COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño y Análisis de la Estructura Modular y la Instalación Fotovoltaica en un Pabellón Multiservicios Sostenible de 3000 m²

Autor: Brígido Navarro Vicent

Directora: Tamar Awad Parada

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Diseño y Análisis de la Estructura Modular y la Instalación Fotovoltaica en un Pabellón Multiservicios Sostenible de 3000 m²

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/24 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

BRIGIDO| NAVARRO| VICENT

Firmado digitalmente por BRIGIDO|NAVARRO|VICENT
Fecha: 2024.08.27 12:08:02 +02'00'

Fdo.: Brígido Navarro Vicent Fecha: ……/ ……/ ……

Autorizada la entrega del proyecto

LA DIRECTORA DEL PROYECTO



Fdo.: Tamar Awad Parada Fecha: ……/ ……/ ……

COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño y Análisis de la Estructura Modular y la Instalación Fotovoltaica en un Pabellón Multiservicios Sostenible de 3000 m²

Autor: Brígido Navarro Vicent

Director: Tamar Awad Parada

Madrid

DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA MODULAR Y LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN UN PABELLÓN MULTISERVICIOS SOSTENIBLE DE 3000 M²

Autor: Navarro Vicent, Brígido.
Directora: Awad Parada, Tamar.
Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Introducción

Este proyecto de fin de máster tiene como objetivo la planificación y el diseño estructural de un pabellón multiservicios de 3000 m² en una localidad de Valencia, integrando una instalación fotovoltaica para promover la sostenibilidad. El proyecto se desarrolla utilizando programas especializados como CYPE Ingenieros para los cálculos estructurales y AutoCAD para la creación de planos detallados.

2. Definición del Proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una estructura modular metálica para un pabellón deportivo, junto con la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica. Este enfoque combina eficiencia energética y sostenibilidad, adaptándose a las normativas vigentes y a los criterios de diseño ecológico.

3. Descripción del Modelo/Sistema/Herramienta

Para los cálculos estructurales se utilizó CYPE Ingenieros, una herramienta avanzada para análisis y diseño estructural. AutoCAD se empleó para la elaboración de planos detallados del pabellón, mientras que Arquímedes se utilizó para la creación del presupuesto del proyecto. El sistema fotovoltaico se diseñó utilizando PVGIS para simular la producción de energía basada en datos meteorológicos.

4. Resultados

El diseño estructural del pabellón multiservicios cumple con todas las normativas de seguridad y eficiencia energética. La instalación fotovoltaica proyectada permitirá una producción significativa de energía renovable, reduciendo la dependencia de fuentes no sostenibles. Los cálculos y simulaciones realizados aseguran que tanto la estructura como la instalación solar cumplen con los requisitos de estabilidad, seguridad y eficiencia.

5. Conclusiones

El proyecto ha demostrado la viabilidad de combinar estructuras modulares metálicas con instalaciones fotovoltaicas para crear edificaciones sostenibles. La utilización de herramientas avanzadas como CYPE y AutoCAD ha garantizado la precisión en el diseño y la planificación. Este enfoque no solo favorece el medio ambiente, sino que también proporciona una solución eficiente y práctica para la construcción de espacios deportivos multifuncionales**.**

DESIGN AND ANALYSIS OF THE MODULAR STRUCTURE AND PHOTOVOLTAIC INSTALLATION IN A SUSTAINABLE 3000 M² MULTI-SERVICE PAVILION

Author: Navarro Vicent, Brígido.
Supervisor: Awad Parada, Tamar.
Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

1. Introduction

This final master´s degree project aims at planning and structurally designing a 3000 m² multi-purpose pavilion in a locality in Valencia, integrating a photovoltaic installation to promote sustainability. The project is developed using specialized software such as CYPE engineers for structural calculations and AutoCAD for detailed plan creation.

2. Project Definition

The project involves designing a modular metal structure for a sports pavilion, along with the implementation of a solar photovoltaic energy system. This approach combines energy efficiency and sustainability, adhering to current regulations and ecological design criteria.

3. Description of the Model/System/Tool

CYPE engineers was used for structural calculations, offering advanced tools for structural analysis and design. AutoCAD was employed for the detailed drafting of the pavilion plans, while Arquímedes was used for creating the project budget. The photovoltaic system was designed using PVGIS to simulate energy production based on meteorological data.

4. Results

The structural design of the multi-purpose pavilion meets all safety and energy efficiency regulations. The projected photovoltaic installation will enable significant production of renewable energy, reducing dependence on unsustainable sources. The calculations and simulations performed ensure that both the structure and the solar installation meet the requirements for stability, safety, and efficiency.

5. Conclusions

The project has demonstrated the feasibility of combining modular metal structures with photovoltaic installations to create sustainable buildings. The use of advanced tools such as CYPE and AutoCAD has ensured precision in design and planning. This approach not only benefits the environment but also provides an efficient and practical solution for constructing multi-functional sports facilities.

Índice de la memoria

Memoria ***7***

Capítulo 1. Introducción ***8***

1.1 Introducción 8

1.2 Estado de la Cuestión 9

1.3 Motivación 10

1.4 Alineación con los Objetos de Desarrollo Sostenible 10

1.5 Metodología de Trabajo 11

1.6 Recursos a Emplear 12

1.6.1 Diagrama de Flujo *13*

Capítulo 2. Necesidades Específicas ***14***

2.1 Configuración de Espacios 14

2.2 Organización del Plano 14

2.2.1 Zonas de Servicios para Atletas *17*

2.2.2 Áreas de Apoyo Especializadas *18*

2.2.3 Zona para el Público *19*

Capítulo 3. Estructura modular ***22***

3.1 Vista General de la Estructura 22

3.2 Normativa Aplicada 25

3.3 Limpieza, Desbroce y Movimiento de Tierras 26

3.4 Cimientos 27

3.4.1 Zapatas y Vigas de Atado *28*

3.5 Placas de Anclaje 29

3.6 Cerramientos 29

3.6.1 Estructura Principal *29*

3.6.2 Edificio Anexo Lateral *30*

3.7 Estructura Modular 31

3.7.1 Cubierta *31*

3.7.2 Fachadas Laterales *32*

3.7.3 Pórtico de Fachada *32*

3.7.4 Pórtico Interior ... *33*
3.7.5 Edificio Lateral Anexo ... *34*

Capítulo 4. Sistema Fotovoltaico ... ***35***
4.1 Introducción ... 35
4.2 Normativa aplicada ... 36
4.3 Evaluación de un Consumo Real ... 37
4.4 Análisis de la Instalación Requerida ... 38
4.4.1 Panel Fotovoltaico ... *38*
4.4.2 Inversor ... *41*
4.4.3 Conexión de los Paneles Fotovoltaicos ... *43*
4.4.4 Contador Inteligente ... *47*
4.4.5 Estructura de Montaje ... *48*
4.4.6 Circuito CC ... *50*
4.4.7 Circuito CA ... *52*
4.5 Producción Energética ... 54
4.5.1 Cálculo de Irradiación Anual con PVGIS ... *54*
4.6 Potencia Solicitada ... 59

Capítulo 5. Presupuesto ... ***60***

Capítulo 6. Conclusiones y Trabajos Futuros ... ***63***

Anexo I 64

Capítulo 7. Programas Empleados ... ***65***

Capítulo 8. Materiales Empleados ... ***66***
8.1 Acero ... 66
8.1.1 Acero laminado S275 ... *66*
8.1.2 Acero conformado S235 ... *67*
8.1.3 Acero corrugado B500S ... *68*
8.2 Hormigón ... 68
8.2.1 Hormigón armado HA-30/F/20/XC2 ... *68*
8.2.2 HORMIGÓN DE LIMPIEZA HL-150/B/20 ... *69*

Capítulo 9. Cargas Sobre la Estructura..... 70

9.1 Cargas Permanentes (G)..... 70

9.2 Cargas Variables (Q)..... 71

9.2.1 Sobrecarga de Uso..... 71

9.2.2 Viento..... 72

9.2.3 Nieve..... 76

Capítulo 10. Análisis de los Sub-sistemas Estructurales..... 78

10.1 Datos y Comprobaciones de las Correas..... 78

10.1.1 Correas de Cubierta..... 79

10.1.2 Correas Laterales..... 82

10.2 Sistema de Cimentación..... 86

10.2.1 Zapata Estructura Principal..... 89

10.2.2 Zapata Fachada Frontal..... 91

10.3 Pórtico de Fachada Frontal..... 93

10.4 Pórtico Interior..... 94

10.5 Fachada Lateral..... 95

10.6 Cubierta..... 96

10.7 Verificaciones Fachadas, Pórticos y Cubierta..... 97

10.7.1 Verificación de Resistencia..... 97

10.7.2 Verificación de Deformación (Flecha)..... 97

Referencias 98

Planos 100

Índice de figuras

Ilustración 1 Diagrama de Flujo 13
Ilustración 2 Espacios Útiles N.I.D.E. 14
Ilustración 3 Disposición Principal 15
Ilustración 4 Disposición Transversal 1 15
Ilustración 5 Disposición Transversal 2 16
Ilustración 6 Diagrama organización espacial 16
Ilustración 7 Planta de asientos para el público 20
Ilustración 8 Distribución en Planta Instalaciones 21
Ilustración 9 Modelo 3D Estructura 22
Ilustración 10 Vista 2D Fachada Lateral 23
Ilustración 11Vista 2D Fachada Frontal 23
Ilustración 12 Vista 2D Cubierta 24
Ilustración 13 Modelo 3D Cimentaciones 27
Ilustración 14 Distribución Zapatas y Vigas de Atado 28
Ilustración 15 Placa de anclaje de Pilar Lateral 29
Ilustración 16 Características Panel utilizado en Cerramientos 30
Ilustración 17 Cubierta 31
Ilustración 18 Fachada Lateral 32
Ilustración 19 Pórtico de Fachada 32
Ilustración 20 Pórtico Interior 33
Ilustración 21 Modelo 3D Edificio Anexo 34
Ilustración 22 Características Paneles Fotovoltaicos 40
Ilustración 23 Características Inversor 42
Ilustración 24 Diagrama Trigonométrico Paneles [7] 45
Ilustración 25 Planta de Cubierta con Paneles 47
Ilustración 26 Ficha Técnica Soporte Paneles 49
Ilustración 27 Perfil cf-300x4.0 67
Ilustración 28 CTE Acciones 70

Ilustración 29 Zonas geográficas para hallar vb 72
Ilustración 30 Coeficiente de Presión 74
Ilustración 31 Cubierta con direcciones del viento 75
Ilustración 32 Zonas Geográficas para Carga de Nieve 76
Ilustración 33 Portico Interior con Correas 78
Ilustración 34 Perfil CF-300x4.0 79
Ilustración 35 Elementos Pórtico de Fachada 93
Ilustración 36 Elementos Pórtico Interior 94
Ilustración 37 Elementos Fachada Lateral 95
Ilustración 38 Elementos Cubierta 96

Índice de tablas

Tabla 1- Generación Anual Instalación 38
Tabla 2- Características Contador Inteligente 48
Tabla 3 Tabla 2 ITC-BT-19 51
Tabla 4 Tabla 2 ITC-BT-19 53
Tabla 5 Irradiación Anual de la Instalación (PVGIS) 55
Tabla 6 Factores de Utilización 56
Tabla 7 Factores de Utilización Segun RD661/2007 56
Tabla 8 Producción por horas 57
Tabla 9 Producción Mensual 58
Tabla 10 Resumen Perfiles con Características Mecánicas 67
Tabla 11- Categorias Sobrecargas de Uso CTE 71
Tabla 12 Grado de Aspereza 73
Tabla 13 Mediciones de Correas 78
Tabla 14 Datos de Correas de Cubierta 79
Tabla 15 Verificación Resistencia 79
Tabla 16 Características CF-300x4.0 79
Tabla 17 Verificación Flecha 81
Tabla 18 Datos de Correas Laterales 82
Tabla 19 Verificación Resistencia 82
Tabla 20 Características Perfil CF-300x4.0 82
Tabla 21 Verificación Flecha 85
Tabla 22 Resumen Zapatas 88
Tabla 23 Verificaciones sobre Zapata 90
Tabla 24 Verificaciones sobre Viga de Atado 91
Tabla 25 Verificaciones Zapata N85 92
Tabla 26 Verificaciones sobre Viga de Atado 92

MEMORIA

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto de fin de máster tiene como objetivo la planificación y el cálculo de la estructura de un pabellón multiservicios en una localidad de Valencia. El pabellón abarca un área total de 3000 m² y se compone de la unión de 5 parcelas contiguas. Para llevar a cabo los cálculos estructurales del proyecto, se utilizará el programa CYPE Ingenieros, mientras que la creación de los planos se realizará con AutoCAD.

El diseño abarca diversos aspectos, como la ubicación de la nave en la parcela, la distribución en planta y el cálculo tanto de la estructura como del sistema de cimientos. Además, se empleará el software Arquímedes para la elaboración detallada del presupuesto, asegurando una gestión económica precisa y eficiente del proyecto.

Un componente esencial de este proyecto es la sostenibilidad. Se ha diseñado una instalación de placas fotovoltaicas que permitirá al pabellón ser autosuficiente en términos de energía, reduciendo su impacto ambiental y promoviendo prácticas sostenibles. Este enfoque no solo asegura el cumplimiento de las normativas vigentes, sino que también contribuye a la protección del medio ambiente y a la eficiencia energética del edificio.

1.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Este proyecto está enfocado en el diseño y cálculo de una estructura metálica de una nave en CYPE, este incluye varias tendencias y avances tecnológicos clave en la industria de las estructuras metálicas. A continuación, se presentan algunas de las tendencias más relevantes:

Impresión 3D de Metal: Esta tecnología está revolucionando la fabricación de componentes metálicos, permitiendo crear estructuras más ligeras, fuertes y resistentes a la corrosión. Ofrece la ventaja de personalizar la producción, reducir el desperdicio de material y acelerar los plazos de construcción.

Inteligencia Artificial en Diseño Estructural: Los algoritmos de IA se utilizan para analizar grandes conjuntos de datos y realizar cálculos complejos, lo que permite diseñar estructuras más eficientes y seguras. Una aplicación destacada es la optimización topológica, que busca la disposición más eficiente de material en una estructura, reduciendo el peso sin comprometer la resistencia y disminuyendo la huella de carbono.

Detección Temprana de Defectos y Mantenimiento Predictivo: La IA también juega un papel crucial en la detección temprana de defectos y el mantenimiento predictivo, aumentando la seguridad y prolongando la vida útil de las estructuras metálicas.

Técnicas de Soldadura de Vanguardia: La soldadura por fricción-agitación y la soldadura asistida por láser son innovaciones que mejoran la calidad y resistencia de las uniones metálicas, siendo especialmente útiles en aplicaciones que requieren soldaduras de alta calidad.

Estas tendencias destacan la importancia de la innovación tecnológica en el diseño y fabricación de estructuras metálicas modulares. Sin embargo, no pude encontrar información específica sobre investigaciones recientes directamente relacionadas con el diseño de estructuras modulares metálicas en CYPE.

1.3 MOTIVACIÓN

El propósito de este proyecto es demostrar los conocimientos adquiridos en el Máster Universitario en Ingeniería Industrial, así como en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, específicamente en el ámbito del cálculo y análisis estructural y diseño de instalaciones eléctricas. Este trabajo presentará un proyecto basado en un caso real, teniendo en cuenta la legislación, las normativas y los reglamentos de obligado cumplimiento, lo que permite la conclusión exitosa del Máster.

Además, cabe destacar que este proyecto es una oportunidad de adquirir habilidades prácticas y eficientes en el manejo de programas especializados como CYPE para cálculos estructurales, Arquímedes y AutoCAD. La aplicación fluida de estas herramientas no solo potencia el desarrollo exitoso de este proyecto, sino que también contribuye al crecimiento profesional al dominar tecnologías ampliamente utilizadas en el campo de la ingeniería y el diseño.

1.4 ALINEACIÓN CON LOS OBJETOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La alineación del proyecto del pabellón multiservicio con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es crucial para garantizar su funcionalidad y contribuir al bienestar local. Se resalta la importancia de la planificación urbana sostenible y la eficiencia energética, así como la implementación de tecnologías innovadoras y el uso de prototipado avanzado.

En el diseño preliminar, se da prioridad a la distribución espacial y a la incorporación de iluminación natural. Estas consideraciones, en conjunto, refuerzan la responsabilidad social del proyecto y promueven el desarrollo sostenible, mejorando significativamente la calidad de vida en la localidad.

1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la metodología del proyecto se ha dividido en las siguientes fases:

1. **Planificación:** Definición de objetivos, alcance y plazo de entrega.
2. **Análisis del Solar:** Evaluación detallada de la ubicación de la nave en la parcela, considerando factores como topografía, accesibilidad y normativas locales.
3. **Diseño Preliminar:** Desarrollo de propuestas iniciales, así como su distribución en planta o el tipo de nave que se quiere construir.
4. **Cálculos Estructurales:** Aplicación del programa CYPE para realizar análisis y cálculos detallados de la estructura, asegurando su estabilidad y cumplimiento de normativas.
5. **Diseño Detallado y distribución en Planta:** Utilización de AutoCAD para la creación de planos detallados que servirán como guía para la construcción.
6. **Cálculo de instalación fotovoltaica:** Calculo de las instalaciones eléctricas para la posterior instalación de placas fotovoltaicas.

Todas estas fases deben ser complementadas junto con la colaboración y comunicación del cliente (tutor en este caso). Reuniones periódicas para discutir avances y ajustes. Retroalimentación constante que garantiza el cumplimiento de expectativas y adaptaciones oportunas en el diseño del proyecto

1.6 RECURSOS A EMPLEAR

Para el desarrollo de este proyecto se va a necesitar tanto Herramientas de Software como equipamiento físico para la impresión en 3D. A continuación, están enumeradas las principales herramientas para el desarrollo de la nave y su prototipo.

1. **CYPE:** Utilizado para realizar los cálculos estructurales de la nave. Esta herramienta proporciona capacidades avanzadas de análisis y diseño estructural, permitiendo evaluar la estabilidad y seguridad de la estructura como anteriormente nombrado en la metodología.

2. **AutoCAD:** Empleado para la creación de planos detallados del pabellón. AutoCAD es una herramienta estándar en diseño arquitectónico que facilita la representación gráfica precisa de elementos estructurales.

3. **Arquímedes:** Utilizado para la elaboración del presupuesto de nuestro proyecto. Con esta herramienta, hemos podido integrar los listados extraídos de CYPE y los precios recomendados, permitiendo una planificación económica precisa y eficiente.

4. **PVGIS:** empleado para el análisis de la irradiación solar y la estimación de producción energética de las instalaciones fotovoltaicas estudiadas.

5. **Excel:** utilizado para la gestión y organización de datos, así como para realizar cálculos y análisis complementarios.

1.6.1 DIAGRAMA DE FLUJO



Ilustración 1 Diagrama de Flujo

Capítulo 2. NECESIDADES ESPECÍFICAS

2.1 CONFIGURACIÓN DE ESPACIOS

En este apartado se especificarán las áreas de los diversos espacios que comprenden el complejo deportivo multifuncional. Lo que es la estructura principal de nuestra nave a dos aguas alberga la zona de pistas deportivas junto con las gradas y el gimnasio mientras que en nuestro edificio anexo albergará todo el resto de espacios complementarios a la práctica deportiva como pueden ser baños, enfermería o vestuarios.

2.2 ORGANIZACIÓN DEL PLANO

Para este proyecto, nos hemos centrado principalmente en asignar el espacio requerido para las actividades deportivas acorde a las normas N.I.D.E. [1] Las cuales tienen como objetivo definir las condiciones reglamentarias y de diseño que deben considerarse en la construcción de instalaciones deportivas. Luego, se ha procedido a repartir y distribuir el resto de los espacios de forma que nuestras instalaciones sean prácticas y con el mayor aprovechamiento del espacio posible.

ESPACIOS ÚTILES AL DEPORTE
PABELLONES POLIDEPORTIVOS

TIPO	DIMENSIONES (1)			
	Anchura (m)	Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m^2)
Pabellón I (PB1)	30	48	8,00 – 10,00	1.440
Pabellón I (PB2)	32	48	8,00 – 10,00	1.536

(1) Las dimensiones son útiles no incluyen el espesor de los muros perimetrales.

Ilustración 2 Espacios Útiles N.I.D.E.

Se ha elegido el segundo tipo mostrado en la ilustración 2 de pabellón debido a su versatilidad, este tipo de pabellón se caracteriza por poder practicarse deporte tanto de forma longitudinal cómo transversal y dependiendo de la distribución se pueden practicar unos deportes u otros. A continuación, se mostrarán 3 ilustraciones en las que se podrá ver las distintas distribuciones posibles para la práctica de estos deportes. Entre los deportes que se pueden practicar encontramos el balonmano, baloncesto, Badminton, hockey sala, fútbol sala, tenis y muchos otros deportes. Otra ventaja de este tipo de pabellón es que se puede aprovechar el recinto para otro tipo de actividades no deportivas como puede ser ocio o actos oficiales.

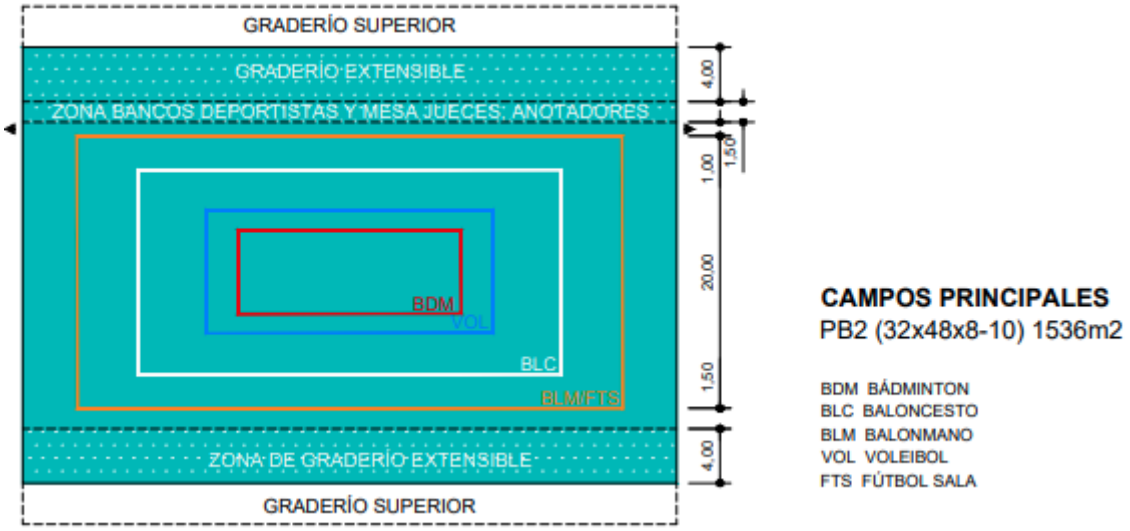


Ilustración 3 Disposición Principal

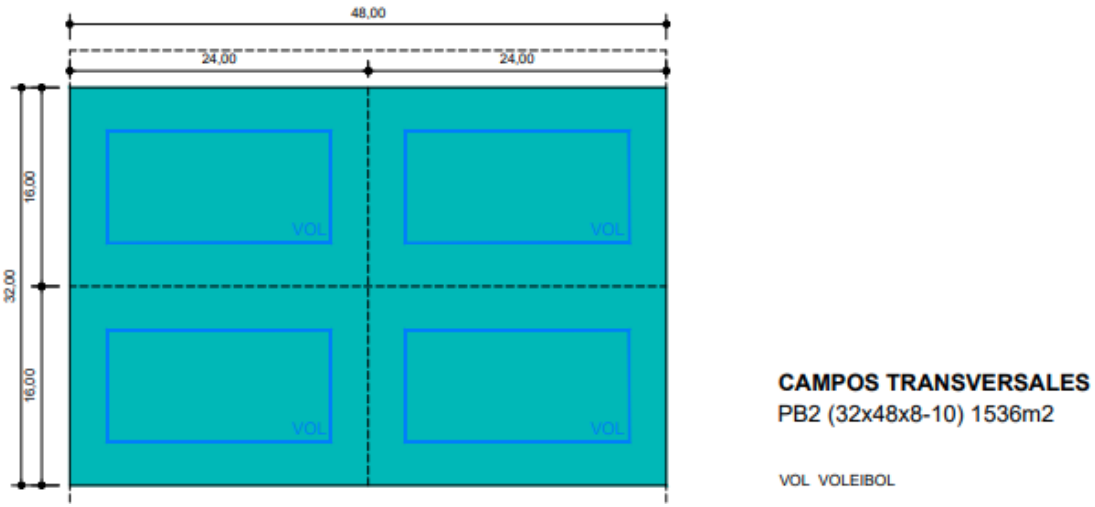


Ilustración 4 Disposición Transversal 1

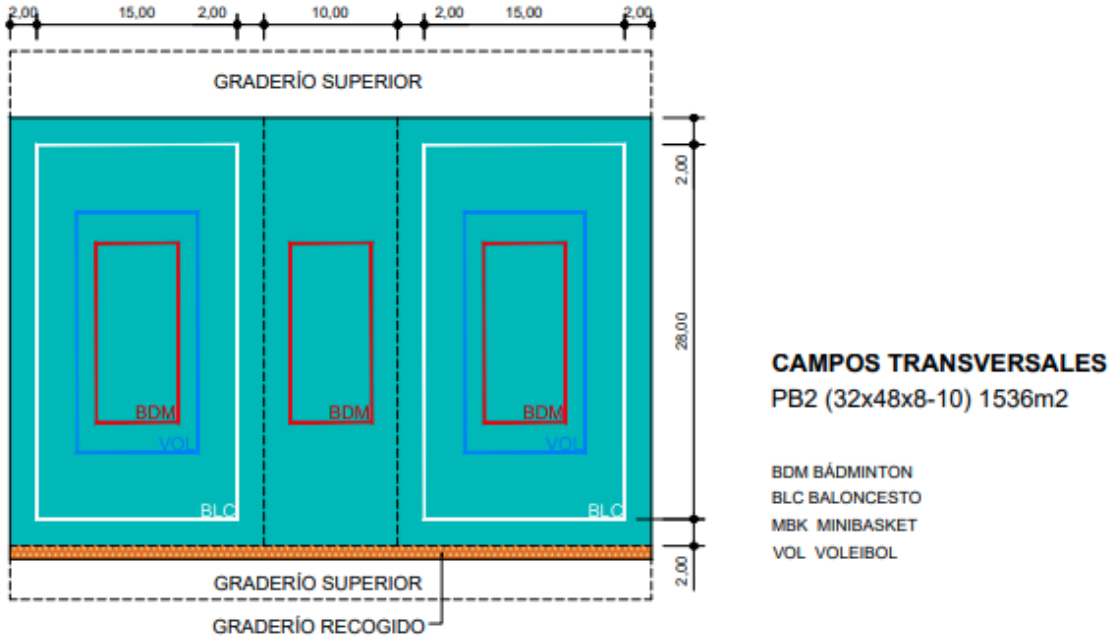


Ilustración 5 Disposición Transversal 2

Tras haber asignado en el espacio adecuado para la actividad deportiva, hemos realizado un diagrama en el que hemos de forma visual relacionado las distintas áreas de nuestro pabellón mediante flechas para así poder distribuir el resto de los espacios de la forma más práctica posible. En este diagrama unimos unas áreas con otras siempre y cuando se encuentren de forma adyacente. Tras hacer varios diagramas finalmente decidimos quedarnos con esta última distribución mostrada en la ilustración 6:

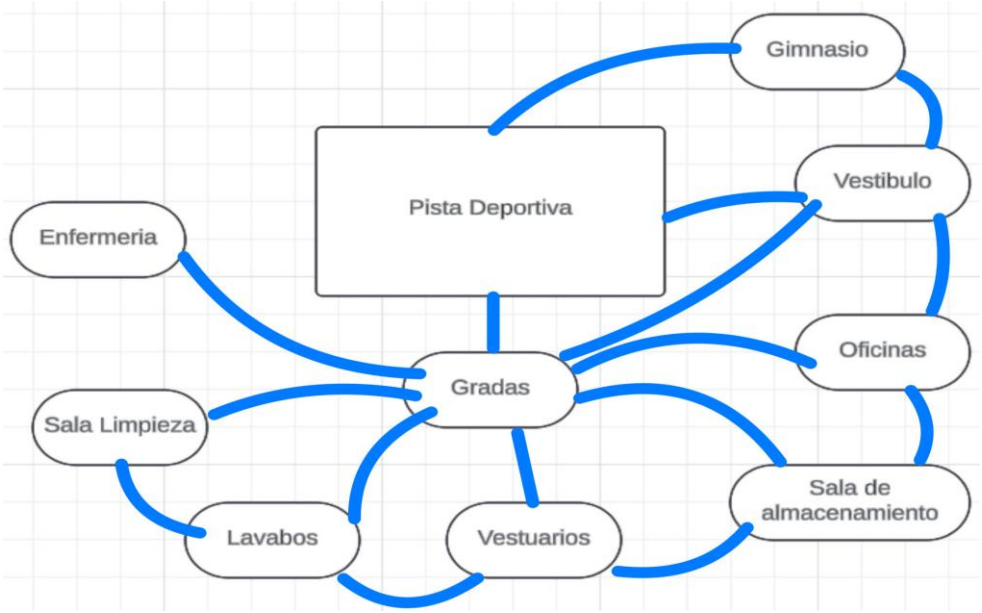


Ilustración 6 Diagrama organización espacial

2.2.1 ZONAS DE SERVICIOS PARA ATLETAS

A continuación, se describen las diferentes áreas complementarias a la actividad principal, para tanto los deportistas y jueces de estos deportes:

1. **Sala de Ejercicio**

   Detalles: Equipado con áreas de cardio y pesas, con una capacidad máxima de 30 a 40 personas para garantizar el espacio suficiente para que los deportistas puedan complementar la actividad deportiva cumpliendo con las regulaciones y sin comprometer su seguridad.

   Área: 180 m²

2. **Vestuarios**

   Detalles: Dos vestuarios de 40.5 m² cada uno, uno para el uso de hombres y otro para mujeres. Los vestuarios incluyen bancos para cambiarse, taquillas y duchas principalmente, y a pesar de también incluir baños en la instalación se ha incluido un par de váteres y lavabos para poder ser usado por los usuarios del vestuario.

   Área: 81 m²

3. **Vestuarios de Jueces**

Detalles: Tanto los jueces como los árbitros deben realizar su trabajo de forma neutral y eficaz, por lo que proporcionarles sus propios vestuarios les brindará mayor seguridad y facilitará mucho su labor. Estos vestuarios son de algo menos de 10 m2 y se dispondrá de 2 de ellos. Estos disponen de un cuarto de baño, un lavabo y una ducha.

Área: 40 m²

4. **Depósito de material deportivo**

Detalles: El almacén debe ser grande debido a la amplia diversidad de deportes que se pueden practicar en estas instalaciones, hemos estimado que con los 77 m2 que hemos asignado será más que suficiente.

Área: 77 m²

5. **Área de Asistencia Médica**

Detalles: la asistencia médica, debe estar equipada para responder ante emergencias de manera efectiva y proporcionar una asistencia médica básica. Para ello cuenta con unas dimensiones de 25 m2 y una accesibilidad fácil desde el área de juegos. También está equipada con el mobiliario requerido.

Área: 25 m²

TOTAL

Área Total: 403 m²

2.2.2 ÁREAS DE APOYO ESPECIALIZADAS

Se detallan a continuación las distintas áreas de apoyo especializadas presentes en las instalaciones. Estas zonas son complementarias y esenciales para las actividades y servicios adicionales que se ofrecen en el complejo deportivo

6. **Vestíbulo y recepción**

Detalles: el vestíbulo, es un espacio multifuncional que recibe tanto a los deportistas como a los visitantes, mejora la seguridad e incluye servicios como puede ser alquiler de taquillas o de material deportivo mejorando así la experiencia de los usuarios.

Área: 188 m²

7. **Oficinas**

Detalles: La oficina del polideportivo ofrece recepción, inscripción, reservas, administración, venta de entradas, atención a socios, coordinación de eventos e información sobre normativas, asegurando un funcionamiento eficiente y organizado de las actividades y servicios del pabellón.

Área: 25 m²

8. **Área de Higiene mantenimiento y limpieza**

Detalles: El área de Higiene y mantenimiento del polideportivo ofrece almacenamiento de equipo de limpieza, suministros, gestión de residuos y mantenimiento de la higiene de todas las áreas del pabellón, asegurando así un entorno limpio y seguro.

Área: 32 m²

TOTAL

Área Total: 245 m²

2.2.3 ZONA PARA EL PÚBLICO

Finalmente, se describe las últimas dos áreas destinadas únicamente para el público

9. **Aseos**

Detalles: Se instalarán sanitarios de acuerdo con la capacidad de espectadores. Según el BOE Legislación consolidada, Real Decreto 2816/1982, de 27 de agosto, por cada 500 personas, habrá 4 urinarios, 2 váteres y 2 lavabos para hombres, y 6 váteres y 2 lavabos para mujeres. Si la capacidad es menor a 300, estos números se reducen a la mitad. Para un aforo máximo de 500 personas como es en nuestro caso, se requiere mínimo las exigencias nombradas.

Área: 49 m²

10. Asientos para el Público

Para dimensionar los asientos para el público, también se ha utilizado las normas N.I.D.E. [1] al igual que para la elección del tipo de pabellón. Se han tenido en cuenta las especificaciones que se muestra a continuación:

Especificaciones N.I.D.E.:

Filas:

- Fondo: 0.85 m (0.40 asiento y 0.45 paso)
- Ancho del asiento: 0.50 m
- Altura del asiento: 0.42 m
- Pasos centrales o intermedios: Ancho mínimo 1.20 m
- Número de asientos entre pasos: 18 asientos (equivalente a 9 metros)
- Número de filas entre pasos: 12 filas

En consecuencia, los asientos para el público se organizarán de la siguiente forma:

- 4 bloques de 5 filas 2 de 15 y 2 de 18 butacas
- Pasos centrales o intermedios de 1.20 m

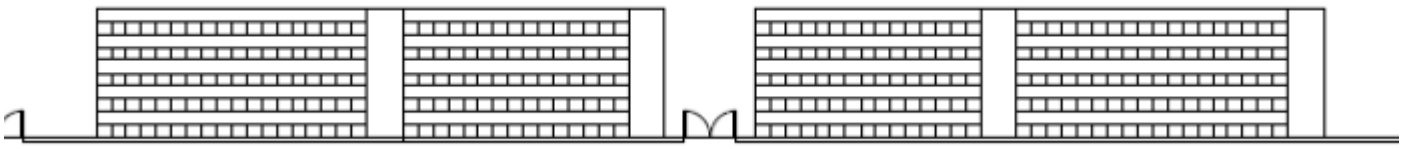


Ilustración 7 Planta de asientos para el público

Área: 170 m²

Área Total: 219 m²

Después de un exhaustivo análisis de los requerimientos y funcionalidades, se ha planteado una disposición en planta diseñada para que las instalaciones sea seguras, eficientes y prácticas.

La distribución en planta que se muestra a continuación en la ilustración 8, está distribuida de forma que los deportistas tengan acceso directo a los vestuarios tanto desde el vestíbulo como desde las pistas y para los espectadores acceso directo a las gradas tanto desde el vestíbulo como de los aseos. Este pabellón multifuncional por su situación cuenta con amplias áreas de estacionamiento público a su alrededor.

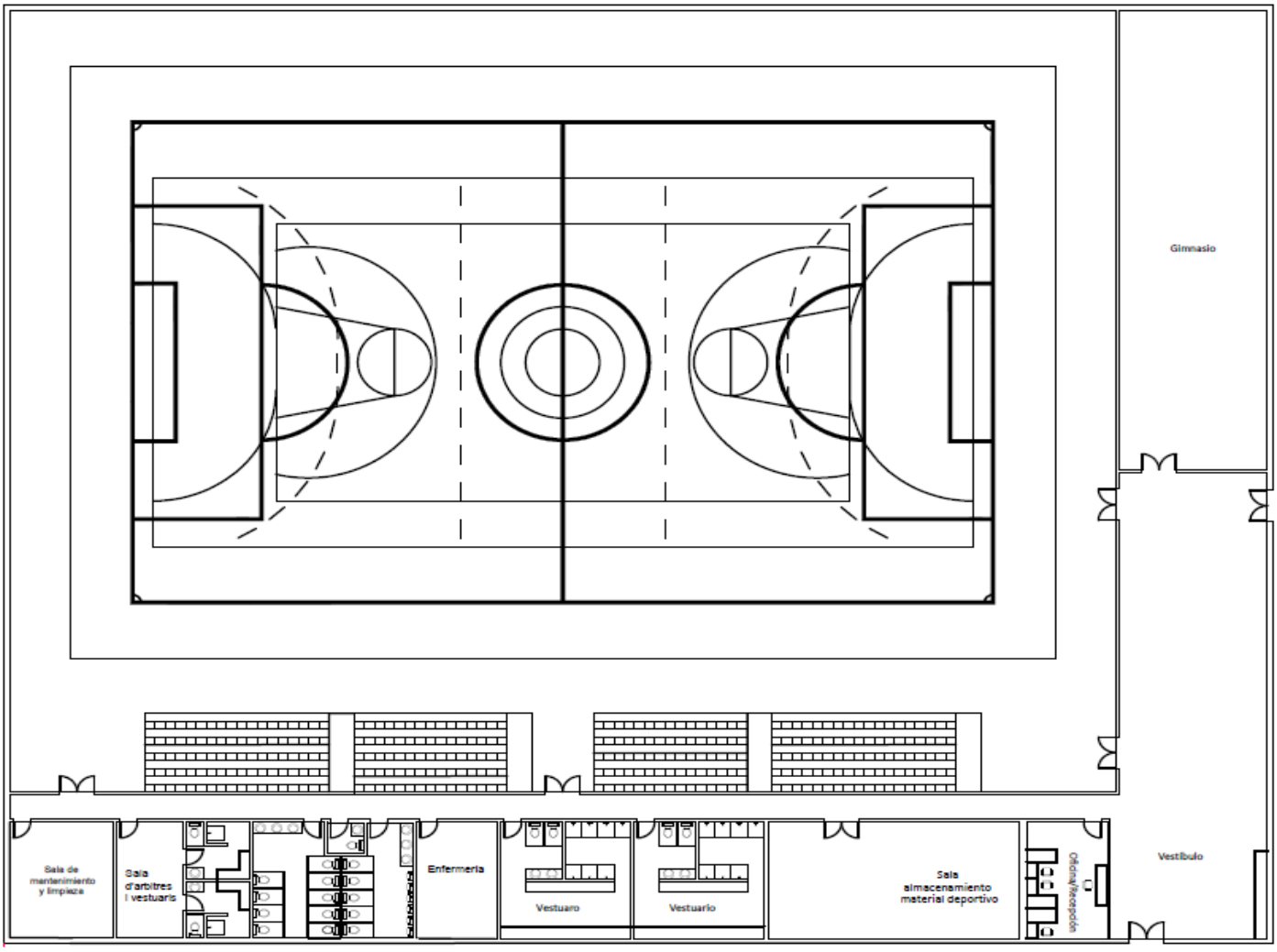


Ilustración 8 Distribución en Planta Instalaciones

Capítulo 3. ESTRUCTURA MODULAR

3.1 VISTA GENERAL DE LA ESTRUCTURA

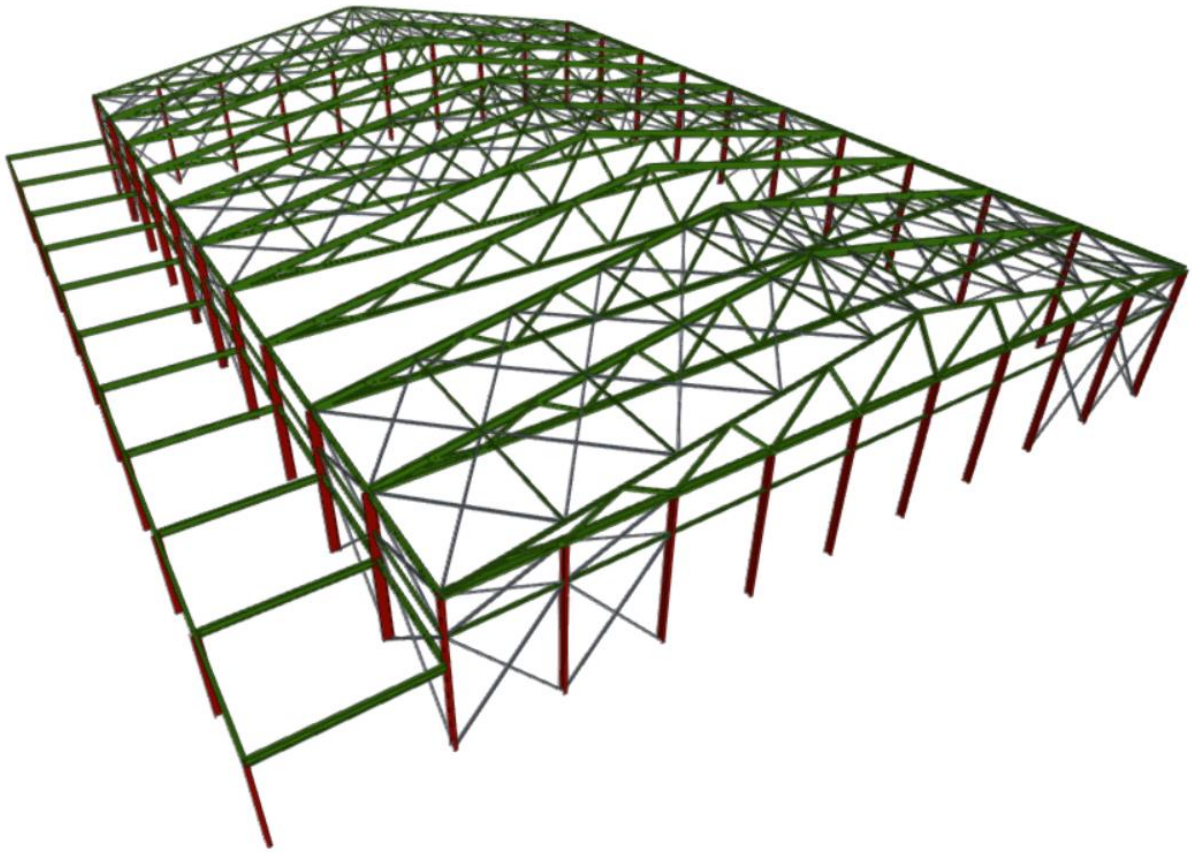


Ilustración 9 Modelo 3D Estructura

La estructura mostrada en la ilustración 9 representa una nave de estructura metálica con una cubierta a dos aguas. Su fachada frontal está compuesta por 10 pilares, separados por 4,77 m y con una altura de 8 m. Para el arriostramiento de la nave, se han utilizado cruces de San Andrés. Como se puede apreciar, nuestra cubierta a dos aguas, debido a su diseño simplificado, proporciona mayor estabilidad y mejor drenaje en caso de lluvias intensas.

Las dimensiones totales de la nave son de 60 m de profundidad, ya que está formada por 11 pórticos separados 6 m entre ellos, con una luz de 43 m. En la cumbrera, el cordón superior de las celosías se encuentra a 12 m de altura, mientras que la altura libre de la nave, conformada por la distancia entre el suelo y el cordón inferior, es de 8 m, lo cual es ideal para la práctica de deportes o la realización de cualquier otro tipo de evento.

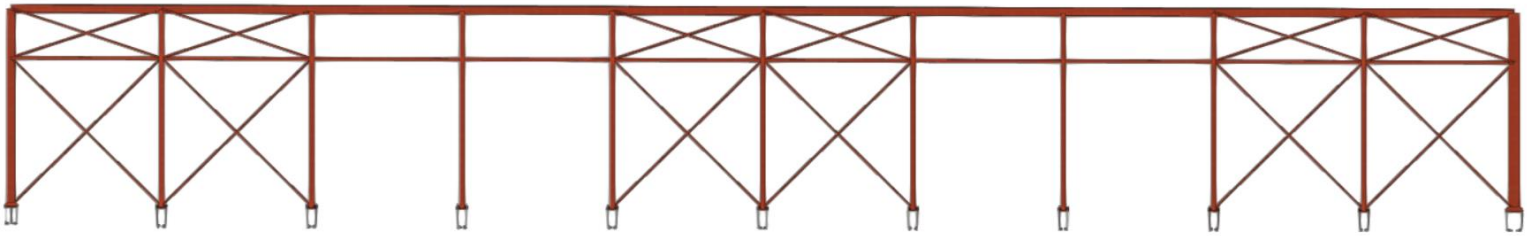


Ilustración 10 Vista 2D Fachada Lateral

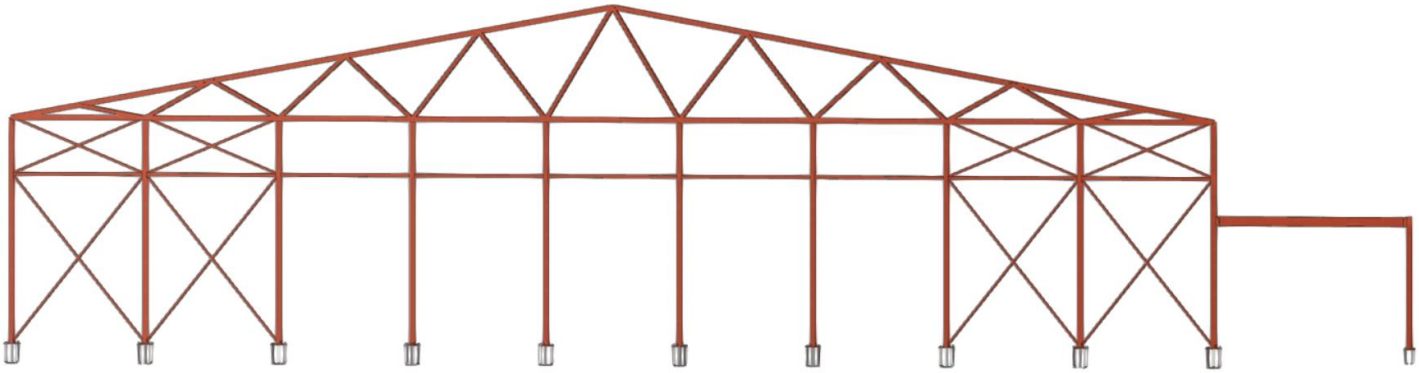


Ilustración 11Vista 2D Fachada Frontal

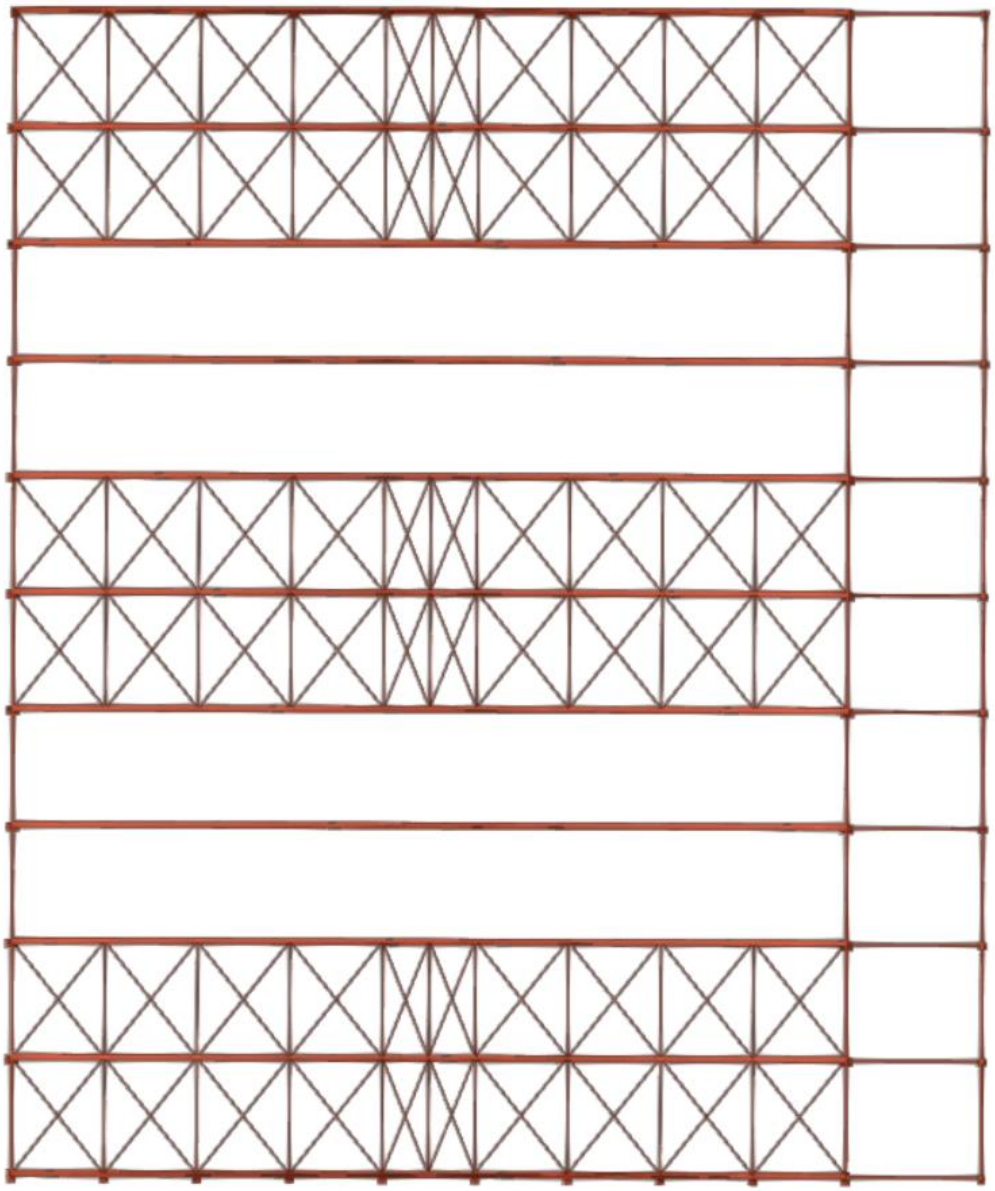


Ilustración 12 Vista 2D Cubierta

3.2 NORMATIVA APLICADA

Para el diseño de la construcción de este proyecto, se han debido tener en cuenta diferentes normativas y regulaciones para asegurar que la estructura cumpla con todos los estándares. Estas normativas empleadas Desde la seguridad como de la eficiencia energética como regulaciones municipales.

A continuación, voy a nombrar las principales normativas que hemos empleado

1.Código Técnico de la Edificación (CTE):

- CTE-DB-SE: Documento Básico de Seguridad Estructural.
- CTE-DB-SI: Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio.
- CTE-DB-HE: Documento Básico de Ahorro de Energía.

2.Normas UNE:

- Normas específicas para la construcción y materiales utilizados, asegurando la calidad y seguridad.

3.Normativa de Accesibilidad:

- Requisitos para garantizar la accesibilidad de las personas con discapacidad a todas las áreas del edificio.

4. Ordenanzas Municipales de Construcción:

- Reglas y regulaciones locales que deben cumplirse para la construcción dentro de la localidad específica. En este proyecto son las siguientes:

Condiciones del terreno

- Superficie mínima: 80 m² / Proyecto: 3000 m² / Cumplimiento: Si
- Ancho mínimo de la parcela: 7 m / Proyecto: 53 m / Cumplimiento: Si

Volumen y Forma

- Número máximo de plantas: 4 / Proyecto: 1 / Cumplimiento: Si
- Altura máxima permitida: 13 m / Proyecto: 12 m / Cumplimiento: Si
- Volumen máximo: 1,25 m / Proyecto: 0 m / Cumplimiento: Si

Intensidad

- Coeficiente de edificabilidad: 1,66 m^2t/m^2s / Proyecto: 1 / Cumplimiento: Si

Ocupación

- Coeficiente de ocupación (planta baja): 100% / Proyecto: 100% / Cumplimiento: Si

3.3 LIMPIEZA, DESBROCE Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

El primer paso para dar comienzo a este proyecto se trata de limpieza desbroce y movimiento de tierras. Estas actividades son cruciales para preparar adecuadamente el sitio de construcción, asegurando el terreno esté listo para la siguiente fase del proyecto que podría incluir la instalación de cimientos sistemas de drenaje y otras infraestructuras esenciales. El proceso incluirá la eliminación de todo tipo de residuos, como maleza, escombros y basura.

3.4 CIMIENTOS

Tras la preparación del terreno, el hormigón de limpieza, también conocido como capa de nivelación o capa de regulación, se utiliza para protección del cimiento de la contaminación del suelo y de la humedad y también facilitar el trabajo mediante la instalación de armaduras y encofrados, proporcionando una base estable sobre la que trabajar. Para esto se utilizará HL-150/B/20.

Seguidamente, se instala la armadura de acero B500S y se vierte el hormigón HA-30/F/20/XC2. para los cimientos. Las cimentaciones están compuestas por zapatas y entre ellas unidas mediante vigas de atado. Las zapatas son las que transmiten las cargas de los pilares al terreno y las vigas de atado proporcionan una estabilidad adicional a la estructura.

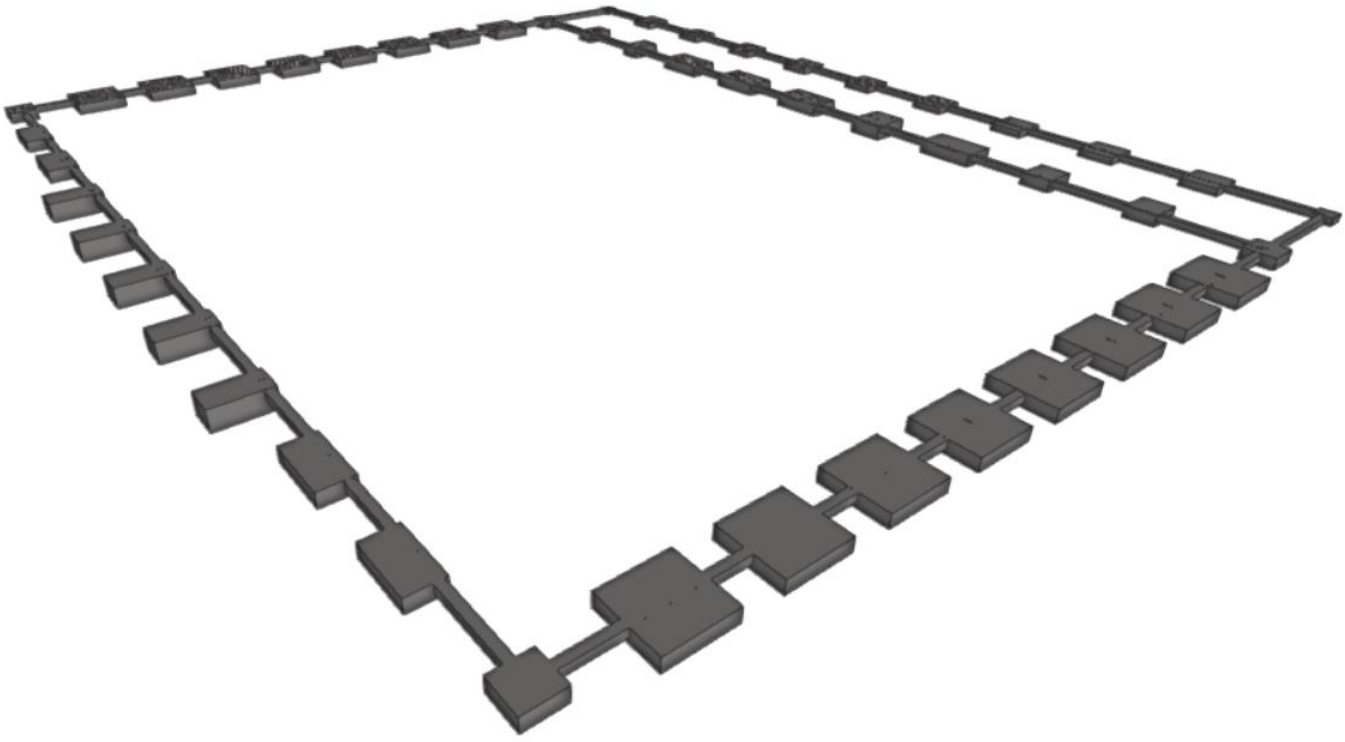


Ilustración 13 Modelo 3D Cimentaciones

3.4.1 ZAPATAS Y VIGAS DE ATADO

En esta construcción, las zapatas se clasifican principalmente en excéntricas y céntricas, según su ubicación y la manera que distribuyen las cargas. Las zapatas de fachada frontal como podemos ver en la ilustración 14 son céntricas, y en cambio las de fachada lateral son excéntricas, en el anexo de cálculo se muestran las características tanto las zapatas como de las vigas de atado.

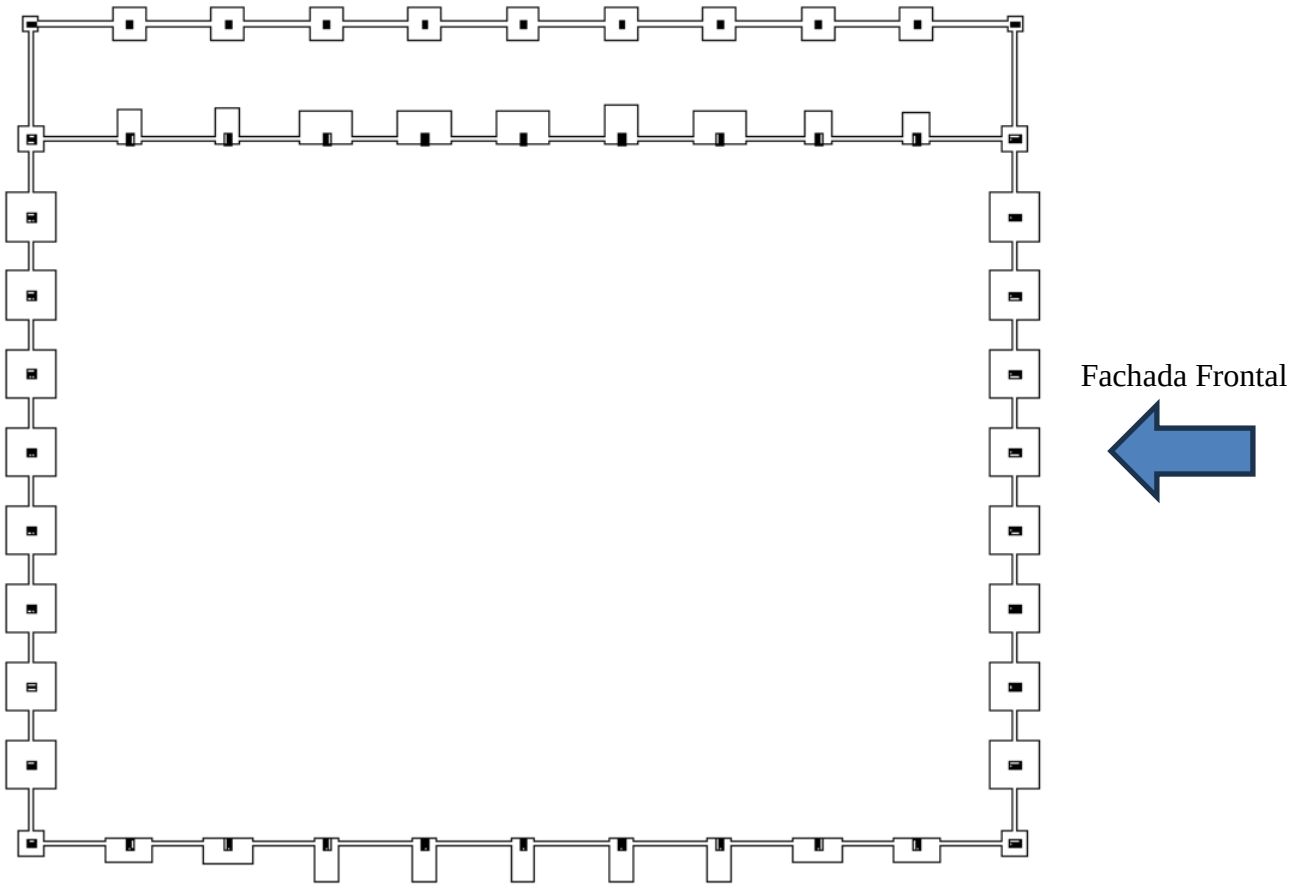


Ilustración 14 Distribución Zapatas y Vigas de Atado

3.5 PLACAS DE ANCLAJE

Las placas de anclaje generadas por CYPE, han sido modificadas de tal forma que las patillas de los pernos queden a 90 grados obteniendo así mayor estabilidad de los pilares. A continuación, se muestra una ilustración de una placa de anclaje de la base de uno de los pilares de un pórtico interior. En el anexo de cálculo se mostrarán en más detalle.

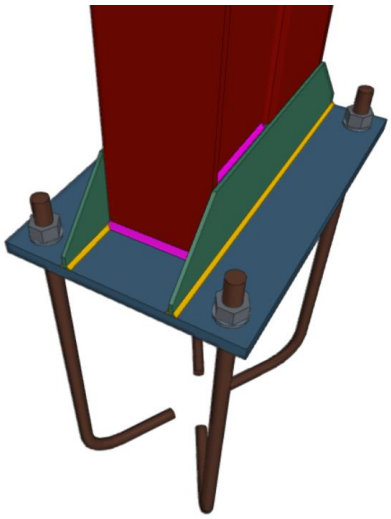


Ilustración 15 Placa de anclaje de Pilar Lateral

3.6 CERRAMIENTOS

3.6.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL

El cerramiento de la estructura principal utilizará el panel ITALTAP de 60mm de espesor [2], que cuenta con un núcleo aislante de poliuretano y fijación oculta mediante remates tapajuntas, adecuado para todos los sectores. Se instalarán un total de 2624.4 m² de este panel. A continuación, detallaré sus características técnicas:

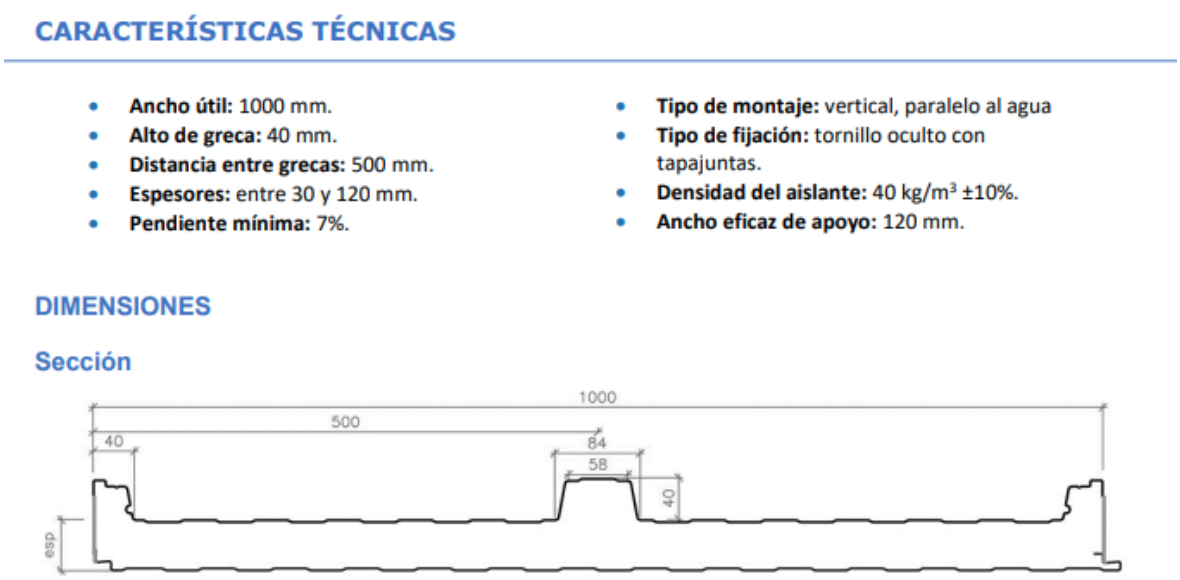


Ilustración 16 Características Panel utilizado en Cerramientos

El diseño no permitirá entradas de luz natural en la cubierta, ya que una gran parte estará ocupada por placas fotovoltaicas. En su lugar, he decidido instalar ventanas a lo largo de todas las fachadas para asegurar la iluminación natural.

3.6.2 EDIFICIO ANEXO LATERAL

Para el cerramiento del edificio anexo lateral, he considerado utilizar bloques de cemento en las fachadas, similar al usado en viviendas convencionales, a diferencia de la nave principal. En la cubierta, en este caso plana, se instalarán paneles prefabricados de hormigón que será posteriormente impermeabilizado. Esta solución dejará el tejado libre para la instalación de depósitos de agua u otros equipos, como aires acondicionados para las oficinas.

En este edificio, se han colocado ventanas a una altura superior a la media, debido a que la altura del edificio es mayor que la habitual en vestuarios, aseos u oficinas. Esto aumenta la seguridad ya que dificulta el acceso a intrusos que intenten saltar y entrar en las instalaciones.

3.7 ESTRUCTURA MODULAR

A continuación, se describirán las distintas partes de la estructura principal de la nave. Comenzaremos con la cubierta y la fachada lateral, y finalizaremos con los diferentes pórticos, tanto de fachada como de interiores.

3.7.1 CUBIERTA

En el sistema de arriostramiento de la cubierta, se colocarán tirantes L 80x80x8, estos conforman el sistema de arriostramiento en forma de cruz de San Andrés, unidos mediante montantes de perfil SHS 120x3 tal como se muestra en la ilustración que sigue (ilustración 17).

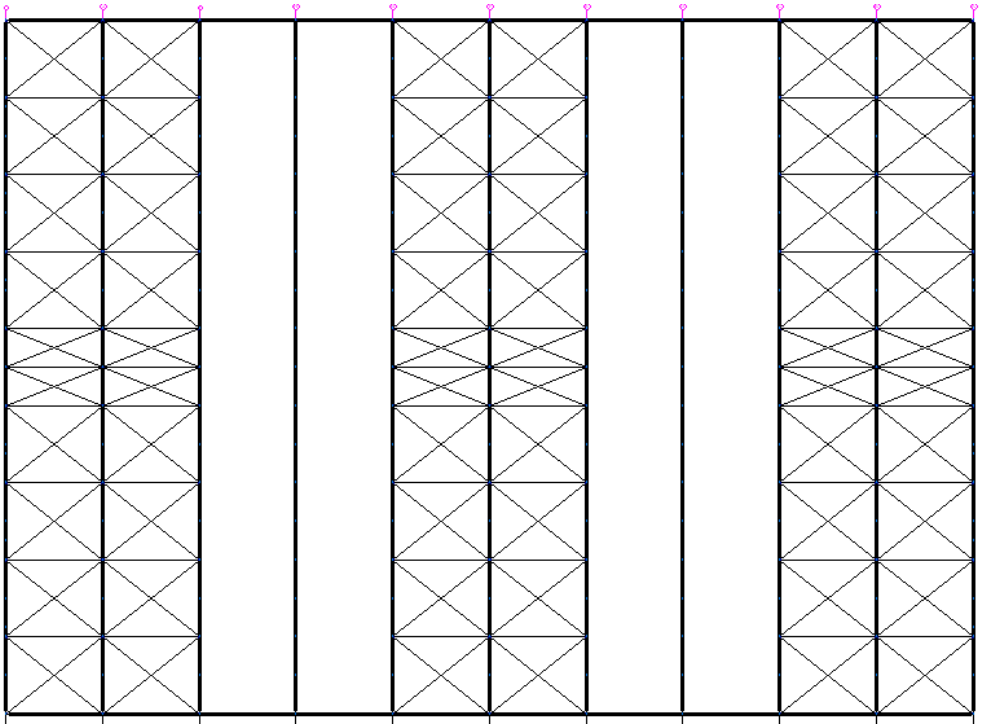


Ilustración 17 Cubierta

3.7.2 FACHADAS LATERALES

La fachada está compuesta por 11 pilares IPE 450, con una separación de 6 m entre ellos, unidos mediante una viga perimetral IPE 330. Para su arriostramiento, al igual que en la cubierta, se han utilizado cruces de San Andrés con un perfil L 80x80x8 y montantes de perfil SHS 120x3.

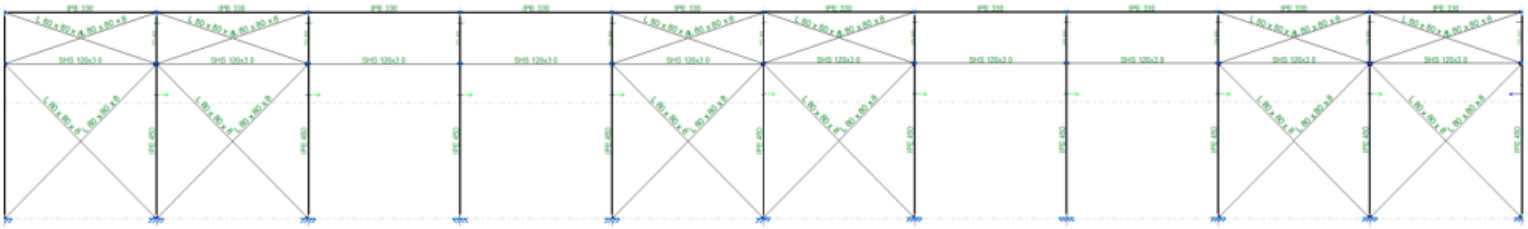


Ilustración 18 Fachada Lateral

3.7.3 PÓRTICO DE FACHADA

El pórtico de fachada del edificio cuenta con 10 pilares, como se muestra en la ilustración 19, de tipo IPE 330. En la parte superior nos encontramos con una celosía Warren a dos aguas. Asimismo, se han colocado al igual que en la cubierta o fachada lateral tirantes L 80x80x8, y montantes de perfil SHS 120x3, estos conforman el sistema de arriostramiento en forma de cruz de San Andrés.

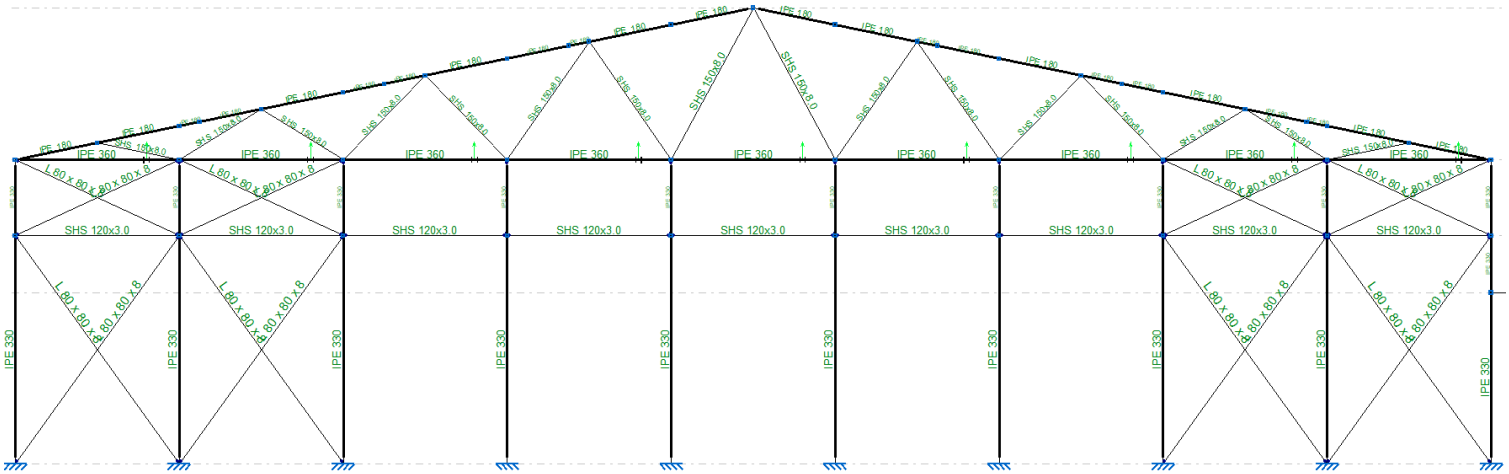


Ilustración 19 Pórtico de Fachada

3.7.4 PÓRTICO INTERIOR

En el pórtico interior, también incorporaré una celosía tipo Warren a dos aguas que descansa sobre dos columnas IPE 450. Esta viga en celosía se distingue por su diseño triangular, compuesto por la unión de barras. Los perfiles usados para los cordones superior e inferior son IPE 180 e IPE 360 respectivamente, mientras que para las diagonales se emplearán perfiles SHS 150x8. Me gustaría señalar que he elegido este tipo de vigas para esta nave de luz de 43m por por sus múltiples ventajas, como es la distribución uniforme de cargas, resultando así una estructura más fiable y económica.

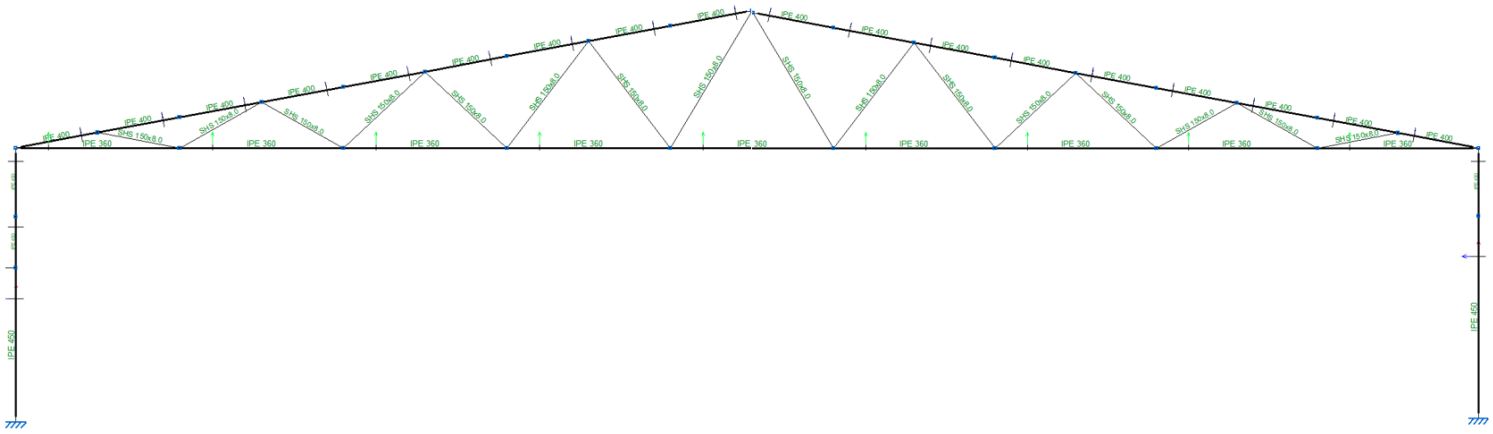


Ilustración 20 Pórtico Interior

3.7.5 EDIFICIO LATERAL ANEXO

El edificio contiguo, previamente mencionado, consta de columnas de 4.5 m de altura, conectadas por vigas de 7 m, distribuidas según muestra la ilustración 21. He optado por usar perfiles IPE 330 para todas las vigas y columnas del edificio anexo, lo que facilita la construcción y minimiza errores.

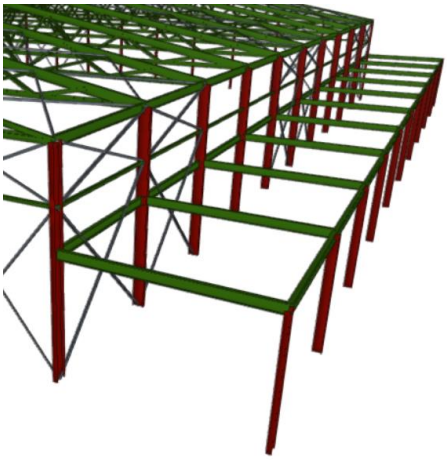


Ilustración 21 Modelo 3D Edificio Anexo

Capítulo 4. SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 INTRODUCCIÓN

La energía solar es, hoy en día, una de las fuentes de energía más importantes. Aprovechar la energía del sol es una alternativa al uso de combustibles fósiles y ofrece una solución sostenible y ecológica, dejando una menor huella en nuestro planeta. La radiación solar es suficientemente abundante como para abastecer al planeta entero y además es inagotable, lo que la convierte en un recurso imprescindible para un mundo más limpio y verde.

Los paneles fotovoltaicos convierten la radiación solar en energía mediante la captura de la luz solar y la liberación de electrones en las células de silicio. Esta tecnología ha avanzado significativamente con el tiempo, haciéndola mucho más fiable, eficiente y económica. Entre sus aplicaciones se encuentran el uso doméstico, instalaciones públicas e incluso instalaciones industriales.

A diferencia de otros medios de generación de electricidad renovable, la energía solar tiene la ventaja de que puede generarse en las mismas instalaciones, reduciendo así la dependencia de la red eléctrica. Esto permite su empleo en ubicaciones remotas, como en cohetes espaciales. Además, protege al usuario de fluctuaciones de precios y elimina la necesidad de pagar cuotas de acceso a la red.

Por último, es importante destacar que este método de generación de energía eléctrica no produce gases de efecto invernadero ni otros contaminantes, lo que lo convierte en una alternativa limpia y ecológica, a las fuentes de energía convencionales. Implementar sistemas de energía solar es una manera efectiva de combatir el cambio climático y promover un futuro más verde.

4.2 NORMATIVA APLICADA

Para la instalación fotovoltaica en el pabellón multiservicios, se han considerado diversas normativas para el cumplimiento de los requisitos de seguridad y eficiencia. A continuación, se presentan algunas de las normativas más importantes aplicadas:

1. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)

- ITC-BT-40 (Instalaciones Generadoras de Baja Tensión) [3]: Establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones generadoras de baja tensión para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

2. Código Técnico de la Edificación (CTE)

- CTE-DB-HE (Ahorro de Energía): Regula las condiciones para la eficiencia energética de los edificios, promoviendo el uso racional de la energía y la integración de energías renovables, como la instalación de sistemas fotovoltaicos.

3. Real Decreto 661/2007

- BOE-A-2007-10556: Regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, estableciendo las condiciones para la integración de sistemas fotovoltaicos en la red eléctrica.

4. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (IDAE)

- Establece los requisitos técnicos que deben cumplir las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, asegurando su eficiencia y seguridad.

5. Norma UNE 20460-7-712:2006

- Instalaciones Eléctricas en Edificios: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales, incluyendo los sistemas de alimentación solar fotovoltaica.

4.3 EVALUACIÓN DE UN CONSUMO REAL

A continuación, se evaluará el consumo real de unas instalaciones con características semejantes. Estas instalaciones están situadas a pocos kilómetros de la ubicación prevista para nuestro pabellón multifuncional y tienen una superficie ligeramente menor, de aproximadamente 2000 m2.

Periodo de facturación:

- 31/12/2023 - 31/01/2024

Información de la Tarifa

- Tipo de discriminación horaria: TGPAT
- Peaje de acceso a la red: 6.1TD
- Precios de peajes de acceso: BOE del 22/12/2022

Potencia contratada:

- PC1: 5 kW
- PC2: 5 kW
- PC3: 5 kW
- PC4: 5 kW
- PC5: 5 Kw
- PC6: 45 kW

Las características de esta factura siguen la circular 3/2020 de la Comisión Nacional de mercados y la competencia (CNMC). La factura refleja el consumo de los 6 periodos tanto en energía consumida como en potencia contratada y considerando la tensión de suministro y los precios de peajes de acceso publicados por el Boletín Oficial del Estado.

Tras realizar un análisis del consumo eléctrico de instalaciones similares a las nuestras, hemos evaluado nuestra instalación de paneles solares. Esta instalación tiene una potencia

aproximada de 125 kW. Utilizando la herramienta PVGIS, que explicaremos más adelante, y calculando la generación de nuestra instalación, hemos estimado la generación anual de esta instalación, la cual se muestra en la siguiente tabla 1.

Tabla 1- Generación Anual Instalación

MES	Ep (KWh/mes)
Enero	13.597
Febrero	13.584
Marzo	16.733
Abril	17.277
Mayo	19.214
Junio	19.364
Julio	20.236
Agosto	19.248
Septiembre	16.804
Octubre	15.224
Noviembre	12.624
Diciembre	12.664
TOTAL Anual	**196.568**

Considerando las diversas características, y especialmente la diferencia de tamaño entre ambas instalaciones, así como la intención de utilizar las nuevas instalaciones para fines de ocio, como conciertos, se ha estimado que nuestra nave requiere una potencia de 190 kW.

4.4 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN REQUERIDA

4.4.1 PANEL FOTOVOLTAICO

Existen diversas tecnologías para células fotovoltaicas, cada una con características y aplicaciones específicas. Las células de silicio monocristalino son altamente eficientes pero costosas, mientras que las de silicio policristalino, que hemos elegido para nuestra instalación, ofrecen un equilibrio entre costo y eficiencia. Las células de silicio amorfo son flexibles y ligeras, pero menos eficientes. Por último, existen otras tecnologías emergentes, como las células de perovskita que prometen alta eficiencia y bajos costos en el futuro. La

elección de las células policristalinas se debe a su adecuada relación costo-eficiencia, ideal para nuestras necesidades.

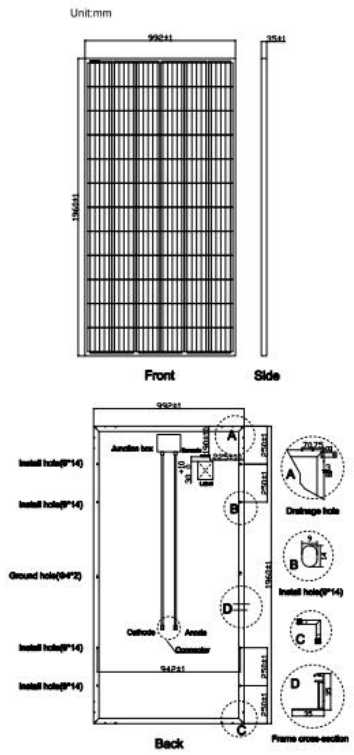
Para calcular la instalación y la generación fotovoltaica, utilizaremos paneles del modelo Placa Solar AUSTA AU-72P AU-340W36P [4] ampliamente utilizados en el sector, que tienen las siguientes características:

O

AU-72P

AUSTA ENERGY
www.austagroup.com

PV DRAWINGS



ELECTRICAL DATA (STC)

Model Type	AU-330W36P	AU-335W36P	AU-340W36P
Peak Power(Pmax)	330.00	335.00	340.00
Maximum Power Voltage(Vmp)	37.26	37.31	37.42
Maximum Power Current(Imp)	8.86	8.98	9.09
Open Circuit Voltage(Voc)	45.64±3%	45.70±3%	45.84±3%
Short Circuit Current(Isc)	9.33±3%	9.45±3%	9.57±3%
Module Efficiency(%)	16.97	17.22	17.48

* STC: irradiance 1000 W/m², AM 1.5, and cell temperature of 25°C

ELECTRICAL DATA (NOCT)

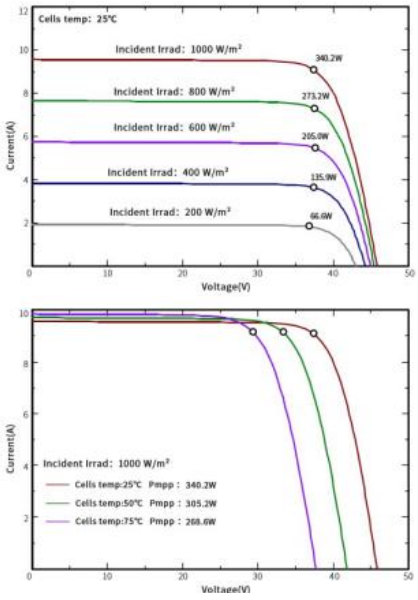
Model Type	AU-330W36P	AU-335W36P	AU-340W36P
Peak Power(Pmax)	245.00	248.00	252.00
Maximum Power Voltage(Vmp)	34.28	34.33	34.42
Maximum Power Current(Imp)	7.15	7.23	7.33
Open Circuit Voltage(Voc)	42.23±3%	42.29±3%	42.41±3%
Short Circuit Current(Isc)	7.58±3%	7.66±3%	7.77±3%

* NOCT: irradiance 800 W/m², AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s

TEMPERATURE & MAXIMUM RATING

Maximum System Voltage (V)	1500/1000 V
Maximum Series Fuse Rating (A)	20 A
Power Tolerance	0~+3 W
Pmax Temperature Coefficients (W/°C)	-0.400 %/°C
Voc Temperature Coefficients (V/°C)	-0.300 %/°C
Isc Temperature Coefficients (A/°C)	+0.060 %/°C
NOCT Nominal Operating Cell Remperature (°C)	45±2 °C
Operating and Storage Temperature (°C)	-40~+85 °C

IV CURVE (340W)



MECHANICAL CHARACTERISRTICS

Cell Type	156.75*156.75 Poly
No. of Cells	72 (6*12)
Dimensions	1960*992*35mm
Weight	22.20kg
Front Glass	3.2mm high transmission, low iron, tempered glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction box	IP67/IP68 3diodes
Output cables	4mm² cable 90cm (Inlcuding MC4 connector)
MaxWind Load/Snow Load	2400Pa/5400Pa

PACKING WAY

20FT container	10 Packages/310pcs
40HQ container	24 Packages/816pcs

ZHEJIANG AUSTA GREEN ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD
ADD: NO.128 Haichuan Rd, Jiangbei Dist., Ningbo, China
Tel : 86-574-87915068
Cell: 86-13566302808
E-mail : sales@austagroup.com
The company reserves the right of final interpretation. November 2020 edition

Ilustración 22 Características Paneles Fotovoltaicos

4.4.2 INVERSOR

El inversor dentro de la instalación de placas fotovoltaicas desempeña una función crucial en el proceso de conversión y gestión de la energía generada. Este convierte la corriente continua en alterna, gestionando posteriormente esa energía y maximizando su rendimiento.

Para dimensionar nuestro inversor, tendremos en cuenta dos normativas. Estas nos exigen que, al ser una instalación de más de 15 kW, la conexión debe ser trifásica y que la potencia mínima del inversor debe ser del 80% de la potencia de la instalación de placas fotovoltaicas. A continuación, se muestran las normativas especificadas:

- El RD 1663/2000, (artículo 12, punto 2)
- El CTE-HE5 (apartado 3.2.3.2)

$$Potencia \geq 0.8 \times 190 = 152.00 \text{ kW}$$

Esta exigencia se debe a que los inversores son más eficientes a potencias elevadas. Si se opta por un inversor de mayor potencia, funcionará más tiempo en un rango de potencia con menor eficiencia. Es crucial considerar que la instalación opera durante ciertas horas con bajos niveles de potencia (por las mañanas y tardes).

Para lograr esta potencia con únicamente un inversor, podemos utilizar de la marca INGECON, el modelo Ingecon Sun 3PLAY 160TL Versión PRO 160KW [5], sus características se muestran a continuación (ilustración 23):

INGECON SUN 3Play 1500 Vdc

	160TL					
Valores de Entrada (DC)						
Rango pot. campo FV recomendado	95 - 136 kWp	113 - 162,5 kWp	141 - 203 kWp	148 - 213 kWp	153,5 - 220 kWp	162 - 233,5 kWp
Rango de tensión MPP[1]	576 - 1.250 V	692 - 1.250 V	864 - 1.250 V	908 - 1.250 V	936 - 1.250 V	994 - 1.250 V
Tensión máxima[2]	1.500 V					
Corriente máxima[3]	168 A					
Corriente de cortocircuito	250 A					
Entradas (STD / PRO)	1 / 20					
MPPT	1					
Valores de Salida (AC)						
Potencia nominal a 25 °C / 40 °C / 50 °C	92,8 kW / 85,9 kW / 83,8 kW	111,4 kW / 103,1 kW / 100,6 kW	139,3 kW / 128,9 kW / 125,8 kW	146,2 kW / 135,3 kW / 132 kW	150,9 kW / 139,6 kW / 136,2 kW	160,1 kW / 148,2 kW / 144,6 kW
Corriente máxima a 25 °C / 40 °C / 50 °C	134 A / 124 A / 121 A					
Tensión nominal	400 V	480 V	600 V	630 V	650 V	690 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz					
Tipo de red	IT					
Factor de Potencia	1					
Factor de Potencia ajustable[4]	Sí. 0 - 1 (capacitivo / inductivo)					
THD[5]	<3%					
Rendimiento						
Eficiencia máxima	99,1%					
Euroeficiencia	98,7%					
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	Sí					
Altitud máxima	4.000 m					
Conexión	AC: Máxima sección: 240 mm² (un cable) Conexión DC (PRO): 6 mm² (20 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	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, IEC60068-2-1:2007, IEC60068-2-2:20007, IEC60068-2-14:2009, IEC60068-2-30:2005, IEC62116, IEC61683 y EN50530					
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: $V_{mpp,min}$=1.44*V_{ac} [2] El inversor no entra en funcionamiento hasta que Vdc <1.425 V [3] La corriente máxima por conector FV es 20 A para la versión PRO [4] Rango de ajuste extendido para puntos de trabajo nominales [5] Para potencia y tensión AC nominales de acuerdo con la norma IEC 61000-3-4.

Rendimiento INGECON® SUN 160TL [600 Vac] Vdc = 1.075 V

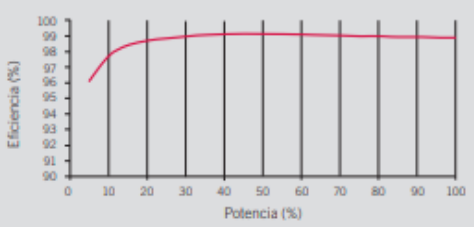


Ilustración 23 Características Inversor

4.4.3 CONEXIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

[6] En este apartado, determinaremos el número máximo y mínimo de paneles fotovoltaicos que pueden conectarse en serie para asegurar el funcionamiento óptimo del inversor. Para esto, es necesario conocer dos parámetros de los paneles: la tensión a máxima potencia y la tensión de circuito abierto. En cuanto al inversor, debemos conocer el rango de tensión MPP.

- Vmp = 37,42 V (tensión máxima potencia)
- Voc = 45,84 V (tensión de circuito abierto)
- Rango de tensiones MPP 576-1250 V

$$15.39 = 576/37.42 < n^o \text{ de paneles en serie} < 1250/37.42 = 33.4$$

$$12.57 = 576/45,84 < n^o \text{ de paneles en serie} < 1250/45,84 = 27.27$$

Basándonos en los cálculos previos, debemos conectar entre 16 y 27 paneles en serie para que la tensión nunca supere 1250 V ni descienda de los 576 V, Así lograremos que los inversores se encuentran en funcionamiento óptimo en todo momento.

Para asegurarnos de que nuestra instalación sea segura en todo momento, debemos comprobar su validez en las condiciones más extremas. Mediante el uso del coeficiente β (coeficiente de temperatura de la tensión en circuito abierto), haremos el equivalente de VOC para las condiciones más extremas. En la localidad donde nos encontramos la temperatura más extrema que deberá soportar nuestra instalación será de -3 ºC para calcular la tensión de circuito abierto en situaciones críticas.

$$Voc' = Voc * [1 + \beta 100 * (T^a\text{-}25)] = 45,84 * [1 + -0,00295100 * (-3\text{-}25)] = 49.63 \text{ V}$$

Ahora calcularemos de nuevo el número máximo de paneles en serie para estas condiciones más extremas repitiendo el cálculo de tensión máxima MPP entre la tensión de circuito abierto condiciones extremas.

$$N^o \text{ máximo paneles} = 1250 \text{ V}/49.63 \text{ V} = 25,19 < 27$$

Buscamos una potencia en nuestra instalación de 190 kW y hoy hemos optado por fotovoltaicas AU-340W36P de 340 Wp, con una simple división obtendremos el número de placas necesarias para nuestra cubierta.

$$Nº\ Placas = 190/0{,}340 = 558{,}82$$

Con los datos anteriores, y para que cumpla las restricciones de intensidad, se decide la siguiente configuración: 22 circuitos en paralelo con 25 módulos en serie, sumando un total de 550 paneles.

$$P= (22*0{,}340*25) = 187{,}00\ kWp$$

Una vez verificado que la configuración cumple con todas las restricciones, continuaremos con el cálculo de la distancia entre los paneles solares. Cuando se instalan paneles solares, es muy importante tener en cuenta la rotación del Sol y su distribución, ya que en algún momento se puede estar perdiendo energía al estar haciéndose sombra unos paneles a otros, a continuación, mostraremos una ilustración en la que se representa dos paneles solares y las distintas cotas entre ellos para determinar su distribución óptima.

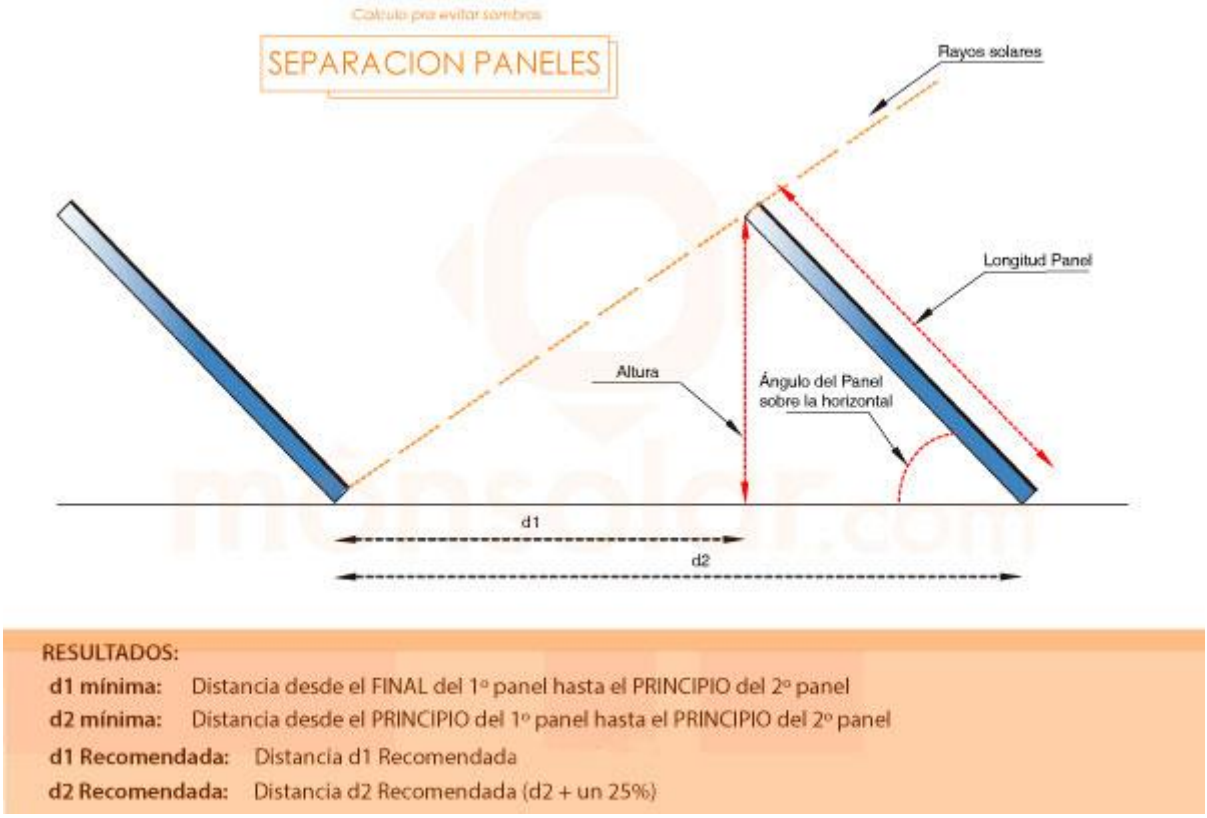


Ilustración 24 Diagrama Trigonométrico Paneles [7]

Para la distribución de los módulos, hay únicamente dos configuraciones. En primer lugar, tenemos la disposición horizontal en la que los módulos ocupan más en ancho que en alto O dicho de otra forma su lado de mayor dimensión se encuentra apoyado en la cubierta. Alternativamente a esta disposición, tenemos la distribución vertical en la que el lado de menor dimensión se encuentra apoyado en la cubierta.

Configuración Horizontal:

Basándonos en fórmulas trigonométricas y con los parámetros representados en la ilustración 24, podemos calcular el espacio óptimo desde el final del primer panel hasta el principio del segundo panel. Para este cálculo he fijado el ángulo del panel sobre la horizontal y las dimensiones del mismo previamente seleccionado. Para estos cálculos hemos utilizado un ángulo de inclinación de 30º (beta) y el panel una longitud de 0,992 m.

$$h=0,992\times\sin(30^{o})=0,496m$$

Con este cálculo tendremos la altura que alcanzará nuestro panel y a continuación se procederá a calcular la distancia desde el principio del primer panel hasta el principio del segundo panel representada como d2 en la ilustración 24.

$$d1=h\times k=1,236$$

$$d2=d1+h\times\cos(30^{o})= 1,236 + 0,496 \times \cos(30^{o}) = 1,665m$$

Configuración Vertical:

Para el cálculo de la configuración vertical, se realizarán los mismos cálculos que en la configuración horizontal con la única diferencia que en este de caso la longitud del panel será de 1,960 m .

$$h = 1,960 * \sin(30^{o}) = 0,98 \text{ m}$$

$$d1 = h * k= 2,440 \text{ m}$$

$$d2=d1+h\times\cos(30^{o})= 2,440 + 0,98 \times \cos(30^{o}) = 3,289 \text{ m}$$

Tras el análisis de ambos resultados, se ha decidido emplear la configuración vertical debido a la forma de la cubierta de la nave. Esta disposición se mostrará a continuación en la ilustración 25, en esta se muestra la cubierta de la nave junto con la distribución de los módulos, como bien hemos dicho antes se trata de 22 circuitos en paralelo formados por 25 módulos fotovoltaicos en serie.

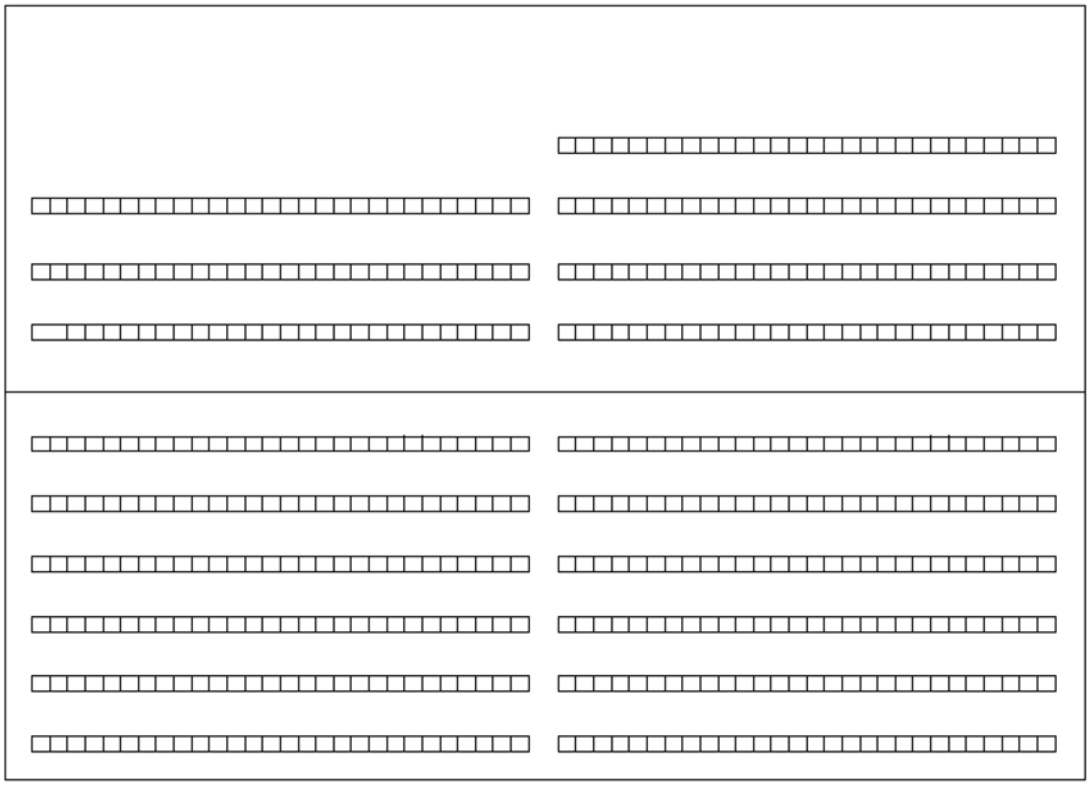


Ilustración 25 Planta de Cubierta con Paneles

4.4.4 CONTADOR INTELIGENTE

El contador inteligente o Smart Meter es esencial para nuestra instalación, este tipo de contador monitoriza y gestiona tanto la energía generada como la consumida. Sus funciones son varias, empezando por la medición de la energía solar generada por los paneles, siguiendo por la recopilación de los consumos en cada momento, información de la red, eficiencia del sistema de placas fotovoltaicas y la capacidad de enviar toda esta información a una base de datos donde el usuario puede tomar decisiones y gestionar su estrategia de generación y consumo.

Además, puede detectar anomalías, prever necesidades de mantenimiento y ajustar automáticamente el flujo de energía para maximizar la eficiencia.

El Smart Meter elegido es de la marca Schneider Electric, el modelo es iEM3455 [8] y sus características se muestran en la siguiente tabla 2.

Complementario	
Número de Polos	3P + N 1P + N 3P
tipo de medición	Energía activa y reactiva Potencia activa y reactiva Corriente Tensión
tipo de medición	Energía activa, reactiva y aparente activa (firmado, de cuatro cuadrantes)
Aplicación del Dispositivo	Facturación sub Multi-tarifa Contador parcial
clase de precisión	Clase 0.5S energía activa acorde a IEC 62053-22 Clase 0.5S energía activa acorde a ANSI C12.20
input type	Núcleo partido transductor de corriente 0.333 V o 1 V
tensión nominal	100…277 V +/- 20% 173…480 V +/- 20%
Frecuencia de Red	60 Hz 50 Hz
tipo de tecnología	Electrónico
Tipo de pantalla	Pantalla LCD
velocidad de muestreo	32 muestras/ciclo
corriente de medición	1…32767000 mA
capacidad máxima de medida	99999999.9 kWh

Tabla 2- Características Contador Inteligente

4.4.5 ESTRUCTURA DE MONTAJE

Una buena estructura de montaje para el soporte de las placas fotovoltaicas es esencial para garantizar su rendimiento e integridad. Es importante que los soportes sean suficientemente resistentes para aguantar, lluvia, humedad, corrosión y tener suficiente resistencia mecánica para aguantar las cargas de viento. Una buena estructura permite y facilita tanto su montaje como su mantenimiento.

Existen dos tipos de estructuras, las estructuras fijas al no poder regular su ángulo son más estables y requieren menos mantenimiento, aunque en este proyecto se ha optado por un soporte de ángulo regulable ya que permite ajustes de inclinación de los paneles según la estación del año, optimizando la captación de luz solar.

Para las estructuras de montaje se ha optado por marca TeknoSolar, en concreto una Estructura Soporte para Placas Solares para Suelo Regulable entre 30º y 50º 14.1V [9]. La ficha técnica del soporte se muestra en la siguiente ilustración:

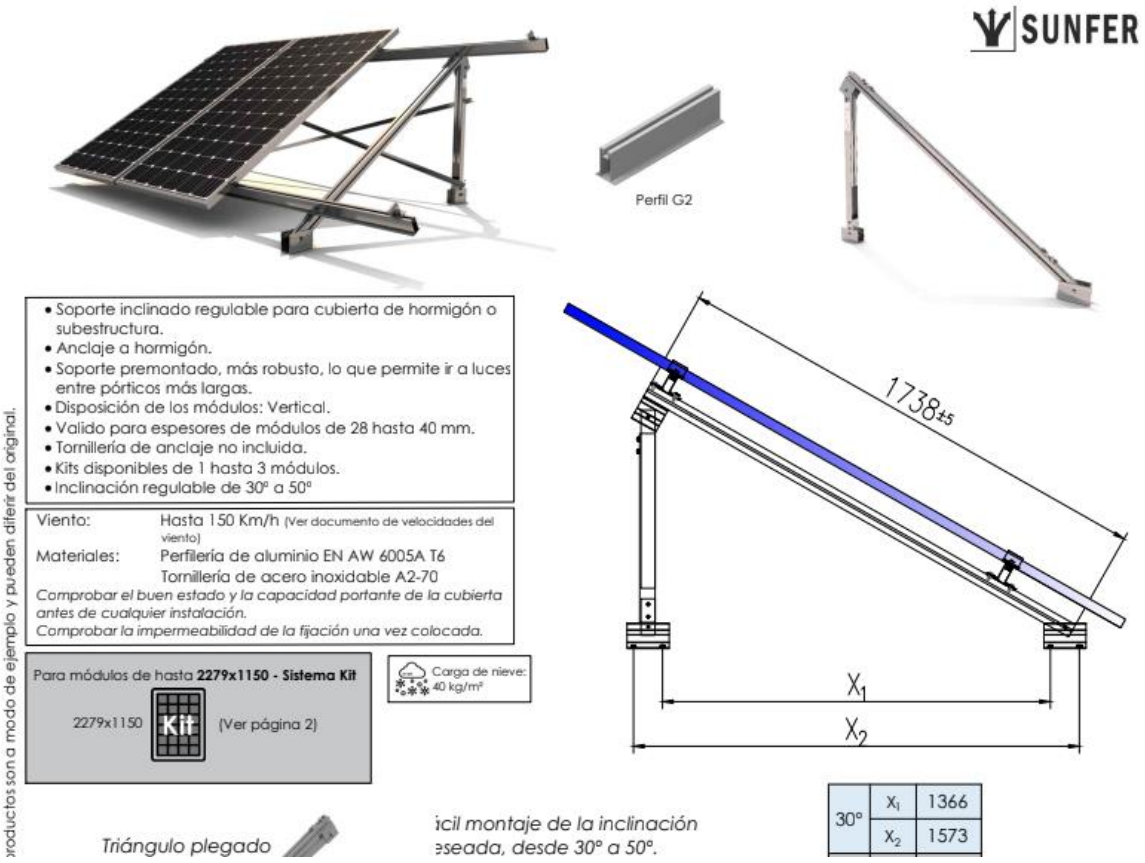


Ilustración 26 Ficha Técnica Soporte Paneles

4.4.6 CIRCUITO CC

Conductor

La función del circuito de corriente continua es la unión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor trifásico, que suele estar situado en la cubierta de la edificación, y no es diferente en nuestra instalación. En la instalación fotovoltaica se ha optado por la utilización de cobre como material conductor, ya que sus propiedades son mucho mejores que el aluminio a pesar de ser más caro. Para el aislamiento de los cables entre PVC y polietileno reticulado (XLPE), se ha optado por el polietileno reticulado (XLPE) ya que soporta temperaturas más altas en caso de cortocircuito. [6] [3]

Se ha optado por el uso de cables desnudos habilitados para estar expuestos al sol, ya que al estar en la cubierta y no ser transitable, no se requiere resguardar los cables. Por último, una vez seleccionado el material conductor, el tipo de aislamiento de cable (Tipo C) y la disposición, en este caso circuito monofásico con aislamiento de polietileno reticulado, únicamente queda asignar la máxima corriente admisible que se adapte a los circuitos de la instalación.

Conociendo la intensidad en el punto máximo de potencia de nuestros módulos fotovoltaicos (9,09A), según la tabla C52, 1 bis de la norma HD60364 [3], se elige una sección de 6 mm^2, más que suficiente para soportar los 9,09 amperios con una máxima intensidad admisible de 52 amperios.

Fusible

Para proteger el circuito frente a sobrecargas, se ha elegido un fusible de 16A. Este fusible se encarga de proteger tanto el cable como el inversor. Hemos elegido un valor de 16A ya que este valor es mayor a la intensidad máxima de los módulos fotovoltaicos y menor tanto a la intensidad máxima admisible del conductor (52A) como a la del inversor.

Caída de Tensión

Para un cable de sección 6 mm^2, la caída de tensión para una longitud de 30m se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta v(\%)=\frac{2*L*I}{S*C*U}*100=\frac{2*30*9.09}{6*56*25*37,42}*100=0.175\%<1,5\% \qquad \text{cumple}$$

Protección contra cortocircuitos

La intensidad de cortocircuito esperable en el circuito de 25 módulos en serie es la intensidad de cortocircuito indicada por el fabricante del módulo, en este caso 9,57A. Según la normativa UNE-EN 60269-6, la cual indica, que para estar protegido bajo cualquier circunstancia, debe incrementarse un 56%.

$$I_{max}=1,56*I_{cc}=1,56*9,57=14,93^{a}$$

Tanto la máxima intensidad admisible por el conductor como el inversor son mayores al resultado obtenido, por lo que solo se abriría el fusible en caso de desconexión accidental con el circuito de alterna.

Conductor de Tierra

De acuerdo con la tabla 2 del ITC-BT-19 del Reglamento de Baja Tensión [3], el conductor de protección tendrá la misma sección que el conductor de fase, ya que la sección de fase es menor a 16 mm².

Sección conductores de fase S (mm^2)	Sección conductor protección S_p (mm^2)
S≤16	S_p=S
16<S≤35	S_p=16
S>35	S_p=S/2

Tabla 3 Tabla 2 ITC-BT-19

4.4.7 CIRCUITO CA

Para el dimensionado del circuito de corriente alterna, según la ITC-BT-26, se puede calcular la intensidad con un factor de potencia de 1, ya que no se utilizan motores, utilizando la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * f * cos\varphi} = \frac{187000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 269{,}91A$$

Tras calcular la intensidad máxima de salida del inversor, podemos consultar la tabla C52 de máximas intensidades admisibles. Para un método de instalación tipo B1 (tubo empotrado en pared) con aislamiento de polietileno reticulado y circuito trifásico, se requiere una sección de 150 mm², que admite hasta 313 amperios.

Protección contra Sobrecarga del Conductor

Para proteger la instalación, se debe instalar un interruptor magnetotérmico a la salida del inversor, con una capacidad mayor al 125% de la intensidad nominal calculada anteriormente:

$$269{,}91 * 1{,}25 = 337{,}39A$$

Caída de tensión

Para un cable de sección 150 mm^2, la caída de tensión para una longitud de 40m se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta v(\%) = \frac{P*L}{S*C*U^2} * 100 = \frac{187000*40}{150*56*400^2} * 100 = 0.001\% < 1{,}5\% \qquad \text{cumple}$$

La caída de tensión admisible para los cables de conexión está determinada por el apartado 5 de la ITC-BT-40, establecida en 1.5%.

protección contra cortocircuitos

Para el cálculo de la protección contra cortocircuitos hay que tener en cuenta también la línea general de alimentación o LGA, en este caso la consideraremos de aproximadamente 15 m por lo que para calcular la resistencia sumaremos ambas distancias considerando cables de la misma sección.

$$I_{CC} = \frac{0{,}8 * U_N}{L * R} = \frac{0{,}8 * 230}{55 * \frac{2}{56 * 150}} = 14051\text{A}$$

Cumpliéndose la condición:

$$10 * I_P = 10 * 337{,}39 = 3373{,}9\ \text{A} < 14051\ \text{A} = I_{CC}$$ Cumple

conductor de protección

De acuerdo a la tabla 2 del ITC-BT-19 del Reglamento de Baja Tensión [3], el conductor de protección debe ser la mitad de la sección del conductor de fase, ya que la sección de fase es mayor a 35 mm². Por lo tanto, con un cable de fase de 150 mm², el conductor de protección será de 75 mm².

Sección conductores de fase S (mm^2)	Sección conductor protección S_p (mm^2)
S≤16	S_p=S
16<S≤35	S_p=16
S>35	S_p=S/2

Tabla 4 Tabla 2 ITC-BT-19

4.5 PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

A la hora de elegir la orientación e inclinación de nuestra instalación fotovoltaica, hemos tenido en cuenta el código técnico de la edificación, en específico la sección HE5, apartado 2.2,6 en el que dice que se considera el sur como orientación óptima y la latitud menos 10 la inclinación óptima. Dado que nuestro pabellón multiservicio se encuentra a una latitud de 39,19º la inclinación óptica de nuestro módulo será de 29,19º y tomaremos una orientación sur.

4.5.1 CÁLCULO DE IRRADIACIÓN ANUAL CON PVGIS

Utilizando PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), si introducimos los datos anteriores de orientación e inclinación junto a la potencia de la instalación calculada anteriormente de 187,00 kWp, obtendremos la irradiación solar anual. PVGIS permite simular la producción de energía de una instalación fotovoltaica basada en datos meteorológicos y parámetros específicos de la instalación.



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

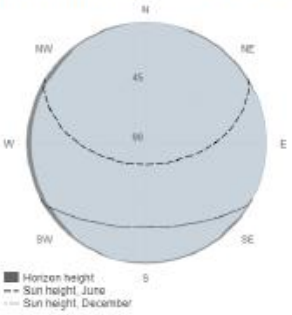
Provided inputs:

Latitude/Longitude:	39.192,-0.429
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH2
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed:	187 kWp
System loss:	14 %

Simulation outputs

Slope angle:	29 °
Azimuth angle:	0 °
Yearly PV energy production:	289304.71 kWh
Yearly in-plane irradiation:	2011.8 kWh/m²
Year-to-year variability:	10092.14 kWh
Changes in output due to:	
Angle of incidence:	-2.65 %
Spectral effects:	0.58 %
Temperature and low irradiance:	-8.68 %
Total loss:	-23.1 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	19954.6	129.8	3082.6
February	19860.5	131.3	2962.5
March	24736.7	167.3	3222.9
April	25495.4	176.2	2007.4
May	28653.1	202.7	2584.8
June	28866.7	208.9	1030.9
July	30028.4	220.2	1176.1
August	28307.3	205.8	1411.0
September	24581.7	175.0	1848.8
October	21986.2	152.2	2713.0
November	18446.1	122.9	2636.1
December	18388.0	119.6	1816.3

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Tabla 5 Irradiación Anual de la Instalación (PVGIS)

Una vez obtenida la radiación solar mensual, podemos calcular la producción por horas mediante el uso de los factores de funcionamiento de una instalación fotovoltaica en la zona IV, que es la zona climática donde se encuentra nuestra instalación de placas según el RD 661/2007.

Tabla 6 Factores de Utilización

	ZONA IV																							
ZONA IV	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,23	0,34	0,43	0,46	0,43	0,34	0,23	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,19	0,34	0,48	0,58	0,61	0,58	0,48	0,34	0,19	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,26	0,42	0,55	0,64	0,67	0,64	0,55	0,42	0,26	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	0,35	0,50	0,63	0,72	0,75	0,72	0,63	0,50	0,35	0,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,28	0,44	0,60	0,74	0,83	0,86	0,83	0,74	0,60	0,44	0,28	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,31	0,47	0,63	0,76	0,85	0,88	0,85	0,76	0,63	0,47	0,31	0,16	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,33	0,51	0,69	0,83	0,93	0,97	0,93	0,83	0,69	0,51	0,33	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,25	0,43	0,60	0,74	0,84	0,88	0,84	0,74	0,60	0,43	0,25	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,32	0,49	0,63	0,73	0,76	0,73	0,63	0,49	0,32	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,35	0,49	0,58	0,61	0,58	0,49	0,35	0,20	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,24	0,35	0,43	0,46	0,43	0,35	0,24	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,20	0,31	0,38	0,41	0,38	0,31	0,20	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Media anual	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,29	0,44	0,57	0,66	0,69	0,66	0,57	0,44	0,29	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total anual	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	18,55	52,86	105,47	160,84	208,98	241,77	253,40	241,77	208,98	160,84	105,47	52,86	18,55	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Según lo indicado en el anexo mencionado anteriormente, la tabla correspondiente muestra los factores de funcionamiento para cada hora solar. A continuación, se presentan los factores de funcionamiento correspondientes para las horas civiles, teniendo en cuenta los cambios de horario.

Tabla 7 Factores de Utilización Segun RD661/2007

ZONA IV. Factor de funcionamiento según RD661/2007, anexo XII. HORA OFICIAL																									
Mes/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Suma
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,23	0,34	0,43	0,46	0,43	0,34	0,23	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,19	0,34	0,48	0,58	0,61	0,58	0,48	0,34	0,19	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,87
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,26	0,42	0,55	0,64	0,67	0,64	0,55	0,42	0,26	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,63
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	0,35	0,50	0,63	0,72	0,75	0,72	0,63	0,50	0,35	0,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,65
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,28	0,44	0,60	0,74	0,83	0,86	0,83	0,74	0,60	0,44	0,28	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,90
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,31	0,47	0,63	0,76	0,75	0,88	0,85	0,76	0,63	0,47	0,31	0,16	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	7,17
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,33	0,51	0,69	0,83	0,93	0,97	0,93	0,83	0,69	0,51	0,33	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	7,91
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,25	0,43	0,60	0,74	0,84	0,88	0,84	0,74	0,60	0,43	0,25	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,78
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,32	0,49	0,63	0,73	0,76	0,73	0,63	0,49	0,32	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,46
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,35	0,49	0,58	0,61	0,58	0,49	0,35	0,20	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,97
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,24	0,35	0,43	0,46	0,43	0,35	0,24	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,72
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,20	0,31	0,38	0,41	0,38	0,31	0,20	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35

Ahora, mediante el uso de los factores de funcionamiento de cada mes, podemos sacar una estimación de la producción energética de la instalación de placas fotovoltaicas a cualquier hora y época del año.

$$Ph = (Fh/Ftot) \times Etot$$

Donde

- Ph: Producción promedio en una hora en concreto de cada mes.
- Fh: factores de funcionamiento en una hora concreta de cada mes.
- Ftot: Total de los factores de funcionamiento de cada mes.
- Etot: Producción media en un día de un mes específico (valor que se obtiene de la tabla 5 del informe de producción PVGIS).

Mes/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,20	55,66	82,28	104,06	111,32	104,06	82,28	55,66	24,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	643,70
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,31	34,72	62,13	87,71	105,98	111,46	105,98	87,71	62,13	34,72	7,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	707,16
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,95	44,80	72,37	94,77	110,27	115,44	110,27	94,77	72,37	44,80	18,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	797,76
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,02	28,58	52,65	75,21	94,76	108,30	112,81	108,30	94,76	75,21	52,65	28,58	9,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	849,85
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,41	37,51	58,94	80,37	99,13	111,18	115,20	111,18	99,13	80,37	58,94	37,51	17,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	924,29
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,47	41,59	63,06	84,53	####	100,63	118,07	114,05	101,97	84,53	63,06	41,59	21,47	4,03	0,00	0,00	0,00	0,00	962,02
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	19,59	40,41	62,45	84,50	####	113,89	118,79	113,89	101,64	84,50	62,45	40,41	19,59	2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	968,66
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,12	33,67	57,91	80,81	99,66	113,13	118,52	113,13	99,66	80,81	57,91	33,67	12,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	913,14
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	24,01	48,02	73,54	94,55	109,55	114,05	109,55	94,55	73,54	48,02	24,01	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	819,39
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,72	35,73	62,53	87,54	103,62	108,97	103,62	87,54	62,53	35,73	10,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	709,23
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,87	54,25	79,12	97,20	103,99	97,20	79,12	54,25	24,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	614,87
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,19	50,48	78,25	95,92	103,49	95,92	78,25	50,48	20,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	593,16

Tabla 8 Producción por horas

Combinando la información proporcionada por PVGIS con los factores de funcionamiento, podemos determinar la producción horaria para cada mes. Como se muestra en la tabla 8, obtenemos la producción para cada hora de cada mes, lo que nos permite calcular un total mensual y anual, especificado en la tabla 9.

MES	Ep (KWh/mes)
Enero	19.955
Febrero	19.801
Marzo	24.731
Abril	25.495
Mayo	28.653
Junio	28.861
Julio	30.028
Agosto	28.307
Septiembre	24.582
Octubre	21.986
Noviembre	18.446
Diciembre	18.388
TOTAL Anual	**289.233**

Tabla 9 Producción Mensual

4.6 POTENCIA SOLICITADA

Potencia Solicitada:

- PC1: 7 kW
- PC2: 7 kW
- PC3: 7 kW
- PC4: 7 kW
- PC5: 7 Kw
- PC6: 60 kW

Para determinar la potencia solicitada presentada previamente, realizamos una comparación con la factura de una instalación similar que hemos analizado anteriormente. Estimamos que nuestras instalaciones requieren un 33% más de energía, no solo por la diferencia de tamaño, sino también por la mayor demanda eléctrica que implica una instalación de este tipo.

Es importante destacar que estas estimaciones pueden no ser siempre precisas debido a la influencia de otros factores, como las especificaciones técnicas, la normativa local, la ubicación y la proximidad de edificios de grandes dimensiones. En este caso, se utilizó una instalación con características y localización similares, lo que permite suponer que las estimaciones son correctas. Por lo tanto, se puede afirmar que el incremento en la demanda eléctrica de nuestro pabellón multiservicios es proporcional al aumento de tamaño en comparación con la instalación analizada en las facturas eléctricas.

Capítulo 5. PRESUPUESTO

1. Cimentaciones

Descripción	Importe
• Preparación y nivelación	2.639,89 €
• Zapatas	28.851,50 €
• Vigas de Atado	7.143,15 €

Total Cimentaciones: 38.634,54 €

2. Estructura Modular

Descripción	Importe
• Perfiles de Acero	388.243,51 €

Total Estructuras Modular: 388.243,51 €

3. Movimiento y Nivelación de Tierras

Descripción	Importe
• Excavación y transporte de tierras	7.071,69 €
• Nivelado del Terreno	52.094,25 €

Total Movimiento y Nivelación de Tierras: 59.165,94 €

4. Gestión de Residuos

Descripción	Importe
• Retirada de Tierras	306,24 €

Total Gestión de Residuos: 306,24 €

5. Cubiertas

Descripción	Importe
• Cubierta Nave Principal	12.483,11 €
• Cubiertas Edificio Anexo	11.829,87 €

Total Cubiertas: 24.312,98 €

6. Carpintería

Descripción	Importe
• Puertas Exteriores	3.484,41 €
• Puertas Interiores	2.095,39 €
• Carpintería	13.646,64 €

Total Carpintería: 19.226,44 €

7. Fachadas

Descripción	Importe
• Fachadas	118.581,15 €

Total Fachadas: 118.581,15 €

8. Instalaciones Eléctricas

Descripción	Importe
• Sistema de Energía Solar	79.525,58 €
• Tecnología e Instalaciones	11.067,44 €
• Cables y conexiones	7.935,08 €

Total Instalaciones Eléctricas: 98.528,10 €

Resumen del Presupuesto

Presupuesto Ejecución Material: 746.892,65 €

Gastos Generales (13%): 97.096,04 €

Beneficio Industrial (6%): 44.813,56 €

Presupuesto Ejecución por Contrata: 888.802,25 €

IVA (21%): 186.648,47 €

Presupuesto Base de Licitación: 1.075.450,72 €

Capítulo 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El desarrollo de este proyecto ha permitido la elaboración de un diseño avanzado para un pabellón multiservicios de 3.000 m², integrando principios de sostenibilidad y autosuficiencia energética. La integración de módulos fotovoltaicos en el diseño subraya nuestro compromiso con la conservación del medio ambiente y la adopción de prácticas responsables en la construcción y gestión de espacios multifuncionales.

A lo largo del mismo, hemos podido explorar y utilizar una variedad de herramientas y software especializado, incluyendo CYPE y AutoCAD. Estas herramientas han sido cruciales para garantizar la precisión en el diseño y la eficacia en la planificación estructural del pabellón, permitiendo un desarrollo detallado y coherente del proyecto.

Los cálculos y análisis presentados en este documento demuestran que tanto la estructura modular del pabellón como la instalación de paneles solares, cumplen con los estándares necesarios para asegurar su eficiencia y funcionamiento óptimo. En cada etapa del desarrollo, se han implementado soluciones innovadoras y sostenibles, garantizando un máximo rendimiento y una significativa reducción del impacto ambiental.

En resumen, este trabajo no solo ha consolidado los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la formación académica, sino que también me ha proporcionado habilidades prácticas en el uso de herramientas de ingeniería. Esto ha enriquecido la experiencia tanto académica como profesional, facilitando una aplicación efectiva de los conceptos aprendidos y contribuyendo significativamente a mi formación integral en el ámbito de la ingeniería industrial.

ANEXO I

Capítulo 7. PROGRAMAS EMPLEADOS

Para el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, hemos empleado principalmente dos programas: CYPE y AutoCAD.

En CYPE, diseñamos y analizamos la estructura metálica del pabellón multiservicios, realizando todas las comprobaciones necesarias para garantizar su resistencia y cumplimiento con las normativas vigentes. Este software nos permitió simular diversas condiciones y asegurar la seguridad y eficacia de la estructura.

AutoCAD fue utilizado para diseñar la distribución en planta y crear los planos detallados del proyecto. Además, generamos vistas tridimensionales (3D) de la nave para una visualización precisa del diseño.

Para la elaboración del presupuesto, utilizamos Arquímedes, complementado con la exportación de listados desde CYPE. Esto nos permitió calcular de manera precisa los costos del proyecto.

El uso combinado de CYPE, AutoCAD y Arquímedes fue esencial para el diseño estructural, la planificación y la gestión presupuestaria de nuestro pabellón multiservicios, asegurando un desarrollo integral y conforme a las normativas.

Capítulo 8. MATERIALES EMPLEADOS

En este capítulo, se detallarán los materiales seleccionados para la construcción del pabellón multiservicios de estructura metálica, así como las cimentaciones de hormigón que soportan la edificación. La elección de estos materiales ha sido fundamental para garantizar la durabilidad, resistencia y estabilidad del proyecto. Analizaremos las características específicas de los componentes metálicos utilizados en la estructura principal, así como las propiedades del hormigón empleado en las cimentaciones.

8.1 ACERO

Se han utilizado tres tipos diferentes de acero; a continuación se describirán sus características y se detallarán las áreas donde se han empleado.

8.1.1 Acero laminado S275

Utilizado en la estructura principal, a continuación se presenta una tabla que muestra los diferentes perfiles de nuestra estructura que emplean este tipo de acero junto con sus características:

- Límite elástico: 275 N/mm²
- Módulo de elasticidad: 210.000 N/mm²
- Módulo de rigidez: 81.000 N/mm²
- Coeficiente de Poisson: 0,3
- Coeficiente de dilatación térmica: $1{,}2 \cdot 10^{-5}$ $(ºC)^{-1}$

- Densidad: 7.850 kg/m³

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 330, (IPE)	62.60	27.60	20.72	11770.00	788.00	28.06
		2	IPE 180, (IPE)	23.90	10.92	7.82	1317.00	101.00	4.73
		3	IPE 360, (IPE)	72.70	32.38	24.09	16270.00	1043.00	37.44
		4	SHS 150x8.0, (Cold Formed SHS)	43.19	18.93	18.93	1404.76	1404.76	2359.73
		5	IPE 450, (IPE)	98.80	41.61	35.60	33740.00	1676.00	66.75
		6	IPE 400, (IPE)	84.50	36.45	28.87	23130.00	1318.00	51.28
		7	SHS 120x3.0, (Cold Formed SHS)	13.80	5.85	5.85	311.98	311.98	487.70
		8	L 80 x 80 x 8, (L)	12.30	5.76	5.76	72.25	72.25	2.59
		9	SHS 100x8.0, (Cold Formed SHS)	27.19	12.27	12.27	362.03	362.03	641.08

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla 10 Resumen Perfiles con Características Mecánicas

8.1.2 ACERO CONFORMADO S235

Empleado para los cerramientos de la nave tanto en cubierta como en las distintas fachadas, seguidamente se presenta una ilustración con el tipo de perfil que emplea el acero conformado S235.

Características:

- Límite elástico: 235 N/mm²
- Módulo de elasticidad: 210.000 N/mm²
- Módulo de rigidez: 81.000 N/mm²
- Coeficiente de Poisson: 0,3
- Coeficiente de dilatación térmica: $1{,}2 \cdot 10^{-5}$ (ºC)$^{-1}$
- Densidad: 7.850 kg/m³

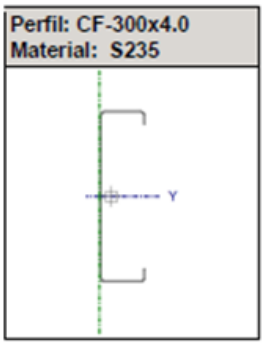


Ilustración 27 Perfil cf-300x4.0

8.1.3 ACERO CORRUGADO B500S

Se ha empleado acero corrugado B500S en la armadura de los elementos de cimentación y para los pernos que unen las placas de anclaje con las zapatas.

Características:

- Límite elástico: 500 N/mm²
- Módulo de elasticidad: 200.000 N/mm²
- Carga unitaria de rotura: 550 N/mm²
- Alargamiento de rotura: 12%
- Alargamiento total bajo carga máxima:
- Recto: 5%
- Rollo: 7,5%
- Relación fs/fy: 1,08%

8.2 HORMIGÓN

Para el diseño de la estructura, se han utilizado dos tipos de hormigón, que detallo a continuación junto con las fases y partes en las que se han empleado.

8.2.1 HORMIGÓN ARMADO HA-30/F/20/XC2

En este proyecto, el hormigón armado HA-30/F/20/XC2 se ha utilizado en la cimentación, específicamente en las zapatas y las vigas de atado. Este material es fundamental para soportar las cargas y garantizar la estabilidad estructural.

Características:

- Resistencia característica: 30 N/mm²
- Consistencia fluida
- Tamaño máximo de árido: 20 mm
- Clase de exposición XC2 (en contacto permanente con agua o enterrado en suelos no agresivos)

8.2.2 HORMIGÓN DE LIMPIEZA HL-150/B/20

Empleado en las actuaciones previas justo después de la limpieza, desbroce y movimiento de tierras, facilitando así la instalación de las zapatas.

Características:

- Dosificación mínima: 150 kg/m³ de cemento
- Consistencia fluida
- Tamaño máximo de árido: 20 mm

Capítulo 9. CARGAS SOBRE LA ESTRUCTURA

El CTE-DB-SE-AE (Código Técnico de la Edificación - Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación) [10] es una normativa que establece los requisitos y criterios técnicos necesarios para garantizar la seguridad estructural de los edificios en España. Este documento especifica las acciones que deben considerarse en el diseño y construcción de estructuras, con el objetivo de asegurar su resistencia y estabilidad bajo diferentes condiciones de carga.

A continuación, mostraremos las diferentes cargas empleadas para el cálculo de la estructura.

3.3.2 Acciones

3.3.2.1 Clasificación de las acciones

1 Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo en:

a) acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.

b) acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.

c) acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

Ilustración 28 CTE Acciones

9.1 CARGAS PERMANENTES (G)

El peso propio a considerar incluye el de los elementos estructurales, los cerramientos y otros componentes. Se ha aplicado una carga de 0.15 kN/m² para los cerramientos, mientras que CYPE automáticamente contabiliza el peso de los elementos estructurales, como pilares y vigas.

9.2 CARGAS VARIABLES (Q)

9.2.1 SOBRECARGA DE USO

La sobrecarga de uso se refiere al peso causado por la utilización del edificio. En la tabla 11 se muestran los valores que puede tener esta carga según la categoría y subcategoría del edificio. Para esta construcción, se ha aplicado un único tipo de uso:

- Sobrecarga por Mantenimiento: Clasificada como G1, para techos accesibles solo con fines de mantenimiento.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1 (7)	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1 (4) (6)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5)	0,4 (4)	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Tabla 11- Categorias Sobrecargas de Uso CTE

9.2.2 VIENTO

El viento puede generar cargas sobre las distintas caras de la nave, esta carga puede considerarse perpendicular a la superficie y para su cálculo se ha empleado la siguiente ecuación:

$$q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p$$

-qb: La presión dinámica del viento, distinta en cada una de las caras. Para obtener su valor se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\mathrm{q}b = 0{,}5 \cdot \delta \cdot vb$$

- δ: Densidad del aire
- vb: Velocidad básica del viento y según la ubicación cambia de valor. En la ilustración 29 se observan los valores para prácticamente toda la península. Las instalaciones se encuentran en la zona A (26 m/s).

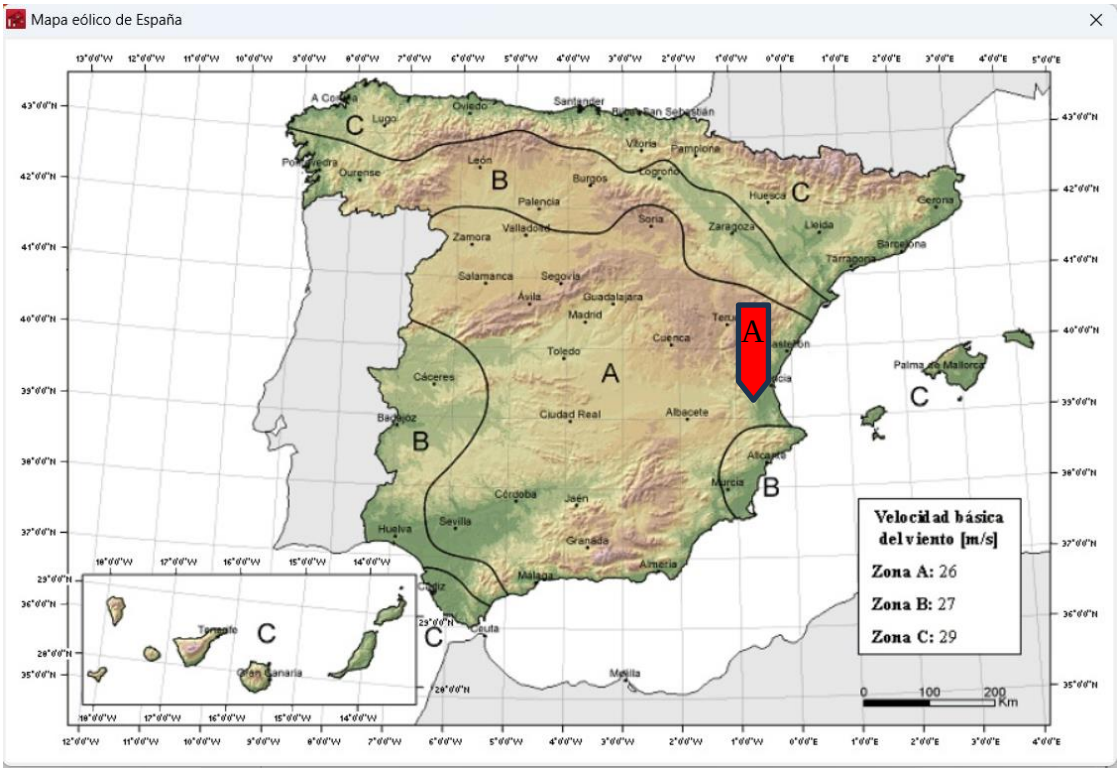


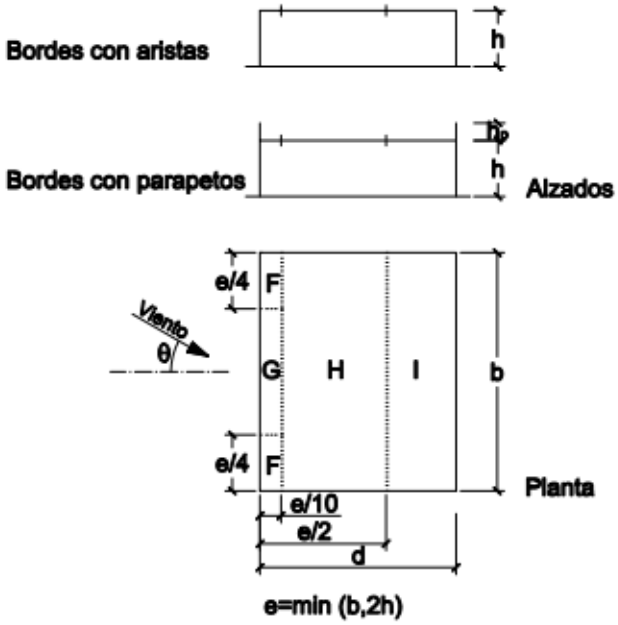
Ilustración 29 Zonas geográficas para hallar vb

C*e*: Es el coeficiente de exposición, se ajusta en función de diversos factores que influyen en la velocidad y presión del viento, tales como la exposición de la estructura, la altura, y las características del terreno. La altura de la nave es de 12m y el grado de aspereza es IV, por lo que c_e será igual a 1,9.

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 12 Grado de Aspereza

C_p: Es el coeficiente de presión del viento, es un factor utilizado en la ingeniería estructural para calcular la presión del viento que actúa sobre una estructura. Este coeficiente considera la forma y orientación de la estructura, así como las características de su superficie, para determinar cómo el viento interactúa con ella. Los distintos valores se pueden encontrar en la Tabla D.4 del Anexo D.3 del CTE DB ES-AE [10], mostrada en la ilustración 30.



	h_p/h	A (m^2)	Zona (según figura), -45° < θ < 45°			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,2
Con parapetos	0,025	≥ 10	-1,6	-1,1	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,2
	0,05	≥ 10	-1,4	-0,9	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,2
	0,10	≥ 10	-1,2	-0,8	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,2

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°

Ilustración 30 Coeficiente de Presión

Los casos de viento se evalúan en el programa de cálculo CYPE 3D:

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
4 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
5 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
6 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

En la siguiente ilustración 31 se presentan las direcciones de las distintas hipótesis desde la planta de la estructura d la nave.

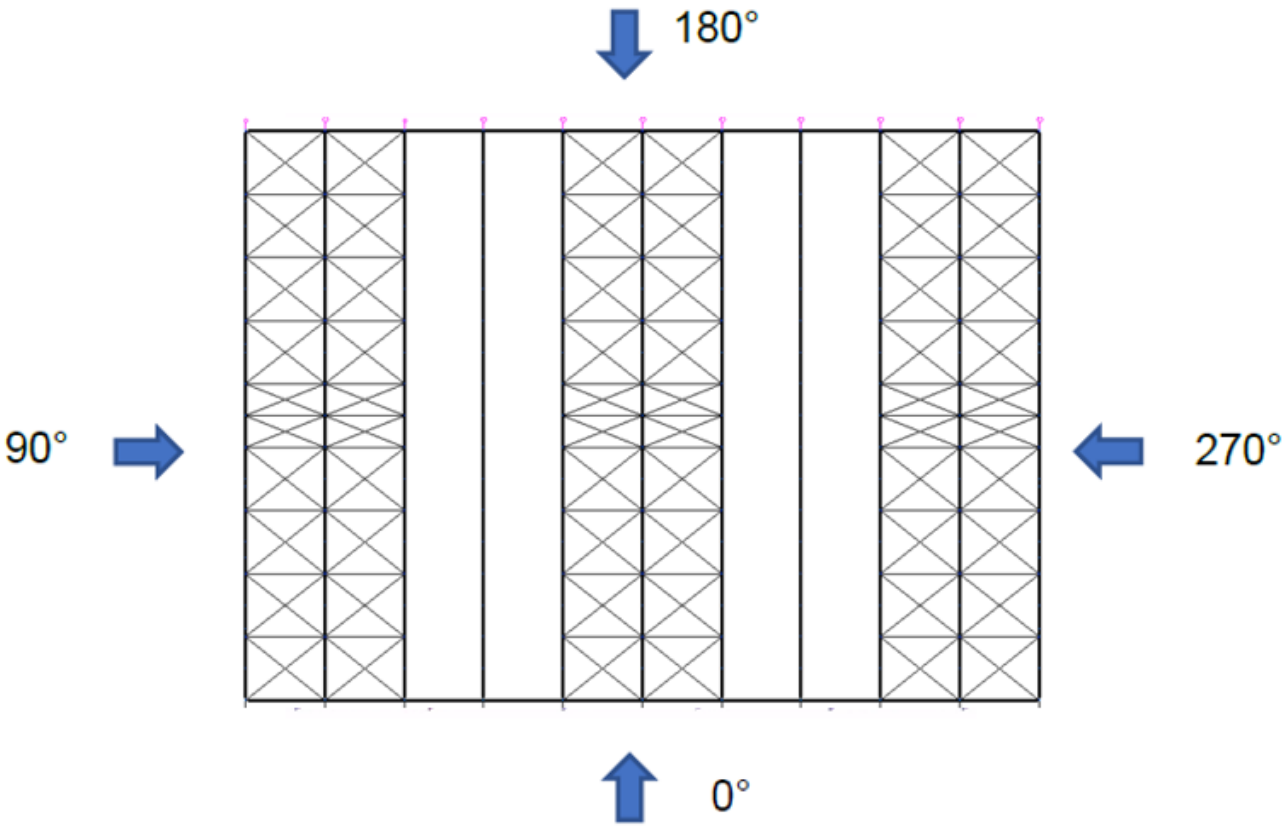


Ilustración 31 Cubierta con direcciones del viento

9.2.3 NIEVE

La carga de nieve es un factor crítico en el diseño estructural, especialmente en regiones donde las nevadas son comunes. Esta carga se refiere al peso adicional que la nieve acumulada ejerce sobre una estructura, como techos y otras superficies horizontales o inclinadas. La carga de nieve tiene una proyección horizontal y se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$qn = \mu(\alpha) \cdot sk\ (H, ZC)$$

- μ: es el coeficiente de forma que depende de la inclinación del techo

- sk: Es la carga de nieve característica en el suelo, que depende de la altitud (H) y la zona climática (Z_C). El pabellón diseñado se encuentra en la zona invernal 5, con una altitud topográfica de alrededor de 20m .



Ilustración 32 Zonas Geográficas para Carga de Nieve

En resumen, la carga de nieve se determina por varios factores, entre los que cabe destacar la zona geográfica y la altura de la construcción. La carga de nieve final calculada para nuestra nave es de un total de 0.214 kN/m².

Capítulo 10. ANÁLISIS DE LOS SUB-SISTEMAS ESTRUCTURALES

10.1 DATOS Y COMPROBACIONES DE LAS CORREAS

En la ilustración 33, se muestra uno de los pórticos interiores donde se puede observar la disposición de las correas en la cubierta y en los pilares laterales. Además, junto a la ilustración 33 se incluye una tabla que detalla el número total de correas en cada uno de los pórticos de la construcción.

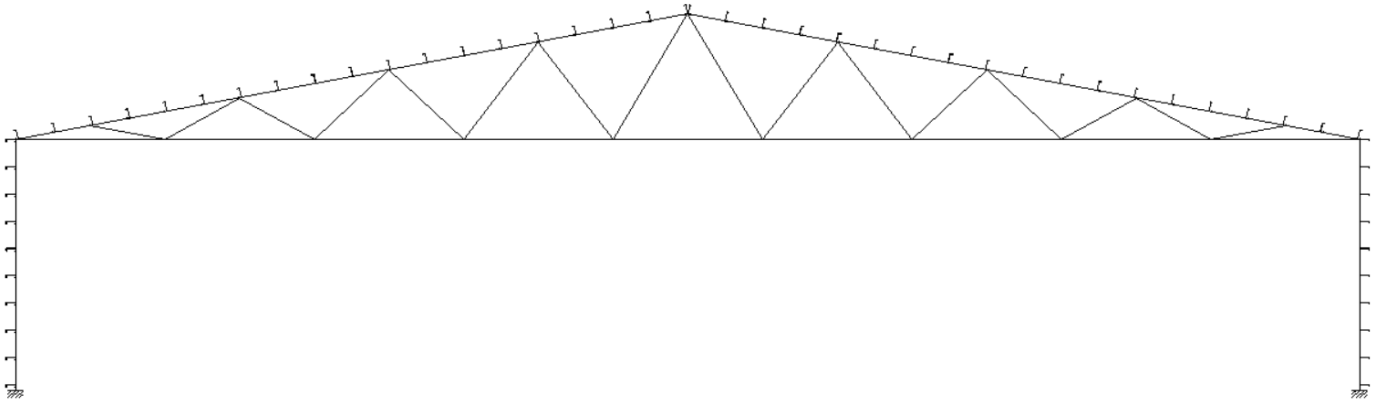


Ilustración 33 Portico Interior con Correas

Medición de correas			
Tipodecorreas	Nºdecorreas	Pesolinealkg/m	PesosuperficialkN/m²
Correasdecubierta	38	571.62	0.13
Correaslaterales	20	300.85	0.07

Tabla 13 Mediciones de Correas

Todas las correas del pabellón se han elegido de un perfil tipo CF-300x4.0, un perfil conformado en frío el cual presenta suficiente rigidez para soportar las cargas sobre las superficies de la nave y en la siguiente ilustración muestro la sección de este tipo de perfil junto con algunas de sus características.

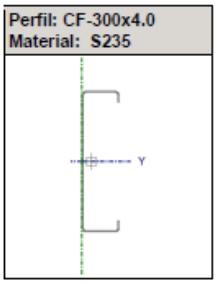


Ilustración 34
Perfil CF-300x4.0

10.1.1 CORREAS DE CUBIERTA

A continuación, detallo los datos de las correas de cubierta y las distintas verificaciones de acuerdo al Documento Básico SE Seguridad estructural – CTE [10]:

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-300x4.0	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.20 m	Número de vanos: Un vano
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Cubierta no colaborante

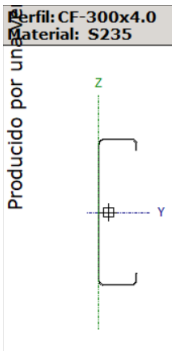
Tabla 14 Datos de Correas de Cubierta

Verificación de Resistencia:

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 92.42 %

Tabla 15 Verificación Resistencia

Barra pésima en cubierta



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_v^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)	$y_G^{(3)}$ (mm)	$z_G^{(3)}$ (mm)
0.590,60.000,8.110	0.590,54.000,8.110	6.000	19.16	2406.32	142.15	1.02	-19.83	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L_K	6.000	6.000	6.000	6.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Tabla 16 Características CF-300x4.0

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t)$_{máx.}$ Cumple	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[3]	x: 3 m η = 73.1	x: 3 m η = 4.2	x: 3 m η = 77.4	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 3.2	N.P.[4]	N.P.[5]	N.P.[6]	x: 0 m η = 92.4	CUMPLE η = 92.4

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
[3] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[4] No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
[5] No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
[6] No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/t ≤ 250 — **h / t :** *69.8* ✓

b/t ≤ 90 — **b / t :** *14.8* ✓

c/t ≤ 30 — **c / t :** *3.6* ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$0.2 \leq c/b \leq 0.6$ — **c / b :** *0.246*

Donde:

- **h**: Altura del alma. — **h :** *279.00* mm
- **b**: Ancho de las alas. — **b :** *59.00* mm
- **c**: Altura de los rigidizadores. — **c :** *14.50* mm
- **t**: Espesor. — **t :** *4.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen los acuerdos curvos entre elementos planos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Producido por una versión educativa de CYPE

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : 0.196 \checkmark$$

$$\eta = \frac{M^{-}_{Ed}}{M^{-}_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : 0.731 \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{+}$: 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo 0.590, 60.000, 8.110, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{-}$: 7.05 kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \qquad M_{c,Rd} : 35.90 \text{ kN·m}$$

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : 160.42 cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 235.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral $M_{b,Rd}^{-}$ viene dado por:

Producto propio. Versión educativa de CYPE

Verificación de Flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 57.17 %

Tabla 17 Verificación Flecha

10.1.2 CORREAS LATERALES

A continuación, se muestra los datos de las correas de cubierta y las distintas verificaciones de acuerdo con el Documento Básico SE Seguridad estructural – CTE [10]:

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-300x4.0	Límite flecha: L / 300
Separación: 0.90 m	Número de vanos: Un vano
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Cubierta no colaborante

Tabla 18 Datos de Correas Laterales

Verificación de Resistencia

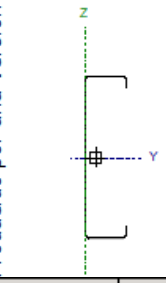
Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 98.41 %

Tabla 19 Verificación Resistencia

Barra pésima en lateral

Tabla 20 Características Perfil CF-300x4.0

Perfil: CF-300x4.0
Material: S235



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_s (3) (mm)	z_s (3) (mm)
0.000,6.000,0.450	0.000,0.000,0.450	6.000	19.16	2406.32	142.15	1.02	-19.83	0.00

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*

	Pandeo		Pandeolateral	
	PlanoXY	PlanoXZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L_k	6.000	6.000	6.000	6.000
C_1	-		1.000	

Notación:

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$MNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en lateral	b / t ≤ (b / t)$_{max}$ Cumple	N.P.(3)	N.P.(2)	N.P.(4)	x: 3 m η = 59.4	x: 3 m η = 33.7	x: 3 m η = 93.1	x: 0 m η = 1.6	x: 6 m η = 2.6	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	x: 6 m η = 98.4	**CUMPLE η = 98.4**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$MNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.*
(2) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
(3) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*
(4) *No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(5) *No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(6) *No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

Producido por una versión educativa de CYPE

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/t ≤ 250	**h / t** : *69.8* ✓
b/t ≤ 90	**b / t** : *14.8* ✓
c/t ≤ 30	**c / t** : *3.6* ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ **c/b** ≤ 0.6 — **c / b** : *0.246*

Donde:

h: Altura del alma.	**h** : *279.00* mm
b: Ancho de las alas.	**b** : *59.00* mm
c: Altura de los rigidizadores.	**c** : *14.50* mm
t: Espesor.	**t** : *4.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen los acuerdos curvos entre elementos planos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Producido por una versión educativa de CYPE

Resistencia a flexión, Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : 0.159$$ ✓

$$\eta = \frac{M^{-}_{Ed}}{M^{-}_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : 0.594$$ ✓

Para flexión positiva:

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{+}$: 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo 0.000, 6.000, 0.450, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{-}$: 5.72 kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \qquad M_{c,Rd} : 35.90 \text{ kN·m}$$

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : 160.42 cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 235.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral $M_{b,Rd}^{-}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}} \qquad M_{b,Rd}^{-} : 9.64 \text{ kN·m}$$

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : 160.42 cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 235.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\overline{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1 \qquad \chi_{LT} : 0.27$$

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\overline{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\overline{\lambda}_{LT}\right)^2\right] \qquad \phi_{LT} : 2.27$$

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.34

$\overline{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

Producido por la versión educativa de CYPE

Resistencia a flexión, Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.337 ✓

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

η : 0.497 ✓

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

η : 0.931 ✓

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.016 ✓

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.026 ✓

Verificación de Flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 81.10 %

Tabla 21 Verificación Flecha

10.2 SISTEMA DE CIMENTACIÓN

El sistema de cimentación de las instalaciones, que se mostrará a continuación, ha sido simplificado al máximo. Se han calculado un total de 14 tipos diferentes de zapatas y vigas, cuyas dimensiones se detallan en las tablas siguientes. Todas las zapatas son aisladas y se han adaptado sin problemas al terreno.

Referencias	Geometría	Armado
N3, N1, N211 y N213	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 82.5 cm Ancho inicial Y: 82.5 cm Ancho final X: 82.5 cm Ancho final Y: 82.5 cm Ancho zapata X: 165 cm Ancho zapata Y: 165 cm Canto: 65 cm	Sup X: 15Ø12c/10 Sup Y: 15Ø12c/10 Inf X: 10Ø12c/16 Inf Y: 10Ø12c/16
N242, N241, N240, N239, N238, N237, N236, N235, N262, N263, N264, N265, N266, N267, N268 y N269	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 152.5 cm Ancho inicial Y: 152.5 cm Ancho final X: 152.5 cm Ancho final Y: 152.5 cm Ancho zapata X: 305 cm Ancho zapata Y: 305 cm Canto: 65 cm	Sup X: 29Ø12c/10 Sup Y: 29Ø12c/10 Inf X: 10Ø16c/30 Inf Y: 10Ø16c/30
N22 y N190	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 147.5 cm Ancho inicial Y: 120 cm Ancho final X: 147.5 cm Ancho final Y: 35 cm Ancho zapata X: 295 cm Ancho zapata Y: 155 cm Canto: 65 cm	Sup X: 14Ø12c/10 Sup Y: 28Ø12c/10 Inf X: 9Ø12c/16 Inf Y: 17Ø12c/17
N43	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 157.5 cm Ancho inicial Y: 130 cm Ancho final X: 157.5 cm Ancho final Y: 35 cm Ancho zapata X: 315 cm Ancho zapata Y: 165 cm Canto: 70 cm	Sup X: 15Ø12c/10 Sup Y: 30Ø12c/10 Inf X: 6Ø16c/28 Inf Y: 11Ø16c/28

Referencias	Geometría	Armado
N24	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 77.5 cm Ancho inicial Y: 35 cm Ancho final X: 77.5 cm Ancho final Y: 180 cm Ancho zapata X: 155 cm Ancho zapata Y: 215 cm Canto: 75 cm	Sup X: 20Ø12c/10 Sup Y: 14Ø12c/10 Inf X: 9Ø16c/24 Inf Y: 6Ø16c/26
N375, N378, N381, N384, N387, N390, N393, N396 y N399	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105 cm Ancho inicial Y: 105 cm Ancho final X: 105 cm Ancho final Y: 105 cm Ancho zapata X: 210 cm Ancho zapata Y: 210 cm Canto: 45 cm	Sup X: 20Ø12c/10 Sup Y: 20Ø12c/10 Inf X: 9Ø16c/23 Inf Y: 9Ø16c/23
N402 y N372	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 50 cm Ancho inicial Y: 50 cm Ancho final X: 50 cm Ancho final Y: 50 cm Ancho zapata X: 100 cm Ancho zapata Y: 100 cm Canto: 45 cm	X: 4Ø12c/25 Y: 4Ø12c/25

Referencias	Geometría	Armado
N64, N85, N106, N127 y N148	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 77.5 cm Ancho inicial Y: 240 cm Ancho final X: 77.5 cm Ancho final Y: 35 cm Ancho zapata X: 155 cm Ancho zapata Y: 275 cm Canto: 105 cm	Sup X: 26Ø12c/10 Sup Y: 14Ø12c/10 Inf X: 15Ø16c/18 Inf Y: 6Ø20c/26
N169	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 157.5 cm Ancho inicial Y: 120 cm Ancho final X: 157.5 cm Ancho final Y: 35 cm Ancho zapata X: 315 cm Ancho zapata Y: 155 cm Canto: 70 cm	Sup X: 14Ø12c/10 Sup Y: 30Ø12c/10 Inf X: 10Ø12c/15 Inf Y: 11Ø16c/28
N192	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 87.5 cm Ancho inicial Y: 35 cm Ancho final X: 87.5 cm Ancho final Y: 160 cm Ancho zapata X: 175 cm Ancho zapata Y: 195 cm Canto: 65 cm	Sup X: 18Ø12c/10 Sup Y: 16Ø12c/10 Inf X: 7Ø16c/29 Inf Y: 6Ø16c/30
N171	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 87.5 cm Ancho inicial Y: 35 cm Ancho final X: 87.5 cm Ancho final Y: 170 cm Ancho zapata X: 175 cm Ancho zapata Y: 205 cm Canto: 70 cm	Sup X: 19Ø12c/10 Sup Y: 16Ø12c/10 Inf X: 13Ø12c/15 Inf Y: 11Ø12c/15

N150, N108, N87 y N66	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 167.5 cm Ancho inicial Y: 35 cm Ancho final X: 167.5 cm Ancho final Y: 170 cm Ancho zapata X: 335 cm Ancho zapata Y: 205 cm Canto: 75 cm	Sup X: 19Ø12c/10 Sup Y: 32Ø12c/10 Inf X: 8Ø16c/26 Inf Y: 13Ø16c/26
N129	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 107.5 cm Ancho inicial Y: 35 cm Ancho final X: 107.5 cm Ancho final Y: 210 cm Ancho zapata X: 215 cm Ancho zapata Y: 245 cm Canto: 90 cm	Sup X: 23Ø12c/10 Sup Y: 20Ø12c/10 Inf X: 11Ø16c/22 Inf Y: 10Ø16c/21
N45	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 77.5 cm Ancho inicial Y: 35 cm Ancho final X: 77.5 cm Ancho final Y: 190 cm Ancho zapata X: 155 cm Ancho zapata Y: 225 cm Canto: 80 cm	Sup X: 21Ø12c/10 Sup Y: 14Ø12c/10 Inf X: 9Ø16c/25 Inf Y: 11Ø12c/13

Tabla 22 Resumen Zapatas

A pesar de buscar simplificar al máximo la estructura y reducir la variedad de zapatas y vigas de atado para ahorrar materiales, no se ha sobredimensionado en muchos casos, ya que no todas las zapatas necesitaban transmitir la misma carga.

En los siguientes puntos, analizaremos y verificaremos en detalle una zapata de la estructura principal (referencia: N267) junto con la viga de atado que la conecta con la zapata inmediata, y una zapata de la fachada frontal del edificio anexo (referencia: N85) con su respectiva viga centradora.

10.2.1 ZAPATA ESTRUCTURA PRINCIPAL

Referencia: N267
Dimensiones: 305 x 305 x 65
Armados: Xi:Ø16c/30 Yi:Ø16c/30 Xs:Ø12c/10 Ys:Ø12c/10

Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N267:	Mínimo: 55 cm Calculado: 57 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0017	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0017	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple

Referencia: N267
Dimensiones: 305 x 305 x 65
Armados: Xi:Ø16c/30 Yi:Ø16c/30 Xs:Ø12c/10 Ys:Ø12c/10

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple

Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 75 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 75 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 63 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 63 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 130 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 130 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 118 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 118 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 55 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 55 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 55 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 55 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 23 Verificaciones sobre Zapata

A continuación, se presentará una tabla que detalla la verificación de la viga de atado que conecta la zapata n267, mencionada anteriormente, con la zapata N268.

Referencia: C.1 [N267-N268] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
-Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple

Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	 Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	 Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08* - Armadura superior: - Armadura inferior:	 Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 24 Verificaciones sobre Viga de Atado

10.2.2 ZAPATA FACHADA FRONTAL

En la siguiente tabla se detallan las verificaciones de la zapata N85.

Referencia: N85 Dimensiones: 155 x 275 x 105 Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø12c/10 Ys:Ø12c/10		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991* - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	 Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm Mínimo: 20 cm Calculado: 138 cm Mínimo: 15 cm Calculado: 95 cm Mínimo: 15 cm Calculado: 95 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm Mínimo: 15 cm Calculado: 213 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple

Longitud mínima de las patillas:		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 95 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 95 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 95 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 95 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 25 Verificaciones Zapata N85

A continuación, se presentará una tabla que detalla la verificación de la viga de atado que conecta la zapata N85, mencionada anteriormente, con la zapata N64.

Referencia: C.1 [N64-N85] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/30

Tabla 26 Verificaciones sobre Viga de Atado

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
-Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
-Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: -Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
-Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
-Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

10.3 PÓRTICO DE FACHADA FRONTAL

A continuación, se enumeraré los distintos componentes del pórtico de la fachada frontal, que son idénticos a los de la fachada trasera. También se identificaré los elementos resaltados en la ilustración 35 y detallaré sus características. Estos componentes han sido sometidos a diversas verificaciones según los métodos que describiré posteriormente.

Componentes:

- Viga Cordón Superior (N2-N5): con una longitud de 21,87 m y perfil IPE 180.
- Pilar (N1-N2, N247-N2): con una longitud de 8 m y perfil IPE 330.
- Viga Cordón Inferior (N2-N4): con una longitud de 43 m y perfil IPE 360.
- Diagonales Warren (N7-N6 y N7-N8): con una longitud de 2.43 a 2.74 m y perfil SHS 150x8.0.
- Montante (N246 -N247): con una longitud de 4,78 m y perfil SHS 120x3.0.
- Arriostramiento (N136-N247): con perfil L 80 x 80 x 8.
- Placa de anclaje (N262 Y N263).
-

En el punto 10.4, voy a resumir las diferentes verificaciones a las que se han sometido los diferentes componentes de la fachada frontal y trasera.

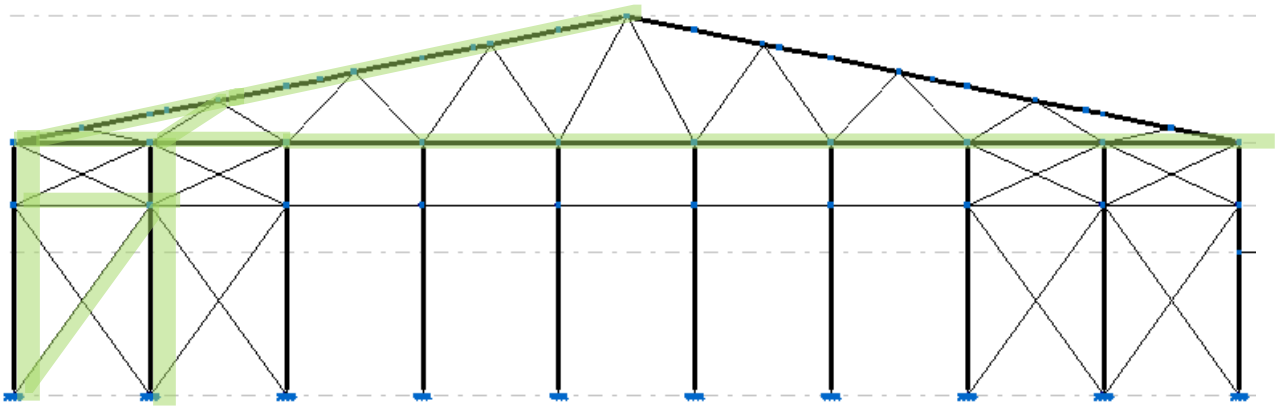


Ilustración 35 Elementos Pórtico de Fachada

10.4 PÓRTICO INTERIOR

A continuación, se enumeraré los distintos componentes de uno de los nueve pórticos interiores, los cuales son idénticos entre sí. También identificaré los elementos resaltados en la ilustración 36 y se detallaré sus características. Posteriormente, estos componentes serán sometidos a verificaciones, al igual que los demás subsistemas estructurales.

- Viga Cordón Superior (N86-N89): con una longitud de 21,87 m y perfil IPE 400.
- Pilar (N285-N86): con una longitud de 8 m y perfil IPE 330.
- Viga Cordón Inferior (N86-N88): con una longitud de 43 m y perfil IPE 360.
- Diagonales Warren (N90-N91 y N91-N92): con una longitud de 2.43 a 2.74 m y perfil SHS 150x8.0.

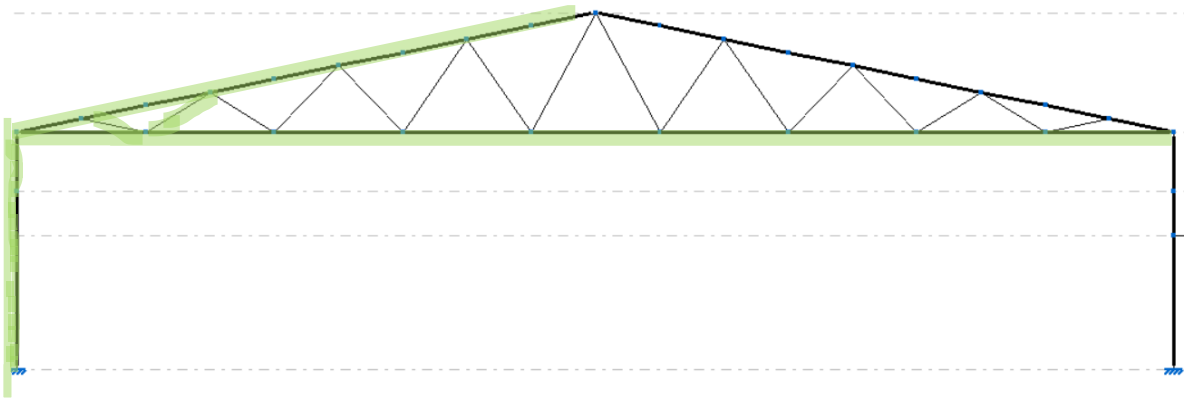


Ilustración 36 Elementos Pórtico Interior

En el punto 10.4, procederé a resumir las diferentes verificaciones a las que se han sometido los diferentes componentes de los Pórticos Interiores.

10.5 FACHADA LATERAL

En las fachadas laterales, enumero los distintos componentes resaltados en la ilustración 37 y detallo sus características. Posteriormente, estos componentes los someto a verificaciones.

- Pilar (N64-N65): con una longitud de 8.00 m y perfil IPE 450.
- Viga perimetral (N2-N212): con una longitud de 60.00 m y perfil IPE 330.
- Montante (N281 -N282): con una longitud de 6.00 m y perfil SHS 120x3.0.

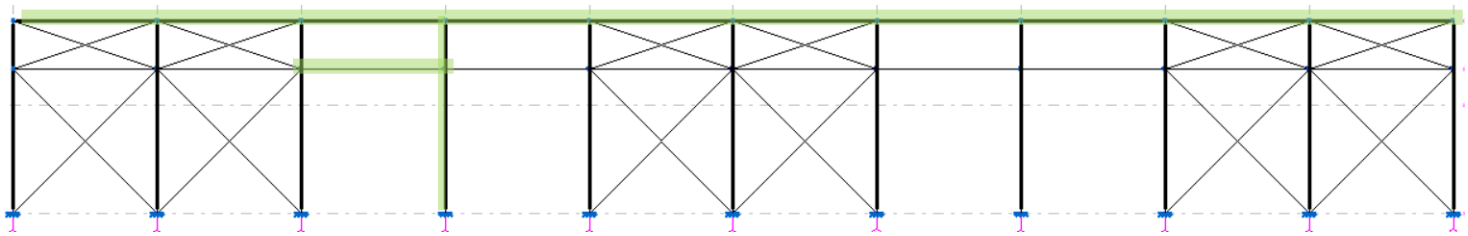


Ilustración 37 Elementos Fachada Lateral

En el punto 10.4, procederé a resumir las diferentes verificaciones a las que se han sometido los diferentes componentes de las fachadas laterales.

10.6 CUBIERTA

El último de los subsistemas estructurales a analizar en este anexo de cálculo es la cubierta, compuesta por únicamente dos tipos de perfil como se puede comprobar en la ilustración 38.

- Diagonales (N170-N306) y (N306-N347): con perfil L 80 x 80 x 8.
- Montante (N347-N308): con una longitud de 6 m y perfil SHS 100x8.0.

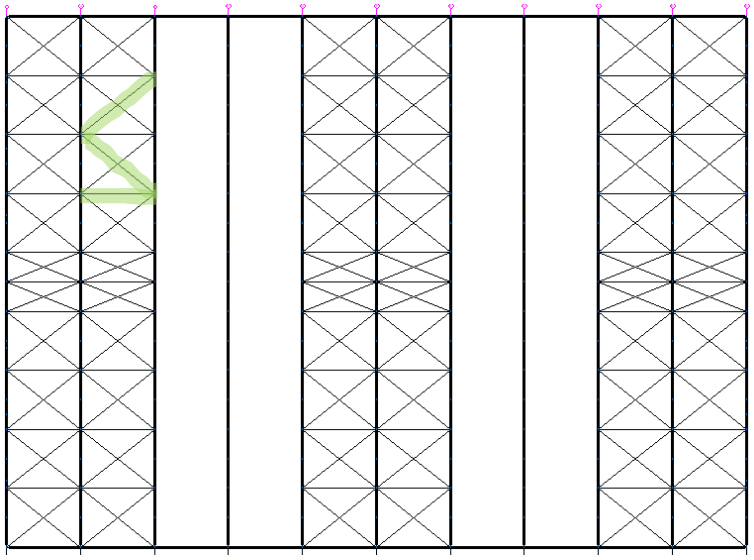


Ilustración 38 Elementos Cubierta

En el punto 10.4, procederemos a resumir las diferentes verificaciones a las que se han sometido Diagonales y montantes de la cubierta.

10.7 VERIFICACIONES FACHADAS, PÓRTICOS Y CUBIERTA

10.7.1 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA

La verificación de resistencia es muy importante para asegurar que todo está bien diseñado, garantizando que los elementos soporten las cargas aplicadas. Se debe considerar la combinación de cargas más desfavorable, incluyendo:

- G: Cargas gravitacionales solamente.
- GV: Cargas gravitacionales más viento.
- GS: Cargas gravitacionales más sismo.
- GVS: Cargas gravitacionales, viento y sismo combinados.

Es crucial que el rendimiento de los elementos estructurales se mantenga por debajo 100%. Si el rendimiento supera este límite, será necesario aumentar las dimensiones del perfil o cambiar a otro tipo de perfil para asegurar la seguridad y estabilidad de la estructura.

10.7.2 VERIFICACIÓN DE DEFORMACIÓN (FLECHA)

La verificación de deformación, o flecha, asegura que las deflexiones de los elementos bajo carga no excedan los límites aceptables. La flecha se mide como la desviación máxima de un elemento respecto a su posición original y debe evaluarse para cada combinación de cargas. Si la deformación supera los límites permitidos, se deben realizar ajustes en el diseño, como aumentar el tamaño del perfil, cambiar a perfiles más robustos o utilizar materiales de mejores prestaciones.

Ambas verificaciones son fundamentales para garantizar que la estructura sea segura, funcional y cumpla con los estándares normativos.

REFERENCIAS

[1] C. S. d. D. (CSD), Normas de proyecto NIDE para salas y pabellones, https://www.csd.gob.es/sites/default/files/media/files/2021-10/SP_SALAS%20Y%20PABELLONES_2021_Edici%C3%B3n.pdf, 2021.

[2] P. SANDWICH, https://www.coplegal.es/wp-content/uploads/2022/06/FT-CPG-ITALTAP.pdf, Porriño, 2022.

[3] B. B. GONZALEZ, REGLAMENTO ELECTROTECNICO PARA BAJA TENSION 7ª EDICIÓN, Marcombo, 2021.

[4] A. G. AU-340W36P, https://c805a9dd-39dc-4862-a11b-067edfdcff9b.usrfiles.com/ugd/c805a9_8e60b65140204fd7ab2fd2fc971263a9.pdf, Ningbo, 2020.

[5] I. S. 160TL, https://www.energiasolar360.com/wp-content/uploads/2022/07/Ficha-Tecnica-5.pdf, 2022.

[6] S. C. Pardillos, Instalación fotovoltaica en autoconsumo Caso Practico, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2020.

[7] https://www.monsolar.com/blog/calcular-la-separacion-entre-filas-de-placas-solares-para-evitar-sombras/, Calcular la separación entre filas de placas solares para evitar sombras, 2018.

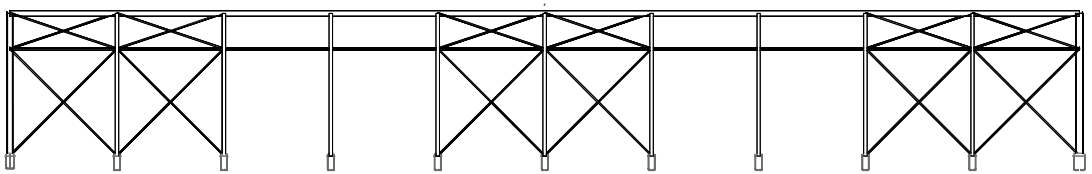
[8] https://www.se.com/co/es/product/A9MEM3455/contador-de-energ%C3%ADa-iem3455-modbus-1-di-1-do-multitarifa-lvct/, Contador de energía iEM3455.

[9] https://www.teknosolar.com/, Estructura Soporte para Placas Solares para Suelo Regulable entre 30º y 50º 14.1V, 2023.

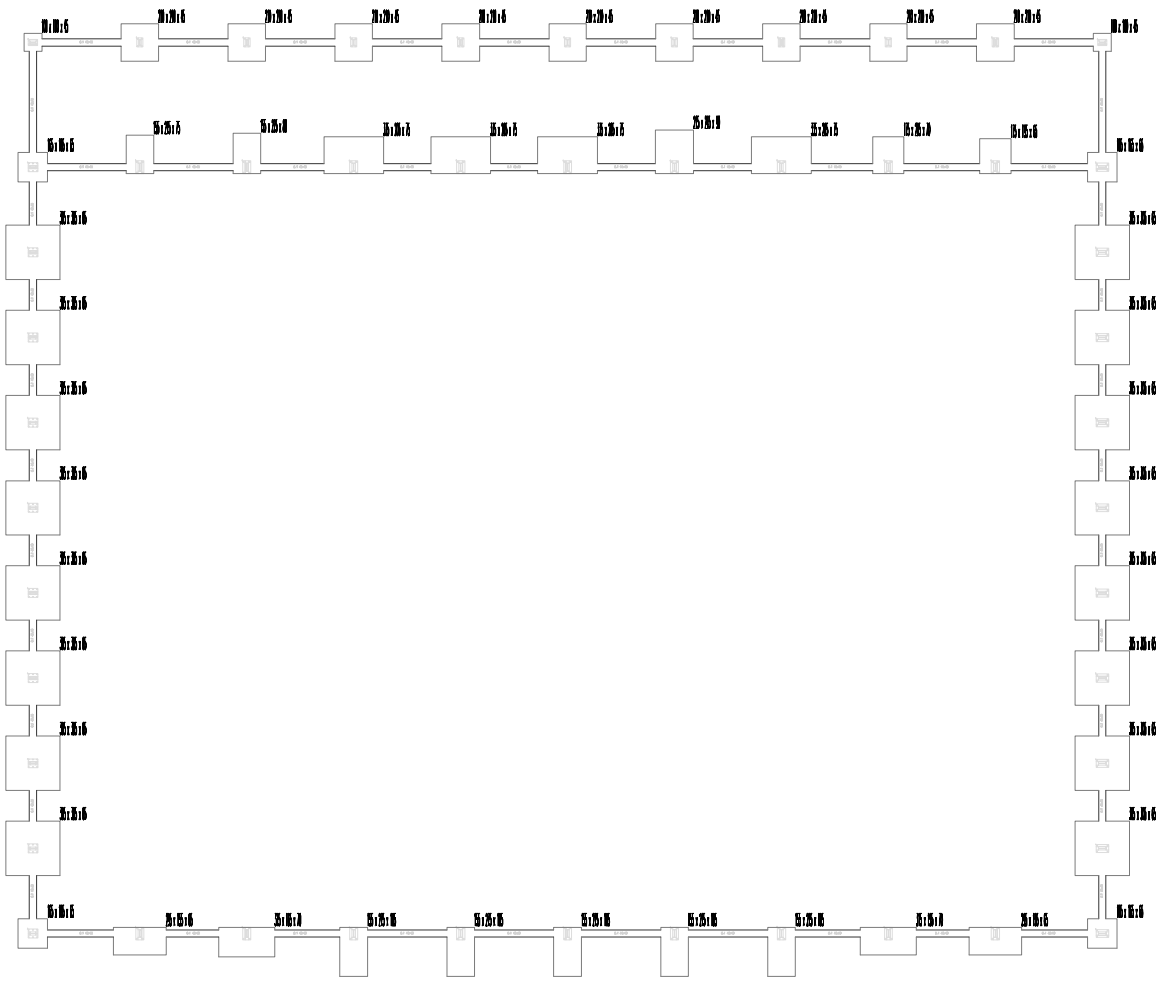
[10] C. T. d. l. Edificación, Documento BásicoSE-AE Seguridad Estructural Acciones en la edificación, Valencia: Ministerio de Fomento, 2009.

[11] Real Decreto 2816/1982, Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas, https://www.boe.es/eli/es/rd/1982/08/27/2816, 1982.

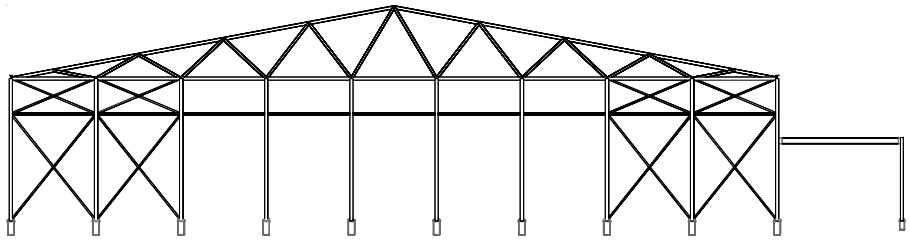
PLANOS

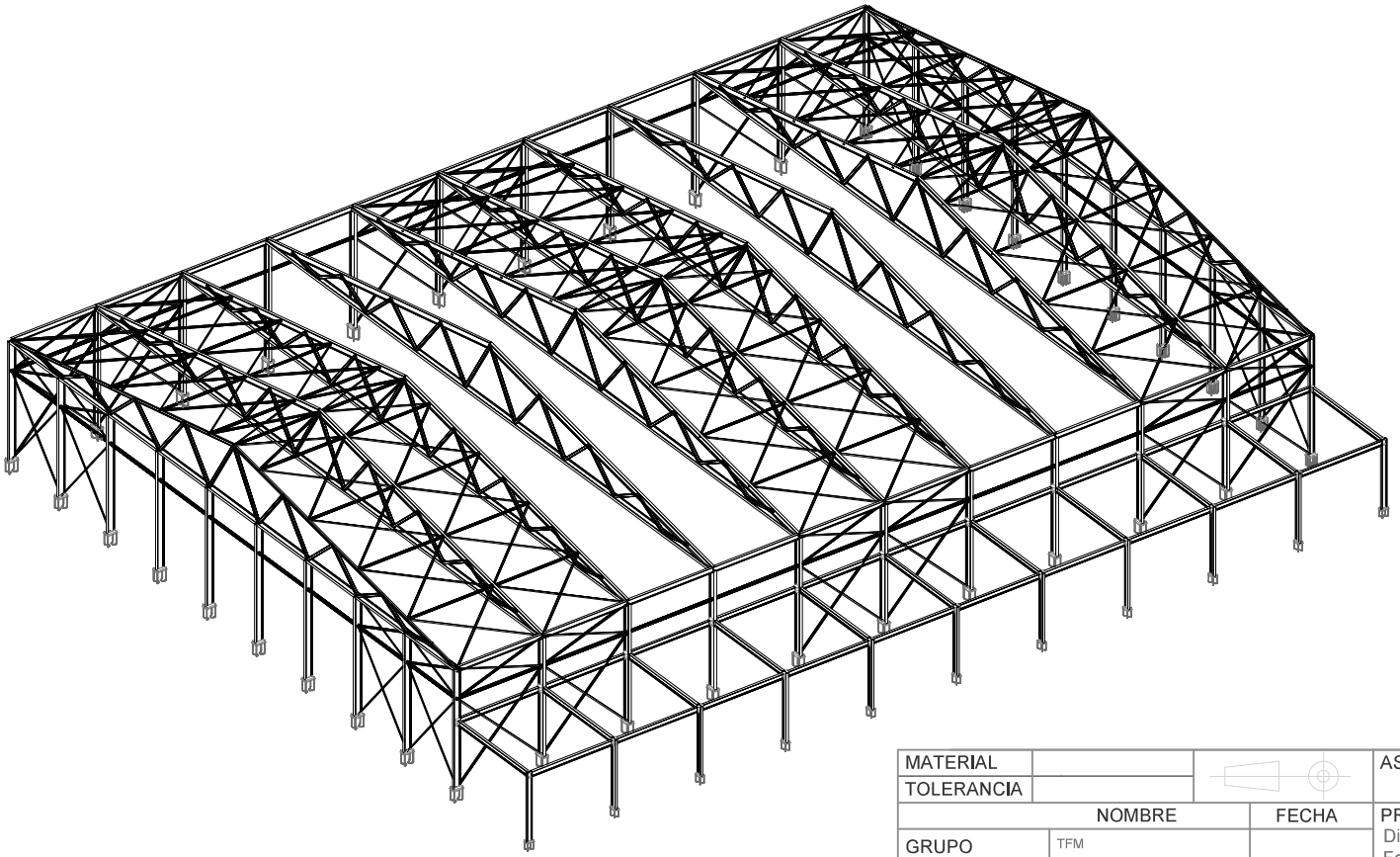


nuevo27 2
1
Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275
Escala: 1:1



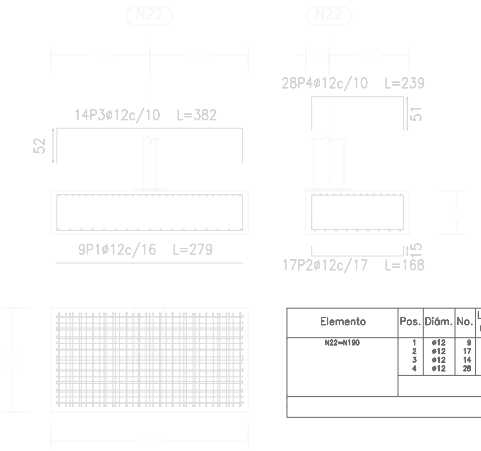
MATERIAL			ASIGNATURA
TOLERANCIA			TFM
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO
GRUPO	TFM		Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 01





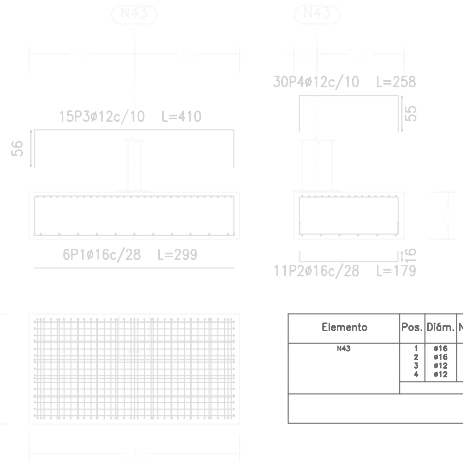
MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 02

N22 y N190



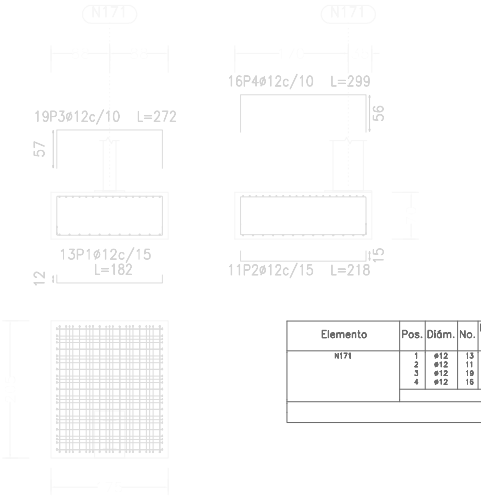
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N22=N190	1	ø12	9	279	2511	22.3
	2	ø12	17	168	2856	25.4
	3	ø12	14	382	5348	47.5
	4	ø12	28	239	6692	59.4
				Total+10%:		170.1
				(x2):		340.2
				ø12:		340.2
				Total:		340.2

N43



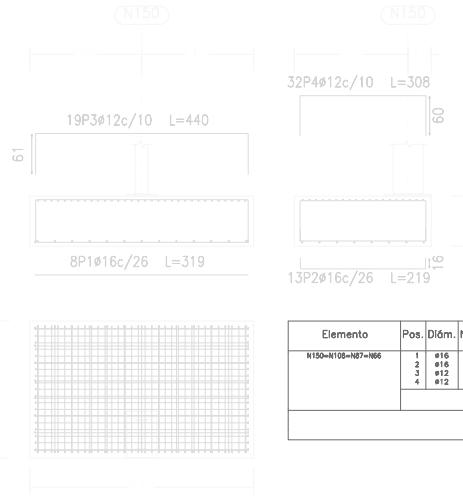
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N43	1	ø16	8	299	1794	28.3
	2	ø16	11	179	1968	31.1
	3	ø12	15	410	6150	54.6
	4	ø12	30	258	7740	68.7
				Total+10%:		201.0
				ø12:		135.7
				ø16:		65.3
				Total:		201.0

N171



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N171	1	ø12	13	182	2366	21.0
	2	ø12	11	216	2398	21.3
	3	ø12	19	272	5168	45.9
	4	ø12	15	299	4784	42.5
				Total+10%:		143.8
				ø12:		143.8
				Total:		143.8

N150, N108, N87 y N66



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N150=N108=N87=N66	1	ø16	8	319	2552	40.3
	2	ø16	13	219	2847	44.9
	3	ø12	19	440	8360	74.2
	4	ø12	32	308	9856	87.5
				Total+10%:		271.6
				(x4):		1086.4
				ø12:		711.6
				ø16:		374.8
				Total:		1086.4

MATERIAL			ASIGNATURA
TOLERANCIA			TFM
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO
GRUPO	TFM		Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 03

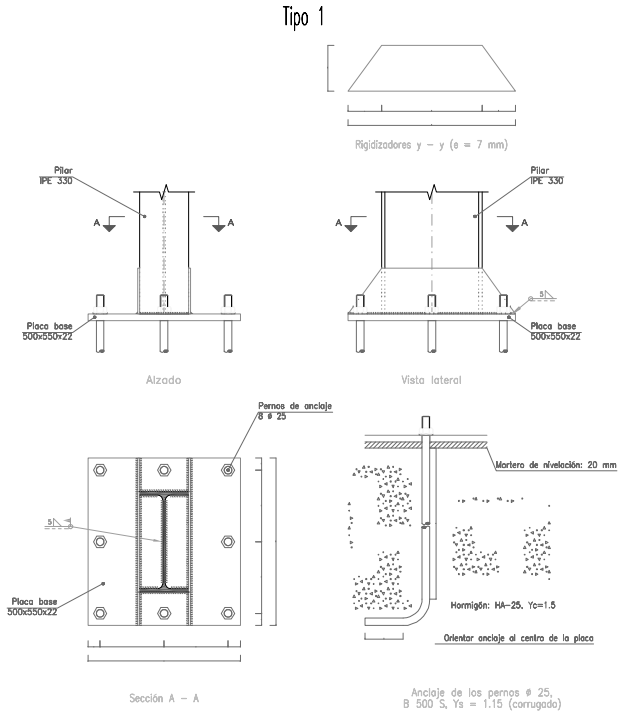
N375, N378, N381, N384, N387, N390, N393, N396 y N399

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N378=N378=N381=N384=N387 N390=N393=N396=N399	1	ø16	9	194	1746	27.6
	2	ø16	9	194	1746	27.6
	3	ø12	20	255	5100	45.3
	4	ø12	20	253	5060	44.9
					Total+10%:	158.9
					(x8):	1438.1
					ø12:	892.8
					ø16:	546.3
					Total:	1439.1

N402 y N372

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N402=N372	1	ø12	4	113	452	4.0
	2	ø12	4	113	452	4.0
					Total+10%:	8.8
					(x2):	17.6
					ø12:	17.6
					Total:	17.6

Tipo 1

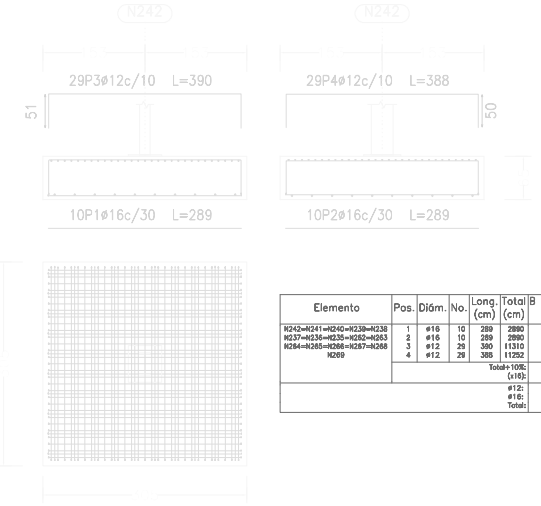


C [N402–N399], C [N399–N396], C [N396–N393], C [N393–N390], C [N390–N387], C [N387–N384], C [N384–N381], C [N381–N378], C [N378–N375] y C [N375–N372]

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
C [N402–N399]=C [N399–N396]	1	ø12	2	601	1202	10.7
C [N396–N393]=C [N393–N390]	2	ø12	2	601	1202	10.7
C [N390–N387]=C [N387–N384]	3	ø8	18	133	2128	8.4
C [N384–N381]=C [N381–N378]					Total+10%:	32.8
C [N378–N375]=C [N375–N372]					(x10):	328.0
					ø8:	93.0
					ø12:	235.0
					Total:	328.0

MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 04

N242, N241, N240, N239, N238, N237, N236, N235, N262, N263, N264, N265, N266, N267, N268 y N269



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N242=N241=N240=N239=N238=N237=N236=N235=N262=N263=N264=N265=N266=N267=N268=N269	1	ø16	10	289	2890	45.6
	2	ø16	10	289	2890	45.6
	3	ø12	29	390	11310	100.4
	4	ø12	29	388	11252	99.9
					Total+10%:	320.7
					(ø16):	5131.2
					ø12:	3526.4
					ø16:	1604.8
					Total:	5131.2

N24

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N24	1	ø16	9	169	1521	24.0
	2	ø16	6	229	1374	21.7
	3	ø12	20	260	5200	46.2
	4	ø12	14	318	4452	39.5
					Total+10%:	144.5
					ø12:	94.2
					ø16:	50.3
					Total:	144.5

N192

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N192	1	ø16	7	189	1323	20.9
	2	ø16	8	209	1254	19.8
	3	ø12	18	260	4680	41.6
	4	ø12	16	278	4448	39.5
					Total+10%:	134.0
					ø12:	89.2
					ø16:	44.8
					Total:	134.0

C [N3-N372] y C [N213-N402]

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
C [N3-N372]=C [N213-N402]	1	ø12	2	701	1402	12.4
	2	ø12	2	701	1402	12.4
	3	ø8	20	133	2660	10.5
					Total+10%:	38.8
					(ø2):	77.6
					ø8:	23.0
					ø12:	54.6
					Total:	77.6

MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 05

N3, N1, N211 y N213

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N3=N1=N211=N213	1	ø12	10	172	1720	15.3
	2	ø12	10	178	1780	15.8
	3	ø12	15	252	3780	33.6
	4	ø12	15	249	3735	33.2
					Total+10%:	107.7
					(ø4):	430.8
					ø12:	430.8
					Total:	430.8

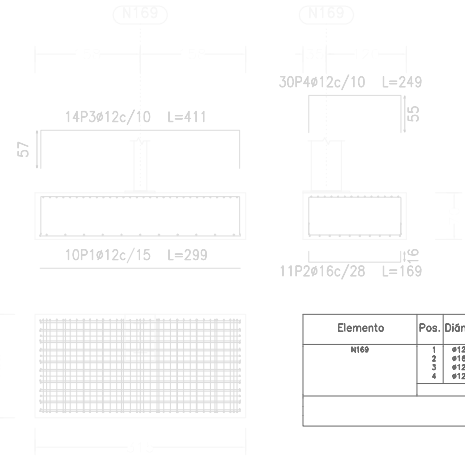
N45

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N45	1	ø16	9	169	1521	24.0
	2	ø12	11	238	2618	23.2
	3	ø12	21	271	5691	50.5
	4	ø12	14	339	4746	42.1
					Total+10%:	153.8
					ø12:	127.4
					ø16:	26.4
					Total:	153.8

C [N1–N22], C [N22–N43], C [N43–N64], C [N64–N85], C [N85–N106], C [N127–N106], C [N127–N148], C [N169–N148], C [N169–N190], C [N190–N211], C [N192–N213], C [N192–N171], C [N150–N171], C [N150–N129], C [N129–N108], C [N87–N108], C [N87–N66], C [N66–N45], C [N45–N24] y C [N24–N3]

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
C [N1–N22]=C [N22–N43]=C [N43–N64]=C [N64–N85]=C [N85–N106]=C [N127–N106]=C [N127–N148]=C [N169–N148]=C [N169–N190]=C [N190–N211]=C [N192–N213]=C [N192–N171]=C [N150–N171]=C [N150–N129]=C [N129–N108]=C [N87–N108]=C [N87–N66]=C [N66–N45]=C [N45–N24]=C [N24–N3]	1	ø12	2	630	1260	11.2
	2	ø12	2	630	1260	11.2
	3	ø8	14	133	1862	7.3
					Total+10%:	32.7
					(ø12):	604.0
					ø8:	163.0
					ø12:	480.0
					Total:	604.0

N169



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N169	1	ø12	10	299	2990	26.5
	2	ø16	11	169	1859	29.3
	3	ø12	14	411	5754	51.1
	4	ø12	30	249	7470	66.3
					Total+10%:	190.5
					ø12:	158.3
					ø16:	32.2
					Total:	190.5

MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 06

N64, N85, N106, N127 y N148

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N64=N85=N106=N127=N148	1	ø16	15	169	2535	40.0
	2	ø20	6	297	1782	43.9
	3	ø12	26	319	8294	73.6
	4	ø12	14	437	6118	54.3
				Total+10%:		233.0
				(x5):		1165.0
				ø12:		703.5
				ø16:		220.0
				ø20:		241.5
				Total:		1165.0

C [N241–N240], C [N239–N240], C [N238–N239], C [N238–N237], C [N237–N236], C [N236–N235], C [N235–N1], C [N211–N262], C [N262–N263], C [N263–N264], C [N264–N265], C [N265–N266], C [N266–N267], C [N269–N268], C [N267–N268], C [N269–N213], C [N242–N3] y C [N242–N241]

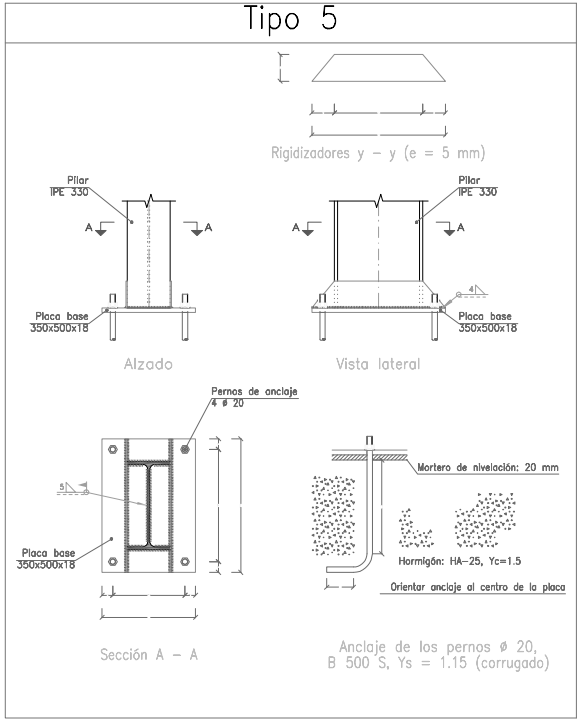
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
C [N241–N240]=C [N239–N240]	1	ø12	2	508	1016	9.0
C [N238–N239]=C [N238–N237]	2	ø12	2	508	1016	9.0
C [N237–N236]=C [N236–N235]	3	ø8	7	133	931	3.7
C [N235–N1]=C [N211–N262]						
C [N262–N263]=C [N263–N264]						
C [N264–N265]=C [N265–N266]						
C [N266–N267]=C [N269–N268]						
C [N267–N268]=C [N269–N213]						
C [N242–N3]=C [N242–N241]					Total+10%:	23.9
					(x18):	430.2
					ø8:	73.8
					ø12:	356.4
					Total:	430.2

N129

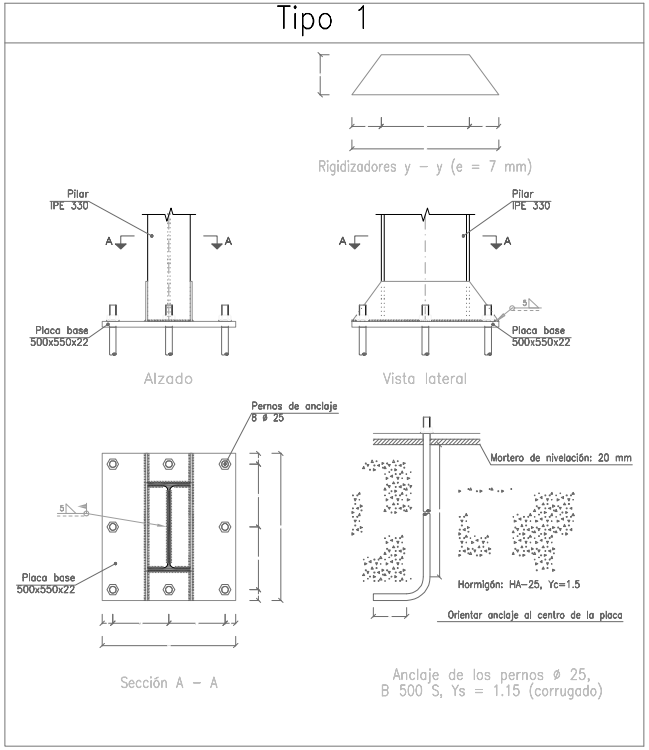
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N129	1	ø16	11	229	2519	38.8
	2	ø16	10	259	2590	40.9
	3	ø12	23	350	8050	71.5
	4	ø12	20	378	7560	57.1
				Total+10%:		241.2
				ø12:		152.4
				ø16:		88.8
				Total:		241.2

MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 07

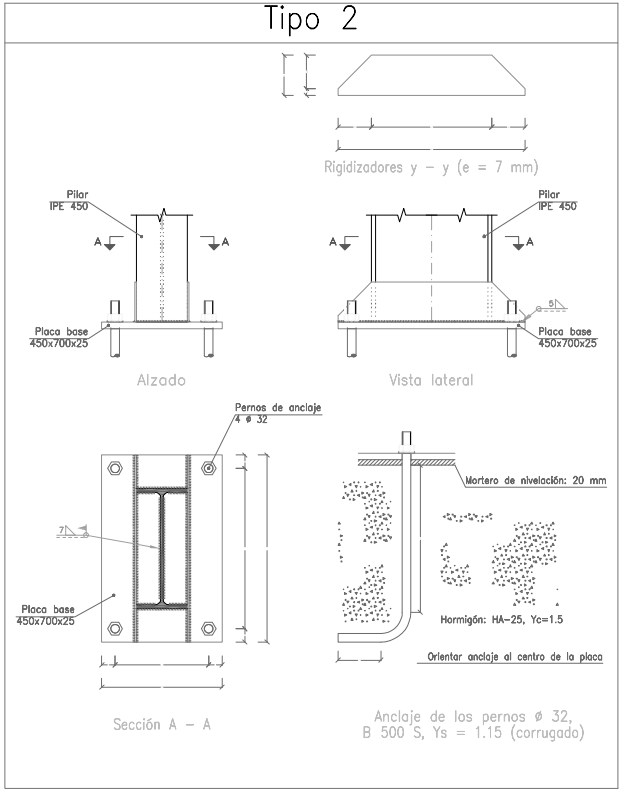
Tipo 5



Tipo 1



Tipo 2



nuevo27 2
1
Norma de acero laminado: CTE DB SE–A
Acero laminado: S275
Escala: 1:1

MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 20		Nº DE PLANO: 08

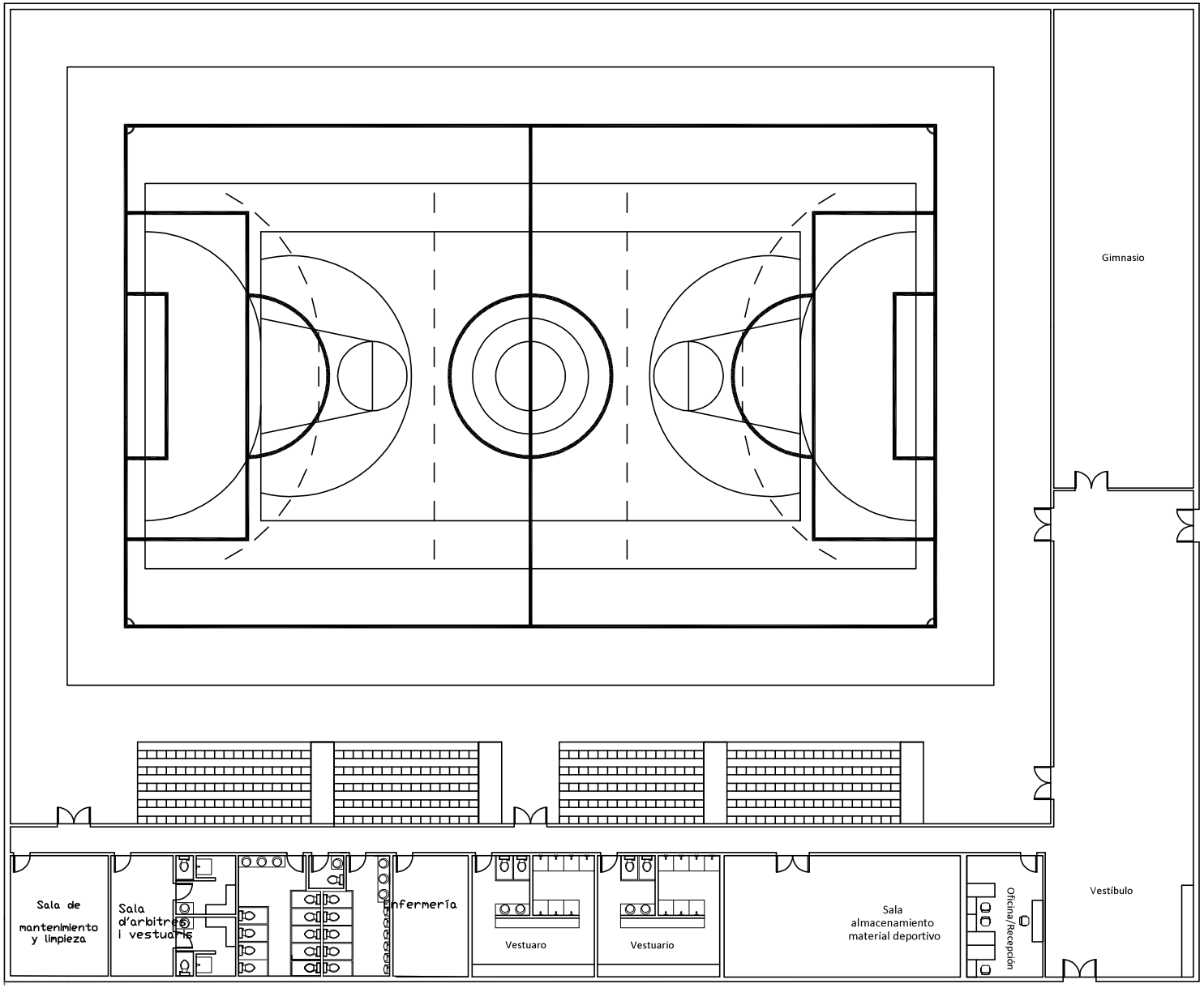
CUADRO DE VIGAS DE ATADO



Resumen Acero Elemento, Viga y Placa de anclaje		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø8	806.0	350	
	ø12	8869.3	8662	
	ø16	1759.0	3054	
	ø20	89.1	242	12308

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N3, N242, N241, N240, N239, N238, N237, N236, N235 y N1	8 Pernos ø 25	Placa base (500x550x22)
N22, N43, N64, N85, N106, N127, N148, N169, N190, N211, N262, N263, N264, N265, N266, N267, N268, N269, N213, N192, N171, N150, N129, N108, N87, N66, N45 y N24	4 Pernos ø 32	Placa base (450x700x25)
N375, N378, N381, N384, N387, N390, N393, N396, N399, N402 y N372	4 Pernos ø 20	Placa base (350x500x18)

MATERIAL			ASIGNATURA: TFM
TOLERANCIA			
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
GRUPO	TFM		
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 09



MATERIAL			ASIGNATURA
TOLERANCIA			TFM
	NOMBRE	FECHA	PROYECTO
GRUPO	TFM		Diseño y Análisis de Estructura Modular e Instalación Fotovoltaica en Pabellón de 3.000 m2
ALUMNO	NAVARRO VICENT, BRIGIDO	29/07/2024	
TUTOR	TAMAR AWAD	29/07/2024	I.C.A.I.
ESCALA	1 : 1		Nº DE PLANO: 10