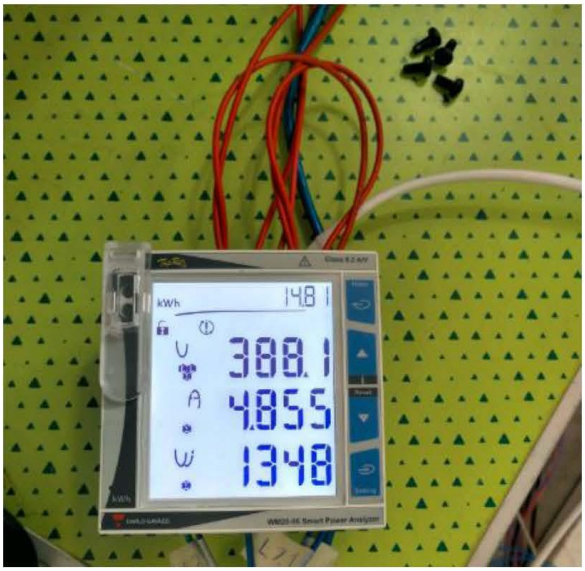
La evaluación de la conformidad con los requisitos del anexo I de la ITC-BT-40 de los sistemas para evitar el vertido de energía a la red, tanto si están integrados en el generador, como si son externos, viene detallada a continuación según los requisitos definidos del apartado I.4 de la norma de referencia antes indicada.

1	Esquema básico del sistema, incluyendo la forma de conexión del generador, las protecciones que deben existir o colocar en la instalación y las precauciones aplicables sobre la potencia de las cargas y tipos de receptores que puedan conectarse en los circuitos alimentados simultáneamente por la red y el generador, dependiendo de su conexión a la instalación de autoconsumo.	Ver apartado 2.6 de este informe.
2	Equipo de medida de potencia y clase de los transformadores de medida para medida de potencia.	Ver apartado 2.7 de este informe.
3	Elemento de control. En caso de que vaya incluido en alguno de los dispositivos del sistema, por ejemplo, en el equipo de medida de potencia o en el generador, deberá quedar reflejado.	EMS Manager (dispositivo externo) EMS Board (dispositivo interno)
4	Tipo de comunicaciones empleado entre los diferentes elementos.	Ethernet RS-485
5	Generadores tipo para los que el sistema es válido.	Ver apartado 2.2 de este informe.
6	Potencia del generador tipo ensayado y generadores / equipos de medida asimilables.	Ver apartado 2.2 de este informe.
7	Algoritmo de control.	Ver apartado 2.2 de este informe.
8	Características eléctricas del generador.	Ver apartado 2.2 de este informe.
9	Número máximo de generadores a conectar.	Ver apartado 4.5.3 de este informe.
10	Informe de ensayos de las pruebas especificadas en el apartado I.3 realizado por un laboratorio de ensayos acreditado según UNE-EN ISO/IEC 17025.»	Con el logo de ENAC y la referencia de del apartado 1 de este informe se evidencia el requisito de acreditación. Ver resultados de ensayo con respecto al punto I.3 en el apartado 4 de este informe.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 17 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

6 FOTOS

ANALIZADOR DE POTENCIA


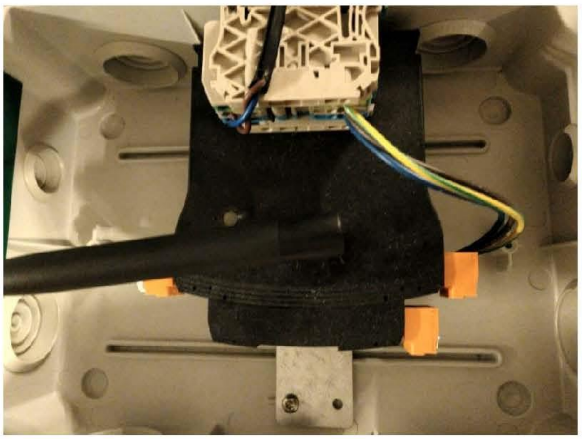
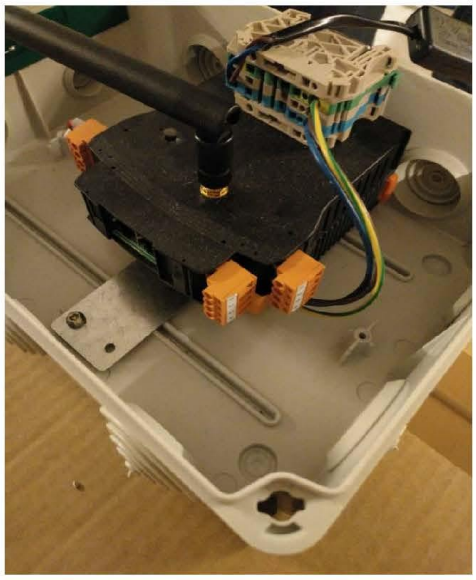
Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 18 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

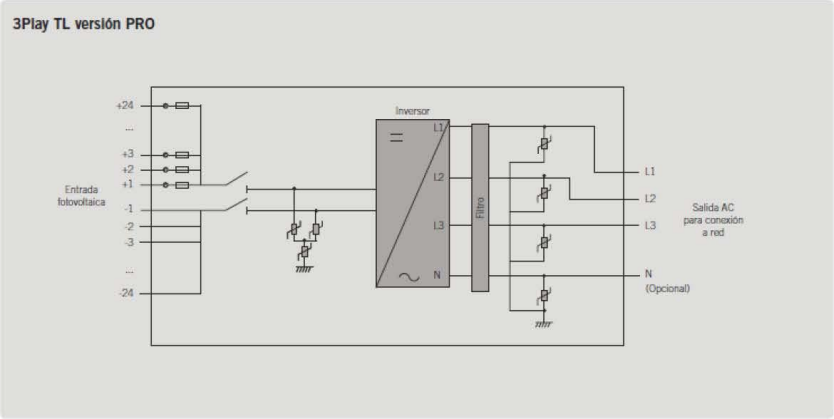
SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 19 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

EMS MANAGER



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

SGS	Informe Nº 2218 / 0977 / E3	Pág 20 de 20
UNE 217001:2015 IN & ITC-BT-40 Anexo I (RD244/2019)		

7 ESQUEMA ELÉCTRICO



Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

9. MONITORIZACIÓN DE LA ENERGÍA PRODUCIDA.

Se dispondrá de un sistema de monitorización de la energía generada por la planta solar fotovoltaica, el sistema planteado es el PowerTag de Schneider o similar, contando con unos equipos de medición de energía mediante sensores inalámbricos, una pasarela tipo PowerTag Link mediante IoT, dispositivo que sirve como punto de conexión entre la nube y el sensor de energía inalámbrico y todos estos datos de generación de energía se podrán consultar desde cualquier PC o dispositivo móvil a través de un router 3G que se instalará en la caseta del centro de transformación en las inmediaciones de la balsa. Para ello se utilizará un servidor cloud Windows server 2016 o similar, todas las características de los equipos están especificada en el Pliego de Condiciones del presente proyecto.

- PowerLogic TM. (A9MEM159). Dispositivo de medida con una precisión de Clase 1 compacto y fácil de instalar que monitoriza la energía y la potencia en tiempo real. Se comunica vía ZigBee con el concentrador.

- Concentrador PowerLink C+, compatible con Zigbee, dispositivo que concentra las señales de uno o más Power tag y envía a la nube de Schneider vía Ethernet IP.

- Para poder enviar los datos a la nube de los dispositivos de monitorización se necesita un router 3G, con una tarjeta de datos de al menos 10 GB mensuales, para este propósito se ha seleccionado el router industrial MTX-TITAN II-S, dada su versatilidad que soporta redes LTE(5G), 4G, 3G, GSM,…

Estos dispositivos estarán alojados en cuadro principal de la nueva instalación fotovoltaica, con objeto de monitorizar por completo la instalación fotovoltaica y medir incluso las pérdidas que se puedan originar en el transporte y transformación de energía. Para ello el dispositivo de medida se ubicará aguas debajo de interruptor de salida de AC de la instalación, el que agrupará los 4 inversores.

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com

10. CONCLUSIONES.

Una vez descrito y justificado lo constituyente del presente documento, en relación a todos los elementos que en el intervienen y de conformidad con las disposiciones que lo regulan, el ingeniero redactor abajo firmante lo da por finalizado, elevándolo a la consideración de los organismos competentes para su revisión, y si procede, aprobación, quedando a la disposición de los mismos para cuantas aclaraciones y correcciones se consideren necesarias.

Y para que conste a los efectos oportunos firma el presente documento a octubre de 2022.

El Ingeniero Agrónomo

Francisco López López

Nº colegiado 3000772 COIARM

Zenit INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS
C/ CORREDERA Nº24 2ºC
30800 LORCA (MURCIA)
Tlf.: 968 47 20 16
estudio.zenit@gmail.com