UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA, CIENCIA Y COMPUTACIÓN (STEAM)

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS

Alumno: D. ÁLEX SANDOVAL GARRIGA

Director: D. SANTIAGO MARTINEZ LORENTE

MAYO 2026

TÍTULO: PROYECTO DE EJECUCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS

AUTOR: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA

DIRECTOR DEL PROYECTO: SANTIAGO MARTINEZ LORENTE

FECHA: 08/07/2026

RESUMEN

El presente trabajo de fin de máster se compone de dos documentos, el documento principal presentado a continuación y uno de anexos con las simulaciones de cálculo.

Este proyecto describe el desarrollo de un proyecto de ejecución de una nave industrial destinada a centro de datos, ubicada en San Fernando de Henares. El objetivo principal ha sido proporcionar una solución técnica integral mediante herramientas basadas en Building Information Modeling (BIM), garantizando la máxima resiliencia, eficiencia operativa y disponibilidad de los servicios críticos. El proyecto abarca desde el dimensionamiento y cálculo de la estructura metálica de suportación y cimentación, hasta el desarrollo detallado de las instalaciones de climatización de precisión, sistemas eléctricos de potencia ininterrumpida, fontanería y saneamiento.

La solución arquitectónica se ha concebido con altos requisitos de eficiencia energética, optimizando la geometría la edificación y seleccionando envolventes con una baja transmitancia térmica. La estrategia de climatización se fundamenta en un sistema de enfriadoras de agua de alta capacidad con redundancia N+1, mientras que la instalación eléctrica se ha configurado para asegurar la continuidad del suministro y la protección robusta de todos los equipos informáticos. La implementación de BIM ha resultado fundamental para la coordinación multidisciplinar, permitiendo la detección prematura de interferencias, la optimización del trazado de las instalaciones y la extracción fiable de mediciones para el presupuesto. El índice de eficiencia energética PUE obtenido, de 1,65, avala la competitividad y sostenibilidad de la instalación, configurando una infraestructura resiliente, innovadora y alineada con los estándares exigidos por la industria digital contemporánea.

Palabras clave: Centro de Datos, BIM, Eficiencia Energética, Instalaciones Industriales, Estructura Metálica, PUE.

ABSTRACT

This master's thesis consists of two documents: the main document presented below and an appendix containing the calculation simulations.

This project describes the development of an execution project for an industrial facility designed as a data center, located in San Fernando de Henares. The main objective was to provide a comprehensive technical solution using Building Information Modeling (BIM) methodology, ensuring maximum resilience, operational efficiency, and availability of critical services. The project ranges from the design and calculation of the steel structure and foundations to the detailed development of precision HVAC systems, uninterruptible power supply electrical systems, plumbing, and sanitation.

The architectural solution was conceived based on high energy efficiency criteria, optimizing the building's shape factor and selecting building envelopes with low thermal transmittance. The cooling strategy is based on a high-capacity water chiller system with N+1 redundancy, while the electrical installation was configured to guarantee supply continuity and robust protection for IT equipment. The implementation of BIM proved crucial for multidisciplinary coordination, allowing for early interference detection, optimized routing of installations, and reliable material take-offs for budgeting. The resulting PUE energy efficiency index of 1.65 validates the competitiveness and sustainability of the facility, establishing a resilient, innovative infrastructure aligned with the standards demanded by the contemporary digital industry.

Key words: Data Center, BIM, Energy Efficiency, Industrial Installations, Steel Structure, PUE.

Índice

CAPÍTULO 1. MEMORIA 13
1. MARCO GENERAL Y METODOLOGÍA DEL PROYECTO 13
1.1. INTRODUCCIÓN 13
1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO 13
1.2.1. OBJETIVOS EDUCATIVOS Y METODOLÓGICOS 14
1.2.2. OBJETIVOS PROFESIONALES Y TÉCNICOS 14
1.2.3. OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD 14
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO 15
1.4. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO TÉCNICO 16
1.5. ESTADO DEL ARTE 17
1.6. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO 18
1.7. CONCLUSIONES 21
2. MEMORIA DESCRIPTIVA 22
2.1. AGENTES 22
2.2. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO 22
2.2.1. NORMATIVA APLICABLE AL PRESENTE PROYECTO 23
2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 24
2.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA 24
2.3.2. NECESIDADES DE LA INSTALACIÓN 26
2.3.3. USO CARACTERÍSTICO DEL LA EDIFICACIÓN 27
2.4. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA EDIFICACIÓN 27
2.4.1. SUPERFICIES ÚTILES Y CONSTRUIDAS 28
2.5. ENVOLVENTE TÉRMICA Y COMPARTIMENTACIÓN 29
2.5.1. CERRAMIENTOS EXTERIORES 29
2.5.2. SOLERAS 29
2.5.3. CERRAMIENTOS INTERIORES 30
3. MEMORIA CONSTRUCTIVA 31
3.1. SISTEMA ESTRUCTURAL 31

3.1.1. DATOS GENERALES DE LA OBRA 31
3.1.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CORREAS DE CUBIERTA 34
3.1.2.1. DISPOSICIÓN Y MODELADO ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA 34
3.1.2.2. MARCO NORMATIVO Y EXIGENCIAS DE DISEÑO 34
3.1.2.3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN MEDIANTE SOFTWARE 34
3.1.2.4. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LOS RESULTADOS 35
3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CORREAS LATERALES 37
3.1.3.1. DISPOSICIÓN Y MODELADO ESTRUCTURAL DE LOS CERRAMIENTOS LATERALES 37
3.1.3.2. MARCO NORMATIVO Y EXIGENCIAS DE DISEÑO 37
3.1.3.3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN MEDIANTE SOFTWARE 37
3.1.3.4. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LOS RESULTADOS 38
3.1.4. GENERACIÓN DEL PORTICO Y PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA 40
3.1.4.1. DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS PERFILES 41
3.1.4.2. COEFICIENTES DE PANDEO CONSIDERADOS 42
3.1.4.3. SOBRECARGA POR EQUIPAMIENTO DEL FORJADO 43
3.1.4.4. SIMULACION Y DIMENSIONAMIENTO 44
3.1.5. COMPROBACIÓN NÚMERICA E.L.U. 45
3.1.5.1. JUSTIFICACIÓN DE PILARES 45
3.1.5.2. COMPROBACIÓN DE VIGA DE CUBIERTA 46
3.1.6. COMPROBACIÓN NÚMERICA E.L.S. 47
3.1.6.1. DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL DE LOS PILARES 47
3.1.6.2. FLECHA VERTICAL EN VIGAS DE LA CUBIERTA 47
3.1.7. UNIONES 48
3.1.8. DISEÑO Y JUSTIFICACIÓN DE LA CIMENTACIÓN 50
3.1.8.1. DIMENSIONAMIENTO MEDIANTE SOFTWARE 50
3.1.8.2. COMPROBACIÓN MANUAL DEL DIMENSIONAMIENTO 51
3.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN 56
3.2.1. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE CÁLCULO 56
3.2.1.1. FLUJO DE TRABAJO EN OPEN BIM Y MOTORES DE CÁLCULO 56
3.2.2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS 57
3.2.2.1. PARAMETROS DE DISEÑO 57
3.2.2.2. ENTRADA DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN 58
3.2.2.3. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS 58

3.2.2.4. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LA SIMULACIÓN REALIZADA 60
3.2.3. PLANTA DE PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA Y TÉRMICA 62
3.2.3.1. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA SALA DE SERVIDORES 62
3.2.3.2. CLIMATIZACIÓN PARA INSTALACIONES DE CONFORT 65
3.2.4. RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA Y UNIDADES TERMINALES 66
3.2.4.1. UNIDADES TERMINALES PARA LAS ZONAS DE SERVIDORES Y CUARTOS TÉCNICOS 66
3.2.4.2. UNIDADES TERMINALES PARA LAS ZONAS DE CONFORT 70
3.2.4.3. GRUPOS DE BOMBEO Y EQUILIBRADO HIDRAULICO 72
3.2.4.4. CRITERIOS DE TRAZADO Y AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS..... 73
3.2.4.5. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LA RED HIDRAULICA 73
3.2.5. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y RENOVACIÓN DEL AIRE INTERIOR 75
3.2.5.1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO 75
3.2.5.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN DE AREAS OCUPADAS 75
3.2.5.3. SISTEMA DE EXTRACCION LOCALIZADA EN ASEOS 76
3.2.5.4. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y PRESURIZACIÓN EN SALAS IT 76
3.3. INSTALACION DE FONTANERÍA 78
3.3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS NORMATIVOS 78
3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION Y EQUIPOS PRINCIPALES 78
3.3.3. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA Y COMPROBACIÓN MANUAL DE LOS CÁLCULOS... 80
3.4. INSTALACIÓN DE SANEAMIETO 81
3.4.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS NORMATIVOS 81
3.4.2. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA Y COMPROBACIÓN MANUAL DE LOS CÁLCULOS... 84
3.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA 86
3.5.1. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE CÁLCULO 86
3.5.2. ESTIMACION Y CLASIFICACION DE CARGAS ELÉCTRICAS 86
3.5.3. MARCO NORMATIVO Y CRITERIOS DE DISEÑO 88
3.5.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO 93
3.5.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES 101
3.5.4. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CÁLCULO DEL POWER USAGE EFFECTIVENESS 109
3.5.5. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA Y RED EQUIPOTENCIAL 109
3.5.5.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y RESISTIVIDAD OHMNICA DEL TERRENO 110

3.5.5.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN Y JUSTIFICACION DEL RÉGIMEN DEL NEUTRO 110
3.5.5.3. TOPOLOGIA DE LA RED DE TIERRAS 111
3.5.5.4. DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO JUSTIFICATIVO 112
3.6. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO 114
3.6.1. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE DISEÑO 114
3.6.2. EXIGENCIA REGLAMENTARIA DE GENERACIÓN RENOVABLE 114
3.6.3. MARCO LEGAL Y MODALIDAD DE AUTOCONSUMO 115
3.6.4. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS 116
3.6.4.1. PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO 116
3.6.4.2. INVERSOR DE RED 117
3.6.4.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE 119
3.6.4.4. PROTECCIONES ELÉCTRICAS 120
3.6.5. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN Y BALANCE ENERGÉTICO 120
3.6.5.1. PREVISIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA 120
3.6.5.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA 122
3.6.5.3. BALANCE ENERGÉTICO Y GRADO DE AUTOCONSUMO 122
3.6.6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS 124
3.6.6.1. DIMENSIONAMIENTO EN EL LADO DE CORRIENTE CONTINUA 124
3.6.6.2. DIMENSIONAMIENTO EN EL LADO DE CORRIENTE ALTERNA 124
CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO 126
1. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIÓN 126
2. ESTRUCTURA METÁLICA 127
3. ARQUITECTURA Y ENVOLVENTE 128
4. CLIMATI. ADMISIBLEACIÓN Y VENTILACIÓN 129
5. FONTANERÍA Y SANEAMIENTO 131
6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y PUESTA A TIERRA 132
7. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 134
8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO 136
CAPÍTULO 3. Bibliografía 137
CAPÍTULO 4. PLANOS 139

Índice de Figuras

Ilustración 1: ODS 9 [1]..... 14
Ilustración 2: ODS 7 [1]..... 15
Ilustración 3: ODS 13 [1]..... 15
Ilustración 4: ODS 12 [1]..... 15
Ilustración 5: Diagrama de Gant del proyecto. 20
Ilustración 6: Parcela catastral proyectada. 22
Ilustración 7: Nave industrial para centro de datos modelada mediante CYPE Architecture. ... 25
Ilustración 8: Vista de planta "Planta Baja"..... 25
Ilustración 9: Vista de planta "Planta Primera"..... 26
Ilustración 10: Cerramiento exterior de fachada. 29
Ilustración 11: Cerramiento exterior de fachada. 29
Ilustración 12: Solera del edificio. 30
Ilustración 13: Cerramiento interior. 30
Ilustración 14: Forjado intermedio..... 30
Ilustración 15: Dimensiones pórtico mediante Portal Frame Generator..... 31
Ilustración 16: Valor de la velocidad del viento, vb según el CTE [3]..... 32
Ilustración 17: Zonas climáticas de invierno según el CTE [3]..... 33
Ilustración 18: Dimensionamiento mediante Portal Frame Generator. 34
Ilustración 19: Dimensionamiento de correas laterales en Portal Frame Generator. 38
Ilustración 20: Esquema del pórtico generado. 40
Ilustración 21: Esquema de la estructura de la instalación..... 41
Ilustración 22: Perfil IPE [9]. 41
Ilustración 23: Perfil HEB [9]. 42
Ilustración 24: Perfil R [9]. 42
Ilustración 25: Resultado gráfico del cálculo del programa CYPE 3D..... 44
Ilustración 26: Calculo de las uniones mediante CYPE 3D. 48
Ilustración 27: Cimentaciones calculadas mediante CYPE 3D..... 50
Ilustración 28: Cimentaciones parte interior de la estructura. 50
Ilustración 29: Zapata N1 a justificar..... 52
Ilustración 30: Reacciones calculadas en la zapata. 52
Ilustración 31: Imagen de la estructura y cimentación en vista 3D. 55
Ilustración 32: Modelo analítico generado mediante CYPE Analytical Model. 56
Ilustración 33: Modelo térmico generado con CYPETHERM LOADS. 60
Ilustración 34: Enfriadora Trane Sintesis Excellent GF125 XPG-LM [11]. 62
Ilustración 35: Disposición de enfriadoras en el lateral del edificio. 65
Ilustración 36: Parámetros bomba de calor instalación confort. 66
Ilustración 37: Parámetros fancoils instalación de refrigeración de servidores. 67
Ilustración 38: Instalación de enfriamiento de sala de servidores planta baja..... 68
Ilustración 39: Instalación de enfriamiento de sala de servidores planta primera..... 68
Ilustración 40: Parámetros fancoils instalación de refrigeración de cuartos eléctricos. 69

Ilustración 41: Instalación de refrigeración de cuartos eléctricos. 70
Ilustración 42: Instalación de confort planta primera..... 71
Ilustración 43: Instalación de confort planta primera (zona de control). 72
Ilustración 44: Instalación de confort planta baja..... 72
Ilustración 45: Parámetros bomba instalación de climatización. 73
Ilustración 46: Instalación de climatización del centro de datos. 74
Ilustración 47: Detalle de depósito de acumulación y grupo de presión en 3D. 79
Ilustración 48: Detalle instalación en los aseos. 80
Ilustración 49: Detalle instalación completa de fontanería. 80
Ilustración 50: Detalle instalación de aseos. 83
Ilustración 51: Detalle colector suspendido. 84
Ilustración 52: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala servidores P1. 89
Ilustración 53: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala de control y sala blanca P1. 89
Ilustración 54: Detalle instalación eléctrica en modelo de oficinas, almacén y comedor. 90
Ilustración 55: Detalle instalación eléctrica en modelo de aseos. 90
Ilustración 56: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala servidores PB. 91
Ilustración 57: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala de control y sala blanca PB. 91
Ilustración 58: Detalle cargas HVAC proyecto. 92
Ilustración 59: Detalle cargas HVAC simplificadas proyecto. 92
Ilustración 60: Detalle sala CGBT. 93
Ilustración 61: Tipos de esquema de puesta a tierra TT y TN [12]. 111
Ilustración 62: Modelo 3D con instalación fotovoltaica en cubierta. 114
Ilustración 63: Panel solar JAM72D42-640/LB [14]. 116
Ilustración 64: Inversor FV Huawei [15]. 118
Ilustración 65: Estructura de soporte coplanar [16] 120
Ilustración 66: Grafico de consumos por grupo de equipos. 122

Índice de Tablas

Tabla 1: Ocupación de recintos según el CTE DB SI 3 [3]. 27
Tabla 2: Superficies útiles y construidas. 28
Tabla 3: Valores de las sobrecargas de uso según CTE DB SE AE [3]..... 32
Tabla 4: Coeficientes para tipo de entorno [3]. 33
Tabla 5: Sobrecarga de nieve en terreno horizontal (kN/m²) [3]..... 33
Tabla 6: Perfiles de la estructura..... 44
Tabla 7: Tabla de uniones de la estructura. 49
Tabla 8: Resultados de cálculo de cimentaciones. 51
Tabla 9: Transmitancias térmicas de las envolventes. 57
Tabla 10: Cargas térmicas por estancia..... 59
Tabla 11: Parámetros de la enfriadora Trane Sintesis [11]. 63
Tabla 12: Desglose de enfriadoras con su funcionamiento. 64
Tabla 13: Unidades terminales para la zona de confort. 71
Tabla 14: Calidades de aire según IT 1.1.4.2.3 del RITE [6]. 75
Tabla 15: Caudales de ventilación para zonas climatizadas. 76
Tabla 16: Caudales de ventilación para aseos. 76
Tabla 17: Caudales de ventilación por renovación horaria en salas de servidores. 77
Tabla 18: UDs de aparatos sanitarios y diámetros según CTE DB-HS-5 [3]. 82
Tabla 19: Dimensiones de las derivaciones según el CTE DB HS 5. 82
Tabla 20: Cargas eléctricas del proyecto. 86
Tabla 21: Cuadros eléctricos del proyecto. 87
Tabla 22: Temperaturas ambiente diferentes de 40 ºC. 94
Tabla 23: Temperaturas ambiente del terreno diferentes de 25 ºC. 94
Tabla 24: Terrenos con resistividad diferentes de 2,5 K·m/W. 94
Tabla 25: Grupos de varios circuitos o de varios cables multipolares. 95
Tabla 26: Intensidades admisibles (A) para conductores no enterrados de cobre según REBT [7]. 96
Tabla 27: Intensidades máximas admisibles (A) para conductores no enterrados de aluminio según REBT [7]..... 96
Tabla 28: Intensidades máximas admisibles (A) para conductores enterrados según REBT [7]. 97
Tabla 29: Dimensionamiento eléctrico de líneas de 0. Cuadro general de baja tensión. 100
Tabla 37: Evaluación analítica por sobreintensidad en 0. Cuadro general de baja tensión de la instalación. 102
Tabla 38: Análisis de solicitaciones por cortocircuito en 0. Cuadro general de baja tensión de la instalación. 103
Tabla 73: Tabla de resultados descargador de sobretensiones de la instalación. 106
Tabla 74: Tabla de resultados de selección de interruptores diferenciales..... 108
Tabla 75: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno. 110
Tabla 76: Sección de instalación de puesta a tierra según ITC BT 19 del REBT [7]. 112
Tabla 77: Parámetros eléctricos panel solar JA Solar [14]. 117

Tabla 78: Parámetros eléctricos inversor FV [15]. 118
Tabla 79: Previsión de consumos de la instalación. 121
Tabla 80: Balance energético de la instalación. 123

CAPÍTULO 1. MEMORIA

1. MARCO GENERAL Y METODOLOGÍA DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual se encuentra inmersa en una gran transformación digital. La consolidación de la Industria 4.0, el despliegue masivo del Internet de las Cosas, el auge de la Inteligencia Artificial y la migración generalizada de servicios a la nube han provocado un crecimiento exponencial en la generación y el procesamiento de datos.

Esta nueva economía digital se sostiene sobre una infraestructura física crítica, a menudo invisible para el usuario final: los centros de datos. Estas instalaciones han evolucionado desde ser meras salas de servidores a convertirse en complejos industriales de alta tecnología, diseñados para operar de forma ininterrumpida y garantizar la continuidad, seguridad y resiliencia de los servicios digitales.

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, el diseño de un centro de datos representa un tipo de proyecto con alta complejidad. Se trata de instalaciones con una tolerancia al fallo casi nula, que exigen una coordinación precisa de múltiples disciplinas. El proyecto aborda tanto la solución estructural como el conjunto de instalaciones de alta criticidad que aseguran su funcionamiento.

Paralelamente, el sector de la ingeniería y la construcción vive su propia transformación metodológica. La adopción de la metodología BIM se ha consolidado como el estándar para la gestión integral de proyectos complejos. La aplicación de BIM en un proyecto industrial de esta naturaleza permite optimizar el diseño, gestionar la coordinación multidisciplinar, detectar interferencias de forma temprana y extraer mediciones fiables para el presupuesto.

El presente Trabajo de Fin de Máster aborda el desarrollo de un “Proyecto de ejecución de nave industrial para centro de datos” completo. El trabajo se enfoca en aplicar esta metodología BIM para desarrollar un proyecto técnico solvente y coordinado, generando toda la documentación necesaria como son la memoria, planos, cálculos y presupuesto para su posterior ejecución.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Los objetivos de este Trabajo de Fin de Máster se clasifican en tres categorías principales, que abarcan desde el desarrollo académico y metodológico hasta la consecución de un resultado técnico profesional y su alineación con los retos de sostenibilidad actuales.

1.2.1. OBJETIVOS EDUCATIVOS Y METODOLÓGICOS

En el plano académico y metodológico, se establecen los siguientes objetivos:

Aplicar una metodología BIM completa en el desarrollo de un proyecto industrial.

Dominar la utilización de software específico para el cálculo de estructuras y cimentaciones, el diseño de instalaciones, la coordinación 3D y la elaboración del presupuesto.

Asegurar la trazabilidad de las decisiones de diseño entre la estructura y las instalaciones, garantizando la coherencia normativa.

1.2.2. OBJETIVOS PROFESIONALES Y TÉCNICOS

Desde el punto de vista técnico, el objetivo es dar una solución técnica integral y realista a este tipo de edificación:

- Redactar un proyecto de ejecución sólido y completo para una nave destinada a centro de datos, abordando tanto la estructura como el conjunto de sus instalaciones críticas.
- Obtener un conjunto documental con el nivel de detalle suficiente para una revisión académica y una potencial licitación.
- Generar un modelo BIM coherente y verificable, desarrollando una narrativa técnica clara que permita defender los criterios de diseño de redundancia, mantenibilidad y constructibilidad.

1.2.3. OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD

El proyecto integra en su concepción los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU [1], enfocándose en los siguientes puntos clave:

- ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura [1]: El proyecto en sí mismo es el diseño de una infraestructura resiliente, pilar de la industria digital. Se fomenta la innovación mediante la aplicación de las herramientas BIM en toda la vida del diseño.



Ilustración 1: ODS 9 [1].

- ODS 7 - Energía asequible y no contaminante: Dado que los centros de datos son consumidores energéticos intensivos, un objetivo central es el diseño de soluciones de alta eficiencia. Esto se aborda en el diseño de la envolvente y, de forma crítica, en el dimensionado de los sistemas de climatización y refrigeración, buscando minimizar el consumo de energía y la huella de carbono asociada.



Ilustración 2: ODS 7 [1].

- ODS 13 – Acción por el clima: Al igual que el apartado anterior, al tratarse de un gran consumidor energético se busca el diseño desde la alta eficiencia, incorporando energías renovables en el proyecto para minimizar el consumo externo, asegurando la fiabilidad necesaria.



Ilustración 3: ODS 13 [1].

- ODS 12 - Producción y consumo responsables: La coordinación BIM y la extracción de mediciones precisas tienen como fin optimizar el uso de materiales y reducir el potencial desperdicio en la fase de construcción, promoviendo un uso más responsable de los recursos.



Ilustración 4: ODS 12 [1].

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del presente trabajo queda definido por la redacción de un proyecto de técnico completo. El entregable final consistirá en los cuatro documentos canónicos de los que están compuestos un proyecto de esta índole: memoria, planos, presupuesto y anexos.

Para la elaboración de esta documentación, el alcance comprende el desarrollo técnico de los siguientes sistemas que componen la nave industrial destinada a centro de datos:

- Ingeniería estructural: Se define el programa arquitectónico, el predimensionado y cálculo de la estructura metálica y la cimentación. Además se desarrolla la solución constructiva de la envolvente (cerramientos y cubierta) del edificio.

- Ingeniería de instalaciones: Se incluye el dimensionado, cálculo y justificación de la totalidad de las disciplinas críticas necesarias para el funcionamiento de un centro de datos. Específicamente, se desarrollan la instalación eléctrica, incluyendo los equipos de respaldo y calidad de suministro; la instalación de climatización y refrigeración de precisión para las salas de servidores y los sistemas de confort para las zonas de oficinas; y las instalaciones auxiliares de fontanería y saneamiento.
- Metodología de trabajo: El alcance incluye la integración de todas las disciplinas mencionadas en un modelo de información centralizado. Este modelo se desarrollará con un nivel de detalle suficiente para permitir la coordinación 3D entre especialidades y la extracción de mediciones para la generación del presupuesto.

Asimismo, el presente proyecto no incluye el desarrollo, cálculo ni diseño de la instalación de protección contra incendios, ni el sistema de telecomunicaciones y cableado estructurado de alta densidad. Del mismo modo, se excluyen del alcance del proyecto la instalación de almacenamiento de combustible para los grupos electrógenos, el sistema de protección externa contra el rayo, la infraestructura de seguridad física y control de accesos, y el sistema de gestión integral y monitorización automatizada de la infraestructura.

1.4. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO TÉCNICO

La redacción de un proyecto de técnico de la envergadura y complejidad técnica de un centro de datos exige un marco metodológico que garantice la precisión, coherencia y coordinación entre todas las disciplinas involucradas. Los métodos tradicionales de diseño, basados en planos 2D, resultan insuficientes para gestionar la alta densidad de instalaciones y su compleja interacción con los elementos estructurales.

En consecuencia, se implementa la metodología BIM (Building Information Modeling) como marco de trabajo principal para la ejecución del presente proyecto. BIM es un enfoque de trabajo colaborativo que, a diferencia del CAD 2D, se basa en un modelo tridimensional digital centralizado que integra información precisa sobre todos los elementos del dimensionados a lo largo del proyecto.

La elección de BIM se justifica por su capacidad para dar respuesta directa a los objetivos y al alcance definidos para este proyecto:

- Colaboración multidisciplinar: Un centro de datos requiere de varias instalaciones de en el mismo edificio. El uso de un "modelo centralizado y compartido" es fundamental para la colaboración multidisciplinaria , permitiendo que todos los agentes trabajen sobre una versión única y actualizada, reduciendo drásticamente el riesgo de errores y malentendidos.
- Integración de datos: El modelo BIM no es solo una representación geométrica 3D, sino una base de datos. Cada elemento contiene información técnica relevante, como propiedades de materiales, especificaciones, costes o datos de mantenimiento.

- Coordinación y detección de conflictos: Dada la criticidad y densidad de las instalaciones, la interferencia entre los sistemas es un riesgo principal. La metodología BIM permite una detección de conflictos de forma anticipada.
- Generación de entregables: La metodología BIM permite ir más allá del 3D para generar los entregables del proyecto sino que permite también integrar el modelo de costes de todos los materiales utilizados.
- Simulación y análisis: El modelo BIM se utilizará para realizar simulaciones y cálculos. Esto incluye el análisis estructural , donde el modelo 3D integra información sobre materiales, cargas y condiciones de los apoyos , así como los análisis de cargas térmicas y balances de cargas eléctricas.

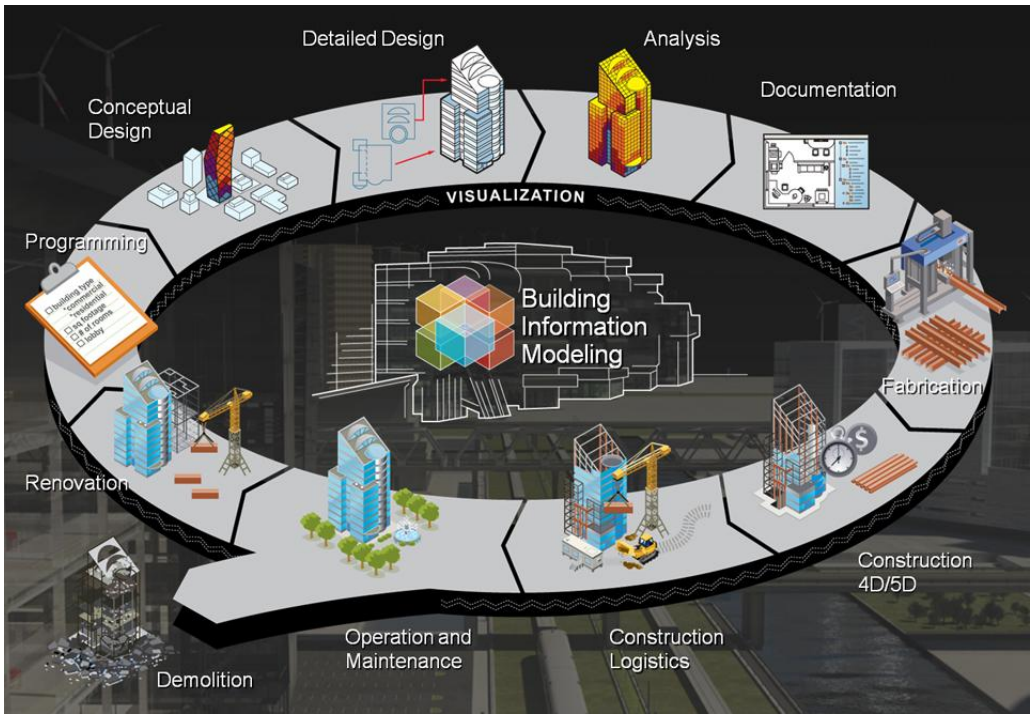


Ilustración: Esquema metodología BIM [2].

La implementación de esta metodología se materializará mediante el uso de software específico, y CYPE para el dimensionamiento estructural y de instalaciones, asegurando la interoperabilidad entre ellos.

1.5. ESTADO DEL ARTE

La concepción arquitectónica e industrial de los centros de datos ha sufrido una metamorfosis radical en las últimas dos décadas. Lo que a principios de siglo se entendía como simples salas de servidores acondicionadas, hoy constituye una tipología de complejo industrial de altísima sofisticación. Este cambio de paradigma responde directamente a las exigencias de la nueva economía digital: la madurez de la Industria 4.0, la penetración del Internet de las Cosas y, muy especialmente, la adopción masiva del cloud computing y la inteligencia artificial. Estos vectores

han disparado no solo el volumen de datos a procesar, sino la necesidad de infraestructuras físicas capaces de sostener este ecosistema sin interrupciones.

En el estado de la técnica actual, el criterio de diseño predominante es la disponibilidad continua del servicio. Se trata de instalaciones con una tolerancia al fallo prácticamente nula, donde una caída de la red conlleva un impacto económico e inasumible. Para lograr esta resiliencia absoluta, la ingeniería industrial aplicada a estos recintos ha estandarizado topologías de alta redundancia en todas las instalaciones críticas. Esto implica el diseño de sistemas constantemente mantenibles o tolerantes a, asegurando que cualquier operación de mantenimiento preventivo o avería en un componente no comprometa la alimentación ininterrumpida ni la refrigeración de las salas blancas.

A nivel eléctrico y de climatización, la complejidad operativa ha sufrido un incremento sin precedentes. El desarrollo tecnológico del hardware actual ha disparado la concentración de potencia por cada armario, lo que obliga a los sistemas a abatir volúmenes masivos de calor netamente sensible. Para hacer frente a esto, el diseño ha superado la refrigeración perimetral tradicional. Las soluciones contemporáneas pasan por el confinamiento estricto de pasillos para evitar la mezcla de flujos de aire, la implementación de sistemas de climatización de precisión.

Finalmente, esta evolución tecnológica está intrínsecamente ligada al vector de la sostenibilidad, un factor crítico dado que los centros de datos son consumidores energéticos intensivos. El objetivo técnico actual es la minimización del indicador PUE (Power Usage Effectiveness). Este reto se aborda concibiendo la nave en su conjunto como una máquina eficiente: desde el diseño de una envolvente arquitectónica con un aislamiento riguroso para reducir las cargas térmicas, hasta la implementación de estrategias de Free Cooling y el uso de variadores de frecuencia en todo el equipamiento electromecánico. En definitiva, el estado del arte busca el equilibrio perfecto entre la máxima seguridad de operación y el mínimo impacto ambiental.

1.6. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la materialización del centro de datos proyectado, se ha definido un cronograma de ejecución optimizado para un plazo de 10 meses, estructurado bajo criterios de constructibilidad, seguridad industrial y mitigación de riesgos de puesta en marcha. La planificación adopta una lógica secuencial donde la ejecución de la envolvente y la estanqueidad del edificio actúan como hitos críticos para permitir el inicio de las instalaciones electromecánicas y el montaje de equipos en un entorno controlado.

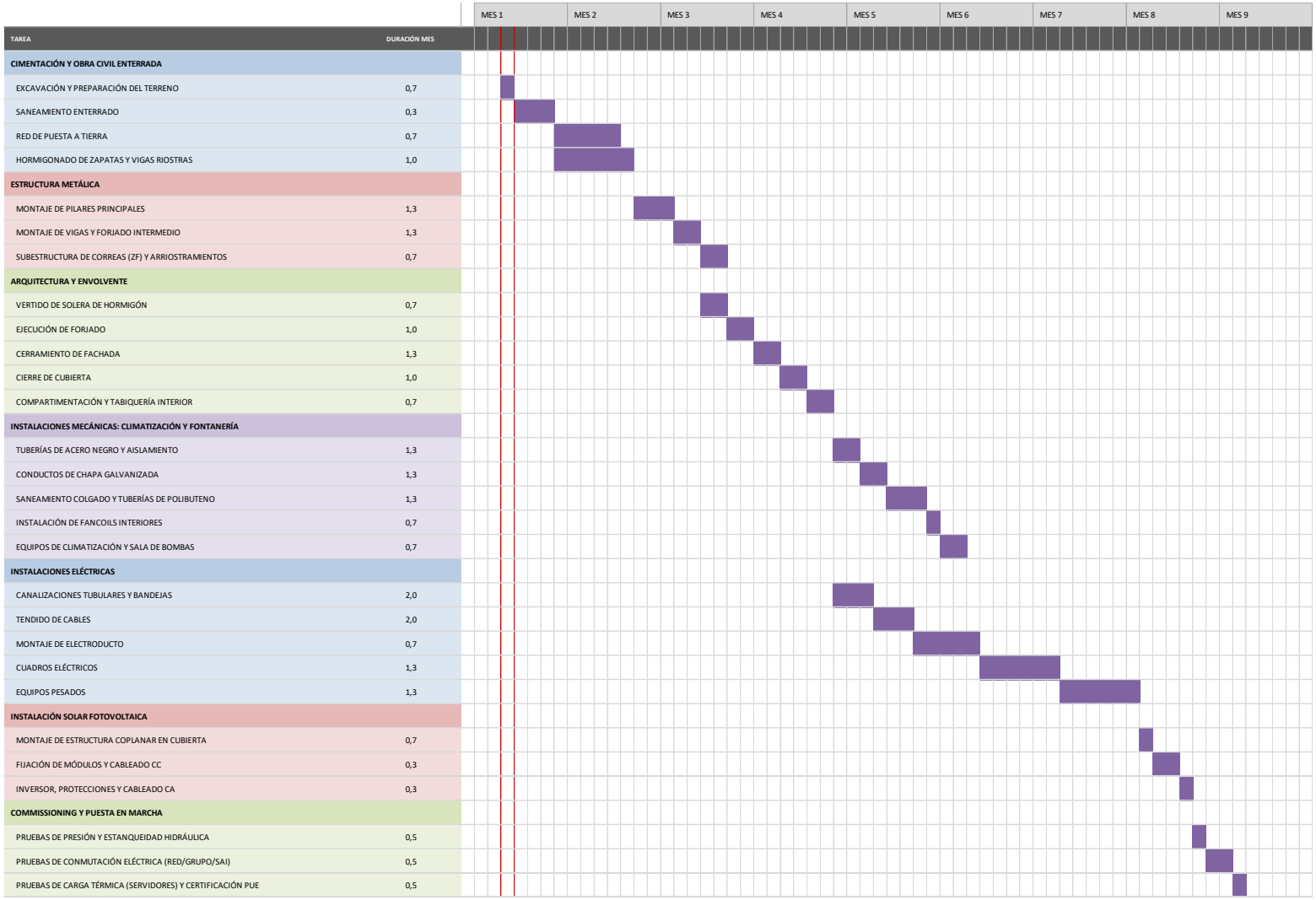
La ejecución se fundamenta en las siguientes premisas operativas:

- Fase de cimentación y obra civil: Se prioriza la ejecución de la red de saneamiento enterrada y la cimentación de hormigón armado, garantizando la estabilidad de los soportes estructurales antes de iniciar el montaje de perfiles.
- Envolvente estructural: El montaje de pórticos metálicos y el cerramiento perimetral tienen como objetivo alcanzar el estado de edificio estanco en el menor tiempo

posible, protegiendo así el interior frente a agentes atmosféricos antes de la llegada de equipos informáticos sensibles.

- Instalaciones críticas y equipamiento: Se ha planificado un solapamiento programado entre la infraestructura de soporte y el equipamiento final. Este solapamiento permite que, una vez instalada la planta de producción térmica en cubierta, se puedan realizar las pruebas de estanqueidad y presión del circuito de agua helada en paralelo con los acabados finales.
- Commissioning y puesta en marcha: La última etapa se destina exclusivamente a la integración de sistemas, pruebas de carga y verificación de los umbrales de redundancia, asegurando que el centro de datos cumpla con las especificaciones de alta disponibilidad exigidas antes de la recepción definitiva.

El diagrama de Gant para el presente proyecto queda definido en la siguiente ilustración.



TAREA	DURACIÓN MES
CIMENTACIÓN Y OBRA CIVIL ENTERRADA	
EXCAVACIÓN Y PREPARACIÓN DEL TERRENO	0,7
SANEAMIENTO ENTERRADO	0,3
RED DE PUESTA A TIERRA	0,7
HORMIGONADO DE ZAPATAS Y VIGAS RIOSTRAS	1,0
ESTRUCTURA METÁLICA	
MONTAJE DE PILARES PRINCIPALES	1,3
MONTAJE DE VIGAS Y FORJADO INTERMEDIO	1,3
SUBESTRUCTURA DE CORREAS (ZF) Y ARRIOSTRAMIENTOS	0,7
ARQUITECTURA Y ENVOLVENTE	
VERTIDO DE SOLERA DE HORMIGÓN	0,7
EJECUCIÓN DE FORJADO	1,0
CERRAMIENTO DE FACHADA	1,3
CIERRE DE CUBIERTA	1,0
COMPARTIMENTACIÓN Y TABIQUERÍA INTERIOR	0,7
INSTALACIONES MECÁNICAS: CLIMATIZACIÓN Y FONTANERÍA	
TUBERÍAS DE ACERO NEGRO Y AISLAMIENTO	1,3
CONDUCTOS DE CHAPA GALVANIZADA	1,3
SANEAMIENTO COLGADO Y TUBERÍAS DE POLIBUTENO	1,3
INSTALACIÓN DE FANCOILS INTERIORES	0,7
EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y SALA DE BOMBAS	0,7
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
CANALIZACIONES TUBULARES Y BANDEJAS	2,0
TENDIDO DE CABLES	2,0
MONTAJE DE ELECTRODUCTO	0,7
CUADROS ELÉCTRICOS	1,3
EQUIPOS PESADOS	1,3
INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	
MONTAJE DE ESTRUCTURA COPLANAR EN CUBIERTA	0,7
FIJACIÓN DE MÓDULOS Y CABLEADO CC	0,3
INVERSOR, PROTECCIONES Y CABLEADO CA	0,3
COMMISSIONING Y PUESTA EN MARCHA	
PRUEBAS DE PRESIÓN Y ESTANQUEIDAD HIDRÁULICA	0,5
PRUEBAS DE CONMUTACIÓN ELÉCTRICA (RED/GRUPO/SAI)	0,5
PRUEBAS DE CARGA TÉRMICA (SERVIDORES) Y CERTIFICACIÓN PUE	0,5

Ilustración 5: Diagrama de Gant del proyecto.

1.7. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto de técnico de una nave industrial para centro de datos ha permitido culminar una solución técnica integral y realista que responde satisfactoriamente a las elevadas exigencias del sector de las infraestructuras críticas. El diseño obtenido garantiza la disponibilidad y resiliencia necesarias para un centro de proceso de datos corporativo, apoyándose en una topología de alta redundancia en el subsistema de climatización y una infraestructura eléctrica que asegura la continuidad del servicio ante condiciones operativas adversas. La eficiencia energética ha sido un eje vertebrador de la propuesta, lográndose un índice PUE de 1,65 gracias a la eficiente dimensionado de la envolvente térmica, el uso de equipos de alto rendimiento y eficiencia; y una integración inteligente de las cargas térmicas del edificio, lo cual sitúa a la instalación dentro de los estándares de competitividad actuales.

La adopción de la metodología BIM ha sido un factor decisivo para el éxito del diseño, ya que la alta densidad y complejidad de las instalaciones proyectadas requerían de una gestión tridimensional avanzada. El uso de este entorno colaborativo ha permitido la detección temprana de colisiones entre los sistemas electromecánicos y la estructura metálica, garantizando no solo la constructibilidad de la obra, sino también la obtención de mediciones y presupuestos con una precisión difícil de alcanzar mediante metodologías convencionales.

Asimismo, la validación analítica realizada sobre los elementos estructurales principales confirma que el dimensionamiento de los pórticos y cimentaciones satisface con holgura los requerimientos del Código Técnico de la Edificación [3], demostrando la idoneidad de los perfiles metálicos seleccionados para soportar las cargas de alta densidad del equipamiento IT. En definitiva, el proyecto representa una propuesta técnica solvente, que cumple rigurosamente con el marco normativo vigente en materia de seguridad industrial y eficiencia energética, consolidándose como una infraestructura resiliente, innovadora y preparada para afrontar los retos operativos de la economía digital.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1. AGENTES

El presente documento se redacta en el marco de un Trabajo de Fin de Máster (TFM), por lo que la figura de los agentes intervinientes en el proyecto de ejecución se adapta a este contexto estrictamente académico, quedando definidos de la siguiente manera:

- Promotor: Universidad Europea de Madrid. A efectos de la redacción de este proyecto, la institución académica asume el rol de entidad promotora, estableciendo el marco, los requisitos iniciales y el alcance para el diseño de la edificación del centro de datos.
- Autor del Proyecto: D. Álex Sandoval Garriga , alumno del Máster Universitario en Ingeniería Industrial. Asume las funciones de proyectista, siendo el responsable del diseño, cálculo, coordinación metodológica BIM y redacción de toda la documentación técnica que conforma el proyecto.
- Director del Proyecto: D. Santiago Martínez Lorente. Actúa como tutor académico del Trabajo de Fin de Máster, asumiendo las labores de asesoramiento, revisión técnica, seguimiento metodológico y validación de las soluciones adoptadas por el autor durante las fases de desarrollo del presente proyecto.

2.2. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

La parcela elegida para la implantación del centro de datos se localiza en la calle Plutón, 1, del término municipal de San Fernando de Henares. A continuación se muestra la imagen del terreno extraída de catastro.



Ilustración 6: Parcela catastral proyectada.

Según el vigente Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de San Fernando de Henares [4], el terreno cuenta con un uso característico Industrial. De acuerdo con las Normas Urbanísticas Particulares del PGOU para esta tipología de suelo, los parámetros de aplicación son los siguientes:

- Superficie grafica de la parcela: 10.583 m²
- Edificabilidad máxima: 1,00 m²c/m²s.
- Ocupación máxima de parcela: 60 %
- Retranqueos mínimos exigidos: 5 metros de alineación oficial, 3 metros linderos laterales y 4 metros al lindero posterior.
- Altura máxima: 15 metros.

2.2.1. NORMATIVA APLICABLE AL PRESENTE PROYECTO

Para la redacción, cálculo y diseño del presente proyecto técnico, se ha procedido al cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, así como con la reglamentación técnica y los estándares de reconocido prestigio aplicables a cada disciplina. A continuación, se relaciona el marco normativo fundamental que rige el proyecto:

Normativa estructural y cimentación:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Seguridad Estructural aplicable a las Acciones en la Edificación (CTE DB-SE-AE) , empleado para la determinación y cálculo de las sobrecargas de uso, viento y nieve.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Seguridad Estructural para Acero (CTE DB-SE-A), aplicado en la comprobación analítica de la capacidad portante de pilares y vigas metálicas.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Seguridad Estructural para Cimientos (CTE DB-SE-C), utilizado para el cálculo y la comprobación de la estabilidad al vuelco, deslizamiento y presiones sobre el terreno de las zapatas.
- Código Estructural [5] vigente, aplicado para las prescripciones técnicas de los elementos de hormigón armado de la cimentación y para la definición de los coeficientes de pandeo de los perfiles metálicos.

Normativa de seguridad y evacuación:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (CTE DB-SI 3), aplicado para la asignación de ratios y el cálculo de la ocupación teórica de los diferentes recintos del edificio.

Normativa de climatización, ventilación y térmica:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [6].
- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Salubridad (CTE DB-HS 3), empleado para establecer el caudal mínimo de extracción forzada mecánica localizada en los cuartos húmedos.

Normativa de fontanería y saneamiento:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Salubridad (CTE DB-HS 4), utilizado para el dimensionamiento geométrico e hidráulico de la red de suministro de agua fría y la producción de agua caliente sanitaria.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] Documento Básico de Salubridad (CTE DB-HS 5), aplicado en el diseño, cálculo de unidades de desagüe y trazado de los colectores de la red de evacuación de aguas residuales.

Normativa de la instalación eléctrica:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) [7], aprobado por el Real Decreto 842/2002.
- Norma UNE-HD 60364-5-52, utilizada en el cálculo de las intensidades admisibles de las canalizaciones y la aplicación de los factores de corrección del cableado.
- Normas UNE-EN 60909-0 e IEC 60909, empleadas como base de cálculo para la evaluación de las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas.
- Norma UNE 20.460-4-43, aplicada en la determinación y selección de las curvas de disparo (B, C, D) de los aparatos de protección.
- Norma UNE-EN 61643-11, empleada para la selección técnica y dimensionamiento de los descargadores de sobretensiones de Tipo 2.
- Normas IEC 60947-2 (aplicaciones industriales/terciarias) e IEC 60898 (aplicaciones domésticas), utilizadas para la catalogación de los interruptores automáticos magnetotérmicos.

Estándares específicos para centros de datos

- Estándar ANSI/TIA-942, aplicado para establecer y justificar con rigor técnico la sobrecarga de uso mínima estructural requerida en las áreas de equipos IT.
- Estándar ASHRAE TC 9.9, empleado para determinar las envolventes térmicas y los estándares operativos de refrigeración de precisión exigidos por el equipamiento informático.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA

El edificio tiene como objeto albergar un centro de proceso de datos de alta disponibilidad. Este edificio se concibe como una infraestructura crítica y capaz de funcionar de manera independiente durante periodos de tiempo. Su diseño arquitectónico está basado en albergar los equipos informáticos y la infraestructura necesaria para su funcionamiento ininterrumpido.

El complejo se estructura en dos áreas diferenciadas tanto a nivel espacial como funcional: un bloque técnico donde se sitúan las salas de servidores y cuartos técnicos; y otro bloque administrativo donde se ubican las oficinas y áreas de control. La cubierta se destina a la instalación fotovoltaica que dará energía a la instalación, aportando en su medida aporte de

energía renovable a la instalación. La distancia entre plantas es de 5 metros dejando una altura libre para los falsos techos de 2 metros entre estos y el forjado. Esto es debido al gran tamaño de las instalaciones necesarios para este tipo de complejos.

Para el modelado espacial y la generación de la arquitectura inicial se ha empleado el software CYPE Architecture. Esta herramienta ha permitido definir la volumetría del edificio, asignar las zonas de uso para la posterior interoperabilidad entre herramientas BIM con el resto de disciplinas de cálculo. En las siguientes imágenes se muestra el detalle 3D del modelo realizado para el presente proyecto, así como la vista de cada una de las plantas.

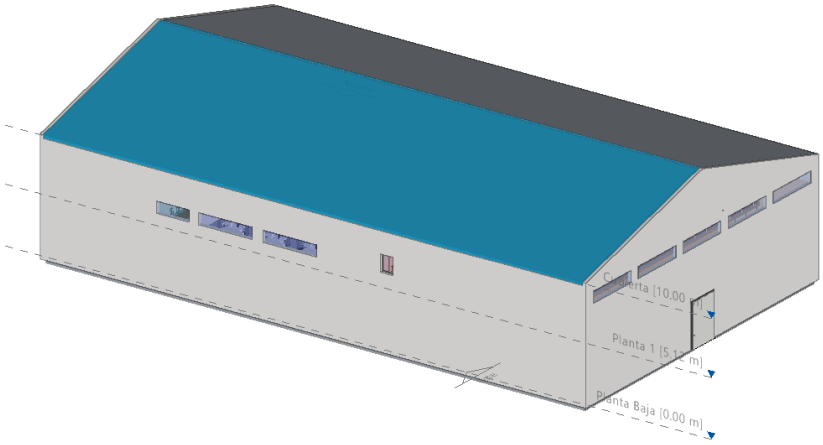


Ilustración 7: Nave industrial para centro de datos modelada mediante CYPE Architecture.

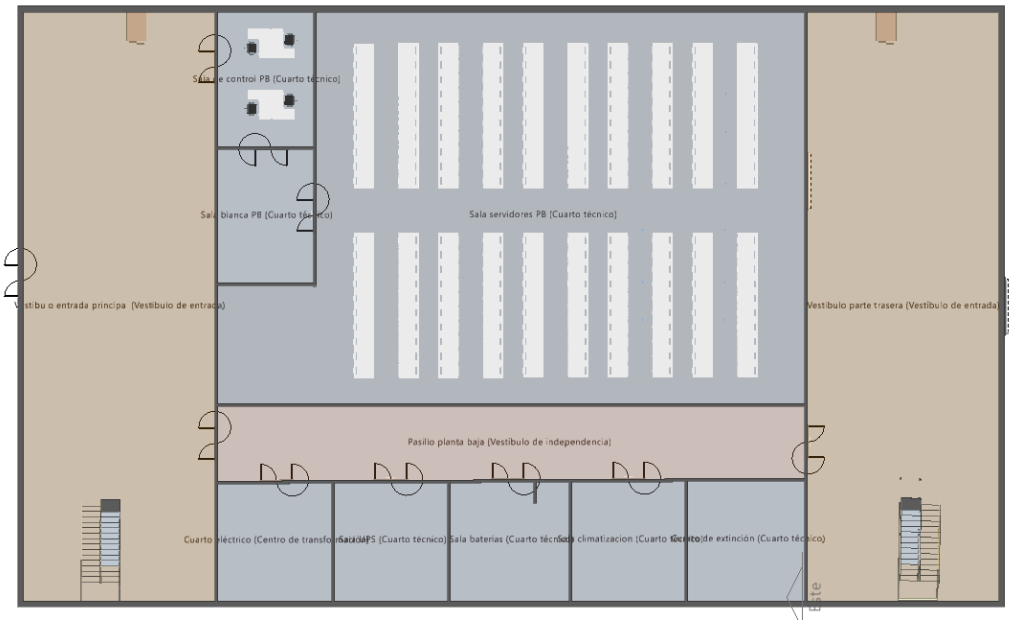


Ilustración 8: Vista de planta "Planta Baja".

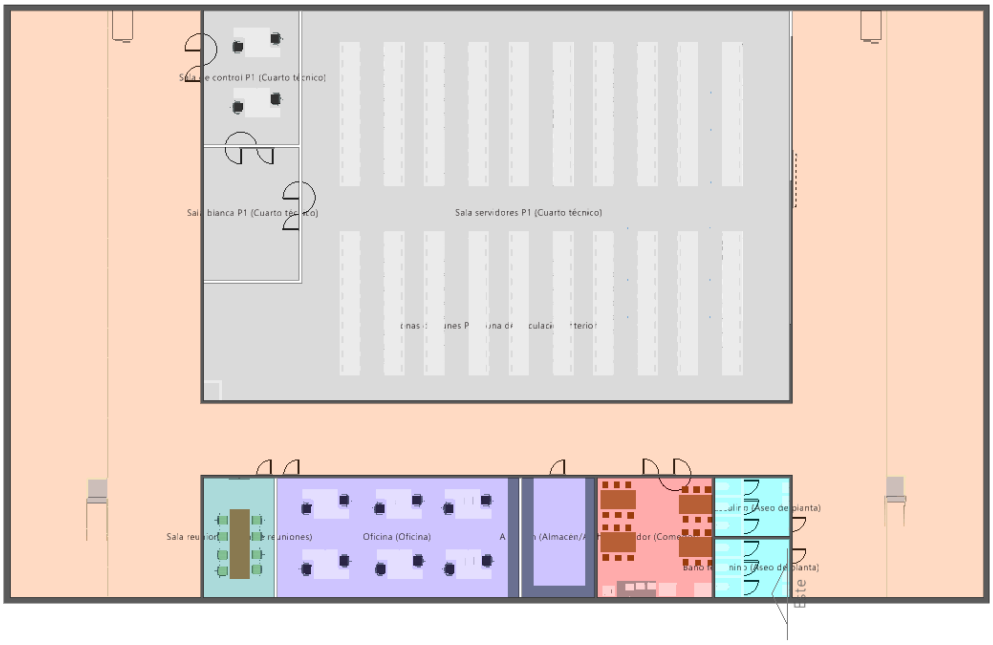


Ilustración 9: Vista de planta "Planta Primera".

2.3.2. NECESIDADES DE LA INSTALACIÓN

Para dar respuesta a los requisitos operativos de un CPD corporativo, las principales necesidades a satisfacer son las siguientes

- Alojamiento de la infraestructura IT: Se diseña para albergar 400 racks de servidores en dos plantas con una densidad de potencia media por cada rack de 3,5 kW, lo que supone una carga crítica informática total de 1.400 kW. Esta potencia corresponde únicamente a la carga por servidores, sin tener en cuenta la alimentación de equipos auxiliares que permiten la operación de esta infraestructura.
- Garantía de suministro eléctrico: Al necesitar una infraestructura crítica de alimentación eléctrica, se dimensiona una alimentación en media tensión junto con sistemas de respaldo de grupos electrógenos y sistemas de alimentación ininterrumpida.
- Refrigeración de los sistemas informáticos: Se dimensiona un sistema de climatización capaz de refrigerar el sistema informático.
- Zonas de soporte y operación: Espacios habitables climatizados y ventilados para el personal técnico que opera in situ, incluyendo las salas de monitorización, despachos, comedor y aseos.

2.3.3. USO CARACTERÍSTICO DEL LA EDIFICACIÓN

Acorde a la clasificación del Código Técnico de la Edificación [3], el uso característico principal del edificio es Industrial/Tecnológico. Al tratarse de un proceso continuo, las salas técnicas quedan eximidas de las exigencias estrictas de bienestar humano que marca el RITE, aplicando en su lugar los estándares operativos de la industria.

Para el cálculo de las instalaciones de climatización y ventilación mecánica en las zonas habitables, la ocupación se ha definido basándose en el CTE DB SI 3 [3], en la tabla 2.1, pero aplicando un criterio de ocupación transitoria y simultaneidad, de cara a no sobredimensionar térmicamente la instalación para una ocupación irreal.

- Zonas de circulación y tránsito: No se realiza el dimensionamiento considerando una ocupación nula a efectos de simplificación para este proyecto.
- Zonas IT y cuartos técnicos: se catalogan como recintos de acceso exclusivo para mantenimiento, por lo que su ocupación es de 0 personas.
- Aseos de planta: Su ocupación es simultánea a la de las oficinas por lo que no suman al cómputo global de diseño del edificio.

A continuación se detalla la tabla del diseño de ocupación para los recintos:

Tabla 1: Ocupación de recintos según el CTE DB SI 3 [3].

Espacio / Recinto	**Superficie Útil**	**Ratio CTE DB-SI 3**	**Ocupación Cálculo**
Oficinas P1	77,93 m²	1 pers. / 10 m²	8 personas
Salas de control (PB y P1)	69,11 m²	1 pers. / 10 m²	7 personas
Sala de reuniones	22,36 m²	1 pers. / 2 m²	12 personas
Comedor	36,50 m²	1 pers. / 2 m²	19 personas
Total teórico por salas			46 personas

Aunque la suma de los aforos arroja 46 personas, la realizad operativa de la instalación contempla equipos fijos por turnos. Es por eso por lo que no se tendrá en cuenta la ocupación del comedor, resultante un total de 25 personas.

2.4. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA EDIFICACIÓN

La edificación se desarrolla volumétricamente como un bloque distribuido entre planta baja y panta primera. Esta compacidad permite reducir el factor de forma del edificio para minimizar las pérdidas y ganancias térmicas a través de la envolvente, optimizando la eficiencia energética global.

2.4.1. SUPERFICIES ÚTILES Y CONSTRUIDAS

El complejo abarca una superficie total construida aproximada de 3.024,67 m². A efectos de arquitectura y zonificación para el cálculo de instalaciones, la distribución de la superficie se detalla a continuación.

Tabla 2: Superficies útiles y construidas.

Espacio / Recinto	**Tipo de Uso**	**Planta**	**Superficie Útil**
Vestíbulo de entrada principal	Accesos / Circulación	Planta Baja	299,26 m²
Sala de servidores PB	Cuarto técnico (TI)	Planta Baja	538,57 m²
Sala de control PB	Cuarto técnico	Planta Baja	35,00 m²
Sala blanca PB	Cuarto técnico	Planta Baja	35,00 m²
Centro de transformación	Cuarto eléctrico	Planta Baja	35,25 m²
Sala UPS	Cuarto técnico	Planta Baja	35,41 m²
Sala baterías	Cuarto técnico	Planta Baja	37,19 m²
Sala climatización	Cuarto técnico	Planta Baja	35,78 m²
Cuarto de extinción / Vestíbulo	Instalaciones	Planta Baja	51,16 m²
Sala de servidores P1	Cuarto técnico (TI)	Planta 1	538,57 m²
Zonas comunes P1	Circulación interior	Planta 1	731,48 m²
Vestíbulo parte trasera	Accesos / Circulación	Planta 1	299,76 m²
Oficina	Administrativo	Planta 1	77,93 m²
Comedor	Asimilable P. C.	Planta 1	36,50 m²
Sala de reuniones	Administrativo	Planta 1	22,36 m²
Sala de control P1	Administrativo	Planta 1	34,11 m²
Sala blanca	Cuarto técnico	Planta 1	33,74 m²
Almacén / Archivo	Almacén	Planta 1	23,15 m²
Baños (Masculino y Femenino)	Aseos	Planta 1	24,46 m²
TOTAL SUPERFICIE ÚTIL			**2.424,67 m²**

2.5. ENVOLVENTE TÉRMICA Y COMPARTIMENTACIÓN

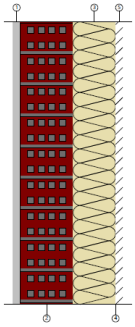
La materialidad del edificio no solo corresponde a criterios de cerramiento estético o estructural, sino que es determinante para el cálculo de cargas térmicas de transmisión del modelo. Para minimizar la demanda energética global, los sistemas constructivos se han seleccionado primando un alto de grado de aislamiento y baja transmisión térmica.

Se detallan a continuación las tipologías constructivas implementadas en el modelo.

2.5.1. CERRAMIENTOS EXTERIORES

Para la envolvente exterior, en contacto con la intemperie se ha utilizado soluciones de alta inercia térmica apoyadas en aislamiento de lana mineral.

- Fachadas: Se dimensionan mediante cerramientos de doble hoja de ladrillo que integran en su cámara aislamiento térmico de 120 mm de espesor.



Capas	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	2.00 cm	1125.00 kg/m³	0.550 W/(m·K)	0.04 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	10
2 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm< G < 80 mm	15.00 cm	1020.00 kg/m³	0.583 W/(m·K)	0.26 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	10
3 - URSA TERRA T18R / T18P 120mm	12.00 cm	17.50 kg/m³	0.035 W/(m·K)	3.43 (m²·K)/W	1030.00 J/(kg·K)	1
4 - URSA SECO Membrana	0.00 cm	26.00 kg/m³	0.000 W/(m·K)	0.00 (m²·K)/W	1200.00 J/(kg·K)	40
5 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2.00 cm	825.00 kg/m³	0.250 W/(m·K)	0.08 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	4
Espesor total:	31.00 cm					

Ilustración 10: Cerramiento exterior de fachada.

- Cubierta: La cubierta se modela empleando panel sándwich, lo que corresponden dos laminas metálicas con el aislamiento intermedio.

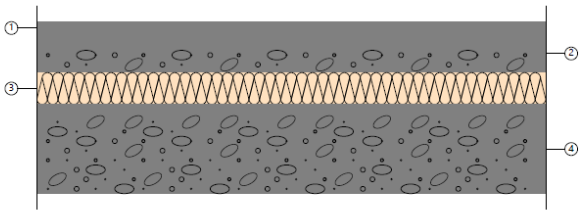


Capas	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
1 - Acero	0.06 cm	7800.00 kg/m³	50.000 W/(m·K)	0.00 (m²·K)/W	450.00 J/(kg·K)	1e+06
2 - URSA TERRA Vento P4252 (50.00 mm)	5.00 cm	22.00 kg/m³	0.034 W/(m·K)	1.47 (m²·K)/W	800.00 J/(kg·K)	1
3 - Acero	0.05 cm	7800.00 kg/m³	50.000 W/(m·K)	0.00 (m²·K)/W	450.00 J/(kg·K)	1e+06
Espesor total:	5.11 cm					

Ilustración 11: Cerramiento exterior de fachada.

2.5.2. SOLERAS

El contacto del edificio con el terreno supone un sumidero térmico importante. Las soleras apoyadas se han diseñado incluyendo planchas continuas de poliestireno extruido de 50 mm, dispuestas bajo la losa de hormigón armado para garantizar la rotura del puente térmico con el suelo.



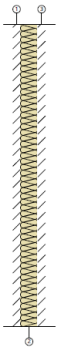
Capas	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700	2.00 cm	2350.00 kg/m³	1.900 W/(m·K)	0.01 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	20
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	6.00 cm	1900.00 kg/m³	1.300 W/(m·K)	0.05 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	10
3 - URSA XPS F N-III L 50mm	5.00 cm	33.00 kg/m³	0.034 W/(m·K)	1.47 (m²·K)/W	1450.00 J/(kg·K)	150
4 - Hormigón armado 2300 < d < 2500	14.00 cm	2400.00 kg/m³	2.300 W/(m·K)	0.06 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	80
Espesor total:	27.00 cm					

Ilustración 12: Solera del edificio.

2.5.3. CERRAMIENTOS INTERIORES

Para las paredes interiores, se modelan paredes con aislante térmico para evitar las pérdidas de temperaturas interiores.

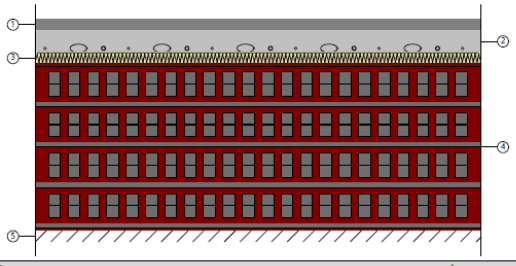
- Partición interior: Se utilizan cerramientos con doble plancha de yeso y una capa de aislamiento de 46 mm.



Capas	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
1 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2.00 cm	825.00 kg/m³	0.250 W/(m·K)	0.08 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	4
2 - URSA TERRA T18R / T18P 46mm	4.60 cm	17.50 kg/m³	0.035 W/(m·K)	1.31 (m²·K)/W	1030.00 J/(kg·K)	1
3 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2.00 cm	825.00 kg/m³	0.250 W/(m·K)	0.08 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	4
Espesor total:	8.60 cm					

Ilustración 13: Cerramiento interior.

- Forjados intermedios: se ha definido un forjado unidireccional de entrevigado de hormigón con un canto estructural de 300 mm, sobre este elemento portante se incorpora una capa continua de aislamiento de lana mineral y se remata con una capa de mortero.



Capas	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
1 - Gres cuarzoso 2600 < d < 2800	2.00 cm	2700.00 kg/m³	2.600 W/(m·K)	0.01 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	30
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	4.00 cm	1350.00 kg/m³	0.700 W/(m·K)	0.06 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	10
3 - URSA TERRA Sol T70P 20mm	2.00 cm	70.00 kg/m³	0.032 W/(m·K)	0.63 (m²·K)/W	1030.00 J/(kg·K)	1
4 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	30.00 cm	1240.00 kg/m³	1.430 W/(m·K)	0.21 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	89
5 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	2.00 cm	1150.00 kg/m³	0.570 W/(m·K)	0.04 (m²·K)/W	1000.00 J/(kg·K)	6
Espesor total:	40.00 cm					

Ilustración 14: Forjado intermedio.

3. MEMORIA CONSTRUCTIVA

3.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

Para el sistema estructural se ha utilizado el programa de cálculo CYPE 3D y Portal Frame Generator, el cual permite realizar los cálculos de esfuerzos así como el cumplimiento del CTE [3].

El pórtico de este proyecto se muestra en la siguiente ilustración.

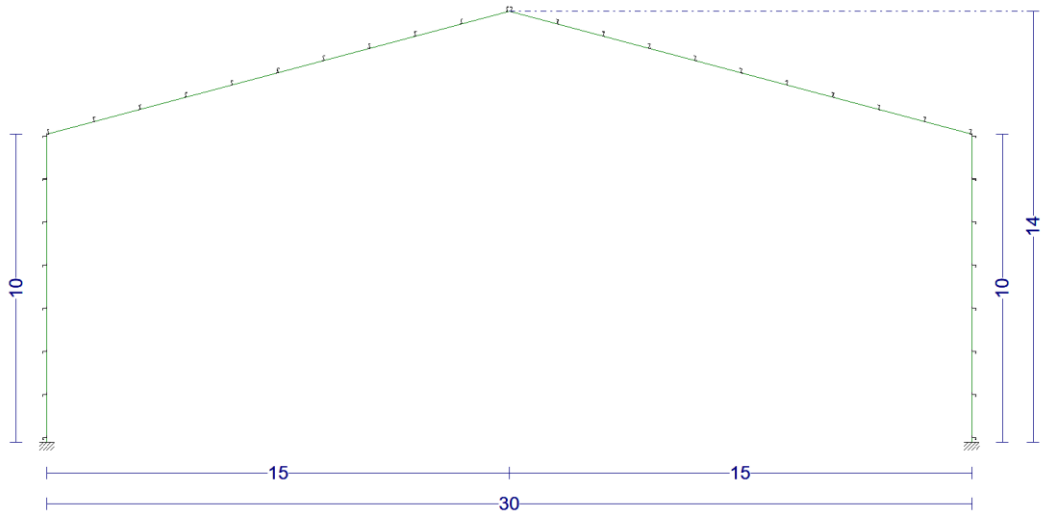


Ilustración 15: Dimensiones pórtico mediante Portal Frame Generator.

3.1.1. DATOS GENERALES DE LA OBRA

El software Portal Frame Generator permite realizar el dimensionamiento del pórtico principal para después ser exportado a CYPE 3D y poder realizar la simulación de la estructura. Para el presente proyecto se dispone del siguiente tipo de pórtico.

- Numero de vanos: 10
- Distancia entre vanos: 5 metros

Con respecto a las características del pórtico se definen también los siguientes parámetros:

- Peso del cerramiento: se aplica valor según el fabricante 0,1 kN/m² [8].
- Sobrecarga del cerramiento: Según el CTE DB SE AE [3] para las Cubiertas de Categoría G, la norma exige aplicar una sobrecarga de 0.40 kN/m². Esto simula el peso de un operario, sus herramientas y pequeños materiales transitando por la cubierta para hacer mantenimiento.

Tabla 3: Valores de las sobrecargas de uso según CTE DB SE AE [3].

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

- Cerramiento lateral: Se adopta un valor de 0.10 kN/m² como carga permanente en los cerramientos laterales. Este valor no es el correspondiente al cerramiento, ya que el diseño estructural contempla una solución de muros autoportantes, sin que corresponde al peso de la subestructura auxiliar.
- Sobrecarga de viento: Se define en función de la ubicación del emplazamiento siguiendo la imagen del CTE. Según este, se define como zona A y grado de aspereza IV.



Ilustración 16: Valor de la velocidad del viento, vb según el CTE [3].

Tabla 4: Coeficientes para tipo de entorno [3].

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

	Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
		k	L (m)	Z (m)
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	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

- Sobrecarga de nieve : Según el mapa del CTE, para el presente proyecto corresponde la zona 4 y una altitud de 585 metros.



Ilustración 17: Zonas climáticas de invierno según el CTE [3].

Tabla 5: Sobrecarga de nieve en terreno horizontal (kN/m²) [3].

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

3.1.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CORREAS DE CUBIERTA

3.1.2.1. DISPOSICIÓN Y MODELADO ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA

Para configurar la envolvente de la cubierta de la edificación se ha seleccionado un sistema basado en correas metálicas. La función de estos elementos es dar soporte al panel sándwich y transferir las solicitaciones mecánicas hacia los pórticos principales de la estructura. Según la geometría de la nave se ha establecido una distancia entre correas de 1,5 metros.

A nivel del cálculo del software, el modelo asume un esquema estático de viga contina de tres vanos con nudos de fijaciones rígida. La sección resultante del proceso de iteración es un perfil conformado ZF-140x3.0 fabricado en acero S235. La elección de la tipología Z facilita el solape constructivo entre tramos, garantizando la continuidad mecánica, y resulta idónea para este tipo de instalaciones por su excelente relación entre inercia y peso propio.

3.1.2.2. MARCO NORMATIVO Y EXIGENCIAS DE DISEÑO

El dimensionamiento de esta subestructura se rige por las directrices del CTE [3]. El diseño adoptado satisface las tres condiciones técnicas:

- Seguridad frente agotamiento (E.L.U.): Se garantizan que las tensiones normales y tangenciales derivadas de las combinaciones no superen el límite elástico de la sección escogida.
- Estabilidad geométrica: Se previene el riesgo de fenómenos de inestabilidad, presentando especial atención al pandeo lateral.
- Aptitud al servicio (E.L.S): Se imponen restricciones de deformación vertical.

3.1.2.3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN MEDIANTE SOFTWARE

Con la geometría de la nave, las propiedades del material y el estado de carga definido, el software de cálculo Portal Frame Generator valida el perfil ZF-140x3.0 (S235) como alternativa más eficiente.

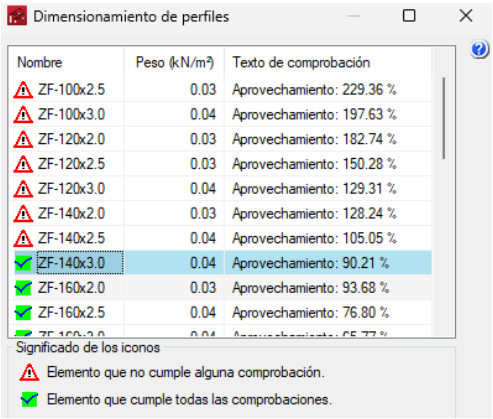


Ilustración 18: Dimensionamiento mediante Portal Frame Generator.

Los listados arrojan un coeficiente de aprovechamiento de 56,55% frente a los esfuerzos últimos de diseño, mientras que el control de deformidades en servicio se alcanza un aprovechamiento del 90,21 % respecto a la flecha máxima permitida.

3.1.2.4. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LOS RESULTADOS

Con objeto de validar el dimensionado automático, se desarrolla una comprobación analítica simplificada de la sección sometida a las correspondientes cargas.

La sobrecarga de uso estipulada para una cubierta transitable únicamente para conservación (categoría G1) es:

$$q_k = 0{,}40\ kN/m^2$$

El peso permanente del cerramiento superior adoptado es:

$$g_k = 0{,}15\ kN/m^2$$

El edificio se emplaza en una zona de clima invernal 4, a una altitud topográfica de 585 m y con exposición normal. Aplicando una interpolación lineal de acuerdo con la tabla E.2 del CTE DB-SE-AE [3] (donde a la cota de 500 m corresponde una sobrecarga de 0,4 kN/m² y a 600 m de 0,5 kN/m²), se obtiene:

$$S_k = 0{,}40 + \frac{585 - 500}{600 - 500} \cdot (0{,}5 - 0{,}40) = 0{,}485\ kN/m^2$$

Se procede al cálculo de las solicitaciones transformando las cargas superficiales en cargas lineales sobre el eje de la correa.

1. Hipótesis de uso (mantenimiento):

$$q_{k,1} = (g_k + q_k) \cdot e = (0{,}15 + 0{,}40) \cdot 1{,}50 = 0{,}825\ kN/m^2$$

2. Hipótesis de nieve:

$$q_{k,2} = (g_k + S_k) \cdot e = (0{,}15 + 0{,}485) \cdot 1{,}50 = 0{,}9525\ kN/m^2$$

La hipótesis mayor es la determinada por la acumulación de nueve. Para la comprobación del Estado Límite Último (E.L.U.), la carga lineal de cálculo mayorada resulta:

$$q_{d,l} = \gamma_G \cdot g_k \cdot e + \gamma_Q \cdot S_k \cdot e$$

$$q_{d,l} = 1{,}35 \cdot 0{,}15 \cdot 1{,}5 + 1{,}5 \cdot 0{,}485 \cdot 1{,}50$$

$$q_{d,l} = 1{,}395\ kN/m$$

Asumiendo la correa como viga biapoyada con carga uniformemente distribuida, el momento flector máximo en el centro del vano considerando la luz de 5 metros entre pórticos principales:

$$M_{max} = \frac{q_{d,l} \cdot L^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{1{,}395 \cdot 5^2}{8} = 4{,}36\ kN \cdot m$$

Bajo las mismas condiciones de apoyo, el esfuerzo cortante máximo en los extremos es:

$$V_{max} = \frac{q_{d,l} \cdot L}{2}$$

$$V_{max} = \frac{1{,}395 \cdot 5}{2} = 3{,}49\ kN$$

El perfil utilizado en el diseño final es el ZF-140x3.0 (S235), del cual se extraen las siguientes propiedades mecánicas correspondientes a su sección neta:

- Modulo resistente elástico (W_{el}): 33,17 cm^3
- Inercia respecto al eje fuerte (I_y): 240 cm^4
- Límite elástico (f_{yb}): 235 MPa
- Módulo de elasticidad (E): 210.000 MPa

La tensión normal máxima de diseño inducida por la flexión se calcula como:

$$\sigma_d = \frac{M_{max}}{W_{el}}$$

$$\sigma_d = \frac{4{,}36 \cdot 10^6}{33.170} = 131{,}4\ MPa$$

Este nivel de tensión es bastante inferior a la tensión del límite elástico del material por lo que se asegura que la sección es suficiente frente al fallo a flexión.

Respecto a la validación del Estado Límite de Servicio (E.L.S.), el límite máximo permisible establecido normativamente es:

$$f_{adm} = \frac{L}{300}$$

$$f_{adm} = \frac{5.000}{300} = 16{,}67\ mm$$

Calculando la flecha elástica máxima en el punto medio para una luz biapoyada sujeta a la carga característica:

$$f_{max} = \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

$$f_{max} = \frac{5 \cdot 0{,}9525 \cdot 5.000^4}{384 \cdot 210.000 \cdot 2.400.000} = 15{,}38\ mm$$

Comprobando la exigencia frente a la norma:

$$f_{max} = 15{,}38\ mm < f_{adm} = 16{,}67\ mm$$

Por lo tanto, el perfil ZF-140x3.0 justifica su aptitud estructural al satisfacer tanto las condiciones tensionales E.L.U. como los requisitos de deformabilidad E.L.S., validando los resultados obtenidos mediante software.

3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CORREAS LATERALES

3.1.3.1. DISPOSICIÓN Y MODELADO ESTRUCTURAL DE LOS CERRAMIENTOS LATERALES

La envolvente vertical para este proyecto requiere de una subestructura secundaria capaz de resistir las solicitaciones horizontales derivadas de las acciones climáticas y de proporcionar el anclaje de los paneles de fachada. De acuerdo con la modulación de los pórticos principales se ha proyectado una disposición de correas laterales con una distancia de 1,5 metros.

3.1.3.2. MARCO NORMATIVO Y EXIGENCIAS DE DISEÑO

Al igual que para las correas de cubierta, el cálculo se fundamenta en el CTE [3]. Las presiones dinámicas del viento se han evaluado según las especificaciones del CTE [3] para la zona eólica de Madrid.

Las exigencias de diseño contemplan:

- Seguridad frente a agotamiento (E.L.U.): Garantiza que las tensiones producidas por la flexión no superen la capacidad portante elástica de la sección.
- Aptitud al servicio (E.L.S.): Limita las deformaciones horizontales. Se adopta una limitación de flecha máxima de L/250, propia de paramentos verticales con elementos semirrígidos.
-

3.1.3.3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN MEDIANTE SOFTWARE

El software de cálculo, tras analizar las envolventes de los estados de carga, ratifica el perfil ZF-140x2.5 (S235) como la sección más equilibrada. El software arroja que el perfil seleccionado tiene un aprovechamiento de 98,93%.

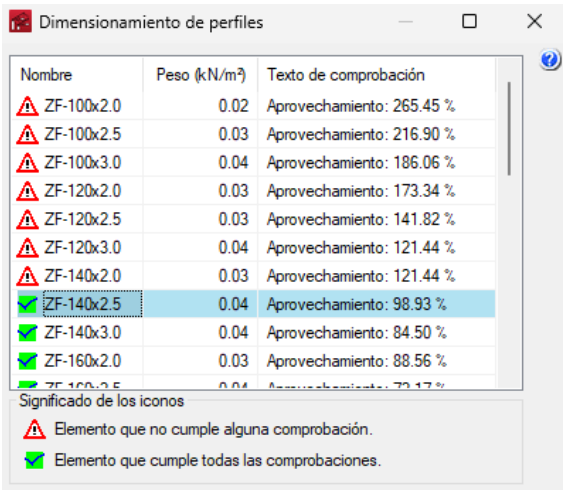


Ilustración 19: Dimensionamiento de correas laterales en Portal Frame Generator.

3.1.3.4. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LOS RESULTADOS

Para respaldar los resultados, se desarrolla una verificación analítica simplificada asumiendo el comportamiento de la correa ante la acción transversal del viento, que constituye la carga determinante en cerramientos laterales.

Se calcula la presión dinámica característica del viento (incluyendo coeficientes de exposición y presión exterior/interior) para las fachadas de la nave:

$$w_k = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Se consideran los siguientes valores:

- Presión dinámica (q_b): Según el CTE para Madrid, ocupa la zona A. Para esta zona el valor es de 0,42 kN/m².
- Coeficiente de exposición (c_e): Según el CTE [3], al tratarse de un centro de datos ubicado en un polígono se considera grado de aspereza IV para una altura de 10 metros corresponde con un valor de 1,78.
- Coeficientes de presión exterior (c_p): Para este valor se ha optado por un enfoque conservador. Dada la geometría de la nave y su altura, la esbeltez resulta h/d<1. Según la tabla D3 del documento CTE DB SE AE [3], se evalúa con el coeficiente de la zona central a barlovento 0,7. Combinando este valor con el coeficiente de succión interior más desfavorable para naves cerradas de 0,3, se obtiene el coeficiente neto de succión máxima de 1.

$$w_k = 0{,}42 \cdot 1{,}78 \cdot 1 = 0{,}748\ kN/m^2$$

Adoptando el ancho de la correa de 1,5 metros, la carga lineal característica es:

$$q_{w,k,A} = 0{,}748 \cdot 1{,}5 = 1{,}122 \frac{kN}{m}$$

Para el Estado Límite Último (E.L.U.), se mayora la acción variable adoptando el coeficiente de la combinación fundamental.

$$q_{d,w} = \gamma_G \cdot q_{w,k} = 1{,}5 \cdot 1{,}122 = 1{,}683\ kN/m$$

Para asimilar el cálculo analítico al modelo real del software, la correa se analiza según un esquema estático de viga continua de varios vanos, apoyada en los pórticos distanciados 5 metros. El momento flector máximo negativo en el primer apoyo interior se aproxima mediante la siguiente expresión:

$$M_{y,max} = 0{,}1 \cdot q_{d,w} \cdot L^2$$

$$M_{y,max} = 0{,}1 \cdot 2{,}670 \cdot 5^2 = 4{,}208\ kN \cdot m$$

El perfil utilizado en el diseño final es el ZF-140x2.5 (S235), del cual se extraen las siguientes propiedades mecánicas correspondientes a su sección neta:

- Modulo resistente elástico (W_{el}): 28,10 cm^3
- Inercia respecto al eje fuerte (I_y): 198 cm^4
- Límite elástico (f_{yb}): 235 MPa
- Módulo de elasticidad (E): 210.000 MPa

La tensión normal máxima originada por ese flector es:

$$\sigma_d = \frac{M_{max}}{W_{el}}$$

$$\sigma_d = \frac{6{,}675 \cdot 10^6}{28.100} = 149{,}75\ MPa$$

Dado que $\sigma_d \leq f_{yb}$, la sección queda justificada frente a agotamiento por flexión en la envolvente general.

Respecto a la validación del Estado Límite de Servicio (E.L.S.), el límite máximo permisible establecido normativamente es:

$$f_{adm} = \frac{L}{250}$$

$$f_{adm} = \frac{5.000}{300} = 20\ mm$$

Calculando la flecha elástica máxima bajo la acción del viento para un esquema de viga continua de varios vanos:

$$f_{max} = \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

$$f_{max} = \frac{5 \cdot 1{,}122 \cdot 5.000^4}{384 \cdot 210.000 \cdot 1.980.000} = 11{,}63\ mm$$

Comprobando la exigencia frente a la norma:

$$f_{max} = 11{,}63\ mm < f_{adm} = 20\ mm$$

Esta verificación corrobora que la deformación lateral de la correa en el cuerpo principal de la nave es plenamente admisible. Por lo tanto, el diseño computacional queda respaldado por los cálculos analíticos, confirmando la viabilidad estructural del perfil ZF-140x2.5.

3.1.4. GENERACIÓN DEL PORTICO Y PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Una vez terminado el trabajo realizado para generar el pórtico, se realiza la exportación del mismo a CYPE 3D para el modelaje de la estructura completa.

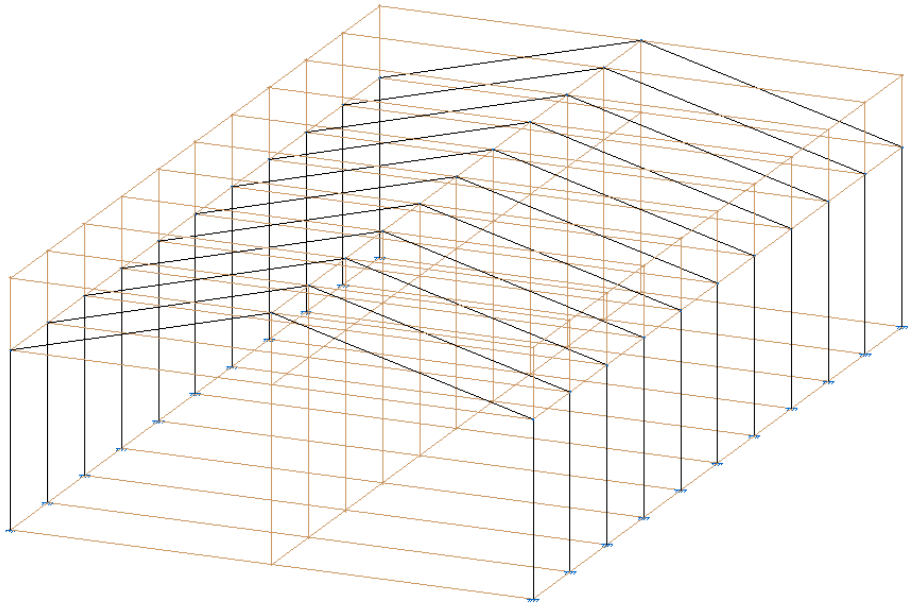


Ilustración 20: Esquema del pórtico generado.

A partir de este modelo y según las necesidades del edificio, se añaden los siguientes elementos:

- Vigas y columnas en la zona central para la incorporación de un forjado entre plantas.
- Cruces de San Andrés en los pórticos principales para convertir en intranslacional los pórticos de ese plano.

Por lo tanto la estructura queda definida mediante el siguiente diagrama:

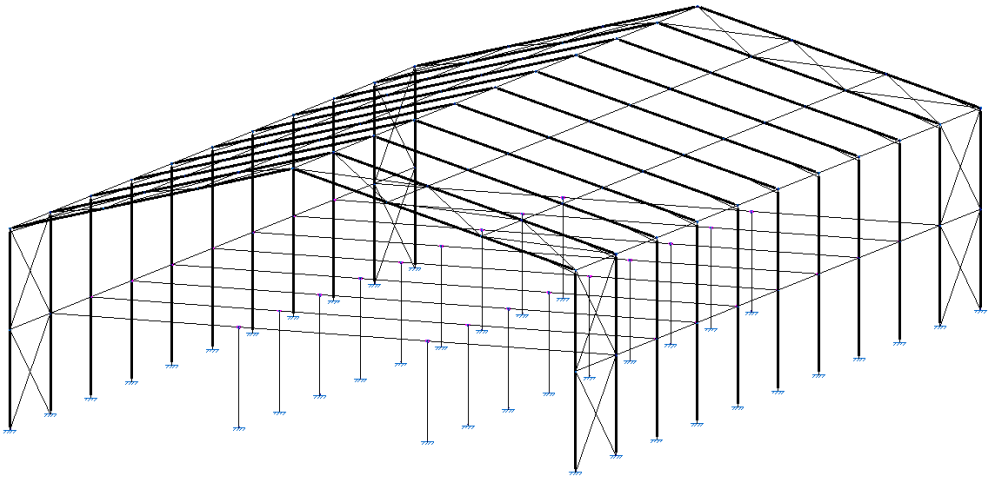


Ilustración 21: Esquema de la estructura de la instalación.

3.1.4.1. DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS PERFILES

3.1.4.1.1 PERFILES TIPO IPE

Este tipo de perfiles se disponen con forma de doble T, con una disposición de alas estrechas en comparación con su altura. Esto produce un gran funcionamiento a esfuerzos de flexión. En el presente proyecto se utilizarán en las vigas de cubierta

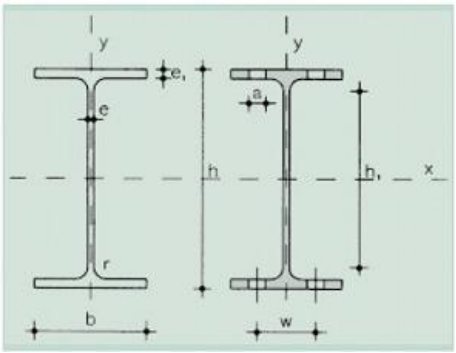


Ilustración 22: Perfil IPE [9].

3.1.4.1.2 PERFILES TIPO HEB

Los perfiles tienen forma de T doble con las alas más anchas que los anteriores. Este tipo de sección permite un comportamiento óptimo a compresión y pandeo lateral. Para el presente proyecto se utilizarán en los pilares, pórticos y vigas del forjado, debido a la alta carga sometida.

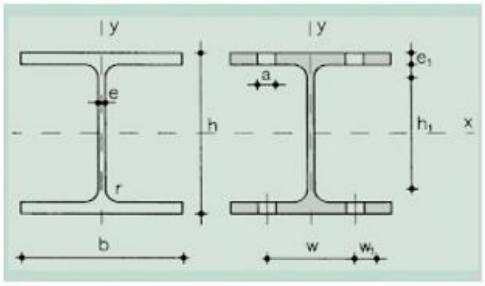


Ilustración 23: Perfil HEB [9].

3.1.4.1.3 TIRANTES R

Están tipo de barras están formadas por una sección totalmente circular lo que justifica que no tengan ningún lado débil. Este tipo de perfiles únicamente trabajan a tracción y en el presente proyecto es utilizado para las cruces de San Andrés.

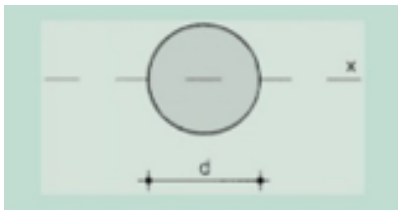


Ilustración 24: Perfil R [9].

3.1.4.2. COEFICIENTES DE PANDEO CONSIDERADOS

Los coeficientes de pandeo considerados en el proyecto estructural varían en función de la ubicación y el uso de cada uno de los perfiles.

PILARES

Respecto al comportamiento en el eje transversal (plano XY, ortogonal al pórtico principal), la sustentación de los soportes se define mediante un empotramiento estricto en cimentación, mientras que su coronación queda inmovilizada lateralmente gracias a la disposición de arriostramientos en cruz de San Andrés. Aplicando los criterios preceptivos recogidos en la Tabla 6.1 del Código Estructural [5], se adopta el siguiente coeficiente:

$$\beta_{xy} = 0{,}7$$

Analizando el plano longitudinal (eje XZ), el soporte arranca de forma empotrada en su base. Por el contrario, su extremo superior presenta una coacción parcial al giro derivada de la rigidez aportada por los dinteles, configurando así un modelo de nudo desplazable o estructura traslacional, de lo cual se deduce:

$$L_{xz} = 16{,}20$$

Queda descartado el fenómeno de inestabilidad por pandeo lateral en estas secciones, dado que el propio cerramiento exterior de los paneles de fachada proporciona la retención continua necesaria. Para el cordón o ala interior, se ha fijado una longitud eficaz de pandeo en su tramo superior de 1,5 metros, magnitud que se corresponde directamente con la separación proyectada entre las correas de cerramiento.

VIGAS DE CUBIERTA

Estudiando la directriz en el plano del pórtico (XY), los dinteles se modelizan asumiendo una vinculación biarticulada en ambos apoyos. Por consiguiente, el parámetro de pandeo a considerar asume un valor unitario:

$$\beta_{xy} = 1$$

Transversalmente al pórtico principal (plano XZ), el sistema de correas de cubierta, al contar con uniones rígidas, actúa como elemento de arriostramiento efectivo para las vigas. De este modo, la longitud de pandeo evaluada para el cálculo asciende a:

$$L_{xz} = 21{,}15$$

3.1.4.3. SOBRECARGA POR EQUIPAMIENTO DEL FORJADO

A efectos del cálculo estructural, el CTE DB-SE-AE [3] clasifica los recintos destinados a albergar servidores y equipos de telecomunicaciones dentro de la Categoría E (Zonas de uso industrial o de almacenamiento). En esta categoría, la normativa establece que la sobrecarga de uso no adopta un valor genérico tabulado, sino que debe determinarse de forma específica y justificada en función del peso real de los equipos pesados previstos.

Para definir este valor con exactitud y rigor técnico, se ha recurrido a la normativa internacional específica del sector de las telecomunicaciones y centros de datos. En concreto, el dimensionamiento se fundamenta en el estándar ANSI/TIA-942 [10].

De acuerdo con las especificaciones de la citada norma, se adopta una sobrecarga de uso mínima para el área de equipos IT en el forjado de la primera planta de 8,4 kN/m². La aplicación de este valor garantiza la resistencia del forjado para aguantar con seguridad la carga estática de los armarios rack de alta densidad, así como las solicitaciones dinámicas puntuales derivadas del tránsito y mantenimiento mediante transpaletas.

Adicionalmente, se ha contemplado una solicitación muerta complementaria de 1,2 kN/m² para contemplar el peso de las infraestructuras colgadas de la cara inferior del forjado, tales como bandejas de cableado de potencia y datos, canalizaciones de climatización y sistemas de extinción de incendios.

3.1.4.4. SIMULACION Y DIMENSIONAMIENTO

Una vez introducidos todos los valores y coefiente correspondiente se dimensiona la estructura mediante CYPE. Los resultados que arroja el programa quedan reflejados en la siguiente imagen.

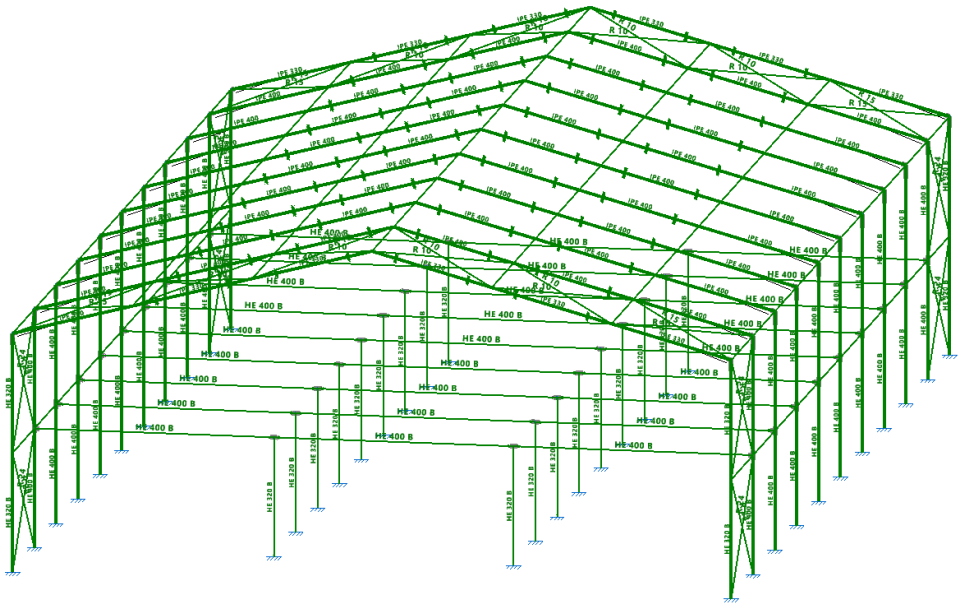


Ilustración 25: Resultado gráfico del cálculo del programa CYPE 3D.

Los perfiles utilizados se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 6: Perfiles de la estructura.

Nomenclatura CYPE / Perfil	**Serie**	**Función**
HE 320 B	HEB	Pilares / Columnas
HE 400 B	HEB	Pilares principales
HE 180 B	HEB	Pilares / Elementos verticales menores
HE 140 B	HEB	Pilares / Montantes secundarios
IPE 400	IPE	Vigas principales
IPE 330	IPE	Vigas
IPE 270	IPE	Vigas secundarias / Correas
R 24	R (Redondo)	Arriostramientos / Tirantes

R 15	R (Redondo)	Arriostramientos / Tirantes
R 10	R (Redondo)	Arriostramientos / Tirantes

3.1.5. COMPROBACIÓN NÚMERICA E.L.U.

Con el objetivo de validar el dimensionamiento espacial ejecutado por la matriz de rigidez del software, se desarrolla a continuación la justificación analítica manual de las barras principales como son los pilares del pórtico y las vigas de cubierta. Se calculará para los elementos más solicitados de la estructura. Esta comprobación se realiza en base al CTE DB-SE-A [3].

Para los cálculos de resistencia de las secciones, el CTE establece un coeficiente seguridad parcial para el material de $\gamma_{M0} = 1{,}05$.

3.1.5.1. JUSTIFICACIÓN DE PILARES

Los soportes verticales de los pórticos principales se encuentran sometidos a un estado tensional de flexión compuesta. Este esfuerzo se deriva en una compresión axil y de los momentos flectores.

Para la justificación analítica se extrae el modelo de la sección del pórtico principal, el cual corresponde con el pilar HE 400 B en acero S275.

Los esfuerzos más desfavorables son:

- Esfuerzo axil de compresión (N_{Ed}): 450 kN
- Momento flector en el eje fuerte $(M_{y,Ed})$: 540 kN·m
- Esfuerzo cortante de cálculo (V_{Ed}): 120 kN

Las propiedades del perfil son las siguientes:

- Área bruta (A): 197,8 cm²
- Módulo resistente plástico $(W_{pl,y})$: 3,141 cm³

La noma CTE DB SE A establece que, dado que el esfuerzo cortante es reducido y no produce interacción $(V_{Ed} \leq 0{,}5 \cdot V_{c,Rd})$, debe verificarse la sección bajo flexocompresión. Se adopta el criterio de interacción línea para secciones de Clase 1.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{c,y,Rd}} \leq 1$$

Se determina la resistencia plástica a compresión de la sección $(N_{c,Rd})$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.780 \cdot 275}{1{,}05}$$

$$N_{c,Rd} = 5.180{,}48\ kN$$

Se determina la resistencia de diseño a flexión respecto al eje fuerte ($M_{c,y,Rd}$):

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3.141.000 \cdot 275}{1.05} = 822{,}64\ kN$$

Aplicando la formulación de interacción de esfuerzos:

$$\frac{450}{5.180{,}48} + \frac{540}{822{,}64} = 0{,}087 + 0{,}656 = 0{,}743 \leq 1$$

El coeficiente de aprovechamiento resultante suficientemente holgado, validando la idoneidad del perfil HE 400 B.

3.1.5.2. COMPROBACIÓN DE VIGA DE CUBIERTA

Los elementos que conforman la cubierta transfieren la carga hacia las hombreras. La sección critica se localiza en la proximidad del nudo viga pilar, donde concurren los valores máximos de flector y cortante.

Para la validación del dintel correspondiente con un perfil IPE 400 en acero S275 se adoptan los siguientes esfuerzos determinantes E.L.U.:

- Momento flector de cálculo máximo ($M_{y,Ed}$): 285 kN·m
- Esfuerzo cortante de cálculo máximo (V_{Ed}): 120 kN

Las propiedades del perfil son las siguientes:

- Área bruta (A): 42,69 cm²
- Módulo resistente plástico ($W_{pl,y}$): 1.307 cm³

Se comprueba que el momento de diseño no supera el momento de resistencia plástica de la sección neta:

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.307.000 \cdot 275}{1.05} = 342{,}31\ kN \cdot m$$

Comprobación tensional a flexión pura:

$$M_{y,Ed} \leq M_{c,y,Rd} \rightarrow 285\ kN \cdot m \leq 342{,}31\ kN \cdot m$$

El aprovechamiento a flexión en la sección más desfavorable es del 83,2%, lo que justifica la elección del perfil.

Se verifica la capacidad del alma del perfil frente a las tensiones tangenciales de diseño.

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4.269 \cdot (275/\sqrt{3})}{1.05} = 645{,}52\ kN$$

Comprobación tensional a cortante puro:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd} \rightarrow 145\ kN \leq 645{,}52\ kN$$

El alma presenta un aprovechamiento tangencial garantizado, el cual no implica riesgo de plastificación por cortante en la conexión del pilar.

3.1.6. COMPROBACIÓN NÚMERICA E.L.S.

De forma simultánea a la comprobación de la capacidad portante, es perceptivo garantizar que la estructura principal presente una correcta rigidez adecuada bajo las acciones de servicio. Las comprobaciones se realizan evaluando las deformaciones elásticas del programa de simulación bajo la envolvente de las combinaciones características, en cumplimiento del CTE DB SE A [3].

3.1.6.1. DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL DE LOS PILARES

La acción del viento transversal, sumada a las imperfecciones geométricas globales de la estructura, induce un desplazamiento horizontal (desplome o deriva) en los nudos superiores de los pórticos. La normativa establece que, para edificios de una sola planta, el desplome relativo no debe superar el límite de $h/250$ siendo h la altura del pilar.

Dado que la parte alta del alero es de 10 metros, el límite de desplazamiento horizontal admisible en la parte superior de los pilares es:

$$u_{adm} = \frac{h}{250} = \frac{10.000}{250} = 40\ mm$$

De la consulta de las envolventes de desplazamientos en el modelo tridimensional, el nudo correspondiente a la parte superior del pilar más desfavorable experimenta un desplazamiento horizontal máximo característico de:

$$u_{max} = 28{,}45\ mm$$

Comprobando la exigencia normativa:

$$u_{max} = 28{,}45\ mm \leq u_{adm} = 40\ mm$$

El desplome representa un aprovechamiento del 71,1% respecto al límite normativo, demostrado que la inercia del pórtico es idónea para limitar las derivas laterales y proteger los paramentos de la envolvente.

3.1.6.2. FLECHA VERTICAL EN VIGAS DE LA CUBIERTA

Las vigas principales, ejecutadas mediante perfiles IPE 400, deben limitar su deformación vertical para garantizar la integridad de la cubierta.

Para las vigas de cubierta, el CTE exige limitar la flecha máxima a la luz del vano entre 300. Asumiendo la luz del dintel inclinado de 15,20, el límite de la flecha vertical admisible es:

$$w_{adm} = \frac{h}{300} = \frac{15.200}{300} = 50.66\ mm$$

El análisis de la envolvente de servicio de los pórticos revela que la deflexión máxima instantánea en el centro del vano para la hipótesis característica más desfavorable es:

$$w_{max} = 39{,}12\ mm$$

Verificando el cumplimiento:

$$w_{max} = 39{,}12\ mm \leq w_{adm} = 50.66\ mm$$

El aprovechamiento a deformación del dintel se sitúa en un 77.2 %. Se ratifica que el canto del perfil IPE 400 proporciona la rigidez a flexión necesaria para satisfacer de forma holgada los requerimientos de aptitud al servicio del edificio.

3.1.7. UNIONES

El dimensionamiento de las uniones se realiza mediante el programa de simulación CYPE 3D. Para ello una vez ejecutado el dimensionamiento, el programa arroja el cálculo de la estructura.

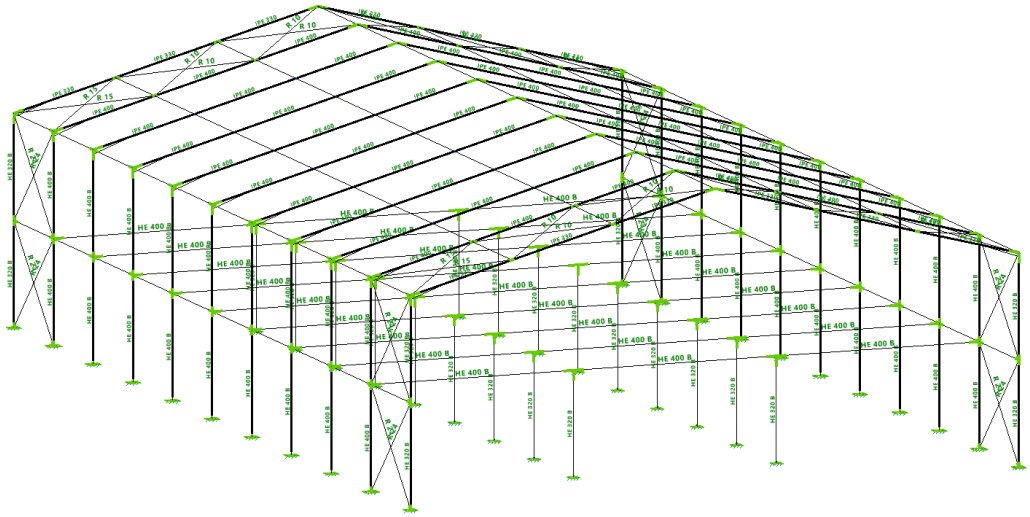


Ilustración 26: Calculo de las uniones mediante CYPE 3D.

De acuerdo con los listados de justificación espacial y el método de componentes, la unión viga-pilar más solicitada se materializa con una chapa frontal extendida de 14 mm de espesor en calidad S275, conectada mediante tornillería de alta resistencia pretensada. Para garantizar la transmisión del flujo de tensiones tangenciales en el nudo y prevenir la abolladura local, se ha dispuesto una configuración de rigidizadores de alma de 14 mm de espesor insertados en el perfil HE 400 B. Tras la aplicación de las envolventes mayoradas, el aprovechamiento tensional

máximo de la unión se sitúa en un 52.73 % (gobernado por la plastificación del rigidizador inferior), garantizando el estricto comportamiento en régimen elástico de la conexión y validando la hipótesis de nudo rígido del modelo global.

La placa de anclaje correspondiente al soporte de mayor solicitación geométrica (HE 400 B) se ha dimensionado adoptando unas proporciones en planta de 550 x 650 mm y un espesor de chapa de 22 mm (S275), rigidizada mediante cartelas pasantes de 7 mm de espesor para asegurar un comportamiento de placa rígida. El anclaje a la cimentación y la absorción de los momentos flectores de empotramiento se efectúa mediante 4 pernos de diámetro Ø32 (Acero B 400 S). Las presiones transmitidas a la cimentación por el área de compresión equivalente se mantienen muy por debajo de la resistencia del hormigón HA-25. El conjunto presenta un aprovechamiento máximo en la flexión de la placa base que no supera los umbrales normativos, corroborando el perfecto empotramiento de los apoyos.

Se justifica mediante la Tabla 7 las uniones realizadas en el proyecto:

Tabla 7: Tabla de uniones de la estructura.

Función de la Unión	**Perfiles Involucrados**	**Componentes de Fijación y Dimensiones (mm)**
Placas de Anclaje (Bases)	Pilar HE 400 B	Placa 550x650x22 (4 pernos Ø 32) Placa 500x600x22 (4 pernos Ø 25)
	Pilar HE 320 B	Placa 500x550x25 (8 pernos Ø 25) Placa 450x500x18 (4 pernos Ø 20)
Nudos Rígidos (Viga - Pilar)	Pilar HE 400 B + Vigas IPE 400 / IPE 270	Rigidizadores de 364x140x14 y 352x140x14
	Pilar HE 320 B + Vigas IPE 330 / IPE 270	Rigidizadores de 288x140x12 y 279x140x12
Empalmes de Viga (Frontales)	Viga IPE 400 con Viga IPE 400	Chapa frontal de 210x450x14
	Viga IPE 330 con Viga IPE 330	Chapa frontal de 190x370x12
Anclajes de Tirantes	Cruces de San Andrés / Ojales	Angulares L120x15, L100x12, L60x8, L50x6 y L45x4.5

3.1.8. DISEÑO Y JUSTIFICACIÓN DE LA CIMENTACIÓN

3.1.8.1. DIMENSIONAMIENTO MEDIANTE SOFTWARE

El sistema de cimentación es el que se encarga de transmitir las cargas de la estructura metálica al terreno. Una vez diseñada la estructura e introducidas las cargas se utiliza el apartado de cimentaciones de CYPE 3D para el cálculo de las zapatas.

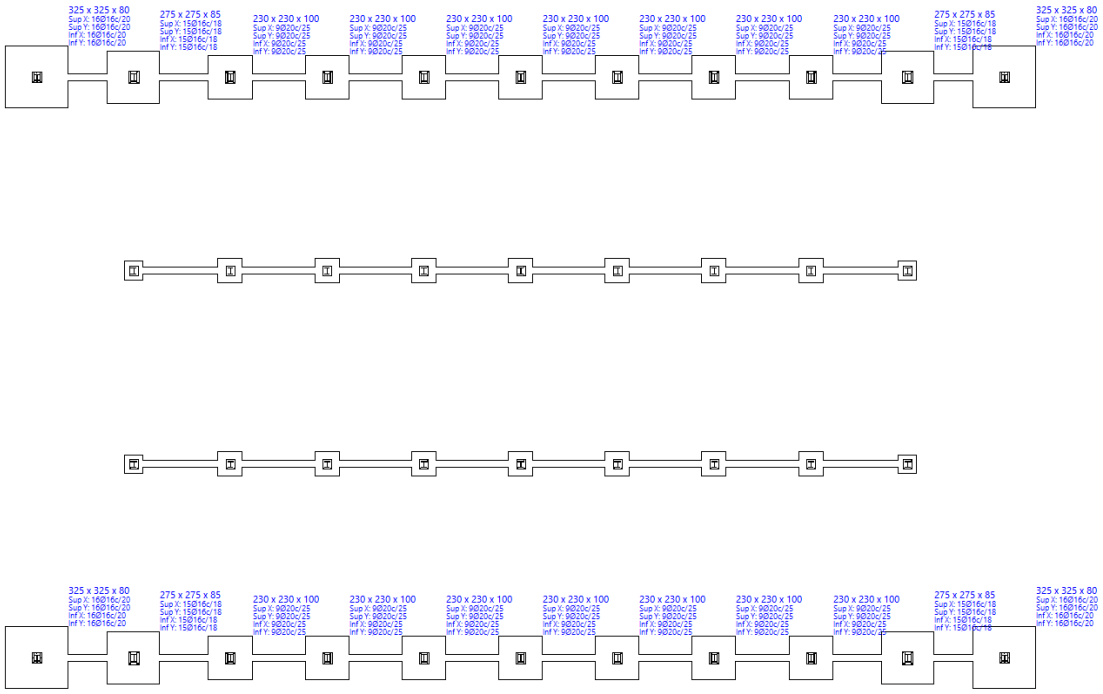


Ilustración 27: Cimentaciones calculadas mediante CYPE 3D.

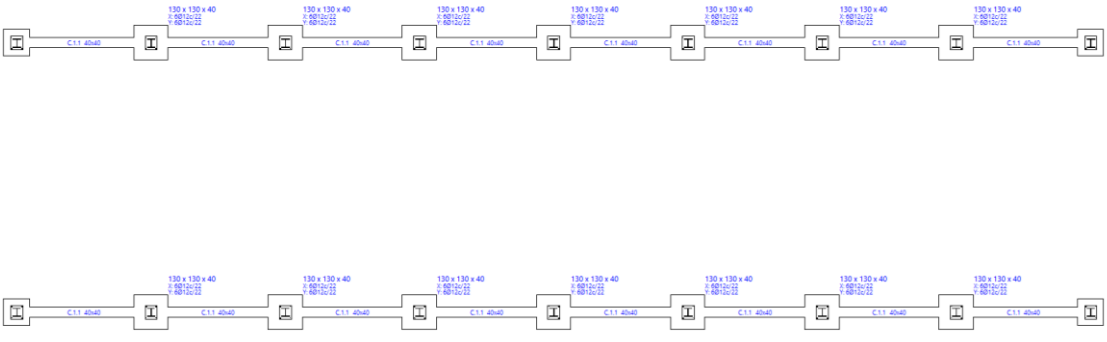


Ilustración 28: Cimentaciones parte interior de la estructura.

Los resultados de las cimentaciones se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8: Resultados de cálculo de cimentaciones.

Referencias (Nudos)	Dimensiones (X×Y×Canto en cm)	Armado Inferior (Xi / Yi)	Armado Superior (Xs / Ys)
N1, N3, N51, N53	325 x 325 x 80	Parrilla Ø16 a 20 cm	Parrilla Ø16 a 20 cm
N6, N8, N46, N48	275 x 275 x 85	Parrilla Ø16 a 18 cm	Parrilla Ø16 a 18 cm
N11 a N43	230 x 230 x 100	Parrilla Ø20 a 25 cm	Parrilla Ø20 a 25 cm
N180 a N228	130 x 130 x 40	Parrilla Ø12 a 22 cm	*Sin armado superior*
N178, N194, N214, N230	100 x 100 x 40	Parrilla Ø12 a 20 cm	*Sin armado superior*

3.1.8.2. COMPROBACIÓN MANUAL DEL DIMENSIONAMIENTO

Para el presente proyecto se ha resulto mediante una tipología de cimentación superficial, formada por zapatas aisladas de hormigón armado. Con el objetivo de garantizar el comportamiento integral de la estructura, todos los apoyos se han arriostrado perimetralmente mediante riostras de 40 x 40 cm.

El cálculo y comprobación de los elementos de cimentación se ha desarrollado siguiendo las exigencias del CTE DB SE C [3] y las prescripciones relativas a elementos estructurales de hormigón del vigente Código Estructural.

Los materiales definidos para la ejecución de la estructura son:

- Hormigón: HA-25 ($f_{ck} = 25\ MPa$) con un coeficiente de seguridad parcial de $\gamma_c = 1{,}50$ con peso especifico (H_{horm}) de 25 kN/m^3.
- Acero pasivo: B 500 S ($f_{yk} = 500\ MPa$), con coeficiente parcial de seguridad de $\gamma_s = 1{,}15$.
- Tensión admisible del terreno: En base al estudio geotécnico de la parcela, se toma como valor una media admisible en situaciones persistentes de $\sigma_{adm} = 0{,}35\ MPa$. En combinaciones accidentales o con acciones de viento la normativa permite un incremento del 25% en la tensión en los bordes de la zapata, resultando un límite de 0,437 MPa.

Con el fin de comprobar el dimensionamiento realizado mediante CYPE se desarrolla la comprobación analítica de la zapata aislada más solicitada de la estructura. Esta es la correspondiente al apoyo perimetral N1 con unas dimensiones de 325x325x80 cm.

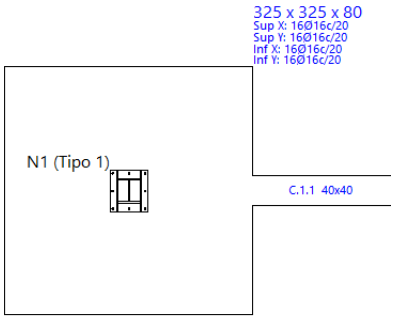


Ilustración 29: Zapata N1 a justificar.

La acción transversal del viento sobre la estructura transmite el momento flector significativo a la base del soporte. El CTE exige que el momento estabilizador supere al momento desestabilizador mayorado.

Para ello se extraen los datos de las reacciones en la zapata calculada.

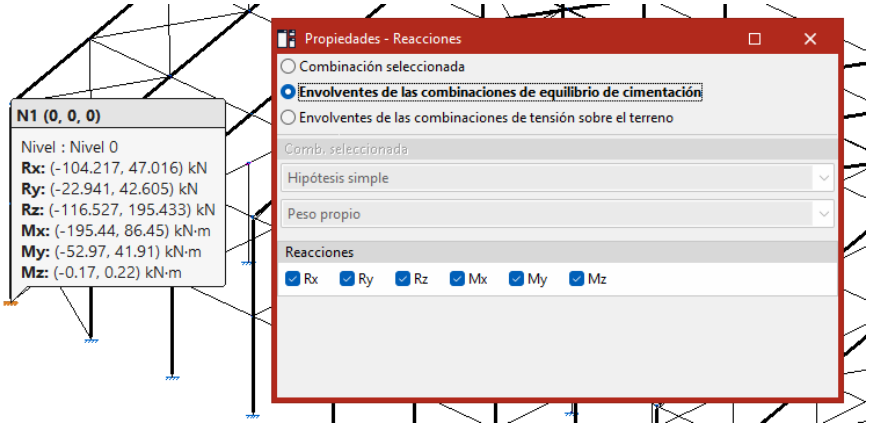


Ilustración 30: Reacciones calculadas en la zapata.

Teniendo en cuenta las reacciones en el apoyo se extrae la combinación concomitante que genera el mayor momento flector en la base del nudo.

- Esfuerzo axil vertical de compresión (N_{Ed}): 217,48 kN
- Esfuerzo cortante horizontal (V_{Ed}): 111,47 kN
- Momento flector en la base (M_{Ed}): 289,48 kN

El peso propio de la zapara se calcula como:

$$W_z = B \cdot L \cdot h \cdot H_{horm}$$

$$W_z = 3{,}25 \cdot 3{,}25 \cdot 0{,}8 \cdot 25 = 211{,}25\ kN$$

Al tratarse de una carga permanente cuyo efecto es favorable, el CTE DB SE exige aplicar un coeficiente de minoración de 0,8, por lo tanto el peso propio es:

$$W_{z,d} = 211{,}25 \cdot 0{,}8 = 169\ kN$$

COMPROBACIÓN DE ESTABILIDAD ANTE VUELCO

El vuelco de la zapata es provocado por el momento flector transmitido por el pilar y por el esfuerzo cortante horizontal que actúa en la cara superior de la zapata. Este último genera un momento adiciona con un brazo de palanca igual al canto de la cimentación.

$$M_{des} = M_{Ed} + (V_{Ed} \cdot h)$$

$$M_{des} = 289{,}48 + (111{,}47 \cdot 0{,}80) = 378{,}66\ kN \cdot m$$

Las fuerzas que se oponen al vuelco son las cargas verticales gravitatorias. Ambas actúan en el centro de gravedad geométrico de la zapata. Al igual que el momento calculado anteriormente, el brazo de palanca es un medio del ancho de la cimentación.

$$d_{des} = \frac{B}{2} = \frac{3{,}25}{2} = 1{,}625$$

Por lo tanto, el momento desestabilizador resultante es:

$$M_{est} = \left(N_{Ed} + W_{z,d}\right) \cdot d_{des}$$

$$M_{est} = (217{,}48 + 169) \cdot 1{,}625 = 628{,}03\ kN \cdot m$$

Para que la estructura sea globalmente estable frente al vuelco, debe verificarse que el momento estabilizador sea superior al desestabilizador mayorado.

$$M_{est} \geq M_{des} \rightarrow 628{,}03\ kN \cdot m \geq 378{,}66\ kN \cdot m$$

Por lo tanto se demuestra que la zapata cuenta con un margen de seguridad suficiente para la presenta estructura.

COMPROBACIÓN DE TENSIONES SOBRE EL TERRENO

Se comprueba que la presión que se transmite al suelo no supera la tensión máxima admisible. Al tratarse de una combinación dominada por el viento, la normativa permite un incremento del 25% sobre la tensión persistente situando el límite en $\sigma_{adm,viento} = 0{,}437\ MPa$.

Debido al fuerte momento flector, la carga vertical actúa con una excentricidad en la base de la cimentación.

$$e = \frac{M_{est}}{N_{Ed} + W_{z,d}}$$

$$e = \frac{378{,}66}{217{,}48 + 169} = 0{,}98\ m$$

Puesto que la excencentricidad es mayor que un sexto de la base $(B/6 = 0{,}54)$, la zapata se encuentra parcialmente despegada del terreno. Suponiendo una distribución triangular de tensiones según la teoría clásica, la presión se calcula mediante la siguiente expresión.

$$q_{max} = \frac{2 \cdot (N_{Ed} + W_{z,d})}{3 \cdot L \cdot (B/2 - e)}$$

$$q_{max} = \frac{2 \cdot (217{,}48 + 169)}{3 \cdot L \cdot (3{,}25/2 - 0{,}88)} = 122{,}91 \frac{kN}{m^2} \approx 0{,}122\ MPa$$

Por lo tanto se comprueba que la presión es menor que la tensión admisible.

$$q_{max} = 0{,}122\ \ MPa \leq \sigma_{adm,viento} = 0{,}437\ MPa$$

El terreno portante se encuentra dentro de los límites de su capacidad, lo que demuestra que las dimensiones están gobernadas por el vuelco y no por la capacidad de soportación del terreno.

COMPROBACIÓN DE DESLIZAMIENTO

El CTE-DB-SE-C [3] obliga a comprobar que la acción horizontal de diseño sea inferior a la resistencia de cálculo al desplazamiento. Además, la tabla 2.1 del CTE [3] fija un coeficiente parcial de seguridad a la resistencia por desplazamiento de 1,5.

La acción por deslizamiento corresponde con:

$$T_d = V_{Ed} = 111{,}47\ kN$$

La resistencia tangencial característica del terreno se confía al rozamiento $(\mu = 0{,}45)$ despreciando el empuje pasivo.

$$R_d = \frac{(N_{Ed} + W_{z,d}) \cdot \mu}{1{,}5}$$

$$R_d = \frac{(217{,}48 + 169) \cdot 0{,}45}{1{,}5} = 115{,}94\ kN$$

Por lo tanto se comprueba que la resistencia del terreno es mayor que la acción por deslizamiento.

$$R_d \geq T_d \rightarrow 115{,}94\ kN \geq 111{,}47\ kN$$

Por lo tanto, el detalle de la estructura se muestra mediante el modelo 3D.

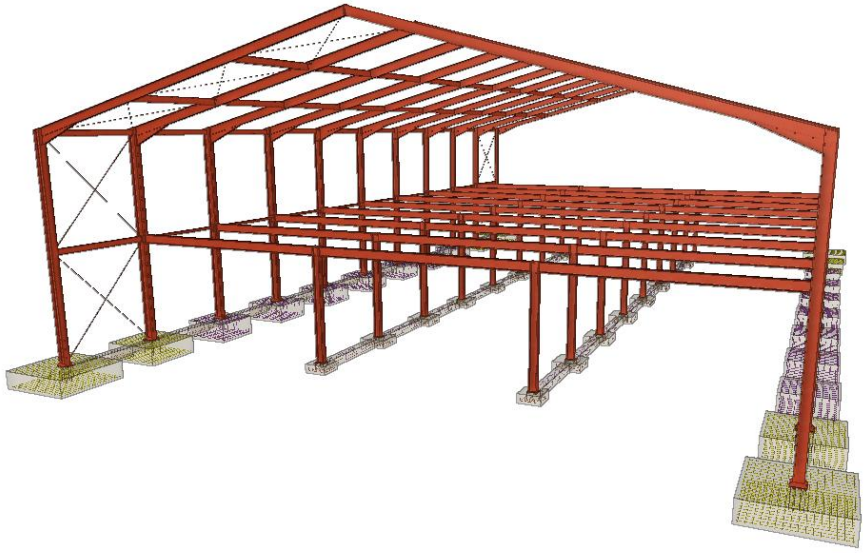


Ilustración 31: Imagen de la estructura y cimentación en vista 3D.

3.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

3.2.1. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE CÁLCULO

3.2.1.1. FLUJO DE TRABAJO EN OPEN BIM Y MOTORES DE CÁLCULO

El cálculo de los sistemas de climatización se ha llevado a cabo mediante un flujo de trabajo mediante las herramientas BIM, para asegurar que el modelo analítico disponga de todos los datos necesarios para poder realizar los cálculos necesarios. A través de estas herramientas, han quedado definidas tanto las geometrías como los materiales utilizados para dicha edificación, siendo esto de vital importancia para desarrollar los cálculos correspondientes.

Una vez definidas las geometrías a través de los materiales y la arquitectura del edificio se utiliza el programa Open BIM Analytical Model para generar el modelo analítico necesario para poder realizar el dimensionado de las cargas térmicas. Este modelo genera las superficies de cada una de las salas y genera colindancias para poder relacionar estancias para el cálculo de temperaturas, la difusión de calor entre ellas, etc. Esta herramienta es un paso intermedio situado entre el modelado arquitectónico del edificio y los cálculos térmicos. A continuación se muestra una imagen del modelo analítico generado para este proyecto.

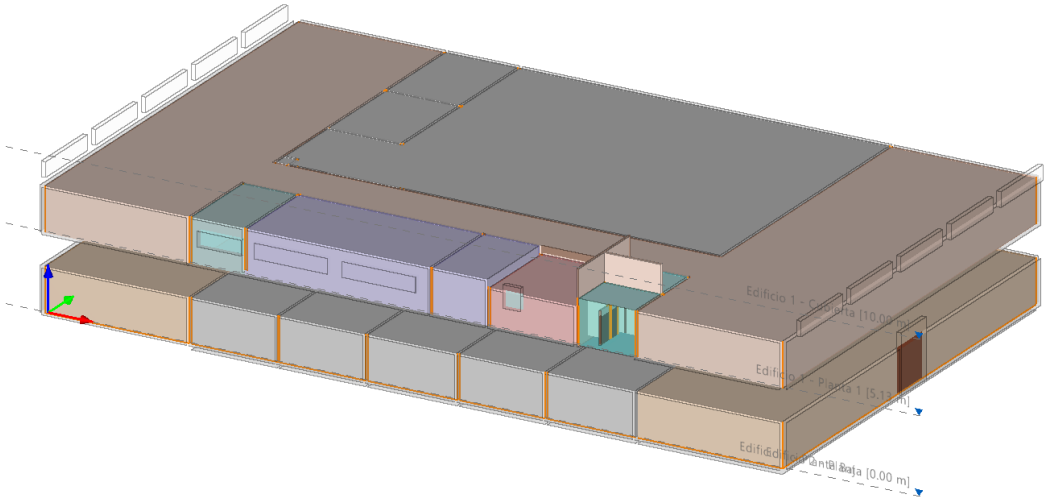


Ilustración 32: Modelo analítico generado mediante CYPE Analytical Model.

A partir de este modelo generado, se utiliza el programa CYPETHERMS LOADS para introducir los parámetros de generación de calor interna del edificio así como temperaturas deseadas en los recintos tanto en calefacción como en refrigeración.

Por último, el dimensionamiento de las redes de distribución agua así como las conducciones de aire se han realizado mediante el software CYPEHTERM HVAC.

3.2.2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

3.2.2.1. PARAMETROS DE DISEÑO

El cálculo de la demanda térmica exige definir con exactitud las fronteras termodinámicas del modelo. Las condiciones operativas limite se han establecido considerando la ubicación del emplazamiento. El instante más desfavorable para la demanda de refrigeración se sitúa el 21 de agosto a las 17:00, momento en el cual las temperaturas exteriores de cálculo se fijan en 33,7ºC de bulbo seco y 20,4 ºC de bulbo húmedo.

Respecto a las condiciones interiores, el edificio presenta una dualidad normativa que se ha implementado de la siguiente manera:

- Zonas de ocupación de personas: De acuerdo con la IT 1.1.4.1.2 del RITE [6], las condiciones de diseño para recintos habitables deben establecerse para el confort térmico y la eficiencia energética de la instalación. Por ello se definen que las temperaturas para los espacios administrativos y semejantes a publica concurrencia sean de 25 ºC en refrigeración para verano y 21 ºC en calefacción para invierno, manteniendo la humedad relativa al 50%.
- Salas técnicas: Para los cuartos técnicos aplica la excepción descrita en el artículo 2 del RITE [6] para procesos industriales. Al quedar exentos de las exigencias del confort de personas, se dimensionan estas condiciones según los estándares que rigen los equipos. Esto ha permitido optimizar la eficiencia fijando temperaturas de diseño más elevadas como por ejemplo 28 ºC en las salas de UPS.

Para mitigar el impacto exterior, se han importado de Open BIM Analytical Model las propiedades termo físicas de los cerramientos. En la Tabla 9 se indican las transmitancias térmicas de la envolvente modelada:

Tabla 9: Transmitancias térmicas de las envolventes.

Elemento Constructivo	**Descripción del Sistema y Aislamiento Principal**	**Espesor Total**	**Transmitancia Térmica (U)**
Fachada Exterior	Cerramiento de doble ladrillo con cámara de aire. Aislamiento de lana mineral (120 mm).	31,0 cm	0,25 W/m²
Cubierta	Panel sándwich metálico con núcleo de lana mineral (50 mm).	5,1 cm	0,62 W/m²
Solera (Terreno)	Losa de hormigón con aislamiento continuo bajo rasante de poliestireno extruido *URSA XPS F* (50 mm).	27,0 cm	0,55 W/m²
Forjado Intermedio	Forjado unidireccional (30 cm) con lámina acústica y térmica (20 mm).	40,0 cm	0,85 W/m²

Partición Interior	Tabique seco PYL de doble montante. Aislamiento interior doble (2 x 46 mm).	13,2 cm	0,33 W/m²
Ventanas de Oficinas	Sistema corredero PVC con acristalamiento de altas prestaciones.	-	0,75 W/m²
Ventanas (Aluminio)	Sistema practicable con Rotura de Puente Térmico.	-	0,90 W/m²

3.2.2.2. ENTRADA DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN

Para que el programa de cálculo dinámico resuelva el balance térmico se han parametrizado los usos de cada sala siguiendo las especificaciones del CTE y el RITE:

- Ocupación y tasa metabólica: Se han aplicado densidades correspondientes a cada sala, descritas en el apartado de ocupación. Se configura una tasa de trabajo ligero sentado, aportando aproximadamente 75 W de calor sensible y 55 de calor latente por persona. Las salas técnicas se han configurado con 0 ocupantes.
- Iluminación: Se han modelado sistemas LED de alta eficiencia, introduciendo densidades de potencia de iluminación de entre 6 y 10 W/m², cuyo calor se disipa íntegramente al ambiente de forma sensible.
- Equipamiento interno: En las zonas administrativas se estipulan entre 15 y 20 W/m² de carga ofimática. Para las zonas de proceso crítico, se han introducido como input la carga térmica total de los racks. Concretamente, el valor para esta carga consta de 700.000 W, lo que corresponde a una carga térmica de 3,5 kW/rack.
- Ventilación: Según las calidades de aire interior, se introduce aire exterior a razón de 12,5 l/s/persona en oficinas (por tratarse de recintos IDA 2) y 8 l/s/persona en el comedor (al ser IDA3).

3.2.2.3. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de la simulación dinámica se han obtenido las demandas térmicas de diseño. Mediante la siguiente tabla quedan resumidos los valores obtenidos por simulación. El desglose evidencia como las oficinas concentran la componente latente debido a la ventilación y ocupación, mientras que las salas de servidores demandan una refrigeración masiva de naturaleza sensible.

Tabla 10: Cargas térmicas por estancia.

Recinto / Espacio	Superficie (m2)	Refrig. Sensible (W)	Refrig. Latente (W)	Refrig. Total (W)	Calef. Total (W)
Sala de reuniones	22,4	1.528	60	**1.588**	4.559
Oficina	77,9	2.039	174	**2.213**	1.731
Comedor	36,5	2.467	827	**3.294**	2.817
Sala de control P1	34,1	882	76	**958**	784
Sala de control PB	35,0	912	78	**990**	1.313
Sala blanca P1	33,7	857	77	**934**	641
Sala blanca PB	35,0	902	79	**981**	1.207
Cuarto eléctrico	35,2	20.752	225	**20.977**	-
Sala UPS	35,4	56.222	0	**56.222**	-
Sala servidores PB	538,6	693.544	26	**693.570**	-
Sala servidores P1	538,6	703.549	43	**703.592**	-
TOTAL MÁXIMO SIMULTÁNEO[1]				**1.484.605**	**13.053**

Tras estos resultados se obtiene el modelo térmico a exportar para los programas BIM mostrado en la siguiente imagen.

[1] Nota de Simultaneidad: El pico máximo de refrigeración global del complejo (1.484 kW) se produce el 21 de agosto a las 18:00 h, el cual es inferior a la suma aritmética de los picos individuales gracias a la diversidad térmica del modelo.

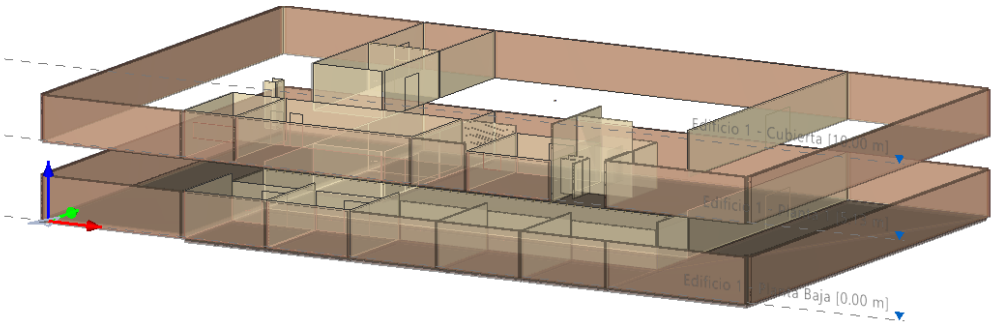


Ilustración 33: Modelo térmico generado con CYPETHERM LOADS.

3.2.2.4. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LA SIMULACIÓN REALIZADA

Para los valores obtenidos mediante el programa, se procede a realizar el cálculo analítico estático de la carga térmica sensible de la sala de servidores en su momento de demanda máxima.

- Superficie útil: $538{,}6\ m^2$
- Condiciones interiores: $T_i = 25\ °C$
- Condicione exteriores $T_{ext} = 32{,}6\ °C$
- Carga informática prevista $700.000\ W$

La ecuación global del balance térmico sensible es:

$$Q_{total} = Q_{conducción} + Q_{internas}$$

TRANSMISION DE LA ENVOLVENTE

La transferencia de calor se divide entre los elementos al exterior y los adyacentes a espacios no climatizados.

1. Fachada norte:
   - Area: $A = 75{,}6\ m^2$
   - Conductividad térmica: $U = 0{,}25\ W/m^2 \cdot K$
   - Temperatura Sol-Aire: $T_{sa} = 36{,}1\ °C$

Mediante la formula del cálculo estático se determina el valor de la potencia térmica:

$$Q_{fachada} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_{fachada} = 0{,}25 \cdot 75{,}6 \cdot (36{,}1 - 25) = 209{,}7\ W$$

La diferencia que existe frente al cálculo del programa es debido a que este realiza el cálculo mediante un método dinámico, el cual establece que el cerramiento retrasa la onda de calor, resultando una carga real de 48 W.

2. Particiones interiores
   - Tabique 1 ($A = 54{,}0\ m^2, U = 0{,}33\ W/m^2 \cdot K$): Carga aportada 88 kW
   - Tabique 1 ($A = 2{,}3\ m^2, U = 0{,}33\ W/m^2 \cdot K$): Carga aportada 4 kW
3. Huecos interiores ($A = 6{,}3\ m^2, U = 0{,}50\ W/m^2 \cdot K$): Carga aportada 16 kW

$$Q_{conducción} = 48 + 88 + 4 + 16 = 156\ W$$

CARGAS TÉRMICAS INTERNAS

La principal fuente de calor del edificio, que condiciona el diseño absoluto de la planta de producción frigorífica, es la carga disipada por los equipos informáticos. Para la estimación de esta carga se ha recurrido al programa de necesidades del Centro de Datos, definiendo una topología de despliegue de armarios (racks) y una densidad de potencia media, según los estándares de diseño de infraestructura tecnológica

- El complejo está dimensionado para albergar un total de 400 racks de servidores.
- Estos equipos se distribuyen de forma simétrica entre las dos salas blancas principales: 200 racks en la Sala de Servidores PB (Planta Baja) y 200 racks en la Sala de Servidores P1 (Planta Primera).
- Se ha establecido una densidad de potencia de diseño de 3,5 kW por rack. Este valor es representativo de un Centro de Datos corporativo moderno de densidad media-alta, equilibrando armarios de telecomunicaciones de menor consumo con armarios de servidores de cómputo intensivo.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía, y asumiendo un factor de carga del 100% para el cálculo del escenario más desfavorable (pico máximo de refrigeración), toda la potencia eléctrica utilizada por los servidores se evacúa al ambiente en forma de calor sensible.

Por tanto, la carga térmica interna base para cada una de las salas de servidores se calcula como:

$$Q_{equipos\ TI} = Nº\ de\ Racks \cdot Potencia\ por\ rack$$

$$Q_{equipos\ TI} = 200\ racks \cdot 3{,}5\ \frac{kW}{rack} = 700\ kW$$

Con respecto a la iluminación se considera una densidad de 6,07 W/m² para 538,6 m², la carga es de 3.270 W.

Con respecto a la ocupación, se considera un aporte residual sensible de 70 W.

$$Q_{internas} = 700.000 + 3.270 + 70 = 703.360\ W$$

Este valor es muy similar al realizado mediante el cálculo del software de simulación.

3.2.3. PLANTA DE PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA Y TÉRMICA

La estrategia de producción térmica del centro de datos se fundamenta en la segregación de los sistemas de climatización. Para asegurar la máxima seguridad operativa, evitar interferencias y cumplir con los marcos normativos, la producción de frio se ha dividido en dos plantas independientes ubicadas en la cubierta del edificio. Para este dimensionamiento se ha usado el software CYPEHVAC para el dimensionamiento de equipos y de tuberías para este tipo de instalaciones.

3.2.3.1. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA SALA DE SERVIDORES

La carga térmica más exigente de este proyecto radica en la refrigeración de los equipos informáticos y las pérdidas de los sistemas eléctricos. Para hacer frente a esta demanda continua se plantea una instalación de enfriadoras de agua de alta capacidad.

- El equipo seleccionado es la enfriadora Sintesis Excellent GVAF125 XPG-LM de Trane. Este equipo se trata de una enfriadora condensada por aire de alta eficiencia, diseñada específicamente par centros de datos.



Ilustración 34: Enfriadora Trane Sintesis Excellent GF125 XPG-LM [11].

Tabla 11: Parámetros de la enfriadora Trane Sintesis [11].

Parámetro	Valor
Tipo de equipo	Bomba de calor aire-agua, 2 tubos
Referencia	Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN
Modo de operación	Refrigeración (Punto de trabajo)
Potencia (Capacidad frigorífica)	456000 W
Temperatura exterior	35.0 grados Celsius
Temperatura de impulsión	7.0 grados Celsius
Salto térmico	5.0 grados Celsius
Pérdida de presión	3.00 m.c.a
Bomba de circulación	Sí (Integrada)
Vaso de expansión	No
Altura	2.50 m
Anchura	2.20 m
Longitud	7.80 m
Capacidad del circuito	150.00 l

Para garantizar la alta disponibilidad y la mantenibilidad concurrente de la infraestructura, el sistema de producción de agua helada se ha diseñado bajo un esquema de redundancia N+1 en el subsistema de climatización, compuesto por un total de cinco plantas enfriadoras. De este modo, la necesidad de refrigeración total del centro de datos queda cubierta por la operación de cuatro unidades, disponiendo la quinta máquina como reserva redundante para absorber fallos o paradas técnicas.

A diferencia de un esquema clásico de reserva pasiva, en este proyecto se opta por una configuración activo-activo con reparto distribuido de la carga. En condiciones operativas normales, las cinco enfriadoras funcionan de manera simultánea en régimen de carga parcial, demandando cada una de ellas una potencia frigorífica de 294,87 kW frente a los 456,00 kW de su capacidad nominal. Esto supone un régimen de trabajo extremadamente eficiente en torno al 65% de su capacidad máxima.

Tabla 12: Desglose de enfriadoras con su funcionamiento.

Equipo	Modo	Tª Impulsión (°C)	Salto térmico (°C)	Te (°C)	Potencia (W)	Caudal (l/s)	ΔP (m.c.a)	Pérdida de calor (W)
Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	Refrigeración	7.0	5.0	35.0	294872 < 456000	14.07	3.00	56287 < 91200
Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	Refrigeración	7.0	5.0	35.0	294872 < 456000	14.07	3.00	56287 < 91200
Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	Refrigeración	7.0	5.0	35.0	294872 < 456000	14.07	3.00	56287 < 91200
Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	Refrigeración	7.0	5.0	35.0	294872 < 456000	14.07	3.00	56287 < 91200
Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	Refrigeración	7.0	5.0	35.0	294872 < 456000	14.07	3.00	56287 < 91200

Al analizar los listados de cálculo de la distribución de agua, el software CYPETHERM HVAC emite un reporte de validación donde certifica que las pérdidas térmicas de la red son inferiores a un límite máximo admisible. Esta justificación da respuesta a la IT 1.2.4.2.1 del RITE [6].

Según el marco normativo, todas las conducciones y accesorios que transporten fluidos a temperatura distinta a la del ambiente deben estar aislados térmicamente para evitar pérdidas energéticas. El RITE impone una condición matemática de diseño innegociable: las pérdidas

térmicas globales de todo el conjunto de la red de tuberías no pueden superar el 4 % de la potencia máxima que transportan. A continuación se muestra una imagen con la disposición de las enfriadoras en el lateral del edificio.

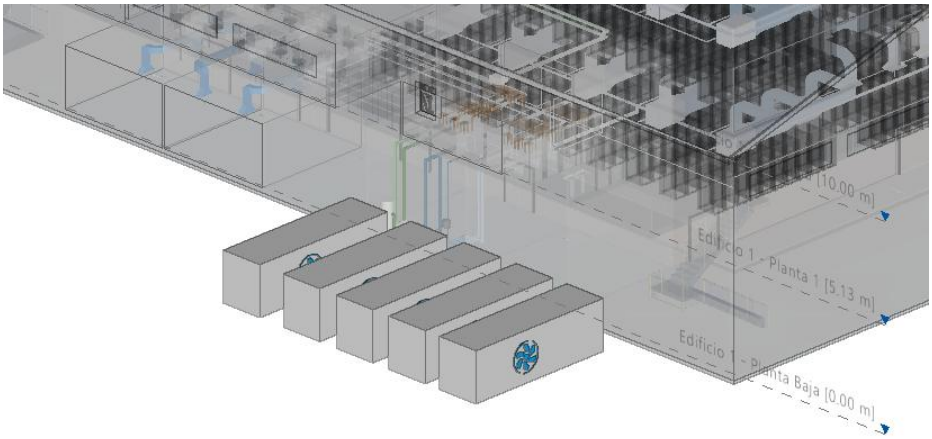


Ilustración 35: Disposición de enfriadoras en el lateral del edificio.

3.2.3.2. CLIMATIZACIÓN PARA INSTALACIONES DE CONFORT

De forma totalmente aislada al proceso informático, la zona de oficinas, salas de reuniones y control cuentan con su propio generador térmico. Al tratarse de zonas con previsión de ocupación por parte de personas, presentan un comportamiento estacional dual: requiere de una instalación de refrigeración en verano y una instalación de calefacción en invierno.

- Para esta instalación se ha integrado un modelo de bomba de calor aire agua reversible de dos tubos Carrier AquaSnap 30RQ 026. Se trata de una unidad monobloc equipada con compresores scroll de bajo nivel sonoro.
- Para el régimen de refrigeración el equipo busca abatir las cargas solares y de ocupación, para ello el equipo produce a 7ºC. Según los parámetros introducidos, se suministra una potencia de 26.200 W, moviendo caudal nominal de 1,25 l/s.
- Para el régimen de calefacción, se busca combatir las perdidas por transmisión en los meses fríos, el equipo invierte su ciclo termodinámico. Calienta agua hasta los 45 ºC entregando una potencia calorífica de 29.100 W con un caudal de 1,39 l/s.

En la siguiente imagen se muestran los datos introducidos para la simulación.

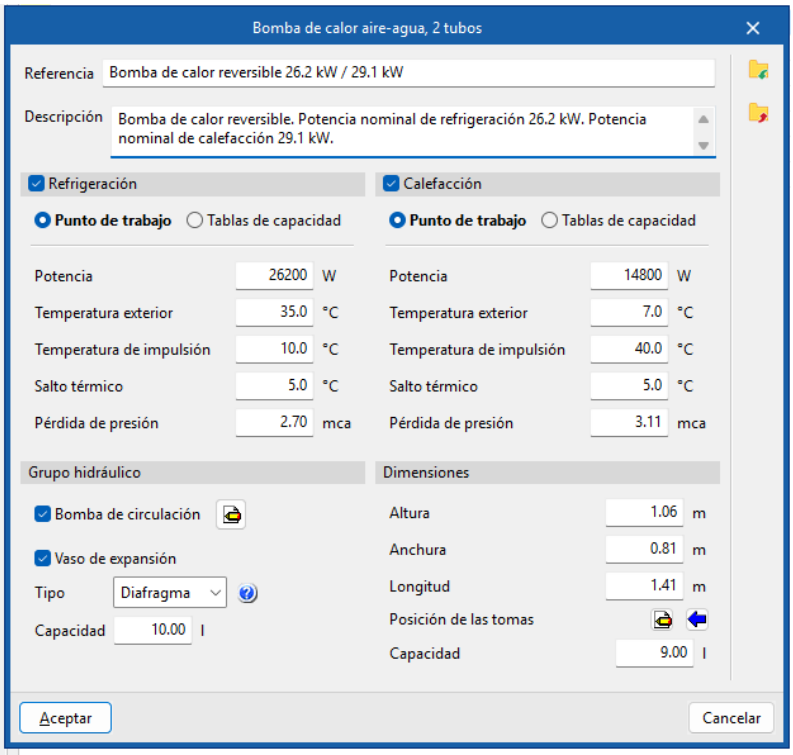


Ilustración 36: Parámetros bomba de calor instalación confort.

3.2.4. RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA Y UNIDADES TERMINALES

3.2.4.1. UNIDADES TERMINALES PARA LAS ZONAS DE SERVIDORES Y CUARTOS TÉCNICOS

Para disipar la masiva carga térmica generada por el equipamiento informático la distribución frigorífica no puede confiarse a equipos de confort. El modelo BIM integra unidades manejadoras de aire de precisión (CRAH) distribuidas estratégicamente en el recinto para abatir la carga directamente en los pasillos de racks.

Una unidad CRAH es un equipo de climatización diseñado específicamente para entornos críticos en el sector IT. A diferencia de sistemas convencionales que emplean expansión directa con compresores, estas carecen de compresor propio. Su funcionamiento se basa en el intercambio térmico mediante grandes baterías por las que circula agua refrigerada suministrada por la planta enfriadora. El propósito de estos equipos es mover el caudal de aire masivo y continuo capaz de neutralizar el calor disipado por los servidores.

A diferencia de los equipos administrativos, estas unidades están seleccionadas para operar con un factor de calor sensible de 1, lo que significa que toda su capacidad frigorífica se destina a enfriar el aire sin deshumidificarlo, evitando así consumos eléctricos parásitos por la re-humectación del ambiente y maximizando el rendimiento del caudal de agua helada.

A efectos de cálculo y simulación de la instalación, y dada las clasificaciones de las familias de equipos predefinidas en la biblioteca del software de modelado, estas unidades de precisión han sido introducidas en el modelo matemático bajo la tipología de “Fancoil con distribución por

conductos". Esta asimilación se realiza de cara a poder resolver los balances térmicos y el dimensionado de las redes hidráulicas y aerodinámicas.

Para cubrir la demanda crítica, el proyecto prevé la instalación de una batería compuesta por 10 unidades de aire acondicionado de precisión conectadas al anillo principal de agua de las enfriadoras. Estas máquinas aspiran el aire caliente expulsado por los servidores y lo impulsan refrigerado a 15 °C, creando un flujo de convección forzada de alto volumen que garantiza la eliminación de puntos calientes.

A continuación, se detallan los parámetros de diseño y configuración exactos de estas unidades terminales:

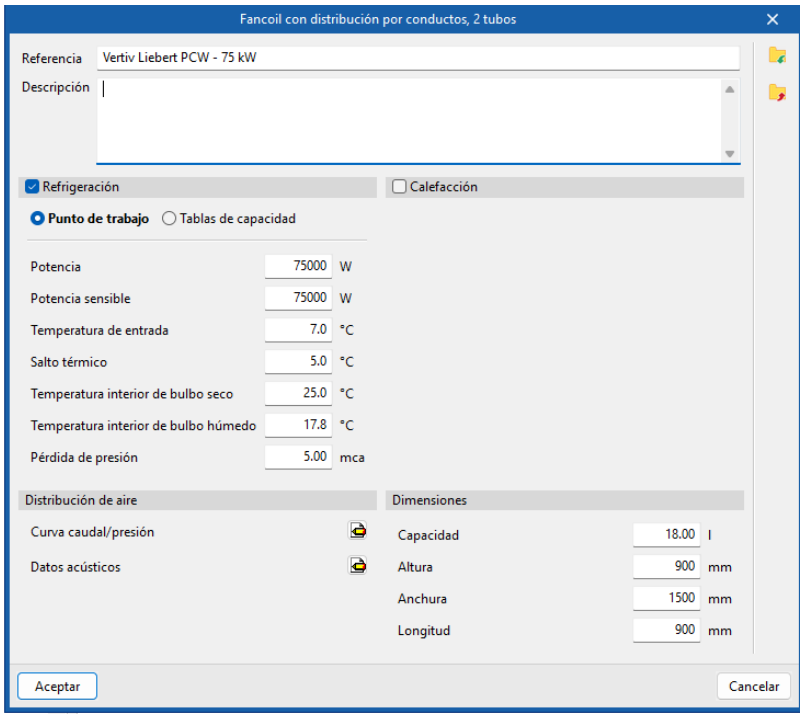


Ilustración 37: Parámetros fancoils instalación de refrigeración de servidores.

Estos equipos se disponen entre los forjados y los falsos techos que para este proyecto se han definido de gran altura, debido al gran tamaño que demandan estos equipos.

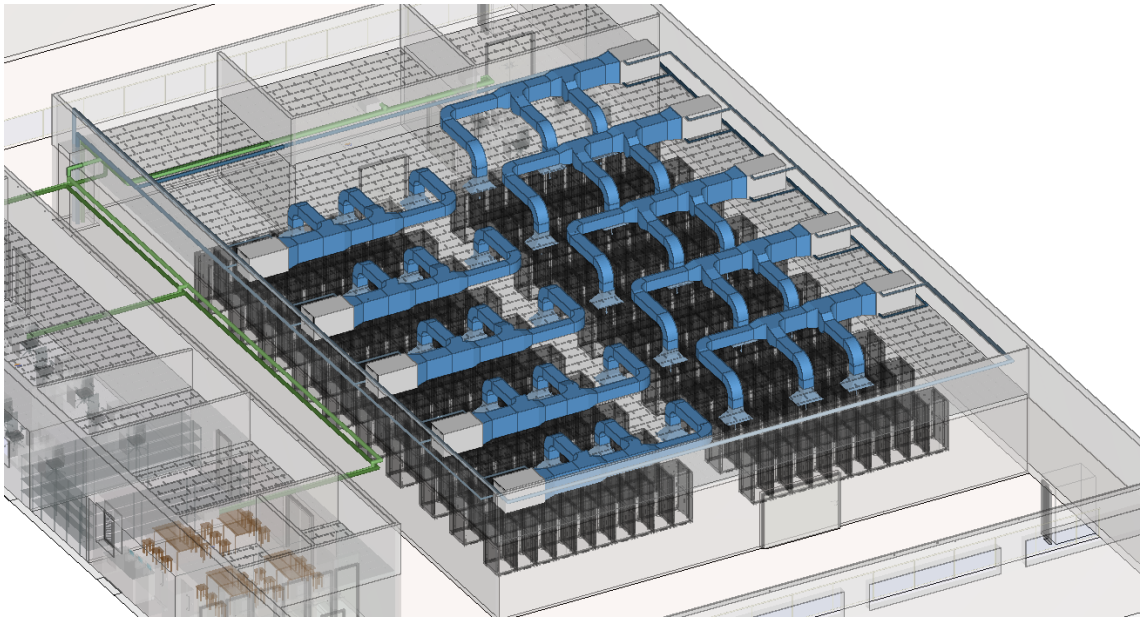


Ilustración 38: Instalación de enfriamiento de sala de servidores planta baja.

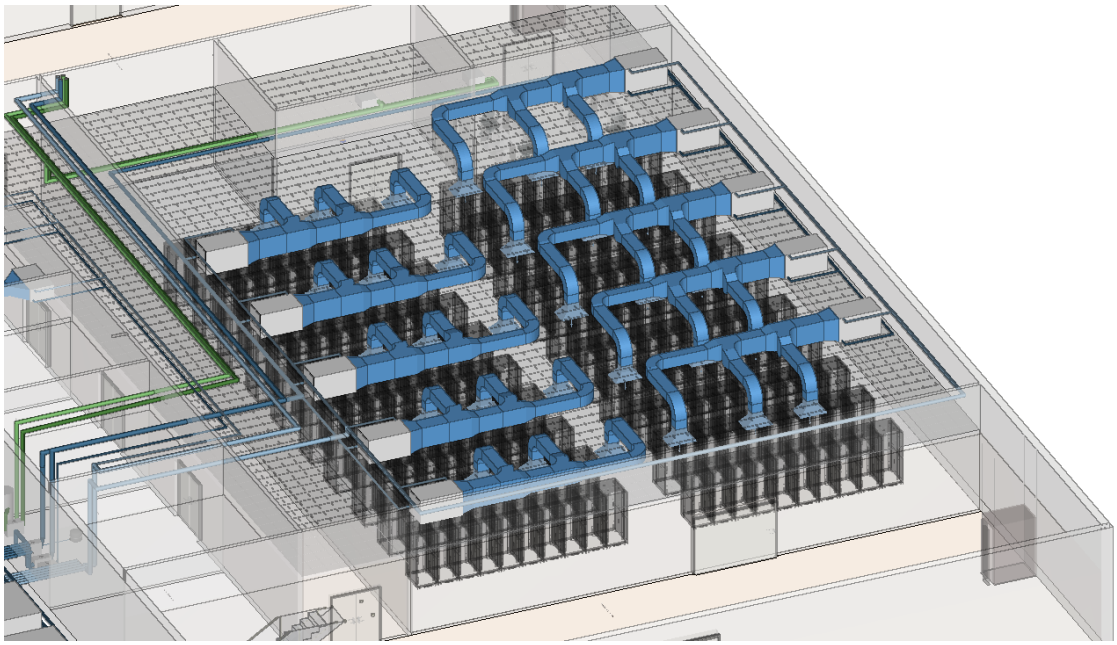


Ilustración 39: Instalación de enfriamiento de sala de servidores planta primera.

Además de las salas blancas de datos, la infraestructura crítica del edificio comprende los recintos de soporte eléctrico: el centro de transformación y la dala UPS. Estos espacios operan con altísimas densidades de carga interna (100% sensible) debidas a las pérdidas térmicas intrínsecas de los equipos de potencia (transformadores de media a baja tensión) y los componentes de almacenamiento y conversión (inversores y baterías del sistema de alimentación ininterrumpida).

El dimensionamiento térmico ha determinado la siguiente configuración basándose en la disipación real de cada recinto:

- Centro de Transformación: Se ha instalado 1 fancoil de conductos, capacidad suficiente para abatir el calor sensible generado por el transformador.
- Sala UPS: Dado que este recinto concentra el mayor volumen de pérdidas térmicas del bloque eléctrico, se ha diseñado una configuración de mayor robustez instalando 2 fancoils de conductos operando en paralelo.

A continuación, se detallan los parámetros de diseño y configuración de estos equipos terminales introducidos en el motor de cálculo:

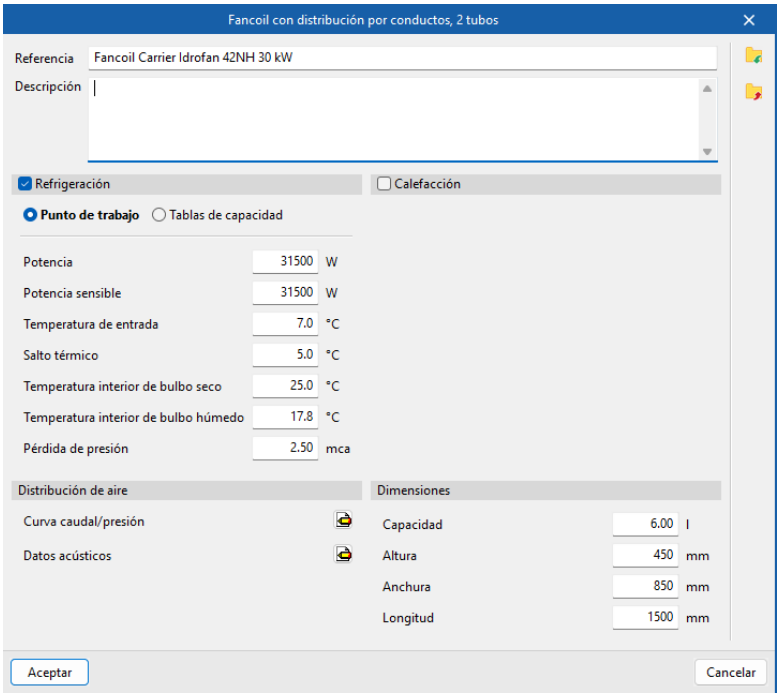


Ilustración 40: Parámetros fancoils instalación de refrigeración de cuartos eléctricos.

La imagen mostrada a continuación representa los equipos de climatización de las zonas de instalaciones eléctricas.

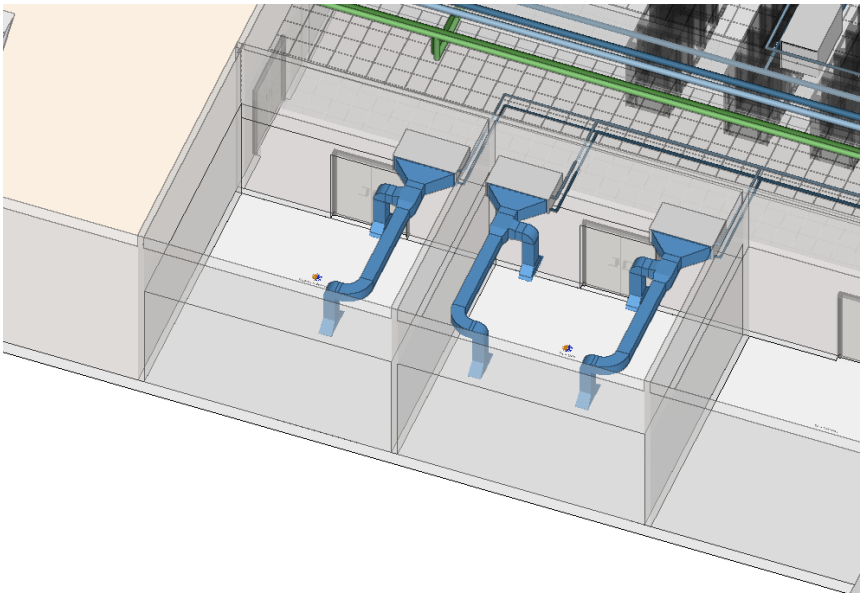


Ilustración 41: Instalación de refrigeración de cuartos eléctricos.

3.2.4.2. UNIDADES TERMINALES PARA LAS ZONAS DE CONFORT

Para las áreas de soporte y oficinas, se han seleccionado Fancoils bitubo integrados en el falso techo. Al contar con una instalación de 2 tubos, toda la red cambia de agua fría a agua caliente coincidiendo con el cambio de estación.

A partir del listado oficial de emisores del modelo BIM, se exponen los equipos seleccionados. Se verifica que operan correctamente tanto en verano (impulsión a 7 °C, salto de 5 °C) como en invierno (impulsión a 45 °C), cubriendo las necesidades térmicas bidireccionales del personal.

Tabla 13: Unidades terminales para la zona de confort.

Ubicación	Tipo de emisor	Caudal	Perdida de presión
Oficina	Fancoil cassette 4.9 kW	Caudal: 0,08 l/s	ΔP: 0,33 m.c.a.
Comedor	Fancoil cassette 4.9 kW	Caudal: 0,16 l/s	ΔP: 1,07 m.c.a
Sala Reuniones	Fancoil cassette 4.9 kW	Caudal: 0,08 l/s	ΔP: 0,27 m.c.a.
Salas Blancas y Control	Fancoils cassette 2.0 kW	Caudal variable entre 0,04 y 0,05 l/s.	ΔP: 0,27 m.c.a.

A continuación se muestran unas imágenes del modelo correspondientes a la climatización de confort.

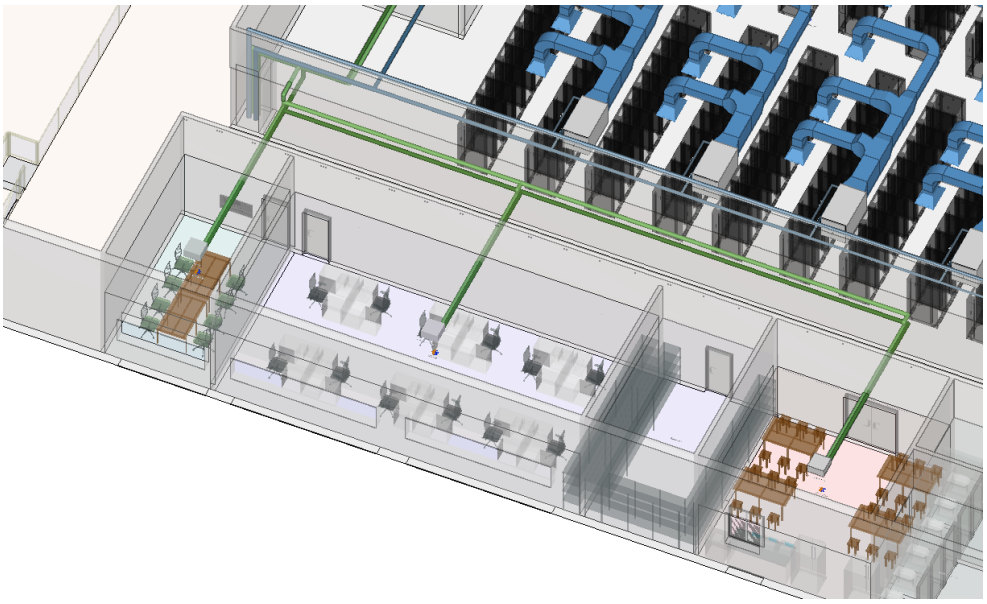


Ilustración 42: Instalación de confort planta primera.

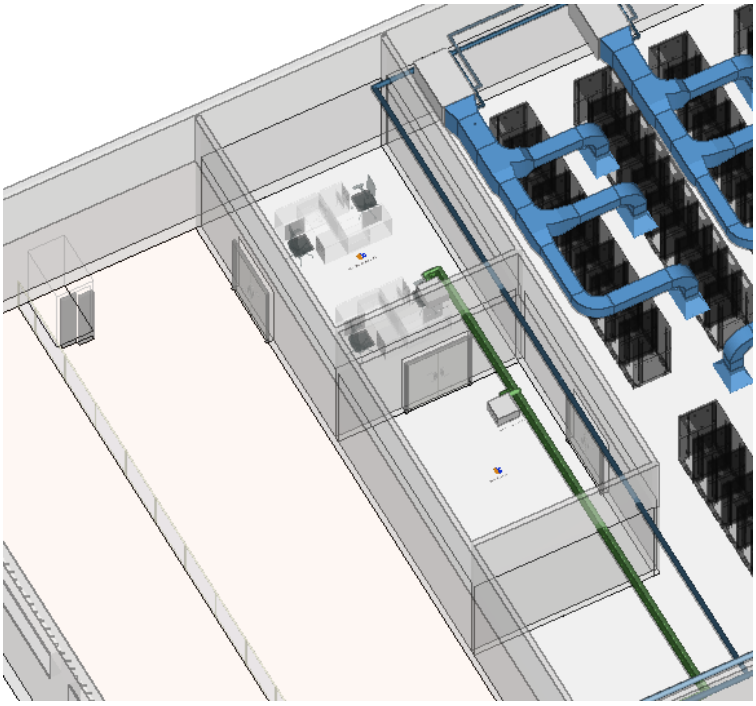


Ilustración 43: Instalación de confort planta primera (zona de control).

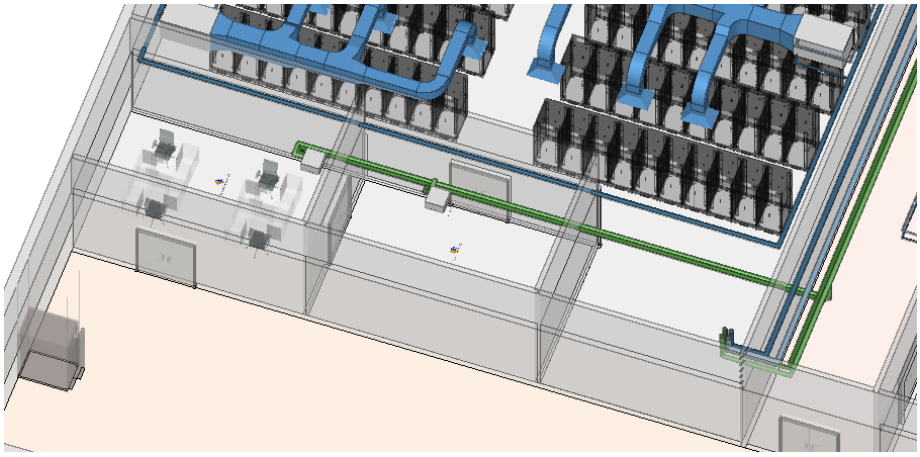


Ilustración 44: Instalación de confort planta baja.

3.2.4.3. GRUPOS DE BOMBEO Y EQUILIBRADO HIDRAULICO

Para vencer las pérdidas de presión de las redes y garantizar los caudales nominales, se han integrado grupos de bombeo de alta eficiencia. Según el informe de listados, se han prescrito 4 Bombas WILO Stratos GIGA 2.0-I. Estos equipos incorporan variadores de frecuencia, permitiendo operar la instalación bajo un régimen de caudal variable adaptándose al cierre de válvulas de los fancoils. El circuito incluye además 1 acumulador de inercia y 1 vaso de expansión cerrados.

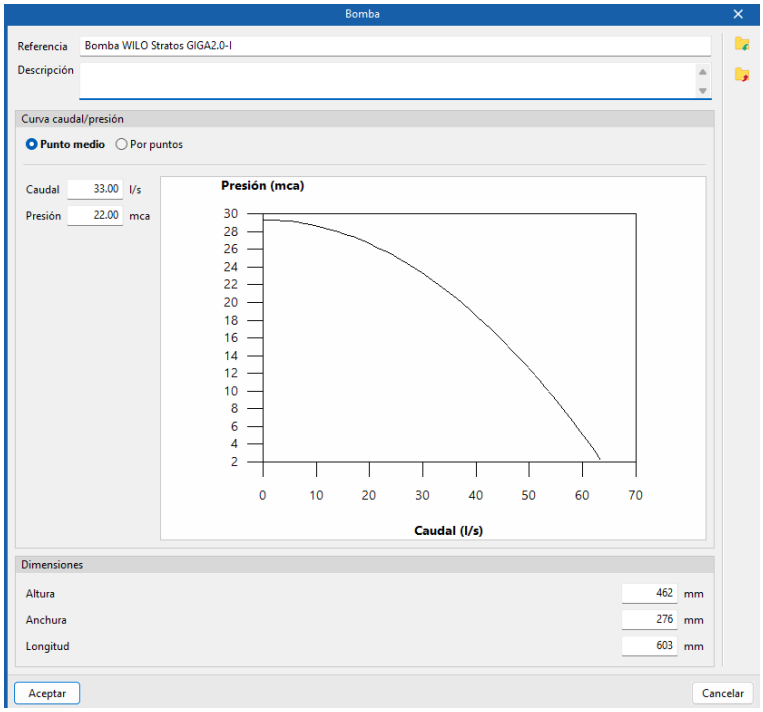


Ilustración 45: Parámetros bomba instalación de climatización.

3.2.4.4. CRITERIOS DE TRAZADO Y AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS

El diseño geométrico y la distribución espacial de las tuberías se han modelado en el entorno BIM, buscando optimizar las pérdidas y poder localizar las interferencias con otras instalaciones.

Dada la naturaleza dual del edificio, el trazado transcurre a través de dos redes hidráulicas diferentes.

El modelado de las conducciones ha sido analizado tramo a tramo por el software para asegurar el cumplimiento de la IT 1.2.4.2.1 del RITE [6], que exige limitar las pérdidas térmicas globales. Este aislamiento es crítico en invierno para no perder los 45 °C del agua por los patinillos fríos, y vital en verano para evitar condensaciones superficiales. La herramienta BIM ha asignado espesores de coquilla de espuma elastomérica. Los montantes principales han sido aislados con espesores robustos (Coquilla 89/e60), mientras que los ramales terminales a fancoils de 16 mm y 20 mm se han revestido con coquillas de 50 mm de espesor (43.5/e50).

3.2.4.5. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE LA RED HIDRAULICA

Para verificar la exactitud del programa de cálculo, se procede a realizar el cálculo se procede a calcular teóricamente el diámetro del tramo correspondiente a la salida de uno de los colectores de impulsión de la planta enfriadora.

Para ello se extraen los datos correspondientes de esa zona de la instalación:

- Diámetro asignado mediante simulación: 6”.
- Caudal de agua transportada: 33,57 l/s.
- Velocidad resultante en el programa: 1,90 m/s.
- Perdida de carga lineal: 0,027 m.c.a./m

El tubo asignado es de acero con un diámetro nominal de 6", lo que en la estandarización milimétrica equivale a un diámetro interno de diseño DN 150. Tomando el diámetro interior como 150 mm (0,15 m), se calcula el área de la sección transversal libre de paso:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot 0{,}15^2}{4} = 0{,}01767\ m^2$$

Aplicando el principio de conservación de masa y la ecuación de continuidad, se procede a despejar teóricamente la velocidad:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0{,}03357}{0{,}01767} = 1{,}8998\ m/s$$

El resultado analítico manual de 1,8998 m/s equivale con total precisión al valor de 1,90 m/s reportado en la tabla de listados del software para el Tramo S10.

La instalación completa queda definida en esta imagen.

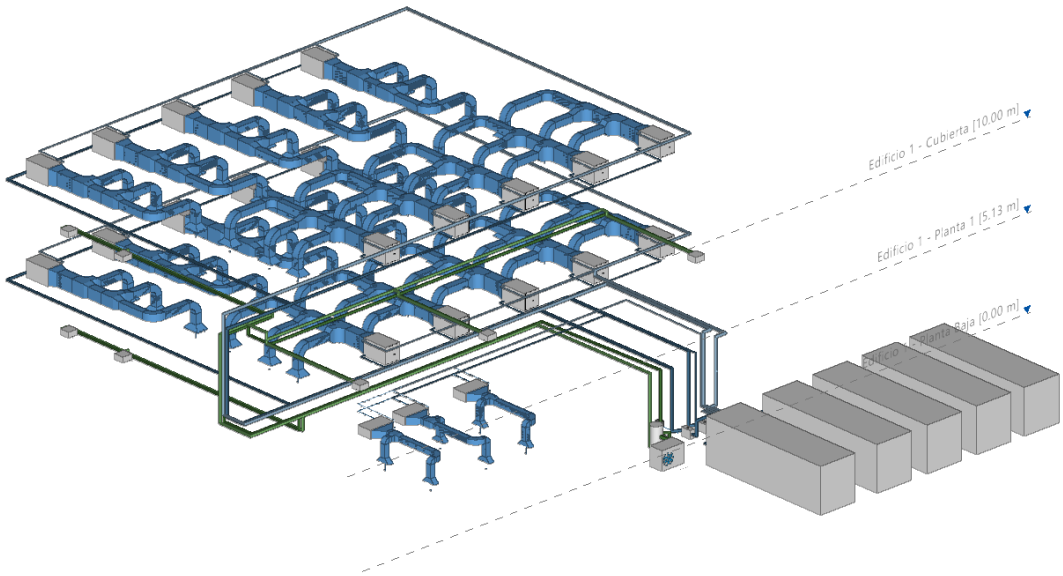


Ilustración 46: Instalación de climatización del centro de datos.

3.2.5. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y RENOVACIÓN DEL AIRE INTERIOR

3.2.5.1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

En el apartado se desarrolla los criterios seguidos para la ventilación adoptada para asegurar la renovación del aire interior de la edificación. En cumplimiento con el RITE [6] y el CTE [3] en su documento DB-HS, se ha optado por la segregación de dos sistemas independientes, evitando posibles contaminaciones cruzadas y optimizando el rendimiento de la instalación.

La instalación quedaría dividida de la siguiente manera:

1. Sistema de ventilación de confort con recuperación de calor: Destinado a los recintos de ocupación permanente.
2. Sistema de extracción mecánica localizada: Destinado a los recintos húmedos (aseos).
3. Sistema de ventilación y presurización de precisión: Destinado a las salas de servidores IT, operando de forma independiente para mantener las condiciones de pureza.

Los cuartos técnicos específicos del proyecto no son objeto de esta ventilación mecánica, basando su control ambiental en los sistemas de climatización.

3.2.5.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN DE AREAS OCUPADAS

Para los recintos de uso administrativo, el RITE [6] exige mantener una calidad de aire interior categoría IDA 2. Según la IT 1.1.4.2.3, esto se traduce en un caudal de aire exterior mínimo de 12,5 l/s por ocupante.

Tabla 14: Calidades de aire según IT 1.1.4.2.3 del RITE [6].

Categoría	dm^3/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Al tratarse de zonas climatizadas que requieren de la impulsión y renovación de caudales significativos, se ha proyectado una instalación con recuperador de calor.

El cálculo de los caudales de diseño introducidos en el software de cálculo para el cálculo de la red de conductos de impulsión y retorno se resume en la Tabla 15:

Tabla 15: Caudales de ventilación para zonas climatizadas.

Recinto	**Ocupación de Cálculo**	**Caudal Unitario (IDA 2)**	**Caudal Total de Diseño**
Oficinas P1	8 personas	12,5 l/s / pers.	100,0 l/s
Salas de control (PB y P1)	7 personas	12,5 l/s / pers.	87,5 l/s
Sala de reuniones	12 personas	12,5 l/s / pers.	150,0 l/s
Comedor	19 personas	12,5 l/s / pers.	237,5 l/s
TOTAL RECUPERADOR	**46 personas**		575,0 l/s

3.2.5.3. SISTEMA DE EXTRACCION LOCALIZADA EN ASEOS

Para garantizar el control de olores y salubridad en los bloques de aseos, se ha diseñado una red de extracción forzada en depresión. En estos recintos no se proyecta red de impulsión mecánica, ya que el aire de reposición entra por las propias aberturas existentes en la parte inferior de las puertas.

Según el CTE DB HS 3, el caudal mínimo de extracción requerido es de 15 litros por segundo por cada aparato sanitario. Teniendo en cuenta la dotación de la instalación, el cálculo de cargas de extracción es el siguiente:

Tabla 16: Caudales de ventilación para aseos.

Recinto	**Dotación Sanitaria**	**Caudal Unitario**	**Caudal Total de Extracción**
Baño Masculino	3 inodoros	15,0 l/s / Ud.	45,0 l/s
Baño Femenino	3 inodoros	15,0 l/s / Ud.	45,0 l/s
TOTAL EXTRACTOR	**6 inodoros**		90,0 l/s

3.2.5.4. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y PRESURIZACIÓN EN SALAS IT

La aportación de aire exterior en las salas de servidores no se rige por criterios de ocupación sino por la exigencia especifica del entorno. Con el objetivo de mantener una sobrepresión positiva que impida la infiltración de aire no tratado y polvo desde el exterior, así como para garantizar la dilución de compuestos volátiles, se establece una tasa de 5 renovaciones de aire por hora.

Considerando la geometría de las salas y fijando una altura libre de diseño de 3 metros, el dimensionamiento de la renovación de aire se desglosa en la Tabla 17:

Tabla 17: Caudales de ventilación por renovación horaria en salas de servidores.

Recinto	**Superficie (m^2)**	**Altura de Diseño (m)**	**Volumen Total (m^3)**	**Renovaciones**	**Caudal de Diseño (m^3/h)**	**Caudal de Diseño (l/s)**
Sala IT Planta Baja	538,57	3,00	1.615,71	5	8.078,55	2.244,04
Sala IT Planta Primera	538,57	3,00	1.615,71	5	8.078,55	2.244,04
TOTAL VENTILACIÓN IT	**1.077,14**		**3.231,42**		**16.157,10**	**4.488,08**

Dada la magnitud del caudal de aire exterior demandado, este sistema se resuelve mediante una unidad de tratamiento de aire exterior dedicada, equipada con etapas de filtración de alta eficacia y compuertas de regulación de presión automática. Este aire exterior tratado se introduce directamente acoplado al retorno de las unidades CRAH perimetrales distribuidas por las salas, garantizando que el aire exterior se mezcle y se atempere antes de su impulsión definitiva a los conductos de la sala blanca.

3.3. INSTALACION DE FONTANERÍA

Este apartado tiene por objeto el diseño y la justificación técnica de la red de suministro de agua fría y la producción de A.C.S destinada a abastecer a los cuartos húmedos.

La instalación se ha proyectado con el fin de aportar a todos los aparatos y equipos el caudal y la presión de servicio necesarios para su correcto funcionamiento, garantizando en todo momento la normativa correspondiente.

3.3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS NORMATIVOS

El cálculo y modelado se realiza siguiendo la metodología BIM, para este apartado en concreto se utiliza el software de cálculo CYPEPLUMBING, el cual opera mediante el documento básico del CTE DB HS 4 [3].

El dimensionamiento de los diámetros de las conducciones se fundamente en la determinación de carga en régimen permanente. El programa de cálculo utiliza la ecuación analítica de Darcy-Weisbach para la perdida de presión continua, calculando de manera iterativa el factor de fricción según la ecuación de Colebrook-White.

Se establecen las siguientes restricciones hidráulicas como límites de diseño del programa:

- La velocidad de circulación mínima se limita a 0,50 m/s para evitar estancamiento y depósitos. La velocidad máxima se restringe a 3,50 m/s en el caso de tuberías termoplásticas, previniendo así el desgaste por abrasión y el ruido excesivo.
- La presión de servicio se ha ajustado para que sea mínimo de 10 m.c.a. en griferías comunes y 15 m.c.a. en la entrada de producción de agua caliente sanitaria. Así mismo, la presión en cualquier punto de consumo nunca debe superar los 50 m.c.a.

3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION Y EQUIPOS PRINCIPALES

El trazado de la instalación se ha concebido de forma ramificada, naciendo en la acometida pública y bifurcándose hacia los diferentes recintos de la edificación.

La conexión con la red pública de abastecimiento se efectúa mediante una acometida enterrada. Tras el paso por el equipo de medida, la red se adentra al edificio a través de la sala de climatización, lugar donde se encuentran los equipos auxiliares.

De acuerdo a las iteraciones de cálculo y las dimensiones comerciales estandarizadas, el sistema de tuberías se ha modelado empleando conductos de polibuteno.

Los resultados de la simulación hidráulica revelan que la presión en el punto de acometida no es suficiente para asegurar la presión en el aparato más desfavorable dadas las pérdidas de carga geométrica y por rozamiento del edificio.

Por consiguiente, para dotar de autonomía a la instalación y presurizar la red, se ha dimensionado un sistema de elevación compuesto de:

- Depósito de acumulación auxiliar, el cual almacena agua a presión atmosférica para suplir al edificio. Este depósito se dimensiona con una capacidad de 650 litros y un caudal de entrada de 0,6 l/s. La función de este depósito es romper la carga de red y aportar reserva ante picos de demanda.
- Grupo de presión, situado aguas abajo del depósito, se dispone de un grupo de sobrepresión que está formado por dos bombas de velocidad fija. El equipo toma agua con una presión de entrada de 1,82 m.c.a. e impulsa el fluido a una presión de salida de 23,51 m.c.a., presión adecuada para abastecer todas las derivaciones interiores.

En la siguiente imagen se muestra un detalle de la instalación del equipo de acumulación y de bombeo.

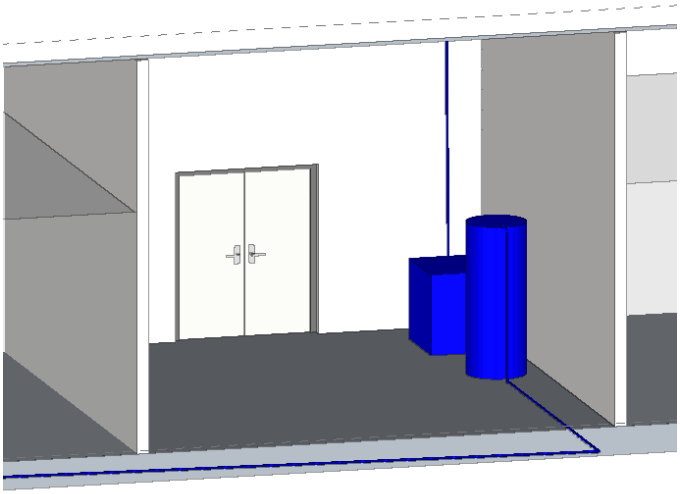


Ilustración 47: Detalle de depósito de acumulación y grupo de presión en 3D.

La red interior ramificada ha resultado en la adopción de diámetros comerciales (DN) de 20 mm, 25 mm y 32 mm, en función de los caudales simultáneos de cada tramo.

Para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria en la batería de lavabos se ha proyectado un sistema de producción descentralizada mediante acumulación eléctrica. De acuerdo con el cálculo se ha instalado un termo eléctrico con capacidad de 30 litros. El equipo opera con un caudal asignado de 0,29 l/s a una presión de entrada de 15 m.c.a., incorporando sus correspondientes equipos de seguridad. El detalle de la instalación de los baños se muestra a continuación.

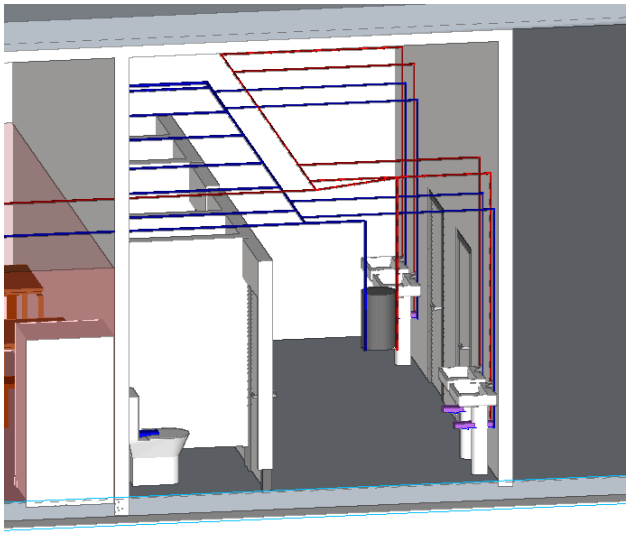


Ilustración 48: Detalle instalación en los aseos.

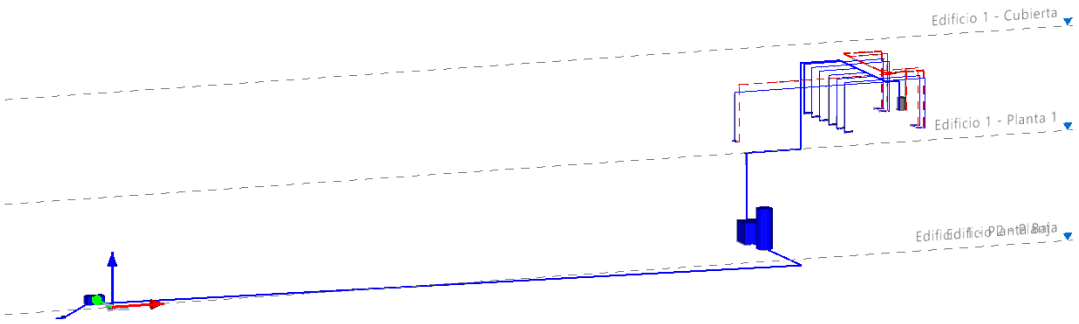


Ilustración 49: Detalle instalación completa de fontanería.

3.3.3. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA Y COMPROBACIÓN MANUAL DE LOS CÁLCULOS

Con propósito de validar la exactitud de los cálculos del programa y justificar metodológicamente el cumplimiento del CTE DB HS 4, se desarrolla a continuación la comprobación manual y analítica de uno de los tramos principales de la instalación

Se tomará como referencia directa el tramo TH1, extrayendo sus valores brutos del informe de cálculo.

Los datos extraídos del modelo son:

- Material: Polibuteno (PB)
- Diámetro comercia adoptado (D_{com}): 32 mm.
- Diámetro interior de paso libre (D_{int}): 26,2 mm.
- Longitud equivalente del cálculo (L_{eq}): 1,496 m
- Caudal bruto instalado (Q_b): 1,20 l/s.

- Coeficiente de simultaneidad (K): 0,5

El caudal de cálculo se obtiene minorando el caudal bruto por el coeficiente de simultaneidad:

$$Q_s = Q_b \cdot K = 1{,}20 \cdot 0{,}5 = 0{,}60 \frac{l}{s}$$

Mediante la ecuación de continuidad se calcula en primer lugar el área libre de la tubería:

$$Q_s = V \cdot A \rightarrow V = \frac{Q_s}{A}$$

$$V = \frac{Q_s}{\frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4}} = \frac{0{,}0006}{\frac{\pi \cdot 0{,}0262^2}{4}} = 1{,}113\ m/s$$

Conociendo que la velocidad es de 1,11 m/s, el Número de Reynolds R_e supera los 29.000 (régimen turbulento). Para ara tuberías plásticas lisas en estas condiciones de flujo, el factor de fricción de Colebrook-White converge en torno a $f \approx 0{,}0246$.

Aplicando la ecuación de Darcy-Weisbach, calculamos la energía disipada por metro lineal:

$$J = f \cdot \frac{1}{D_{int}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$J = 0{,}0246 \cdot \frac{1}{0{,}0262} \cdot \frac{1{,}11^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}0589\ m.c.a./m$$

Finalmente la perdida de energía total en el tramo se obtiene multiplicando la perdida unitaria por la longitud equivalente:

$$h_p = J \cdot L_{eq} = 0{,}059 \cdot 1{,}496 = 0{,}88\ m.c.a.$$

Se concluye que el dimensionamiento provisto por el programa es termodinámicamente preciso y refleja con total fidelidad el comportamiento de fluidos exigido por la normativa.

3.4. INSTALACIÓN DE SANEAMIETO

Este apartado tiene por objeto el definir y dimensionar la instalación de saneamiento la cual se encarga de evacuar las aguas residuales que se generan en la edificación. La instalación garantiza por gravedad los caudales de diseño, asegurando la estanqueidad, la ausencia de olores en el interior de la edificación y la correcta ventilación de los conductos, todo ello en estricto cumplimiento del CTE DB HS 5.

3.4.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS NORMATIVOS

Para el trazado, modelado espacial y cálculo de la red de evacuación de aguas se ha utilizado el software CYPEPLUMBING al igual que para el apartado de fontanería.

El programa de cálculo diferencia el régimen de flujo en función de la disposición de las conducciones.

- Tuberías horizontales: Los colectores se dimensionan en régimen de lámina libre empleado la formulación de Manning. Para asegurar la libre circulación de aire dentro del tubo, el cálculo restringe el nivel de llenado a un máximo de 50% de su sección geométrica.
- Tuberías verticales: Las bajantes se dimensionan mediante la ecuación de Dawson y Hunter. La restricción normativa exige que la caída de la vertical no tenga un llenado superior al 33,33% para evitar la formación de un embolo hidráulico que pueda colapsar el núcleo central de aire.

El diseño de la pequeña evacuación se ha resuelto mediante el uso de cierres hidráulicos individuales para cada aparato. Se ha evitado el uso de botes sifónicos para no comprometer estructuralmente el forjado con perforaciones.

El dimensionamiento de todos los sifones y de todas las derivaciones individuales de cada aparato se establece mediante la asignación de unidades de desagüe, tal y como estipula la tabla 4.1 del CTE DB HS 5 [3] para uso privativo.

Tabla 18: UDs de aparatos sanitarios y diámetros según CTE DB-HS-5 [3].

Tipo de aparato sanitario		Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
		Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo		1	2	32	40
Bidé		2	3	32	40
Ducha		2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)		3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100	100
	Con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	-	50
	Suspendido	-	2	-	40
	En batería	-	3.5	-	-
Fregadero	De cocina	3	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-	40
Lavadero		3	-	40	-
Vertedero		-	8	-	100
Fuente para beber		-	0.5	-	25
Sumidero sifónico		1	3	40	50
Lavavajillas		3	6	40	50
Lavadora		3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-

Tabla 19: Dimensiones de las derivaciones según el CTE DB HS 5.

Aparato sanitario	Tipo de cierre hidráulico	Caudal asignado (l/s)	Unidad de desagüe	Diámetro nominal mínimo (uso público)

Lavabo	Sifón individual	0,75	1	40
Fregadero	Sifón individual	0,75	3	50
Inodoro	Sifón integrado en losa	1,50	4	100

Se muestra en la siguiente imagen un detalle del modelo 3D de la instalación de saneamiento.

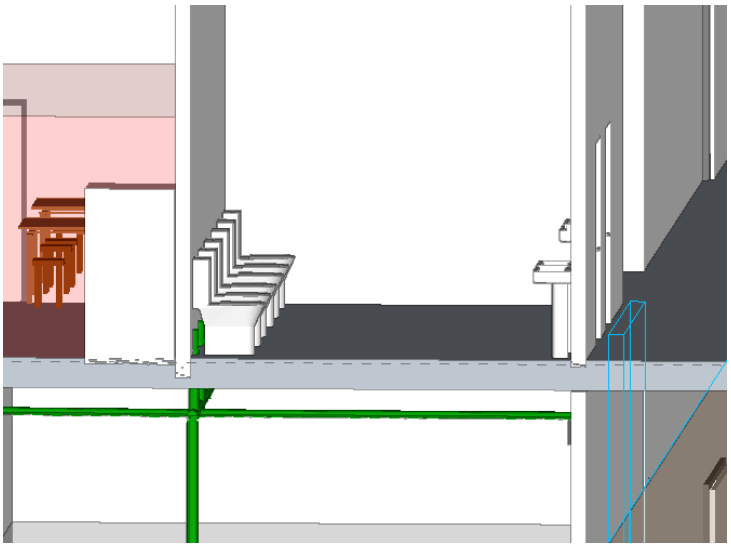


Ilustración 50: Detalle instalación de aseos.

Para minimizar el impacto arquitectónico en la planta primera y facilitar las labores de registro y mantenimiento, la evacuación general se ha diseñado mediante una topología de colector suspendido. Las tuberías, ejecutadas en PVC, discurren colgadas por el falso techo de la planta baja.

Las derivaciones de los inodoros atraviesan el forjado en caída estrictamente vertical para entroncar de forma perpendicular con el colector principal. Esta disposición técnica acorta drásticamente el tramo horizontal sin ventilar, asegurando el cumplimiento normativo relativo a la distancia máxima desde el cierre hidráulico hasta la sección ventilada.

El ramal colector principal recoge la carga simultánea de las derivaciones conectadas a su trazado. Para su trazado y dimensionamiento se han seguido las directrices del CTE DB HS 5 [3]. Con el objetivo de cumplir el criterio normativo de autolimpieza se ha garantizado una velocidad de arrastre superior al límite mínimo de 0,60 m/s para evitar sedimentaciones y la decantación de sólidos. Además, se ha aplicado una pendiente de diseño comprendida entre el 1,00% y el 1,40%. Integrando estas restricciones topológicas y de flujo en el modelo matemático, el dimensionamiento resultante arrojado por el software para los tramos principales de los colectores es de DN110. A continuación se muestra el detalle del colector.

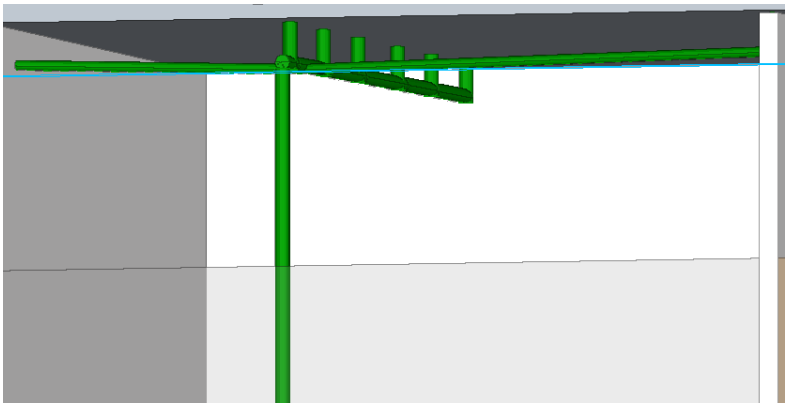


Ilustración 51: Detalle colector suspendido.

3.4.2. JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA Y COMPROBACIÓN MANUAL DE LOS CÁLCULOS

Para validar la veracidad de los resultados que se han obtenido mediante el software, a continuación se procede a realizar el cálculo manual justificativo de uno de los tramos más desfavorables del colector horizontal, aplicando la formulación analítica del código técnico.

Se evaluará el Tramo TH1BA1, correspondiente al colector principal que recoge la carga de evacuación antes de acometer a la bajante.

- Aparatos servidos: 6 inodoros + 4 lavabos + 1 fregadero.
- Unidades de desagüe totales: 31 Uds.
- Diámetro exterior nominal propuesto (D_c): 110 mm.
- Diámetro interior de paso libre (D_{int}): 104 mm.
- Pendiente de diseño (i): 1,40 %.
- Coeficiente de rugosidad de Manning para tuberías plásticas (n): 0,009.

El área de la sección transversal del tubo es:

$$A_{total} = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0{,}104^2}{4} = 0{,}008495\ m^2$$

Considerando el caso limite normativo donde el tubo desagua a media sección, el área mojada será la mitad del área total.

$$A = \frac{A_{total}}{2} = 0{,}008495\ m^2$$

El radio hidráulico es el cociente entre el área y el perímetro mojados. Para un tubo circular a media sección, el perímetro mojado es la mitad de la circunferencia.

$$P_m = \frac{\pi \cdot P_{int}}{2} = \frac{\pi \cdot 0{,}104}{2} = 0{,}1633\ m$$

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{0{,}004247}{0{,}1633} = 0{,}026\ m$$

Aplicando la fórmula de Manning para régimen de lámina libre a media sección:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0{,}009} \cdot (0{,}026)^{2/3} \cdot (0{,}014)^{1/2} = 1{,}15\ m/s$$

Este valor es superior a la velocidad de autolimpieza exigida, validando la idoneidad geométrica del diseño.

El caudal máximo admisible a media sección se calcula mediante la siguiente formula:

$$Q_{max} = V \cdot A = 1{,}15 \cdot 0{,}004247 = 0{,}00488 \frac{m^3}{s} = 4{,}88\ l/s$$

La capacidad máxima de evacuación del tubo a media sección es de 4,88 l/s. Consultando los listados de resultados para los tramos horizontales el programa simula un caudal en torno a los 4,80 l/s. Esto demuestra las condiciones favorables de diseño para esta instalación.

3.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.5.1. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE CÁLCULO

El diseño y dimensionamiento de la instalación eléctrica se ha desarrollado siguiendo la metodología de trabajo colaborativa Open BIM. Esto es debido a una integración directa de todos los requerimientos de otras disciplinas directamente en el modelo, garantizado la viabilidad espacial de todas las instalaciones.

Para dimensionar el apartado eléctrico, se han empleado dos herramientas tanto de cálculo como de diseño:

- Para el modelado 3D y estimación de cargas se ha utilizado CYPELEC Distribution, el cual permite el modelado de cuadros eléctricos, canalizaciones y receptores. Con el uso de esta herramienta se ha modelado toda la instalación de electricidad del edificio, definiendo las rutas de los cableados así como la ubicación física de las tomas, para el posterior calculo y dimensionado de líneas y protecciones.
- Para el cálculo de las líneas y protecciones se ha utilizado CYPELEC REBT, el cual transforma el modelo geométrico en un modelo topológico, el cual permite el cálculo de las líneas. Mediante este software se ha calculado el dimensionamiento de los conductores, el cálculo de caídas de tensión, intensidades de cortocircuito y la selección coordinada de las protecciones eléctricas, generando finalmente los esquemas unifilares de la instalación.

3.5.2. ESTIMACION Y CLASIFICACION DE CARGAS ELÉCTRICAS

El comienzo del dimensionamiento de la infraestructura eléctrica comienza con la estimación y clasificación de cargas eléctricas para la demanda de potencia del edificio. A partir de los requerimientos de la sala de servidores y de los equipos de fontanería y climatización, se ha elaborado el inventario de cargas las cuales se han aplicado el correspondiente coeficiente de utilización, acorde a su régimen de funcionamiento.

Tabla 20: Cargas eléctricas del proyecto.

Equipo	**Cant.**	**P. Activa Unitaria (kW)**	**cos ϕ**	**S. Aparente Unitaria (kVA)**	**Ku**	**Tipo de carga**
Racks de Servidores	40	35,00	1,00	35,00	1,00	Electrónica / Resistiva
Enfriadora Trane Sintesis GVAF 125	5	125,00	0,92	135,87	0,95	Motor
Bomba de calor reversible	1	8,50	0,85	10,00	0,95	Motor

Grupos de Bombeo Wilo Stratos GIGA	4	5,50	0,95	5,79	0,95	Motor
CRAH Vertiv Liebert PCW	20	4,50	0,95	4,74	0,95	Fuerza / Receptor
Fancoil Carrier Idrofan	3	0,60	0,85	0,71	0,95	Fuerza / Receptor
Fancoils de cassette	7	0,06	0,85	0,07	0,95	Fuerza / Receptor
Ascensor	2	10,00	0,90	11,11	1,00	Elevador
Recuperador de calor	1	1,50	0,90	1,67	1,00	Motor
Extractor de baños	1	0,05	0,85	0,06	1,00	Fuerza / Receptor
Termo eléctrico ACS	1	1,50	1,00	1,50	1,00	Resistiva Pura
Paneles LED y Downlights	Varios	-	0,95	-	0,95	Iluminación
Tomas de Corriente	Varios	-	0,80	-	0,70	Fuerza
Tomas de Corriente	Varios	-	0,80	-	0,20	Fuerza

La potencia total que se demanda por la edificación será de:

2311,45 kW

Dada la configuración de la instalación, en la siguiente tabla queda reflejada las siguientes cargas con los cuadros asignados:

Tabla 21: Cuadros eléctricos del proyecto.

Cuadro eléctrico de la instalación	**Potencia instalada en kW**	**Potencia demandada en kW**
1. Cuadro de servidores PB	700.00	700.00
2. Cuadro de climatización	661.00	772.79
3. Servicios auxiliares PB	46.18	46.18
4. Cuadro servidores P1	700.00	700.00

5. Servicios auxiliares P1	46.17	46.17
6. Servicios auxiliares y oficinas P1	23.48	16.25
7. Aseos	4.63	4.63

Con los respectivos parámetros se procede al cálculo de las líneas en función de los parámetros tenidos en cuenta anteriormente.

3.5.3. MARCO NORMATIVO Y CRITERIOS DE DISEÑO

El cálculo de la instalación eléctrica se ha realizado bajo el cumplimiento del REBT [7] aprobado mediante el Real Decreto 842/2002.

Dada la naturaleza de la instalación, el diseño no solo busca el cumplimiento de los mínimos reglamentarios sino que adopta los criterios de alta disponibilidad del suministro.

- Se plantea una redundancia en el suministro principal, para poder garantizar la continuidad del suministro ante labores de mantenimiento o averías en la red de media tensión. Para ello se han proyectado dos transformadores de 2.500 kVA idénticos, operando bajo una topología de redundancia, donde uno asume la carga total del edificio mientras el otro permanece en reserva activa. Además, la instalación incorpora un grupo electrógeno de 2.500 kVA capaz de dar suministro a toda la instalación.
- Para evitar disparos no deseados de protecciones se ha separado tanto física como eléctricamente los cuadros electricos de todas las cargas críticas. Estas son las cargas de climatización y los cuadros de las salas de servidores. Además, las canalizaciones que llevan estos circuitos se plantean de manera separa a los servicios auxiliares existentes en dichas salas.

En la siguiente ilustración se muestra un detalle del dónde se ubican los cuadros eléctricos así como la distribución eléctrica de los equipos.

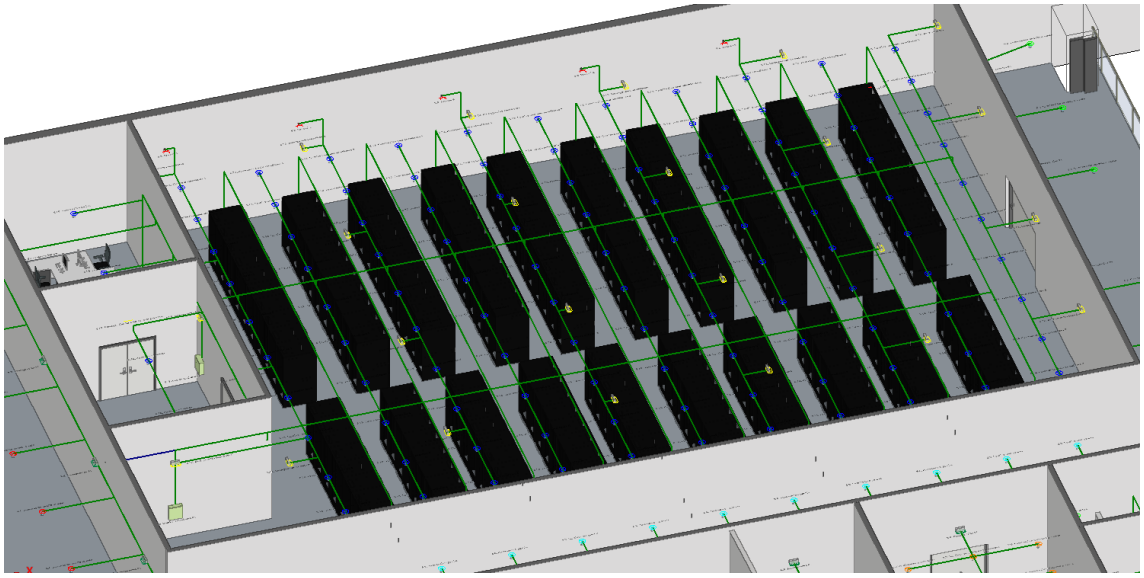


Ilustración 52: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala servidores P1.

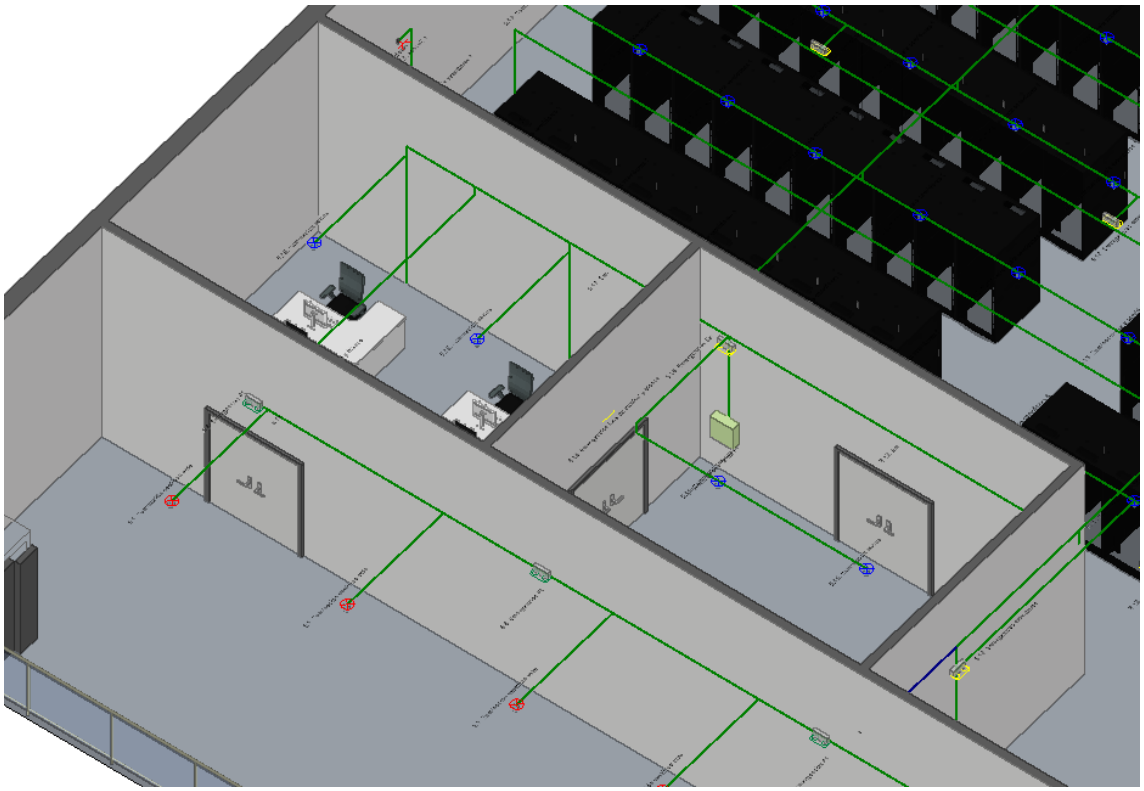


Ilustración 53: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala de control y sala blanca P1.

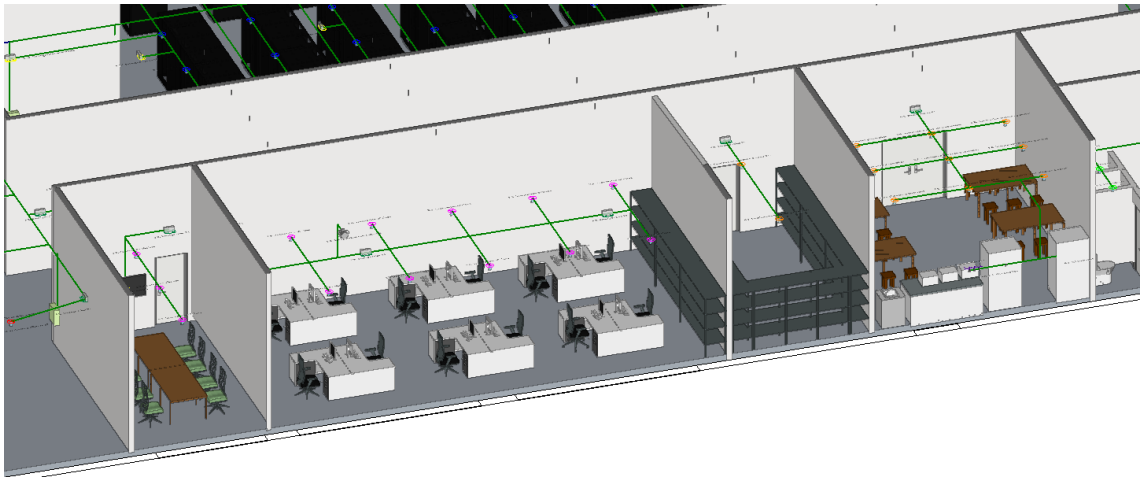


Ilustración 54: Detalle instalación eléctrica en modelo de oficinas, almacén y comedor.

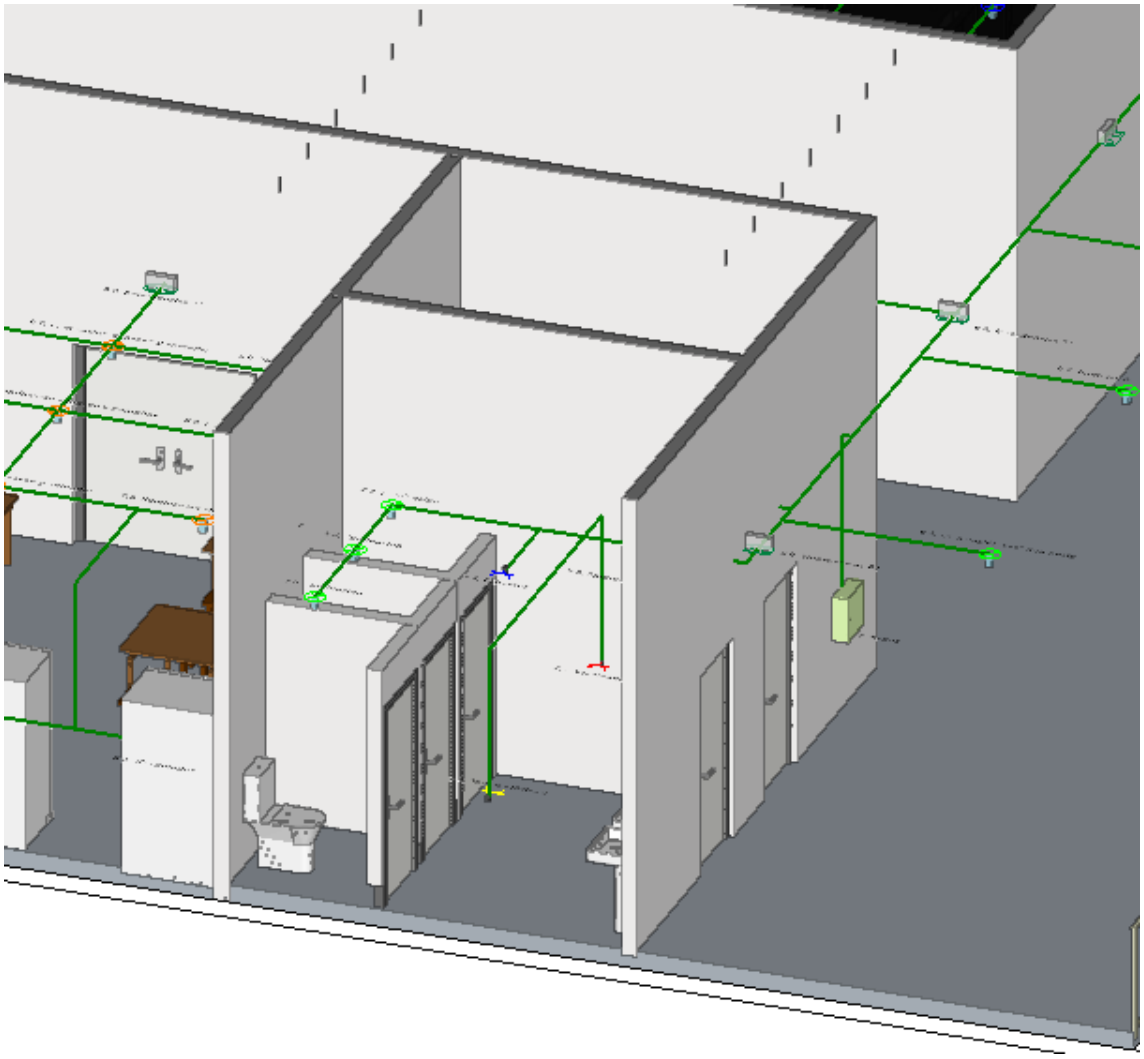


Ilustración 55: Detalle instalación eléctrica en modelo de aseos.

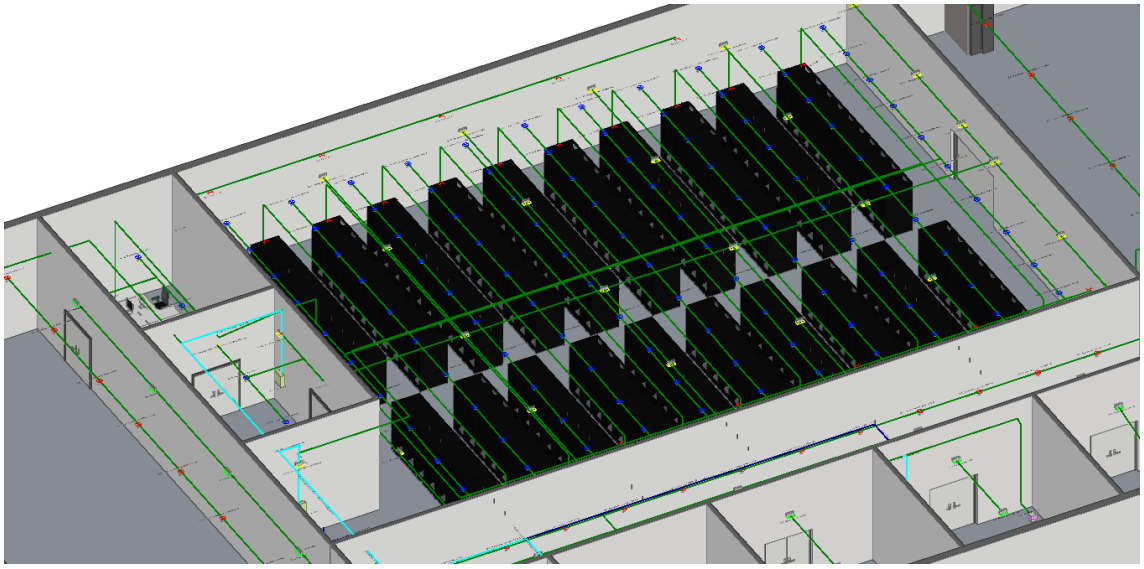


Ilustración 56: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala servidores PB.

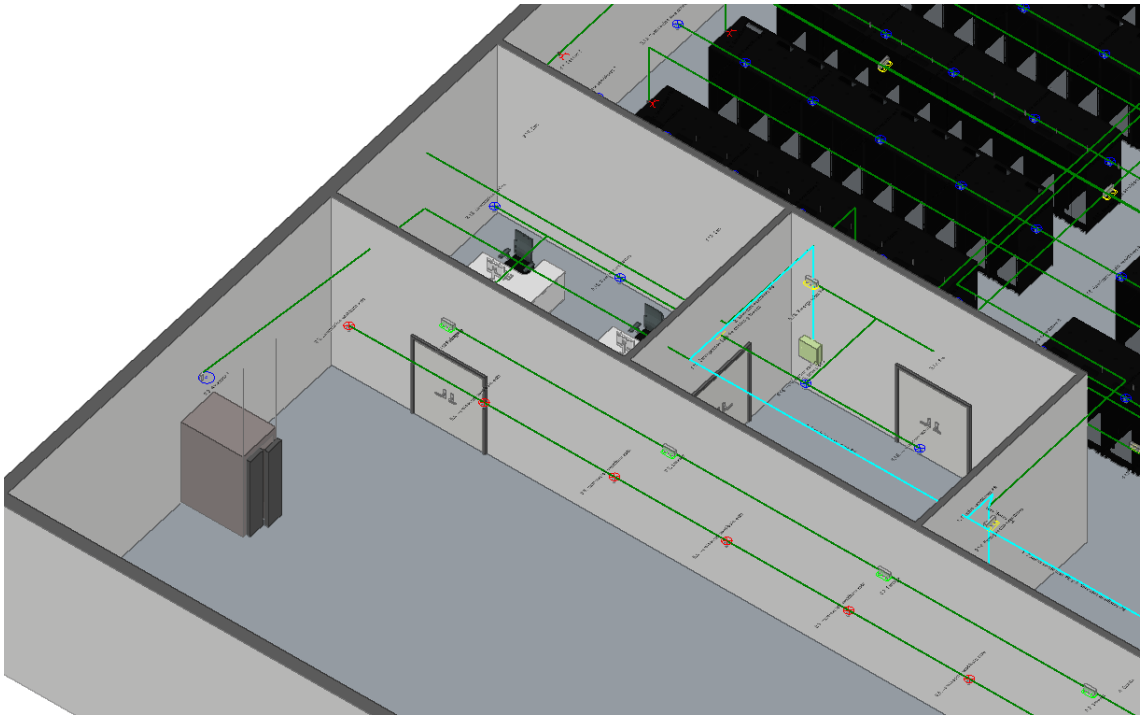


Ilustración 57: Detalle instalación eléctrica en modelo de sala de control y sala blanca PB.

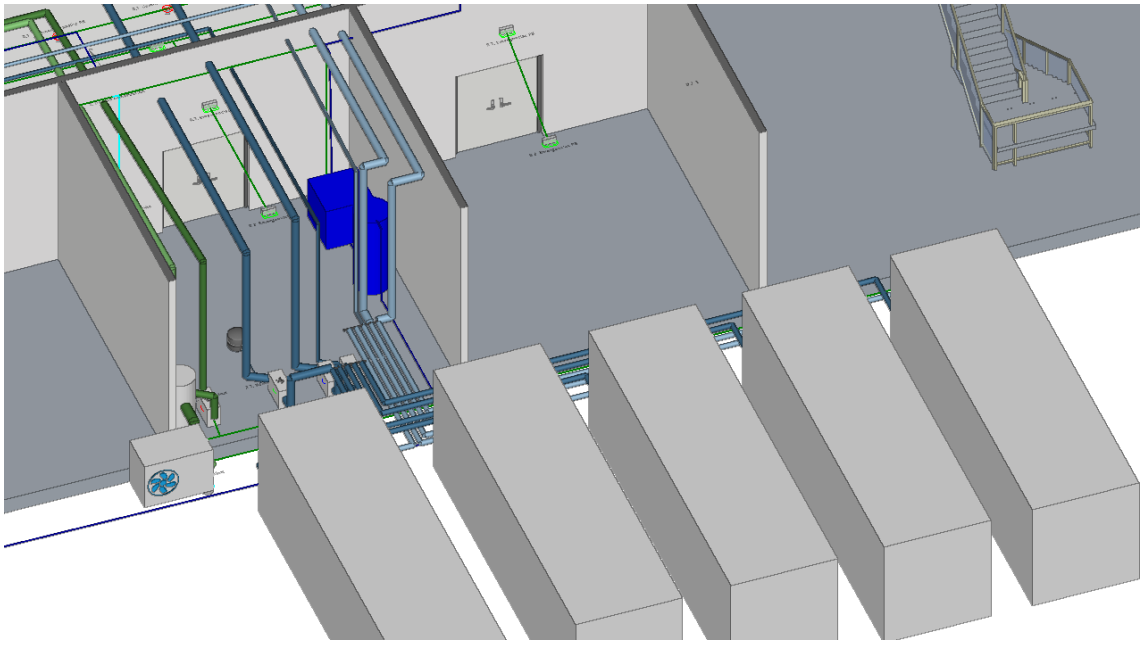


Ilustración 58: Detalle cargas HVAC proyecto.

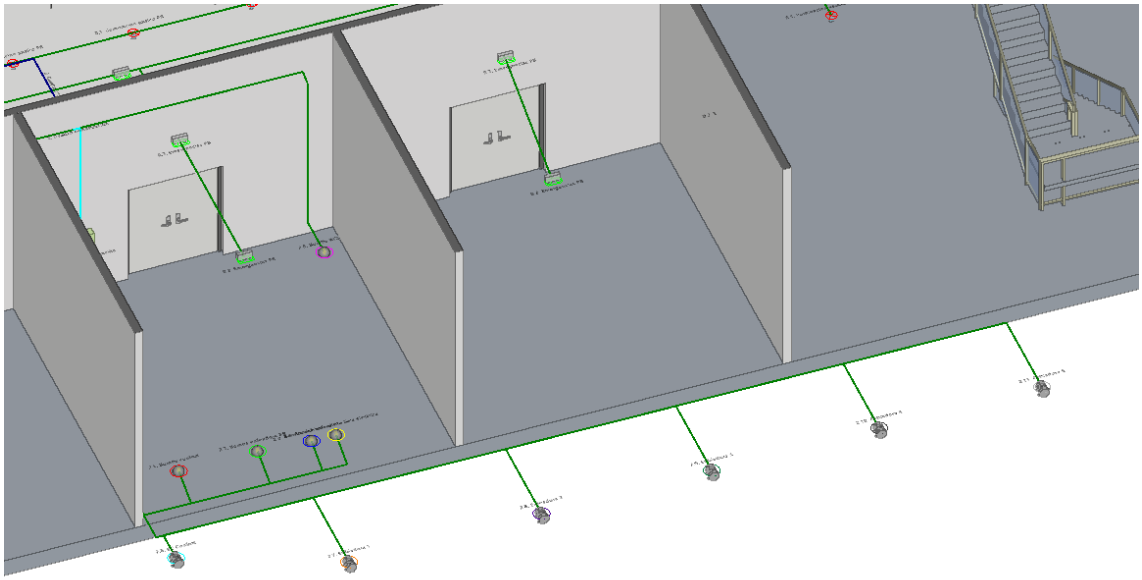


Ilustración 59: Detalle cargas HVAC simplificadas proyecto.

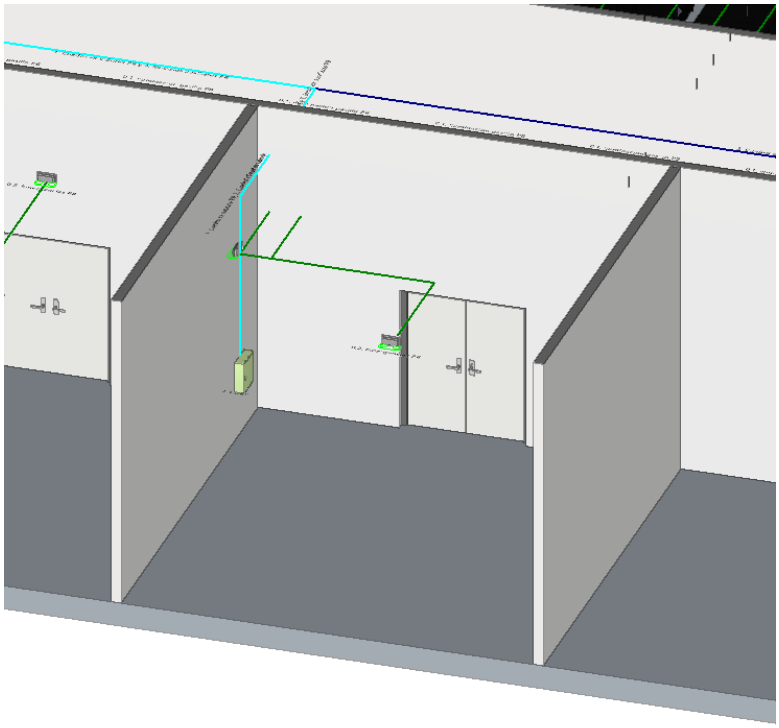


Ilustración 60: Detalle sala CGBT.

3.5.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO

Para la selección de los cables, se realizará mediante el análisis de los tres criterios correspondientes, los cuales se indican a continuación:

- Criterio de intensidad máxima admisible
- Criterio de caída de tensión
- Evaluación frente a corrientes de cortocircuito

La sección utilizada vendrá establecida por el criterio que tenga mayor limitación de la instalación eléctrica.

Criterio de intensidad máxima admisible

Se garantiza que la intensidad de corriente de diseño (I_b) sea estrictamente inferior que la intensidad admisible (I_z) del cable, la cual depende del material conductor, el tipo de aislamiento y el método de instalación, aplicando los factores de corrección por agrupamiento y temperatura (UNE-HD 60364-5-52).

Para líneas trifásicas equilibradas, la corriente de empleo se determina mediante:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

Donde P es la potencia activa del circuito, U es la tensión y $\cos\varphi$ es el factor de potencia del conjunto de receptores.

Con estos valores de intensidad se realizará la corrección correspondiente aplicando los factores de corrección establecidos en la ITC BT 19 del reglamento [3], los cuales modifican el valor de la corriente admisible debido al material aislante, temperaturas, resistividad del terreno o agrupación de circuitos entre otros.

Tabla 22: Temperaturas ambiente diferentes de 40 ºC.

Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)									
	10	15	20	25	30	35	45	50	55	60
PVC	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	0,91	0,82	0,7	0,57
XLPE o EPR	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	0,96	0,9	0,83	0,78

Tabla 23: Temperaturas ambiente del terreno diferentes de 25 ºC.

Aislamiento	Temperatura del terreno (°C)						
Temperatura	10	15	20	30	35	40	45
PVC	1,16	1,11	1,06	0,94	0,88	0,81	0,75
XLPE o EPR	1,11	1,08	1,05	0,97	0,93	0,86	0,83
Temperatura	50	55	60	65	70	75	80
PVC	0,66	0,58	0,47	-	-	-	-
XLPE o EPR	0,79	0,74	0,68	0,62	0,55	0,48	0,39

Tabla 24: Terrenos con resistividad diferentes de 2,5 K·m/W.

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

Tabla 25: Grupos de varios circuitos o de varios cables multipolares.

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multipolares								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados en el aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre muros, suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única fijada directamente al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre bandeja de escalera, soportes o bridas de amarre, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

Los factores de corrección se aplican siguiendo la siguiente formula:

$$I_{b\_c} = \frac{I_b}{Fc_{T\ amb} \cdot Fc_{T\ terr} \cdot Fc_{R\ terr} \cdot Fc_{nº\ cir}}$$

Siendo:

- I_{b_c}: Intensidad corregida (A).
- $Fc_{T\ amb}$: FC por temperatura ambiente.
- $Fc_{T\ terr}$: FC por temperatura del terreno.
- $Fc_{R\ terr}$: FC por resistividad del terreno.
- $Fc_{nº\ cir}$: FC por agrupación de circuitos eléctricos.

Con la corriente nominal con su correspondiente corrección se selecciona la sección del cable en base al método de instalación utilizado utilizando las siguientes tablas:

Tabla 26: Intensidades admisibles (A) para conductores no enterrados de cobre según REBT [7].

Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
A1			3x PVC	2x PVC				3x XLPE		2x XLPE									
A2		3x PVC	2x PVC			3x XLPE		2x XLPE											
B1					3x PVC		2x PVC					3x XLPE				2x XLPE			
B2				3x PVC	2x PVC					3x XLPE		2x XLPE							
C							3x PVC				2x PVC			3x XLPE			2x XLPE		
E									3x PVC				2x PVC			3x XLPE		2x XLPE	
F											3x PVC				2x PVC		3x XLPE		2x XLPE
mm²		2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre (no enterrado)	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	–
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	–
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	–
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	–
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	–
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	–
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	–	–	–	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	–	–	–	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	–	–	–	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	–	–	–	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	–	–	–	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	–	–	–	–	–	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	–	–	–	–	–	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	–	–	–	–	–	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

Tabla 27: Intensidades máximas admisibles (A) para conductores no enterrados de aluminio según REBT [7].

Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
A1			3x PVC	2x PVC				3x XLPE		2x XLPE									
A2		3x PVC	2x PVC			3x XLPE		2x XLPE											
B1					3x PVC		2x PVC					3x XLPE				2x XLPE			
B2				3x PVC	2x PVC					3x XLPE		2x XLPE							
C							3x PVC				2x PVC			3x XLPE			2x XLPE		
E									3x PVC				2x PVC			3x XLPE		2x XLPE	
F											3x PVC				2x PVC		3x XLPE		2x XLPE
mm²		2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Aluminio (no enterrado)	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	–
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	–
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	–
	10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	–
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	–
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
	35	–	–	–	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
	50	–	–	–	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
	70	–	–	–	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
	95	–	–	–	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
	120	–	–	–	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
	150	–	–	–	–	–	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
	185	–	–	–	–	–	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
	240	–	–	–	–	–	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482

Tabla 28: Intensidades máximas admisibles (A) para conductores enterrados según REBT [7].

Método de instalación		Sección mm²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
			2PVC	3PVC	2XLPE	3XLPE
D1/D2	Cobre (enterrado)	1,5	20	17	24	21
		2,5	27	22	32	27
		4	36	29	42	35
		6	44	37	53	44
		10	59	49	70	58
		16	76	63	91	75
		25	98	81	116	96
		35	118	97	140	117
		50	140	115	166	138
		70	173	143	204	170
		95	205	170	241	202
		120	233	192	275	230
		150	264	218	311	260
		185	296	245	348	291
		240	342	282	402	336
		300	387	319	455	380
		mm²	2PVC	3PVC	2XLPE	3XLPE
	Alumino (enterrado)	2,5	20	17,5	24	21
		4	27	22	32	27
		6	34	28	40	34
		10	45	38	53	45
		16	58	49	70	58
		25	76	62	89	74
		35	91	76	107	90
		50	107	89	126	107
		70	133	111	156	132
		95	157	131	185	157
		120	179	149	211	178
		150	202	169	239	201
		185	228	190	267	226
		240	263	218	309	261
		300	297	247	349	295

Para instalaciones de generación o motores las ITC correspondientes especifican que el cálculo debe de realizarse considerando un aumento del 125% a la intensidad nominal del equipo.

Criterio de máxima caída de tensión admisible.

Las pérdidas de voltaje en de las líneas deben mantenerse dentro de los valores indicados en el reglamento.

La sección mínima requerida por el criterio de la máxima caída de tensión en líneas trifásicas se evalúa mediante:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U}$$

Donde L es la longitud real del cableado extraído de la topología 3D, γ es la conductividad del material a la temperatura de servicio prevista y S es la sección del conductor.

La determinación prevista de las solicitaciones de cortocircuito máxima y mínima se utilizan también para dimensionar el poder de corte y asegurar el disparo de las protecciones. La metodología de cálculo implementada responde al teorema de Thevenin equivalente y a la norma IEC 60909, evaluando la impedancia de bucle (Z) en cada nudo de la red.

Dado que la infraestructura proyectada corresponde a un uso distinto al residencial, los límites admisibles para la pérdida de tensión se ciñen a los siguientes umbrales reglamentarios:

- 3% para circuitos de alumbrado
- 5% para circuitos destinados a otros usos.

De los centros de transformación a el CGBT se establece una caída máxima de 1,5%.

En caso de instalaciones fotovoltaicas se establecen una caída máxima de 1,5% entre equipo generador y punto de conexión.

Evaluación frente a corrientes de cortocircuito

Para la determinación analítica de las corrientes de falta, se adopta el procedimiento estandarizado recogido en la norma UNE-EN 60909-0. Esta metodología facilita la resolución al aplicar el teorema de las componentes simétricas, obteniendo la magnitud de cortocircuito en cada fase mediante la superposición fasorial de las siguientes redes equivalentes:

- Red de secuencia positiva (o directa).
- Red de secuencia negativa (o inversa).
- Red de secuencia cero (o homopolar).

Se estudiarán los cortocircuitos posibles en busca de los valores máximos a la hora del dimensionamiento de las instalaciones.

Cortocircuito trifásico simétrico (I_{k3})

Representa la máxima solicitación térmica y electrodinámica prevista. Se asume un defecto franco entre las tres fases:

$$I_{k3} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_L^2 + X_L^2}}$$

Donde c es el factor de tensión, mientras que R_L y X_L representan la resistencia y reactancia acumulada aguas arriba del punto de defecto.

Cortocircuito bifásico (I_{k2})

Defecto aislado entre dos fases activas, utilizado para verificar escenarios de asimetría térmica:

$$I_{k2} = \frac{c \cdot U}{2 \cdot \sqrt{R_L^2 + X_L^2}} \approx \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3}$$

Cortocircuito monofásico fase-neutro (I_{k1})

Se utiliza para el cálculo de la corriente de falla mínima al final de las líneas de distribución. La impedancia de bucle incorpora el conductor de retorno:

$$I_{k1} = \frac{c \cdot U_0}{\sqrt{(R_L + R_N)^2 + (X_L + X_N)^2}}$$

Donde U_0 es la tensión simple, y R_N y X_N son los parámetros del conductor neutro.

A continuación se muestran la tabla correspondiente a la línea del cuadro general. El resto de circuitos quedarán calculados en el documento de Anexos.

Tabla 29: Dimensionamiento eléctrico de líneas de 0. Cuadro general de baja tensión.

Carga analizada	Esquema de fases	Carga estimada (kW)	Cos ϕ	Distancia (m)	Tipo de conductor	I. Admisible (A)	I. De diseño (A)	ΔU parcial (%)	ΔU acumulada (%)
Acometida de transformadores	Trifásica (III+N)	2311.45	0.99	15.00	Canali. Prefabricada Canalis KTC 4000 (Trifásica (III+N))	4000.00	3435.66	0.27	-
0.1. Iluminación pasillo PB	Monofásica (F+N)	1.04	0.95	38.20	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 3(1x1.5)	20.93	4.74	1.12	1.39
0.2. Emergencias PB	Monofásica (F+N)	0.14	1.00	59.07	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 3(1x1.5)	20.93	0.61	0.14	0.41
0.3. Ascensor 1	Trifásica (III+N)	11.76	0.90	72.65	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 5(1x6)	37.56	23.58	2.36	2.63
0.4. Ascensor 2	Trifásica (III+N)	11.76	0.90	91.29	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 5(1x6)	37.56	23.58	2.97	3.24
0.5. Iluminación vestíbulo este	Monofásica (F+N)	0.36	0.95	45.99	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 3(1x1.5)	20.93	1.64	0.62	0.89
0.6. Iluminación vestíbulo oeste	Monofásica (F+N)	0.36	0.95	63.20	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 3(1x1.5)	20.93	1.64	0.94	1.21
1. Cuadro servidores PB	Trifásica (III+N)	700.00	1.00	10.00	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 4[3(1x300)] + 3(ttx150)	1669.70	1010.36	0.10	0.37
2. Cuadro climatización	Trifásica (III+N)	772.79	0.92	24.27	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 4[4(1x300)] + 2(ttx300)	1535.74	1269.69	0.25	0.52
3. Servicios auxiliares PB	Trifásica (III+N)	46.18	0.95	32.56	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 5(1x16)	80.08	70.13	1.32	1.59
4. Cuadro servidores P1	Trifásica (III+N)	700.00	1.00	10.00	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 4[3(1x300)] + 3(ttx150)	1669.70	1010.36	0.10	0.37
5. Servicios auxiliares P1	Trifásica (III+N)	46.17	0.95	15.00	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 5(1x16)	80.08	70.12	0.61	0.88
6. Servicios auxiliares y oficinas P1	Trifásica (III+N)	16.25	0.98	0.31	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 5(1x16)	91.00	24.57	-	0.27
7. Aseos	Monofásica (F+N)	4.63	1.00	24.78	CU 0,6/1KV RZ1-K (AS) CCA 3(1x6)	49.14	20.06	1.46	1.73

3.5.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES

Para el caso de las protecciones, el dimensionamiento de las mismas se realiza en base a la protección que ofrecen. Al tratarse de una instalación con un esquema de tierras TT, serán necesarios dispositivos de protección por conductor.

3.5.3.2.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

El calibre o intensidad nominal del dispositivo (I_n) se enmarca en el margen de seguridad del cable:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

El poder de corte último del equipo (P_{cu}) supera la corriente de falla máxima proyectada en sus bornes:

$$P_{cu} \geq I_{k3\,max}$$

Para cortocircuitos inferiores a 5 segundos, la energía especifica pasante tolerada por el aislamiento del cable debe ser superior a la que deja pasar el interruptor. El tiempo máximo de desconexión se garantiza mediante:

$$t_{cc} \leq \left(k \cdot \frac{S}{I_{cc\,max}}\right)^2$$

Donde k es la constante termo cinética del material.

Acorde a la ITC-BT-22, la falla más débil al final de la Tipo de conductor $(I_{cc\,min})$ debe superar con margen la corriente de umbral de disparo del dispositivo (I_m) para evitar el deterioro de la instalacion por retardos en la desconexión.

$$I_{cc\,min} > I_m$$

Una de las características que determina un interruptor magnetotérmico es su curva de disparo, las cuales quedan definidas en la norma UNE 20.460-4-43.

- Curva B $(3 \cdot I_n \leq I_m \leq 5 \cdot I_n)$: Disparo de alta sensibilidad. Indicada para proteger circuitos con líneas de gran distancia o cargas puramente resistivas .
- Curva C $(5 \cdot I_n \leq I_m \leq 10 \cdot I_n)$: Es la curva estándar por excelencia. Se emplea para la distribución general, circuitos de iluminación convencional y tomas de corriente.
- Curva D $(10 \cdot I_n \leq I_m \leq 20 \cdot I_n)$: Disparo tolerante y menos sensible. Reservada exclusivamente para receptores que presentan fuertes picos de corriente durante el arranque, como pequeños motores, bombas de agua o compresores.

Los valores obtenidos de protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos del cuadro general del edificio se representan resumidos en la siguiente tabla, siendo el resto de circuitos revisable en los anexos del proyecto.

Tabla 30: Evaluación analítica por sobreintensidad en 0. Cuadro general de baja tensión de la instalación.

Carga analizada	Esquema de fases	Carga estimada (kW)	I. de diseño (A)	Dispositivo de protección	I. admisible (A)	I. CONV. DISPARO (A)	1.45 x I. admisible (A)
0. CGBT	Trifásica (III+N)	2311.45	3435.66	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 3500 A; Im: 35000 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	4000.00	4550.00	5800.00
0. Circuitos iluminación	Trifásica (III+N)	1.90	2.87	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 16 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	29.12	20.80	42.22
0.3. Ascensor 1	Trifásica (III+N)	11.76	23.58	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 25 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: B	37.56	32.50	54.47
0.4. Ascensor 2	Trifásica (III+N)	11.76	23.58	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 25 A // Poder de corte (Icu): 20 kA // Curva de disparo: C	37.56	36.25	54.47
7. Aseos	Monofásica (F+N)	4.63	20.06	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 25 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	49.14	32.50	71.25
6. Servicios auxiliares y oficinas P1	Trifásica (III+N)	16.25	24.57	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 80 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	91.00	104.00	131.95
5. Servicios auxiliares P1	Trifásica (III+N)	46.17	70.12	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 80 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	80.08	116.00	116.12
4. Cuadro servidores P1	Trifásica (III+N)	700.00	1010.36	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 1250 A; Im: 7500 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	1669.70	1625.00	2421.06

3. Servicios auxiliares PB	Trifásica (III+N)	46.18	70.13	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 80 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	80.08	116.00	116.12
2. Cuadro climatización	Trifásica (III+N)	772.79	1269.69	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 1500 A; Im: 9000 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	1535.74	1950.00	2226.83
1. Cuadro servidores PB	Trifásica (III+N)	700.00	1010.36	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 1250 A; Im: 7500 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	1669.70	1625.00	2421.06

Tabla 31: Análisis de solicitaciones por cortocircuito en 0. Cuadro general de baja tensión de la instalación.

Carga analizada	**Esquema de fases**	**Dispositivo de protección**	**Poder de corte último - Icu (kA)**	**Poder de corte servicio- Ics (kA)**	**I falta máxim o mínimo (kA)**	**T. límite térmico conductor máximo mínimo (s)**	**T. actuación protección máximo mínimo (s)**
0. CGBT	Trifásica (III+N)		-	-	62.46 43.36	0.00 0.00	0.00 0.00
0. Circuitos iluminación	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 16 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	15.00	15.00	59.65 11.75	0.00 0.00	<0.10 <0.10
0.3. Ascensor 1	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 25 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: B	15.00	15.00	59.65 0.94	0.00 0.84	<0.10 <0.10

0.4. Ascensor 2	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 25 A // Poder de corte (Icu): 20 kA // Curva de disparo: C	20.00	-	59.65 0.94	0.00 0.84	<0.10 <0.10
7. Aseos	Monofásica (F+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 25 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	15.00	15.00	57.56 1.49	0.00 0.33	<0.10 <0.10
6. Servicios auxiliares y oficinas P1	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 80 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	15.00	15.00	59.65 11.84	0.00 0.04	<0.10 <0.10
5. Servicios auxiliares P1	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 80 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	15.00	-	59.65 4.91	0.00 0.22	<0.10 <0.10
4. Cuadro servidores P1	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 1250 A; Im: 7500 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	85.00	85.00	59.65 11.69	4.65 121.26	<0.10 <0.10
3. Servicios auxiliares PB	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 80 A // Poder de corte (Icu): 15 kA // Curva de disparo: C	15.00	-	59.65 2.43	0.00 0.89	<0.10 <0.10

2. Cuadro climatización	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 1500 A; Im: 9000 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	85.00	85.00	59.65 11.47	8.28 223.75	<0.10 <0.10
1. Cuadro servidores PB	Trifásica (III+N)	Interruptor magnetotérmico // Intensidad nominal (In): 1250 A; Im: 7500 A // Poder de corte (Icu): 85.00 kA	85.00	85.00	59.65 11.69	4.65 121.26	<0.10 <0.10

3.5.3.2.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Para salvaguardar la integridad del equipamiento electrónico crítico del centro de datos frente a sobretensiones transitorias, se ha proyectado un sistema de protección coordinado acorde a las directrices de la ITC-BT-23 y la norma UNE-EN 61643-11.

Considerando que el edificio no dispone de un sistema externo de protección contra el rayo, se ha prescrito la instalación de descargadores de sobretensiones de Tipo 2 en las cabeceras de los cuadros eléctricos. Para la configuración de la red, los dispositivos seleccionados cumplen con los siguientes umbrales reglamentarios mínimos:

- Tensión máxima de servicio permanente (U_c): >253 V.
- Corriente nominal de descarga (I_n): $\geq 5\ kA$ (para una forma de onda estándar de $8/20\ \mu s$).

El criterio fundamental de diseño para la validación de estos equipos es garantizar que la energía residual que dejan pasar hacia la instalación no dañe las fuentes de alimentación de los servidores ni la electrónica de control HVAC. Por tanto, se verifica la siguiente inecuación de coordinación de aislamiento:

$$U_p \leq U_w$$

Donde:

- U_p: Nivel de protección garantizado por el descargador de sobretensiones (kV).
- U_w: Tensión soportada a impulsos por los receptores ubicados aguas abajo (kV), clasificados habitualmente en la Categoría I o II de sobretensiones.

A continuación se muestra la tabla correspondiente a las protecciones contra sobretensiones utilizadas en este proyecto.

Tabla 32: Tabla de resultados descargador de sobretensiones de la instalación.

Carga analizada	Esquema de fases	Dispositivo de protección
0. CGBT	Trifásica (III+N)	Limitador de sobretensiones transitorias, Tipo 1+2; I_{imp}: 100 kA; U_p: 2.5 kV

3.5.3.2.3 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

El equipo que realiza la protección contra contactos indirectos es el interruptor diferencial, para ello se realiza el cálculo de las corrientes de defecto contra las masas metálicas, el cual asegura la protección contra contactos indirectos:

$$I_d = \frac{c \cdot U_0}{\sqrt{(R_L + R_{PE})^2 + (X_L + X_{PE})^2}}$$

La selección de los interruptores diferenciales responde a criterios avanzados de inmunidad y continuidad de servicio:

- Tipología de Inmunidad: Para garantizar el disparo correcto frente a las diferentes formas de onda de fuga que genera la electrónica moderna, la normativa clasifica los diferenciales en los siguientes tipos:
    - Tipo AC: Detectan exclusivamente corrientes de fuga alternas sinusoidales.
    - Tipo A: Además de la alterna, detectan corrientes de fuga continuas pulsantes.
    - Tipo F: Suman a las capacidades del Tipo A la detección de fugas con frecuencias compuestas.
    - Tipo B: Detectan fugas de corriente alterna, pulsante, alta frecuencia y continua lisa.
- Escalonamiento de sensibilidad ($I_{\Delta n}$): Este parámetro corresponde con el rango de variación de corriente respecto a las fases que mide.
- Selectividad Vertical: Para evitar cortes de suministro generalizados ante una fuga local, se implementa una selectividad amperimétrica y cronométrica rigurosa. Los diferenciales ubicados aguas arriba incorporan un retardo intencionado, clasificándose como Selectivos (Tipo S), asegurando que únicamente actúe la protección inmediatamente superior al defecto.

En la siguiente tabla quedan reflejados interruptores diferenciales utilizados únicamente en el cuadro general, el resto quedarán reflejados en el documento de anexos.

Tabla 33: Tabla de resultados de selección de interruptores diferenciales.

Carga analizada	Esquema de fases	Intensidad nominal(A)	Dispositivo de protección	Corriente de fuga máx.	Sensibilidad (A)
0.1. Iluminación pasillo PB	Monofásica (F+N)	4.74	Protección Diferencial (DDR) // Intensidad nominal (In): 25.00 A // IΔn: 300 mA // Tipo A (Superinmunizado)	9.18	0.30
0.1. Iluminación vestíbulo oeste	Monofásica (F+N)	1.64	Protección Diferencial (DDR) // Intensidad nominal (In): 25.00 A // IΔn: 300 mA // Tipo A (Superinmunizado)	9.18	0.30
0.2. Emergencias PB	Monofásica (F+N)	0.61	Protección Diferencial (DDR) // Intensidad nominal (In): 25.00 A // IΔn: 300 mA // Tipo A (Superinmunizado)	9.18	0.30
0.3. Ascensor 1	Trifásica (III+N)	23.58	Protección Diferencial (DDR) // Intensidad nominal (In): 25.00 A // IΔn: 300 mA // Tipo A (Superinmunizado)	9.19	0.30
0.4. Ascensor 2	Trifásica (III+N)	23.58	Protección Diferencial (DDR) // Intensidad nominal (In): 25.00 A // IΔn: 300 mA // Tipo A (Superinmunizado)	9.19	0.30
0.5. Iluminación vestíbulo este	Monofásica (F+N)	1.64	Protección Diferencial (DDR) // Intensidad nominal (In): 25.00 A // IΔn: 300 mA // Tipo A (Superinmunizado)	9.18	0.30

3.5.4. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CÁLCULO DEL POWER USAGE EFFECTIVENESS

El indicador más utilizado para evaluar el rendimiento de los centros de datos es el Power Usage Effectiveness (PUE). Este parámetro relaciona el consumo eléctrico de instalación con el consumo eléctrico exclusivamente destinada al funcionamiento del equipamiento informático. A efectos de diseño y dimensionamiento, este valor se evalúa en términos de potencia eléctrica demandada.

La formulación matemática empleada es la siguiente:

$$PUE = \frac{P_{Total}}{P_{IT}}$$

Donde:

- P_{Total}: Potencia total demanda por la infraestructura.
- P_{IT}: Potencia demandada por el equipamiento de tecnologías de la información.

A partir del balance de cargas eléctricas, la estimación de consumos y los cuadros definidos en el apartado anterior, se extraen los siguientes datos operativos para la estimación:

- La demanda de equipamiento critico de servidores (P_{IT}) corresponde a la suma de todos los servidores existentes. Este cálculo corresponde a 40 racks con una carga nominal de 35 kW ya que se realiza una simplificación para el dimensionamiento eléctrico. El resultado total es de 1.400 kW.
- La potencia demandada total por la infraestructura (P_{Total}) es de 2.311,45 kW. Esta cifra engloba tanto la carga de los servidores como los servicios auxiliares y de soporte necesarios para la instalación.

Aplicando estos valores al modelo de diseño se obtiene el siguiente resultado:

$$PUE = \frac{2.311{,}45}{1.400} = 1{,}65$$

El cálculo arroja un valor de PUE de diseño de 1,65. Este índice justifica que la topología de la instalación es altamente eficiente, situándose dentro de los estándares óptimos para los centros de datos de la actualidad.

3.5.5. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA Y RED EQUIPOTENCIAL

La instalación de puesta a tierra constituye uno de los subsistemas más críticos para el presente proyecto, ya que la función de este no solo asegura la protección contra corrientes de residuales, sino que resulta fundamental para asegurar la compatibilidad electromagnética y proporcionar una referencia de tensión estable para la electrónica de red.

El diseño y dimensionamiento se ha realizado en base a al REBT [7] en las instrucciones ITC BT 18 e ITC BT 24. Además se tiene en cuenta la normativa específica para centro de datos como es la norma EN 50600 y TIA-942, las cuales exigen la implementación de una red de tierras de alta disponibilidad y baja impedancia para equipamiento IT.

3.5.5.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y RESISTIVIDAD OHMNICA DEL TERRENO

Para el cálculo de la resistencia de difusión de tierra, el parámetro a conocer es la resistividad del terreno, el cual depende del tipo de terreno existente en el lugar de la edificación. El emplazamiento del proyecto en la cuenca del corredor del Henares se caracteriza geológicamente por la presencia predominante de terrenos arcillosos, margas y sedimentos fluviales.

Atendiendo a la ITC BT 18 se selecciona el valor de resistividad del terreno.

Tabla 34: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Por lo tanto para el presente se adopta un valor de resistividad media del terreno de 50 Ω·m.

3.5.5.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN Y JUSTIFICACION DEL RÉGIMEN DEL NEUTRO

En cumplimiento del REBT [7] en su ITC BT 08 del Reglamento electrotécnico de baja tensión, la distribución de energía eléctrica del centro de datos se ha configurado bajo un esquema de puesta a tierra tipo TT.

Aunque en infraestructuras de misión crítica es habitual evaluar esquemas de tipo TN-S, para este proyecto se ha optado por el esquema TT para aumentar la seguridad de la instalación fundamentado en los siguientes criterios:

- Una mayor robustez operativa, ya que en caso de optar por un esquema TN, la protección contra contactos indirectos se basa en la lectura por parte de los magnetotérmicos de corrientes de cortocircuito provocadas por las fugas a tierra. En caso de degradación del conductor de tierra, la protección puede desaparecer sin dar síntomas aparentes. Al optar por un esquema TT, la seguridad recae en los dispositivos de corte por corriente diferencial, el cual es mucho más sencillo y fiable.
- Mitigar la posibilidad de incendio, ya que en esquemas TN, cuando se produce una derivación a tierra se traduce en un cortocircuito con corrientes de defecto elevadas.

Para solventar el problema de disparos intempestivos se ha planteado el uso de interruptores diferenciales clase A – superinmunizados los cuales permiten filtrar el ruido de alta frecuencia y asegurar la continuidad.

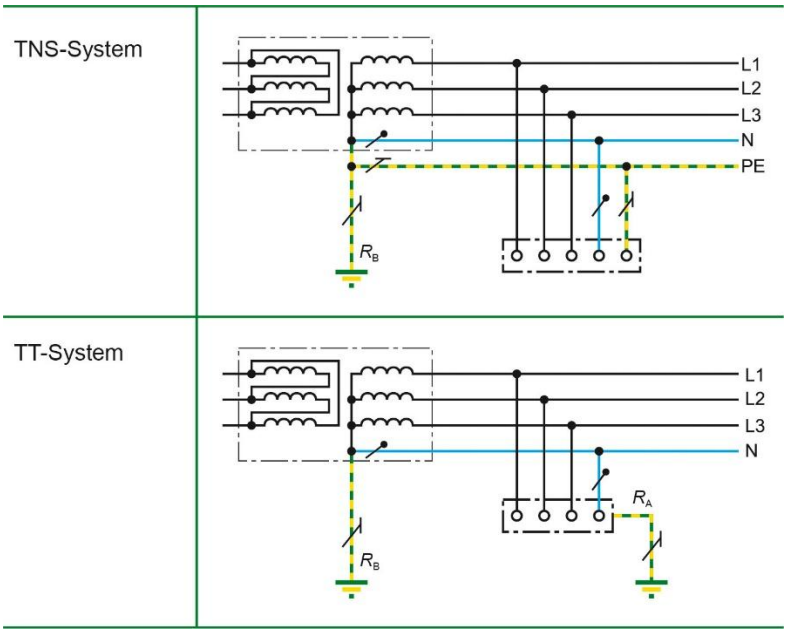


Ilustración 61: Tipos de esquema de puesta a tierra TT y TN [12].

3.5.5.3. TOPOLOGIA DE LA RED DE TIERRAS

Según las características de la instalación y la exigencia de los equipamientos informáticos, se ha dimensionado una instalación de puesta a tierra combinado, estructurado en las siguientes topologías:

- Un anillo perimetral exterior consistente de un conductor enterrado en zanja en la base de la cimentación que bordea todo el perímetro del edificio. Este será completado con picas de cobre hincadas verticalmente en los vértices y tramos intermedios para reducir el valor de puesta a tierra con el terreno.
- Una red equipotencial mallada en las salas de servidores. Dado la arquitectura de las salas técnicas, las cuales se han diseñado sobre losa maciza, se ha proyectado una red equipotencial de distribución superior. Esta malla transcurre de forma aérea fijada por las bandejas porta cables que sobrevuelan los pasillos. Desde esta red superior descienden derivaciones directas que interconectan los bastidores de los racks y las CRAH perimetrales, así como el resto de canalizaciones metálicas.
- Para los circuitos y equipos intermedios se seguirá el criterio de la ITC BT 19.

Tabla 35: Sección de instalación de puesta a tierra según ITC BT 19 del REBT [7].

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

3.5.5.4. DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO JUSTIFICATIVO

El dimensionamiento de la instalación de puesto a tierra debe cumplir con la exigencia del REBT [7] en su ITC BT 24. En este apartado el reglamento establece que la resistencia de puesta a tierra debe coordinarse con la sensibilidad de los dispositivos de protección diferencial para asegurar que la tensión de contacto no supere los límites de seguridad los cuales establecen dicha tensión de 24 V en locales húmedos y 50 V en locales secos.

Para el presente proyecto se tomará el valor más restrictivo de 24 V.

La condición reglamentaria a cumplir es:

$$R_{eq} \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

Donde:

- U_L: Tensión de contacto límite de seguridad (24 V).
- $I_{\Delta n}$: Sensibilidad del diferencial menos sensible del proyecto. Para este proyecto, los diferenciales menos sensibles se encuentran en el CGBT y tienen una intensidad de 500 mA.

$$R_{eq} \leq \frac{24}{0{,}5}$$

$$R_{eq} \leq 48\ \Omega$$

Para cumplir este valor, se realiza el cálculo del sistema de puesta a tierra para el presente proyecto.

A partir de la geometría de la cimentación del edificio, cuyas dimensiones en planta son de 50 x 30 metros, se obtiene una Distancia de zanja perimetral de 160 m. Para alcanzar el valor objetivo, el sistema enterrado se reforzará con la hinca de 10 picas de 2 metros de Distancia.

La resistencia de difusión del conductor enterrado (R_c) se calcula mediante la siguiente formula:

$$R_c = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Donde:

- ρ: Resistividad del terreno ($50\ \Omega \cdot m$).
- L: Distancia del conductor enterrado ($160\ m$).

$$R_c = \frac{2 \cdot 50}{160} = 0{,}625\ \Omega$$

Para el cálculo de los electrodos verticales, la resistencia de difusión de una única pica (R_{pica}) se determina según la siguiente formula:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{l} = \frac{50}{2} = 25\ \Omega$$

Al disponer de un conjunto de 10 picas conectadas entres si a través de un conductor perimetral, estas actúan como resistencias en paralelo. Por lo tanto la resistencia equivalente del conjunto de picas (R_p) se define como:

$$\frac{1}{R_p} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_{pica}} \rightarrow R_p = \frac{R_{pica}}{n}$$

$$R_p = \frac{25}{10} = 2{,}5\ \Omega$$

Finalmente, el anillo perimetral y el conjunto de las picas actúan funcionalmente en paralelo para derivar la corriente al terreno. La resistencia total equivalente (R_{eq}) del sistema de puesta a tierra resulta:

$$R_{eq} = \frac{R_c \cdot R_p}{R_c + R_p}$$

$$R_{eq} = \frac{0{,}625 \cdot 2{,}5}{0{,}625 + 2{,}5} = 0{,}5\ \Omega$$

Por lo tanto queda debidamente justificado el cumplimiento del valor de resistencia de puesta a tierra de la instalación.

3.6. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO

3.6.1. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE DISEÑO

El diseño y modelado de la instalación solar fotovoltaica se ha desarrollado utilizado el estándar open BIM, al igual que el resto del proyecto. Se ha integrado todos los elementos anteriormente modelados para poder así realizado un dimensionamiento y una colocación de elementos óptimos.

Para este modelado se ha utilizado el programa CYPELEC PV Systems, el cual ha permitido obtener los datos de generación de la instalación a partir de ciertos parámetros introducidos. Estos son los datos extraídos de PVGIS, los cuales especifican la irradiación horizontal en la ubicación propuesta. Una vez introducido el programa permite el cálculo de la producción energética generada con la instalación fotovoltaica. A continuación se muestra un detalle del modelo 3D con la integración de los módulos solares en la cubierta.

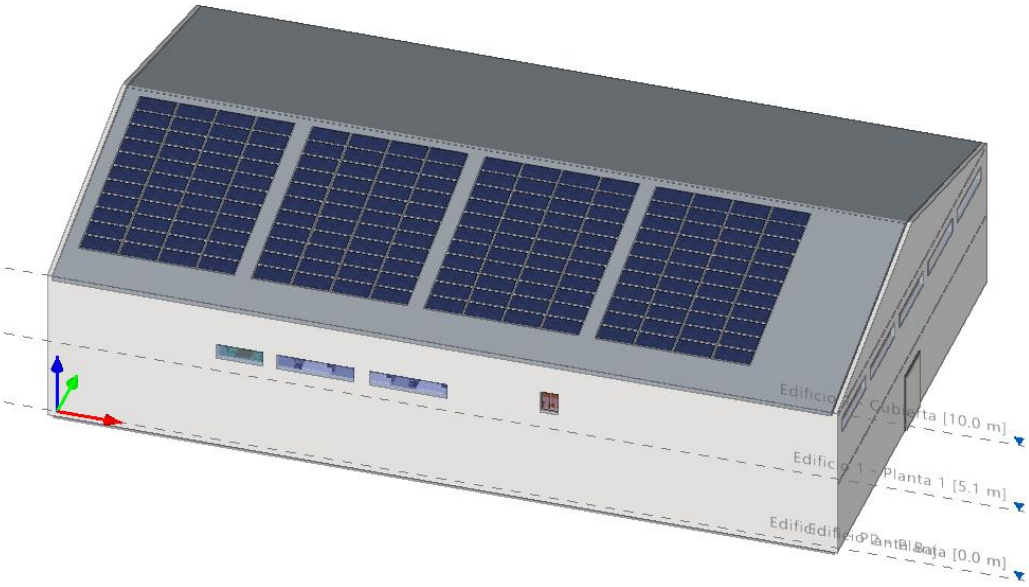


Ilustración 62: Modelo 3D con instalación fotovoltaica en cubierta.

3.6.2. EXIGENCIA REGLAMENTARIA DE GENERACIÓN RENOVABLE

En cumplimiento con el DB HE 5 del CTE [3] se dimensiona esta instalación fotovoltaica para cumplir con al menos la potencia exigida en esta norma.

La normativa establece un mínimo de generación eléctrica de origen renovable en edificios de nueva construcción de uso distinto al residencial cuya superficie supere los 1.000 m². Para dimensionar la potencia mínima exigida (P_{min}) el CTE define que dicho valor será el menor de los resultados obtenidos al aplicar dos limites reglamentarios: el límite por superficie construida (P_1) y el limite por superficie de cubierta (P_2).

A partir del modelo geométrico del edificio se extraen los siguientes parámetros de diseño para el cálculo:

- Superficie total construida (S): 2.424,67 m².
- Superficie de cubierta (S_c): El edificio presenta una cubierta a dos aguas compuesta por dos paños simétricos de 16 m x 50 m, resultando en una superficie de 1.600 m².
- Superficie ocupada por captadores solares térmicos (S_{oc}): 0 m².
- Factor de producción eléctrica ($F_{pr,el}$): 0,010 kW/m², valor fijado por la norma para usos distintos al residencial privado.

Aplicando la formulación normativa se evalúan ambos limites

1. Cálculo del límite por superficie construida (P_1)

$$P_1 = F_{pr,el} \cdot S = 0{,}010 \cdot 2424{,}67 = 24{,}246\ kW$$

2. Cálculo del límite por superficie de cubierta (P_2)

$$P_2 = 0{,}1 \cdot (0{,}5 \cdot S_c - S_{oc})$$

$$P_2 = 0{,}1 \cdot (0{,}5 \cdot 1600 - 0) = 80\ kW$$

El requisito mínimo reglamentario (P_{min}) queda determinado por la expresión:

$$P_{min} = \min(P_1; P_2)$$

$$P_{min} = \min(24{,}246; 80)$$

$$P_{min} = 24{,}246\ kW$$

En base a este cálculo justificativo, el proyecto debe incorporar un sistema de generación renovable con una potencia pico instalada no inferior a 24,25 kW.

3.6.3. MARCO LEGAL Y MODALIDAD DE AUTOCONSUMO

El marco normativo que rige esta instalación es el Real Decreto 244/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo eléctrico [13]. Tras analizar el comportamiento energético de la infraestructura, se ha optado por legalizar el proyecto bajo la modalidad de autoconsumo individual sin excedentes.

Al tener la certeza de que el edificio va a consumir la totalidad de la energía generada, carece de sentido práctico y estratégico optar por una modalidad que permita el vertido a la red. Esto cobra especial relevancia al superar la barrera de los 100 kW de potencia instalada, ya que la legislación endurece los requisitos para inyectar energía, obligando a solicitar permisos de acceso y conexión a la compañía distribuidora, depositar avales económicos y someterse a unos plazos de tramitación que penaliza los tiempos del proyecto.

Para garantizar el estricto cumplimiento normativo que exige esta modalidad, el diseño eléctrico incorpora en la cabecera de la instalación un relé de protección anti-vertido, certificado bajo la

norma UNE 217001. Este equipo actúa como un vigilante en el punto frontera: monitorizar el balance energético en tiempo real y, en el improbable caso de que la producción fotovoltaica fuera a superar el consumo de la nave, ordena a los inversores modular su potencia para asegurar una inyección cero hacia la red pública de distribución.

3.6.4. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS

Para la instalación fotovoltaica se han tenido en cuenta una minuciosa selección de materiales de cara a buscar el rendimiento máximo de la instalación.

3.6.4.1. PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

La instalación solar está compuesta por un total de 176 módulos fotovoltaicos con tecnología de silicio monocristalino del fabricante JA Solar, en concreto el modelo JAM72D42-640/LB. Estos módulos de gran formato ofrecen una potencia pico unitaria de 640 W, lo que permite que el conjunto de la instalación alcance una potencia total instalada en corriente continua de 112,64 kWp.

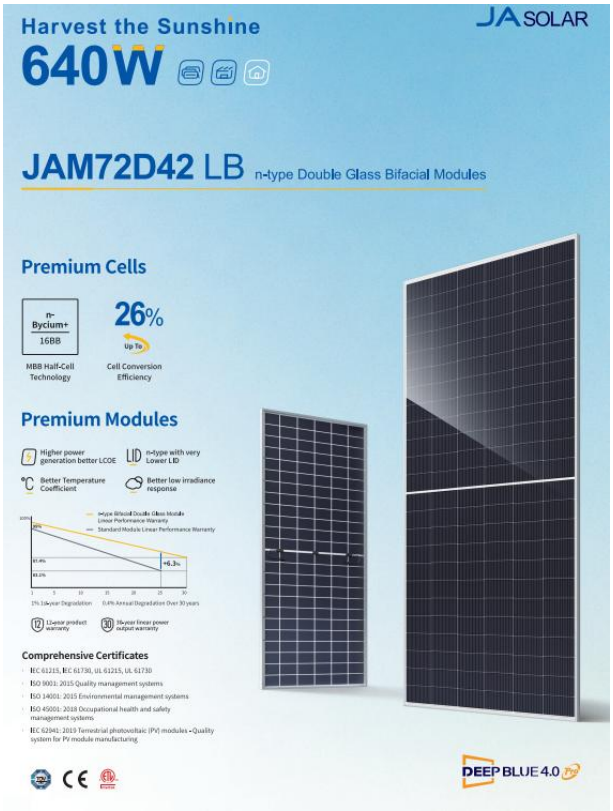


Ilustración 63: Panel solar JAM72D42-640/LB [14].

Para el dimensionamiento eléctrico del sistema, se han tomado como referencia los parámetros característicos del módulo bajo condiciones estándar de medida:

Tabla 36: Parámetros eléctricos panel solar JA Solar [14].

Parámetros eléctricos	**Valor**
Potencia Máxima (P_{max})	640 W
Tensión a Máxima Potencia (V_{mp})	44,29 V
Intensidad a Máxima Potencia (I_{mp})	14,45 A
Tensión en Circuito Abierto (V_{oc})	53,30 V
Intensidad de Cortocircuito (I_{sc})	15,30 A

3.6.4.2. INVERSOR DE RED

La de inversor se ha resuelto mediante un inversor trifásico de tipo centralizado, optando por el modelo Huawei SUN2000-100KTL-M2 de 100 kW de potencia nominal. Al comparar los 112,64 kWp del campo generador con los 100 kW del inversor, obtenemos una ratio de sobredimensionamiento (DC/AC) del 112,6%. Este porcentaje representa un equilibrio técnico idóneo, ya que permite exprimir la curva de eficiencia del inversor desde las primeras horas de la mañana sin llegar a saturar excesivamente sus etapas de potencia durante los picos de irradiancia en verano.



Ilustración 64: Inversor FV Huawei [15].

A continuación, se detallan las magnitudes operativas que definen la capacidad de trabajo del equipo seleccionado:

Tabla 37: Parámetros eléctricos inversor FV [15].

Parámetros eléctricos	**Valor**
Lado de Corriente Continua	
Tensión Máxima de Continua	1.100 V
Tensión de Operación MPPT	200 V - 1.000 V
Número de Seguidores MPPT independientes	10

Intensidad Máxima de Entrada por MPPT	30 A
Lado de Corriente Alterna (CA - Salida)	
Potencia Nominal de Salida	100.000 W
Potencia Máxima Aparente	110.000 VA
Tensión Nominal de Red	400 V (Trifásica, 3W+N+PE)
Frecuencia Nominal de Red	50 Hz
Intensidad Nominal de Salida (a 400 V)	144,4 A
Intensidad Máxima de Salida	160,4 A

Para evitar que las inevitables variaciones térmicas o las caídas de tensión afecten al rendimiento global de la planta, el cableado de los módulos se ha estructurado en diez series o strings independientes. Ocho de estas series están conformadas por 18 módulos, mientras que las dos restantes integran 16 módulos cada una. El inversor destaca por poseer 10 MPPT independientes, lo que permite que cada una de las series se conecte a una entrada exclusiva. De esta forma, las series de 18 y las de 16 paneles trabajan de forma eléctricamente independiente a sus respectivas tensiones óptimas, eliminando cualquier tipo de pérdida por desajuste.

3.6.4.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE

El montaje mecánico de los módulos sobre el faldón de la cubierta a dos aguas se realizará mediante un sistema de perfiles de fijación coplanar. Toda la perfilería será de aluminio extruido, acompañada de tornillería de acero inoxidable para evitar pares galvánicos y garantizar la durabilidad frente a la intemperie. Al disponer los paneles en paralelo a la pendiente natural de la cubierta, se anula el efecto vela, reduciendo drásticamente las sobrecargas de viento sobre la estructura principal de la nave industrial y manteniendo una integración arquitectónica limpia.

Para este proyecto se opta por una estructura de soporte del fabricante Sunfer con el modelo coplanar para instalación en chapa sándwich.

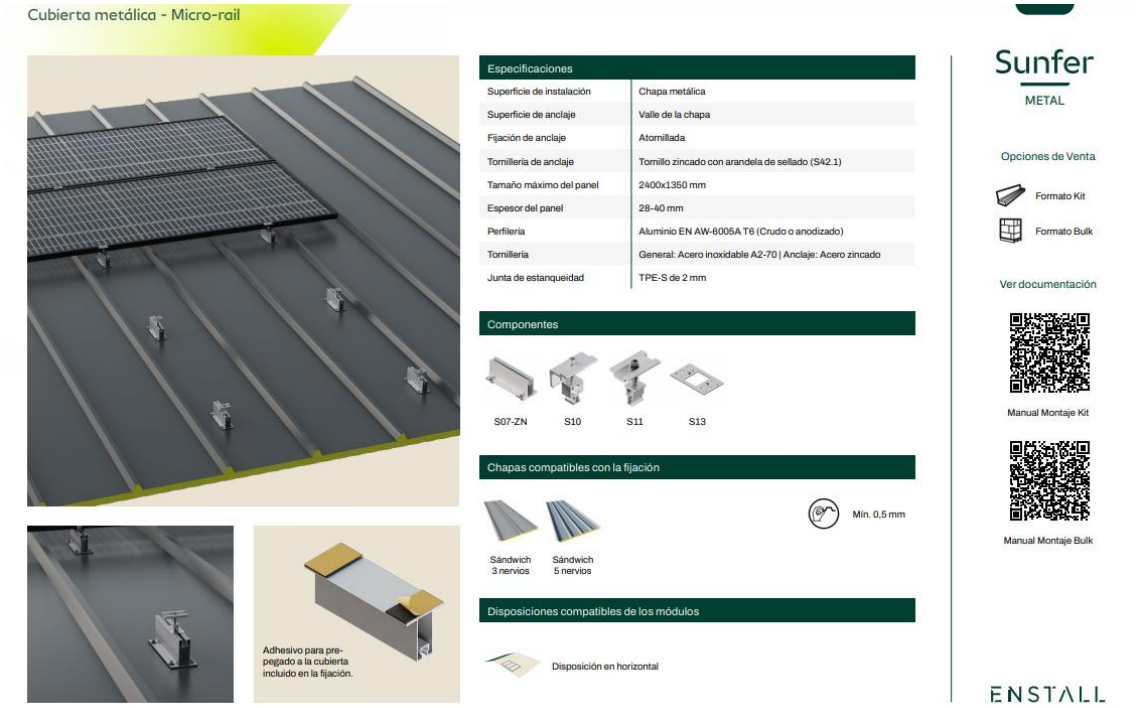


Ilustración 65: Estructura de soporte coplanar [16]

3.6.4.4. PROTECCIONES ELÉCTRICAS

La seguridad integral del sistema queda cubierta en ambas etapas de la operación. Para la corriente continua (CC), el propio inversor incorpora de fábrica seccionadores de corte en carga y descargadores de sobretensión. Además se instalarán fusibles de corriente continua para proteger las líneas tanto en el lado positivo como en el negativo.

Para la evacuación en corriente alterna (CA), se dispondrá un cuadro eléctrico de protección fotovoltaica dedicado, equipado con una protección magnetotérmica para las sobrecargas y cortocircuitos; y protección diferencial superinmunizada adaptada a convertidores de frecuencia, asegurando un acoplamiento seguro y protegido con el cuadro general del edificio.

3.6.5. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN Y BALANCE ENERGÉTICO

Para evaluar de forma rigurosa la viabilidad y el impacto de la planta solar, este apartado desarrolla un estudio para valorar el aporte de energía de la instalación fotovoltaica.

3.6.5.1. PREVISIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El perfil de carga del centro de datos se divide en dos bloques diferenciados a nivel de consumo eléctrico:

- Las cargas críticas y auxiliares son el grueso de la instalación, estos servicios representa una demanda continua e ininterrumpida de 1.538,66 kW.

- La carga de climatización es variable en función de la época del año, con una potencia máxima de 772,79 kW. Esta presenta un consumo estacional gracias a la tecnología de la enfriadora de free-cooling.

Para el modelo energético se ha establecido tres regímenes de demanda térmica basados en las temperaturas medias de San Fernando de Henares:

- Régimen de Invierno (Nov, Dic, Ene, Feb): El free-cooling es total. Las enfriadoras apagan sus compresores y el consumo de climatización cae al 25 % de su capacidad máxima.
- Régimen de Entretiempo (Mar, Abr, May, Oct): Se produce un enfriamiento mixto (compresión de apoyo), estimando el consumo en un 55 % de la carga frigorífica.
- Régimen de Verano (Jun, Jul, Ago, Sep): Las altas temperaturas obligan a trabajar en compresión mecánica pura, elevando el consumo continuo al 90 % de la potencia máxima de los cuadros de clima.

En la siguiente tabla se muestran los consumos estimados por cada mes del año.

Tabla 38: Previsión de consumos de la instalación.

Mes	Horas	Energía TI (kWh)	Energía Clima (kWh)	Energía Aux (kWh)	Energía Total (kWh)
Ene	744	1.041.600	143.739	103.163	1.288.502
Feb	672	940.800	129.829	93.180	1.163.808
Mar	744	1.041.600	316.226	103.163	1.460.989
Abr	720	1.008.000	306.025	99.835	1.413.860
May	744	1.041.600	316.226	103.163	1.460.989
Jun	720	1.008.000	500.768	99.835	1.608.603
Jul	744	1.041.600	517.460	103.163	1.662.223
Ago	744	1.041.600	517.460	103.163	1.662.223
Sep	720	1.008.000	500.768	99.835	1.608.603
Oct	744	1.041.600	316.226	103.163	1.460.989
Nov	720	1.008.000	139.102	99.835	1.246.937
Dic	744	1.041.600	143.739	103.163	1.288.502
TOTAL ANUAL	**8.760**	**12.264.000**	**3.847.568**	**1.214.661**	**17.326.228**

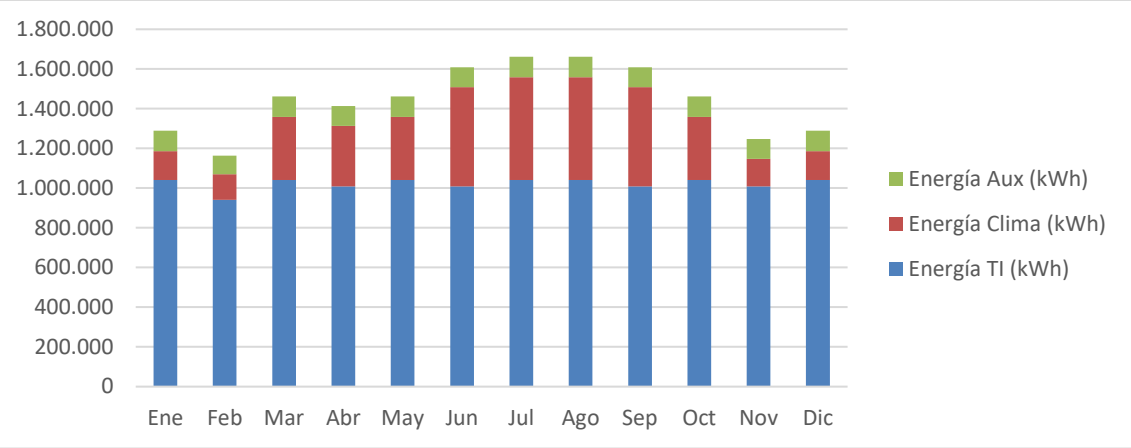


Ilustración 66: Grafico de consumos por grupo de equipos.

3.6.5.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA

El cálculo analítico de la producción energética por el campo generador se ha realizado mediante CYPELEC PV Systems, basándose en la irradiación mensual de la base de datos PVGIS para las coordenadas del proyecto, según la expresión general:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}}$$

Donde:

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: irradicacion sobre el plano inclinado.
- P_{mp}: potencia pico instalada (112,64 kWp).
- PR: Performance Ratio

3.6.5.3. BALANCE ENERGÉTICO Y GRADO DE AUTOCONSUMO

Al superponer la curva de demanda variable del edificio con la simulación de producción fotovoltaica, se obtiene el siguiente balance energético mensual:

Tabla 39: Balance energético de la instalación.

Mes	Energía Demandada (kWh)	Energía Producida (kWh)	Energía Aprovechada (kWh)	Excedentes (kWh)
Enero	1.288.501,98	8.644,42	8.644,42	0,00
Febrero	1.163.808,24	9.435,49	9.435,49	0,00
Marzo	1.460.988,77	14.961,92	14.961,92	0,00
Abril	1.413.860,10	17.462,32	17.462,32	0,00
Mayo	1.460.988,77	19.591,44	19.591,44	0,00
Junio	1.608.603,00	20.828,81	20.828,81	0,00
Julio	1.662.223,10	22.684,03	22.684,03	0,00
Agosto	1.662.223,10	20.407,92	20.407,92	0,00
Septiembre	1.608.603,00	16.564,01	16.564,01	0,00
Octubre	1.460.988,77	10.927,56	10.927,56	0,00
Noviembre	1.246.937,40	6.707,97	6.707,97	0,00
Diciembre	1.288.501,98	6.594,99	6.594,99	0,00
TOTAL	**17.326.228,21**	**174.810,88**	**174.810,88**	**0,00**

Los resultados obtenidos muestran que el autoconsumo es del 100% debido al alto consumo de la instalación.

Resulta especialmente destacable la sinergia térmica del diseño ya que en los meses de verano, cuando la temperatura exterior penaliza el rendimiento de los paneles solares y anula por completo la capacidad de free-cooling del edificio, la instalación fotovoltaica alcanza su máxima entrega de potencia. Esta inyección directa alivia la carga del transformador principal justo en el momento de mayor carga de la red, reduciendo la facturación eléctrica y mejorando de forma directa el factor PUE de la instalación.

3.6.6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS

El dimensionamiento del cableado y de los equipos de protección se ha realizado según la IEC 60364 y al REBT [7], garantizando la seguridad frente a sobrecargas y minimizando las pérdidas por caída de tensión en ambas etapas de conversión.

3.6.6.1. DIMENSIONAMIENTO EN EL LADO DE CORRIENTE CONTINUA

Para la evacuación de la energía de las diez series fotovoltaicas hasta el inversor, se ha seleccionado cableado unipolar de cobre con aislamiento termoplástico instalado bajo tubo protector (Método de instalación de referencia B1). La sección nominal adoptada es de 6 mm².

Para validar esta sección, se ha tomado como base la corriente de cortocircuito de la serie ($I_B = 15{,}31\ A$) para asegurar la resistencia térmica del conductor en las condiciones más desfavorables. Partiendo de una intensidad admisible base de 41 A para esta sección, se utiliza un factor correctivo por temperatura de 0,87 (asumiendo 40º de temperatura ambiente bajo cubierta), resultando en una intensidad máxima admisible de diseño (I_z) de 35,67 A.

La protección contra sobreintensidades se realiza mediante fusibles cilíndricos tipo gPV con una intensidad asignada (I_n) de 25 A. El diseño cumple con el criterio reglamentario de coordinación térmica:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$15{,}31\ A \leq 25\ A \leq 35,67\ A$$

Adicionalmente, se ha comprobado la caída de tensión. Para el trazado menos favorable de 30 metros operando a una tensión de Tipo de conductor en el punto de mayor potencia de 797,22 V, la caída calculada es de 3,251 V, lo que representa un 0,41 %.

3.6.6.2. DIMENSIONAMIENTO EN EL LADO DE CORRIENTE ALTERNA

La canalización principal de evacuación, que enlaza el inversor centralizado de 100 kW con el cuadro eléctrico general del edificio, se ha proyectado mediante cables unipolares de cobre de 95 mm² dispuestos al aire libre (Método F).

Para determinar de la intensidad de diseño (I_B) en este tramo, se ha aplicado de forma estricta el coeficiente de mayoración exigido por la instrucción ITC-BT-40 del REBT [7]. La normativa obliga a dimensionar los conductores de interconexión para una capacidad de transporte de al menos un 125 % de la intensidad máxima del generador.

Calculando la corriente nominal del inversor a plena carga bajo una tensión de Tipo de conductor:

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\varphi} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 144{,}93\ A$$

Aplicando el precepto reglamentario del 125 % de la ITC-BT-40, la intensidad de cálculo resultante es:

$$I_B = 144{,}93 \cdot 1{,}25 = 181{,}16\ A$$

La corriente máxima admisible tabulada para la sección de 95 mm² es de 264 A, a la cual se le ha aplicado el correspondiente factor térmico (0,87 para 40ºC) y un factor de reducción por agrupamiento de 0,98. Esto arroja una intensidad permanente admisible corregida (I_Z) de 225,09 A.

El corte y la protección frente a sobrecargas en cabecera se ha dimensionado mediante un dispositivo magnetotérmico con una corriente nominal (I_n) de 200 A.

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$181{,}16 \leq 200 \leq 225{,}09$$

Finalmente, el cálculo de caída de tensión para esta Tipo de conductor de alterna trifásica arroja una pérdida de tan solo 1,287 V (0,32 %).

CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIÓN

Concepto	Descripción	Precio Unitario (€)	Cantidad	Total (€)
1.1	**Excavación en pozos y zanjas** *Mecánicamente para cimentación, carga y transporte a vertedero.*	8,50	450,00 m³	3.825,00
1.2	**Hormigón de limpieza HL-150/B/20** *Espesor 10 cm bajo zapatas y vigas riostras.*	95,00	45,40 m³	4.313,00
1.3	**Hormigón armado HA-25/B/20/IIa** *Zapatas aisladas (vertido y vibrado).*	115,00	268,81 m³	30.913,15
1.4	**Hormigón armado HA-25/B/20/IIa** *Vigas de atado (40x40 cm).*	115,00	48,00 m³	5.520,00
1.5	**Acero corrugado B 500 S** *Elaborado y montado en armaduras de cimentación.*	1,65	15.840,00 kg	26.136,00
1.6	**Placas de anclaje (S275)** *Con cartelas y pernos de anclaje (B 400 S).*	3,80	850,00 kg	3.230,00
			TOTAL CAPÍTULO 1:	**73.937,15 €**

2. ESTRUCTURA METÁLICA

Concepto	Descripción	Precio Unit. (€)	Cantidad	Total (€)
2.1	**Acero laminado S275 en Perfil HE 400 B** *63 piezas, Distancia total: 450,00 m, Peso: 155,0 kg/m).* Suministro, imprimación y montaje.	2,55	69.750,00 kg	177.862,50
2.2	**Acero laminado S275 en Perfil HE 320 B** *26 piezas, Distancia total: 130,00 m, Peso: 127,0 kg/m*.	2,55	16.510,00 kg	42.100,50
2.3	**Acero laminado S275 en Perfil HE 180 B** *1 pieza, Distancia total: 5,00 m, Peso: 51,2 kg/m*.	2,55	256,00 kg	652,80
2.4	**Acero laminado S275 en Perfil HE 140 B** *15 piezas, Distancia total: 75,00 m, Peso: 33,7 kg/m*.	2,55	2.527,50 kg	6.445,13
2.5	**Acero laminado S275 en Perfil IPE 400** *54 piezas, Distancia total: 279,45 m, Peso: 66,3 kg/m. Suministro, imprimación y montaje.*	2,45	18.527,54 kg	45.392,47
2.6	**Acero laminado S275 en Perfil IPE 330** *12 piezas, Distancia total: 62,10 m, Peso: 49,1 kg/m*.	2,45	3.049,11 kg	7.470,32
2.7	**Acero laminado S275 en Perfil IPE 270** *74 piezas, Distancia total: 370,00 m, Peso: 36,1 kg/m*.	2,45	13.357,00 kg	32.724,65

2.8	**Acero conformado S235 en correas ZF** *1.800 metros lineales para fachadas y cubierta*.	2,30	11.200,00 kg	25.760,00
2.9	**Acero S275 en sistemas de arriostramiento** *Tirantes redondos macl. admisibleos R 24, R 15, R 10*.	2,65	1.500,00 kg	3.975,00
2.10	**Tornillería de Alta Resistencia (A.R.)** *Pretensada para uniones y empalmes.*	1,80	2.500,00 ud	4.500,00
			TOTAL CAP. 2:	**346.883,37 €**

3. ARQUITECTURA Y ENVOLVENTE

Concepto	Descripción	Precio Unit. (€)	Cantidad	Total (€)
3.1	**Cerramiento de fachada** *Doble hoja de ladrillo cerámico con cámara de aire y aislamiento de lana mineral de 120 mm en el interior.*	72,00	1.200,00 m²	86.400,00
3.2	**Cubierta tipo sándwich** *Panel sándwich de acero prelacado con núcleo de lana mineral de alta densidad.*	45,00	1.550,00 m²	69.750,00
3.3	**Solera de hormigón armado** *Terminación fratasada mecánicamente con tratamiento antipolvo (espesor 20 cm).*	28,00	1.500,00 m²	42.000,00
3.4	**Forjado intermedio (Primera planta)** *Unidireccional de vigueta armada con bovedilla cerámica y capa de compresión.*	65,00	800,00 m²	52.000,00

3.5	**Compartimentación interior** *Tabiquería de PYL (Placa de Yeso Laminado) con estructura galvanizada y aislamiento acústico/térmico.*	35,00	450,00 m²	15.750,00
			TOTAL CAP. 3:	**265.900,00 €**

4. CLIMATI. ADMISIBLEACIÓN Y VENTILACIÓN

Concepto	Descripción	Precio Unit. (€)	Cantidad	Total (€)
4.1	**Producción Frigorífica:** *Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN (456 kW).*	52.500,00	5,00 ud	262.500,00
4.2	**Producción Térmica** *Bomba de calor reversible 26.2 kW / 29.1 kW.*	6.500,00	1,00 ud	6.500,00
4.3	**Fancoils de precisión IT** *Vertiv Liebert PCW - 75 kW, con distribución por conducto de dos tubos de agua.*	8.500,00	20,00 ud	170.000,00
4.4	**Fancoils por conductos** *Carrier Idrofan 42NH 30 kW, con distribución por conducto de dos tubos de agua.*	2.200,00	3,00 ud	6.600,00
4.5	**Fancoils tipo Cassette** *Sistema de dos tubos (Sumatorio de 7 uds: 4 de 2.0kW, 1 de 3.4kW y 2 de 4.9kW).*	1.100,00	7,00 ud	7.700,00
4.6	**Red de tuberías de Acero** *Tubería de distribución (Suma de tramos desde 3/8" hasta 6").*	45,00	599,89 ml	26.995,05

4.7	**Red de tuberías de Polibuteno (PB)** *Tubería de distribución (Suma de tramos desde 16 mm hasta 40 mm).*	12,50	233,40 ml	2.917,50
4.8	**Aislamiento térmico 43.5/e50** *Coquilla de espuma elastomérica.*	18,50	229,99 ml	4.254,82
4.9	**Aislamiento térmico 89/e60** *Coquilla de espuma elastomérica.*	32,00	3,14 ml	100,48
4.10	**Grupos de bombeo** *Bomba WILO Stratos GIGA2.0-I.*	3.500,00	4,00 ud	14.000,00
4.11	**Elementos hidráulicos auxiliares** *Vasos de expansión (1 ud), Acumulador climatización (1 ud) y Colectores (2 ud).*	4.800,00	1,00 PA	4.800,00
4.12	**Conductos de distribución de aire** *Chapa galvanizada de 0.6 mm de espesor (Suma de todas las superficies de sección rectangular).*	25,00	664,90 m²	16.622,50
4.13	**Terminales de aire** *Rejillas de doble deflexión (60 uds modelo SG-950x650mm y 6 uds SG-800x300mm).*	45,00	66,00 ud	2.970,00
			TOTAL CAP. 4:	**525.960,35 €**

5. FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

Concepto	Descripción	Precio Unit. (€)	Cantidad	Total (€)
5.1	**Producción de A.C.S.** *Termo eléctrico con capacidad de 30 litros (caudal asignado 0,29 l/s, presión 15 m.c.a.).*	210,00	1,00 ud	210,00
5.2	**Almacenamiento de agua** *Depósito cilíndrico de 650 litros de capacidad.*	950,00	1,00 ud	950,00
5.3	**Grupo de presión** *Grupo de presión formado por 2 bombas de velocidad fija (Tipo 2).*	2.150,00	1,00 ud	2.150,00
5.4	**Red de Fontanería en Polibuteno (PB)** *Tubería de distribución de agua fría y caliente ejecutada en conductos de Polibuteno, incluyendo accesorios y pequeño material (diámetros comerciales Ø32).*	18,50	155,00 ml	2.867,50
5.5	**Inodoros** *Inodoro completo de porcelana vitrificada, con tanque bajo, asiento y tapa.*	320,00	6,00 ud	1.920,00
5.6	**Lavabos** *Lavabo de porcelana blanca suspendido, incluyendo válvula, sifón y grifería temporizada.*	180,00	4,00 ud	720,00
5.7	**Fregadero** *Fregadero de acero inoxidable de un seno con escurridor y grifería monomando.*	145,00	1,00 ud	145,00

5.8	**Red de Saneamiento en PVC** *Colector suspendido por el falso techo y derivaciones en tubería de PVC (diámetros 110 mm y 125 mm), incluyendo piezas especiales y soportes de cuelgue.*	22,00	49,00 ml	1.078,00
			TOTAL CAP. 5:	**10.040,50 €**

6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y PUESTA A TIERRA

Concepto	Descripción	Precio Unit. (€)	Cantidad	Total (€)
6.1	**Grupo Electrógeno de Respaldo** *Grupo insonorizado de potencia nominal 2.500 kVA, arranque automático.*	135.000,00	1,00 ud	135.000,00
6.2	**Sistema SAI (UPS):** *Sistema de Alimentación Ininterrumpida trifásico de potencia 1.000 kVA, incluyendo bancada de baterías para autonomía de emergencia.*	110.000,00	2,00 ud	220.000,00
6.3	**Cuadro General de Baja Tensión (CGBT)** *Armario envolvente IP55, incluyendo todas las protecciones en cabecera: magnetotérmico general de 3.500 A regulable, descargador de sobretensiones transitorias Tipo 1+2 y analizador de redes.*	18.500,00	1,00 PA	18.500,00
6.4	**Cuadros de Distribución (Subcuadros)**	26.000,00	1,00 PA	26.000,00

	Conjunto de 7 subcuadros (Cuadro Climatización, Cuadros Servidores PB/P1, Cuadros SS. Auxiliares y Aseos). Incluye todo el aparellaje de corte (magnetotérmicos y diferenciales), cableado interno y bornero.			
6.5	**Canalización Prefabricada** *Canalización prefabricada (Blindo barra) tipo Canalis KTC 4000 (Trifásica (III+N)), para corrientes asignadas de 4.000 A en tramo principal CGBT.*	1.850,00	30,00 ml	55.500,00
6.6	**Tendido de Conductores de Baja Tensión en Cobre** *Suministro y tendido de cable libre de halógenos.*			
6.6.1	*Cable de sección 1,5 mm² a 6 mm² (circuitos alumbrado/fuerza).*	1,20	8.447,81 ml	10.137,37
6.6.2	*Cable de sección 10 mm² a 16 mm².*	4,50	8.190,89 ml	36.859,00
6.6.3	*Cable de gran sección 70 mm² a 150 mm².*	28,00	248,06 ml	6.945,68
6.6.4	*Cable 300 mm².*	65,00	1.416,87 ml	92.096,55
6.7	**Canalización Tubulares Protectoras** *Tubo aislante curvable libre de halógenos.*			
6.7.1	*Tubo rígido corrugado o liso de Ø 16 mm.*	1,55	2.142,23 ml	3.320,45
6.7.2	*Tubo rígido corrugado o liso de Ø 25 mm a Ø 32 mm.*	2,80	179,09 ml	501,45
6.7.3	*Tubo de gran diámetro Ø 50 mm, Ø 100 mm y Ø 250 mm.*	8,50	1.742,62 ml	14.812,27
6.8	**Mecanismos y Cajas de Derivación**	8,50	524,00 ud	4.454,00

	Cajas de empalme libres de halógenos.			
6.9	**Red de Puesta a Tierra y Equipotencialidad** *Conductor de cobre desnudo de 35 mm² formando anillo perimetral, picas de pica de acero-cobre de 2 m (10 uds), conexiones soldadas aluminotérmicas y red equipotencial interna para los racks.*	3.800,00	1,00 PA	3.800,00
			TOTAL CAP. 6:	**627.926,77 €**

7. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Concepto	Descripción	Precio Unit. (€)	Cantidad	Total (€)
7.1	**Módulos Fotovoltaicos** *Panel solar monocristalino JA Solar modelo JAM72D42-640/LB de 640 Wp.*	145,00	176,00 ud	25.520,00
7.2	**Estructura Soporte** *Estructura de aluminio coplanar marca Enstall, con fijación atornillada para cubierta de chapa sándwich.*	28,00	176,00 ud	4.928,00
7.3	**Inversor Trifásico de Red** *Inversor Huawei modelo SUN2000-100KTL-M2 de 100 kW de potencia nominal con 10 MPPT independientes.*	5.800,00	1,00 ud	5.800,00
7.4	**Cuadro de Protecciones CC** *Envolvente estanca incluyendo 20 bases y cartuchos fusibles cilíndricos tipo gPV/gG de 25 A (protección de polos positivo y negativo para 10 strings).*	450,00	1,00 ud	450,00

7.5	**Cableado Solar de Corriente Continua (CC)** *Cable unipolar de cobre estañado H1Z2Z2-K de 6 mm² (doble aislamiento, libre de halógenos).*	1,15	920,00 ml	1.058,00
7.6	**Canalización protectora CC** *Tubo protector rígido o corrugado (montaje B1) para el guiado de los strings solares.*	1,60	460,00 ml	736,00
7.7	**Cableado de Corriente Alterna (CA)** *Cable de potencia RZ1-K 0,6/1kV de sección 4x95+50T mm² (montaje tipo F).*	42,00	3,00 ml	126,00
7.8	**Protecciones de CA en CGBT** *Conjunto de protecciones compuesto por un Interruptor Automático Magnetotérmico tetrapolar 4P de 200 A y un Interruptor Diferencial tetrapolar de 200 A y sensibilidad 300 mA.*	890,00	1,00 PA	890,00
7.9	**Control de Inyección** *Relé de protección anti-vertido (Inyección Cero) certificado bajo la norma UNE 217001 para autoconsumo, incluyendo vatímetro.*	650,00	1,00 ud	650,00
			TOTAL CAP. 7:	**40.158,00 €**

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulo	Nombre del Capítulo	Importe Total (€)
1	Movimiento de Tierras y Cimentación	73.937,15
2	Estructura Metálica	346.883,37
3	Arquitectura y Envolvente Térmica	265.900,00
4	Climatización y Ventilación	525.960,35
5	Fontanería y Saneamiento	10.040,50
6	Instalación Eléctrica y Puesta a Tierra	627.926,77
7	Instalación Solar Fotovoltaica	40.158,00
	TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	**1.890.806,14 €**

El Presupuesto de Ejecución Material total del proyecto asciende a la cantidad de UN MILLÓN OCHOCIENTOS NOVENTA MIL OCHOCIENTOS SEIS EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS (1.890.806,14 €).

CAPÍTULO 3. Bibliografía

[1] ONU, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» 16 11 2025. [En línea]. Available: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/.

[2] K. A. &. Ingeniería, «¿Qué es el BIM?,» [En línea]. Available: https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/. [Último acceso: 16 11 2025].

[3] Ministerio de Vivienda, «Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.,» 28 Marzo 2006. [En línea]. Available: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-5515.

[4] Ayuntamiento de San Fernando de Henares, «Normativa Urbanística del Plan General de Ordenación Urbana de San Fernando de Henares,» 29 Octubre 2002. [En línea]. Available: https://www.ayto-sanfernando.com/transparencia-en-materias-de-urbanismo-obras-publicas-y-medioambiente-2/](https://www.ayto-sanfernando.com/transparencia-en-materias-de-urbanismo-obras-publicas-y-medioambiente-2/.

[5] Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática, «Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.,» 10 Agosto 2021. [En línea]. Available: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-13681.

[6] Ministerio de la Presidencia, «Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.,» 2007, 29 Agosto. [En línea]. Available: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820.

[7] Ministerio de Ciencia y Tecnología, «Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.,» 2002. [En línea]. Available: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-18099.

[8] P. Sandwich. [En línea]. Available: https://www.panelsandwich.com/producto/panel-sandwich-3-grecas/.

[9] I. mecánica. [En línea]. Available: https://ingemecanica.com/utilidades/prontuario-de-perfiles-metalicos.html#google_vignette.

[10] T. Estándares. [En línea]. Available: https://elhacker.info/Cursos/Auditor%C3%ADa%20Inform%C3%A1tica%20-%20Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica,%20desde%20cero%20a%20experto/6.%20Como%20auditar%20los%20controles%20ambientales%20del%20Centro%20de%20Datos/4.3%20Norma%20ANSI-TIA%20942.pdf.

[11] Trane, «Sintesis eXcellent,» [En línea]. Available: https://www.trane.com/commercial/latin-america/do/es/products-systems/chillers/air-cooled-chillers1/sintesis-excellent.html.

[12] Bender, «Vigilancia de la corriente diferencial en sistemas puestos a tierra,» [En línea]. Available: https://www.bender.es/informacion-tecnica/tecnologia/sistema-tn-s-tt/.

[13] Ministerio para la Transición Ecológica, «Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica,» abril 2019. [En línea]. Available: https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244.

[14] J. SOLAR, «PANEL JAM72D42 LB,» [En línea]. Available: https://www.jasolar.com/uploadfile/fujian/2024/0328/ba0a870e2c22c89.pdf.

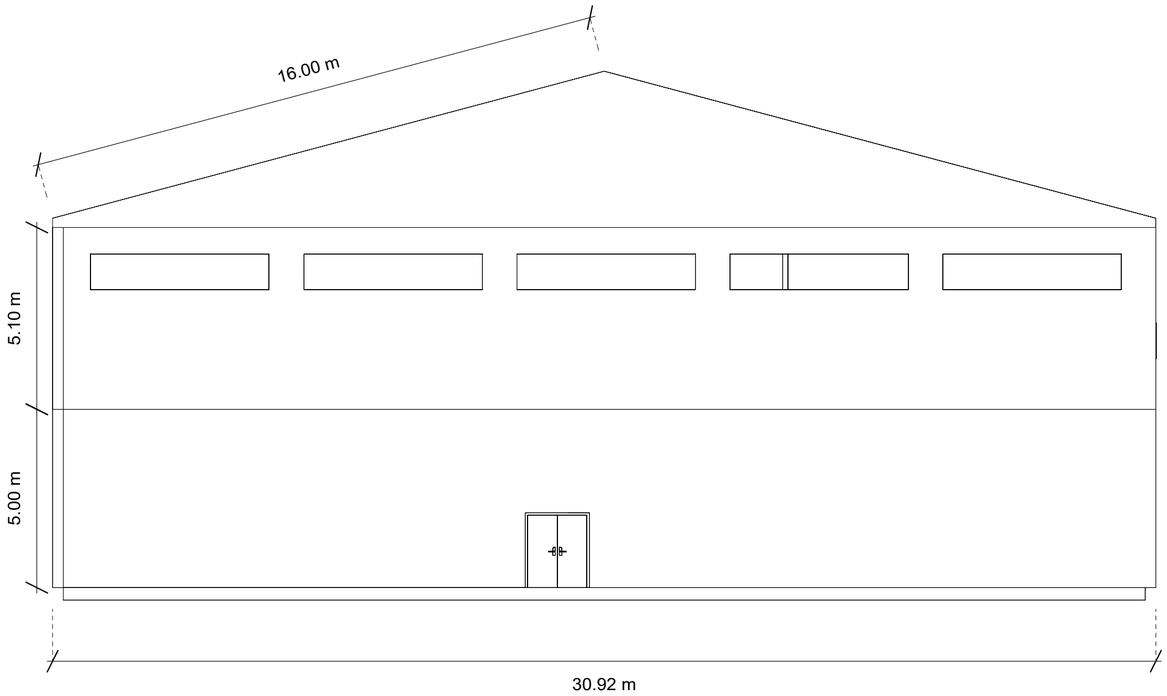
[15] Huawei, «SUN2000-100KTL-M2,» [En línea]. Available: https://solar.huawei.com/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolarV4%2Fsolar-version2%2Feurope%2Fes%2Fprofessionals%2Fall-products%2Fci%2Fsmart-pv-controller%2FSUN2000-100KTL-M2%2FSUN2000-100KTL-M2.pdf.

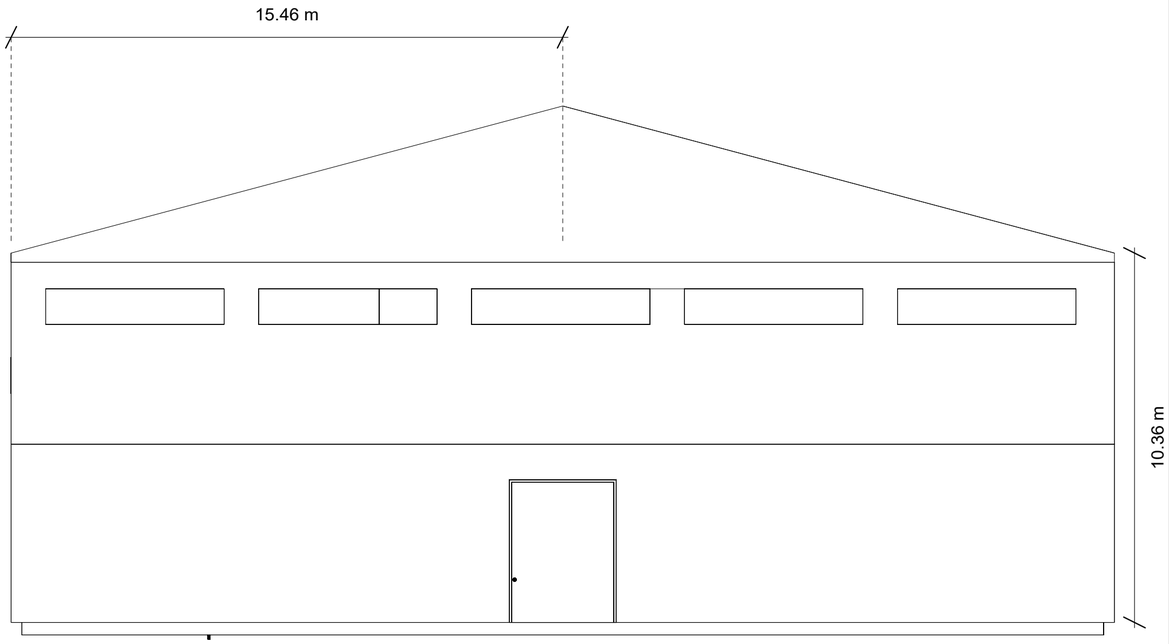
[16] S. Energy, «Catalogo comercial,» [En línea]. Available: https://sunferenergy.com/catalogo/.

CAPÍTULO 4. PLANOS

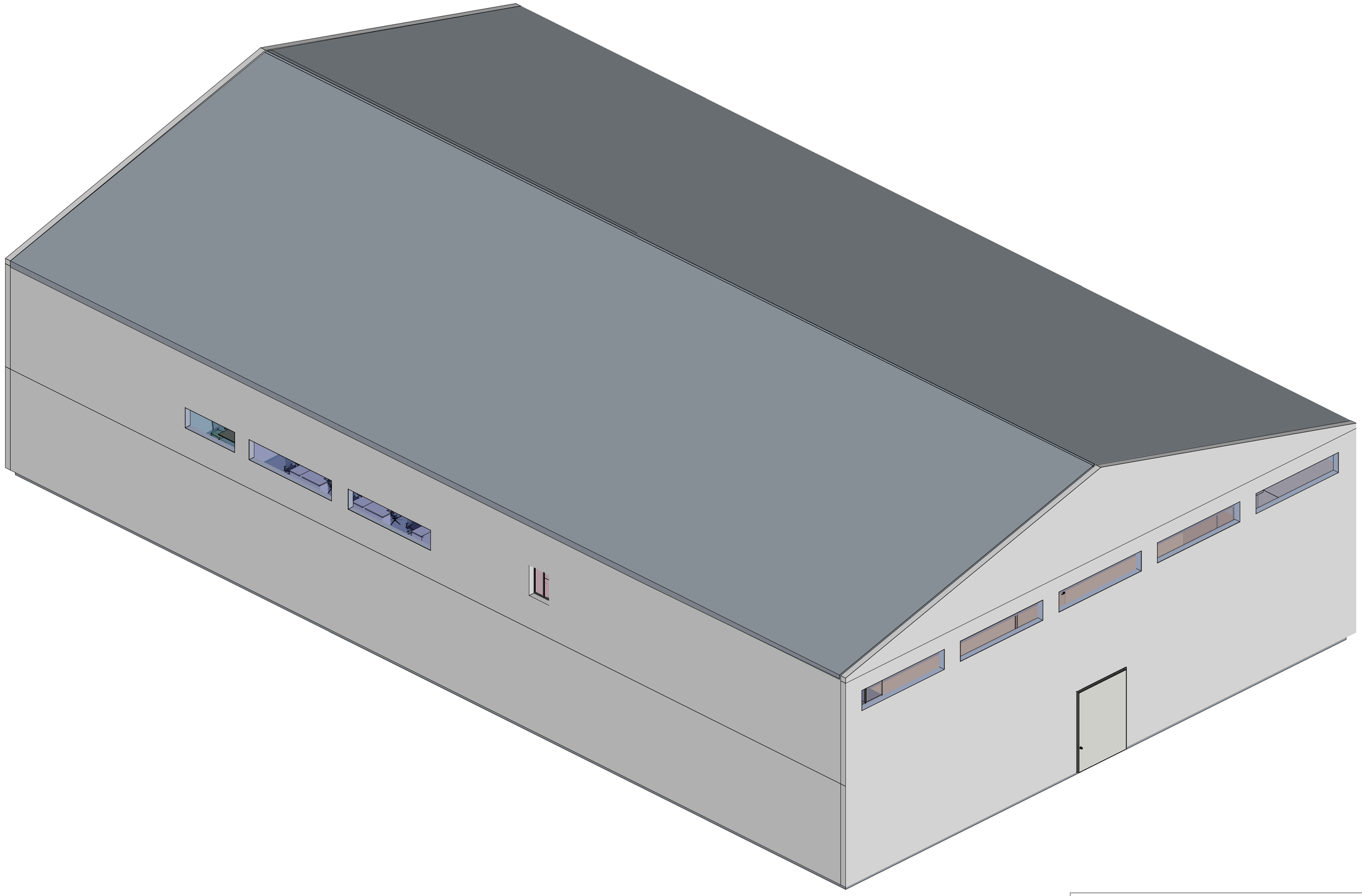


Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Vista de planta		Nº plano: 1
Escala: 1:100	Formato: A2	

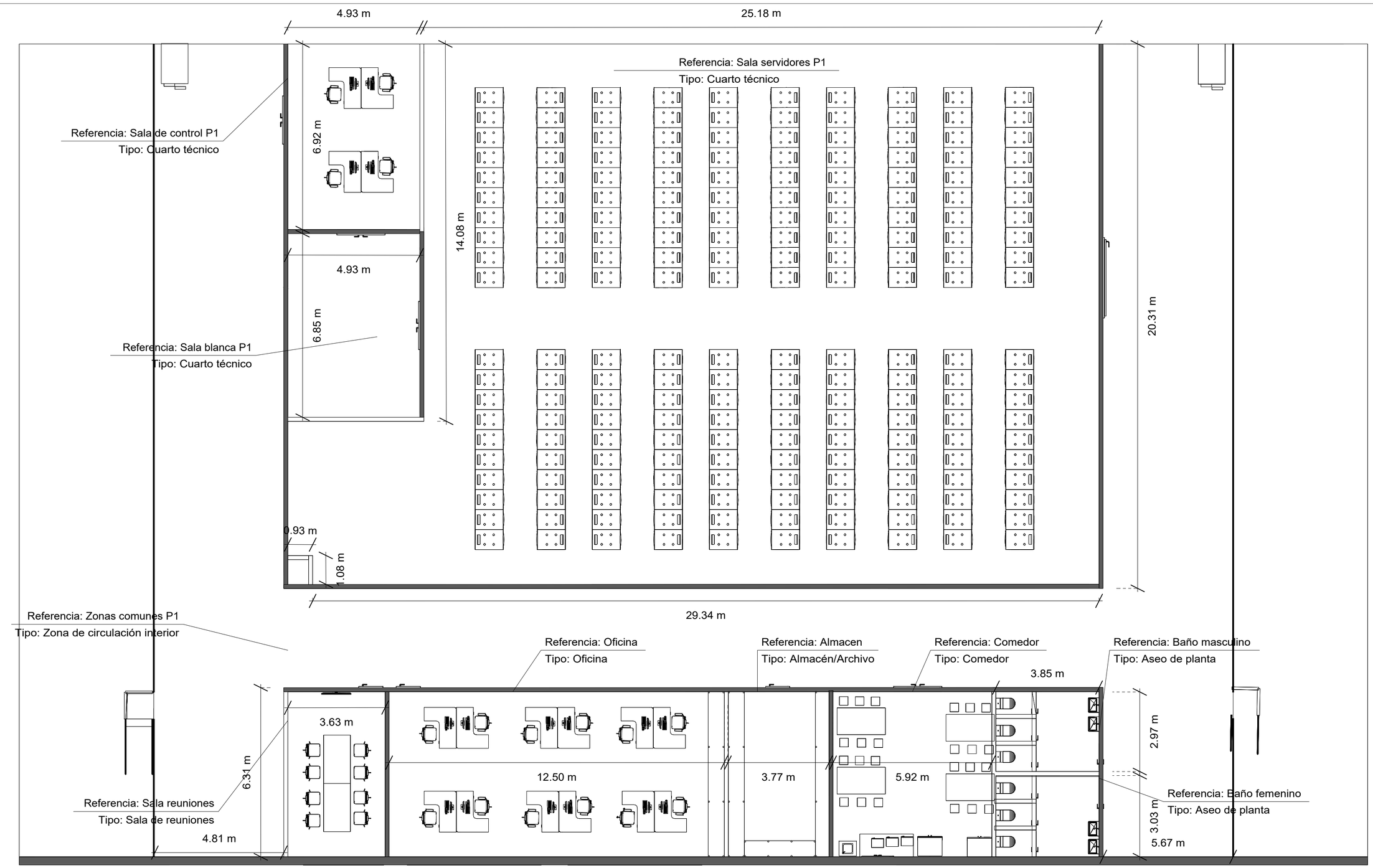




Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Vista de alzados		Nº plano: 2
Escala: 1:100	Formato: A2	

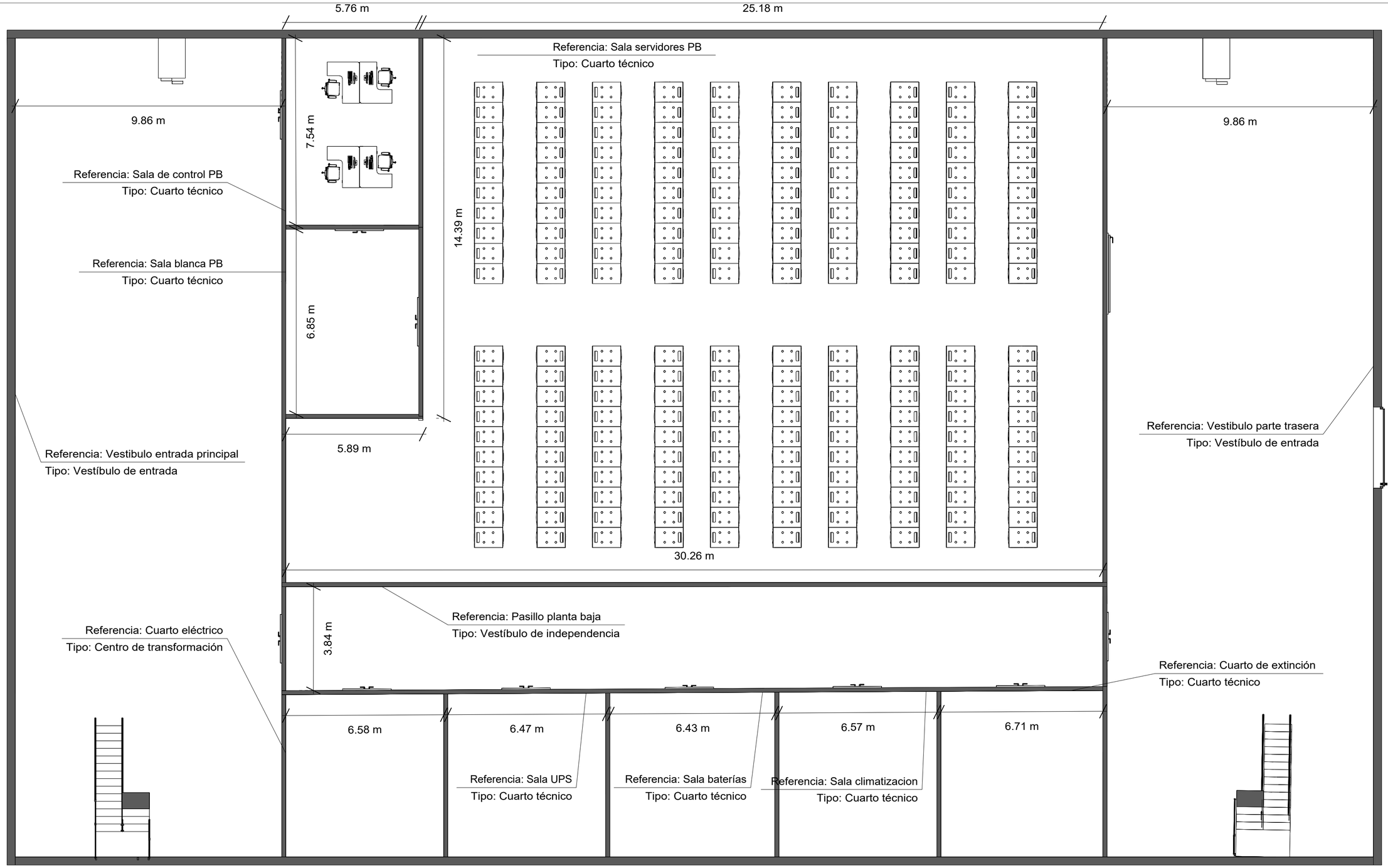


Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Vista 3 D		Nº plano: 3
Escala: N/A	Formato: A2	



Espacio	Tipo	Nivel	Superficie
Sala reuniones	Sala de reuniones	Planta 1	22.36 m2
Oficina	Oficina	Planta 1	77.93 m2
Almacen	Almacén/Archivo	Planta 1	23.15 m2
Comedor	Comedor	Planta 1	36.50 m2
Baño femenino	Aseo de planta	Planta 1	12.28 m2
Baño masculino	Aseo de planta	Planta 1	12.18 m2
Sala servidores P1	Cuarto técnico	Planta 1	538.57 m2
Sala de control P1	Cuarto técnico	Planta 1	34.11 m2
Sala blanca P1	Cuarto técnico	Planta 1	33.74 m2
Zonas comunes P1	Zona de circulación interior	Planta 1	731.48 m2
			Superficie total: 1522.30 m2

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Vista de planta P1		Nº plano: 4
Escala: 1:100	Formato: A2	



Espacio	Tipo	Nivel	Superficie
Sala servidores PB	Cuarto técnico	Planta Baja	538.56 m2
Sala blanca PB	Cuarto técnico	Planta Baja	35.00 m2
Sala de control PB	Cuarto técnico	Planta Baja	35.00 m2
Cuarto eléctrico	Centro de transformación	Planta Baja	35.25 m2
Sala UPS	Cuarto técnico	Planta Baja	35.41 m2
Sala baterías	Cuarto técnico	Planta Baja	37.19 m2
Sala climatizacion	Cuarto técnico	Planta Baja	35.78 m2
Cuarto de extinción	Cuarto técnico	Planta Baja	36.88 m2
Pasillo planta baja	Vestíbulo de independencia	Planta Baja	114.28 m2
Vestibulo entrada principal	Vestíbulo de entrada	Planta Baja	299.26 m2
Vestibulo parte trasera	Vestíbulo de entrada	Planta Baja	299.76 m2
			Superficie total: 1502.37 m2

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS

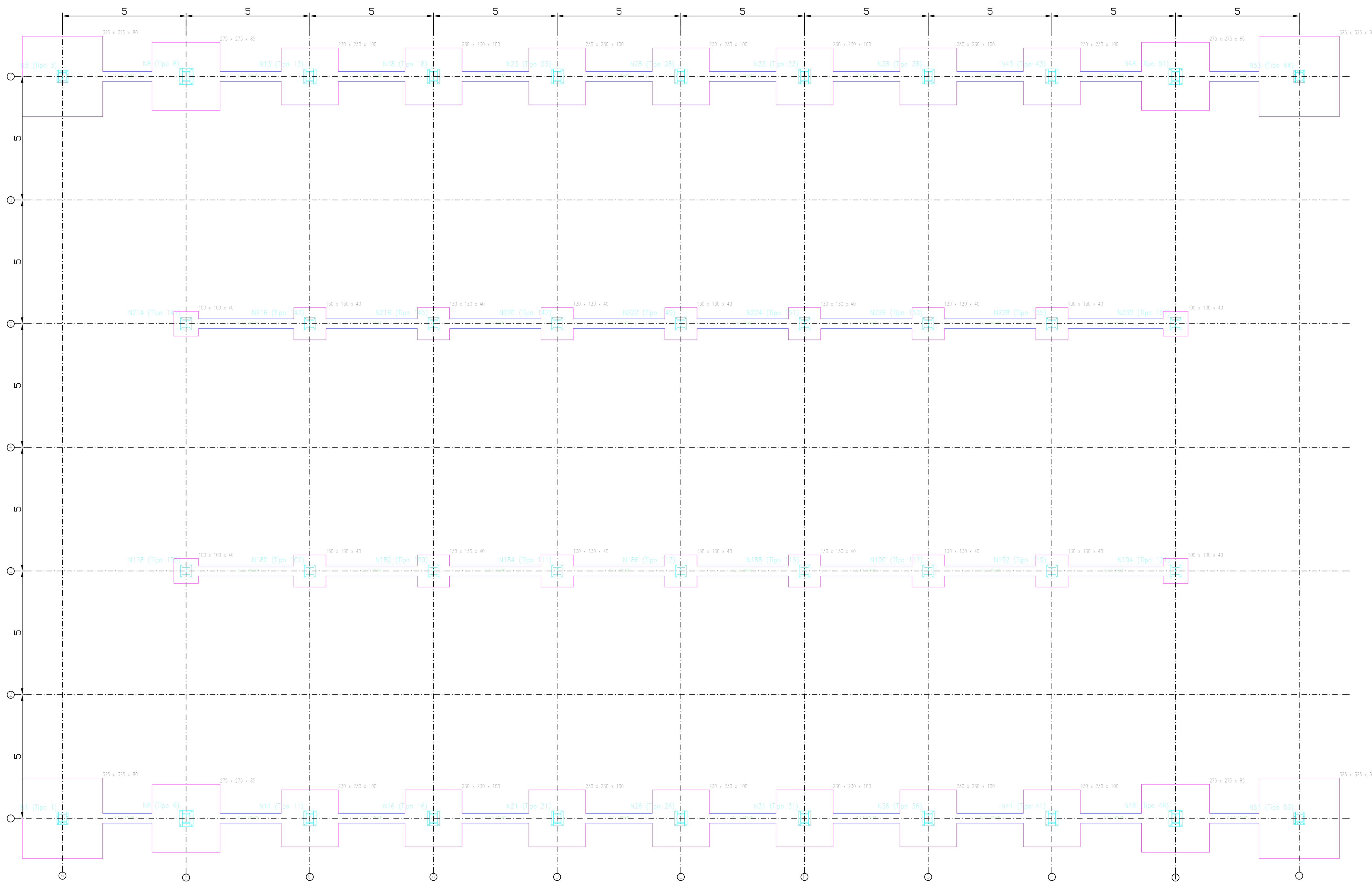
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA

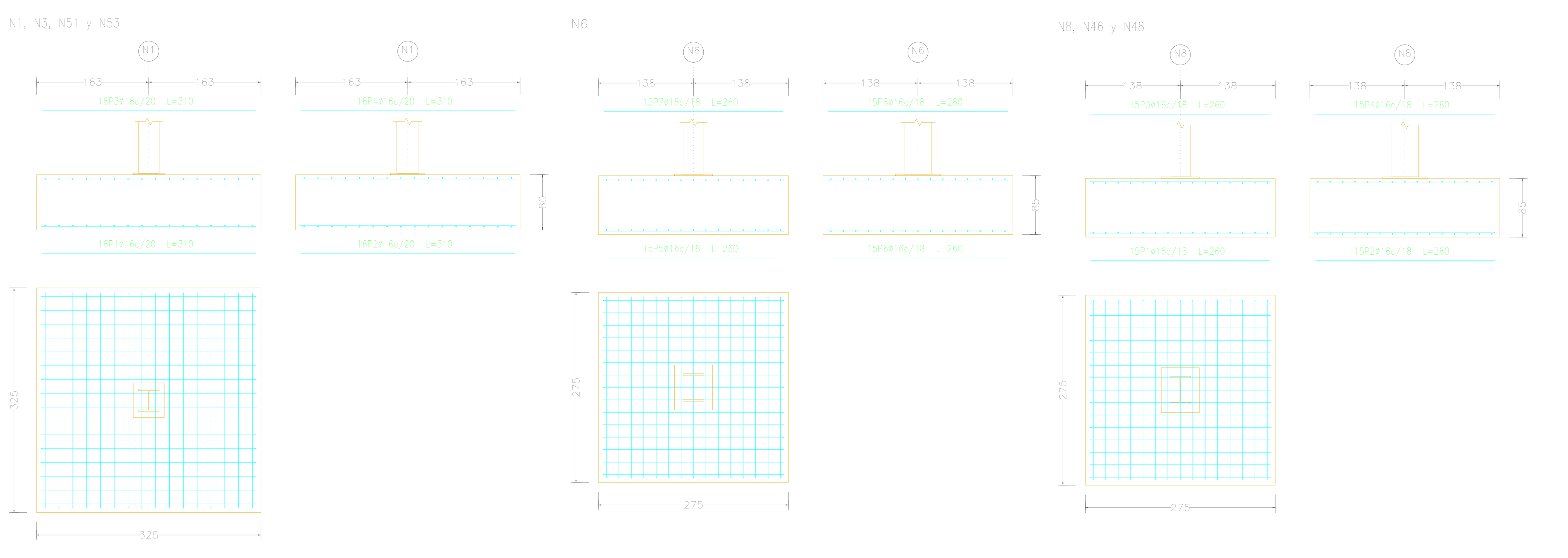
Vista de planta PB

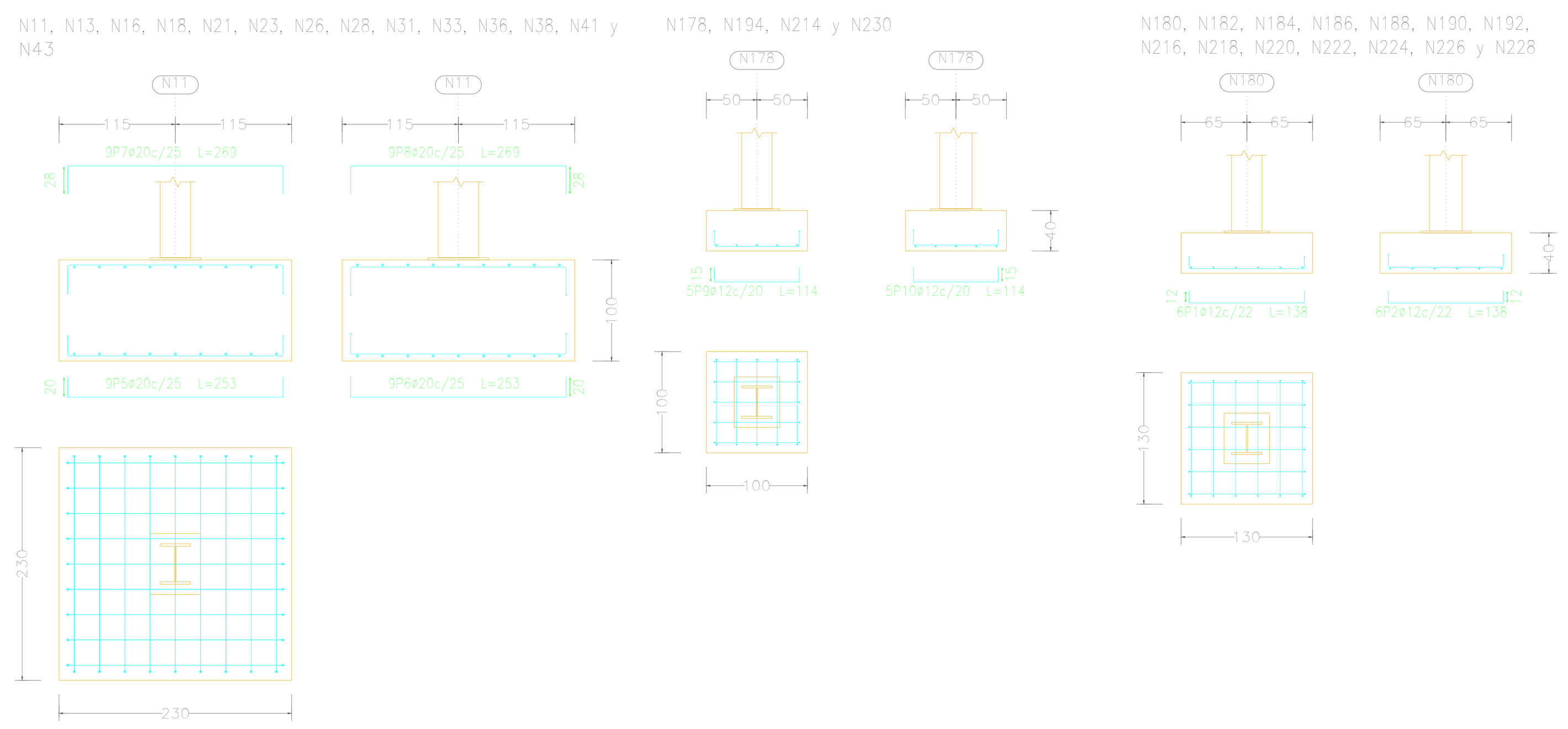
Nº plano: 5

Escala: 1:100

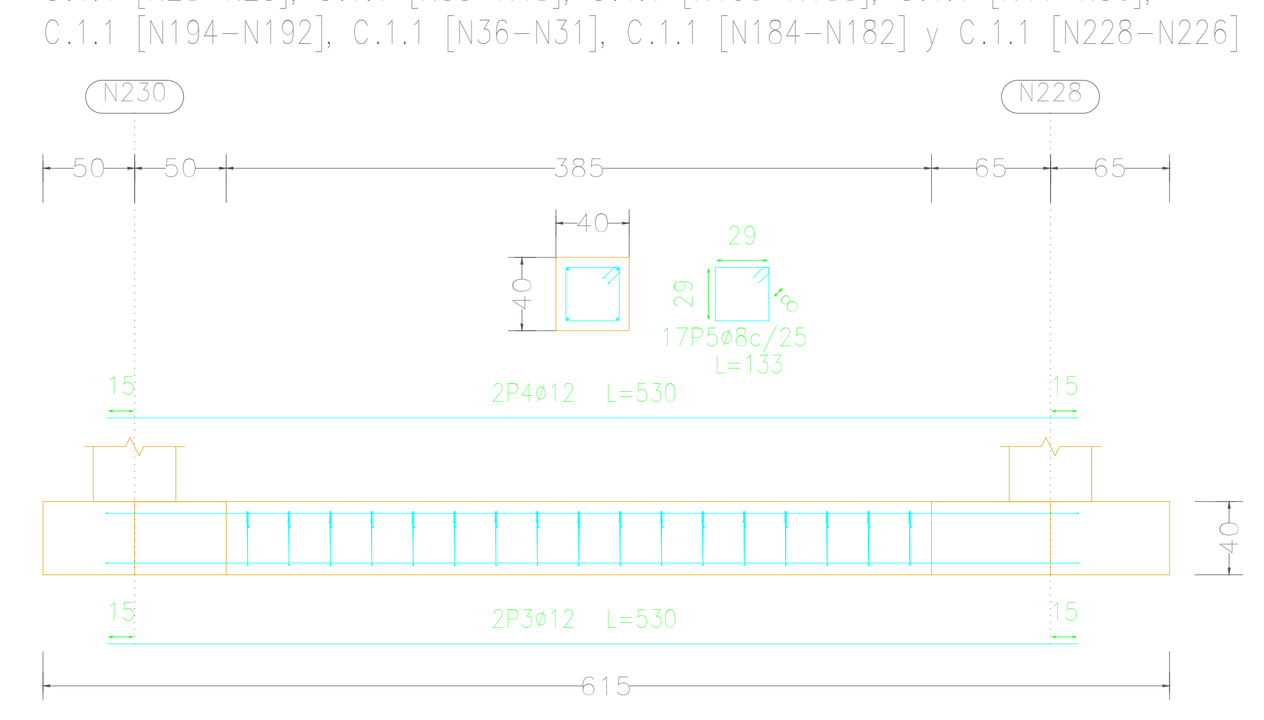
Formato: A2







C.1.1 [N230-N228], C.1.1 [N6-N1], C.1.1 [N31-N26], C.1.1 [N220-N218], C.1.1 [N8-N3], C.1.1 [N192-N190], C.1.1 [N46-N41], C.1.1 [N33-N28], C.1.1 [N11-N6], C.1.1 [N180-N178], C.1.1 [N48-N43], C.1.1 [N224-N222], C.1.1 [N188-N186], C.1.1 [N13-N8], C.1.1 [N216-N214], C.1.1 [N218-N216], C.1.1 [N21-N16], C.1.1 [N186-N184], C.1.1 [N51-N46], C.1.1 [N16-N11], C.1.1 [N43-N38], C.1.1 [N18-N13], C.1.1 [N222-N220], C.1.1 [N226-N224], C.1.1 [N26-N21], C.1.1 [N23-N18], C.1.1 [N182-N180], C.1.1 [N38-N33], C.1.1 [N28-N23], C.1.1 [N53-N48], C.1.1 [N190-N188], C.1.1 [N41-N36], C.1.1 [N194-N192], C.1.1 [N36-N31], C.1.1 [N184-N182] y C.1.1 [N228-N226]



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N1=N3=N51=N53	1	ø16	16	310	4960	78.3
	2	ø16	16	310	4960	78.3
	3	ø16	16	310	4960	78.3
	4	ø16	16	310	4960	78.3
					Total+10%:	344.5
					(x4):	1378.0
N6	5	ø16	15	260	3900	61.6
	6	ø16	15	260	3900	61.6
	7	ø16	15	260	3900	61.6
	8	ø16	15	260	3900	61.6
					Total+10%:	271.0
					ø16:	1649.0
					Total:	1649.0

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N8=N46=N48	1	ø16	15	260	3900	61.6
	2	ø16	15	260	3900	61.6
	3	ø16	15	260	3900	61.6
	4	ø16	15	260	3900	61.6
					Total+10%:	271.0
					(x3):	813.0
N11=N13=N16=N18=N21=N23 N26=N28=N31=N33=N36=N38 N41=N43	5	ø20	9	253	2277	56.2
	6	ø20	9	253	2277	56.2
	7	ø20	9	269	2421	59.7
	8	ø20	9	269	2421	59.7
					Total+10%:	255.0
					(x14):	3570.0
N178=N194=N214=N230	9	ø12	5	114	570	5.1
	10	ø12	5	114	570	5.1
					Total+10%:	11.2
					(x4):	44.8
					ø12:	44.8
					ø16:	813.0
					ø20:	3570.0
					Total:	4427.8

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N180=N182=N184=N186=N188 N190=N192=N216=N218=N220 N222=N224=N226=N228	1	ø12	6	138	828	7.4
	2	ø12	6	138	828	7.4
					Total+10%:	16.3
					(x14):	228.2
C.1.1 [N230-N228]=C.1.1 [N6-N1] C.1.1 [N31-N26] C.1.1 [N220-N218]=C.1.1 [N8-N3] C.1.1 [N192-N190] C.1.1 [N46-N41]=C.1.1 [N33-N28] C.1.1 [N11-N6] C.1.1 [N180-N178] C.1.1 [N48-N43] C.1.1 [N224-N222] C.1.1 [N188-N186] C.1.1 [N13-N8] C.1.1 [N216-N214] C.1.1 [N218-N216] C.1.1 [N21-N16] C.1.1 [N186-N184] C.1.1 [N51-N46]=C.1.1 [N16-N11] C.1.1 [N43-N38]=C.1.1 [N18-N13] C.1.1 [N222-N220] C.1.1 [N226-N224] C.1.1 [N26-N21]=C.1.1 [N23-N18] C.1.1 [N182-N180] C.1.1 [N38-N33]=C.1.1 [N28-N23] C.1.1 [N53-N48] C.1.1 [N190-N188] C.1.1 [N41-N36] C.1.1 [N194-N192] C.1.1 [N36-N31] C.1.1 [N184-N182] C.1.1 [N228-N226]	3	ø12	2	530	1060	9.4
	4	ø12	2	530	1060	9.4
	5	ø8	17	133	2261	8.9
					Total+10%:	30.5
					(x36):	1098.0
					ø8:	352.8
					ø12:	973.4
					Total:	1326.2

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N1, N3, N51 y N53	12 Pernos ø 20	Placa base (450x500x20)
N6, N8, N46 y N48	4 Pernos ø 32	Placa base (550x650x22)
N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36, N38, N41 y N43	4 Pernos ø 25	Placa base (500x600x22)
N178, N180, N182, N184, N186, N188, N190, N192, N194, N214, N216, N218, N220, N222, N224, N226, N228 y N230	4 Pernos ø 20	Placa base (450x500x18)

CUADRO DE VIGAS DE ATADO

C.1.1
Arm. sup.: 2ø12
Arm. inf.: 2ø12
Estribos: 1xø8c/25

Título: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS

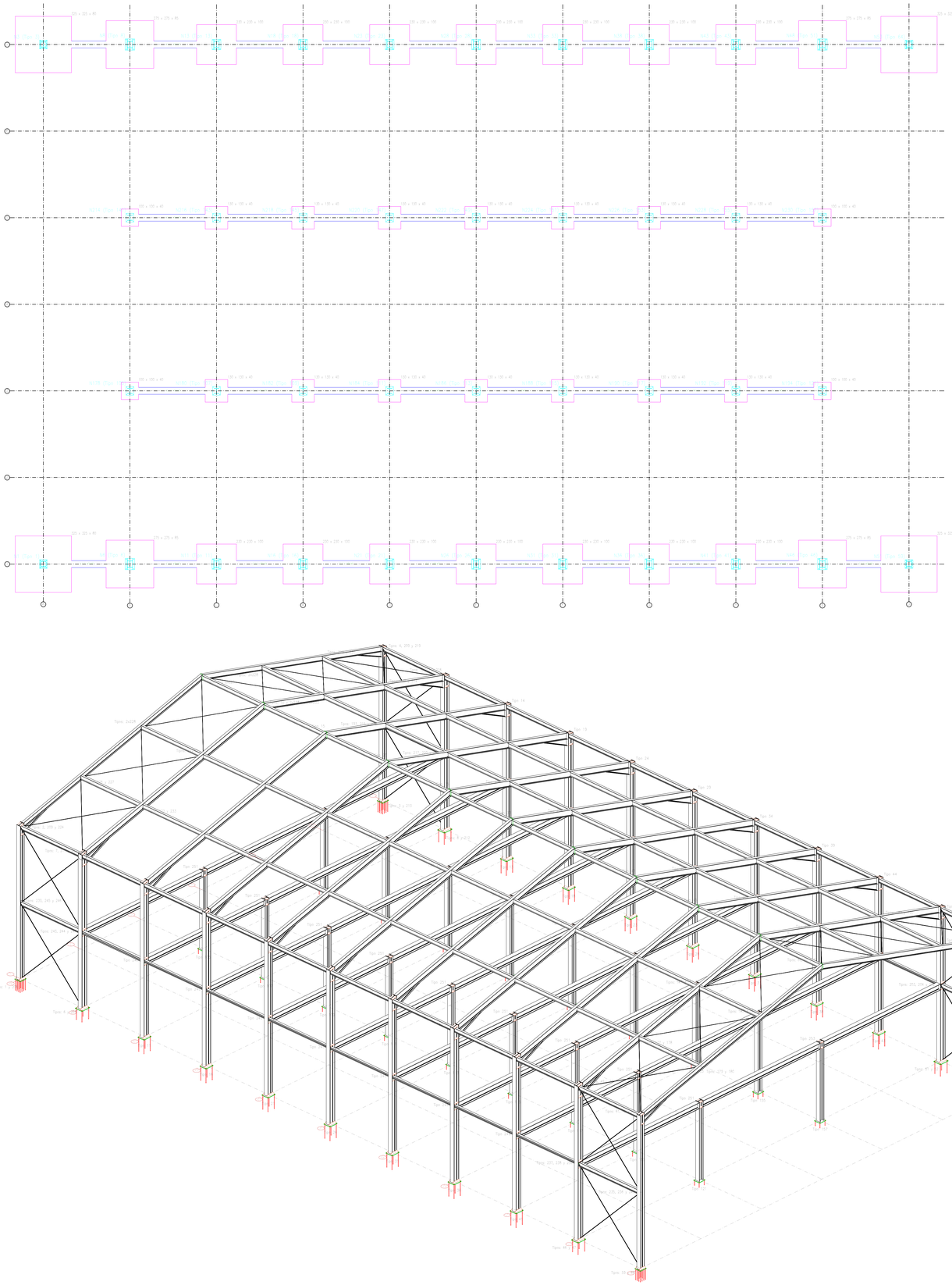
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA

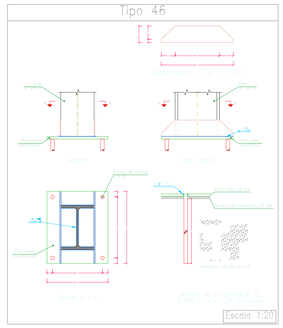
Plano general cimentación I

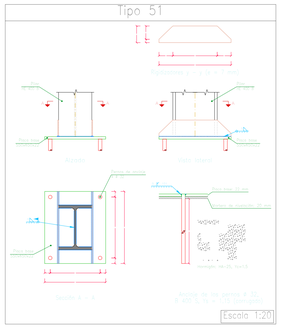
Nº plano: 6

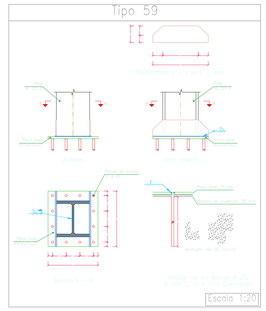
Escala: 1:50

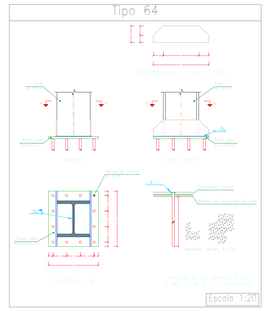
Formato: A0

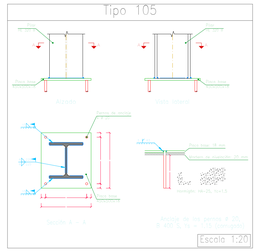


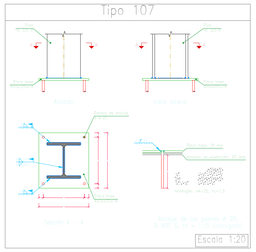


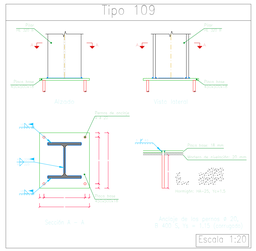


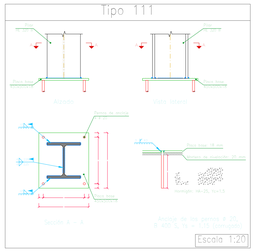


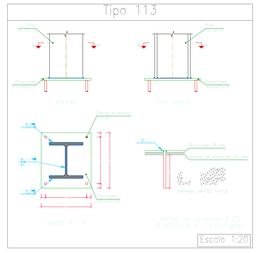


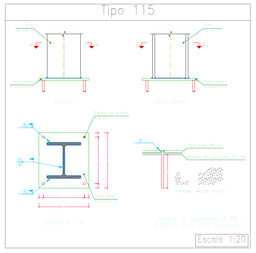


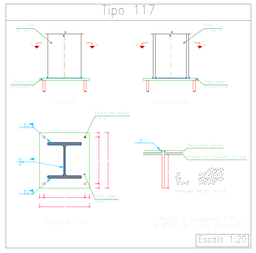


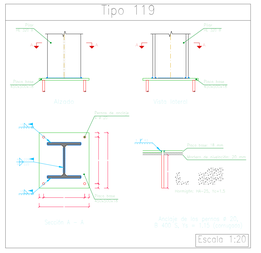


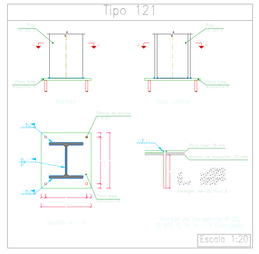


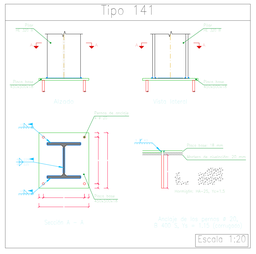


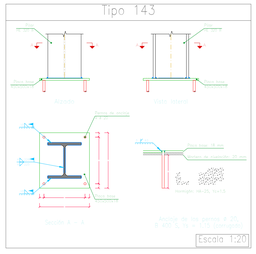


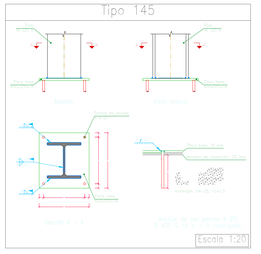


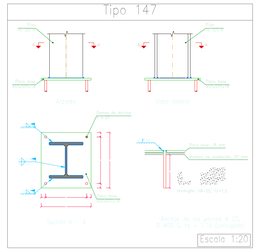


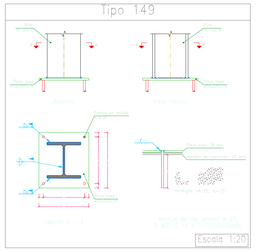


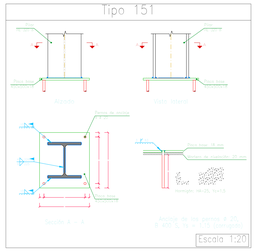


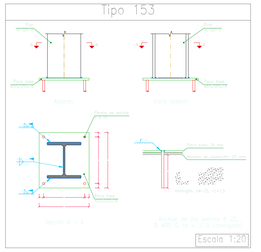


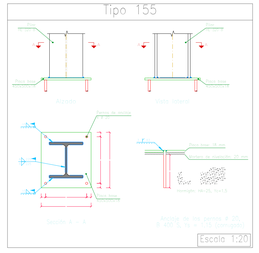


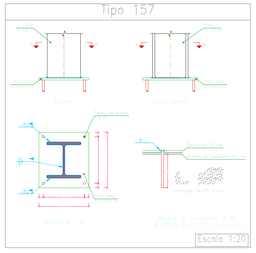




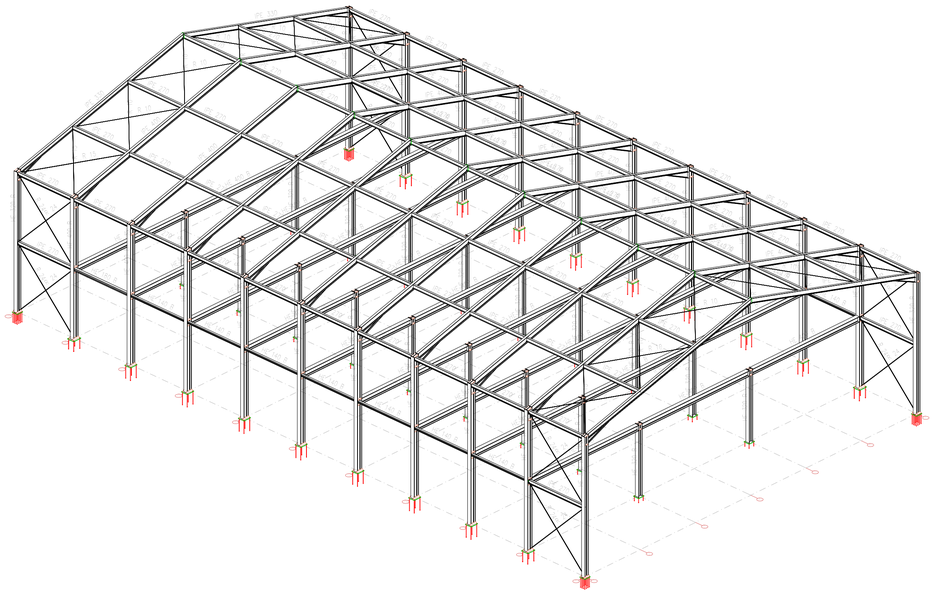




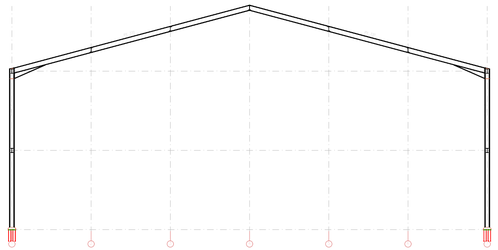




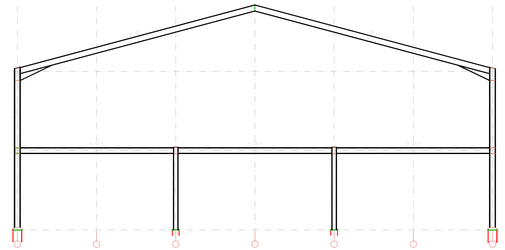
Título: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Plano general cimentación II		Nº plano: 7
Escala: 1:50	Formato: A0	



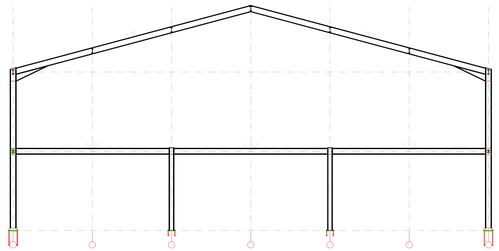
Pórtico A



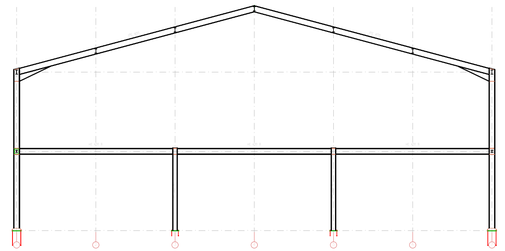
Pórtico B



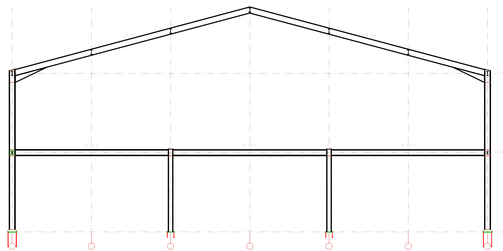
Pórtico C



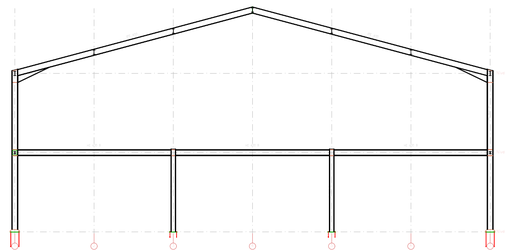
2D Pórtico D



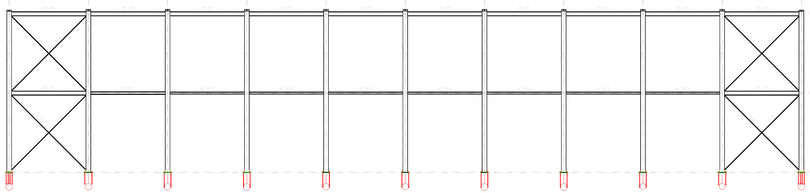
2D Pórtico E



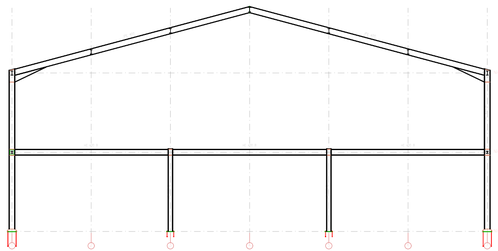
2D Pórtico F



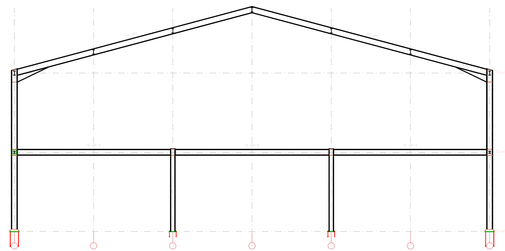
Pórtico 1



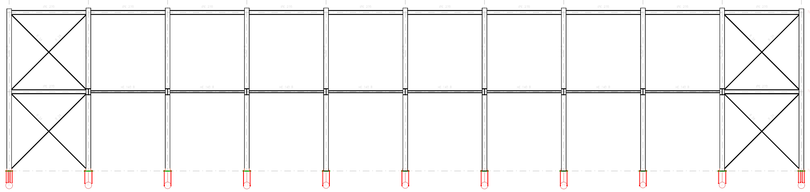
2D Pórtico G



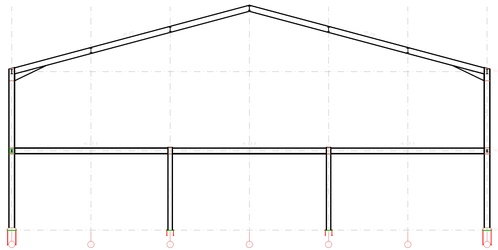
2D Pórtico H



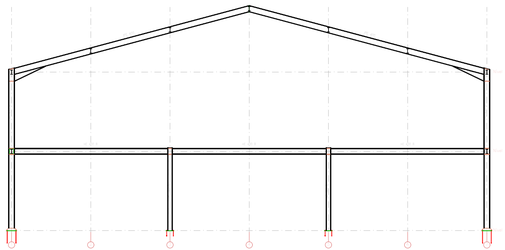
Pórtico 7



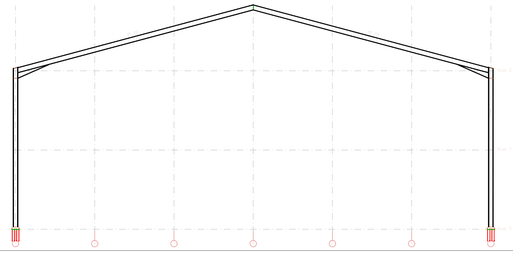
2D Pórtico I



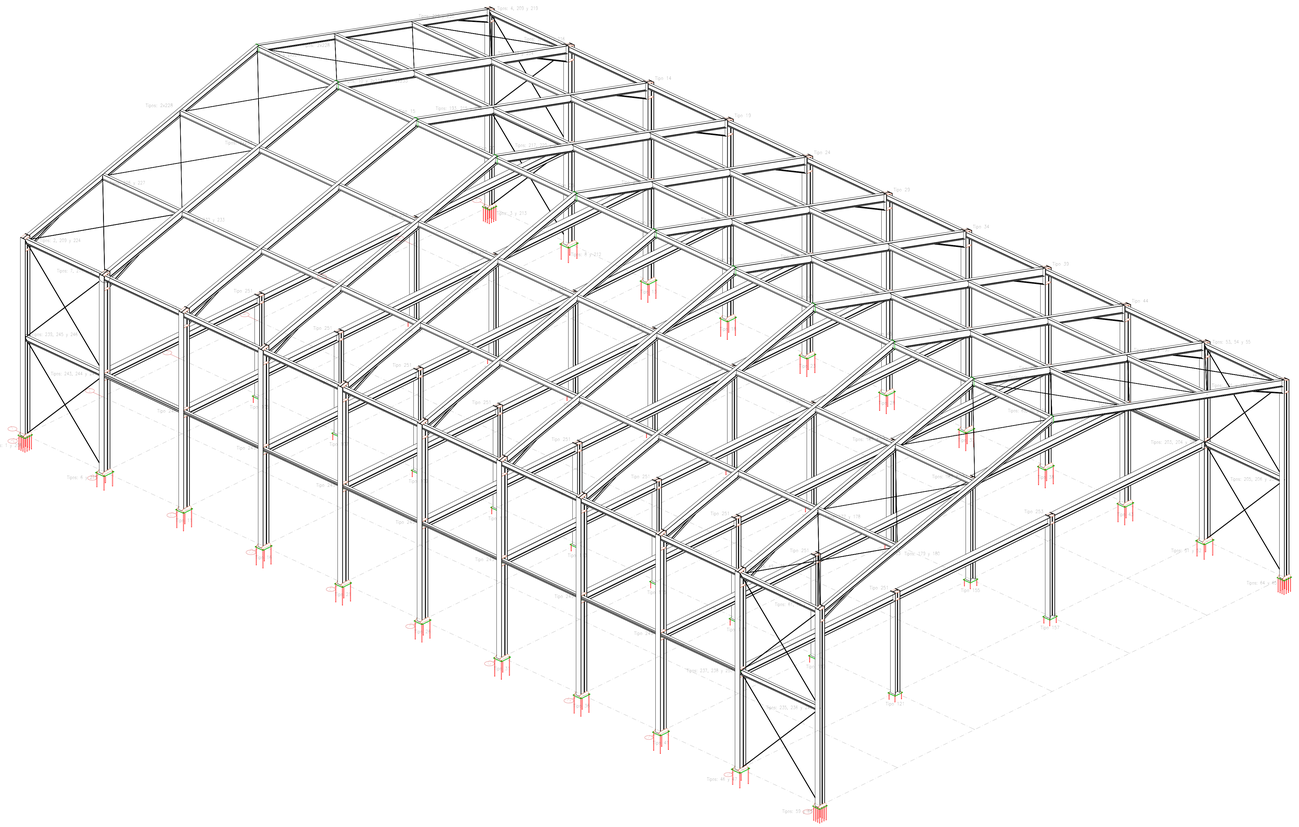
2D Pórtico J



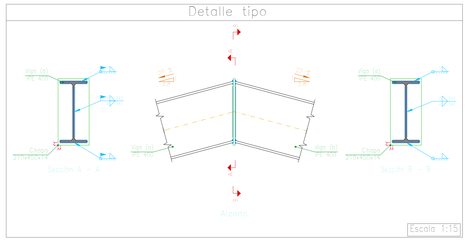
2D Pórtico K



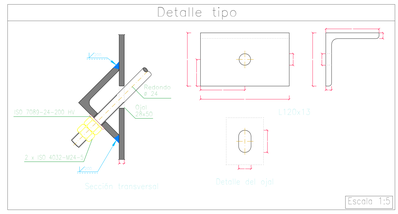
Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Plano de pórticos		Nº plano: 8
Escala: 1:200	Formato: A1	



Detalle tipo



Detalle tipo



Soldaduras

f_y (N/mm^2)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410,0	En taller	En ángulo	4	1,298
			5	1057,00
			6	1974,43
			7	38614
			8	640
			9	240,93
			12	455,88
		A tope en bisel simple	4	11,40
			6	2,980
			8	2880
			12	7670
			13	2,610
			15	1,360
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	5	2524
			9	49,24
			11	4,398
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	50971
			5	320
			6	12813
			7	20370
			8	60765
			9	23938
			10	20718
			12	37,519

Chapas

Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	8	288x140x12	20,44
		8	276x140x12	27,44
		36	364x140x14	201,78
		36	352x140x14	194,97
		72	352x140x20	496,33
		72	379x140x25	651,97
	Chapas	2	190x390x12	43,24
		8	210x420x14	92,97
		18	271x308x14	164,04
			Total	1975,66

Angulares

Material	Tipo	Descripción	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L45x4,5	520	1,45
		L50x5	1000	4,15
		L80x8	1440	15,13
		L110x12	3130	58,43
		L120x12	840	22,64
		L120x13	1460	33,82
		L120x15	880	18,02
			Total	138,66

Elementos de tornillería

Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 8	64	ISO 4032-M24
Arandelas	Dureza 200 HV	32	ISO 7089-24

Elementos de tornillería no normalizados

Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	64	A10
	32	A15
Arandelas	32	A10
	96	A15

Placa de anclaje

Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	18	490x500x18	677,26
		4	450x500x20	141,39
		14	500x690x22	725,34
		4	580x830x22	248,98
	Rigidizadores pasantes	8	200/320x150/162x4	25,61
		8	600/490x150/162x4	58,27
		28	600/490x120/162x4	121,86
			Total	1815,60
B 400 S, ys = 1,15 (corrugado)	Pernos de anclaje	48	ϕ 25 - L = 760	83,97
		12	ϕ 25 - L = 308	83,57
		24	ϕ 25 - L = 1	276,67
		12	ϕ 32 - L = 864	82,43
		4	ϕ 32 - L = 974	79,55
			Total	444,17

UNIONES SOLDADAS EN ESTRUCTURA METÁLICA

NORMA:

CTE DB SE-A; Código Técnico de la Edificación, Seguridad estructural, Acero. Apartado 8.4. Resistencia de los medios de unión, Uniones soldadas.

MATERIALES:

- Perfiles (Material base): S275.
- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS:

1) Los siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de los piezas a unir sean de menos de 4 mm.

2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de los piezas a unir.

3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.

4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.

5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo b deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo está comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:

- Si se cumple que b > 120° (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
- Si se cumple que b < 60 (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.





COMPROBACIONES:

a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:

En este caso, no es necesario ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual o la de la más débil de las piezas unidas.

b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:

Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).

c) Cordones de soldadura en ángulo:

Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

REFERENCIAS Y SIMBOLOGÍA

a[mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a los caras exteriores, entre todas las triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.a CTE DB SE-A

l[mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

MÉTODO DE REPRESENTACIÓN DE SOLDADURAS

Referencias:
1: línea de la flecha
2a: línea de referencia (línea continua)
2b: línea de identificación (línea a trazos)
3: símbolo de soldadura
4: indicaciones complementarios
4b: Unión

Referencias 1, 2a y 2b

El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.

El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

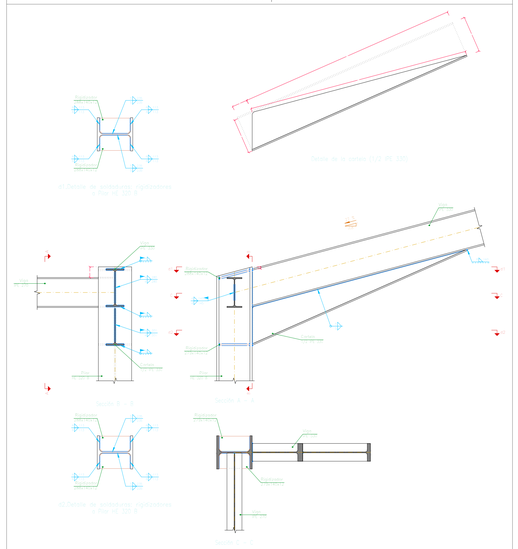
Referencia 3

Designación	Representación	Símbolo
Soldadura en ángulo		
Soldadura a tope en "V" simple (con chaflán)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

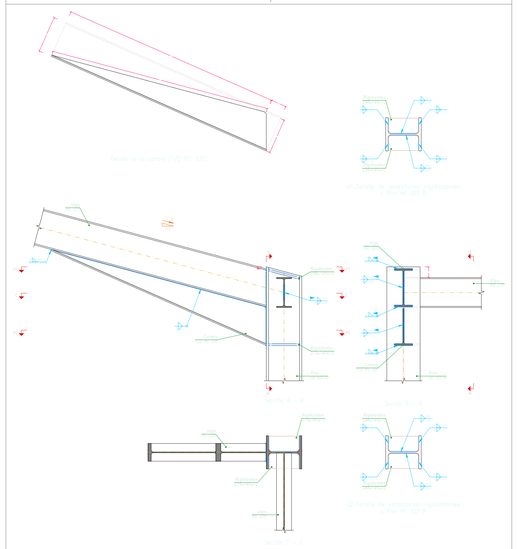
Referencia 4

Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje

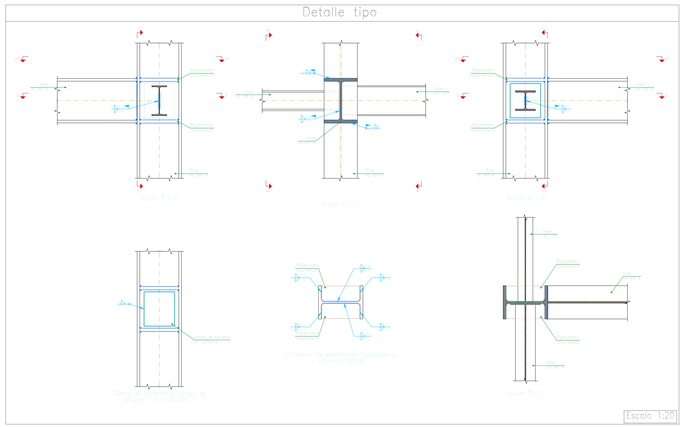
Detalle tipo



Detalle tipo

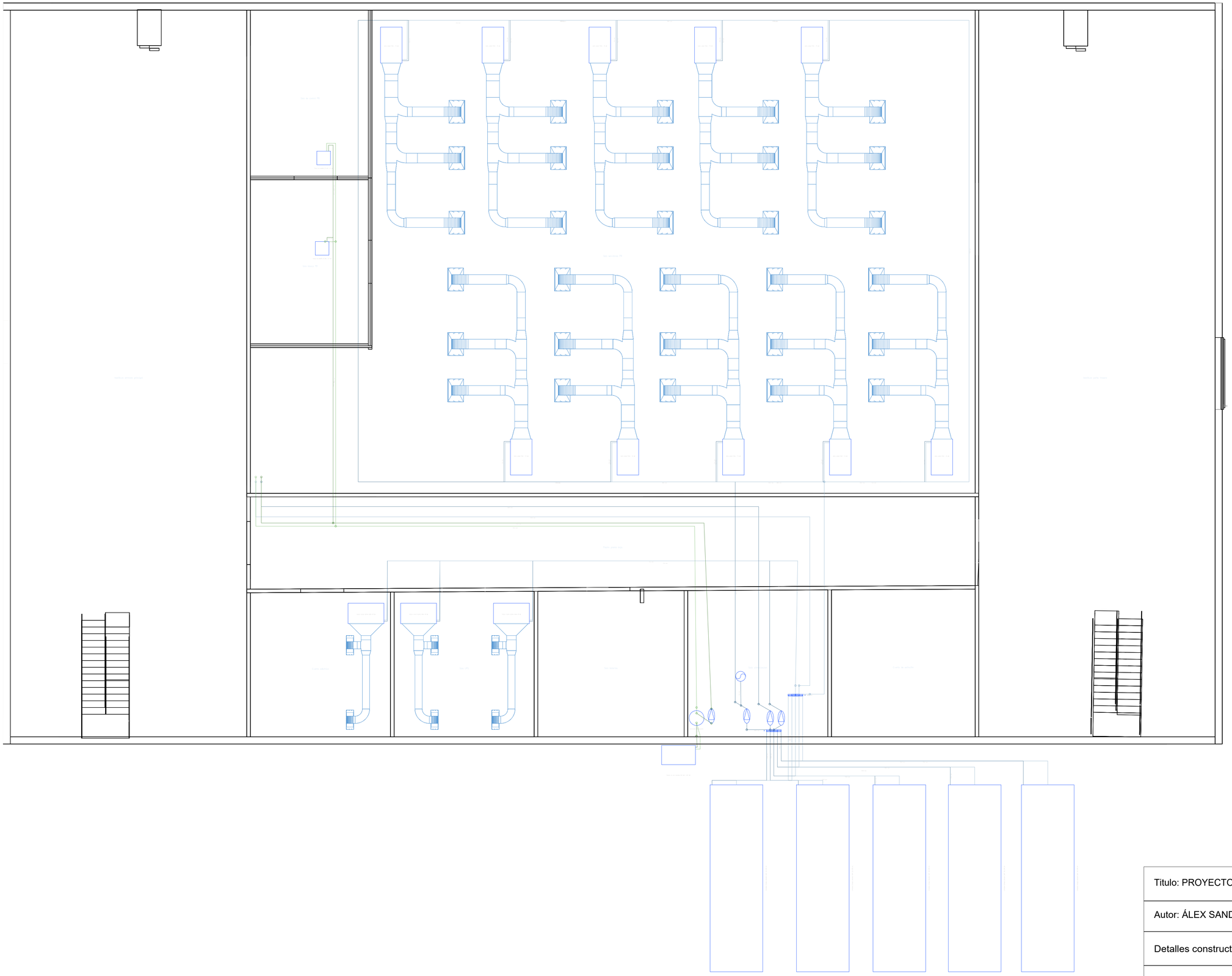


Detalle tipo



Título: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS	
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA	
Plano uniones	Nº plano: 9
Escala: Varias / Formato: A0	

Edificio 1 – Planta Baja



Bombas de calor aire-agua, 2 tubos	
Selección	Cantidad
Enfriadora Sintesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	5
Bomba de calor reversible 26.2 kW / 29.1 kW	1
Bombas	
Selección	Cantidad
Bomba WILO Stratos GIGA2.0-I	4
Acumuladores	
Selección	Cantidad
Acumulador climatización	1
Colectores	
Selección	Cantidad
	2
Fancoils, 2 tubos	
Selección	Cantidad
Fancoil de cassette 2.0 kW / 2.7 kW	4
Fancoil de cassette 4.9 kW / 5.6 kW	2
Fancoil de cassette 3.4 kW / 3.8 kW	1
Vertiv Liebert PCW – 75 kW	20
Fancoil Carrier Idrofan 42NH 30 kW	3

Elementos	
	Vaso de expansión
	Bomba
Tuberías	
	Refrigeración, Impulsión
	Refrigeración, Retorno
	Refrigeración y calefacción, Impulsión
	Refrigeración y calefacción, Retorno

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS

Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA

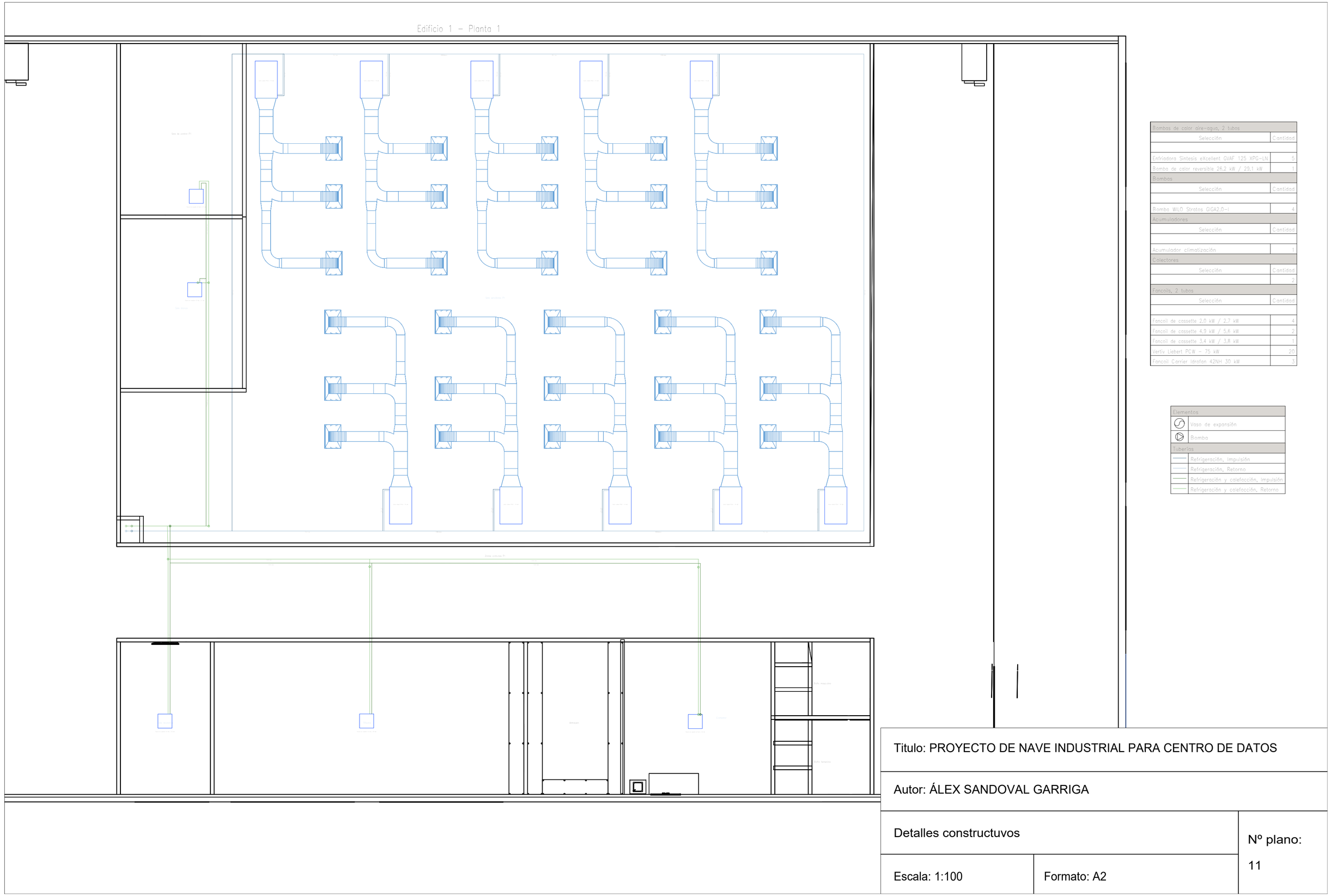
Detalles constructuvos

Nº plano: 10

Escala: 1:100

Formato: A1

Edificio 1 – Planta 1



Bombas de calor aire-agua, 2 tubos	
Selección	Cantidad
Enfriadora Síntesis eXcellent GVAF 125 XPG-LN	5
Bomba de calor reversible 26.2 kW / 29.1 kW	1
Bombas	
Selección	Cantidad
Bomba WILO Stratos GIGA2.0-I	4
Acumuladores	
Selección	Cantidad
Acumulador climatización	
Colectores	
Selección	Cantidad
	2
Fancoils, 2 tubos	
Selección	Cantidad
Fancoil de cassette 2.0 kW / 2.7 kW	4
Fancoil de cassette 4.9 kW / 5.6 kW	2
Fancoil de cassette 3.4 kW / 3.8 kW	1
Vertiv Liebert PCW – 75 kW	20
Fancoil Carrier Idrofan 42NH 30 kW	3

Elementos	
	Vaso de expansión
	Bomba
Tuberías	
	Refrigeración, Impulsión
	Refrigeración, Retorno
	Refrigeración y calefacción, Impulsión
	Refrigeración y calefacción, Retorno

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS

Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA

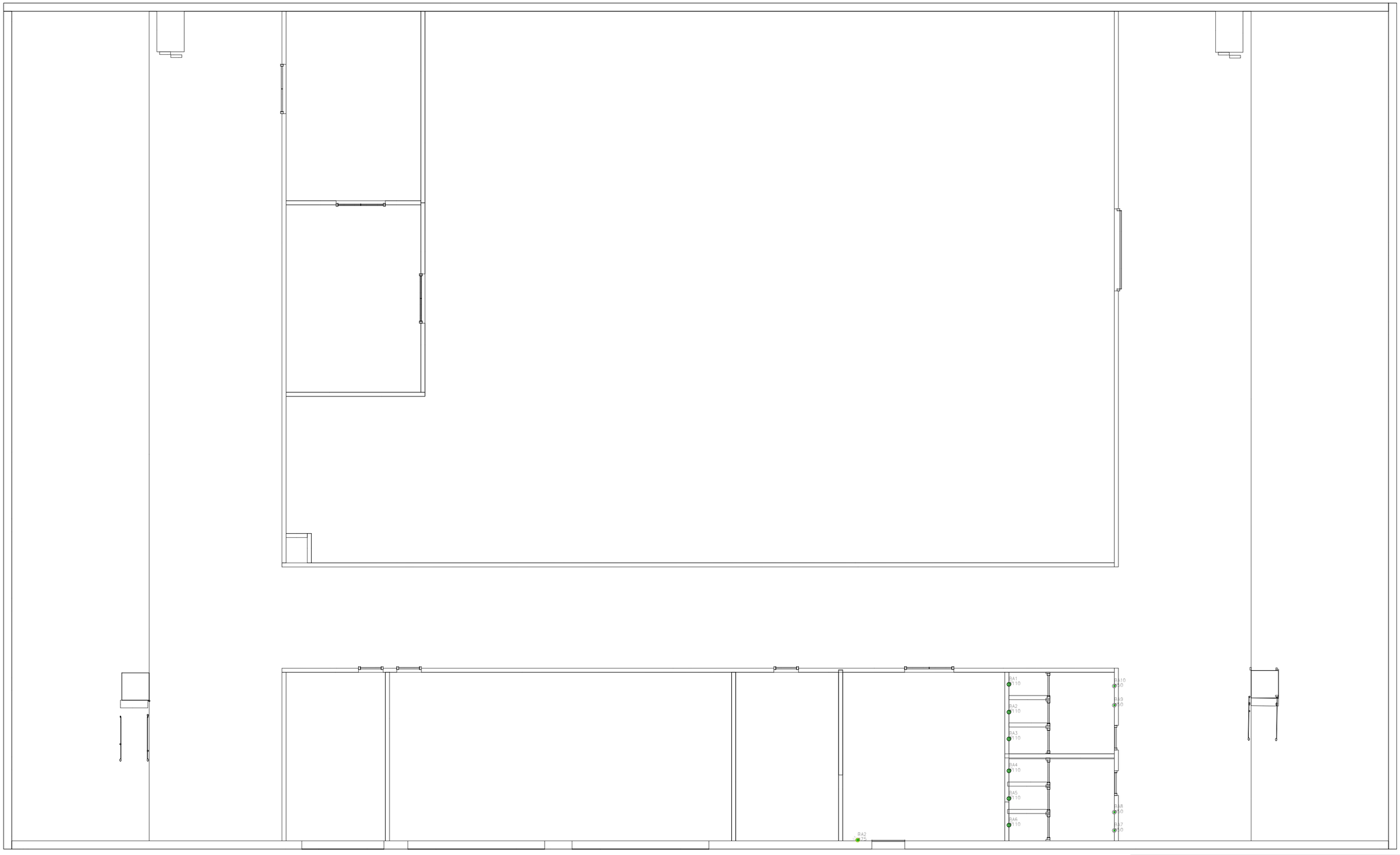
Detalles constructuvos

Escala: 1:100

Formato: A2

Nº plano:
11

Edificio 1 - Planta 1



Tubería horizontal			
Bajante de aguas	PVC serie B	Aguas residuales	

Catálogo de tuberías	
PVC serie B	PVC B, según EN 1329-1

Descargas				
In	Inodoro con cisterna	Inodoro con cisterna, para uso privado	100 mm	Aguas residuales
Lv	Lavabo, con sifón individual	Lavabo para uso privado	32 mm	Aguas residuales
Fr	Fregadero de cocina, con sifón individual	Fregadero de cocina, para uso privado	40 mm	Aguas residuales

Simbología		
Descarga	Aguas residuales	⊗
Descarga	Aguas residuales	⊗
Descarga	Aguas residuales	⊗
Bajante	Aguas residuales	○

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Plano saneamiento P1		Nº plano: 12
Escala: 1:100	Formato: A1	

Edificio 1 – Planta Baja

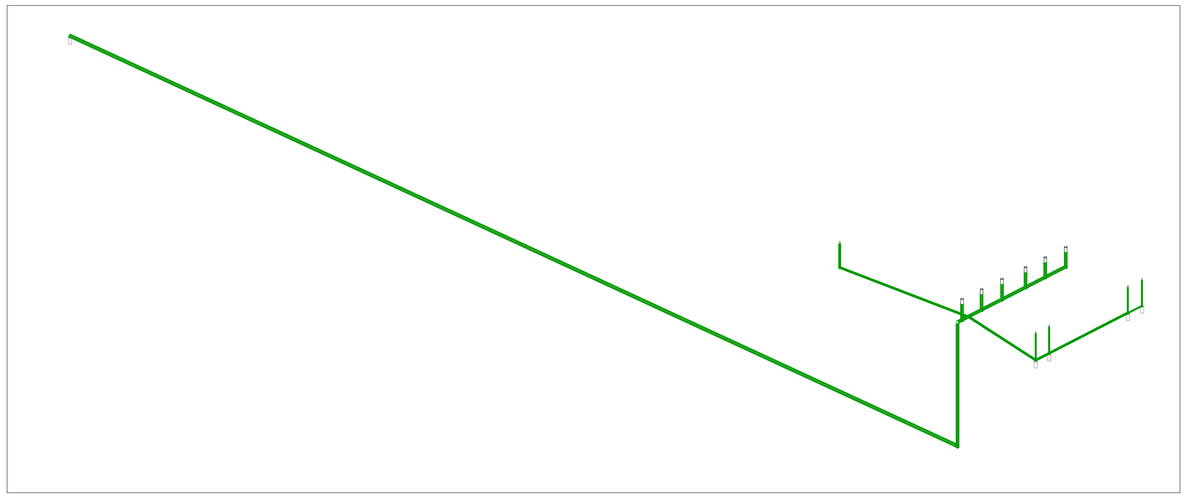


Tubería horizontal			
Bajante de aguas	PVC serie B	Aguas residuales	
Colector colgado	PVC serie B	Aguas residuales	

Catálogo de tuberías
PVC serie B | PVC serie B, según EN 1329-1

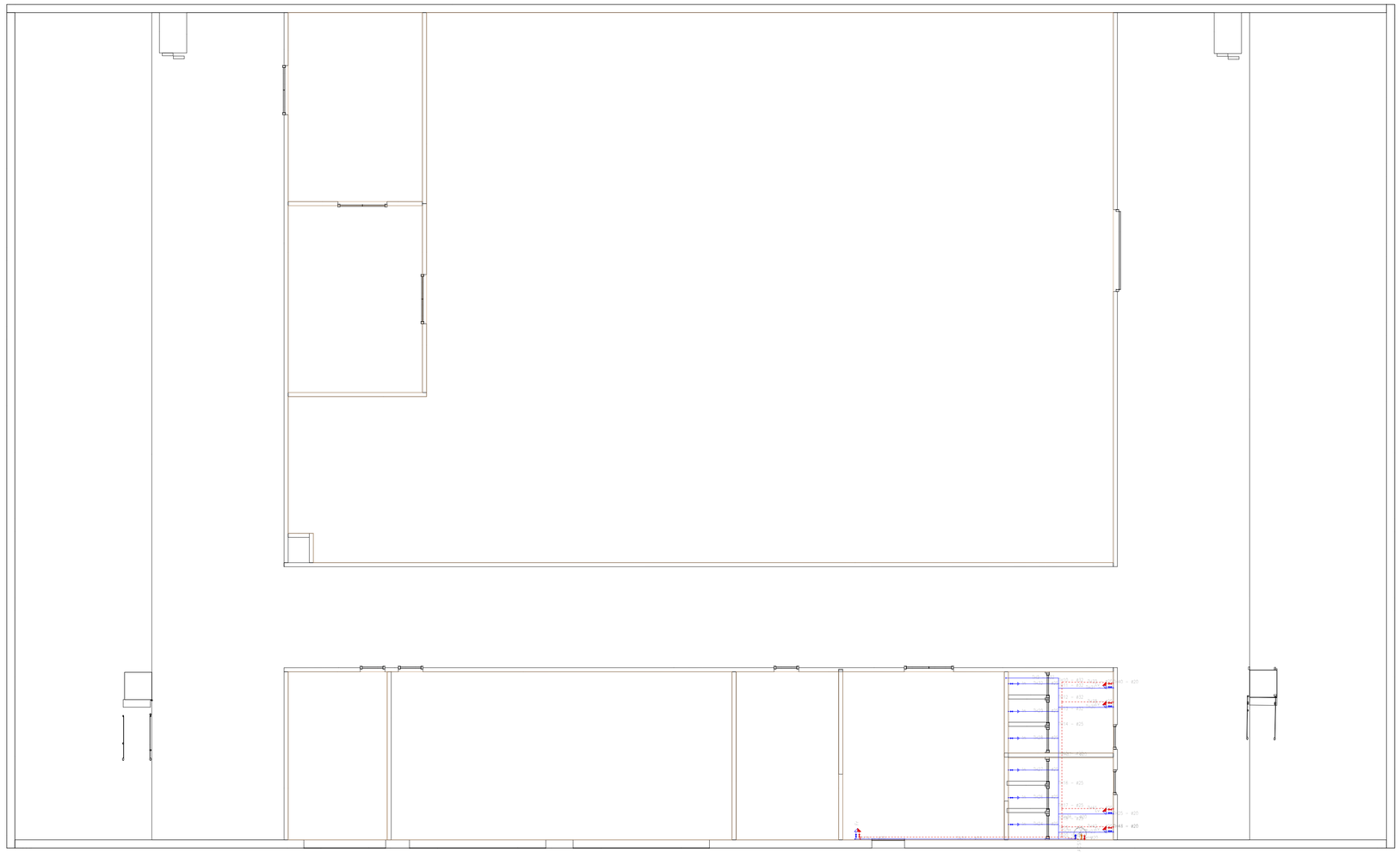
Simbología		
Punto de acometida	Aguas residuales y pluviales	
Bajante	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	

Detalle 3D



Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Detalles constructuvos		Nº plano: 13
Escala: 1:100	Formato: A1	

Edificio 1 - Planta 1



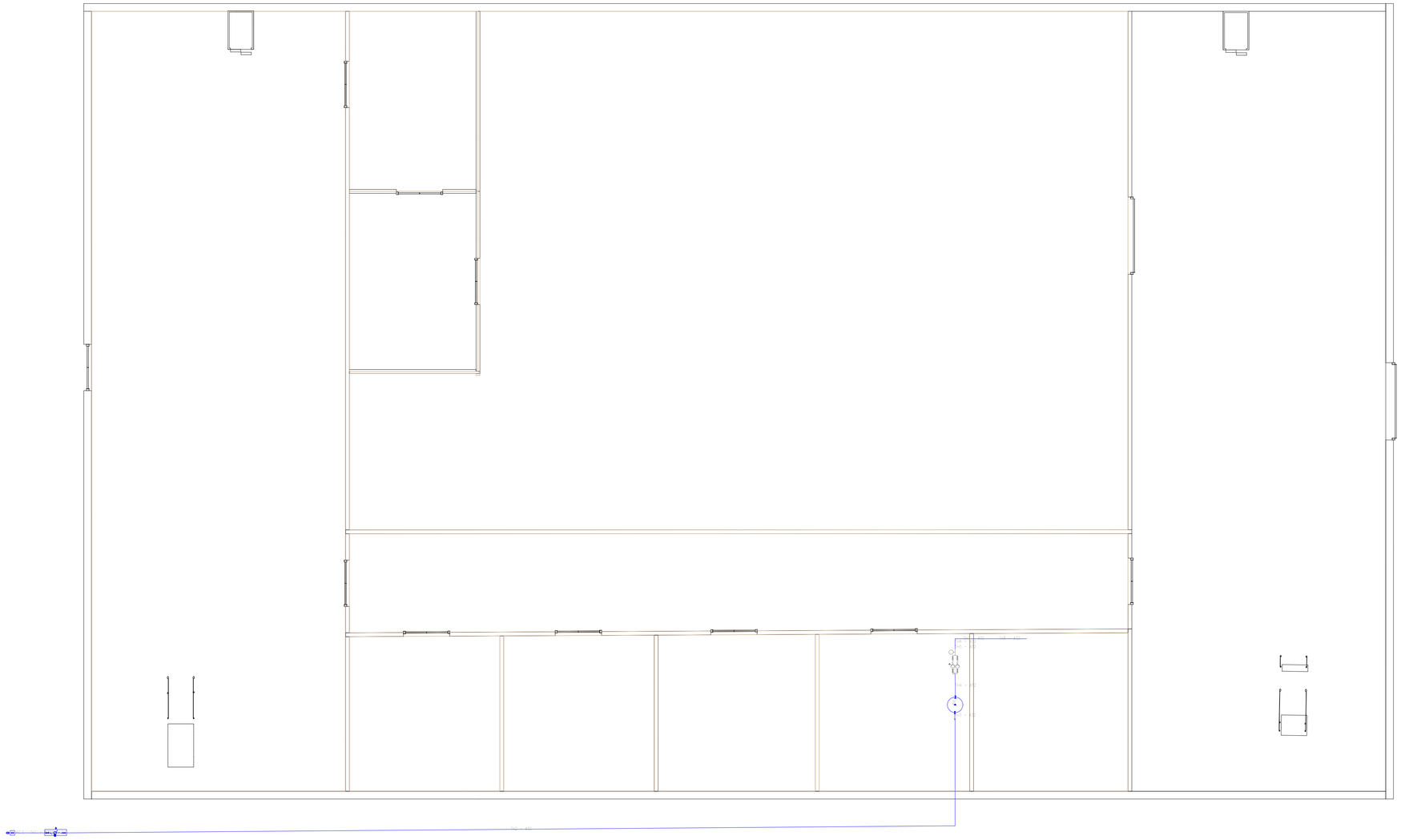
Simbología		
Tipo	Referencia	Símbolo
Consumo	Inodoro con cisterna	
Consumo	Lavabo	
Consumo	Fregadero doméstico	
Producción de A.C.S.	Producción de A.C.S. con acumulación	
Tramo más desfavorable agua fría	Tubo de alimentación	
Tubería agua fría	Derivación de aparato	
Tramo más desfavorable agua caliente	Derivación particular	
Tramo más favorable agua caliente	Derivación de aparato	

Catálogo de tuberías	
	Tubería de polipropileno copolímero random con elevada resistencia a la presión (PP-RP), con capa intermedia de fibra de vidrio MF (FASER), Serie 4 / SDR 9, opaca, con coeficiente de dilatación térmica 0,035 mm/m°C, de color verde RAL 6018 con franjas verde musgo, fabricado según UNE EN ISO 21003, UNE EN ISO 15874 y HR3.28, con certificado AENOR de conformidad N°001/006658, según especificación técnica RP 01.78, y SKZ, A-R44/832.
Policloruro de vinilo clorado (PVC-C)	Tubería de policloruro de vinilo clorado (PVC-C). PN=16 atm, según ISO 15877-2.

Consumos	
I.I.	Inodoro con cisterna - 12 mm
L.V.	Lavabo - 12 mm
F.F.	Fregadero doméstico - 12 mm

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Plano saneamiento P1		Nº plano: 14
Escala: 1:100	Formato: A1	

Edificio 1 – Planta Baja



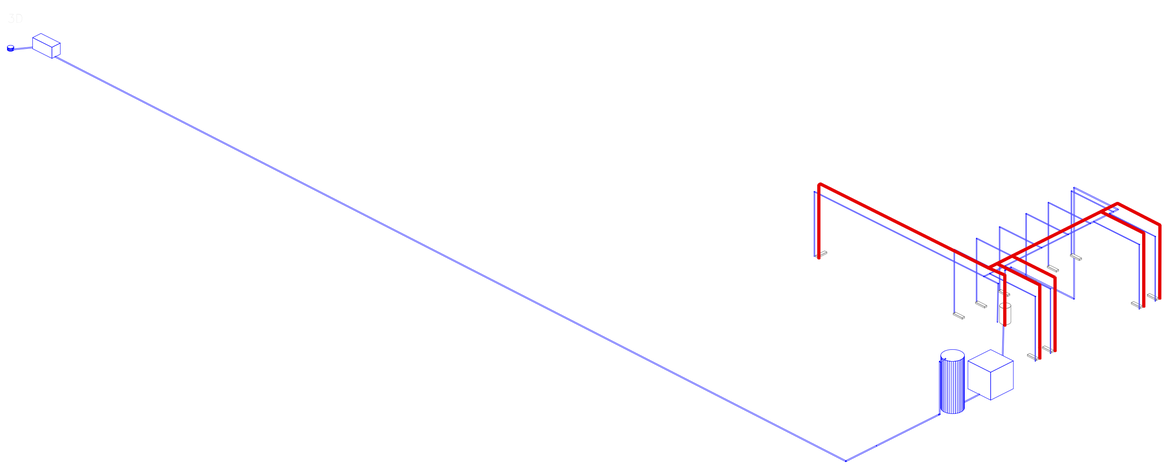
Simbología		
Tipo	Referencia	Símbolo
Consumo	Inodoro con cisterna	
Consumo	Lavabo	
Consumo	Fregadero doméstico	
Producción de A.C.S.	Producción de A.C.S. con acumulación	
Tramo más desfavorable agua fría	Tubo de alimentación	
Tubería agua fría	Derivación de aparato	
Tramo más desfavorable agua caliente	Derivación particular	
Tramo más favorable agua caliente	Derivación de aparato	
Punto de acometida	Punto de acometida	
Contador	Preinstalación de contador	
Depósito	Depósito auxiliar de alimentación	
Sistema de bombeo	Grupo de presión	
Tramo más desfavorable agua fría	Acometida	

Catálogo de tuberías	
Polibutileno (PB) TERRAIN SDP	Tubería de polibutileno (PB) TERRAIN SDP, Clase 2/PN10, la máxima normalizada para suministro de ACS y la superior en todos los sistemas termoplásticos, Certificado con marca de calidad AENOR conforme a la norma UNE-EN ISO 15876.
	Tubería de polipropileno copolímero random con elevada resistencia a la presión (PP-RP), con capa intermedia de fibra de vidrio MF (FASER), Serie 4 / SDR 9, opaco, con coeficiente de dilatación térmica 0,035 mm/m°C, de color verde RAL 6018 con franjas verde musgo, fabricada según UNE EN ISO 21003, UNE EN ISO 15874 y HR3,2R, con certificado AENOR de conformidad N°001/006656, según especificación técnica RP 01.78, y SK2, A-444/432.

Simbología		
Tipo	Referencia	Símbolo
Punto de acometida	Punto de acometida	
Contador	Preinstalación de contador	
Depósito	Depósito auxiliar de alimentación	
Sistema de bombeo	Grupo de presión	
Tramo más desfavorable agua fría	Tubo de alimentación	
Tramo más desfavorable agua fría	Acometida	

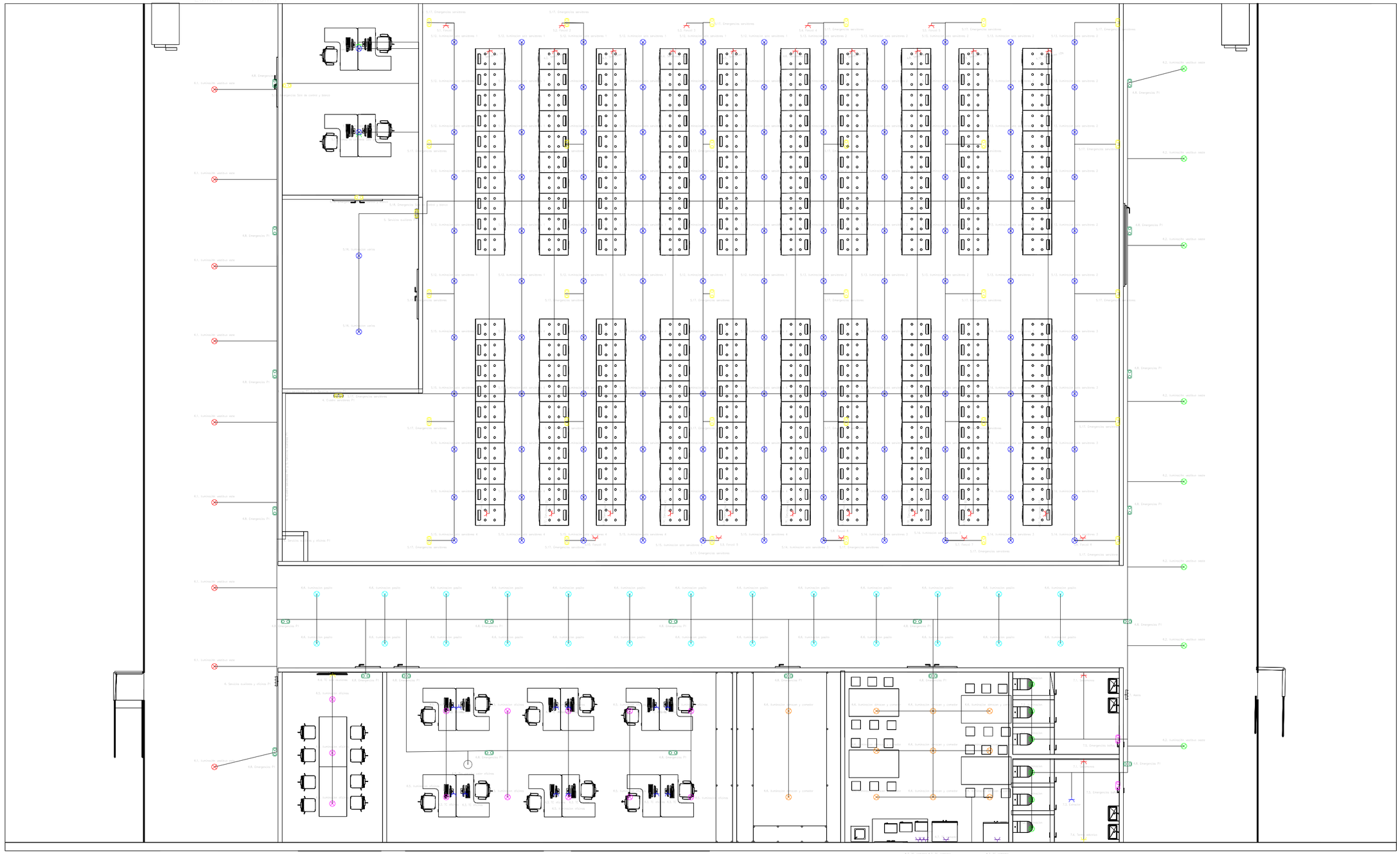
Consumos		
In	Inodoro con cisterna	12 mm
La	Lavabo	12 mm
Fr	Fregadero doméstico	12 mm

3D



Catálogo de tuberías	
	Tubería de polipropileno copolímero random con elevada resistencia a la presión (PP-RP), con capa intermedia de fibra de vidrio MF (FASER), Serie 4 / SDR 9, opaco, con coeficiente de dilatación térmica 0,035 mm/m°C, de color verde RAL 6018 con franjas verde musgo, fabricada según UNE EN ISO 21003, UNE EN ISO 15874 y HR3,2R, con certificado AENOR de conformidad N°001/006656, según especificación técnica RP 01.78, y SK2, A-444/432.
Policloruro de vinilo clorado (PVC-C)	Tubería de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), PN=16 atm, según ISO 15877-2.
Polibutileno (PB) TERRAIN SDP	Tubería de polibutileno (PB) TERRAIN SDP, Clase 2/PN10, la máxima normalizada para suministro de ACS y la superior en todos los sistemas termoplásticos, Certificado con marca de calidad AENOR conforme a la norma UNE-EN ISO 15876.

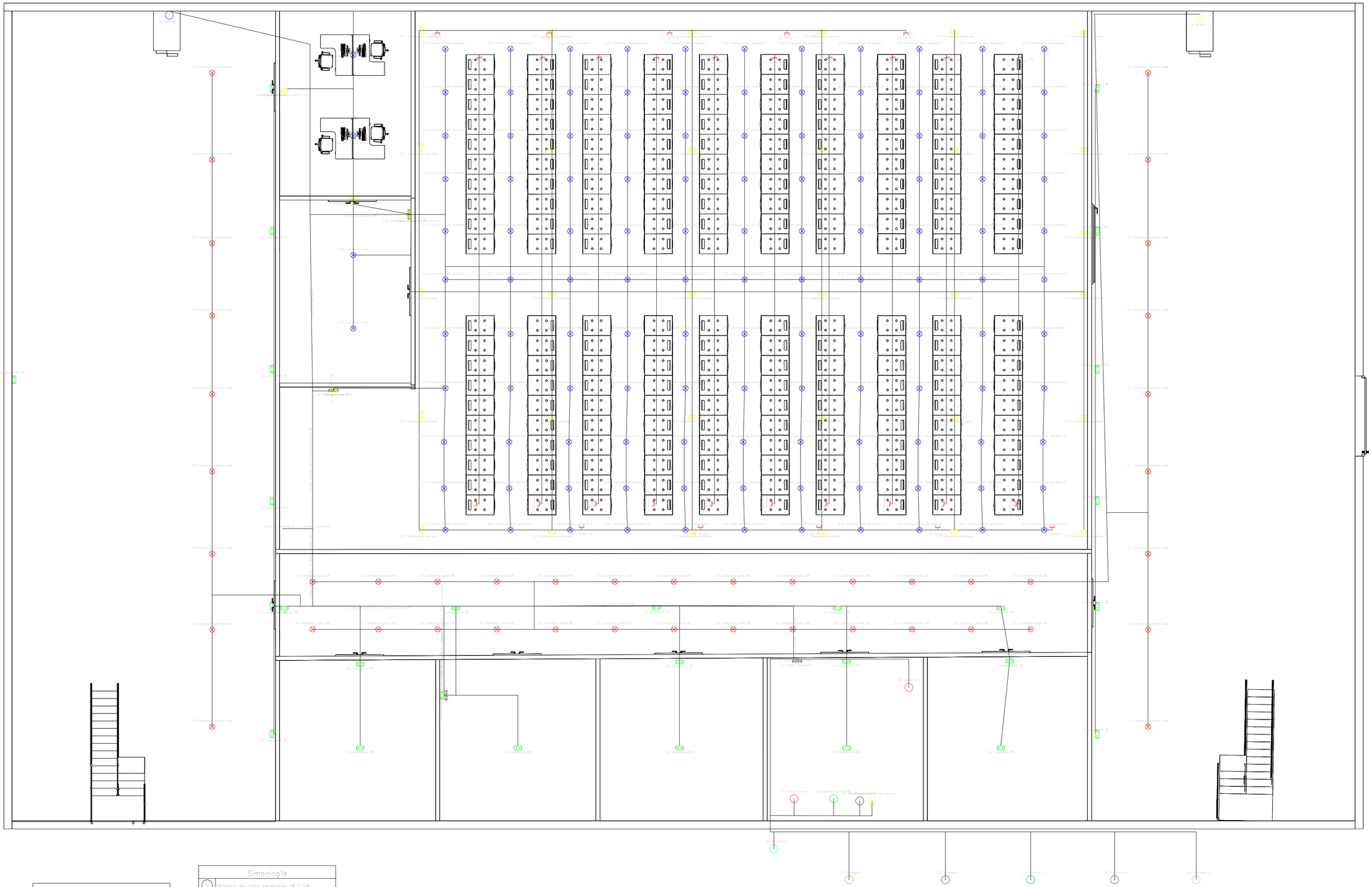
Título: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Plano fontaneria PB y detalle 3D		Nº plano: 15
Escala: 1:100	Formato: A1	



Simbología	
	Cuadro
	Rack de servidores
	Fancoil Vertiv Liebert PCW – 75 kW
	PT 4 tomas
	Pantalla 60x60 LED
	Emergencia
	Bombas Wilo Stratos GIGA2.0-I

Simbología	
	Bomba de calor reversible 26,2 kW
	Enfriadora Trane Sintesis GVAF 125 XPG-LN
	Ascensor
	TC
	Downlights LED circular
	Secamanos
	Recuperador de calor
	Termo eléctrico
	Extractor aseos

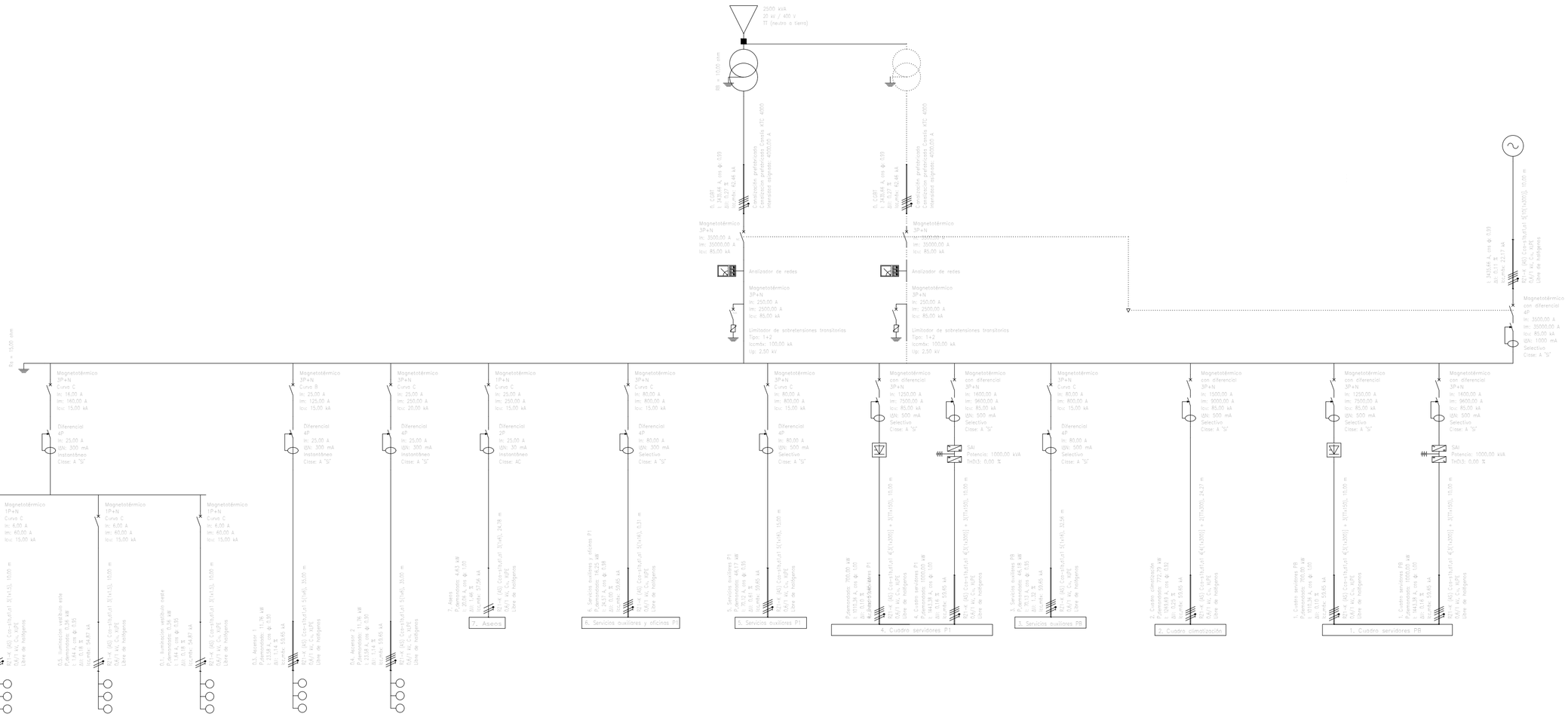
Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Electricidad P1		Nº plano: 16
Escala: 1:100	Formato: A2	



Simbología	
	Cuadro
	Rack de servidores
	Fancoil Vertiv Liebert PCW – 75 kW
	PT 4 tomas
	Pantalla 60x60 LED
	Emergencia
	Bombas Wilo Stratos GIGA2.0-I

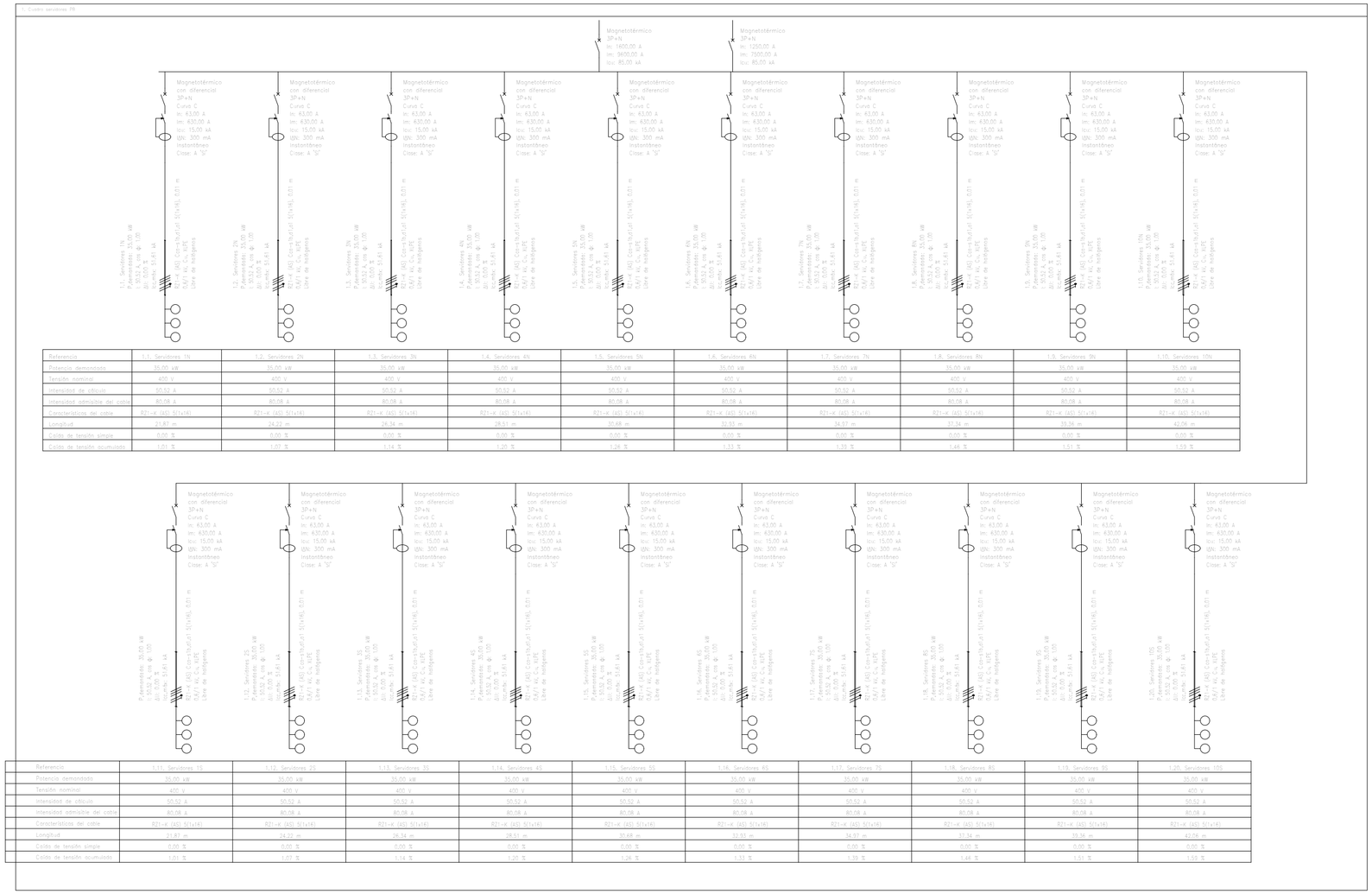
Simbología	
	Bomba de calor reversible 26,2 kW
	Enfriadora Trane Sintesis GVAF 125 XPG-LN
	Ascensor
	TC
	Downlights LED circular
	Secamanos
	Recuperador de calor
	Termo eléctrico
	Extractor aseos

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Electricidad PB		Nº plano: 17
Escala: 1:100	Formato: A2	



Referencia	0.2. Emergencias PB	0.3. Iluminación pasillo PB	0.5. Iluminación vestíbulo este	0.1. Iluminación vestíbulo oeste	0.3. Ascensor 1	0.4. Ascensor 2							
Potencia demandada	0,14 kW	1,04 kW	0,36 kW	0,36 kW	11,76 kW	11,76 kW							
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	400 V	400 V							
Intensidad de cálculo	0,61 A	4,74 A	1,64 A	1,64 A	23,58 A	23,58 A							
Intensidad admisible del cable	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	37,56 A	37,56 A							
Características del cable	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 5(1x6)	RZ1-K (AS) 5(1x6)							
Longitud	174,85 m	63,98 m	50,93 m	71,21 m	72,45 m	91,39 m							
Caída de tensión simple	0,07 %	0,52 %	0,18 %	0,18 %	1,14 %	1,14 %							
Caída de tensión acumulada	0,41 %	1,39 %	0,89 %	1,21 %	2,63 %	3,24 %							

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS	
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA	
Esquema unifilar 0. CGBT	Nº plano: 18
Escala: N/A	Formato: A2

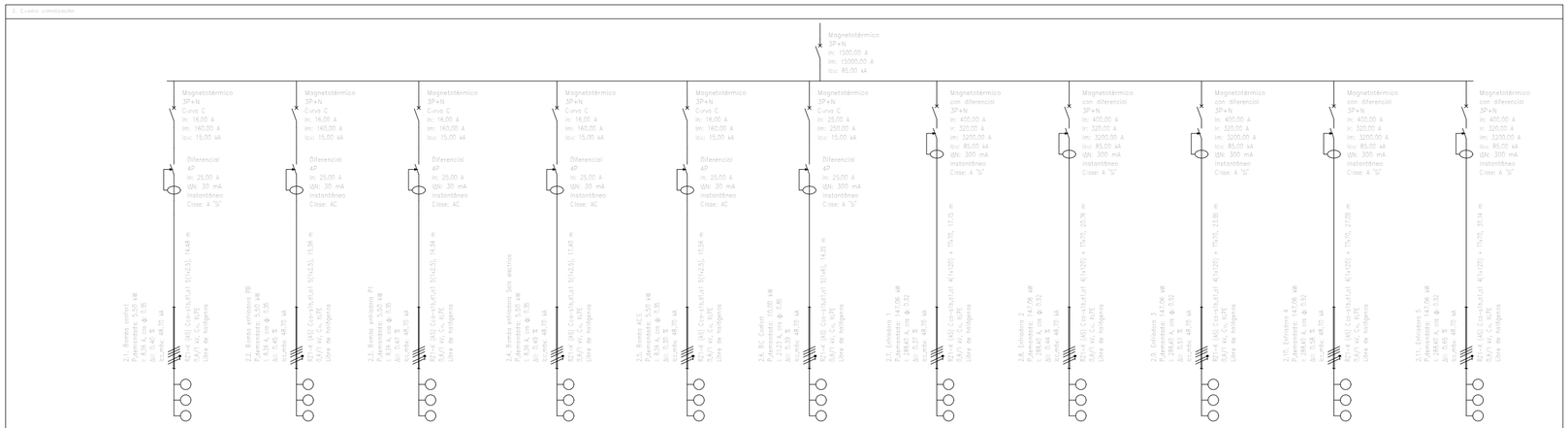


Referencia	1.1. Servidores 1N	1.2. Servidores 2N	1.3. Servidores 3N	1.4. Servidores 4N	1.5. Servidores 5N	1.6. Servidores 6N	1.7. Servidores 7N	1.8. Servidores 8N	1.9. Servidores 9N	1.10. Servidores 10N
Potencia demandada	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Intensidad de cálculo	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A
Intensidad admisible del cable	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)
Longitud	21,87 m	24,22 m	26,34 m	28,51 m	30,68 m	32,93 m	34,97 m	37,34 m	39,36 m	42,06 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	1,01 %	1,07 %	1,14 %	1,20 %	1,26 %	1,33 %	1,39 %	1,46 %	1,51 %	1,59 %

Referencia	1.11. Servidores 1S	1.12. Servidores 2S	1.13. Servidores 3S	1.14. Servidores 4S	1.15. Servidores 5S	1.16. Servidores 6S	1.17. Servidores 7S	1.18. Servidores 8S	1.19. Servidores 9S	1.20. Servidores 10S
Potencia demandada	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Intensidad de cálculo	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A
Intensidad admisible del cable	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)
Longitud	21,87 m	24,22 m	26,34 m	28,51 m	30,68 m	32,93 m	34,97 m	37,34 m	39,36 m	42,06 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	1,01 %	1,07 %	1,14 %	1,20 %	1,26 %	1,33 %	1,39 %	1,46 %	1,51 %	1,59 %

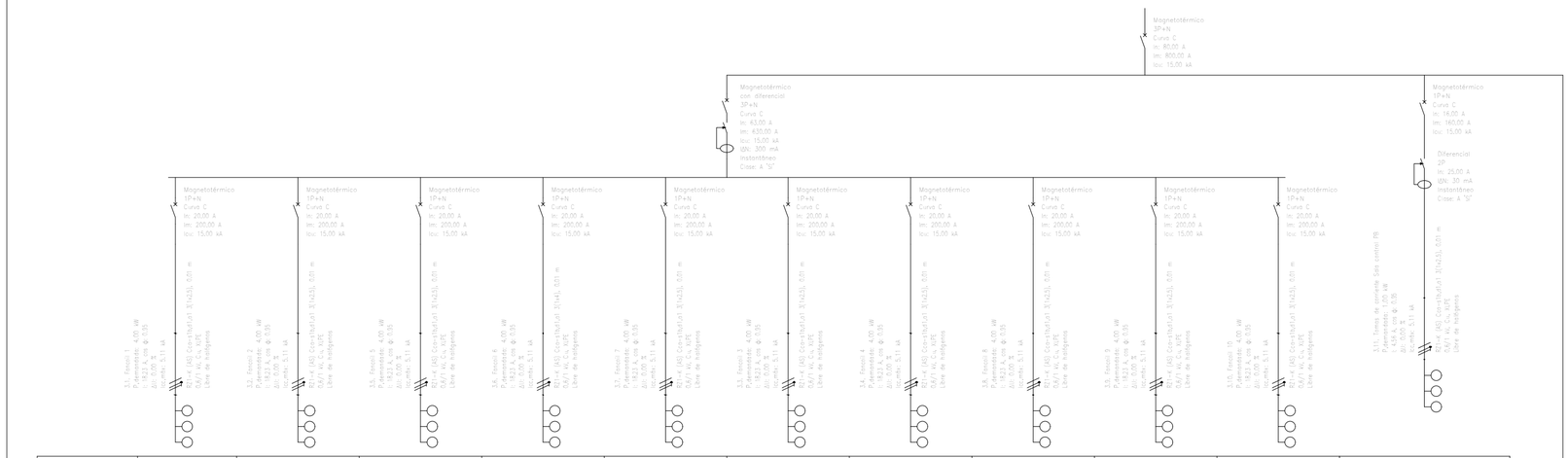
Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS	
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA	
Esquema unifilar 1. Cuadro servidores PB	Nº plano: 19
Escala: N/A	Formato: A2

2. Cuadro climatización

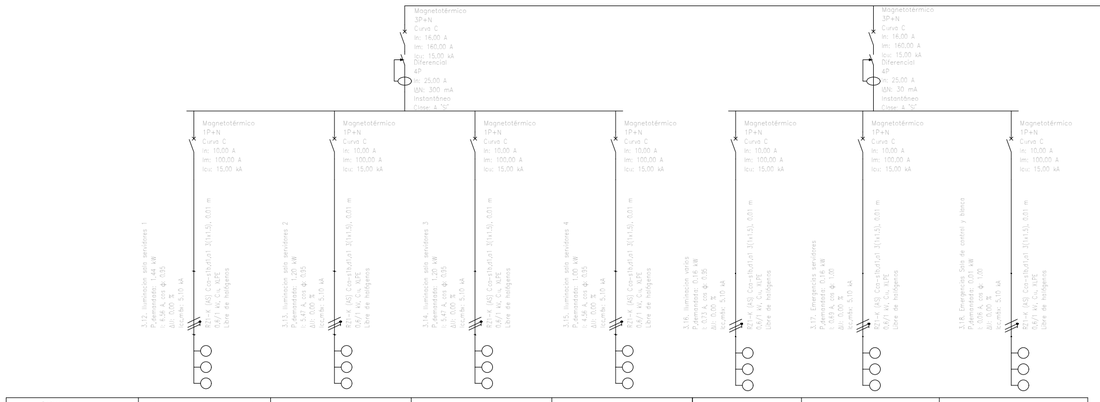


Referencia	2.1. Bomba confort	2.2. Bomba enfriadora PR	2.3. Bomba enfriadora P1	2.4. Bomba enfriadora Sala electrico	2.5. Bomba ACS	2.6. BC Confort	2.7. Enfriadora 1	2.8. Enfriadora 2	2.9. Enfriadora 3	2.10. Enfriadora 4	2.11. Enfriadora 5
Potencia demandada	5,50 kW	5,50 kW	5,50 kW	5,50 kW	5,50 kW	10,00 kW	147,06 kW	147,06 kW	147,06 kW	147,06 kW	147,06 kW
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Intensidad de cálculo	8,36 A	8,36 A	8,36 A	8,36 A	8,36 A	21,23 A	288,40 A	288,40 A	288,40 A	288,40 A	288,40 A
Intensidad admisible del cable	21,91 A	21,91 A	21,91 A	21,91 A	21,91 A	43,68 A	341,56 A	341,56 A	341,56 A	341,56 A	341,56 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 5(1x2,5)	RZ1-K (AS) 5(1x2,5)	RZ1-K (AS) 5(1x2,5)	RZ1-K (AS) 5(1x2,5)	RZ1-K (AS) 5(1x2,5)	RZ1-K (AS) 5(1x6)	RZ1-K (AS) 4(1x120) + TT+70	RZ1-K (AS) 4(1x120) + TT+70	RZ1-K (AS) 4(1x120) + TT+70	RZ1-K (AS) 4(1x120) + TT+70	RZ1-K (AS) 4(1x120) + TT+70
Longitud	15,15 m	16,83 m	17,54 m	18,01 m	11,40 m	14,98 m	18,55 m	22,55 m	25,74 m	28,88 m	31,94 m
Caída de tensión simple	0,45 %	0,45 %	0,47 %	0,49 %	0,30 %	0,39 %	0,37 %	0,44 %	0,51 %	0,58 %	0,65 %
Caída de tensión acumulada	0,94 %	0,98 %	1,01 %	1,02 %	0,83 %	0,92 %	0,92 %	1,00 %	1,07 %	1,13 %	1,20 %

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Esquema unifilar 2. Cuadro climatización		Nº plano: 20
Escala: N/A	Formato: A2	



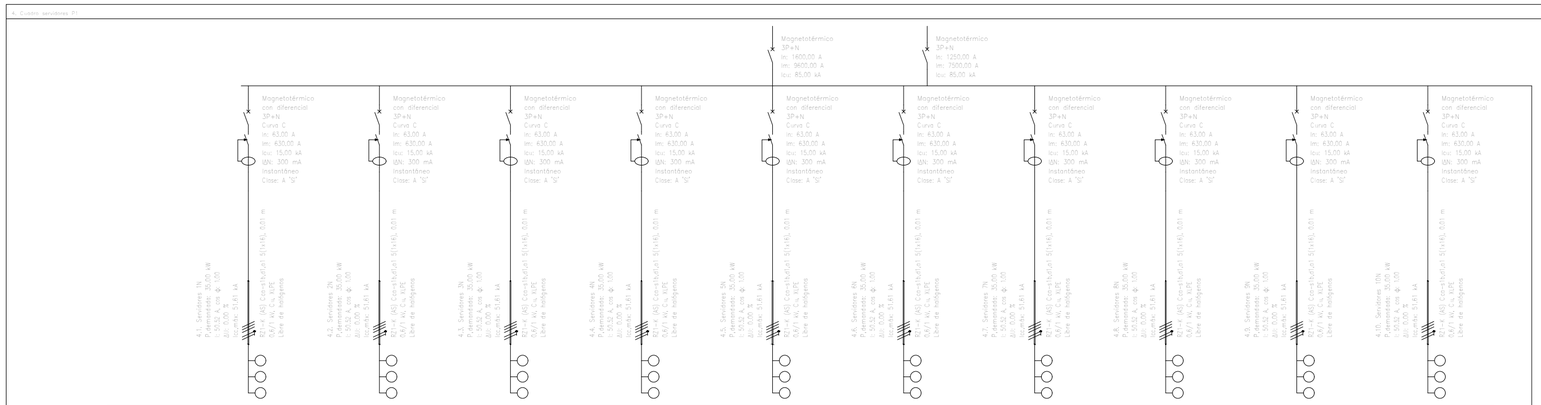
Referencia	3.1. Fresa1 1	3.2. Fresa1 2	3.5. Fresa1 5	3.6. Fresa1 6	3.7. Fresa1 7	3.3. Fresa1 3	3.4. Fresa1 4	3.8. Fresa1 8	3.9. Fresa1 9	3.10. Fresa1 10	3.11. Tomas de corriente Sala control PB
Potencia demandada	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	1,20 kW
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Intensidad de cálculo	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	4,58 A
Intensidad admisible del cable	28,21 A	28,21 A	28,21 A	38,22 A	28,21 A	28,21 A	28,21 A	28,21 A	28,21 A	28,21 A	28,21 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x6)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)
Longitud	10,88 m	9,12 m	28,41 m	38,81 m	34,52 m	12,25 m	15,94 m	19,53 m	16,30 m	21,10 m	20,57 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	2,98 %	2,76 %	5,23 %	4,59 %	6,21 %	3,16 %	3,63 %	4,03 %	3,68 %	4,30 %	2,16 %



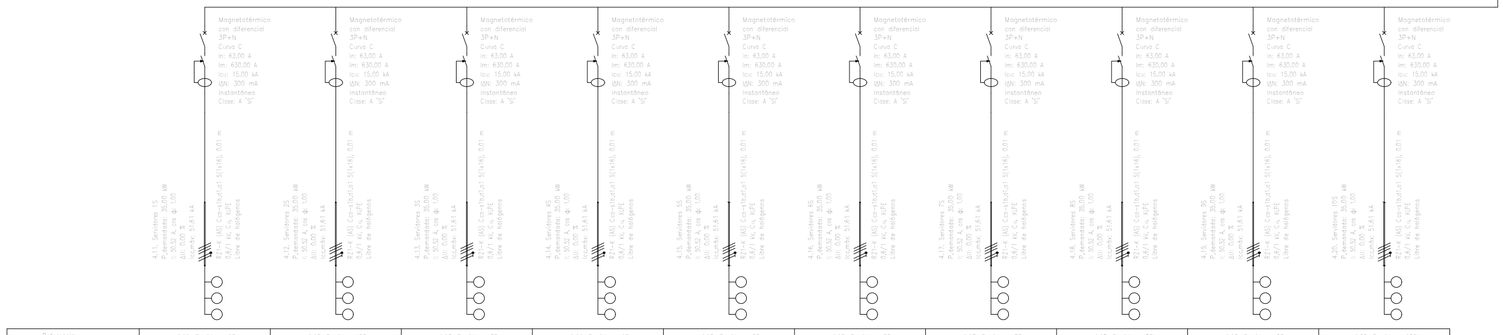
Referencia	3.12. Iluminación sala servidores 1	3.13. Iluminación sala servidores 2	3.14. Iluminación sala servidores 3	3.15. Iluminación sala servidores 4	3.16. Iluminación patios	3.17. Emergencias servidores	3.18. Emergencias Sala de control y blancs
Potencia demandada	1,44 kW	1,20 kW	1,20 kW	1,00 kW	0,16 kW	0,16 kW	0,01 kW
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Intensidad de cálculo	6,58 A	5,47 A	5,47 A	4,56 A	0,73 A	0,83 A	0,06 A
Intensidad admisible del cable	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)
Longitud	68,27 m	72,80 m	68,80 m	65,52 m	14,61 m	66,37 m	14,61 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	2,58 %	3,15 %	3,15 %	2,25 %	1,66 %	1,74 %	1,60 %

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Esquema unifilar 3. Servicios auxiliares PB		Nº plano: 21
Escala: N/A	Formato: A2	

4. Cuadro servidores P1

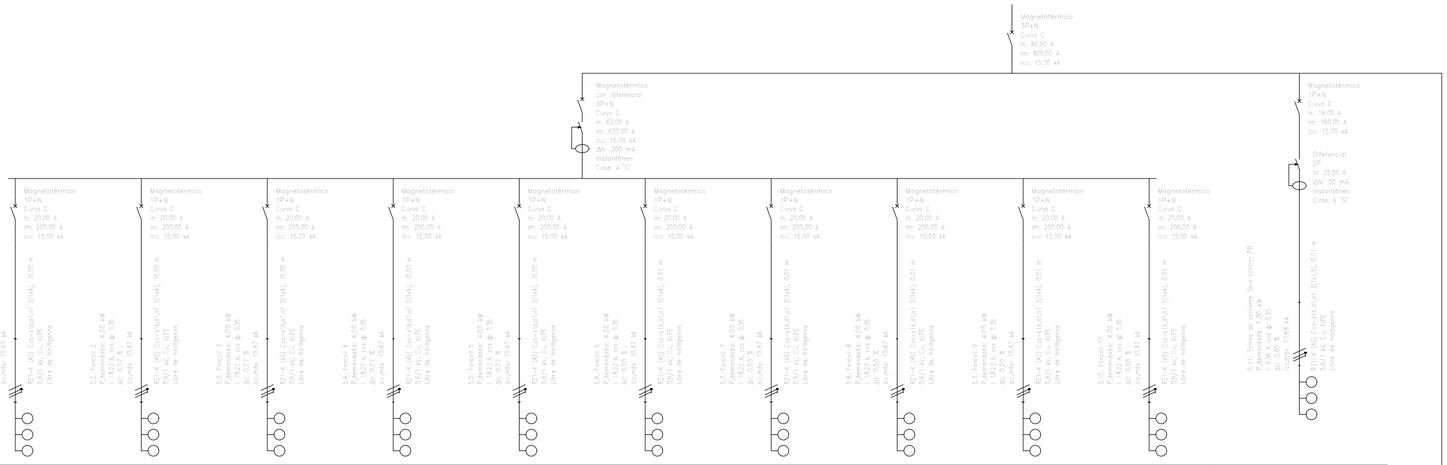


Referencia	4.1. Servidores 1N	4.2. Servidores 2N	4.3. Servidores 3N	4.4. Servidores 4N	4.5. Servidores 5N	4.6. Servidores 6N	4.7. Servidores 7N	4.8. Servidores 8N	4.9. Servidores 9N	4.10. Servidores 10N
Potencia demandada	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Intensidad de cálculo	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A
Intensidad admisible del cable	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)
Longitud	38,40 m	40,75 m	42,87 m	45,04 m	47,21 m	49,46 m	51,50 m	53,87 m	55,83 m	58,59 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	1,49 %	1,55 %	1,62 %	1,68 %	1,74 %	1,81 %	1,87 %	1,94 %	1,99 %	2,07 %

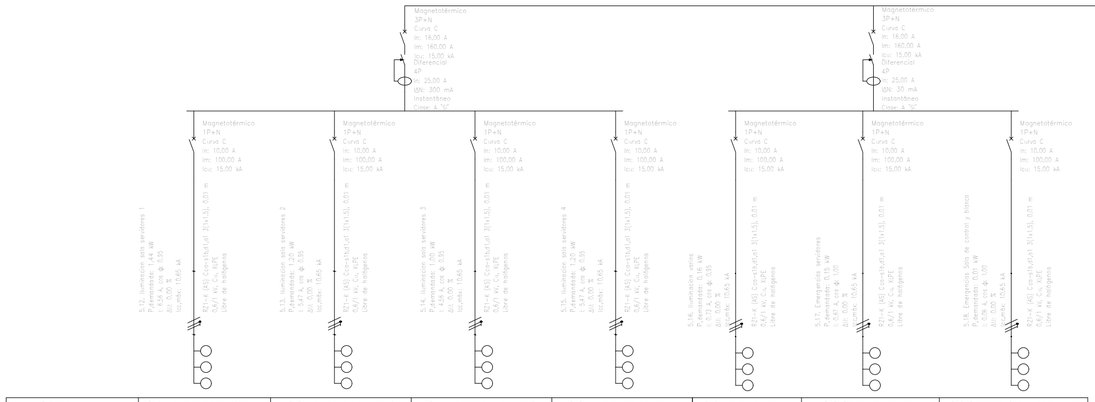


Referencia	4.11. Servidores 11N	4.12. Servidores 12N	4.13. Servidores 13N	4.14. Servidores 14N	4.15. Servidores 15N	4.16. Servidores 16N	4.17. Servidores 17N	4.18. Servidores 18N	4.19. Servidores 19N	4.20. Servidores 20N
Potencia demandada	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Intensidad de cálculo	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A	50,52 A
Intensidad admisible del cable	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A	80,08 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)	RZ1-K (AS) 5(1x16)
Longitud	30,27 m	32,62 m	34,73 m	36,91 m	39,08 m	41,33 m	43,56 m	45,73 m	47,75 m	50,48 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	1,25 %	1,32 %	1,38 %	1,44 %	1,51 %	1,57 %	1,63 %	1,70 %	1,76 %	1,84 %

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS	
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA	
Esquema unifilar 4. Cuadro servidores P1	Nº plano: 22
Escala: N/A — Formato: A2	



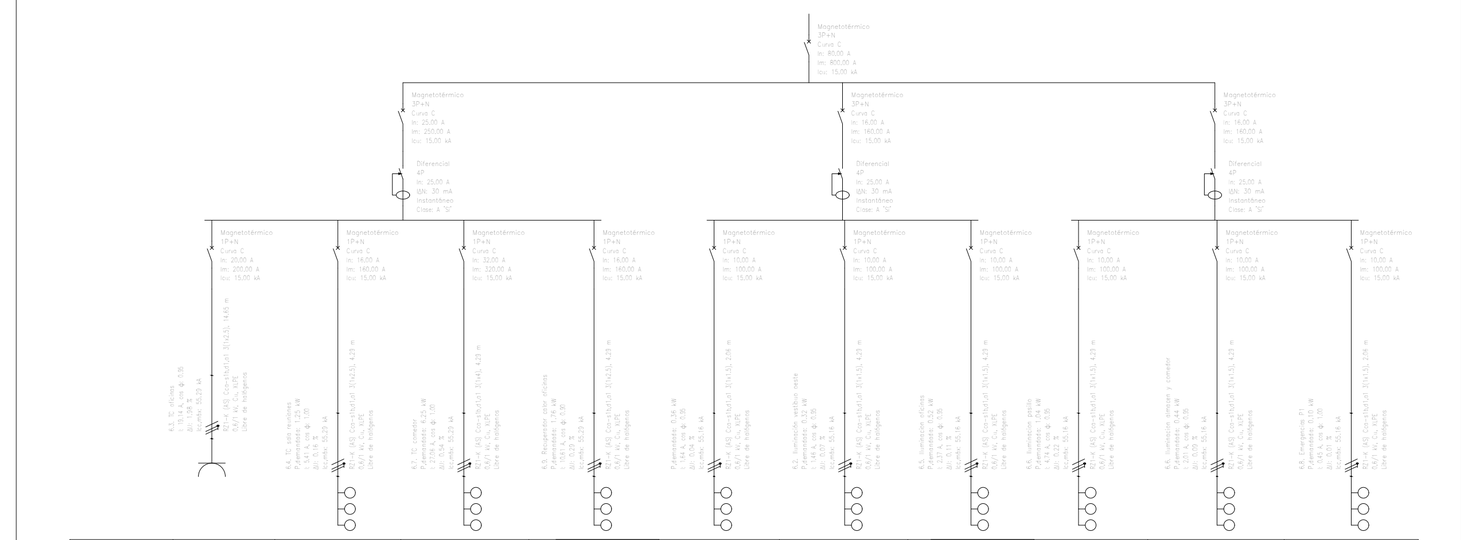
Referencia	5.1. Fancoil 1	5.2. Fancoil 2	5.3. Fancoil 3	5.4. Fancoil 4	5.5. Fancoil 5	5.6. Fancoil 6	5.7. Fancoil 7	5.8. Fancoil 8	5.9. Fancoil 9	5.10. Fancoil 10	5.11. Tomas de corriente Sala cuadros PB
Potencia demandada	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	4,00 kW	1,05 kW
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Intensidad de cálculo	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	18,23 A	4,56 A
Intensidad admisible del cable	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	18,22 A	20,93 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x4,5)
Longitud	41,27 m	46,82 m	50,96 m	55,28 m	59,61 m	59,91 m	55,83 m	51,19 m	46,76 m	42,30 m	19,12 m
Caída de tensión simple	0,77 %	0,77 %	0,77 %	0,77 %	0,77 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	6,07 %	6,60 %	6,82 %	5,15 %	5,49 %	5,61 %	5,18 %	6,84 %	6,50 %	6,15 %	1,35 %



Referencia	5.12. Iluminación sala servidores 1	5.13. Iluminación sala servidores 2	5.14. Iluminación sala servidores 3	5.15. Iluminación sala servidores 4	5.16. Iluminación varios	5.17. Emergencias servidores	5.18. Emergencias Sala de control y hielo
Potencia demandada	1,44 kW	1,20 kW	1,00 kW	1,20 kW	0,16 kW	0,15 kW	0,01 kW
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Intensidad de cálculo	6,58 A	5,47 A	4,56 A	5,47 A	0,73 A	0,67 A	0,06 A
Intensidad admisible del cable	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)
Longitud	84,84 m	90,31 m	108,45 m	102,53 m	19,02 m	173,64 m	14,23 m
Caída de tensión simple	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	3,83 %	3,41 %	3,04 %	2,47 %	0,92 %	1,14 %	0,88 %

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Esquema unifilar 5. Servicios auxiliares P1		Nº plano: 23
Escala: N/A	Formato: A2	

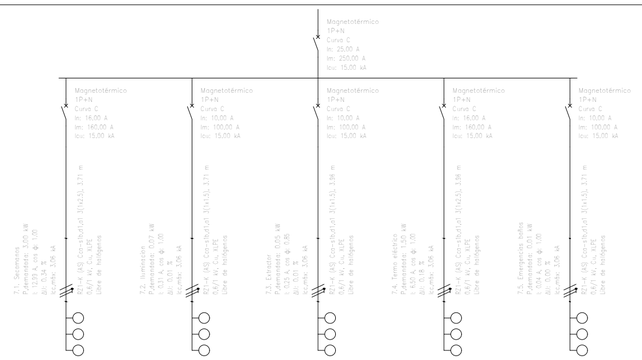
6. Servicios auxiliares y oficinas P1



Referencia	6.3. TC oficinas	6.4. TC sala reuniones	6.7. TC comedor	6.9. Recepción cabo oficinas	6.1. Iluminación vestíbulo este	6.2. Iluminación vestíbulo oeste	6.5. Iluminación oficinas	6.6. Iluminación pasillo	6.8. Iluminación aseos y comedor	6.8. Emergencia P1
Potencia demandada	4,20 kW	1,25 kW	6,25 kW	1,76 kW	0,36 kW	0,32 kW	0,52 kW	1,04 kW	0,64 kW	0,10 kW
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Intensidad de cálculo	19,14 A	5,41 A	27,06 A	10,61 A	1,84 A	1,48 A	2,37 A	4,74 A	2,01 A	0,45 A
Intensidad admisible del cable	24,21 A	24,21 A	38,22 A	24,21 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A	20,93 A
Características del cable	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x4)	RZ1-K (AS) 3(1x2,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)	RZ1-K (AS) 3(1x1,5)
Longitud	14,65 m	12,10 m	41,79 m	17,66 m	46,34 m	75,31 m	47,43 m	55,76 m	53,11 m	101,76 m
Caída de tensión simple	1,98 %	0,16 %	0,54 %	0,23 %	0,04 %	0,07 %	0,11 %	0,22 %	0,09 %	0,01 %
Caída de tensión acumulada	2,25 %	0,73 %	5,36 %	1,45 %	0,49 %	0,96 %	0,31 %	1,27 %	0,95 %	0,38 %

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Esquema unifilar 6. Servicios auxiliares y oficinas P1		Nº plano: 24
Escala: N/A	Formato: A2	

7. Aseos

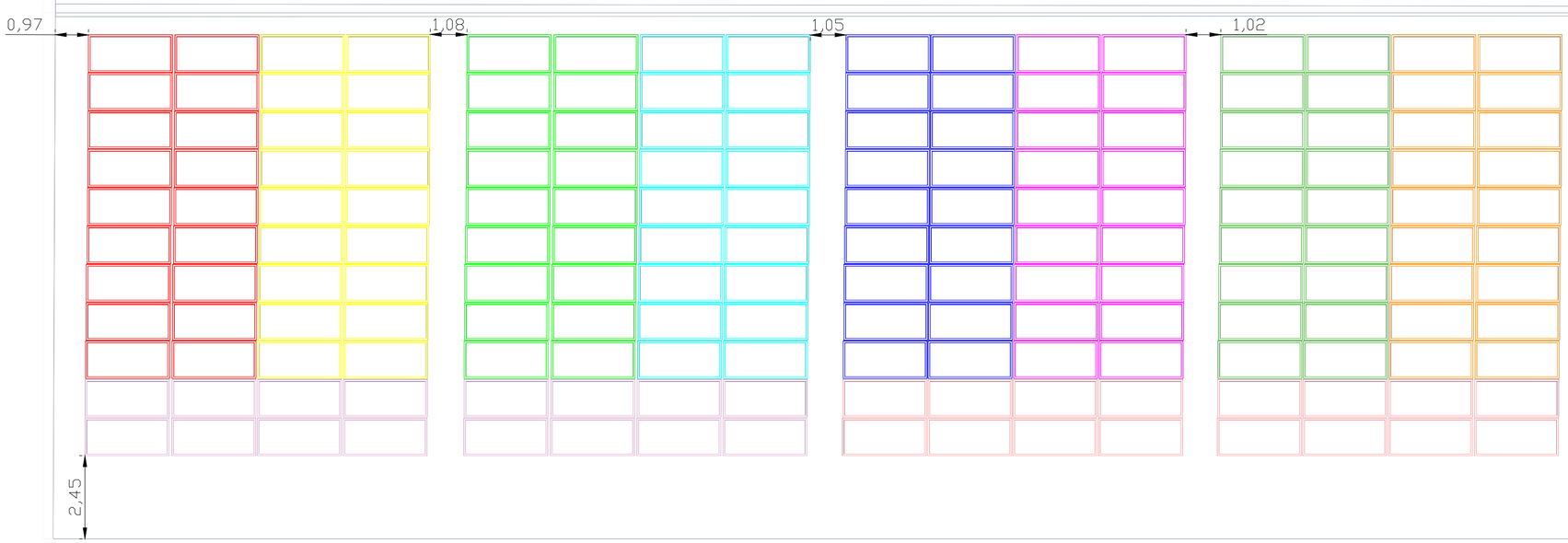


Referencia	7.1. Secamanos	7.2. Iluminación	7.3. Extractor	7.4. Termo eléctrico	7.5. Emergencias baños
Potencia demandada	3,00 kW	0,07 kW	0,05 kW	1,50 kW	0,01 kW
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Intensidad de cálculo	12,99 A	0,31 A	0,25 A	6,50 A	0,04 A
Intensidad admisible del cable	28,21 A	20,93 A	20,93 A	28,21 A	20,93 A
Características del cable	R21-K (AS) 3(1x2,5)	R21-K (AS) 3(1x1,5)	R21-K (AS) 3(1x1,5)	R21-K (AS) 3(1x2,5)	R21-K (AS) 3(1x1,5)
Longitud	13,96 m	15,86 m	7,83 m	10,52 m	5,94 m
Caída de tensión simple	0,34 %	0,01 %	0,01 %	0,18 %	0,00 %
Caída de tensión acumulada	2,32 %	1,76 %	1,75 %	2,21 %	1,73 %

Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Esquema unifilar 7. Aseos		Nº plano: 25
Escala: N/A	Formato: A2	

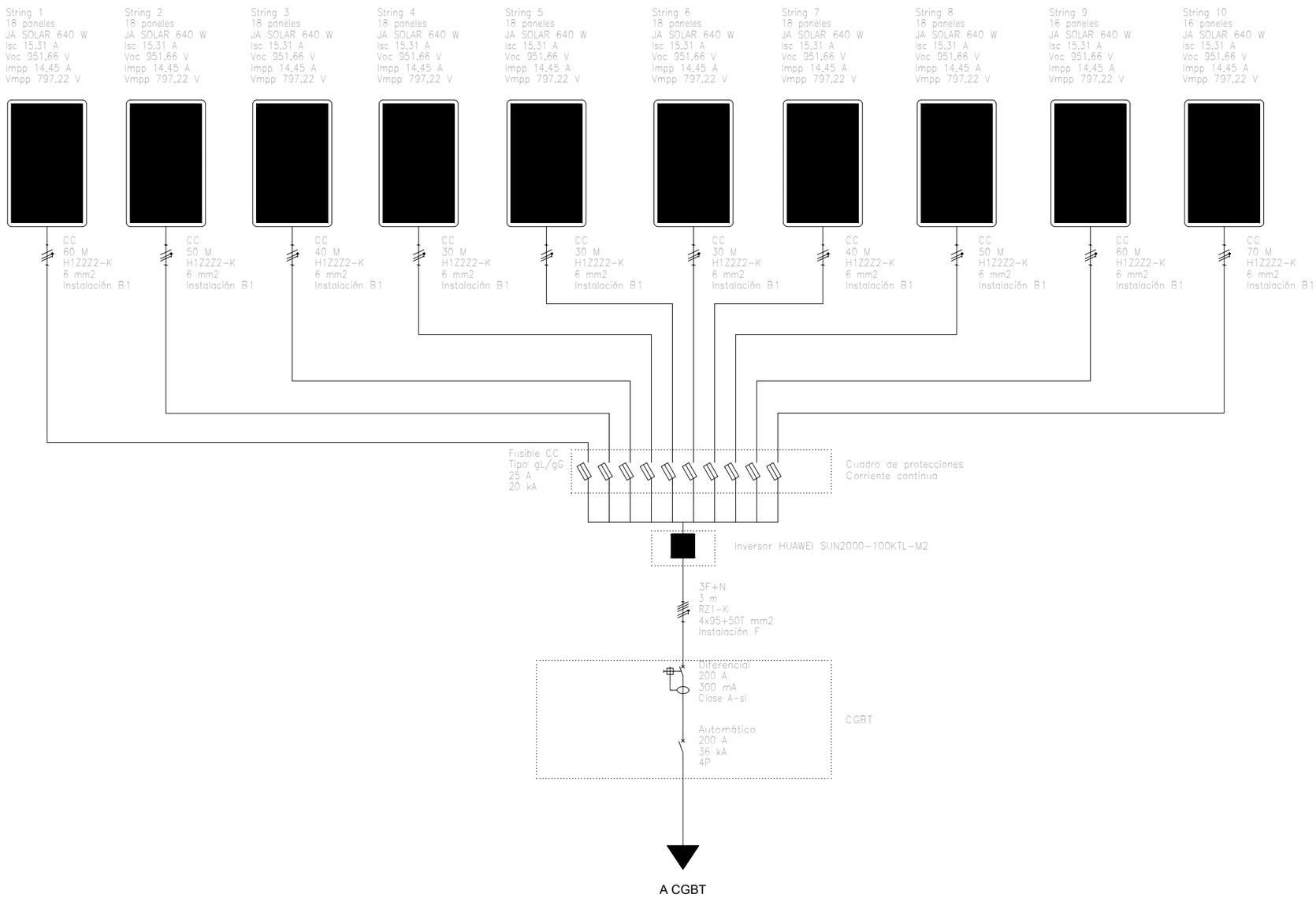
Edificio 1 – Cubierta

Leyenda			
	String 1		String 6
	String 2		String 7
	String 3		String 8
	String 4		String 9
	String 5		String 10



Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Instalación fotovoltaica		Nº plano: 26
Escala: 1:100	Formato: A2	

Esquema



Titulo: PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA CENTRO DE DATOS		
Autor: ÁLEX SANDOVAL GARRIGA		
Esquema unifilar instalación fotovoltaica		Nº plano: 27
Escala: 1:100	Formato: A3	