



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Proyecto estructural de edificio deportivo para pádel indoor
en Toledo (Toledo)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Castillo Gómez, Miguel Santiago del

Tutor/a: Pellicer Climent, Francisco Javier

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



Resumen

El presente Trabajo Final de Grado tiene como objetivo principal el cálculo y dimensionamiento de una estructura que albergará seis pistas de pádel reglamentarias, una grada, unos vestuarios y todos los elementos necesarios para la práctica de este deporte con total comodidad, dentro de los jardines del Parque de las Tres Culturas de la ciudad de Toledo.

El proyecto planteará el correspondiente movimiento de tierras y derribo de las actuales instalaciones deportivas obsoletas, con el fin de actualizar la oferta y equilibrar la notable subida de demanda de pádel en la población. El objetivo secundario de este Trabajo Final de Grado es lograr el máximo aprovechamiento de los espacios y la superficie disponible en el emplazamiento, en cumplimiento de las normativas aplicables.

Dicho Trabajo Final de Grado, será reflejo de las competencias adquiridas durante el Grado de Ingeniería Mecánica, con especial importancia a la mención de Ingeniería de Proyectos.

Palabras Clave

Estructura; Cimentaciones; Implantación; Pádel; Instalación Deportiva



Abstract

The main purpose of this Final Degree Project is the calculation and dimensioning of a structure that will house six regulation paddle tennis courts, a grandstand, locker rooms and all the necessary elements for the practice of this sport in total comfort, within the gardens of the Parque de las Tres Culturas in the city of Toledo.

The project will involve the corresponding earthworks and demolition of the current obsolete sports installations, with the aim of updating the offer and balancing the notable increase in demand for paddle tennis in the population. The secondary objective of this Final Degree Project is to achieve maximum use of the spaces and surface area available on the site, in compliance with the applicable regulations.

This Final Degree Project will reflect the skills acquired during the Degree in Mechanical Engineering, with special emphasis on the Project Engineering mention.

Keywords

Building structure; Foundations; Layout; Paddle tennis; Sports facility



Resum

Aquest Treball de Fi de Grau té com objectiu principal el càlcul i dimensionament d'una estructura que allotjarà sis pistes de pàdel reglamentàries, una grada, uns vestuaris i tots els elements necessaris per a la pràctica d'aquest esport amb tota comoditat, dins dels jardins del "Parque de las tres culturas" de la ciutat de Toledo.

El projecte plantejarà el moviment de terres corresponent i enderroc de les actuals instal·lacions esportives obsoletes, amb la finalitat d'actualitzar l'oferta i equilibrar la notable pujada de demanda de pàdel en la població. L'objectiu secundari d'aquest projecte de Fi de Grau és aconseguir el màxim aprofitament dels espais i superfície disponible a l'emplaçament, en compliment de les normatives aplicables.

Aquest Treball de Fi de Grau serà reflexe de les competències adquirides al llarg del Grau d'Enginyeria Mecànica, amb especial rellevància de la menció d'Enginyeria de Projectes.

Paraules Clau

Estructura; Fonamentacions; Implantació; Pàdel; Instal·lació esportiva



DOCUMENTO N°1
MEMORIA Y ANEJOS
PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO DEPORTIVO
PARA PÁDEL INDOOR EN TOLEDO (TOLEDO)

MIGUEL S. DEL CASTILLO GÓMEZ

TUTOR: FRANCISCO JAVIER PELLICER CLIMENT



DOCUMENTO N°1

MEMORIA

ANEJO 1	Normativa Aplicable
ANEJO 2	Cálculo Estructural
ANEJO 3	Comprobación Pandeo
ANEJO 4	Gestión de Residuos
ANEJO 5	Planos
ANEJO 6	Presupuesto
ANEJO 7	Pliego de Condiciones

**PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO DEPORTIVO
PARA PÁDEL INDOOR EN TOLEDO (TOLEDO)**

MIGUEL S. DEL CASTILLO GÓMEZ

TUTOR: FRANCISCO JAVIER PELLICER CLIMENT



ABREVIATURAS	NOMBRES	TIPOLOGÍA
PGOU	Plan General de Ordenación	Normativa
CTE	Código Técnico de la Edificación	Normativa
LOE	Ley de Ordenación de la Edificación	Normativa
BOE	Boletín Oficial del Estado	Normativa
ISO	'International Organization for Standardization''	Normativa
UNE	Asociación Española de Normalización	Normativa
RD	Real Decreto	Normativa
F.I.P.	Federación Internacional de Padel	Normativa
F.E.P.	Federación Española de Padel	Normativa
Av.	Avenida	Normativa
Art.	Artículo	Normativa
CE	Conformidad Europea	Normativa
CSD	Consejo Superior de Deportes	Normativa
CTE	Código Técnico de la Edificación	Normativa
DB-SE	Documento Básico de Seguridad Estructural	Normativa
DB-SE-AE	Documento Básico de Seguridad Estructural, Acciones de la Edificación	Normativa
DB-SE-C	Documento Básico de Seguridad Estructural, Cimientos	Normativa
DB-SE-AE	Documento Básico de Seguridad Estructural, Acero	Normativa
DB-SE-F	Documento Básico de Seguridad Estructural, Fábrica	Normativa
DB-SI	Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio	Normativa
RD	Real Decreto	Normativa
TLFN.	Teléfono	Normativa
PIB	Producto Interior Bruto	Normativa



ABREVIATURAS	NOMBRES	TIPOLOGÍA
m	Metro	Unidad de longitud
m ²	Metro cuadrado	Unidad de superficie
m ³	Metro cúbico	Unidad de volumen
g	Gramo	Unidad de masa
kg	Kilogramo	Unidad de masa
t	Tonelada	Unidad de masa
N	Newton	Unidad de fuerza
kN	Kilonewton	Unidad de fuerza
bar	Bar	Unidad de presión
Pa	Pascal	Unidad de presión
kPa	Kilopascal	Unidad de presión
MPa	Megapascal	Unidad de presión
W	Vatio	Unidad de potencia
kW	Kilovatio	Unidad de potencia
GW	Gigavatio	Unidad de potencia
MJ	Megajulio	Unidad de energía
Mcal	Megacaloria	Unidad de energía
°C	Grado Celsius	Unidad de temperatura
K	Grado Kelvin	Unidad de temperatura
O ₂	Oxígeno	Elemento químico
H ₂	Hidrógeno	Elemento químico



MEMORIA

**PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO DEPORTIVO
PARA PÁDEL INDOOR EN TOLEDO (TOLEDO)**

MIGUEL S. DEL CASTILLO GÓMEZ

TUTOR: FRANCISCO JAVIER PELLICER CLIMENT



ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO	1
2. INTRODUCCIÓN AL TRABAJO.....	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. MOTIVACIÓN.....	2
3. FICHA URBANISTICA	3
3.1. IDENTIFICACIÓN PARCELA	3
3.2. PROYECTISTA.....	4
4. EMPLAZAMIENTO.....	4
5. CONSTRUCCIÓN Y ESPACIOS REQUERIDOS	5
6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	7
6.1. ODS 3. GARANTIZAR UNA VIDA SANA Y PROMOVER EL BIENESTAR PARA TODOS EN TODAS LAS EDADES.	7
6.2. ODS 7. GARANTIZAR EL ACCESO A UNA ENERGÍA ASEQUIBLE, SEGURA, SOSTENIBLE Y MODERNA PARA TODOS.....	8
6.3. ODS 9. CONSTRUIR INFRAESTRUCTURAS RESILIENTES, PROMOVER LA INDUSTRIALIZACIÓN INCLUSIVA Y SOSTENIBLE Y FOMENTAR LA INNOVACIÓN.....	8
6.4. ODS 11. LOGRAR QUE LAS CIUDADES Y LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS SEAN INCLUSIVOS, SEGUROS, RESILIENTES Y SOSTENIBLES.	8
7. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
7.1. MEDICIONES Y RECOPIACIÓN DE IMAGENES	9
7.2. HERRAMIENTA DE CÁLCULO.....	13
7.3. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	13
7.4. CIMENTACIÓN	14
7.4.1. ZAPATAS	15
7.4.2. VIGAS DE ATADO	16
7.4.3. PLACAS DE ANCLAJE	16
7.4.4. SOLERA	16
7.5. CERRAMIENTOS	17
7.6. NORMATIVA APLICADA.....	17
7.7. ESTRUCTURA	17
7.8. ACCIONES	18
7.8.1. ACCIONES PERMANENTES.....	19
7.8.2. ACCIONES VARIABLES.....	19
7.8.3. VIENTO	19
7.8.4. NIEVE	20
8. PRESUPUESTO	21
9. CONCLUSION	22
10. PROYECTO FUTUROS.....	22



11. BIBLIOGRAFÍA..... 22



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la parcela (Parque de las 3 culturas de Toledo).	3
Figura 2. Ubicación de la subparcela.	4
Figura 3. Croquis nave y orientación.	5
Figura 4. Distribución en planta.	6
Figura 5. Objetivos de Desarrollo Sostenible.	7
Figura 6. Herramientas de medición.	10
Figura 7. Medición altura escalón de grada.	10
Figura 8. Medición profundidad escalón grada.	11
Figura 9. Medición telémetro.	11
Figura 10. Pista tenis.	12
Figura 11. Gradas.	12
Figura 12. Vestuarios.	13
Figura 13. Distribución de la cimentación.	15
Figura 14. Dimensionamiento de las zapatas.	15
Figura 15. Morfología de las placas de anclaje.	16
Figura 16. Estructura 3D.	18
Figura 17. Zona Eólica para acciones de viento.	20
Figura 18. Zona acciones de nieve.	20
Figura 19. Resumen Presupuesto.	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de la parcela.	3
Tabla 2. Dimensiones principales de la nave.	5
Tabla 3. Distribución nave.	6
Tabla 4. Hipótesis de Carga.	19
Tabla 5. Coeficientes de Mayoración.	19

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente trabajo de fin de grado trata el dimensionamiento y cálculo de una estructura que incluye en su interior, seis pistas de pádel, una grada, unos vestuarios y todos los elementos necesarios para la práctica de este deporte, en la zona conocida como Vega Baja en Toledo.

Debido a un notable crecimiento en popularidad del pádel en los últimos años, se ha convertido en una de las actividades deportivas más demandadas tanto a nivel aficionado como profesional en España. Por ello, la necesidad de tener instalaciones adecuadas y funcionales es imprescindible para la práctica de este deporte en óptimas condiciones.

La ciudad de Toledo, con su rica historia y su floreciente comunidad de deportistas de pádel, se ha convertido en un lugar ideal para desarrollar un proyecto de este tipo. La construcción de una estructura que incluye pistas de pádel, junto con una grada y vestuarios, proporcionará un espacio moderno y renovado para la práctica y el disfrute de este deporte en un punto clave y muy concurrido .

El objetivo principal de este trabajo es determinar las dimensiones y los cálculos estructurales necesarios de la estructura para garantizar la seguridad y la funcionalidad del edificio. Para ello se utilizarán principios de ingeniería estructural, teniendo en cuenta aspectos como la resistencia de los materiales, las cargas a las que estará sometida la estructura y los criterios de diseño apropiados para este tipo de instalaciones deportivas.

Además, se prestará especial atención a la integración arquitectónica del edificio en el entorno urbano de Toledo, buscando una combinación armónica entre funcionalidad, estética y sostenibilidad. Se considerarán aspectos como la eficiencia energética, la accesibilidad, el confort de los usuarios, la viabilidad económica ,entre otros, con el objetivo de crear un espacio acogedor.

El resultado final de este trabajo será un diseño completo y detallado de la estructura que albergará las seis pistas de pádel, la grada y los vestuarios, cumpliendo con todos los reglamentos técnicos y normativos. Se espera que este proyecto contribuya al desarrollo y popularización del pádel en Toledo.

2. INTRODUCCIÓN AL TRABAJO

2.1. Antecedentes

En cuanto a los antecedentes, conjunto de investigaciones realizados que aportan información relevante para el proyecto podemos destacar la investigación de estructuras similares y proyectos de construcción de estructuras deportivas, con información sustancial como el dimensionamiento y los materiales utilizados.

El estudio de la normativa y las reglamentaciones tanto locales, regionales y nacionales aplicables a la construcción como es el código técnico de la edificación (CTE), y las propias básicas que debe cumplir una pista de pádel según la Federación Española de pádel (FEP)

El estudio de mercado para analizar la viabilidad comercial y económica del proyecto, según los factores de oferta y demanda. A nivel Nacional, según informa la revista de noticias deportivas CMDsport:

“(3-3-2023). El post confinamiento de la pandemia tuvo como principales deportes favorecidos al ciclismo, el outdoor, el padel y el running. Solo el padel ha

logrado, sin embargo, mantener vivo su boom de practicantes mientras los otros tres deportes van redimensionándose a la baja. El pádel se erige en el gran triunfador post pandemia. Así lo atestiguan desde Playtomic.”

*“Según añade Ozamiz, el director de la península ibérica de Playtomic (Aplicación y comunidad de jugadores de deportes de raqueta más grande y de más rápido crecimiento en el mundo), la ocupación de pistas registrada por dicha aplicación en España creció en enero de 2023 un 9% respecto a enero de 2022, cuando la práctica el pádel estuvo en su punto más álgido en los inicios de la era post pandemia.”
(Carpio, 2023)*

A nivel internacional, esta información se constata y según nos muestra la revista Marca, el pádel es el deporte que más ha crecido a nivel mundial en años adyacentes:

“Playtomic y la consultora Monitor Deloitte han elaborado el informe "Global Padel Report". Concluye que el pádel es uno de los principales deportes en la actualidad y el que más crece a nivel mundial, pudiendo situarse incluso por encima del tenis.”

“Según el informe, la creación de nuevas pistas en Europa se ha triplicado desde 2016, llegando casi a las 27.000, más de un 20% de crecimiento anual. Además, el número de clubes en Europa ha crecido un 181% en los últimos cinco años. Las previsiones apuntan a que en los próximos cuatro años se producirá un aumento de la inversión de hasta 1.000 millones de euros, llegando a las 67.000 pistas. Durante los años 2020 y 2021 de pandemia, se han abierto 98 pistas y 29 clubes cada semana, es decir, 10.147 pistas y 2.994 clubes en total en esos dos años.” (MARCA, 2022)

2.2. MOTIVACIÓN

La principal motivación para la realización de este proyecto es el beneficio en varios ámbitos y el desarrollo de mi querida ciudad como pueden ser el impulso económico y turístico y satisfacer la demanda creciente de este tipo de instalaciones. No solo será de beneficio directo para los vecinos aficionados y profesionales que podrán disfrutar de unas instalaciones modernas, accesibles y bien equipadas; también podrá tener un impacto positivo en el ámbito económico y turístico de la ciudad, pudiendo albergar campeonatos y jornadas deportivas.

Un proyecto que contribuirá con el desarrollo deportivo, proporcionando un entorno adecuado para su práctica y promoverá un estilo de vida saludable y activa entre los vecinos.

Como secundario aliciente, el crecimiento personal con la finalización de esta etapa estudiantil y la obtención del grado de Ingeniería Mecánica para una posterior continuación en el máster de Ingeniería Industrial.



Figura 2. Ubicación de la subparcela.

3.2. PROYECTISTA

Como encargado del proyecto Miguel Santiago del Castillo Gómez, con numero de colegiado XXXXXX

Contacto:

E-mail: msdelcastillogomez@gmail.com

Contacto Tfno.: +34 661 25 32 41

4. EMPLAZAMIENTO

La estructura deportiva se encuentra en una parcela construida sin división horizontal perteneciente a las instalaciones deportivas del parque de las tres culturas, en el barrio de San Antón en la ciudad de Toledo. El suelo está catalogado actualmente como suelo urbano, zona verde y las características de la parcela son:

-CP: 45005 Toledo (Toledo)

-Av. General Villalba 1

-Coordenadas:

Latitud: 39.87111588 Longitud: 4.02904091 Altitud: 465m

[U.T.M. Huso: 30 ETRS89] X: 411860.80 Y: 4414042.64

Se ha elegido dicha parcela por el motivo principal de la localización, siendo el parque de las 3 culturas un punto neurálgico en la ciudad de Toledo. Dicho motivo, va estrechamente relacionado con el reacondicionamiento de las desfasadas zonas deportivas actuales, apostando por la sostenibilidad y el aprovechamiento.

La nave deportiva, tendrá unas dimensiones de 60m x 60m, dando una superficie total o superficie construida de 3.600 m² sobre una porción de la parcela de 63x64m.

Las dimensiones de la nave serán las siguientes:

-Luz = 60.

-Profundidad = 60.

-Altura del pilar = 8.

-Altura Cumbre = 10.

Normativa en vigor: PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA (PGOU), AYUNTAMIENTO DE TOLEDO.

5. CONSTRUCCIÓN Y ESPACIOS REQUERIDOS

Se trabaja sobre una porción de la parcela correspondiente al Parque de las 3 culturas de Toledo con unas dimensiones aproximadas de 63m de largo y 64m de ancho, dando una superficie total de aproximadamente 4.032m². Dentro de esta parcela se levantará la nave deportiva ocupando la mayor parte de su espacio y siendo sus dimensiones de 60x60m y una superficie de 3.600m².

Dimensiones	Unidades (m)
Altura Máx.	10
Altura Mín.	8
Luz	60
Profundidad	60

Tabla 2. Dimensiones principales de la nave

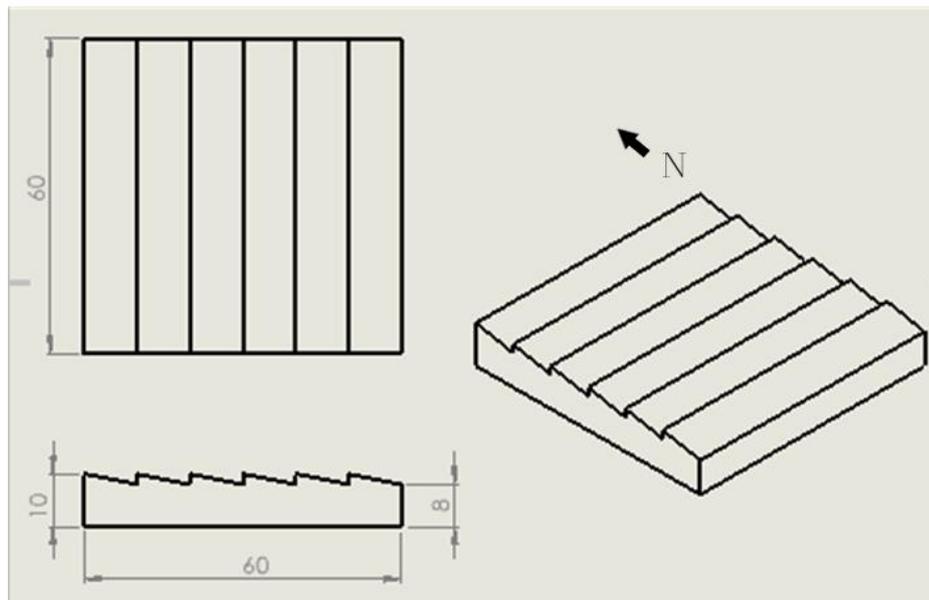


Figura 3. Croquis nave y orientación.

Dentro de la nave, encontramos la siguiente distribución de superficies, reflejada en la *tabla 3*.

Zonas	Dimensiones (m)	Superficie (m2)
Pistas de Pádel	6 pistas 20x10	1200
Gradas	12x45	540
Vestuarios	15x6	180
Almacenes	9x5	90

Tabla 3. Distribución nave.

Se busca el mayor aprovechamiento de espacios y de recursos, es por eso por lo que se busca una restauración de las gradas en vez de optar por su demolición. El espacio inferior a las gradas nos ofrece una amplia superficie aprovechable para vestuarios y pequeños almacenes.

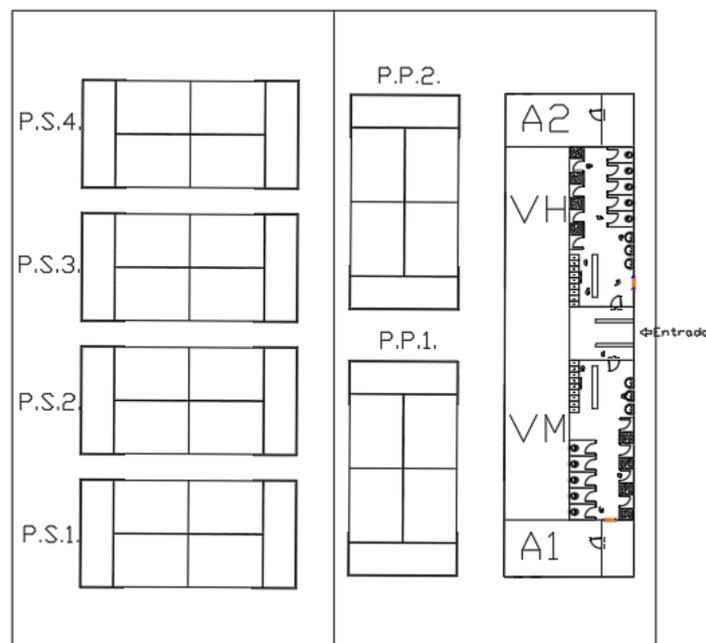


Figura 4. Distribución en planta.

En la Figura 4, se puede apreciar la distribución en planta

P.S.1. → Pista Secundaria 1

P.S.2. → Pista Secundaria 2

P.S.3. → Pista Secundaria 3

P.S.4. → Pista Secundaria 4

P.P.1. → Pista Principal 1

P.P.2 → Pista Principal 2

A.1. → Almacén 1

A.2. → Almacén 1

V.H. → Vestuarios Hombres

V.M. → Vestuarios Mujeres

6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La Universidad Politècnica de Valencia ha presentado los primeros resultados del informe Los ODS en las universidades españolas: una propuesta de la UPV para medir su grado de cumplimiento, elaborado por el Centro de Cooperación al Desarrollo.

En septiembre de 2015, la Asamblea General de Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, un extenso plan de acción basado en tres ejes: las personas, el planeta y la prosperidad, el cual debe guiar las estrategias de desarrollo a nivel mundial durante los próximos años. La Agenda plantea 17 grandes objetivos, que son los denominados objetivos de desarrollo sostenible (ODS). (UPV, 2020)



Figura 5. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

6.1. ODS 3. GARANTIZAR UNA VIDA SANA Y PROMOVER EL BIENESTAR PARA TODOS EN TODAS LAS EDADES.

El proyecto estructural del edificio deportivo para pistas de pádel contribuirá con el desarrollo deportivo, proporcionando un entorno adecuado para su práctica y promoverá un estilo de vida saludable y activa entre los vecinos.

El objetivo de desarrollo sostenible que garantiza una vida sana se ve cumplimentado por conexión con el deporte pues es científicamente sabido que la actividad física contribuye a la prevención y gestión de enfermedades no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la diabetes. La actividad física reduce los síntomas de la depresión y la ansiedad. La actividad física mejora las habilidades de razonamiento, aprendizaje y juicio. Cumplimentando en especial el objetivo 3.4. (OMS, 2022)

“Objetivo 3.4: Para 2030, reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante la prevención y el tratamiento y promover la salud mental y el bienestar” (Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible, s.f.)

6.2. ODS 7. GARANTIZAR EL ACCESO A UNA ENERGÍA ASEQUIBLE, SEGURA, SOSTENIBLE Y MODERNA PARA TODOS.

La tipología de la nave deportiva es de dientes de sierra orientada al sur, característica fundamental para un mayor aprovechamiento de cubierta para placas fotovoltaicas. El cálculo es realizado con una hipótesis de cargas G permanentes de 0.3 kN/m² repartido en 0.15 kN/m² para los cerramientos y 0.15 kN/m² para las placas fotovoltaicas.

Con idea de alcanzar un edificio autosuficiente y sostenible es el principal objetivo de desarrollo sostenible del proyecto. Enfocándose en todas las metas de la energía asequible y no contaminante:

Objetivo 7.1: De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos

Objetivo 7.2: De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas

Objetivo 7.3: De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética

Objetivo 7.a: De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias

Objetivo 7.b: De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo. (Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible, s.f.)

6.3. ODS 9. CONSTRUIR INFRAESTRUCTURAS RESILIENTES, PROMOVER LA INDUSTRIALIZACIÓN INCLUSIVA Y SOSTENIBLE Y FOMENTAR LA INNOVACIÓN.

La estructura contribuirá con el objetivo de desarrollo sostenible número 9 el cual contribuye a la construcción de infraestructuras resilientes y sostenible con metas como:

Objetivo 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

Y contribuyendo con una economía circular dando acceso a pequeñas industrias y empresas en la elaboración completa de la obra:

Objetivo 9.4: De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas. (Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible, s.f.)

6.4. ODS 11. LOGRAR QUE LAS CIUDADES Y LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS SEAN INCLUSIVOS, SEGUROS, RESILIENTES Y SOSTENIBLES.

El mundo cada vez está más urbanizado. Desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60 % para 2030.

Las ciudades y las áreas metropolitanas son centros neurálgicos del crecimiento económico, ya que contribuyen al 60 % aproximadamente del PIB mundial. Sin embargo, también representan alrededor del 70 % de las emisiones de carbono mundiales y más del 60 % del uso de recursos.

Realizando la estructura en un emplazamiento como lo es el Parque de las 3 Culturas de Toledo, se contribuye con un desarrollo de la ciudad, uniendo a vecinos en una zona verde de gran accesibilidad, sin necesidad de usar transporte privado y con grandes conexiones de transporte público, logrando una ciudad y una comunidad sostenible. Alguno de los objetivos que se resuelven son:

Objetivo 11.3: De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países

Objetivo 11.6: De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo

Objetivo 11.7: De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad. (Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible, s.f.)

7. SOLUCIÓN ADOPTADA

El proyecto comienza con el estudio de las distintas soluciones aplicables y la toma de medidas del terreno. Se documentan imágenes y se opta por la construcción de una nave de tipología dientes de sierra por sus distintas ventajas como pueden ser:

Mayor iluminación natural por la inclusión de ventanas o tragaluces a lo largo de los dientes, reduciendo la dependencia de iluminación artificial.

Ventilación mejorada, creada por los espacios de entrada y de salida de los dientes, favoreciendo la circulación y el intercambio de aire fresco.

Estética atractiva y característica ,originada por el diseño escalonado de los dientes.

Aprovechamiento de la superficie orientada al sur para la instalación de placas fotovoltaicas.

Flexibilidad en la distribución, dado que los dientes proporcionan muros interiores que pueden utilizarse para dividir y organizar mejor el espacio.

7.1. MEDICIONES Y RECOPIACIÓN DE IMAGENES

La toma de medidas precisas y la recopilación de imágenes es esencial para diseñar adecuadamente una obra. Para la realización de las mediciones exactas del terreno y demás elementos, se utilizaron telémetro y cinta métrica como se muestran en la *Figura 6*. Con la recopilación de los datos métricos y de las imágenes se pasa a la fase de análisis y diseño.



Figura 6. Herramientas de medición.



Figura 7. Medición altura escalón de grada.



Figura 8. Medición profundidad escalón grada.



Figura 9. Medición telémetro.



Figura 10. Pista tenis.



Figura 11. Gradas.



Figura 12. Vestuarios.

7.2. HERRAMIENTA DE CÁLCULO

La herramienta de cálculo y diseño utiliza de estructuras para el desarrollo del proyecto es el software Tricalc[®]. Es un software completo e integrado para el proyecto de estructuras, desde el modelo estructural hasta el dimensionamiento, detalle y fabricación final de las estructuras. (Graitec, s.f.)

El procedimiento para seguir será primero tener claro los datos de entrada como son las dimensiones previamente comprobadas y la introducción de estos junto con el conjunto de acciones que afectaran a la estructura: acciones de viento, sobrecargas de uso, acciones permanentes entre otras, todas ellas dependientes del emplazamiento de la obra.

Se realizarán cálculos de esfuerzos y ajustando los tipos de uniones entre barras, secciones y dimensiones de estas hasta alcanzar un resultado óptimo sin necesidad de un sobredimensionamiento directo. De igual forma se procede con las dimensiones de los demás elementos que componen la estructura, como son las zapatas y las placas de anclaje.

Una vez alcanzado una solución válida y rentable, se procede a un estudio y comprobación de los resultados y al análisis y manipulación de los listados, planos y gráficas.

7.3. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Realizado el análisis y el estudio de diseño, se opta por la demolición de las pistas obsoletas de tenis y frontenis y el aprovechamiento de las gradas y los vestuarios reservadas en el interior de la nave. Se ha elegido este punto de inflexión entre la renovación de las pistas actuales o la incorporación de algo

novedoso para el parque de las 3 culturas de Toledo, ganando esta segunda opción por las múltiples ventajas que conllevará.

La demolición comenzará por las pistas de frontenis y avanzará por la pista de tenis hasta llegar a las gradas. El acceso para maquinaria y la extracción de los residuos es realmente fácil, gracias a una entrada a escasos metros. Las actuaciones llevadas a cabo serán:

- Demolición de la superficie estudiada (pista de tenis, frontenis, escaleras laterales auxiliares y aceras).
- Limpieza del total de la superficie de la parcela y lindantes .
- Transporte de residuos generados.
- Relleno de zanjas y nivelación del terreno.

7.4. CIMENTACIÓN

La fase de cimentación involucra la excavación de las zanjas para los cimientos, el vertido de hormigón, la instalación de vigas y demás elementos estructurales. Se pueden diferenciar 4 puntos importantes en la cimentación:

- 1) Zapatas.
- 2) Vigas de atado.
- 3) Placas de Anclaje
- 4) Solera

Desde este momento comienza un proceso físico que requiere control de cada detalle, pues está comenzando la construcción de una estructura que dará cobijo a la práctica de un deporte y en consecuencia a personas. Es importante ser consciente de lo que supone el buen funcionamiento de todos los elementos y la importancia de todas las fases. Los cimientos de una estructura se encargan de transmitir el peso y las cargas de la edificación al suelo de manera segura y estable.

La cimentación de esta estructura se compone de 33 zapatas unidas mediante vigas de atado. Las medidas de las zapatas varían dependiendo de su posición; encontramos principalmente 3 medidas de zapatas.

La profundidad de excavación será de 1m repartido en 10cm de hormigón de limpieza y 90cm de hormigón armado.

La distribución de las zapatas se muestra en la *Figura 13*.

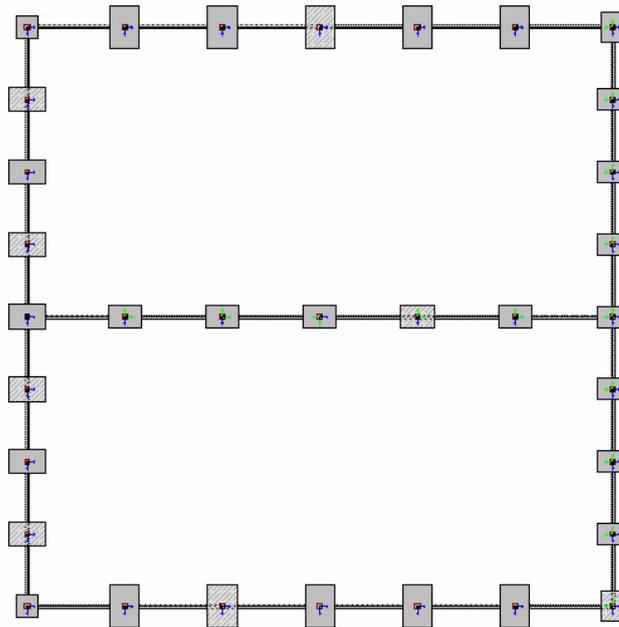


Figura 13. Distribución de la cimentación.

Con una separación entre centros de 10m para los cimientos centrales e intermedios y una separación entre centros de 7.5m para los cimientos de fachada

7.4.1. ZAPATAS

Dicho anteriormente, las zapatas es un punto muy importante de la cimentación, en forma de bloques de hormigón armado para este caso. Representan la base de la estructura y se encargan de distribuir las cargas de los pilares al suelo de manera uniforme y segura.

Podemos distinguir principalmente 3 medidas de zapatas, todas ellas con una profundidad de 90cm más 10 cm de una capa superficial de hormigón de limpieza como se muestra en la *Figura 14*.

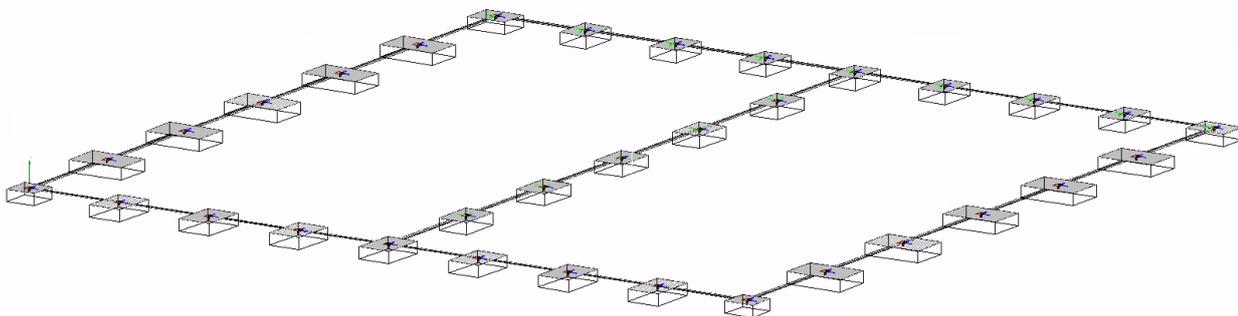


Figura 14. Dimensionamiento de las zapatas

7.4.2. VIGAS DE ATADO

La unión entre zapatas es llevada a cabo mediante vigas de atado, de amarre o vigas-zapatatas que recorren el perímetro de la estructura. Elemento estructural que forma parte importante de la cimentación y proporciona estabilidad y rigidez. Hace posible la distribución de las cargas, no solo en las zapatas, si no por todo el perímetro de la estructura, repartiéndolas en una superficie mayor. Contribuyen a evitar el pandeo o flexión excesiva y evita la deformación bajo cargas laterales.

7.4.3. PLACAS DE ANCLAJE

También conocidas como placas base, son colocadas en la parte inferior de los pilares con el objetivo de anclaje mediante pernos y transmitir la carga vertical de manera más uniforme a las zapatas. En definitiva, es el elemento de unión entre los pilares y los cimientos. Encontramos principalmente dos medidas de placas base y rigidizadores dependiendo de la posición de estas y de las dimensiones de las vigas que soportan; aunque todas ellas con la misma morfología, un espesor de 22mm, anclajes redondos corrugados de Acero B500 y 5 pernos de 20mm a cada lado del eje z local.

Las placas pertenecientes a los pilares de fachada tienen dimensión de 550x550mm y el resto tienen dimensión de 500x500mm. En cuanto a los rigidizadores; encontramos anchos mínimos de 240mm para los pilares centrales, 260mm para los pilares intermedios y 300mm para los pilares de fachada conforme a las dimensiones de cada pilar. En la *Figura 15* se aprecia la morfología de las placas de anclaje.

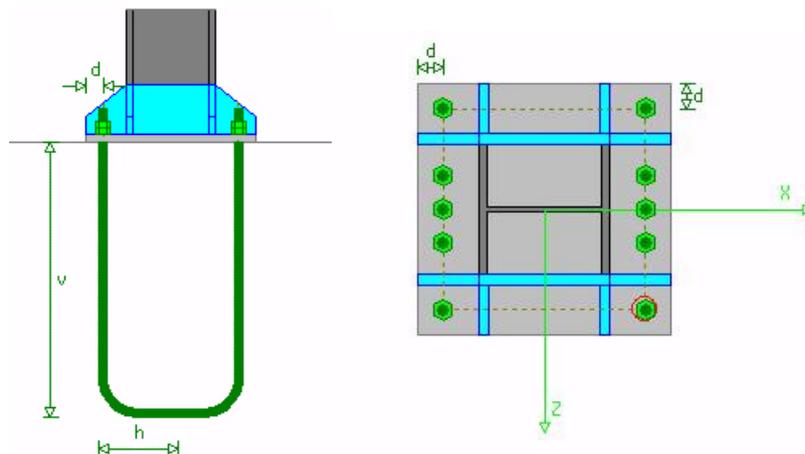


Figura 15. Morfología de las placas de anclaje.

7.4.4. SOLERA

La solera de cimentación proporciona una superficie sólida, nivelada y resistente para soportar las cargas y distribuir las de manera uniforme. Se realizará un vertido de hormigón desde camión hasta alcanzar un espesor de 10cm con juntas de contracción de 5mm para evitar fisuras y daños en la estructura debido a las tensiones internas del hormigón en la etapa de fraguado y endurecimiento por la pérdida de agua y consolidación de los materiales.

7.5. CERRAMIENTOS

Los cerramientos tienen el objetivo de envolver los espacios interiores de la estructura con el fin de proteger contra elementos climáticos, aislamiento térmico y acústico, privacidad, delimitación de espacios y características estéticas.

Para los cerramientos laterales, ocupando todo el perímetro de la estructura, se opta por paneles metálicos microperforados en distintas tonalidades de verde, disminuyendo así la contaminación visual y haciendo de la estructura parte de los jardines del parque.

La tipología de la estructura será semicubierta, y los paneles serán instalados a partir de los 4m de altura por diversos motivos y principalmente por el plan general municipal de ordenación urbana Título V. Normas Específicas de las zonas de suelo urbano, el cual especifica el uso dotacional de zonas verdes y su compatibilidad para equipamiento deportivo (D-CU-DE) autorizándolo sin modificar su característica de espacio libre.

Para el cerramiento de la cubierta se ha empleado panel sándwich de acero, para cubiertas, con la superficie exterior grecada y la superficie interior lisa, de 30mm de espesor y 1m de ancho y acabado prelacado en tonalidades de verde, en concordancia con los cerramientos laterales.

7.6. NORMATIVA APLICADA

Acciones:	CTE DB SE-AE
Viento:	CTE DB SE-AE
Hormigón:	CÓDIGO ESTRUCTURAL
Acero:	CTE DB SE-A
Cimientos:	CTE DB SE-C
Otras:	CTE DB SE-C, CTE DB SI

7.7. ESTRUCTURA

La tipología de la nave es de dientes de sierra compuesta de distintos bloques como son pórtico interior, pórtico de fachada, arriostramientos. Se observa con claridad en la *Figura 16*.

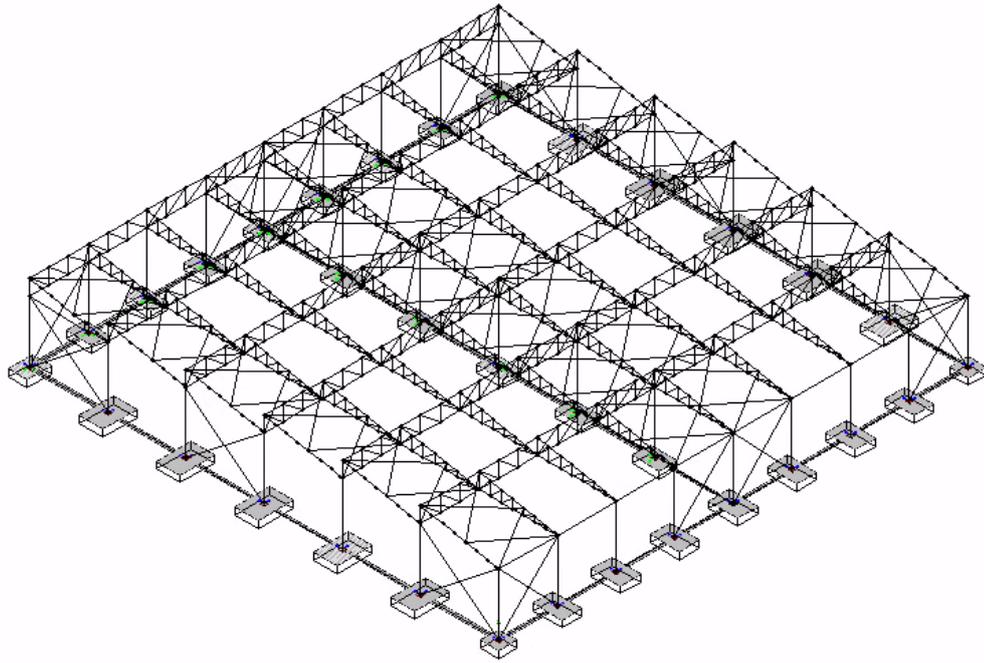


Figura 16. Estructura 3D.

La nave cuenta con 6 pórticos interiores con pilares intermedios y una separación de 7.5m. Podemos diferenciar 3 tipos de pilares, dependiendo de su posición en la estructura, además de los pilares de los dientes. Encontramos pues, pilares de fachada, pilares centrales y pilares intermedios; estos últimos necesarios para combatir la flecha y poder aguantar la estructura correctamente.

7.8. ACCIONES

En cuanto a las acciones, siguen la normativa del Código Técnico de Edificación, seguridad estructural Acciones en la edificación (CTE DB SE-AE). Las cargas se pueden clasificar en distintos tipos dependiendo de su aplicación y del tiempo. Las hipótesis de cargas se reflejan en la *Tabla 4.* (CTE)

NH	Nombre	Tipo	Descripción
0	G	Permanentes	Permanentes
1	Q1	Sobrecargas	Sobrecargas
2	Q2	Sobrecargas	Sobrecargas
7	Q3	Sobrecargas	Sobrecargas
8	Q4	Sobrecargas	Sobrecargas
9	Q5	Sobrecargas	Sobrecargas
10	Q6	Sobrecargas	Sobrecargas
3	W1	Viento	Viento
4	W2	Viento	Viento
25	W3	Viento	Viento
26	W4	Viento	Viento
22	S	Nieve	Nieve
21	T	Sin definir	Temperatura
23	A	Sin definir	Accidentales

Tabla 4. Hipótesis de Carga.

Tipo	Hipótesis	Hormigón	Aluminio/Otros/ CTE
Cargas permanentes	0	1,35	1,35
Cargas variables	1	1,50	1,50
	2	1,50	1,50
	7	1,50	1,50
	8	1,50	1,50
	9	1,50	1,50
	10	1,50	1,50
Cargas de viento no simultáneas	3	1,50	1,50
	4	1,50	1,50
	25	1,50	1,50
	26	1,50	1,50
Cargas móviles no habilitadas			
Cargas de temperatura	21	1,50	1,50
Cargas de nieve	22	1,50	1,50
Carga accidental	23	1,00	1,00

Tabla 5. Coeficientes de Mayoración.

7.8.1. ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes son cargas constantes y de posición invariable como es el peso propio de la estructura y las acciones del terreno debido a su desplazamiento como consecuencia del peso de la estructura principalmente.

7.8.2. ACCIONES VARIABLES

Dependen principalmente del emplazamiento de la obra y estas cargas no actúan de manera constante. Dentro de este tipo de acciones encontramos la sobrecarga de uso debida en gran medida a al peso de elementos exteriores a la propia estructura, como pueden ser maquinaria, personas entre otros.

7.8.3. VIENTO

Afecta a los laterales de la estructura y depende del emplazamiento de la estructura. En el caso del presente proyecto, se encuentra en la zona eólica A como se aprecia en la figura

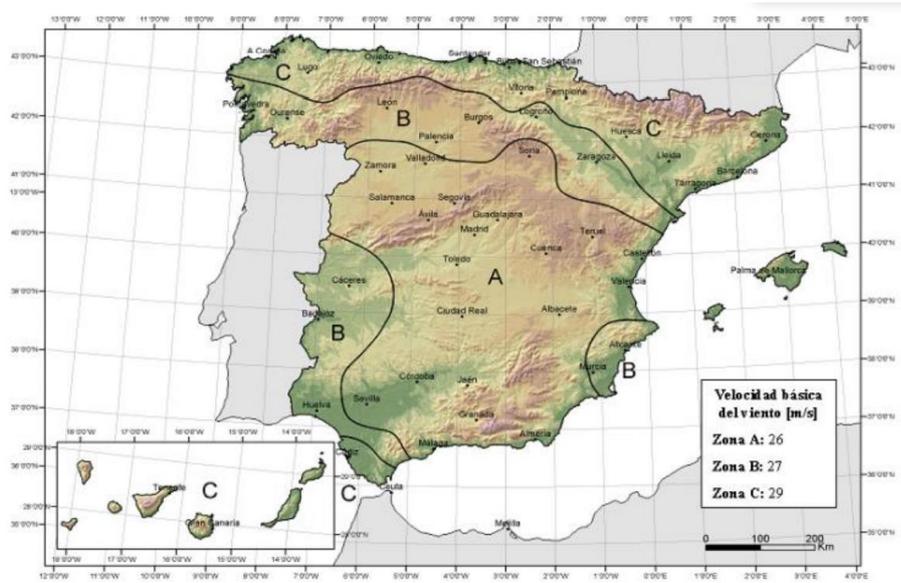


Figura 17. Zona Eólica para acciones de viento

7.8.4. NIEVE

De misma forma que las acciones de viento dependen del clima del lugar y de la altura del emplazamiento. En el caso del presente proyecto, se encuentra en la Zona 4 y una altitud de entre 450m y 550m



Figura 18. Zona acciones de nieve.

8. PRESUPUESTO

Una parte muy importante en la elaboración de un proyecto, es el apartado económico. La presupuestación de un proyecto se debe ajustar lo máximo posible al por venir de gastos durante la elaboración de la obra. Como resumen del presupuesto, clasificado por capítulos se muestran en la *Figura 19* y más ampliamente explicado en el *Anejo 6: Presupuestos*.

Proyecto: PRESUPUESTO TFG

Capítulo	Importe
Capítulo 1 DEMOLICIÓN	43.605,98
Capítulo 2 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	24.713,15
Capítulo 3 CIMENTACIONES	148.126,50
Capítulo 4 ESTRUCTURA METÁLICA	435.553,12
Capítulo 5 FACHADAS Y CERRAMIENTOS	17.136,00
Capítulo 6 CUBIERTA	317.522,29
Capítulo 7 EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES	14.406,84
Presupuesto de ejecución material	1.001.063,88
13% de gastos generales	130.138,30
6% de beneficio industrial	60.063,83
Suma	1.191.266,01
21% IVA	250.165,86
Presupuesto de ejecución por contrata	1.441.431,87

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de UN MILLÓN CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

Figura 19. Resumen Presupuesto.

9. CONCLUSION

Como conclusión del proyecto, se ha realizado un amplio estudio de los diferentes apartados que conlleva la realización de la obra. Se comenzó el proyecto con la realización del cálculo estructural, conjuntamente a la normativa aplicada, pasando por el estudio de la gestión de residuos, realización de los planos y finalmente el presupuesto y el pliego de condiciones. Es importante conocer todos los aspectos que rodea un proyecto como este, pues no solo se basa en un cálculo estructural. El conocimiento de la normativa conlleva un riguroso estudio. También cabe destacar los objetivos de desarrollo sostenible, con el fin de adquirir un pensamiento de un mejor futuro y poder llevarlo a cabo de forma profesional.

- El resultado final de la estructura, satisface favorablemente los requerimientos planteados.
- El coste por m² del total de la estructura se queda en 400€/m².
- Junto con el cálculo estructural, se afianzan conceptos de normativas, contabilidad, condiciones etc.

10. PROYECTO FUTUROS

Como mejoras a futuro que se puede realizar sobre la estructura que por distintos motivos no son objeto de estudio en el presente proyecto caben destacar las siguientes:

- Estudio de instalaciones hidráulicas y eléctricas para la iluminación de las pistas.
- Estudio de energía renovable y cálculo y diseño de placas fotovoltaicas para la cubierta de la estructura.
- Posible ampliación de la nave deportiva para la práctica de otra disciplina.
- Implementación de estructura con fines de hostelería.
- Estudio exhaustivo de las pistas de pádel para un mayor rendimiento.

11. BIBLIOGRAFÍA

Carpio, T. (3 de Marzo de 2023). El pádel, el superviviente de los booms deportivos de la post pandemia. *CMD Sport*, 1. Obtenido de <https://www.cmdsport.com/padeltenis/actualidad-padeltenis/padel-gran-triunfador-la-post-pandemia/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20a%C3%B1ade%20Ozamiz%2C%20la%20ocupaci%C3%B3n,de%20la%20era%20post%20pandemia>

CTE. (s.f.). *Código Técnico de la Edificación*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/>

Graitec. (s.f.). *Graitec*. Obtenido de <https://graitec.com/es/products/tricalc/>

MARCA. (3 de Junio de 2022). El pádel es el deporte que más ha crecido a nivel mundial en 2021. *MARCA.COM*, 1. Obtenido de <https://www.marca.com/blogs/espanasemueve/2022/06/03/el-padel-se-convierte-en-el-deporte-que.html>

OMS. (5 de Octubre de 2022). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical->

