

Mario Vera Sáez.
Trabajo de Fin de Máster
Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

Conjunto Residencial para Seniors en Tiermas.





Trabajo Fin de Máster

Conjunto residencial para Seniors en Tiermas
(Zaragoza)

Housing complex for Seniors in Tiermas
(Zaragoza)

Autor

Mario Vera Sáez

Director

José Antonio Alfaro Lera

EINA Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./Dª. Mario Vera Sáez,

con nº de DNI 73412972P en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Máster, (Título del Trabajo)
Conjunto Residencial para Seniors

, es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 21 de Noviembre de 2018

Fdo: Mario Vera Sáez

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

Índice

Memoria Descriptiva	4
Memoria Constructiva	16
DB-SE: Seguridad Estructural	46
DB-SI: Seguridad en caso de Incendio	78
DB-SUA: Seguridad de Utilización y Accesibilidad	108
DB-HE: Ahorro de Energía	138
DB-HR: Protección frente al Ruido	150
Presupuesto	158
Pliego de Condiciones	168
Anejo. Estudio Geotécnico	210

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

Índice

- 1 El lugar
 - 1.1 Entorno físico
 - 1.2 Tejido urbano
 - 1.3 Patrimonio
 - 1.4 Acceso
- 2 El proyecto
- 3 El programa
- 4 El cliente
- 5 El solar
- 6 El habitar doméstico
- 7 La estructura

1 El lugar:

Tiermas es un pueblo aragonés abandonado, perteneciente al municipio de Sigüés en la provincia de Zaragoza, en el límite con Navarra. Del antiguo pueblo queda la parte alta, ya que la baja ha desaparecido bajo las aguas del pantano de Yesa. Su localización, en lo alto de un promontorio junto al pantano, lo convierte en un lugar de gran interés paisajístico.

1.1 Entorno físico:

Tiermas se sitúa en el sector meridional de la zona surpirenaica, concretamente delimitada por la Sierra de Leyre al norte y la canal de Berdún al sur, esta última cubierta en parte por el embalse de Yesa.

1.2 Tejido urbano:

Las ruinas de Tiermas presentan una trama desordenada de orígenes medievales, mostrando un perímetro en rectángulo, aunque algo irregular, que llegó a estar completamente amurallado. Actualmente quedan en pie una puerta de acceso al noroeste, conocida como el Portal de las Brujas, y los restos de una torre de la muralla. Además, en el límite oeste varias casas derruidas evidencian el antiguo trazado de la muralla. El paso del tiempo ha transformado estos recintos en espacios inhabitables, invadidos por la vegetación.

1.3 Patrimonio:

Destacan arquitectónicamente el Portal de las Brujas, ya mencionado, y la antigua iglesia parroquial de San Miguel, de cruz latina de nave única. Además, las ruinas del balneario a pie de pantano quedan vistas cuando baja el nivel del agua, frecuentada por visitantes para hacer uso de los restos de aguas termales. Tiermas está considerada en una de las rutas del Camino de Santiago y es reconocida como población Bien de Interés Cultural.

1.4 Acceso:

Los accesos principales hasta el pueblo son desde Jaca por la N-240, desde Zaragoza a través de SOS del Rey Católico, y por la autovía en construcción A-21. Actualmente se ha facilitado un acceso pavimentado hasta la entrada del pueblo que nace en el cruce entre la N-240 y la A-21.



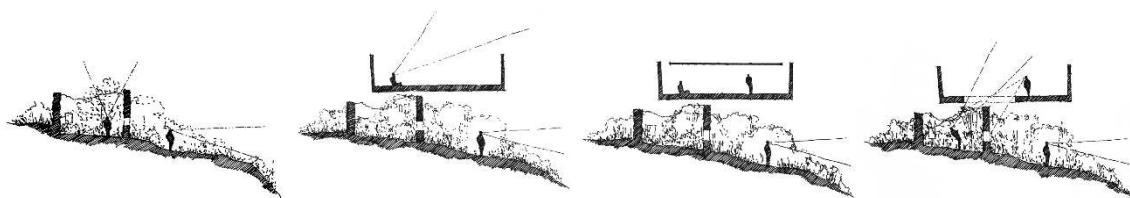
2 El proyecto:

El pueblo presenta un paisaje en ruinas, antiguas casas sin cubierta y de muros parcialmente caídos. Las huellas de las viviendas conforman espacios descubiertos e invadidos por la vegetación. El pantano es el telón de fondo que se divisa entre árboles y muros de piedra.



Las antiguas construcciones de Tiermas carecen de cubiertas, convirtiéndose en vulnerables a la invasión de maleza y a los agentes meteorológicos.

El proyecto nace a partir de esta percepción del lugar. El espacio doméstico se presenta como un habitáculo introvertido de miradas dirigidas al cielo. Esta idea toma forma mediante una pieza de “sección en vaso”, que proporciona una cubierta al espacio en ruinas a la vez que supone un plano delimitador entre el espacio común y el íntimo. La estructura enfatiza los dos ámbitos que vive el usuario: el disfrute en comunidad del paisaje, la vegetación y la ruina, frente a la intimidad del habitat doméstico, un espacio de desconexión abierto al cielo. La cubierta se transforma en la ventana del estar íntimo.

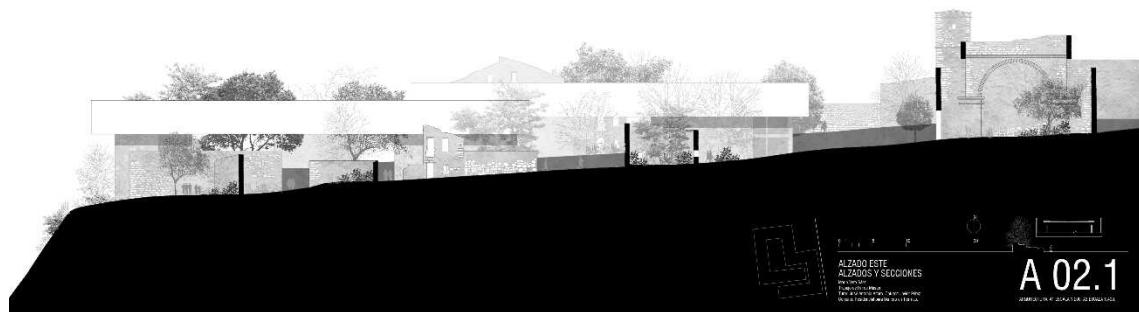


Esta estructura no es estática. A veces se presenta cubierta para albergar usos básicos de la vivienda, mientras que otras se perfora para establecer relación visual con las preexistencias: disfrutar de las ruinas desde la intimidad, y del cielo a través de la estructura.

La disposición en planta es consecuencia de estos dos “mundos” descritos. En planta baja, muros estructurales de hormigón se insertan en la trama de Tiermas y generan un nuevo orden de espacios. El programa público se integra con los muros de piedra y los hace partícipes del nuevo proyecto. Las antiguas casas se transforman en jardines y espacios de estar abiertos. En el nivel superior se presenta una pieza autónoma, menos dependiente de las geometrías preexistentes. Este volumen, que contiene las viviendas, se percibe desde el exterior como un gran cuerpo monolítico que vuela sobre el pueblo.



Planta Baja (izquierda) y Planta de Cubiertas (derecha)



Alzado Este. El volumen se percibe como un cuerpo monolítico que vuela sobre el pueblo.

3 El programa:

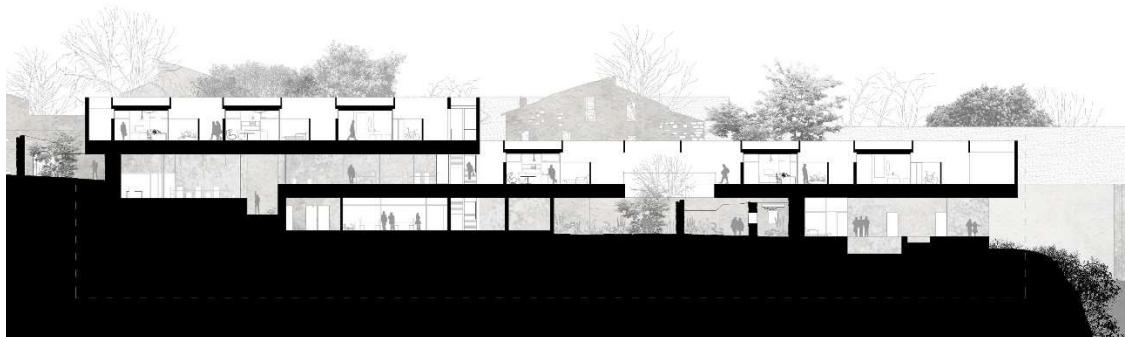
El conjunto alberga 27 viviendas (incuyendo cuatro para invitados) y una serie de espacios públicos necesarios en el día a día de los usuarios. El objetivo principal es el de investigar unidades habitacionales adaptadas al tipo de cliente, además del diálogo que se establece entre estas nuevas unidades y las antiguas viviendas de Tiermas. El programa se organiza en dos plantas, una baja de carácter público y la superior en la que se encuentran las viviendas. En algunos puntos del conjunto, debido a los cambios de cota del pueblo, se proyecta una entreplanta de uso público, siempre en relación directa con el uso en planta baja.

La parte pública se resume en tres tipos de necesidades: servicios, espacios de interrelación y bienestar. Los servicios se localizan en el acceso al proyecto y próximos al resto del pueblo, concretamente junto a la antigua plaza y la iglesia. Estos servicios se componen de zona de administración y oficinas, y zona de personal con lavandería.

Los espacios de interrelación adoptan una posición central en el proyecto y poseen todos ellos entreplanta. Son considerados los espacios más frecuentados por los usuarios. En ellos se incluyen el bar-restaurante al oeste, paralelo al antiguo trazado de la muralla y con vistas al pantano, y tres zonas de estar disgregadas hacia el este y el sur del proyecto. También se incluye un pequeño oratorio para creyentes, próximo al restaurante. Los tres estares se proyectan como espacios flexibles, abiertos a las distintas actividades que puedan desarrollar los usuarios: zonas de lectura, espacios de trabajo, talleres creativos, zonas de juegos, zonas de estar y ocio para visitas, etc.

Los espacios del bienestar los conforman el gimnasio y aula de fisioterapia, una sala multiusos y piscinas cubiertas de relajación. Se ubican en el límite suroeste del pueblo, lejanos al acceso y completamente abiertos al paisaje.

Los núcleos de comunicación quedan integrados junto a usos ya descritos, o bien en un recinto propio. Todos los espacios públicos quedan delimitados por superficies vidriadas que se van adheriendo a las pantallas de hormigón, de tal forma que en el paso de uno a otro siempre es necesario caminar a través de las ruinas. Las casas abandonadas conforman agradables jardines, zonas exteriores de descanso y contemplación, destacando las que se localizan junto al bar, las piscinas, la sala polivalente o los estares.

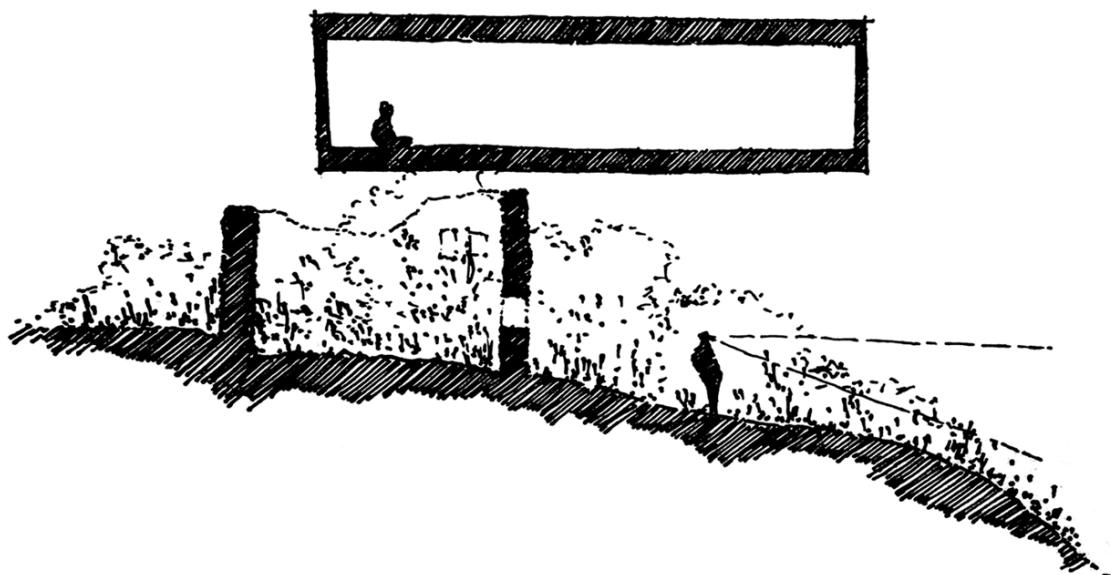


El programa se estructura en dos plantas, en las cuales la baja se destina a uso público y la primera para viviendas. La pieza superior se perfora puntualmente y se abre al pueblo. El mundo público y el íntimo dialogan a través de la ruina.

4 El cliente:

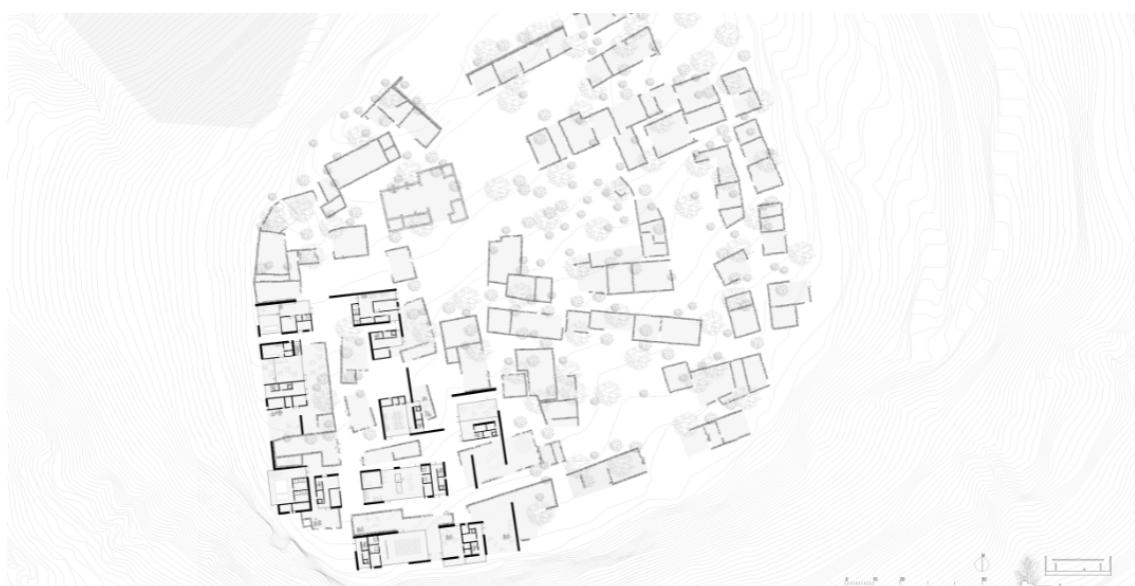
El cliente en cuestión es un senior, una persona ya sin preocupaciones laborales y a la vez activa, con todo el tiempo por delante para hacer lo que le plazca. “La última casa” supone la oportunidad de poder realizar todas las actividades para las que carecía de tiempo. El senior se retira a este complejo para disfrutar de una vida tranquila en comunidad, pero también para encontrar su propio rincón.

Tiermas resulta el entorno idóneo para este perfil de cliente, que decide alejarse de la ciudad en favor de un entorno más íntimo. La revitalización del pueblo es paralela a la revitalización del senior. La elección de este emplazamiento, más allá de la belleza paisajística que rodea el embalse de Yesa, se debe a la búsqueda de un remanso de paz insertado en la naturaleza. La idea primitiva del hogar como un espacio propio y aislado.



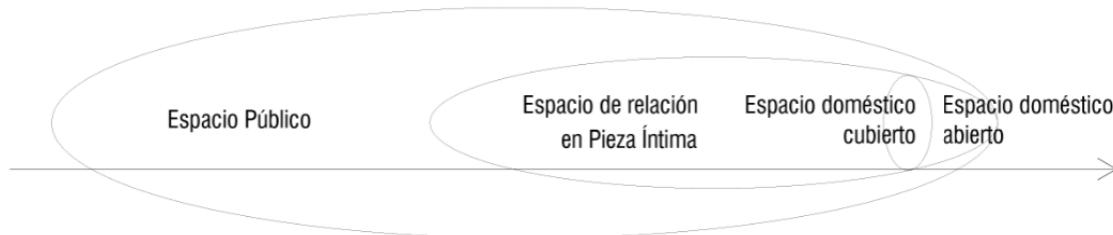
5 El solar:

El proyecto se localiza al suroeste de Tiermas, reactivando el trazado de la muralla oeste y parte del límite sur. La entrada al proyecto se ubica en la antigua plaza principal, tras cruzar la calle Tiermas y caminar junto a la iglesia. Actualmente este camino conforma el itinerario natural de acceso al pueblo. La superficie que se interviene en planta baja se corresponde con 6000 m² aproximadamente.



6 El habitar doméstico:

La vivienda se concibe como un habitáculo introvertido, parte cubierta para albergar usos domésticos básicos como el estar o el dormir, y parte descubierta. El espacio abierto ilumina todo el interior a modo de pozo de luz y se convierte en protagonista. La secuencia en la que se van descubriendo las diferentes estancias es de gran importancia.



El acceso a la vivienda se realiza por el espacio cubierto, rodeado completamente de muros y aislado del resto de viviendas. El núcleo central de servicios impide la visión inmediata del espacio abierto. Al llegar a las estancias principales, el dormitorio y el salón, es donde se descubre la “ventana abierta al cielo”, que evoca las sensaciones percibidas en las casas en ruinas.

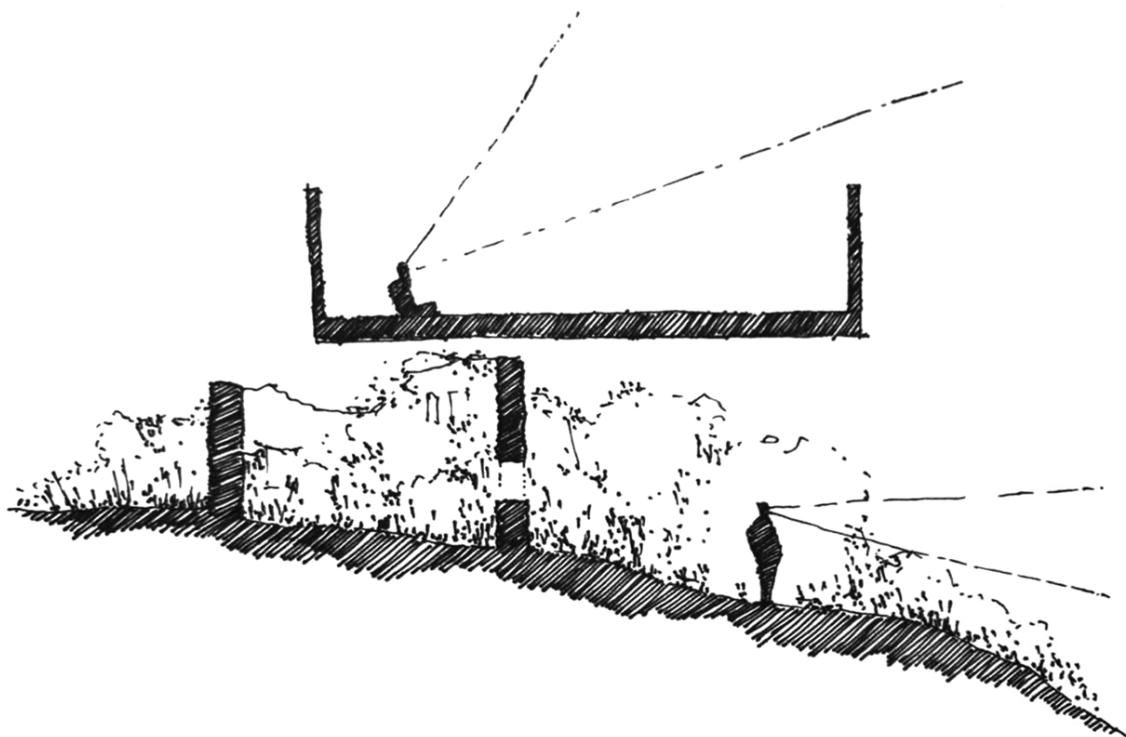
Se proyectan tres tipologías de vivienda: la vivienda tipo, descrita previamente; una segunda tipología que parte del mismo esquema de la vivienda tipo, pero en la que el espacio abierto es común para dos viviendas, para aquellas parejas de seniors que quieran compartir su intimidad; y una tercera tipología destinada a invitados, que no cuenta con cocina y cuya zona cubierta y abierta son de dimensiones más reducidas. La vivienda tipo cuenta con 55 m² cubiertos y 30 m² de espacio exterior, mientras que la de invitados es de 22 m² la parte cubierta y 4 m² la abierta.



Vivienda tipo (esquina superior izquierda). Vivienda de invitados (esquina inferior izquierda). Vivienda doble con espacio exterior compartido (derecha).

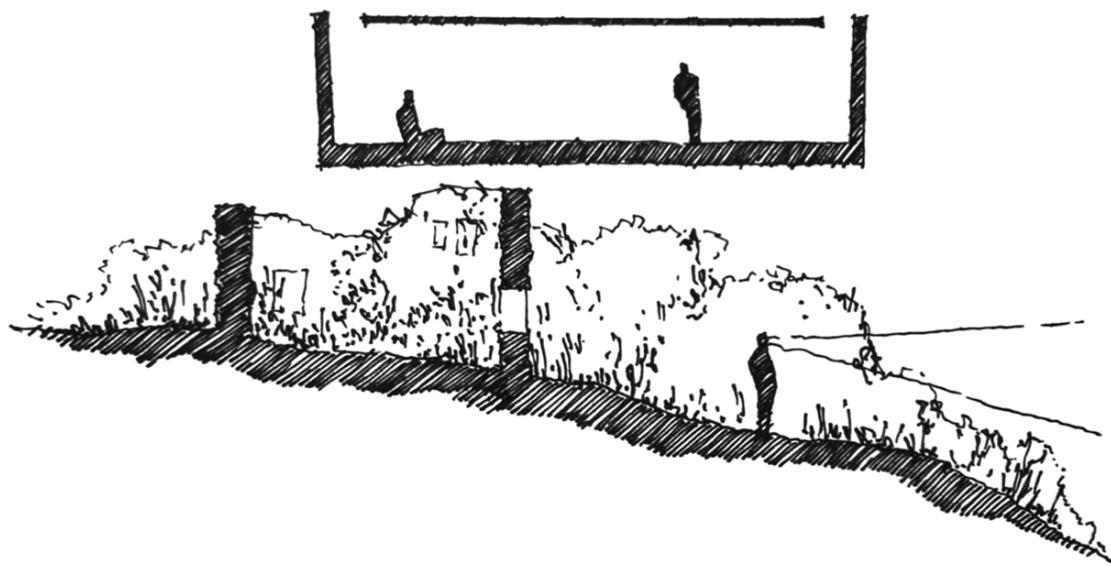
7 La estructura:

La estructura y su apariencia formal es consecuencia directa del concepto. Una pieza de sección en vaso, abierta por su parte superior, es suspendida por encima del pueblo. Al exterior se percibe como un gran volumen monolítico, impenetrable, que denota su carácter introvertido. Este gran cuerpo se divide en tres partes a distintas alturas que se disponen de forma paralela a los cambios de altura del terreno.



Muros estructurales de hormigón armado sujetan la pieza. Estos muros son de un espesor considerable, 70 cm, similar a los espesores de los muros preexistentes de piedra, y necesarios para soportar luces que alcanzan los 15 m. En su sección transversal la estructura presenta una luz entre apoyos de 12 m, cuyos esfuerzos se equilibran con vuelos a ambos lados de 2,5 m, correspondientes con recorridos de tránsito en la planta superior. La sombra arrojada por estos vuelos, el retranqueo de las pantallas de hormigón, y las ruinas y la vegetación que ocultan parcialmente las fachadas en planta baja, enfatizan la sensación de un gran volumen que flota.

El plano correspondiente con la base del vaso es una losa aligerada a base de esferas plásticas de canto considerable. Sobre ésta, una capa gruesa de arcilla expandida aloja las instalaciones y aisla la pieza. Las grandes dimensiones de este forjado favorecen la idea de un gran plano que divide el espacio público del íntimo. Además, este plano sirve de soporte de las pantallas laterales que aislan visualmente el espacio de viviendas del entorno.



Las pantallas de 5 m de altura son arriostradas en su parte superior por vigas esbeltas separadas cada 5 m, funcionando la estructura como una gran viga cajón. Estas vigas de 0,1x1 m deben su gran esbeltez a dos motivos: por un lado salvar la luz de 17,5 m que separa las pantallas, y por otro evitar posibles deformaciones de las pantallas producidas por la acción del viento. Además, las vigas modulan las dimensiones de viviendas y núcleos verticales y son las encargadas de soportar sus cubiertas. Este punto es importante, entendiéndose que los finos muros de hormigón que delimita el espacio doméstico no soportan la cubierta y por tanto no son estructurales. Todos los esfuerzos de la cubierta son transmitidos a las pantallas y el forjado, y cualquier elemento intermedio únicamente genera ámbitos distintos dentro de un mismo espacio. El “vaso” es el sustento conceptual y estructural del proyecto. La separación existente entre los muros y las vigas evidencia este aspecto, sirviendo a la par para iluminar el interior de las viviendas en todas sus fachadas.

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

Índice

- 1 Sustentación del edificio
- 2 Sistema estructural
 - 2.1 Elementos de sustentación. Cimentación y muros de hormigón
 - 2.2 Forjados
 - 2.3 Vigas
- 3 Sistema envolvente
- 4 Sistema de compartimentación
 - 4.1 Compartimentación vertical
 - 4.1.1 Muros interiores
 - 4.1.2 Tabiquería
 - 4.2 Compartimentación horizontal
- 5 Sistema de acabados
 - 5.1 Acabados en techos
 - 5.2 Acabados en paredes
 - 5.3 Acabados en suelos
- 6 Sistemas de acondicionamiento e instalaciones
 - 6.1 Protección contra incendios
 - 6.2 Saneamiento
 - 6.3 Abastecimiento de AFS y ACS
 - 6.4 Climatización y Renovación del Aire
 - 6.5 Electricidad y Telecomunicaciones
- 7 Equipamientos

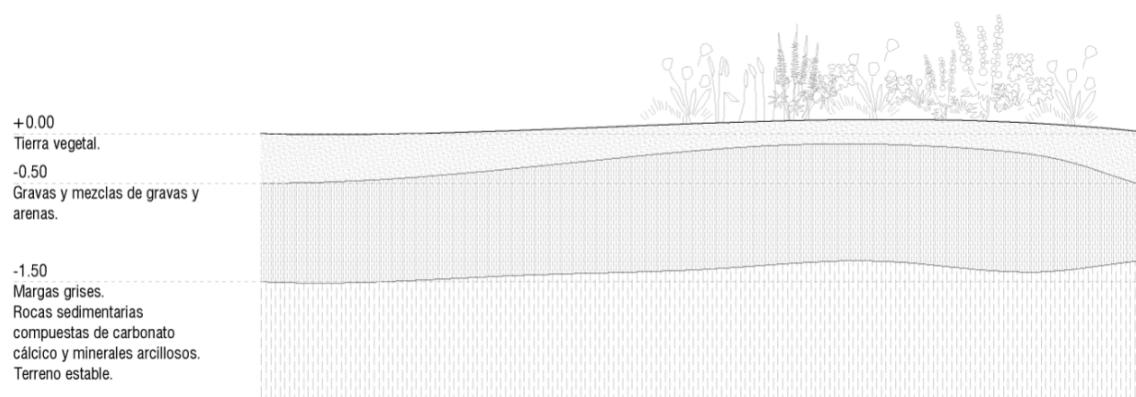
1 Sustentación del edificio

Justificación de las características del suelo y parámetros a considerar para el cálculo en la parte del sistema estructural correspondiente a la cimentación.

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límite Últimos (DB SE) y los Estados Límite de Servicio (DB SE). El comportamiento de la cimentación debe comprobarse frente a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud de servicio. Las verificaciones de los Estados Límites están basadas en el uso de un modelo adecuado para al sistema de cimentación elegido y el terreno de apoyo de la misma.

El estudio geotécnico se incluye al final de esta memoria, correspondiente con el análisis dirigido por Esteban Faci Paricio en 1997.

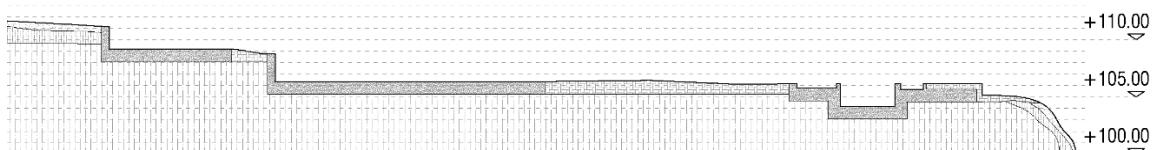
Se realizan cinco sondeos mecánicos a rotación con obtención continua de testigo. A efectos de cálculo de empujes y de anclajes, puede considerarse de forma conservadora el siguiente perfil del terreno:



Se consideran tres estratos principales, cuyos espesores son variables y se recogen de forma aproximada:

- Nivel 1: Tierra vegetal que cubre toda la superficie del pueblo, variable, alcanzando el medio metro de profundidad. Se trata de un estrato terroso.
- Nivel 2: Estrato intermedio conformado a base de gravas de dimensiones variables y arenas sedimentadas. No debe considerarse como una base estable.
- Nivel 3: Margas grises. Este último estrato se compone de rocas sedimentarias a base de carbonato cálcico y minerales arcillosos. Se considera terreno estable donde debe apoyar la cimentación. En el cálculo posterior, se establece una tensión admisible de 3 MPa.

El nivel freático es despreciable, ya que el pueblo se localiza aproximadamente 120 m sobre el nivel del pantano.



Sección por terreno y cotas de cimentación

2 Sistema estructural:

Para el cálculo de la estructura se han utilizado los siguientes soportes informáticos: Dlubal RFEM y CYPECAD.

“La empresa alemana-checa Dlubal Software desarrolla desde hace más de 25 años software de análisis estructural y el MEF. El software de análisis estructural por elementos finitos RFEM permite el modelado rápido e intuitivo, así como también el cálculo y dimensionamiento de estructuras 2D y 3D compuestas de elementos de barras, placas, muros, láminas y sólidos”.

“CYPECAD ha sido concebido para realizar el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas para edificación y obra civil, sometidas a acciones horizontales, verticales y a la acción del fuego.

Estas estructuras pueden estar compuestas por: pilares (de hormigón, de acero y mixtos), pantallas y muros; vigas de hormigón, metálicas y mixtas; forjados de viguetas (genéricas, armadas, pretensadas, in situ, metálicas de alma llena y de celosía), placas aligeradas, losas mixtas, reticulares y losas macizas; y cimentaciones por losas, vigas de cimentación, zapatas y encepados. También dimensiona y comprueba uniones metálicas soldadas y atornilladas (incluidas las placas de anclaje)”.

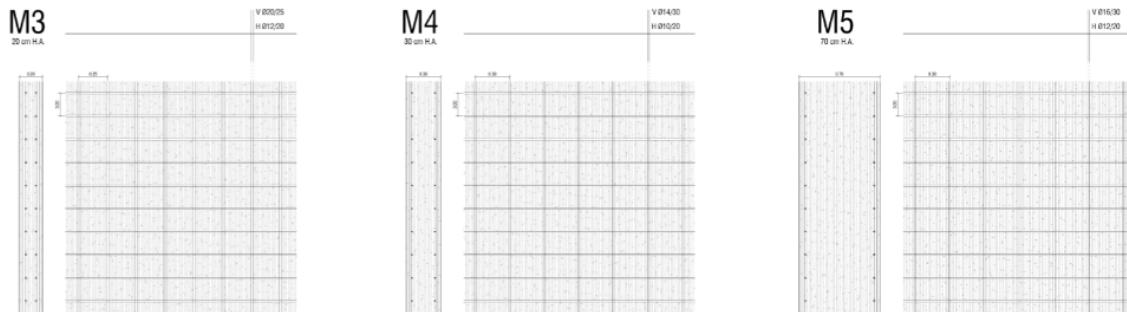
En primer lugar, se analizó el proyecto en Dlubal RFEM para entender el comportamiento general del edificio, obteniendo resultados de las tensiones, deformaciones y desplazamientos, tanto globales como locales. Una vez entendido el comportamiento de la estructura, se introdujo en CYPECAD para dimensionar todos los elementos de hormigón y las armaduras de acero, tanto en cimentación como en forjados, muros y vigas. En ambos casos se han estudiado fragmentos del edificio correspondientes con los puntos más desfavorables del proyecto, descritos a continuación:

- A) Análisis 1: fragmento tipo, estudiado en Dlubal RFEM, compuesto de parte del cuerpo superior soportado por cuatro muros pantalla, con vuelos de 5 m en ambos extremos en sentido longitudinal.
- B) Análisis 2: fragmento tipo, estudiado en CYPECAD, compuesto de parte del cuerpo superior soportado por cuatro muros pantalla, con vuelos de 5 m en ambos extremos en sentido longitudinal. Se incluye el dimensionado de la cimentación para el estado de cargas introducido en el programa.
- C) Análisis 3: fragmento que alberga un hueco en su forjado, correspondiente con los dobles espacios proyectados, a través de los cuales se establece conexión visual entre las preexistencias en planta baja y el espacio abierto de la planta primera. Estudiado en CYPECAD, se analizan los refuerzos necesarios en las partes de forjado contiguas al hueco.

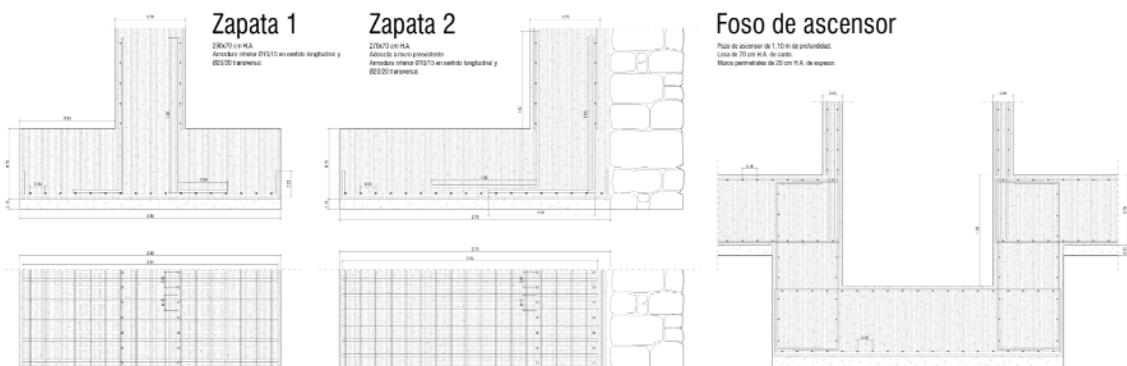
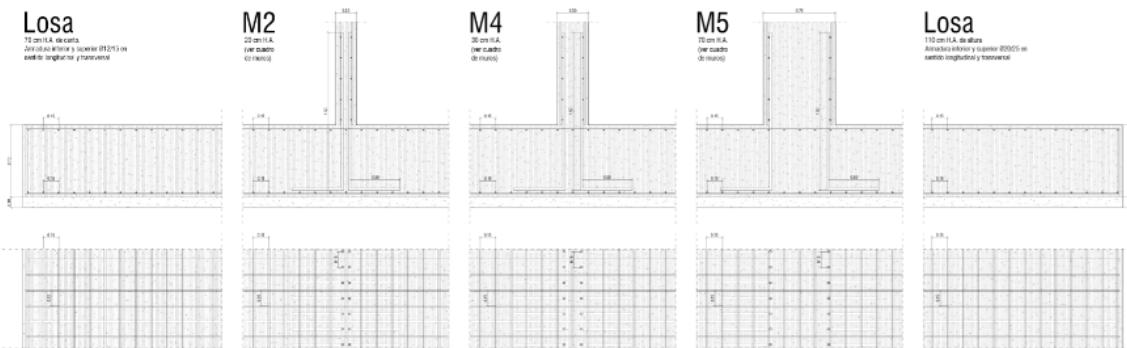
(Véase Memoria DB-SE)

2.1 Elementos de sustentación. Cimentación y muros de hormigón:

La estructura se apoya en pantallas de hormigón de 70 cm de espesor. Además, elementos de compartimentación de 30 y 20 cm sirven de soporte secundario, pero no se han contemplado en el cálculo.



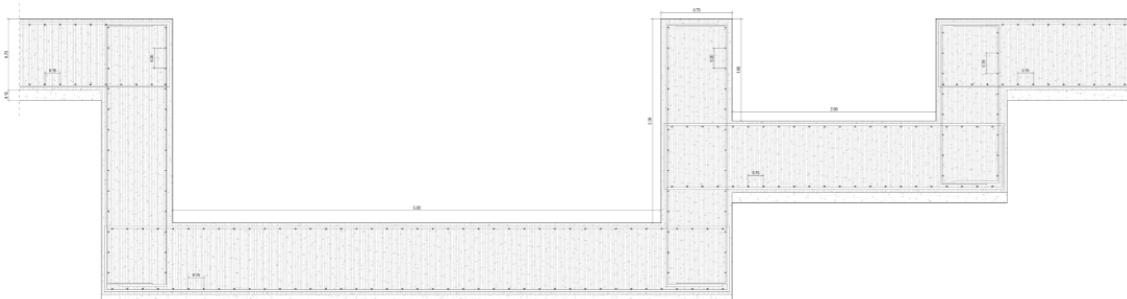
Los diferentes muros de apoyo transmiten todas las cargas a la cimentación. Los cimientos se estudiaron inicialmente como zapatas corridas bajo los muros. Las grandes dimensiones de las zapatas obtenidas en el cálculo, daba como resultado elementos de escasa separación entre sí. Se optó por unificarlos en una losa única para cada uno de los espacios dispuestos en planta baja. Se presentan zapatas puntuales bajo pantallas de hormigón que se encuentran aisladas en planta baja. También se analizaron posibles encuentros con cimentaciones preexistentes. Se decide construir junto a muros de piedra y utilizarlos como superficie de encofrado, integrando algunos de estos muros en el proceso de vertido de hormigón y confiriéndoles resistencia. A continuación, se incluye el cuadro de cimentación con los tipos de losa, zapatas, y pozos de cimentación.



Losas y zapatas tienen un canto de 70 cm

Vasos de piscinas

Vasos de 70 cm de profundidad.
 Llosas de 70 cm H.A. de altura. Muros perimetrales de 10 cm H.A. de espesor.
 Muro interior de separación 50 cm H.A. de espesor. Armadura vertical Ø14/30. Armadura horizontal Ø10/20.



HORMIGÓN	Designación	Tipo árido	Tamaño máx.	Consistencia	fck	Cemento
H. Limpieza	HM-20/P/40/IIa	Rodado	30 mm	Plástica	20 N/mm ²	I-CEM 32.5
H. Cementación	HA-35/P/15/IIa	Rodado	15 mm	Plástica	35 N/mm ²	I-CEM 32.5
H. Muros	HA-35/P/15/IIa	Rodado	15 mm	Plástica	35 N/mm ²	I-CEM 32.5
H. Losas forjados	HA-35/P/15/IIa	Rodado	15 mm	Plástica	35 N/mm ²	I-CEM 32.5
H. Jácenas-Zunchos	HA-35/P/15/IIa	Rodado	15 mm	Plástica	35 N/mm ²	I-CEM 32.5
H. Muros 10 cm	HAC/S/15/IIa	Rodado	15 mm	Seca	30 N/mm ²	I-CEM 32.5

ACEROS EN BARRRA	Designación	Recubrimiento nominal	Separación máxima	fyk
Cimentación	B 500 S	30 mm	25 cm	434.78 N/mm ²
Muros	B 500 S	30 mm	30 cm	434.78 N/mm ²
Losas forjado	B 500 S	30-60 mm	15 cm	434.78 N/mm ²
Jácenas-Zunchos	B 500 S	30-50 mm	30 cm	434.78 N/mm ²
Muros 10 cm	B 500 S	35 mm	30 cm	434.78 N/mm ²

Especificaciones materiales principales

Hormigón armado HA-35/P/15/IIa

Hormigón armado de resistencia característica de compresión de 35 N/mm².

Consistencia plástica.

Tamaño máximo de árido 15 mm.

Exposición ambiente IIa. Máxima relación a/c=0,60. Mínimo contenido de cemento 275 Kg/m³.

Hormigón armado autocompactante HAC/S/15/IIa

Hormigón armado de resistencia característica de compresión de 30 N/mm².

Consistencia seca. Aditivos superfluidificantes para obtener fluidez máxima en consistencias secas.

Tamaño máximo de árido 15 mm.

Exposición ambiente IIa. Máxima relación a/c=0,60. Mínimo contenido de cemento 275 Kg/m³.

Acero soldable B 500 S

Límite elástico, fy >500 N/mm².

Carga unitaria de rotura, fs >550 N/mm².

Alargamiento de rotura >12%.

Alargamiento total bajo carga máxima >5%

Cuadro de tipos de hormigón y acero

2.2 Forjados:

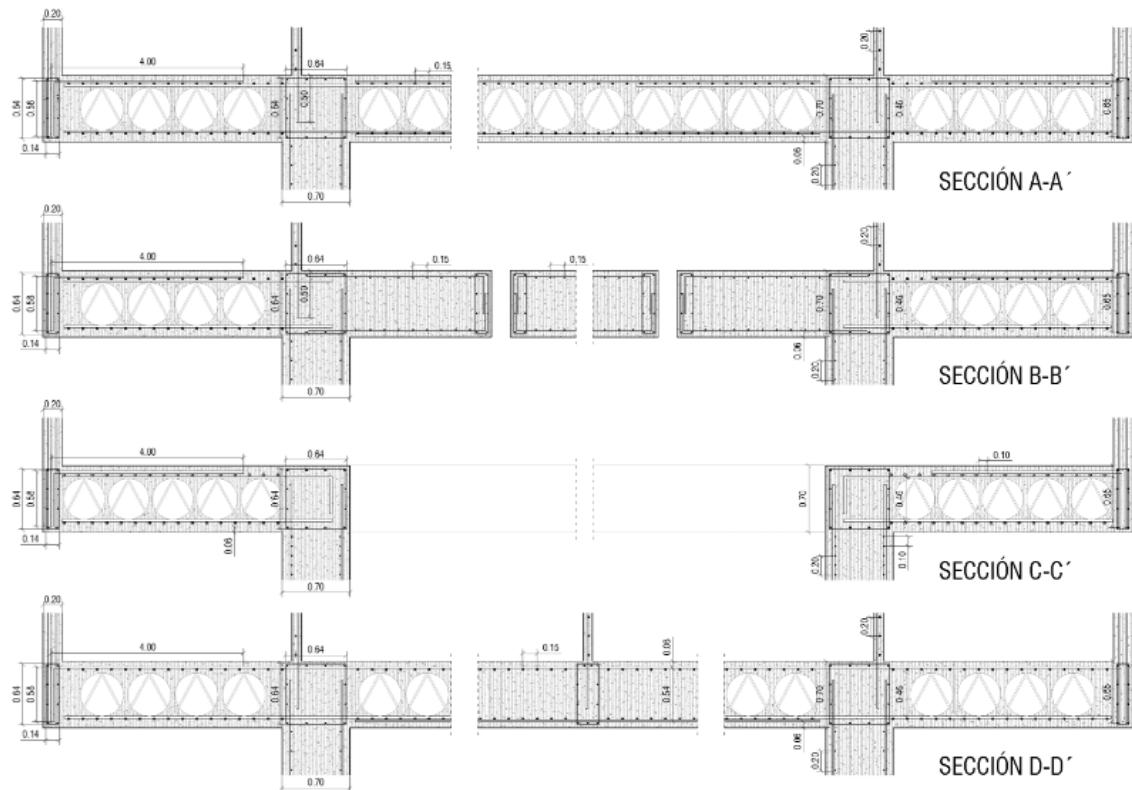
El forjado en planta primera es el elemento que da unidad al conjunto, sirviendo de soporte de todo el volumen superior y transfiriendo sus cargas sobre pantallas puntuales de hormigón. Sobre este elemento se apoyan las pantallas perimetrales, las cuales soportan a su vez todo el sistema de vigas y forjados en cubierta. Como se ha comentado previamente, los muros de 10 cm de HAC que delimitan las viviendas no desempeñan ninguna función estructural, soportándose exclusivamente a sí mismos (véase memoria descriptiva). En cualquier caso, estos elementos deben tenerse en cuenta a la hora de considerar todos los esfuerzos transmitidos al forjado.



Plano de forjados en planta primera

El forjado se construye a partir de una losa de 70 cm aligerada con esferas plásticas. Además, aloja dos vigas continuas, dispuestas paralelamente al volumen y encargadas de transferir el peso de todo este cuerpo a los muros inferiores. Un zuncho perimetral a cada lado delimita la losa y sirve de soporte a las pantallas perimetrales. Las grandes dimensiones de esta losa provocan que se perciba como un gran plano impenetrable desde la planta baja, exceptuando aquellos puntos en los que se perfora. Precisamente en estos espacios, la losa depende de armaduras superiores para soportar las torsiones producidas. Debe entenderse que la estructura en su conjunto funciona como una gran viga cajón solidaria, y por tanto todas estas sobrecargas puntuales se reparten a lo largo de la losa (véase justificación DB-SE y planos de Estructura).

SECCIONES FORJADOS ESCALA 1:50



PLANTA FORJADO 3 (F3)

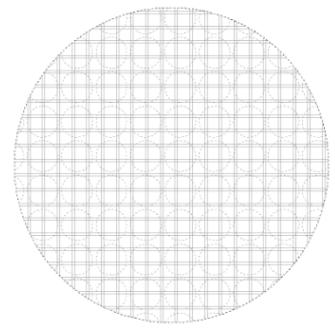
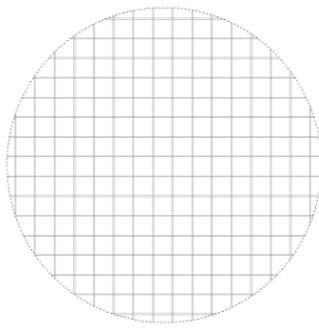
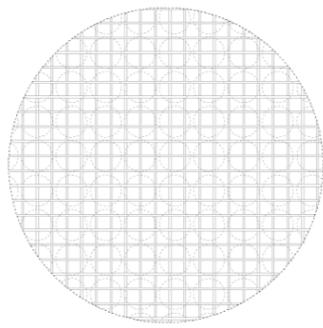
Losa H.A. aligerada con esferas plásticas huecas, de material reciclado. Armado inferior y superior Ø16/15, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. Espesor 70 cm.

PLANTA FORJADO 4 (F4)

Losa H.A. maciza. Armado inferior y superior Ø10/20, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. Espesor 70 cm.

PLANTA FORJADO 5 (F5)

Losa H.A. aligerada con esferas plásticas huecas, de material reciclado. Armado inferior y superior Ø25/15, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. Armadura de refuerzo aplicada en forjados junto a grandes huecos. Espesor 70 cm.



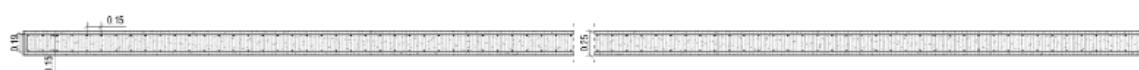
Secciones y plantas tipo de forjados presentes en el proyecto

Para aquellos forjados de dimensiones más reducid, como losas en núcleos de comunicación o las cubiertas de las viviendas, se optan por losas macizas de cantos menores (25 cm de espesor).

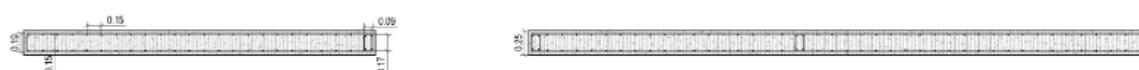


Plano de forjados en cubierta

SECCIÓN B-B'



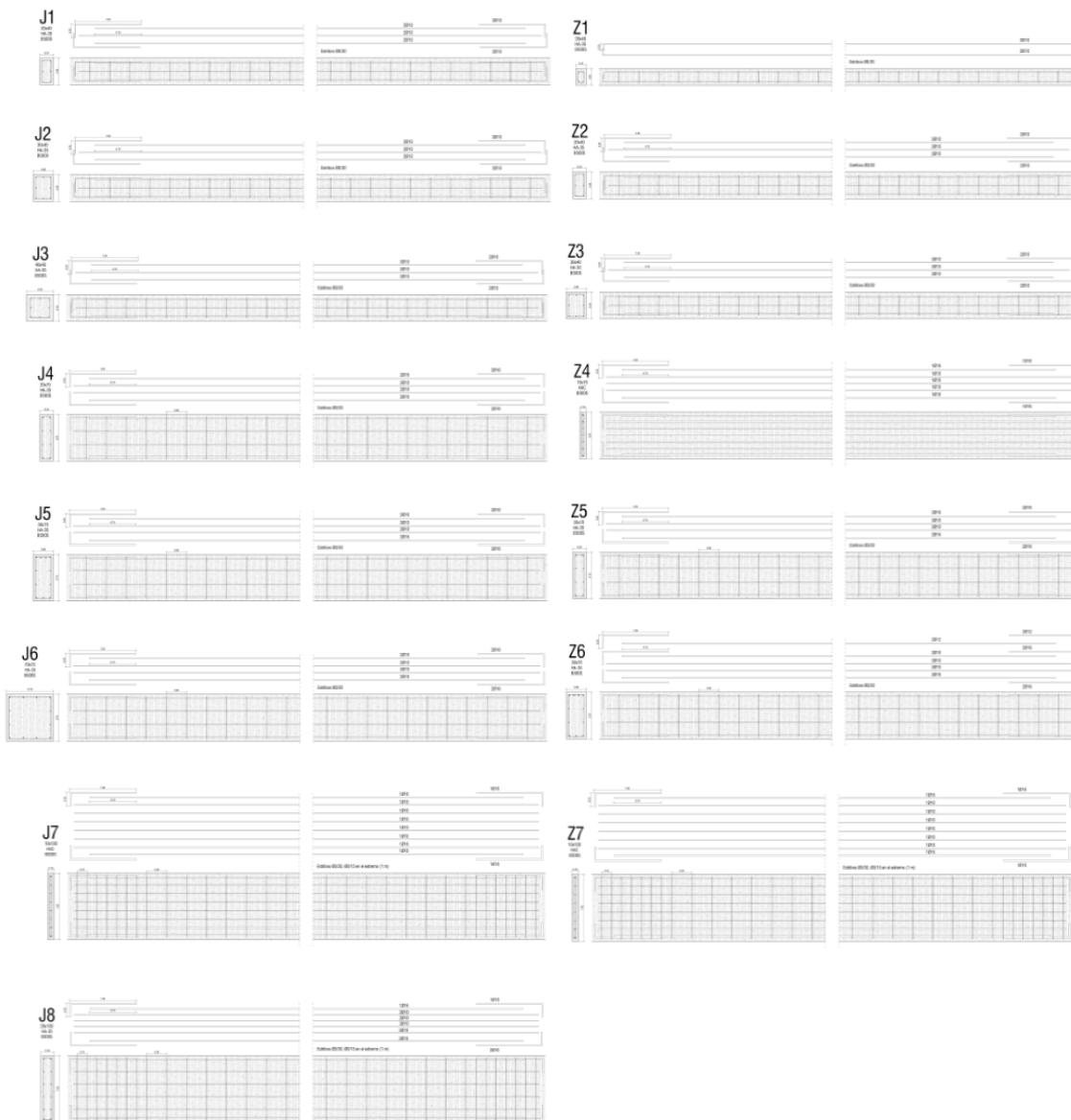
SECCIÓN C-C'



Secciones tipo de forjados en cubiertas

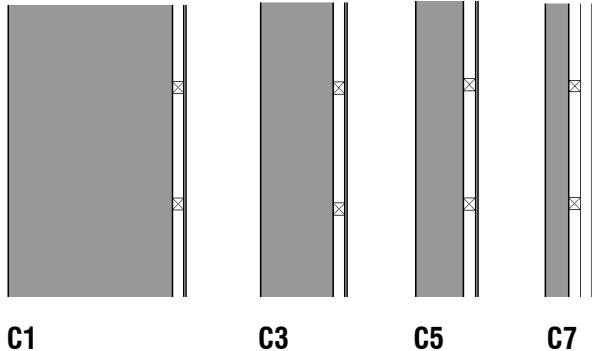
2.3 Vigas:

Como ya se ha mencionado, las vigas principales que se dan en el proyecto son aquellas que discurren de forma paralela sobre los muros pantalla de planta baja, además de otras estructurales que delimitan espacios como núcleos de comunicación o cambios de forjados. Destacan las vigas vistas en cubierta, con canto de 1 m y encargadas de arrostrar las dos pantallas perimetrales del volumen superior. Se incluyen los cuadros de vigas y zunchos presentes en el edificio.



3 Sistema envolvente:

Definición constructiva de los distintos subsistemas de la envolvente del edificio con definición del aislamiento térmico y resistencia al fuego de dichos subsistemas.



C1 Cerramiento exterior de 70 cm de hormigón armado sobre el que se coloca en una de sus caras el revestimiento. Cerramiento aplicado en planta baja. Revestimiento de madera de Nogal enlistonado sobre rastrel, con aislamiento de lana mineral de 10 cm. Transmitancia térmica de 0,35 W/m²K. Resistencia al fuego R240.

C3 Cerramiento exterior de 30 cm de hormigón armado sobre el que se coloca en una de sus caras el revestimiento. Cerramiento aplicado en planta baja. Revestimiento de madera de Nogal enlistonado sobre rastrel, con aislamiento de lana mineral de 10 cm. Transmitancia térmica de 0,37 W/m²K. Resistencia al fuego R240.

C5 Cerramiento exterior de 20 cm de hormigón armado sobre el que se coloca en una de sus caras el revestimiento. Cerramiento aplicado en planta primera, delimitando el espacio de núcleos verticales. Revestimiento de madera de Nogal enlistonado sobre rastrel, con aislamiento de lana mineral de 10 cm. Transmitancia térmica de 0,38 W/m²K. Resistencia al fuego R180.

C7 Cerramiento exterior de 10 cm de hormigón autocompactante sobre el que se coloca en una de sus caras el revestimiento. Cerramiento aplicado en planta primera, delimitando el espacio cubierto de la vivienda. Revestimiento de madera de Nogal enlistonado sobre doble rastrel, con aislamiento de lana mineral de 10 cm. Transmitancia térmica de 0,38 W/m²K y resistencia al fuego R60.

En este apartado no se han considerado los cerramientos exteriores C2, C4, C6 ni C8, por tratarse de cerramientos correspondientes a espacios no habitables y que, por tanto, no forman parte de la envolvente térmica.

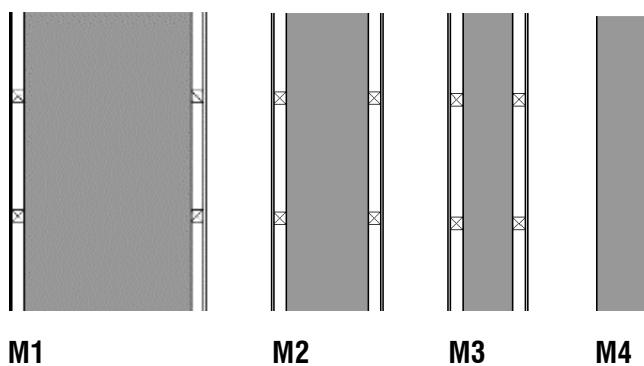
4 Sistema de compartimentación:

Definición de los elementos de compartimentación con especificación de su comportamiento ante el fuego y su aislamiento acústico.

Se entiende por partición interior, conforme al “Apéndice A: Terminología” del DB HE 1, el elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales.

4.1 Particiones verticales:

4.1.1 Muros interiores



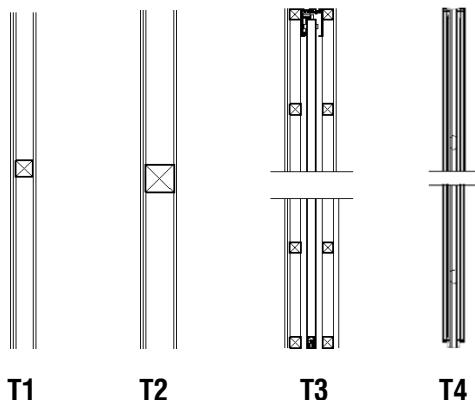
M1 Muro interior de 70 cm de hormigón armado sobre el que se coloca en ambas caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio. Colocado en espacio público. Revestimiento de madera de Nogal en listonado. Transmitancia térmica de 0,35 W/m2K. Aislamiento acústico de Ra 80 dBA.

M2 Muro interior de 30 cm de hormigón armado sobre el que se coloca en ambas caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio. Colocado en espacio público. Revestimiento de madera de Nogal en listonado. Transmitancia térmica de 0,37 W/m2K. Aislamiento acústico de Ra 67 dBA.

M3 Muro interior de 20 cm de hormigón armado sobre el que se coloca en ambas caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio. Colocado en espacio público. Revestimiento de madera de Nogal en listonado. Transmitancia térmica de 0,38 W/m2K. Aislamiento acústico de Ra 60 dBA.

M4 Muro interior de 20 cm de hormigón armado. Colocado en espacio público. Aislamiento acústico de Ra 60 dBA.

4.1.2 Tabiquería:



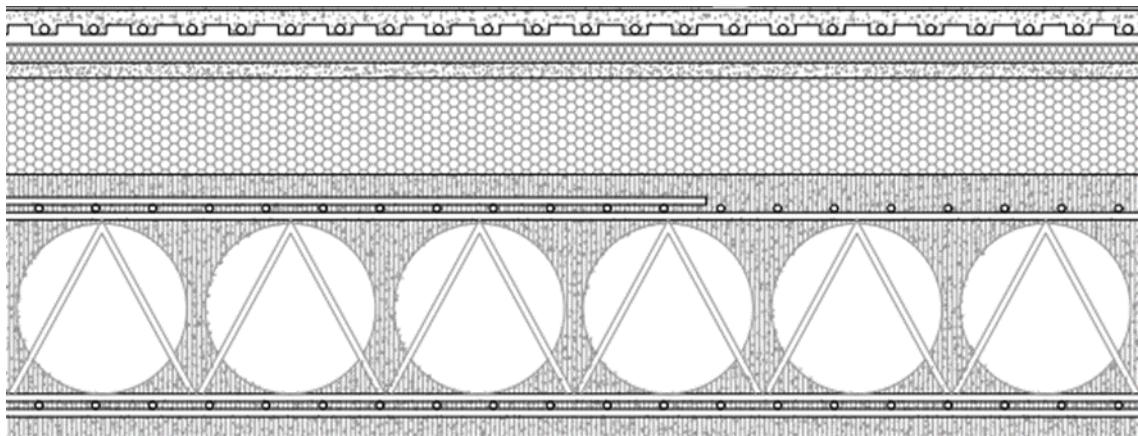
T1 Tabique con subestructura de pino aplicado en el interior de las viviendas. Pies derechos y transversales de 6x6 cm.

T2 Tabique con subestructura de pino. Tabique técnico de pies derechos y transversales de sección 10x10 cm.

T3 Tabique que se compone de dos subestructuras enfrentadas, entre las cuales se dispone el raíl y el tablero de la puerta corredera. Pies derechos y transversales de sección 4x4 cm.

T4 Tabique con subestructura de pladur de 8 cm (placa de yeso sobre perfilería metálica). Aplicado en tabiquería para aseos, vestuarios y duchas.

4.2 Particiones horizontales:



Forjado que compartimenta recintos de uso público con viviendas:

Forjado con estructura de losa aligerada de 70 cm, sobre la que se disponen 35 cm de aislante a base de arcilla expandida con 4 cm de mortero en su cara superior. Sobre éste, aislamiento, suelo radiante y pavimento de hormigón fratasado correspondiente al interior de viviendas. Transmitancia térmica de 0,30 W/m²K. Resistencia al fuego REI240.

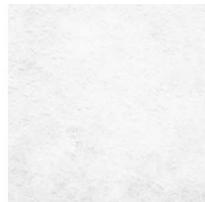
MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

5 Sistemas de acabados:

5.1 Acabados en techos:



T1



T2

T1 Acabado de hormigón en el techo del espacio público. Losa estructural vista en ausencia de falso techo.

T2 Acabado de placa de yeso al interior de las viviendas. Placa soportada por enganches a la losa de hormigón en cubierta, conformando falso techo.

5.2 Acabados en paredes:



P1



P2



P3



P4



P5

P1 Revestimiento de madera de Nogal Europeo enlistonado sobre rastrel. Tratamiento ignífugo. Espesor de 15 mm. Listones de 10x100 cm.

P2 Muro de hormigón visto.

P3 Revestimiento cerámico de tono gris oscuro, aplicado sobre placa de yeso con encolado en ambas caras. Espesor de 1 cm.

P4 Revestimiento cerámico de tono gris claro, aplicado sobre placa de yeso con encolado en ambas caras. Espesor de 1 cm.

P5 Acabado exterior de hormigón con textura, aplicando listones de madera de 20 cm de anchura en su encofrado.

5.3 Acabados en suelos:



S1



S2



S3



S4

S1 Pavimento interior de hormigón fratasado. Espesor de 2 cm.

S2 Pavimento interior de hormigón fratasado. Acabado rugoso antideslizante. Espesor de 2 cm.

S3 Pavimento exterior con fibras en tono gris. Solera armada y vista con pendiente, de espesor 10 cm.

S4 Entarimado de pino cuperizado sobre rastreles. Tablones de 10x100 cm separados para filtrar el agua, con acabado de acanaladuras longitudinales antideslizantes.

6 Sistemas de acondicionamiento e instalaciones:

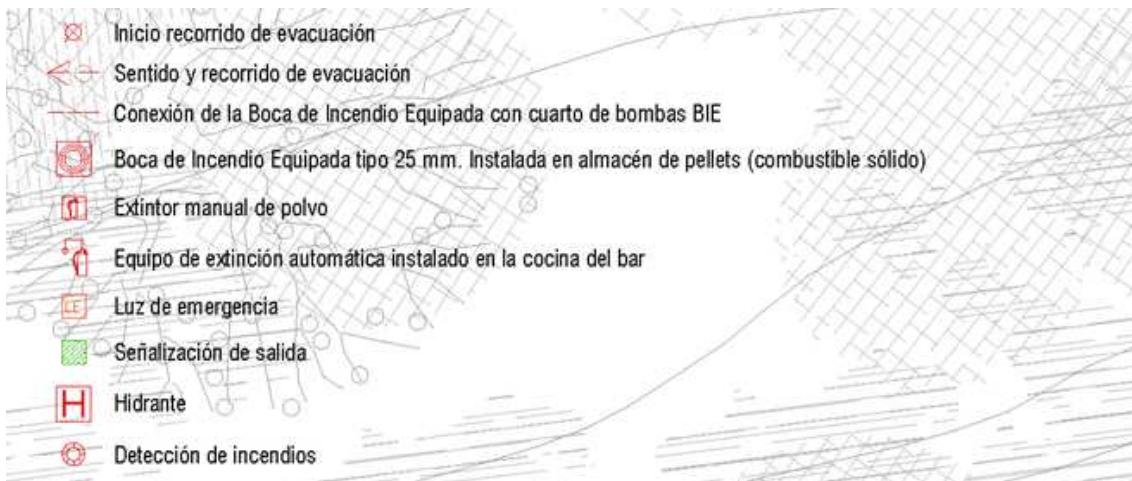
Se indican los datos de partida de protección contra incendios, saneamiento, abastecimiento, climatización y renovación del aire, y electricidad-telecomunicaciones.

6.1 Protección contra incendios:

El flujo máximo de personas es de 50, aproximadamente el número de residentes, y considerando que todos ellos tuvieran que ser evacuados por el mismo recorrido (situación muy improbable), la anchura mínima exigida según esta ocupación da como resultado dimensiones muy reducidas. Los pasos de puertas, pasillos, rampas y escaleras, bien sean interiores o exteriores, no son menores a 1 m en ningún punto del proyecto, cumpliendo con todos los requisitos anteriores.

Por normativa no es necesario colocar escaleras protegidas en el proyecto, ya que el proyecto no alcanza los 14 m de altura de evacuación descendente. Pese a ello, se ha decidido proyectarlas protegidas debido a que todas ellas dan acceso a un espacio exterior (planta primera), evitando que estos espacios fueran afectados por agentes meteorológicos y generando así vestíbulos en el ascenso desde la planta baja hasta la primera. Las escaleras cuentan con una anchura mínima de 1 m, capacitada para evacuar a 224 personas (el proyecto cuenta con dos plantas), cifra muy superior a la ocupación total del edificio.

En planta baja todos los recorridos de evacuación hasta el espacio exterior son menores a 25 m, ya que se tratan de recintos de pequeñas superficies que albergan un único uso público. Se disponen sistemas de detección de incendios en todos los cuartos de instalaciones. Se dispone un sistema de extinción de emergencia en la cocina del restaurante y una boca de incendio equipada tipo 25 mm en el almacén de pellets, ya que se trata de combustible sólido de alto riesgo. Los extintores manuales, luces de emergencia, señalización de salidas e hidrantes se disponen conforme a las pautas descritas posteriormente en la justificación del DB-SI de esta misma memoria. Las tablas de superficies y ocupación se recogen en esta misma sección.





Zoom de la planta baja de prevención de incendios, correspondiente al recinto de personal y núcleo vertical 8, donde se representan la boca de incendio equipada, los sistemas de detección de incendios ubicados en cada cuarto de instalaciones, extintores, luces de emergencia y señalizaciones de salidas.

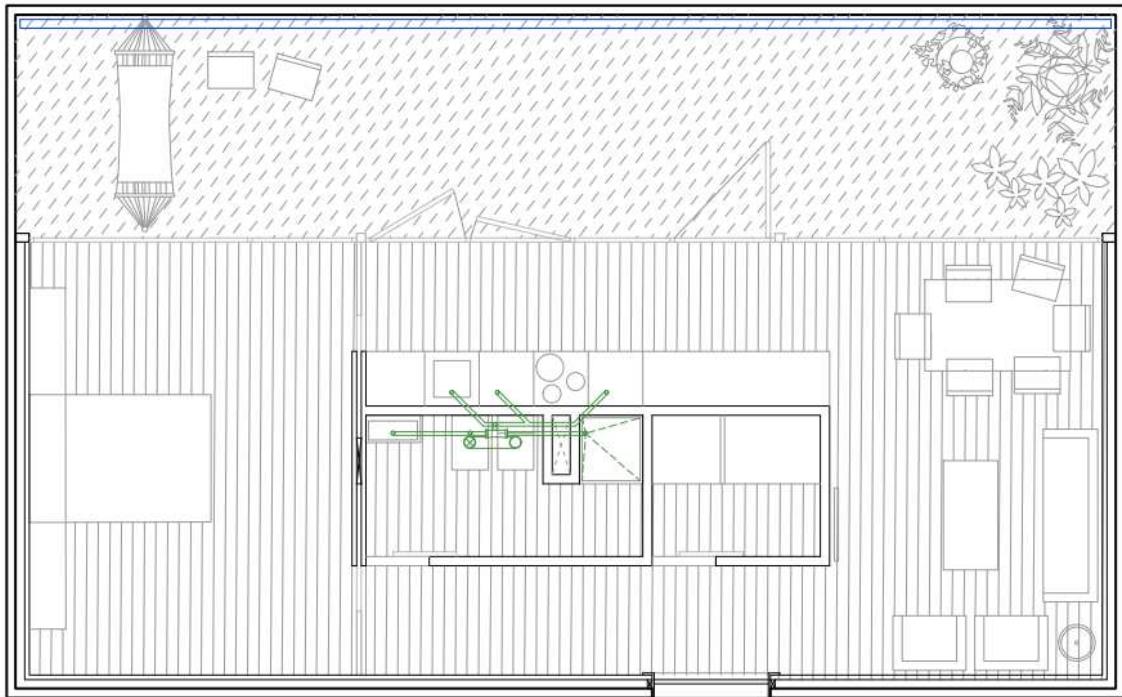
La planta primera, espacio de viviendas con más de una salida de planta, está expuesta al exterior, quedando todas las viviendas separadas entre sí por corredores exteriores en todas sus fachadas. El comportamiento de este espacio es por tanto similar al de una cubierta o terraza, siendo un espacio al aire libre de riesgo de declaración de incendio irrelevante. La longitud de evacuación a tener en cuenta en este caso es de 75 m, cumpliéndose en el proyecto para todas las viviendas (ver plano N01.1).

6.2 Saneamiento:

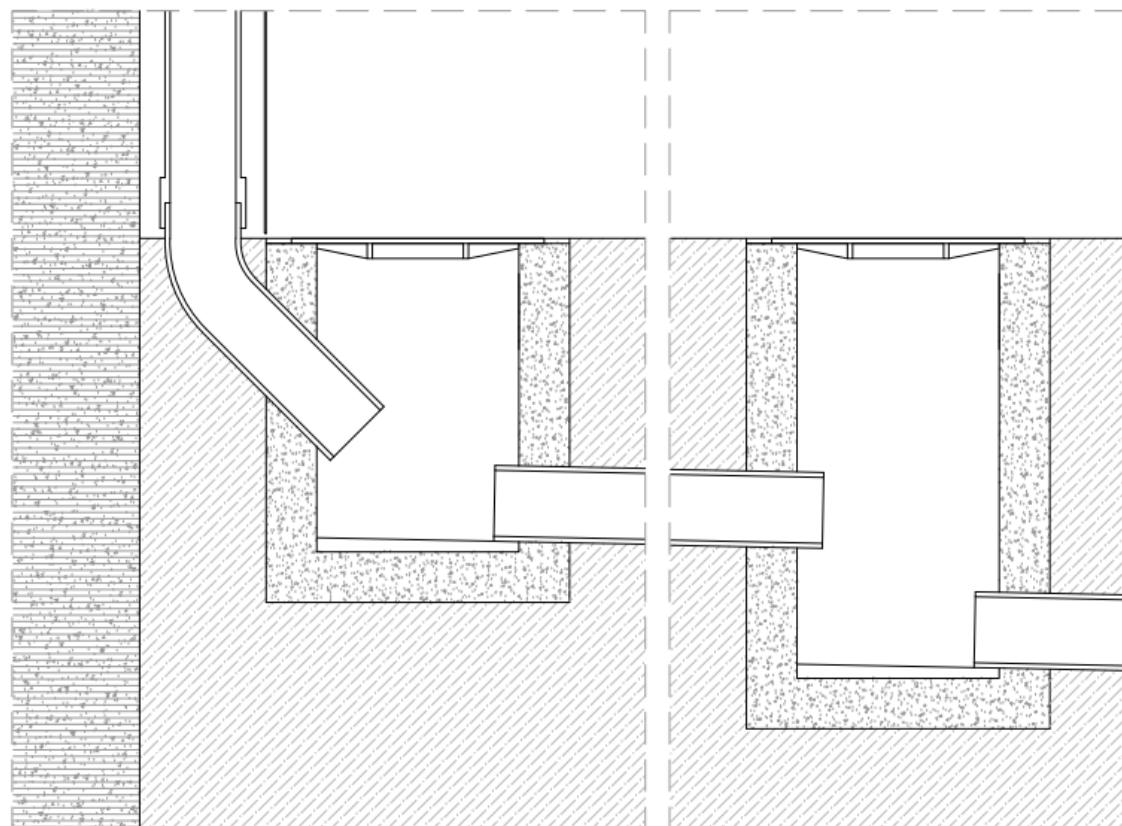
En cimentación se proyectará una red de saneamiento, evacuación de aguas pluviales y drenaje. La red drenante se dispondrá para aquellos muros cuya altura enterrada sea superior a 1,5 m. Tanto las aguas pluviales como las procedentes del sistema drenante serán conducidos de forma paralela hasta un pozo filtrante. La nueva red de saneamiento se conecta a la red de saneamiento preexistente. Se colocarán arquetas a pie de bajante y en cada encuentro entre colectores, sin exceder 15 m de distancia entre dos arquetas contiguas.

En planta primera se colocan dos sumideros lineales de recogida de pluviales, uno junto a cada pantalla, a la que conducirán todas las pendientes de este forjado. Las cubiertas de las viviendas con pendiente mínima evacuan las aguas a este nivel. También se colocan sumideros lineales en los espacios abiertos de la vivienda, evacuando las aguas pluviales a bajantes comunes a las de los pasillos laterales. Las bajantes tanto de la red de pluviales como de saneamiento se localizan junto a los muros estructurales de planta baja, en su cara externa, hasta su llegada a la arqueta en cimentación.

Las tuberías de evacuación de aguas de los elementos en cuartos húmedos cumplirán los diámetros mínimos establecidos por el Código Técnico de la Edificación, derivando en un colector único para cada vivienda de 110 mm de diámetro.



Red de saneamiento en vivienda

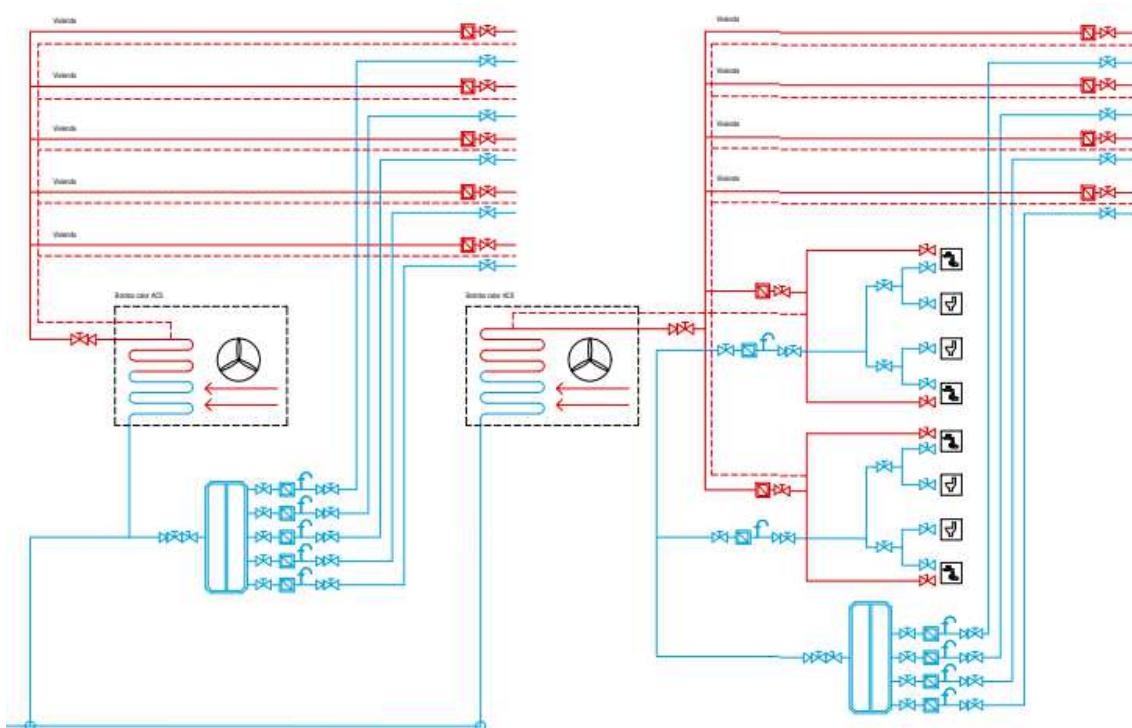


Arquetas en cimentación

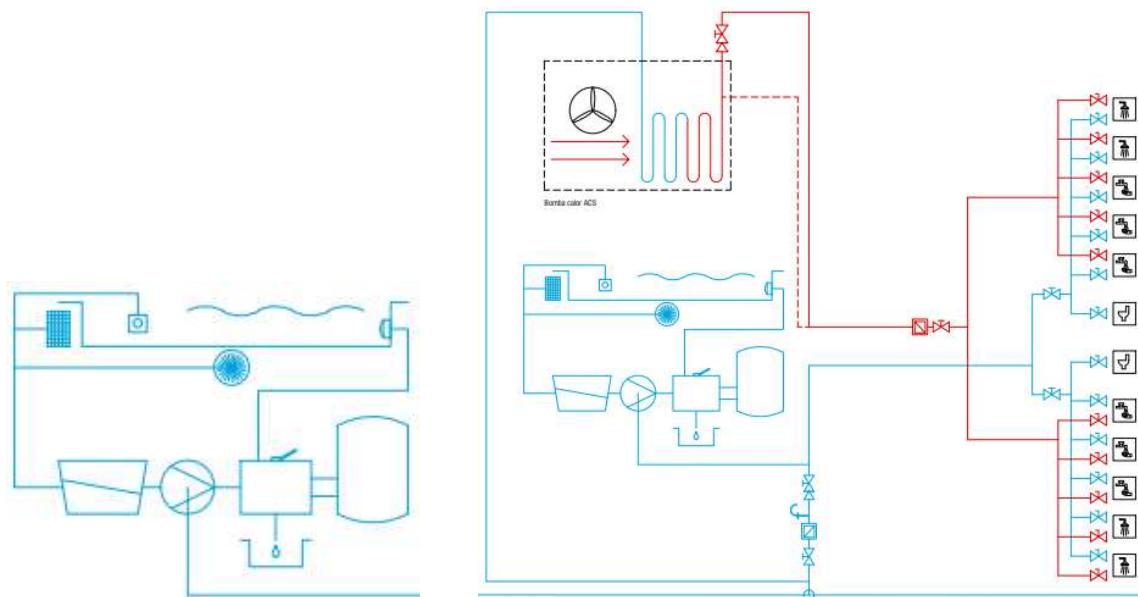
6.3 Abastecimiento de AFS y ACS:

Para el abastecimiento de agua fría no será necesario grupo de presión, ya que se considera la presencia de un depósito cercano al pueblo a una altura superior. La presión es suficiente para abastecer todas las viviendas y recintos en un edificio de dos alturas. Se abastecerá agua fría a todos aquellos elementos que den servicio de agua fría, además de los equipos (calderas, bombas de calor) que generen y distribuyan agua caliente, necesaria en cuartos húmedos y suelo radiante. El abastecimiento de AFS y ACS de las viviendas se produce desde la planta baja de núcleos de comunicación, mientras que la conexión a los espacios públicos es directa. Por distancias de abastecimiento, es necesaria una red de retorno de ACS.

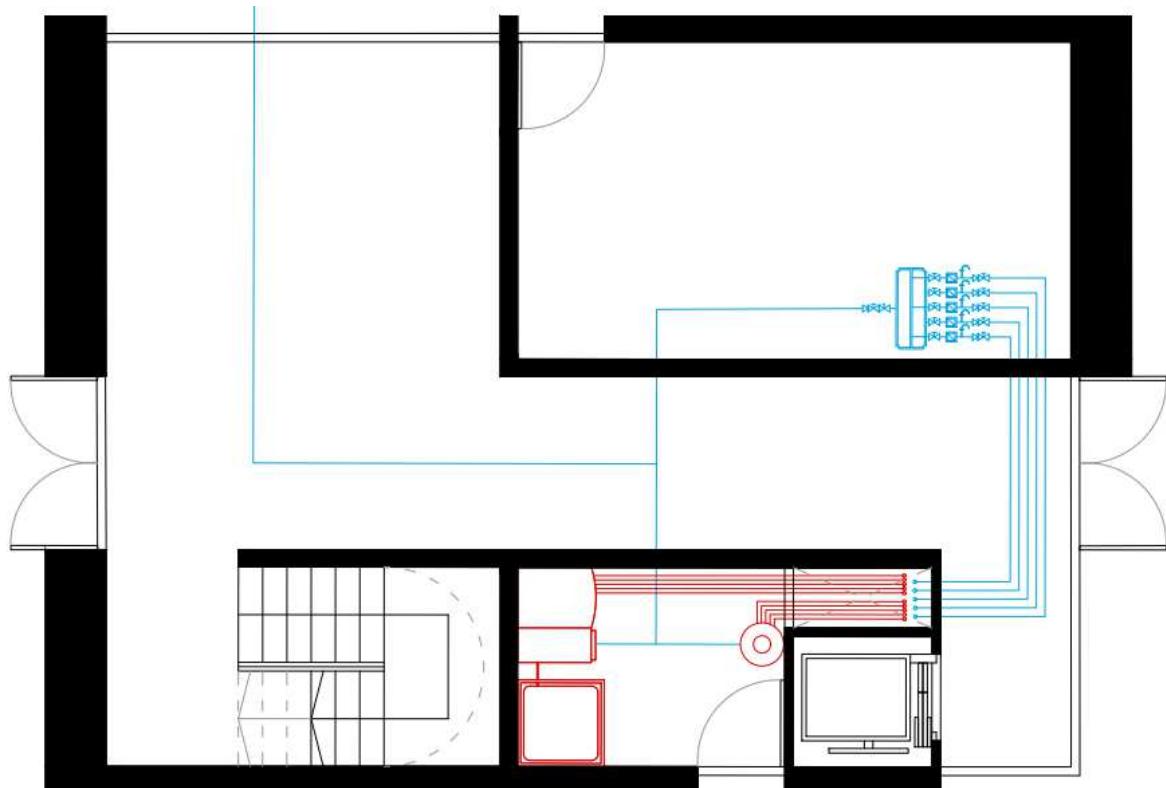
Se disponen bombas de calor de aerotermia para ACS, tanto en los recintos públicos como en viviendas. Las bombas de calor y sus contadores se ubican en planta baja, bien en cada uno de los usos públicos, o bien en cada núcleo de comunicación desde el que se conduce el ACS hasta cada vivienda. Las bombas de calor se conectarán a rejillas necesarias en el intercambio de aire con el exterior. Por otro lado, el suelo radiante a base de agua caliente se abastece desde calderas de pellets, localizadas en núcleos de comunicación junto a las bombas de calor que abastecen viviendas. En un cuarto próximo a estas instalaciones, se dispondrán baterías de contadores de agua fría para las viviendas. El armario de contador general se localiza a la entrada del proyecto en la zona de administración.



Esquema de principios en núcleos de comunicación que abastecen únicamente a viviendas, o bien a un espacio público y a viviendas.



Esquema de principios de abastecimiento en zona de piscinas cubiertas. Instalación necesaria para el agua de piscinas, incluyendo skimmer, sumideros, boquillas de aspiración, boquillas de impulsión, y equipo de bomba-motor-prefiltro.

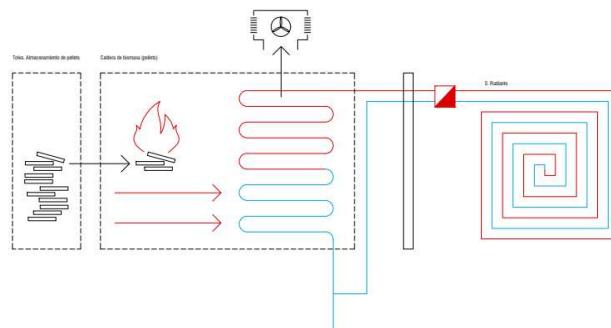


Cuarto de instalaciones junto a núcleo de comunicación con acceso directo exterior. Bomba de caldera de ACS y caldera de biomasa de pellets. Patinillo junto a ascensor por el que se conduce el abastecimiento de AFS y ACS.

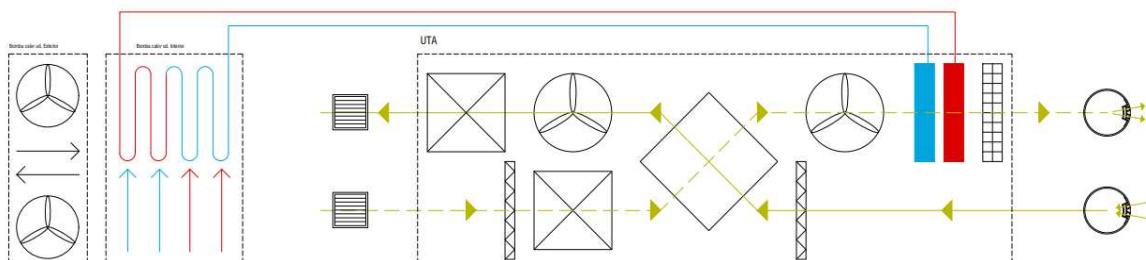
6.4 Climatización y renovación del aire:

Para la climatización y renovación del aire, tanto de espacios públicos como de las viviendas, se instalarán Unidades de Tratamiento del Aire con intercambiador de calor, de mayor o menor tamaño según el volumen a climatizar, con baterías de frío y calor conectadas a bombas de calor de aerotermia. Para la zona de administración, personal, restaurante, piscinas, gimnasio y auditorio, se reserva un cuarto con conexión directa al exterior para estas unidades. Para el resto de recintos como zonas de estar, núcleos de comunicación o viviendas, se disponen UTA de baja silueta ubicadas en falsos techos y con conexión directa a cubiertas. Las bombas de calor de aerotermia tendrán una potencia proporcional a la potencia de las Unidades de Tratamiento del Aire. En las zonas públicas los conductos de ventilación quedan vistos, y extraerán e impulsarán el aire a través de sistemas multitobera integrados en conductos de sección circular.

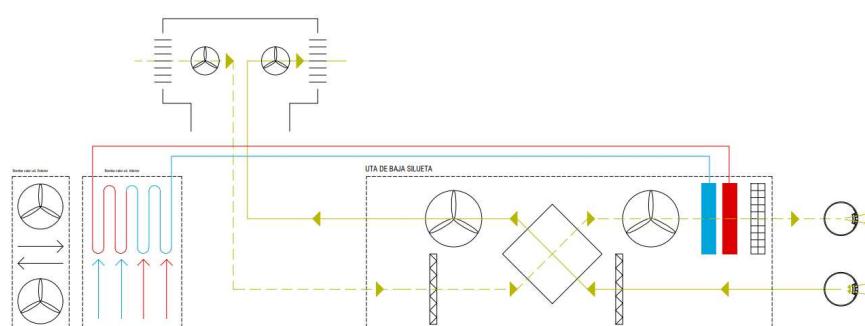
Además de la renovación del aire y la climatización de espacios mediante aerotermia, se instalan unas calderas de biomasa de pellets, para el abastecimiento de agua caliente necesaria en el suelo radiante. Estos equipos se proyectan como apoyo en las viviendas, ante las duras temperaturas invernales en Tiermas. Se reserva espacio para tolvas de almacenamiento de pellets, conectadas en planta baja a las calderas. Además de estas tolvas se proyecta un almacén de pellets en la zona de personal, localizado junto a un espacio exterior accesible a camiones.



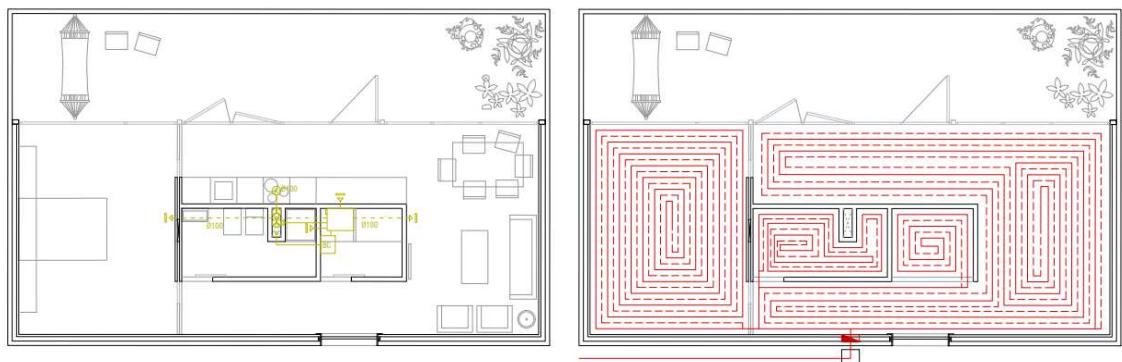
Esquema de principios de caldera de pellets conectada a suelo radiante



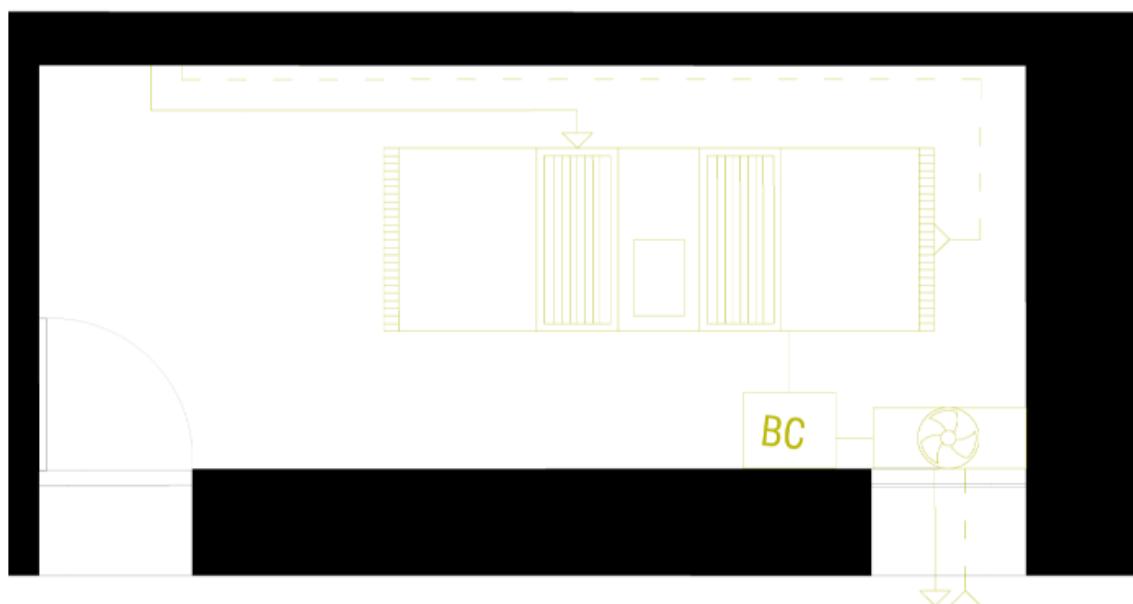
Esquema de principios de UTA conectada a bomba de calor



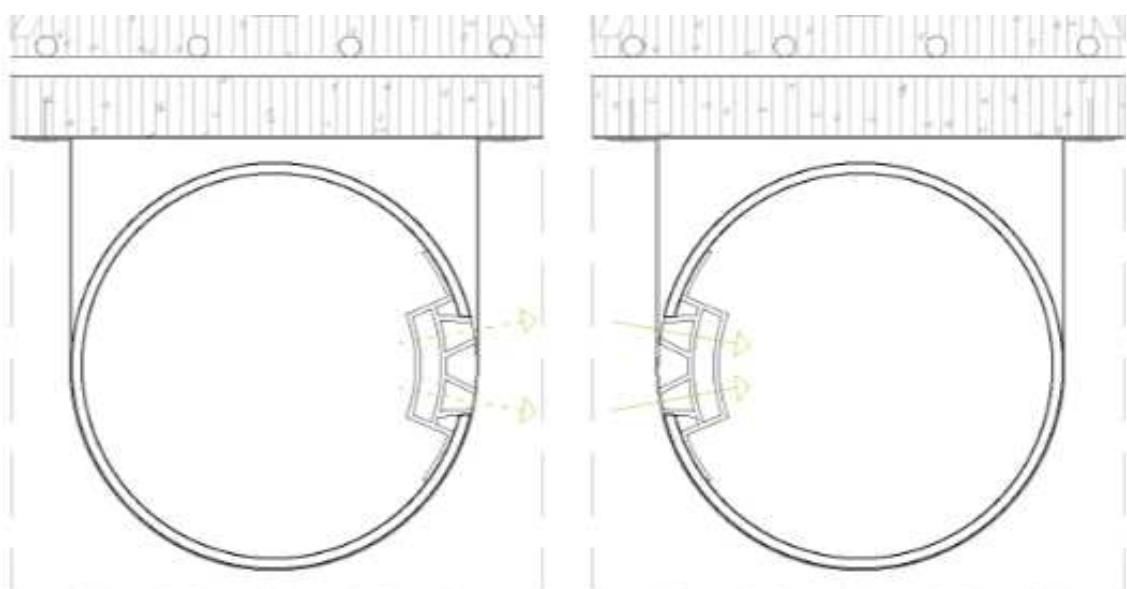
Esquema de principios de UTA de baja silueta conectada a bomba de calor



Climatización por aerotermia y suelo radiante en vivienda tipo



Cuarto reservado para UTA con acceso exterior



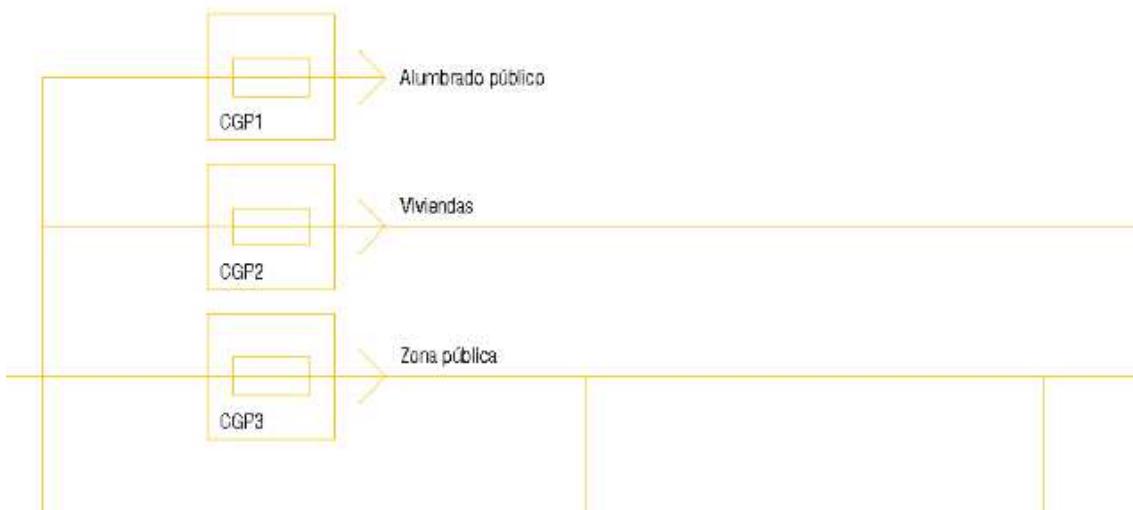
Conductos circulares de ventilación con integración de multitobera. Impulsión (izquierda) y extracción (derecha)

CLIMATIZACIÓN	CAUDAL TOTAL (l/s)	INSTALACIÓN
PISCINAS	2430	UTA caudal 3500
GIMNASIO	3240	UTA caudal 3500
AUDITORIO	3285	UTA caudal 3500
N.V.4	630	Baja silueta caudal 1000
N.V.5	1170	Baja silueta caudal 1500
ESTAR SUR	1305	Baja silueta caudal 1500
N.V.3	720	Baja silueta caudal 1000
N.V.2	900	Baja silueta caudal 1000
ESTAR ESTE	2115	Baja silueta caudal 2200
ESTAR NORTE	1890	Baja silueta caudal 2200
N.V.8	1260	Baja silueta caudal 1500
PERSONAL	2475	UTA 3500
ADMINISTRACIÓN	2205	UTA 3500
BAR-RESTAURANTE	5175	UTA caudal 6200
VIVIENDA	135	Baja silueta caudal 1000
VIVIENDA INVITADOS	90	Baja silueta caudal 1000

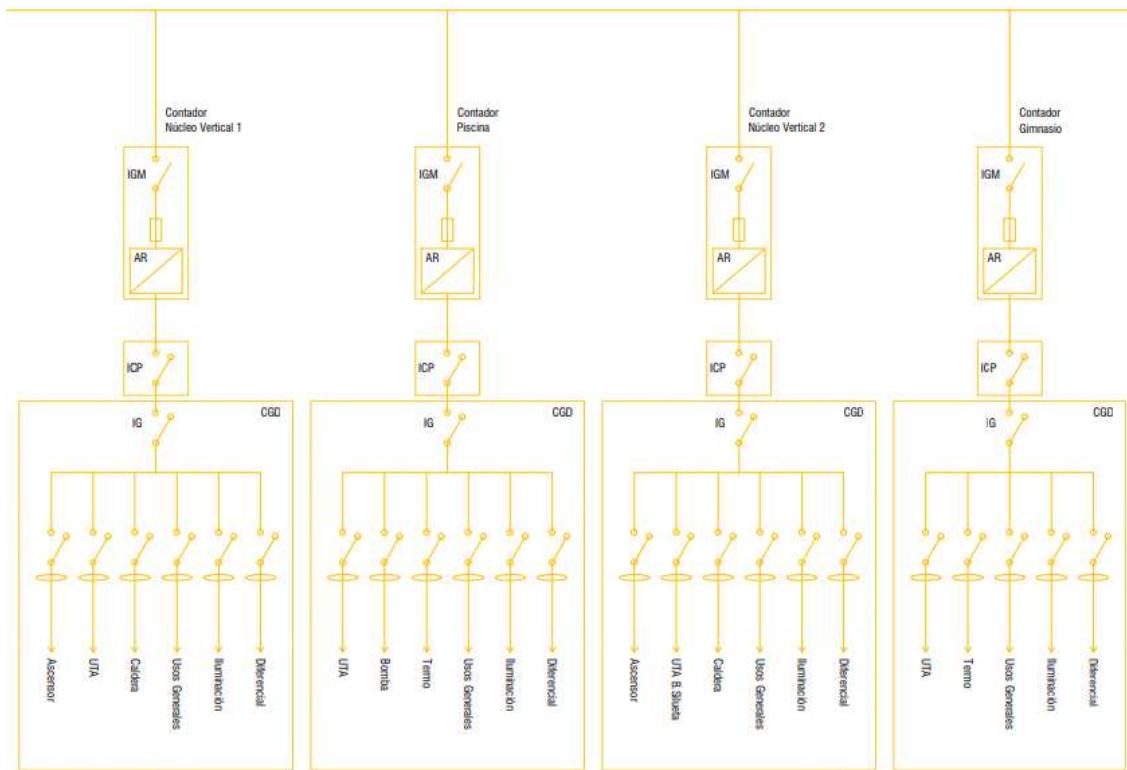
Cálculo de caudales y UTA instalada por espacio

6.5 Electricidad y comunicaciones:

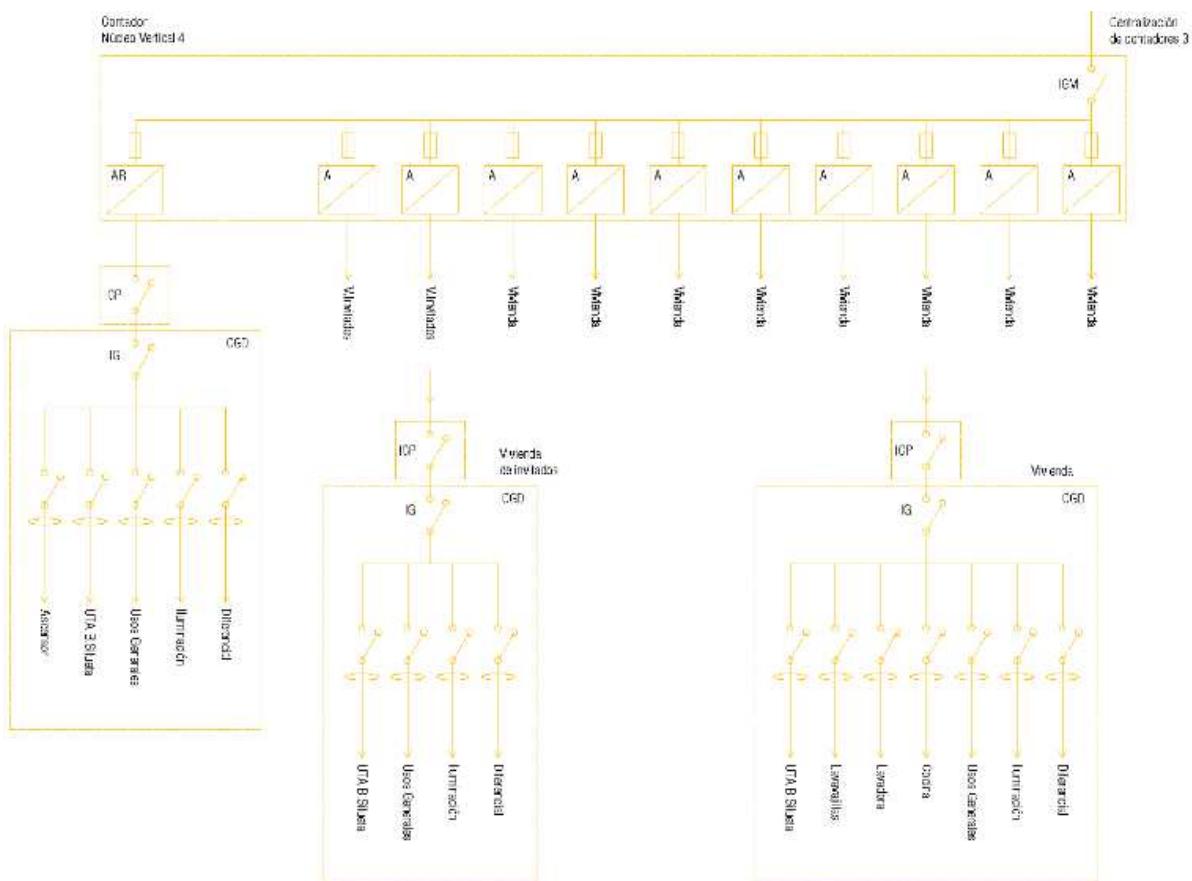
Se proyecta un centro de transformación y un grupo electrógeno al noroeste del proyecto. El abastecimiento de electricidad sigue un trazado similar al de AFS, con contadores propios para cada uso público (localizados en armarios), y cuartos de contadores en núcleos de comunicación para las viviendas. Se reservan tres espacios para los contadores de viviendas en planta baja, uno por cada sector de la planta primera, desde los cuales se conduce la electricidad hasta las viviendas. Cada vivienda y uso público dispondrá de su propio contador y Cuadro General de Distribución (CGD). Junto al acceso se colocan tres Cajas Generales de Protección (CGP) con sus tres circuitos independientes: el primero de servicio de alumbrado público, el segundo para viviendas y el tercero destinado a los usos públicos. Las luces de emergencia se conectarán a un circuito independiente que se active en caso de fallo general.



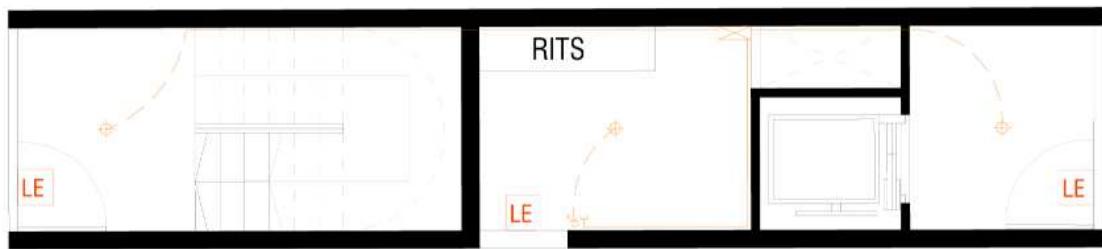
Esquema de los tres CGP independientes



Esquema de principios de núcleo vertical 1, piscina, núcleo vertical 2 y gimnasio (de izquierda a derecha)



Esquema de principios de un núcleo vertical. Batería de contadores del núcleo y todas las viviendas servidas. Esquema de vivienda de invitados (centro) y esquema de vivienda tipo (derecha)



Los recintos de Telecomunicaciones, RITI y RITS, se localizan en la planta baja y planta primera respectivamente del núcleo vertical 6.



Distribución de puntos de luz e interruptores en vivienda tipo (arriba) y vivienda de invitados (abajo)

7 Equipamiento:

En los aseos públicos se dispondrán lavabos de porcelana suspendidos. Los inodoros serán en todos los casos adosados a pared en color blanco. Las duchas de vestuarios y viviendas se realizarán con platos de ducha de porcelana de fondo antideslizante en tonos grises. También se instalarán de obra los accesorios precisos en los aseos y baños, toalleros, portarrollos, espejos, etc. A continuación, se incluyen los diferentes modelos de grifería.



MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

DB-SE: Seguridad Estructural

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

La memoria de este apartado se ha realizado en base al Documento Básico Seguridad Estructural perteneciente al Código Técnico de la Edificación. Se incluyen fragmentos entre comillas tomados de este documento. El conocimiento y la lectura paralela de dicho documento son necesarios para la comprensión de la memoria redactada a continuación.

Índice

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación y consideraciones previas

1.2 Prescripciones aplicables conjuntamente con DB-SE

2 Documentación

2.1 Documentación del proyecto

2.2 Documentación final de la obra

2.3 Instrucciones de uso y plan de mantenimiento

3 Análisis estructural y dimensionado

3.1 Generalidades

3.2 Estados límite

3.3 Variables básicas

3.4 Modelos para el análisis estructural

3.5 Verificaciones

4 Verificaciones basadas en coeficientes parciales

4.1 Generalidades

4.2 Capacidad portante

4.3 Aptitud al servicio

4.4 Efectos del tiempo

5 Verificaciones basadas en métodos experimentales

5.1 Generalidades

5.2 Planteamiento experimental

5.3 Evaluación de los resultados

6 Anejo. Cálculo de la estructura de hormigón

6.1 Estado de cargas

6.2 Programas de cálculo

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación y consideraciones previas

1 “Este DB establece los principios y los requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, así como la aptitud al servicio, incluyendo su durabilidad. Describe las bases y los principios para el cálculo de las mismas. La ejecución, la utilización, la inspección y el mantenimiento se tratan en la medida en la que afectan a la elaboración del proyecto.

2 Los preceptos del DB-SE son aplicables a todos los tipos de edificios, incluso a los de carácter provisional.

3 Se denomina capacidad portante a la aptitud de un edificio para asegurar, con la fiabilidad requerida, la estabilidad del conjunto y la resistencia necesaria, durante un tiempo determinado, denominado periodo de servicio. La aptitud de asegurar el funcionamiento de la obra, el confort de los usuarios y de mantener el aspecto visual, se denomina aptitud al servicio.

4 A falta de indicaciones específicas, como periodo de servicio se adoptará 50 años

1.2 Prescripciones aplicables conjuntamente con DB-SE 1 El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos:

- DB-SE-AE Acciones en la edificación
- DB-SE-C Cimientos
- DB-SE-A Acero
- DB-SE-F Fábrica
- DB-SE-M Madera
- DB-SI Seguridad en caso de incendio

2 Deberán tenerse en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:

- NCSE Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación
- EHE Instrucción de hormigón estructural
- EFHE Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados”.

2 Documentación

2.1 Documentación del proyecto

1 “En relación con la seguridad estructural, el contenido del proyecto de edificación será el descrito en el Anejo I del CTE e incluirá la información que se indica en los siguientes apartados. Esta documentación se completará con la específica que se detalle, en su caso, en cada uno de los restantes DB relativos a la seguridad estructural que se utilicen conjuntamente con éste.

2 Cuando el director de obra autorice modificaciones a lo proyectado, lo hará constar expresamente en el Libro de Órdenes, sin perjuicio de aportar documentos gráficos anejos a la orden, que en su día se añadirán, como proceda, por adenda o sustitución, a la documentación final de obra realizada. Para evitar confusiones, se indicará claramente en los documentos del proyecto original que resulten

afectados por el cambio, que se deben entender sustituidos por los aportados, y en éstos, los del proyecto que quedan anulados”.

2.1.1 Memoria

1 “En la memoria del proyecto se incluirá el programa de necesidades, en el que se describirán aquellas características del edificio y del uso previsto que condicionan las exigencias de seguridad estructural, tanto en lo relativo a la capacidad portante como a la aptitud al servicio; las bases de cálculo y la declaración de cumplimiento de los DB o justificación documental del cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad, si se adoptan soluciones alternativas que se aparten total o parcialmente de los DB.

2 En las bases de cálculo y en su caso, en el anexo de cálculo se incluirán los siguientes datos:

- a) el periodo de servicio previsto, si difiere de 50 años;
- b) las simplificaciones efectuadas sobre el edificio para transformarlo en uno o varios modelos de cálculo, que se describirán detalladamente, indicando el tipo estructural adoptado para el conjunto y sus partes, las características de las secciones, tipo de conexiones y condiciones de sustentación;
- c) las características mecánicas consideradas para los materiales estructurales y para el terreno que lo sustenta, o en su caso actúa sobre el edificio;
- d) la geometría global (especificando las dimensiones a ejes de referencia) y cualquier elemento que pueda afectar al comportamiento o a la durabilidad de la estructura;
- e) las exigencias relativas a la capacidad portante y a la aptitud al servicio, incluida la durabilidad, si difieren de las establecidas en este documento;
- f) las acciones consideradas, las combinaciones efectuadas y los coeficientes de seguridad utilizados;
- g) de cada tipo de elemento estructural, la modalidad de análisis efectuado y los métodos de cálculo empleados;
- h) en su caso, la modalidad de control de calidad previsto. Si el proyecto se desarrolla en dos fases (proyecto básico y proyecto de ejecución), en el proyecto básico se incluirá, al menos, la información indicada en los puntos a) y d), así como las acciones de aplicación al caso, los materiales previstos y los coeficientes de seguridad aplicables.

3 Los cálculos realizados con ordenador se completarán identificando los programas informáticos utilizados en cada una de las partes que han dado lugar a un tratamiento diferenciado, indicando el objeto y el campo de aplicación del programa y explicando con precisión, la representación de los datos introducidos y el tipo de los resultados generados por el programa”.

2.1.2 Planos

1 “Los planos del proyecto correspondientes a la estructura deben ser suficientemente precisos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos se podrán deducir también de ellos los planos auxiliares de obra o de taller, en su caso, y las mediciones que han servido de base para las valoraciones pertinentes.

2 Los planos contendrán los detalles necesarios para que el constructor, bajo las instrucciones del director de obra, pueda ejecutar la construcción, y en particular, los detalles de uniones y nudos entre elementos estructurales y entre éstos y el resto de los de la obra, las características de los materiales, la modalidad de control de calidad previsto, si procede, y los coeficientes de seguridad adoptados en

el cálculo. 3 Si el proyecto se desarrolla en dos fases (proyecto básico y proyecto de ejecución), los planos del proyecto básico deben ser lo suficientemente precisos para la definición del tipo estructural previsto y el establecimiento de las reservas geométricas para la realización de la estructura”.

2.1.3 Pliego de condiciones

1 “En el pliego de condiciones del proyecto se incluirán las prescripciones técnicas particulares exigibles a los productos, equipos y sistemas y a la ejecución de cada unidad de obra.

2 Incluirá las condiciones en la ejecución de las obras definiendo, en su caso, la modalidad de control de calidad, el control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas, el control de ejecución de la obra y el control de la obra terminada, estableciendo la documentación exigible, los distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de la idoneidad admitidos para su aceptación y, en su caso, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo, y las acciones a adoptar en cada caso. Asimismo, se establecerá el plazo de garantía de cada componente.

3 Si para una misma obra se prevén distintos tipos de un mismo producto, se detallarán separadamente cada uno de ellos, indicándose las zonas en que habrán de ser empleados.

4 En el pliego se exigirá, cuando sea oportuno o cuando esté reglamentado, la colocación en el lugar de la obra que especifique, de una placa con el valor máximo de la sobrecarga admisible para el uso de esa zona del edificio”.

2.2 Documentación final de la obra

1 “La documentación final de obra incluirá los planos completos de todos los elementos y partes de la obra, que reflejen con precisión la obra realmente construida, así como la documentación acreditativa de que es conforme con el CTE.

2 Asimismo, incluirá la documentación acreditativa de que se han cumplido las especificaciones de control de calidad especificadas en el proyecto, en las instrucciones de la dirección facultativa y en el CTE”.

2.3 Instrucciones de uso y plan de mantenimiento

1 “En las instrucciones de uso se recogerá toda la información necesaria para que el uso del edificio sea conforme a las hipótesis adoptadas en las bases de cálculo.

2 De toda la información acumulada sobre una obra, las instrucciones de uso incluirán aquellas que resulten de interés para la propiedad y para los usuarios, que como mínimo será:

- a) las acciones permanentes;
- b) las sobrecargas de uso;
- c) las deformaciones admitidas, incluidas las del terreno, en su caso;
- d) las condiciones particulares de utilización, como el respeto a las señales de limitación de sobrecarga, o el mantenimiento de las marcas o bolardos que definen zonas con requisitos especiales al respecto;
- e) en su caso, las medidas adoptadas para reducir los riesgos de tipo estructural.

3 El plan de mantenimiento, en lo correspondiente a los elementos estructurales, se establecerá en concordancia con las bases de cálculo y con cualquier información adquirida durante la ejecución de la obra que pudiera ser de interés, e identificará:

- a) el tipo de los trabajos de mantenimiento a llevar a cabo;

- b) lista de los puntos que requieran un mantenimiento particular;
- c) el alcance, la realización y la periodicidad de los trabajos de conservación;
- d) un programa de revisiones".

3 Análisis estructural y dimensionado

3.1 Generalidades

1 "La comprobación estructural de un edificio requiere:

- a) determinar las situaciones de dimensionado que resulten determinantes;
- b) establecer las acciones que deben tenerse en cuenta y los modelos adecuados para la estructura;
- c) realizar el análisis estructural, adoptando métodos de cálculo adecuados a cada problema;
- d) verificar que, para las situaciones de dimensionado correspondientes, no se sobrepasan los estados límite.

2 En las verificaciones se tendrán en cuenta los efectos del paso del tiempo (acciones químicas, físicas y biológicas; acciones variables repetidas) que pueden incidir en la capacidad portante o en la aptitud al servicio, en concordancia con el periodo de servicio.

3 Las situaciones de dimensionado deben englobar todas las condiciones y circunstancias previsibles durante la ejecución y la utilización de la obra, teniendo en cuenta la diferente probabilidad de cada una. Para cada situación de dimensionado, se determinarán las combinaciones de acciones que deben considerarse.

4 Las situaciones de dimensionado se clasifican en:

- a) persistentes, que se refieren a las condiciones normales de uso;
- b) transitorias, que se refieren a unas condiciones aplicables durante un tiempo limitado (no se incluyen las acciones accidentales);
- c) extraordinarias, que se refieren a unas condiciones excepcionales en las que se puede encontrar, o a las que puede estar expuesto el edificio (acciones accidentales)".

3.2 Estados límite

1 "Se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguna de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido".

3.2.1 Estados límite últimos

1 "Los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.

2 Como estados límite últimos deben considerarse los debidos a:

- a) pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;

b) fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga)”.

3.2.2 Estados límite de servicio

1 “Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de tercera personas, al correcto funcionamiento de del edificio o a la apariencia de la construcción.

2 Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido.

3 Como estados límite de servicio deben considerarse los relativos a:

a) las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;

b) las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;

c) los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra”.

3.3 Variables básicas

3.3.1 Generalidades

1 “El análisis estructural se realiza mediante modelos en los que intervienen las denominadas variables básicas, que representan cantidades físicas que caracterizan las acciones, influencias ambientales, propiedades de materiales y del terreno, datos geométricos, etc. Si la incertidumbre asociada con una variable básica es importante, se considerará como variable aleatoria.

2 Cuando se realice una verificación mediante métodos de análisis de la fiabilidad según el Anejo C puede emplearse directamente la representación probabilista de las variables”.

3.3.2 Acciones

3.3.2.1 Clasificación de las acciones

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

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

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

c) acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión. Las deformaciones impuestas (asientos, retracción, etc.) se considerarán como acciones permanentes o variables, atendiendo a su variabilidad.

2 Las acciones también se clasifican por:

- a) su naturaleza: en directas o indirectas;
- b) su variación espacial: en fijas o libres;
- c) la respuesta estructural: en estáticas o dinámicas.

3 La magnitud de la acción se describe por diversos valores representativos, dependiendo de las demás acciones que se deban considerar simultáneas con ella, tales como valor característico, de combinación, frecuente y casi permanente”.

3.3.2.2 Valor característico

1 “El valor característico de una acción, F_k , se define, según el caso, por su valor medio, por un fractil superior o inferior, o por un valor nominal.

2 Como valor característico de las acciones permanentes, G_k , se adopta, normalmente, su valor medio. En los casos en los que la variabilidad de una acción permanente pueda ser importante (con un coeficiente de variación superior entre 0,05 y 0,1, dependiendo de las características de la estructura), o cuando la respuesta estructural sea muy sensible a la variación de la misma, se considerarán dos valores característicos: un valor característico superior, correspondiente al fractil del 95% y un valor característico inferior, correspondiente al fractil 5%, suponiendo una distribución estadística normal.

3 Para la acción permanente debida al pretensado, P , se podrá definir, en cada instante t , un valor característico superior, $P_{k,sup}(t)$, y un valor característico inferior, $P_{k,inf}(t)$. En algunos casos, el pretensado también se podrá representar por su valor medio, $P_m(t)$.

4 Como valor característico de las acciones variables, Q_k , se adopta, normalmente, alguno de los siguientes valores:

- a) un valor superior o inferior con una determinada probabilidad de no ser superado en un periodo de referencia específico;
- b) un valor nominal, en los casos en los que se desconozca la correspondiente distribución estadística.

5 En el caso de las acciones climáticas, los valores característicos están basados en una probabilidad anual de ser superado de 0,02, lo que corresponde a un periodo de retorno de 50 años.

6 Las acciones accidentales se representan por un valor nominal. Este valor nominal se asimila, normalmente, al valor de cálculo”.

3.3.2.3 Otros valores representativos

1 “El valor de combinación de una acción variable representa su intensidad en caso de que, en un determinado periodo de referencia, actúe simultáneamente con otra acción variable, estadísticamente independiente, cuya intensidad sea extrema. En este DB se representa como el valor característico multiplicado por un coeficiente ψ_0 .

2 El valor frecuente de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 1% del tiempo de referencia. En este DB se representa como el valor característico multiplicado por un coeficiente ψ_1 .

3 El valor casi permanente de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 50% del tiempo de referencia. En este DB se representa como el valor característico multiplicado por un coeficiente ψ_2 ”.

3.3.2.4 Acciones dinámicas

1 “Las acciones dinámicas producidas por el viento, un choque o un sismo, se representan a través de fuerzas estáticas equivalentes. Según el caso, los efectos de la aceleración dinámica estarán incluidos implícitamente en los valores característicos de la acción correspondiente, o se introducirán mediante un coeficiente dinámico”.

3.3.3 Datos geométricos

1 “Los datos geométricos se representan por sus valores característicos, para los cuales en el proyecto se adoptarán los valores nominales deducidos de los planos. En el caso de que se conozca su distribución estadística con suficiente precisión, los datos geométricos podrán representarse por un determinado fractil de dicha distribución.

2 Si las desviaciones en el valor de una dimensión geométrica pueden tener influencia significativa en la fiabilidad estructural, como valor de cálculo debe tomarse el nominal más la desviación prevista”.

3.3.4 Materiales

1 “Las propiedades de la resistencia de los materiales o de los productos se representan por sus valores característicos.

2 En el caso de que la verificación de algún estado límite resulte sensible a la variabilidad de alguna de las propiedades de un material, se considerarán dos valores característicos, superior e inferior, de esa propiedad, definidos por el fractil 95% o el 5% según que el efecto sea globalmente desfavorable o favorable.

3 Los valores de las propiedades de los materiales o de los productos podrán determinarse experimentalmente a través de ensayos. Cuando sea necesario, se aplicará un factor de conversión con el fin de extrapolar los valores experimentales en valores que representen el comportamiento del material o del producto en la estructura o en el terreno.

4 Las propiedades relativas a la rigidez estructural, se representan por su valor medio. No obstante, dependiendo de la sensibilidad del comportamiento estructural frente a la variabilidad de estas características, será necesario emplear valores superiores o inferiores al valor medio (por ejemplo en el análisis de problemas de inestabilidad). En cualquier caso, se tendrá en cuenta la dependencia de estas propiedades respecto de la duración de la aplicación de las acciones.

5 A falta de prescripciones en otro sentido, las características relativas a la dilatación térmica se representan por su valor medio”.

3.4 Modelos para el análisis estructural

1 “El análisis estructural se basará en modelos adecuados del edificio que proporcionen una previsión suficientemente precisa de dicho comportamiento, y que permitan tener en cuenta todas las variables significativas y que reflejen adecuadamente los estados límite a considerar.

2 Se podrán establecer varios modelos estructurales, bien complementarios, para representar las diversas partes del edificio, o alternativos, para representar más acertadamente distintos comportamientos o efectos.

3 Se usarán modelos específicos en las zonas singulares de una estructura en las que no sean aplicables las hipótesis clásicas de la teoría de la resistencia de materiales.

4 Las condiciones de borde o sustentación aplicadas a los modelos deberán estar en concordancia con las proyectadas.

5 Se tendrán en cuenta los efectos de los desplazamientos y de las deformaciones en caso de que puedan producir un incremento significativo de los efectos de las acciones.

6 El modelo para la determinación de los efectos de las acciones dinámicas tendrá en cuenta todos los elementos significativos con sus propiedades (masa, rigidez, amortiguamiento, resistencia, etc).

7 El modelo tendrá en cuenta la cimentación y la contribución del terreno en el caso de que la interacción entre terreno y estructura sea significativa.

8 El análisis estructural se puede llevar a cabo exclusivamente mediante modelos teóricos o mediante modelos teóricos complementados con ensayos”.

3.5 Verificaciones

1 “Para cada verificación, se identificará la disposición de las acciones simultáneas que deban tenerse en cuenta, como deformaciones previas o impuestas, o imperfecciones. Asimismo, deberán considerarse las desviaciones probables en las disposiciones o en las direcciones de las acciones.

2 En el marco del método de los estados límite, el cumplimiento de las exigencias estructurales se comprobará utilizando el formato de los coeficientes parciales (véase apartado 4). Alternativamente, las comprobaciones se podrán basar en una aplicación directa de los métodos de análisis de fiabilidad”.

4 Verificaciones basadas en coeficientes parciales

4.1 Generalidades

1 “En la verificación de los estados límite mediante coeficientes parciales, para la determinación del efecto de las acciones, así como de la respuesta estructural, se utilizan los valores de cálculo de las variables, obtenidos a partir de sus valores característicos, u otros valores representativos, multiplicándolos o dividiéndolos por los correspondientes coeficientes parciales para las acciones y la resistencia, respectivamente.

2 Los valores de cálculo no tienen en cuenta la influencia de errores humanos groseros. Estos deben evitarse mediante una dirección de obra, utilización, inspección y mantenimiento adecuados”.

4.2 Capacidad portante

4.2.1 Verificaciones

1 “Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

siendo

Ed,dst valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

Ed,stb valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

2 Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, sección, punto o de una unión entre elementos, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_d \leq R_d$$

siendo

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente"

4.2.2 Combinación de acciones

1 "El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma P \cdot P$);
- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$). Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora). Los valores de los coeficientes de simultaneidad, ψ , se establecen en la tabla 4.2

2 El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma P \cdot P$);
- b) una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (A_d), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- c) una acción variable, en valor de cálculo frecuente ($\gamma Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.

d) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente ($\gamma Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$). En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad (γG , γP , γQ), son iguales a cero si su efecto es favorable, o a la unidad si es desfavorable, en los términos anteriores.

3 En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente, según la expresión":

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

4.2.3 Comportamiento no lineal

1 "En los casos en los que la relación entre las acciones y su efecto no pueda aproximarse de forma lineal, para la determinación de los valores de cálculo de los efectos de las acciones debe realizarse un análisis no lineal, siendo suficiente considerar que:

- a) si los efectos globales de las acciones crecen más rápidamente que ellas, los coeficientes parciales se aplican al valor representativo de las acciones, al modo establecido en los apartados anteriores.
- b) si los efectos globales de las acciones crecen más lentamente que ellas, los coeficientes parciales se aplican a los efectos de las acciones, determinados a partir de los valores representativos de las mismas".

4.2.4 Valor de cálculo de la resistencia

1 "El valor de cálculo de la resistencia de una estructura, elemento, sección punto o unión entre elementos se obtiene de cálculos basados en sus características geométricas a partir de modelos de comportamiento del efecto analizado, y de la resistencia de cálculo, f_d , de los materiales implicados, que en general puede expresarse como cociente entre la resistencia característica, f_k , y el coeficiente de seguridad del material.

2 Por lo que respecta al material o materiales implicados, la resistencia de cálculo puede asimismo expresarse como función del valor medio del factor de conversión de la propiedad implicada, determinada experimentalmente, para tener en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos y el comportamiento real, y del coeficiente parcial para dicha propiedad del material.

3 En su formulación más general, la resistencia de cálculo puede expresarse en función de las variables antedichas, y el coeficiente parcial para el modelo de resistencia y las desviaciones geométricas, en el caso de que estas no se tengan en cuenta explícitamente".

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
Estabilidad	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

4.3 Aptitud al servicio

4.3.1 Verificaciones

1 “Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto”.

4.3.2 Combinación de acciones

1 “Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

2 Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 \cdot Q_k$).

3 Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) una acción variable cualquiera, en valor frecuente ($\psi_1 Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 \cdot Q_k$).

4 Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 Q_k$)”.

4.3.3 Deformaciones

4.3.3.1 Flechas

1 “Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- b) 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- c) 1/300 en el resto de los casos.

2 Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que 1/350.

3 Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300.

4 Las condiciones anteriores deben verificarse entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos. En general, será suficiente realizar dicha comprobación en dos direcciones ortogonales.

5 En los casos en los que los elementos dañables (por ejemplo tabiques, pavimentos) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil”.

4.3.3.2 Desplazamientos horizontales

1 “Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome (véase figura 4.1) es menor de:

- a) desplome total: 1/500 de la altura total del edificio;
- b) desplome local: 1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

2 Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo (véase figura 4.1) es menor que 1/250.

3 En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta”.

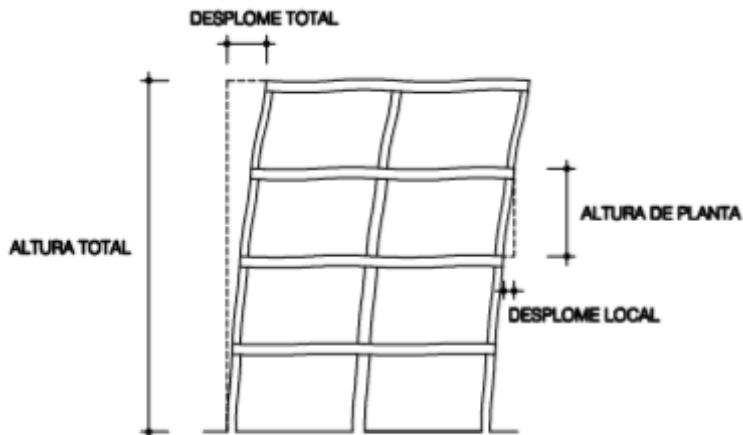


Figura 4.1 Desplomes

4.3.4 Vibraciones

1 “Un edificio se comporta adecuadamente ante vibraciones debidas a acciones dinámicas, si la frecuencia de la acción dinámica (frecuencia de excitación) se aparta suficientemente de sus frecuencias propias.

2 En el cálculo de la frecuencia propia se tendrán en cuenta las posibles contribuciones de los cerramientos, separaciones, tabiquerías, revestimientos, solados y otros elementos constructivos, así como la influencia de la variación del módulo de elasticidad y, en el caso de los elementos de hormigón, la de la fisuración.

3 Si las vibraciones pueden producir el colapso de la estructura portante (por ejemplo debido a fenómenos de resonancia, o a la pérdida de la resistencia por fatiga) se tendrá en cuenta en la verificación de la capacidad portante, tal como se establece en el DB respectivo.

4 Se admite que una planta de piso susceptible de sufrir vibraciones por efecto rítmico de las personas, es suficientemente rígida, si la frecuencia propia es mayor de:

- a) 8 Hz, en gimnasios y polideportivos;
- b) 7Hz en salas de fiesta y locales de pública concurrencia sin asientos fijos;
- c) 3,4 Hz en locales de espectáculos con asientos fijos”.

4.4 Efectos del tiempo

4.4.1 Durabilidad

- 1 “Debe asegurarse que la influencia de acciones químicas, físicas o biológicas a las que está sometido el edificio no compromete su capacidad portante. Para ello, se tendrán en cuenta las acciones de este tipo que puedan actuar simultáneamente con las acciones de tipo mecánico, mediante un método implícito o explícito.
- 2 En el método implícito los riesgos inherentes a las acciones químicas, físicas o biológicas se tienen en cuenta mediante medidas preventivas, distintas al análisis estructural, relacionadas con las características de los materiales, los detalles constructivos, los sistemas de protección o los efectos de las acciones en condiciones de servicio. Estas medidas dependen de las características e importancia del edificio, de sus condiciones de exposición y de los materiales de construcción empleados. En estructuras normales de edificación, la aplicación del este método resulta suficiente. En los documentos básicos de seguridad estructural de los diferentes materiales y en la Instrucción de hormigón estructural EHE se establecen las medidas específicas correspondientes.

3 En el método explícito, las acciones químicas, físicas o biológicas se incluyen de forma explícita en la verificación de los estados límite últimos y de Servicio. Para ello, dichas acciones se representarán mediante modelos adecuados que permitan describir sus efectos en el comportamiento estructural. Estos modelos dependen de las características y de los materiales de la estructura, así como de su exposición”.

4.4.2 Fatiga

4.4.2.1 Principios

1 “En general, en edificios no resulta necesario comprobar el estado límite de fatiga, salvo por lo que respecta a los elementos estructurales internos de los equipos de elevación.

2 La comprobación a fatiga de otros elementos sometidos a acciones variables repetidas procedentes de maquinarias, oleaje, cargas de tráfico y vibraciones producidas por el viento, se hará de acuerdo con los valores y modelos que se establecen de cada acción en el documento respectivo que la regula”.

4.4.3 Efectos reológicos

1 “Los documentos básicos correspondientes a los diferentes materiales incluyen, en su caso, la información necesaria para tener en cuenta la variación en el tiempo de los efectos reológicos”.

5 Verificaciones basadas en métodos experimentales

5.1 Generalidades

1 “Las verificaciones relativas a la seguridad estructural mediante ensayos están basadas en el establecimiento experimental de parámetros que definan bien la respuesta de una determinada estructura, de un elemento estructural o de una unión, o bien las acciones e influencias que actúen sobre ellos.

2 No se consideraran como parte de este procedimiento experimental los ensayos de recepción de materiales o de su control de calidad, así como los ensayos del terreno para la redacción de informes geotécnicos”.

5.2 Planteamiento experimental

1 “Debe definirse de forma inequívoca el estado límite que debe verificarse y determinarse las zonas o los puntos críticos desde el punto de vista del comportamiento de la estructura o del elemento considerado.

2 Las probetas o muestras a ensayar se fabricarán empleando los materiales previstos en obra, aplicando la misma técnica y, en la medida de lo posible, con las mismas dimensiones que los elementos correspondientes. El muestreo se efectuará de manera aleatoria. Además, las probetas deberán reproducir adecuadamente las condiciones de apoyo y de puesta en carga de los elementos.

3 Deben minimizarse, en la medida de lo posible, las diferencias entre las condiciones en las cuales se realicen los ensayos y las condiciones del elemento estructural real. Cuando estas diferencias tengan una incidencia significativa, se tendrán en cuenta en la evaluación e interpretación de los resultados introduciendo unos factores de conversión que se establecerán mediante análisis experimental o teórico, o sobre la base de la experiencia. Estos factores están asociados con incertidumbres que dependen de cada caso

4 En los métodos empleados para deducir los valores de cálculo a partir de los resultados experimentales se tendrá en cuenta el número reducido de ensayos. En ausencia de un análisis más detallado, la evaluación directa de los resultados se realizará según las indicaciones del apartado 5.5. Para la evaluación de los resultados podrán emplearse otros métodos, siempre y cuando resulten consistentes con el formato de verificación establecido. En caso de que existan conocimientos previos (por ejemplo, modelos de cálculo, ensayos previos), éstos se podrán tener en cuenta en la evaluación de los resultados.

5 Si los resultados experimentales se usan en un análisis probabilista, los datos obtenidos pueden emplearse para la actualización de los parámetros estadísticos correspondientes.

6 Las conclusiones derivadas de una campaña experimental determinada sólo tienen validez para las condiciones particulares de los ensayos, caracterizadas por el dispositivo experimental elegido, los materiales de construcción y la técnica de fabricación empleados.

7 En la evaluación e interpretación de los resultados se introducirán factores de conversión que tengan en cuenta las diferencias entre las condiciones del ensayo y las condiciones en obra que sean relevantes, como el efecto de escala, la duración de la aplicación de la carga, las condiciones de apoyo de las probetas o los efectos ambientales que puedan incidir en las propiedades de los materiales”.

5.3 Evaluación de los resultados

5.3.1 Generalidades

1 “La determinación del valor de cálculo de la resistencia de un elemento estructural o de un material mediante ensayos se basa en que la resistencia de la probeta empleada se representa a través de una única variable y en que el tipo de rotura contemplado es determinante en todos los ensayos.

2 El valor de cálculo de la resistencia, R_d , se determinará según la siguiente expresión:

$$R_d = \frac{R_{k,est}}{\gamma_M} \cdot \frac{m_\eta}{\gamma_{Rd}}$$

siendo

R_k,est estimación del valor característico de la resistencia,

R_k , determinada a partir de los resultados experimentales según la expresión (5.2) ó (5.3);

γ_M coeficiente parcial para la resistencia del material, se adoptará el valor que, según los documentos básicos correspondientes, se emplee para el material y el mecanismo de rotura considerados;

m_η valor medio del factor de conversión;

γ_{Rd} coeficiente de incertidumbre para el modelo de resistencia.

3 En aquellos casos en los que se estime que la diferencia entre los ensayos y los casos reales es demasiado grande, será necesario un estudio más detallado para el establecimiento del valor del coeficiente γ_M .

4 El coeficiente de incertidumbre para el modelo de resistencia, γ_{Rd} , tiene en cuenta el carácter aleatorio del factor de conversión, η , con respecto a las diferencias desconocidas entre las condiciones del ensayo y las condiciones en obra. Los valores de m_η y γ_{Rd} se definirán en cada caso, teniendo en cuenta los objetivos de los ensayos, el estado límite considerado, el mecanismo de rotura, la información disponible sobre la fabricación de las probetas y los elementos reales, así como las condiciones de la obra. Los valores adoptados para el coeficiente de incertidumbre γ_{Rd} no serán inferiores a la unidad”.

5.3.2 Estimación de la resistencia característica

1 “En ausencia de información previa o de otros datos más precisos, se adoptará como valor característico el fractil del 5%, suponiendo una distribución normal:

$$R_{k,est} = m_R - k_\sigma \cdot \sigma_R$$

siendo

m_R valor medio de la muestra

σ_R desviación típica de la muestra, se estimará a partir de los resultados experimentales

k_σ coeficiente que depende del tamaño de la muestra (número de ensayos, n), según tabla 5.1

2 Cuando exista información previa relativa a la desviación típica de la distribución, σ_R , ésta se considerará conocida a priori. En estos casos, suponiendo una distribución normal, el valor característico de la resistencia correspondiente a un fractil del 5% se estimará a partir de la relación:

$$R_{k,est} = m_R - k_\sigma \cdot \sigma_R$$

siendo

m_R valor medio de la muestra

σ_R desviación típica de la distribución

k_σ coeficiente que depende del tamaño de la muestra (número de ensayos, n), según tabla 5.1”.

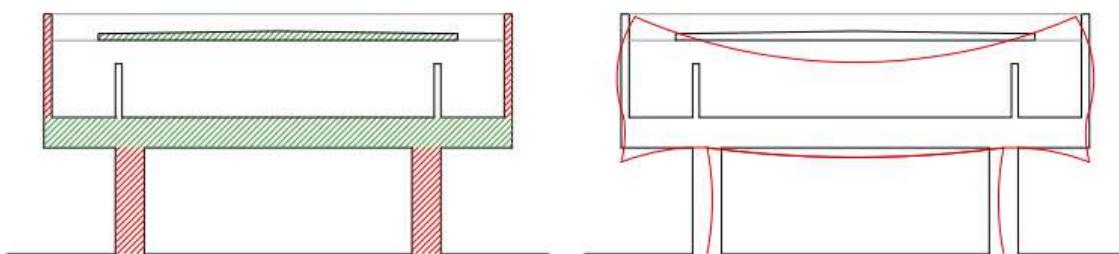
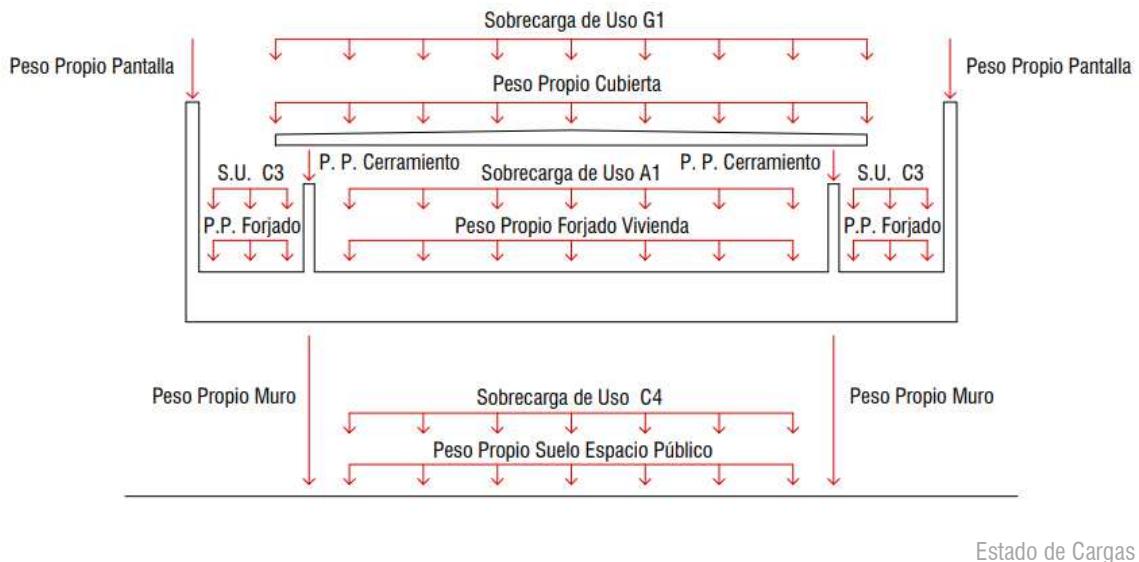
Tabla 5.1. Valores del coeficiente k_σ para un fractil de 5%

Desviación típica	Número de ensayos, n								
	3	4	6	8	10	20	30	100	infinito
desconocida	3,15	2,68	2,34	2,19	2,10	1,93	1,87	1,76	1,64
previamente conocida	2,03	1,98	1,92	1,88	1,86	1,79	1,77	1,71	1,64

6 Anejo. Cálculo de la estructura de hormigón

6.1 Estado de cargas:

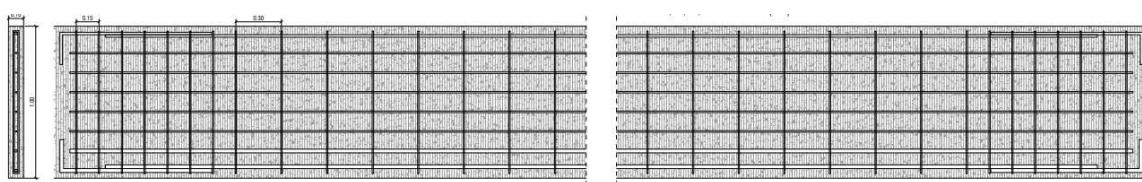
En este punto se incluye el peso propio de cada elemento. La sobrecarga de uso se ha introducido en los programas informáticos. El orden de cálculo va desde los elementos superiores de la estructura hasta la parte inferior.



Esquema de elementos traccionados y comprimidos. Compresión en rojo, tracción en verde (izquierda). Deformada (derecha).

A) Planta Primera

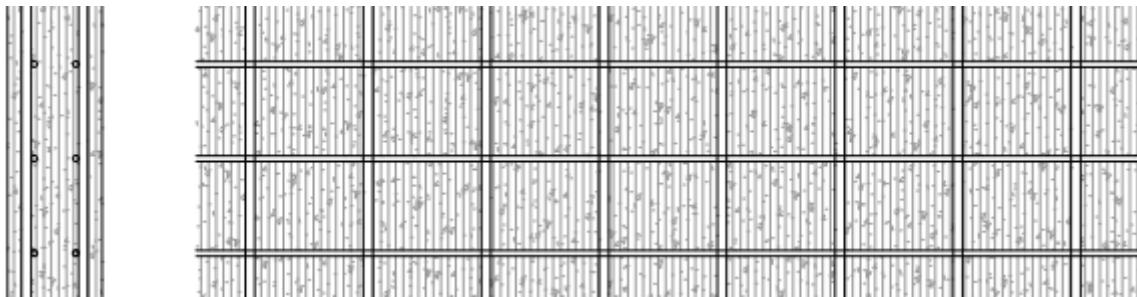
1. Viga de H.A. en cubierta



Peso propio (estado de cargas transversal): $2400 \text{ kg/m}^3 \times 1\text{m} \times 0,1 \text{ m} = \mathbf{240 \text{ kg/m}}$

Peso propio total: $240 \text{ kg/m} \times 17,5\text{m} = 4200 \text{ kg}$ pesa cada viga

2. Pantalla de H.A. en planta primera de espesor 20 cm:



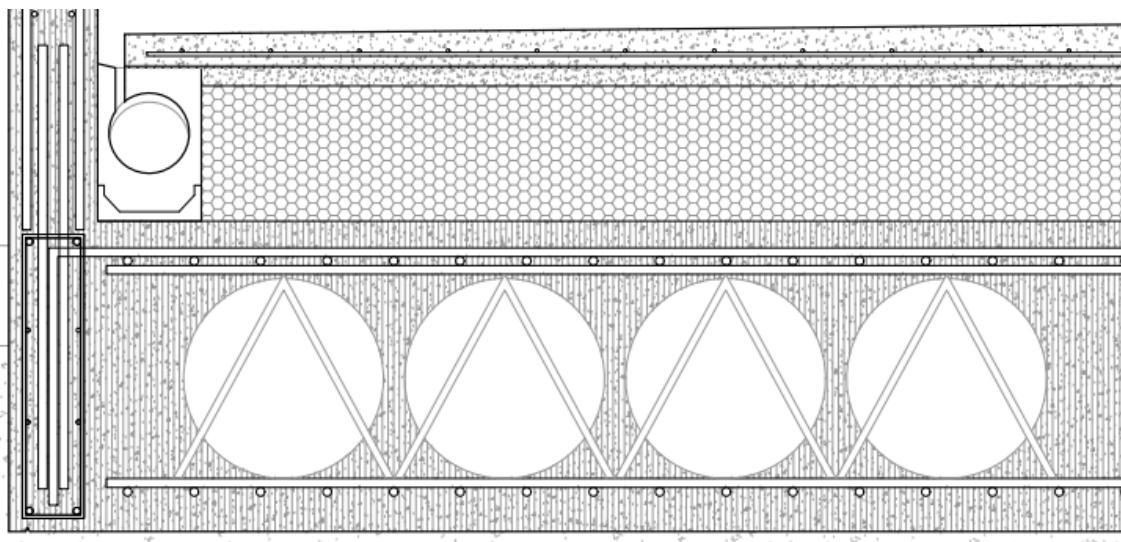
En este apartado el valor es alto al seccionarse la pantalla en sentido transversal, ya que la densidad de cada material se multiplica por sus dos dimensiones mayores.

Peso propio: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 25 \text{ m} = \mathbf{300000 \text{ kg/m}^3}$

Peso propio total: $300000 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \text{ m} = 60000 \text{ kg}$ pesa un tramo de 25 m de la pantalla*

*Se ha considerado una longitud de 25 m de la pantalla, ya que el fragmento de estructura introducido en cada programa es de estas dimensiones.

3. Forjado-suelo de corredor público en planta primera:



Capas: 70 cm H.A. losa aligerada + 30 cm arcilla expandida + 4 cm mortero + 10 cm solera vista

Peso propio losa H.A.: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,70 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 42000 \text{ kg/m}^3$

*Peso correspondiente a una losa maciza. La losa aligerada de esferas huecas pesa un 35% menos que una losa maciza. Por tanto,

Peso propio losa H.A. real: $42000 \text{ kg/m}^3 \times 0,65 = 27300 \text{ kg/m}$

Peso propio arcilla expandida: $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,30 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 3750 \text{ kg/m}$

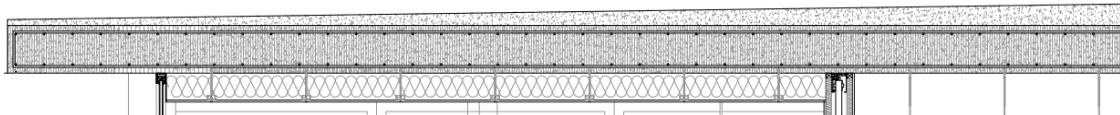
Peso propio mortero: $1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,04 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 1500 \text{ kg/m}$

Peso propio solera vista: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,10 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 6000 \text{ kg/m}$

Peso propio TOTAL: $27300 \text{ kg/m} + 3750 \text{ kg/m} + 1500 \text{ kg/m} + 6000 \text{ kg/m} = \mathbf{38550 \text{ kg/m}}$

4. Vivienda:

4.1 Cubierta de la vivienda:



Capas: 1 cm placa de yeso + 14 cm aislante + 25 cm losa H.A. + 15 cm H. Pendiente

Peso propio yeso: $1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 50 \text{ kg/m}$

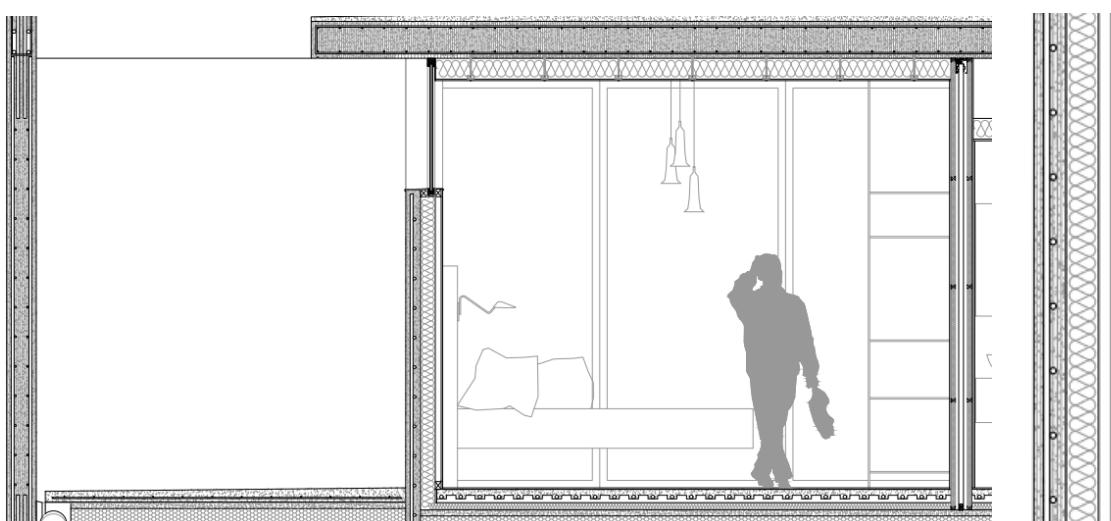
Peso propio aislante: $50 \text{ kg/m}^3 \times 0,14 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 35 \text{ kg/m}$

Peso propio losa H.A.: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 3000 \text{ kg/m}$

Peso propio H. Pendiente: $1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 1125 \text{ kg/m}$

Peso Propio TOTAL: $50 \text{ kg/m} + 35 \text{ kg/m} + 3000 \text{ kg/m} + 1125 \text{ kg/m} = \mathbf{4210 \text{ kg/m}}$

4.2 Cerramiento de la vivienda:



En este apartado los valores son altos al seccionarse el muro en sentido transversal, ya que la densidad de cada material se multiplica por sus dos dimensiones mayores.

Capas: 10 cm H.A. + 10 cm aislante + 1,5 cm revestimiento madera + carpinterías:

Peso propio H.A. (sentido transversal): $2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 24000 \text{ kg/m}$

Peso propio aislante (sentido transversal): $50 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 500 \text{ kg/m}$

Peso propio revestimiento (sentido transversal): $650 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 6500 \text{ kg/m}$

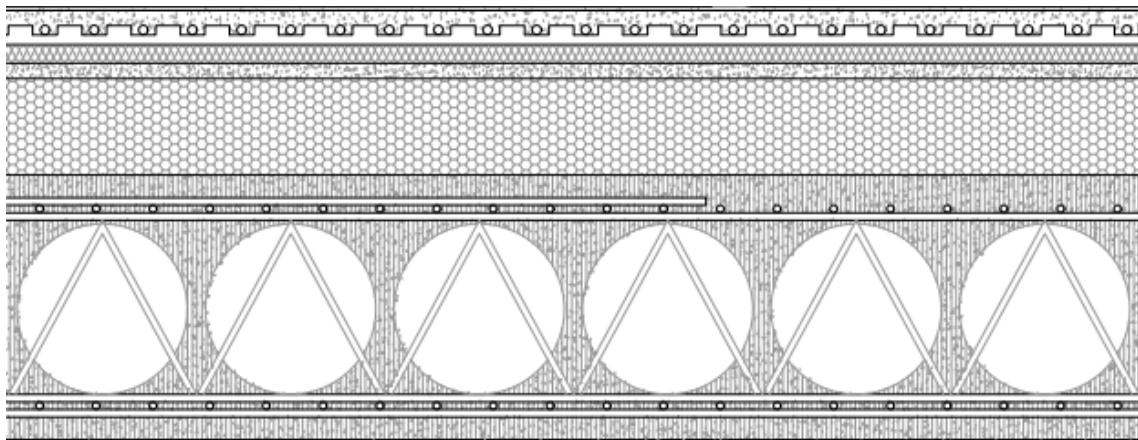
Peso propio carpinterías: se ha tomado de un catálogo comercial el valor aproximado de 40 kg/m^2

$1,20 \text{ m}^2 \times 40 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg / carpintería}$. Se aproxima el peso de cada carpintería a 50 kg

Peso propio TOTAL: $24000 \text{ kg/m} + 500 \text{ kg/m} + 6500 \text{ kg/m} + 50 \text{ kg/m} = \mathbf{31050 \text{ kg/m}}$

Peso propio TOTAL cerramiento de viviendas: $31050 \text{ kg/m} \times 0,215 \text{ m} = 6675,75 \text{ kg}$

4.3 Forjado-suelo de vivienda:



Capas: 70 cm HA. losa aligerada + 25 cm arcilla expandida + 4 cm mortero + 5 cm aislante + 8 cm suelo radiante + 2 cm pavimento de hormigón fratasado

Peso propio losa H.A.: 27300 kg/m

Peso propio arcilla expandida: $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 3125 \text{ kg/m}$

Peso propio mortero: 1500 kg/m

Peso propio aislante: $50 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 12,5 \text{ kg/m}$

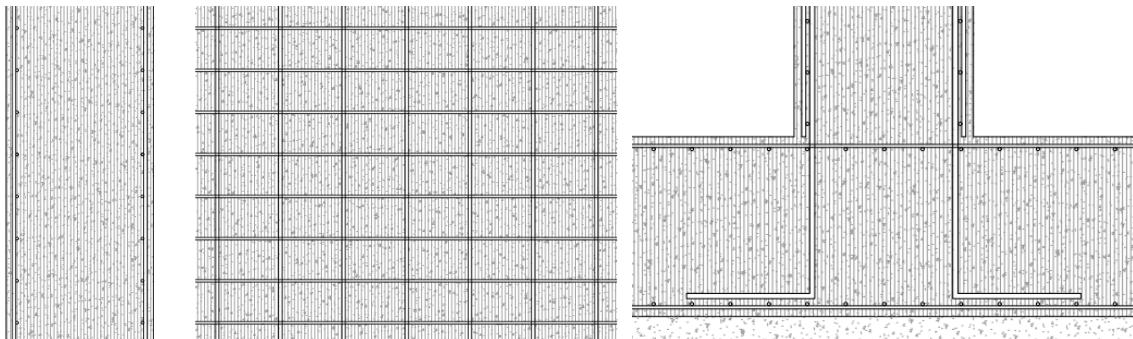
Peso propio suelo radiante: $1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,08 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 600 \text{ kg/m}$

Peso propio hormigón fratasado: $1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 150 \text{ kg/m}$

Peso Propio TOTAL: $27300 \text{ kg/m} + 3125 \text{ kg/m} + 1500 \text{ kg/m} + 12,5 \text{ kg/m} + 600 \text{ kg/m} + 150 \text{ kg/m} = \mathbf{32687,5 \text{ kg/m}}$

B) Planta Baja

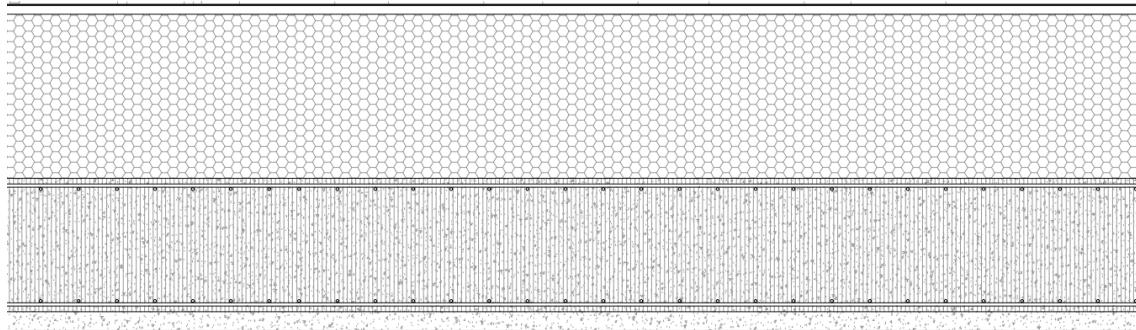
1. Muro 70 cm H.A.:



Peso Propio Muro: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 3,5 \text{ m} \times 10 \text{ m} = \mathbf{84000 \text{ kg/m}^3}$

*Se ha considerado un muro de 10 m de profundidad y 3,5 m de altura

2. Suelo de Planta Baja:



Capas: 50 cm arcilla expandida + 4 cm mortero + 2 cm pavimento de hormigón fratasado

Peso Propio arcilla expandida: $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 2500 \text{ kg/m}^*$

Peso Propio mortero: $1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,04 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 600 \text{ kg/m}$

Peso Propio pavimento hormigón fratasado: $1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 300 \text{ kg/m}$

*Se ha considerado un espacio cubierto de 10 m de profundidad

Peso Propio TOTAL: $2500 \text{ kg/m} + 600 \text{ kg/m} + 300 \text{ kg/m} = \mathbf{3400 \text{ kg/m}}$

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

6.2 Programas de cálculo:

Para el cálculo de la estructura se han utilizado los siguientes soportes informáticos: Dlubal RFEM y CYPECAD.

“La empresa alemana-checa Dlubal Software desarrolla desde hace más de 25 años software de análisis estructural y el MEF. El software de análisis estructural por elementos finitos RFEM permite el modelado rápido e intuitivo, así como también el cálculo y dimensionamiento de estructuras 2D y 3D compuestas de elementos de barras, placas, muros, láminas y sólidos”.

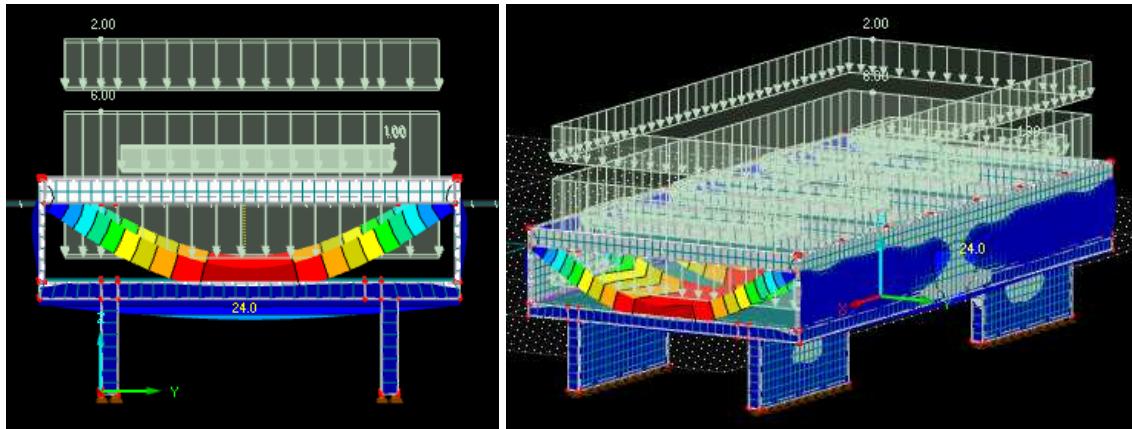
“CYPECAD ha sido concebido para realizar el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas para edificación y obra civil, sometidas a acciones horizontales, verticales y a la acción del fuego.

Estas estructuras pueden estar compuestas por: pilares (de hormigón, de acero y mixtos), pantallas y muros; vigas de hormigón, metálicas y mixtas; forjados de viguetas (genéricas, armadas, pretensadas, in situ, metálicas de alma llena y de celosía), placas aligeradas, losas mixtas, reticulares y losas macizas; y cimentaciones por losas, vigas de cimentación, zapatas y encepados. También dimensiona y comprueba uniones metálicas soldadas y atornilladas (incluidas las placas de anclaje)”.

En primer lugar, se analizó el proyecto en Dlubal RFEM para entender el comportamiento general del edificio, obteniendo resultados de las tensiones, deformaciones y desplazamientos, tanto globales como locales. Una vez entendido el comportamiento de la estructura, se introdujo en CYPECAD para dimensionar todos los elementos de hormigón y las armaduras de acero, tanto en cimentación como en forjados, muros y vigas. En ambos casos se han estudiado fragmentos del edificio correspondientes con los puntos más desfavorables del proyecto, descritos a continuación:

- A) Análisis 1: fragmento tipo, estudiado en Dlubal RFEM, compuesto de parte del cuerpo superior soportado por cuatro muros pantalla, con vuelos de 5 m en ambos extremos en sentido longitudinal.
- B) Análisis 2: fragmento tipo, estudiado en CYPECAD, compuesto de parte del cuerpo superior soportado por cuatro muros pantalla, con vuelos de 5 m en ambos extremos en sentido longitudinal. Se incluye el dimensionado de la cimentación para el estado de cargas introducido en el programa.
- C) Análisis 3: fragmento que alberga un hueco en su forjado, correspondiente con los dobles espacios proyectados, a través de los cuales se establece conexión visual entre las preexistencias en planta baja y el espacio abierto de la planta primera. Estudiado en CYPECAD, se analizan los refuerzos necesarios en las partes de forjado contiguas al hueco.

A) Análisis 1:



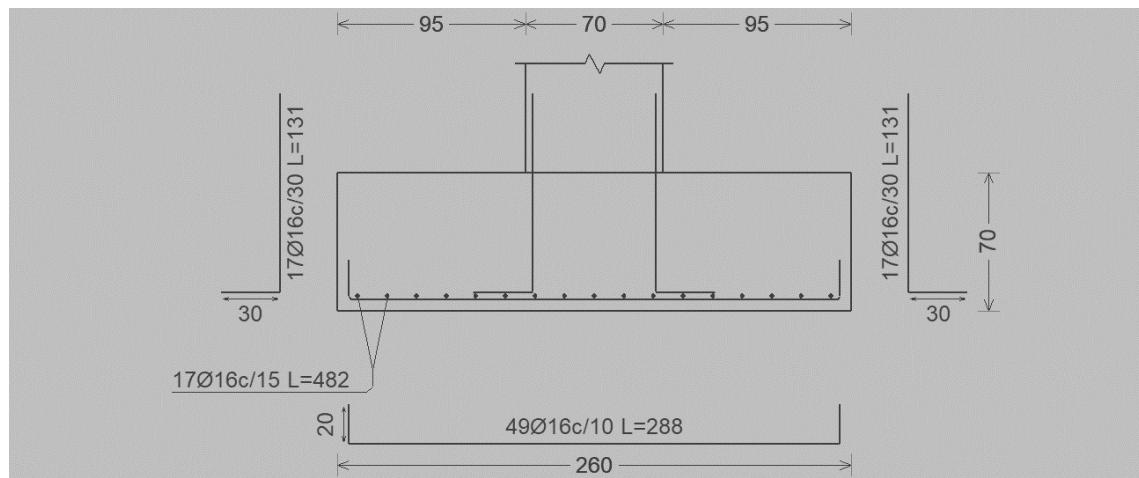
Se presentan tablas obtenidas a partir de las tensiones, los esfuerzos y las deformaciones que definen el comportamiento del edificio. Las tablas describen un resumen de todos los resultados.

Resumen	
Estado del cálculo	Aceptable
Número de elementos finitos 1D (elementos de barras)	0
Número de elementos finitos 2D (elementos de superficies)	13450
Número de elementos finitos 3D (elementos macizos)	48711
Número de nudos de malla de EF	17791
Número de ecuaciones	106746
Método de resolución de la matriz	Iterativo
Número máximo de iteraciones	100
División de barras por resultados de barras	10
Número de divisiones de barras con cable, apoyo elástico, cartela o características plásticas	10
Activar la rigidez a cortante de las barras (A-y, A-z)	+
Teoría de flexión de placas	Mindlin
Precisión del criterio de convergencia para el cálculo no lineal	1,0

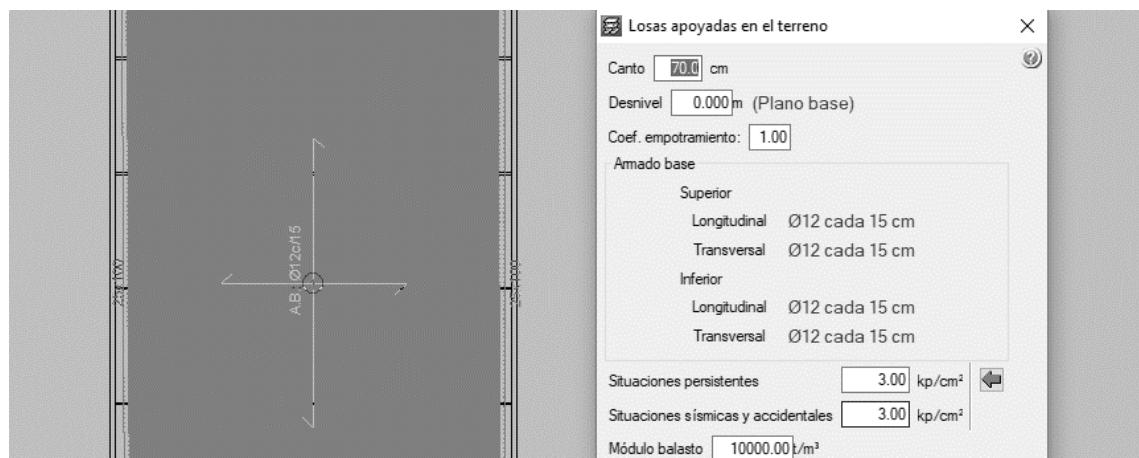
La flecha máxima resultante es de 24 mm, localizada en el punto medio de las vigas en cubierta, de longitud $L=17,5$ m.

Descripción	Valor	Unidad	Comentario
CC1 - PESO SUPERFICIAL VIVIENDA (ELEMENTOS NO DIBUJADOS)			
Carga total en dirección X	0,00	kN	
Suma de esfuerzos en apoyos en X	0,00	kN	
Carga total en dirección Y	0,00	kN	
Suma de esfuerzos en apoyos en Y	0,00	kN	
Carga total en dirección Z	-22539,50	kN	
Suma de esfuerzos en apoyos en Z	-22539,50	kN	Desviación: 0.00 %
Resultante de reacciones respecto a X	-415,432	kNm	En el centro de gravedad del modelo (X: 17.493, Y: 6.279, Z: 4.650 m)
Resultante de reacciones respecto a Y	22,230	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Resultante de reacciones respecto a Z	0,008	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Máximo desplazamiento en dirección X	0,9	mm	Nudo de malla de EF núm. 10667 (X: 0.100, Y: 12.923, Z: 9.000 m)
Máximo desplazamiento en dirección Y	3,2	mm	Nudo de malla de EF núm. 10726 (X: 0.000, Y: -1.411, Z: 9.000 m)
Máximo desplazamiento en dirección Z	-24,0	mm	Nudo de malla de EF núm. 10820 (X: 0.000, Y: 6.054, Z: 8.300 m)
Máximo desplazamiento vectorial	24,0	mm	Nudo de malla de EF núm. 10850 (X: 0.000, Y: 6.054, Z: 8.000 m)
Máximo giro respecto al eje X	-5,7	mrad	Nudo de malla de EF núm. 10724 (X: 0.000, Y: -0.917, Z: 9.000 m)
Máximo giro respecto al eje Y	-1,4	mrad	Nudo de malla de EF núm. 152 (X: 4.900, Y: 0.600, Z: 8.000 m)
Máximo giro respecto al eje Z	1,7	mrad	Nudo de malla de EF núm. 7285 (X: 0.000, Y: -2.400, Z: 7.529 m)
Método de análisis	Lineal		Ánálisis geométricamente lineal
Reducción de rigidez	-		
Número de incrementos de carga	1		
Número de iteraciones	1		
Valor máximo del elemento en la diagonal de la matriz de rigidez	7,787E+12		
Valor mínimo del elemento en la diagonal de la matriz de rigidez	3,125E+07		
Norma infinita	1,754E+13		
Carga incrementando gradualmente	-		

B) Análisis 2:



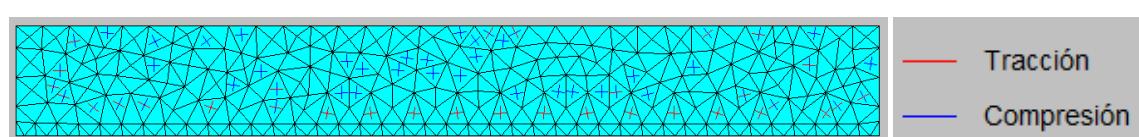
Dimensionado de zapata corrida bajo muro pantalla



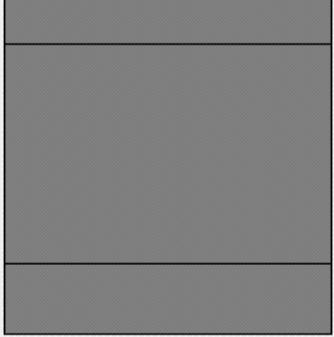
Dimensionado de losa de cimentación. Asignación de armadura base



Dimensionado de losa aligerada de forjado planta primera. Asignación de armadura base



Tensiones principales en pantalla de planta primera. Tracción en apoyo inferior, compresión en el resto de la pantalla



Lado izquierdo

Espesor: m  

Armado vertical: a cm

Armado horizontal: a cm

Lado derecho

Espesor: m  

Armado vertical: a cm

Armado horizontal: a cm

Armado transversal

Número de ramas: 

Diámetro: 

Separación vertical: cm

Separación horizontal: cm

Dimensionado de muros pantalla en planta baja de espesor 70 cm



Lado izquierdo

Espesor: m  

Armado vertical: a cm

Armado horizontal: a cm

Lado derecho

Espesor: m  

Armado vertical: a cm

Armado horizontal: a cm

Armado transversal

Número de ramas: 

Diámetro: 

Separación vertical: cm

Separación horizontal: cm

Dimensionado de pantallas en planta primera de espesor 20 cm

Muro: M8 (Forjado 1 - Forjado 2)

Coordinadas del punto = 34.84 , 9 m

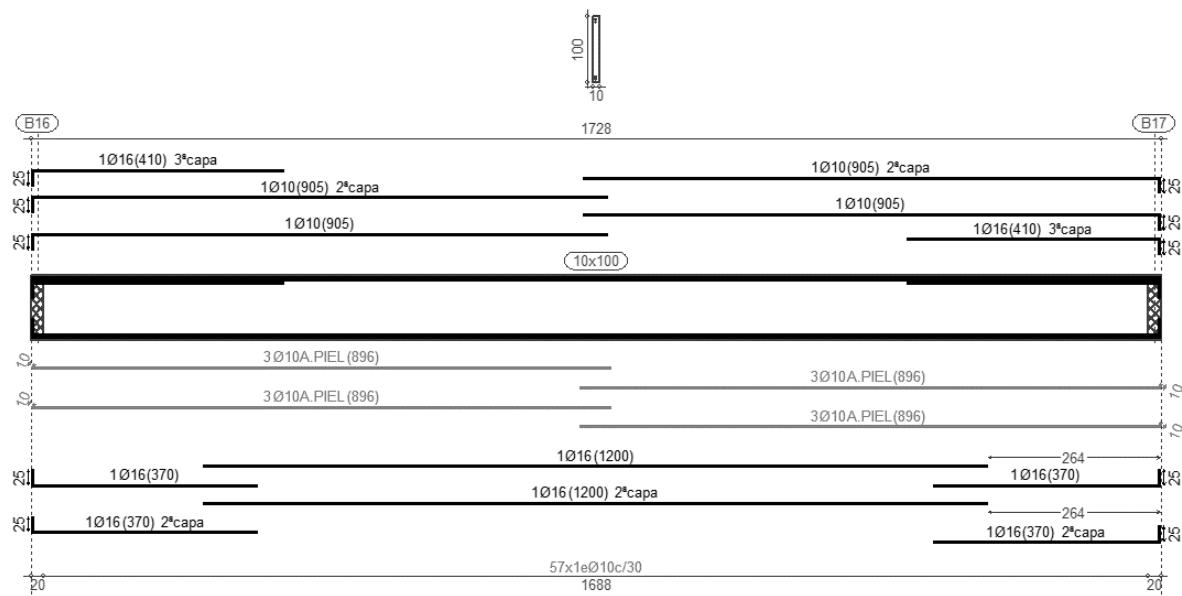
Dimensiones del refuerzo = 0.4 x 0.4 m

Fracción del área en planta = 0.33 %

	Factor cuantía	Incremento armado
Armado vert. derecho	1.10	Ø6c/13 cm
Armado vert. izquierdo	0.12	---
Armado horiz. derecho	0.23	---
Armado horiz. izquierdo	0.00	---
Armado transversal	0.00	---
Espesor	0.31	---

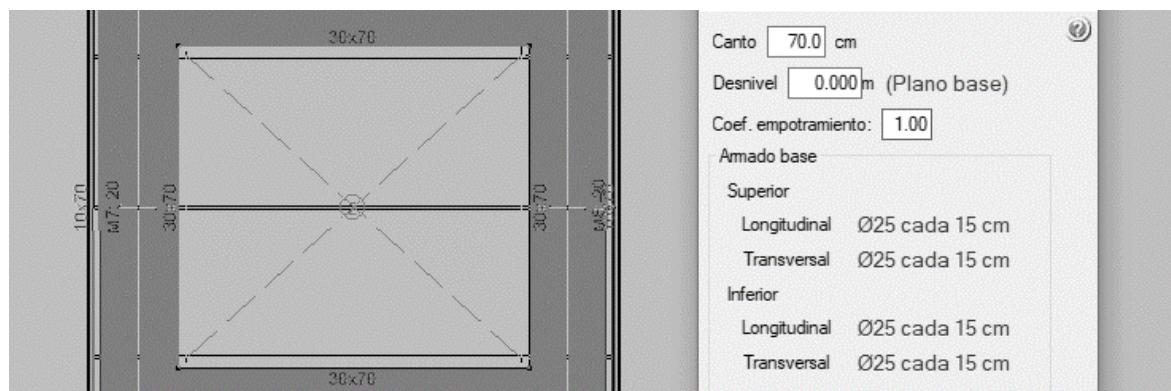
El incremento de armado es el refuerzo que hay que superponer al armado base de la planta en el punto considerado. El programa intenta dimensionar el refuerzo con los diámetros disponibles y con fracciones de la separación del armado base. Si no encuentra ningún refuerzo suficiente, se indica el área necesaria de acero.

Dimensionado de armaduras de refuerzo en pantalla de planta primera. Refuerzos dispuestos en el encuentro entre cada viga y la pantalla (véase plano E04.3)



Dimensionado de viga superior en cubierta

C) Análisis 3:



Dimensionado de losa aligerada en forjado de planta primera, junto a doble espacio. Asignación de armadura base

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

DB-SI: Seguridad en caso de incendio

La memoria de este apartado se ha realizado en base al Documento Básico Seguridad en Caso de Incendio, perteneciente al Código Técnico de la Edificación. Se incluyen fragmentos entre comillas tomados de este documento. El conocimiento y la lectura paralela de dicho documento son necesarios para la comprensión de la memoria redactada a continuación.

Índice

Sección SI 1 Propagación interior

- 1 Compartimentación en sectores de incendio
- 2 Locales y zonas de riesgo especial
- 3 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios
- 4 Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario

Sección SI 2 Propagación exterior

- 1 Medianerías y fachadas
- 2 Cubiertas

Sección SI 3 Evacuación de ocupantes

- 1 Compatibilidad de los elementos de evacuación
- 2 Cálculo de la ocupación
- 3 Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación
- 4 Dimensionado de los medios de evacuación
 - 4.1 Criterios para la asignación de los ocupantes
 - 4.2 Cálculo
- 5 Protección de las escaleras
- 6 Puertas situadas en recorridos de evacuación
- 7 Señalización de los medios de evacuación
- 8 Control del humo de incendio
- 9 Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

Sección SI 4 Instalaciones de protección contra incendios

- 1 Dotación de instalaciones de protección contra incendios
- 2 Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios

Sección SI 5 Intervención de los bomberos

- 1 Condiciones de aproximación y entorno 1.1 Aproximación a los edificios 1.2 Entorno de los edificios
- 2 Accesibilidad por fachada

Sección SI 6 Resistencia al fuego de la estructura

- 1 Generalidades
- 2 Resistencia al fuego de la estructura
- 3 Elementos estructurales principales
- 4 Elementos estructurales secundarios

Sección SI 1 Propagación interior

1 Compartimentación en sectores de incendio

1 “Los edificios se deben compartimentar en sectores de incendio según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 de esta Sección. Las superficies máximas indicadas en dicha tabla para los sectores de incendio pueden duplicarse cuando estén protegidos con una instalación automática de extinción”.

2 “A efectos del cómputo de la superficie de un sector de incendio, se considera que los locales de riesgo especial, las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos de independencia y las escaleras compartimentadas como sector de incendios, que estén contenidos en dicho sector no forman parte del mismo”.

3 “La resistencia al fuego de los elementos separadores de los sectores de incendio debe satisfacer las condiciones que se establecen en la tabla 1.2 de esta Sección. Como alternativa, cuando, conforme a lo establecido en la Sección SI 6, se haya adoptado el tiempo equivalente de exposición al fuego para los elementos estructurales, podrá adoptarse ese mismo tiempo para la resistencia al fuego que deben aportar los elementos separadores de los sectores de incendio”.

4 “Las escaleras y los ascensores que comuniquen sectores de incendio diferentes o bien zonas de riesgo especial con el resto del edificio estarán compartimentados conforme a lo que se establece en el punto 3 anterior. Los ascensores dispondrán en cada acceso, o bien de puertas E 30(*) o bien de un vestíbulo de independencia con una puerta EI2 30-C5, excepto en zonas de riesgo especial o de uso Aparcamiento, en las que se debe disponer siempre el citado vestíbulo. Cuando, considerando dos sectores, el más bajo sea un sector de riesgo mínimo, o bien si no lo es se opte por disponer en él tanto una puerta EI2 30-C5 de acceso al vestíbulo de independencia del ascensor, como una puerta E 30 de acceso al ascensor, en el sector más alto no se precisa ninguna de dichas medidas”.

Tabla 1.1 Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

En general

- “Todo establecimiento debe constituir sector de incendio diferenciado del resto del edificio excepto, en edificios cuyo uso principal sea Residencial Vivienda, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m² y cuyo uso sea Docente, Administrativo o Residencial Público”.

- “Toda zona cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que esté integrada debe constituir un sector de incendio diferente cuando supere los siguientes límites: Zona de uso Residencial Vivienda, en todo caso. Zona de alojamiento o de uso Administrativo, Comercial o Docente cuya superficie construida exceda de 500 m². Zona de uso Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 500 personas. Zona de uso Aparcamiento cuya superficie construida exceda de 100 m². Cualquier comunicación con zonas de otro uso se debe hacer a través de vestíbulos de independencia”.

- “Un espacio diáfano puede constituir un único sector de incendio que supere los límites de superficie construida que se establecen, siempre que al menos el 90% de ésta se desarrolle en una planta, sus salidas comuniquen directamente con el espacio libre exterior, al menos el 75% de su perímetro sea fachada y no exista sobre dicho recinto ninguna zona habitable”.

- “No se establece límite de superficie para los sectores de riesgo mínimo”.

Residencial Vivienda

- “La superficie construida de todo sector de incendio no debe exceder de 2.500 m²”. **Cumple, siendo la superficie mayor de 2200 m² correspondiente al Sector 2 Viviendas. Los Sectores 1, 2 y 3 de viviendas cumplen todos los requisitos de “espacio diáfano que puede constituir un único sector de incendio”, por lo que cumplirían con la norma aún superando la cifra de 2500 m².**

- “Los elementos que separan viviendas entre sí deben ser al menos EI 60”. **No existen elementos que separan viviendas entre sí.**

A continuación, se presenta la tabla con todas las superficies y la ocupación de cada sector de incendios en el proyecto:

	ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)	m ² /ocupante	Total ocupantes
PISCINAS	Piscinas	128	4	32
	Vestuario Piscina (x2)	22	2	11
GIMNASIO	Gimnasio	201		50
	Vestuario Gimnasio (x2)	10	2	5
	Aseo Gimnasio	6		1
AUDITORIO	Actividades Gimnasio	42	4	11
	Auditorio	193	1 persona/asiento	60
	Aseo Auditorio (x2)	12	2	6
	Aseo Minusválidos	6,5		1
	Núcleo Vertical 4	27	4	14
ESTAR SUR	Núcleo Vertical 5	51	4	26
	Estar Sur	105	4	27
	Aseo (x2)	5,5		1
	Núcleo Vertical 3	31	4	16
	Núcleo Vertical 2	40	4	20
ESTAR ESTE	Estar Este	85	4	22
	Núcleo Vertical 6	50	4	25
ESTAR NORTE	Estar Norte	95	4	24
	Aseo (x2)	5		1
	Almacén	10	40	1
	Núcleo Vertical 7	30	4	15
	Núcleo Vertical 8	55	4	28
PERSONAL	Estar	90	4	45
	Vestuario (x2)	8	2	4
	Lavandería	10	40	1
	Oficios	10	40	1
ADMINISTRACIÓN	Vestíbulo	60	2	30
	Oficinas	135	10	14

	Baño	6	2	3
	Aseo	4		1
	Almacén	30	40	1
BAR-RESTAURANTE	Cocina	35	10	4
	Bar	105		20
	Núcleo Vertical 1 (x2)	40	4	20
	Capilla	20	1 persona/asiento	8
	Comedor	160		30
	Baño (x2)	14	2	7
	Baño Minusválido	4		1
	VIVIENDAS	55	20	3
	V. INVITADOS	20	20	2
SECTOR 1 viviendas		2045		20
SECTOR 2 viviendas		2200		20
SECTOR 3 viviendas		1700		14



Sectores de incendios en planta baja (izquierda) y planta primera (derecha).

Tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio ⁽¹⁾⁽²⁾

Elemento	Resistencia al fuego		
	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:	
	h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos ⁽³⁾ que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: ⁽⁴⁾			
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90
- Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 ⁽⁵⁾	EI 90	EI 120
- Aparcamiento ⁽⁶⁾	EI 120 ⁽⁷⁾	EI 120	EI 120

2 Locales y zonas de riesgo especial

1 “Los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican conforme los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1. Los locales y las zonas así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2”. Cumple (tabla posterior)

2 “Los locales destinados a albergar instalaciones y equipos regulados por reglamentos específicos, tales como transformadores, maquinaria de aparatos elevadores, calderas, depósitos de combustible, contadores de gas o electricidad, etc. se rigen, además, por las condiciones que se establecen en dichos reglamentos. Las condiciones de ventilación de los locales y de los equipos exigidas por dicha reglamentación deberán solucionarse de forma compatible con las de compartimentación establecidas en este DB. A los efectos de este DB se excluyen los equipos situados en las cubiertas de los edificios, aunque estén protegidos mediante elementos de cobertura”.

Tabla 2.1 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios

Uso previsto del edificio o establecimiento	Tamaño del local o zona				
	S = superficie construida	V = volumen construido			
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto		
En cualquier edificio o establecimiento:					
- Talleres de mantenimiento, almacenes de elementos combustibles (p. e.: mobiliario, lencería, limpieza, etc.) archivos de documentos, depósitos de libros, etc.	100<V≤ 200 m ³	200<V≤ 400 m ³	V>400 m ³		
- Almacén de residuos	5<S≤15 m ²	15<S≤30 m ²	S>30 m ²		
- Aparcamiento de vehículos de una vivienda unifamiliar o cuya superficie S no exceda de 100 m ²	En todo caso				
- Cocinas según potencia instalada P ⁽¹⁾⁽²⁾	20<P≤30 kW	30<P≤50 kW	P>50 kW		
- Lavanderías, Vestuarios de personal. Camerinos ⁽²⁾	20<S≤100 m ²	100<S≤200 m ²	S>200 m ²		
- Salas de calderas con potencia útil nominal P	70<P≤200 kW	200<P≤600 kW	P>600 kW		
- Salas de máquinas de instalaciones de climatización (según Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios, RITE, aprobado por RD 1027/2007, de 20 de julio, BOE 2007/08/29)	En todo caso				
- Salas de maquinaria frigorífica: refrigerante amoníaco refrigerante halogenado	P≤400 kW	En todo caso P>400 kW			
- Almacén de combustible sólido para calefacción	S≤3 m ²	S>3 m ²			
- Local de contadores de electricidad y de cuadros generales de distribución	En todo caso				
- Centro de transformación					
- aparatos con aislamiento dieléctrico seco o líquido con punto de inflamación mayor que 300°C	En todo caso				
- aparatos con aislamiento dieléctrico con punto de inflamación que no excede de 300°C y potencia instalada P: total	P≤2 520 kVA	2520<P≤4000 kVA	P>4 000 kVA		
- en cada transformador	P≤830 kVA	630<P≤1000 kVA	P>1 000 kVA		
- Sala de maquinaria de ascensores	En todo caso				
- Sala de grupo electrógeno	En todo caso				
Residencial Vivienda					
- Trasteros ⁽⁴⁾	50<S≤100 m ²	100<S≤500 m ²	S>500 m ²		

Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios⁽¹⁾

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante ⁽²⁾	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos ⁽³⁾ que separan la zona del resto del edificio ⁽²⁾⁽⁴⁾	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Sí	Sí
Puertas de comunicación con el resto del edificio	EI ₂ 45-C5	2 x EI ₂ 30 -C5	2 x EI ₂ 45-C5
Máximo recorrido hasta alguna salida del local ⁽⁵⁾	≤ 25 m ⁽⁶⁾	≤ 25 m ⁽⁶⁾	≤ 25 m ⁽⁶⁾

3 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios

1 “La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento”.

2 “Se limita a tres plantas y a 10 m el desarrollo vertical de las cámaras no estancas en las que existan elementos cuya clase de reacción al fuego no sea B-s3,d2, BL-s3,d2 ó mejor”.

3 “La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc., excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm². Para ello puede optarse por una de las siguientes alternativas:

a) Disponer un elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso y garantice en dicho punto una resistencia al fuego al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, una compuerta cortafuegos automática El t siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida al elemento de compartimentación atravesado, o un dispositivo intumesciente de obturación.

b) Elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, conductos de ventilación El t siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida al elemento de compartimentación atravesado”.

4 Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario

1 “Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla 4.1”.

2 “Las condiciones de reacción al fuego de los componentes de las instalaciones eléctricas (cables, tubos, bandejas, regletas, armarios, etc.) se regulan en su reglamentación específica”.

3 “Los cerramientos formados por elementos textiles, tales como carpas, serán clase M2 conforme a UNE 23727:1990 “Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción””.

4 “En los edificios y establecimientos de uso Pública Concurrencia, los elementos decorativos y de mobiliario cumplirán las siguientes condiciones:

a) Butacas y asientos fijos tapizados que formen parte del proyecto en cines, teatros, auditorios, salones de actos, etc.: Pasan el ensayo según las normas siguientes: - UNE-EN 1021-1:2006 “Valoración de la inflamabilidad del mobiliario tapizado - Parte 1: fuente de ignición: cigarrillo en combustión”. - UNE-EN 1021-2:2006 “Valoración de la inflamabilidad del mobiliario tapizado - Parte 2: fuente de ignición: llama equivalente a una cerilla”.

b) Elementos textiles suspendidos, como telones, cortinas, cortinajes, etc.: Clase 1 conforme a la norma UNE-EN 13773: 2003 “Textiles y productos textiles. Comportamiento al fuego. Cortinas y cortinajes. Esquema de clasificación””.

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ⁽²⁾⁽³⁾	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2,d0	E _{FL}
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C _{FL} -s1

Se adjuntan todos los datos correspondientes a la resistencia al fuego de paredes, techos, muros y puertas relevantes en sectores de incendios:

ESPACIO	Cocina Bar	Lavandería	Calderas	Climatización	Almacén Pellets	Contadores	Ascensor
RIESGO	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo

TIPO	CERRAMIENTOS							
Elemento	C1		C2	C3	C4	C5	C6	C7
Resistencia al fuego	R240		R240	R240	R240	R180	R120	R60
TIPO	MUROS INTERIORES							
Elemento	M1		M2	M3	M4	M5		
Resistencia al fuego	REI240		REI240	REI180	REI120	Elemento estructural secundario		
TIPO	FORJADOS							
Elemento	Losa 70 cm HA		Losa 40 cm HA	Losa 30 cm HA				
Resistencia al fuego	REI240		REI240	REI240				
TIPO	VIGA EXPUESTA							
Elemento	10x100 HA							
Resistencia al fuego	R120							
TIPO	REVESTIMIENTOS							
Elemento	T1		T2	P1	P2	P3	P4	P5
Resistencia al fuego	IDEM losa HA		Pladur A2-s1, d0	Nogal B-s2, d0	IDEM muro HA	A1	A1	IDEM muro HA
TIPO	PUERTAS							
Elemento	p1		p2	p3	p4	p5	p6	p7
Resistencia al fuego	EI2 45-C5		EI2 45-C5	EI2 45-C5	2xEI2 30-C5	EI2 45-C5	EI2 45-C5	EI2 45-C5

Sección SI 2 Propagación exterior

1 Medianerías y fachadas

1 “Los elementos verticales separadores de otro edificio deben ser al menos EI 120”. **No existen separaciones verticales con otros edificios.**

2 “Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de la fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas o hacia una escalera protegida o pasillo protegido desde otras zonas, los puntos de sus fachadas que no sean al menos EI 60 deben estar separados la distancia d en proyección horizontal que se indica a continuación, como mínimo, en función del ángulo α formado por los planos exteriores de dichas fachadas (véase figura 1.1). Para valores intermedios del ángulo α , la distancia d puede obtenerse por interpolación lineal. Cuando se trate de edificios diferentes y colindantes, los puntos de la fachada del edificio considerado que no sean al menos EI 60 cumplirán el 50% de la distancia d hasta la bisectriz del ángulo formado por ambas fachadas”. **Las fachadas tienen una resistencia al fuego superior a EI 60.**

3 “Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, o bien hacia una escalera protegida o hacia un pasillo protegido desde otras zonas, dicha fachada debe ser al menos EI 60 en una franja de 1 m de altura, como mínimo, medida sobre el plano de la fachada (véase figura 1.7). En caso de existir elementos salientes aptos para impedir el paso de las llamas, la altura de dicha franja podrá reducirse en la dimensión del citado saliente”. **Las fachadas tienen una resistencia al fuego superior a EI 60.**

4 “La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3,d2 hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque”. **Cumple.**

2 Cubiertas

1 “Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, ya sea entre dos edificios colindantes, ya sea en un mismo edificio, esta tendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto. Como alternativa a la condición anterior puede optarse por prolongar la medianería o el elemento compartimentador 0,60 m por encima del acabado de la cubierta”. **Las cubiertas poseen una resistencia al fuego de REI 240.**

2 “En el encuentro entre una cubierta y una fachada que pertenezcan a sectores de incendio o a edificios diferentes, la altura h sobre la cubierta a la que deberá estar cualquier zona de fachada cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60 será la que se indica a continuación, en función de la distancia d de la fachada, en proyección horizontal, a la que esté cualquier zona de la cubierta cuya resistencia al fuego tampoco alcance dicho valor”. **La resistencia al fuego siempre es superior a EI 60 (REI 240) para el caso descrito.**

3 “Los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada, del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación o ventilación, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego BROOF (t1)”.
La resistencia al fuego siempre es superior a EI 60 (REI 240) para el caso descrito.

Sección SI 3 Evacuación de ocupantes

1 Compatibilidad de los elementos de evacuación

1 “Los establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia de cualquier superficie y los de uso Docente, Hospitalario, Residencial Público o Administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1.500 m², si están integrados en un edificio cuyo uso previsto principal sea distinto del suyo, deben cumplir las siguientes condiciones:

a) sus salidas de uso habitual y los recorridos hasta el espacio exterior seguro estarán situados en elementos independientes de las zonas comunes del edificio y compartimentados respecto de éste de igual forma que deba estarlo el establecimiento en cuestión, según lo establecido en el capítulo 1 de la Sección 1 de este DB. No obstante, dichos elementos podrán servir como salida de emergencia de otras zonas del edificio,

b) sus salidas de emergencia podrán comunicar con un elemento común de evacuación del edificio a través de un vestíbulo de independencia, siempre que dicho elemento de evacuación esté dimensionado teniendo en cuenta dicha circunstancia”.

2 “Como excepción, los establecimientos de uso Pública Concurrencia cuya superficie construida total no exceda de 500 m² y estén integrados en centros comerciales podrán tener salidas de uso habitual o salidas de emergencia a las zonas comunes de circulación del centro. Cuando su superficie sea mayor que la indicada, al menos las salidas de emergencia serán independientes respecto de dichas zonas comunes”.

2 Cálculo de la ocupación

1 “Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal de obligado cumplimiento, como puede ser en el caso de establecimientos hoteleros, docentes, hospitalares, etc. En aquellos recintos o zonas no incluidos en la tabla se deben aplicar los valores correspondientes a los que sean más asimilables”.

2 “A efectos de determinar la ocupación, se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo”.

Tabla 2.1. Densidades de ocupación ⁽¹⁾

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m²/persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc.	Ocupación nula
	Aseos de planta	3
<i>Residencial Vivienda</i>	Plantas de vivienda	20
<i>Residencial Público</i>	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	1
	Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
<i>Aparcamiento ⁽²⁾</i>	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
<i>Administrativo</i>	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2
<i>Docente</i>	Conjunto de la planta o del edificio	10
	Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc.	5
	Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
	Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	2
<i>Hospitalario</i>	Salas de espera	2
	Zonas de hospitalización	15
	Servicios ambulatorios y de diagnóstico	10
	Zonas destinadas a tratamiento a pacientes internados	20
<i>Comercial</i>	En establecimientos comerciales:	
	áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores	3
	En zonas comunes de centros comerciales:	
	mercados y galerías de alimentación	2
	plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior	3
	plantas diferentes de las anteriores	5
	En áreas de venta en las que no sea previsible gran afluencia de público, tales como exposición y venta de muebles, vehículos, etc.	5
<i>Pública concurrencia</i>	Zonas destinadas a espectadores sentados:	
	con asientos definidos en el proyecto	1pers/asiento
	sin asientos definidos en el proyecto	0,5
	Zonas de espectadores de pie	0,25
	Zonas de público en discotecas	0,5
	Zonas de público de pie, en bares, cafeterías, etc.	1
	Zonas de público en gimnasios:	
	con aparatos	5
	sin aparatos	1,5
	Piscinas públicas	
	zonas de baño (superficie de los vasos de las piscinas)	2
	zonas de estancia de público en piscinas descubiertas	4
	vestuarios	3
	Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc.	1
	Zonas de público en restaurantes de "comida rápida", (p. ej: hamburgueserías, pizzerías...)	1,2
	Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1,5
	Salas de espera, salas de lectura en bibliotecas, zonas de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones, etc.	2
	Vestíbulos generales, zonas de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	Vestíbulos, vestuarios, camerinos y otras dependencias similares y anexas a salas de espectáculos y de reunión	2
	Zonas de público en terminales de transporte	10
	Zonas de servicio de bares, restaurantes, cafeterías, etc.	10

La ocupación por uso y superficie ya se ha incluido en la tabla correspondiente al apartado SI 1.1 de esta misma memoria.

3 Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación

1 “En la tabla 3.1 se indica el número de salidas que debe haber en cada caso, como mínimo, así como la longitud de los recorridos de evacuación hasta ellas”.

Tabla 3.1. Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación ⁽¹⁾

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta o salida de recinto respectivamente	<p>No se admite en uso <i>Hospitalario</i>, en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida excede de 90 m².</p>
	<p>La ocupación no excede de 100 personas, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 500 personas en el conjunto del edificio, en el caso de salida de un edificio de viviendas; - 50 personas en zonas desde las que la evacuación hasta una salida de planta deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente; - 50 alumnos en escuelas infantiles, o de enseñanza primaria o secundaria.
	<p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en uso <i>Aparcamiento</i>; - 50 m si se trata de una planta, incluso de uso <i>Aparcamiento</i>, que tiene una salida directa al espacio exterior seguro y la ocupación no excede de 25 personas, o bien de un espacio al aire libre en el que el riesgo de incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc.
	<p>La altura de evacuación descendente de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en uso <i>Residencial Público</i>, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de salida de edificio ⁽²⁾, o de 10 m cuando la evacuación sea ascendente.</p>
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente ⁽³⁾	<p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso <i>Hospitalario</i> y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria. - 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <p>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso <i>Hospitalario</i> o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.</p> <p>Si la altura de evacuación descendente de la planta obliga a que exista más de una salida de planta o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.</p>

La planta primera, espacio de viviendas con más de una salida de planta, está expuesta al exterior, quedando todas las viviendas separadas entre sí por corredores exteriores en todas sus fachadas. El comportamiento de este espacio es por tanto similar al de una cubierta o terraza, siendo un espacio al aire libre de riesgo de declaración de incendio irrelevante. La longitud de evacuación a tener en cuenta en este caso es de 75 m, cumpliéndose en el proyecto para todas las viviendas (ver plano N01.1).

En los espacios públicos que cuentan con una única salida de planta (situación que se da en la entreplanta), los recorridos de evacuación no superan los 25 m (ver plano N01.2).

4 Dimensionado de los medios de evacuación

4.1 Criterios para la asignación de los ocupantes

1 “Cuando en una zona, en un recinto, en una planta o en el edificio deba existir más de una salida, considerando también como tales los puntos de paso obligado, la distribución de los ocupantes entre ellas a efectos de cálculo debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable”.

2 “A efectos del cálculo de la capacidad de evacuación de las escaleras y de la distribución de los ocupantes entre ellas, cuando existan varias, no es preciso suponer inutilizada en su totalidad alguna de las escaleras protegidas, de las especialmente protegidas o de las compartimentadas como los sectores de incendio, existentes. En cambio, cuando deban existir varias escaleras y estas sean no protegidas y no compartimentadas, debe considerarse inutilizada en su totalidad alguna de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable”.

3 “En la planta de desembarco de una escalera, el flujo de personas que la utiliza deberá añadirse a la salida de planta que les corresponda, a efectos de determinar la anchura de esta. Dicho flujo deberá estimarse, o bien en 160 A personas, siendo A la anchura, en metros, del desembarco de la escalera, o bien en el número de personas que utiliza la escalera en el conjunto de las plantas, cuando este número de personas sea menor que 160”.

4.2 Cálculo 1

“El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1”.

4.2 Cálculo

1 El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200$ ⁽¹⁾ $\geq 0,80 \text{ m}$ ⁽²⁾ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00 \text{ m}$ ^{(3) (4) (5)}
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. ⁽⁶⁾	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30 \text{ cm}$ cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30 \text{ cm}$ en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50 \text{ cm}$. ⁽⁷⁾ Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas ⁽⁸⁾	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160$ ⁽⁹⁾
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)$ ⁽⁹⁾
Escaleras protegidas	$E \leq 3S + 160 A_S$ ⁽⁹⁾
Pasillos protegidos	$P \leq 3S + 200 A$ ⁽⁹⁾
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600$ ⁽¹⁰⁾
Escaleras	$A \geq P / 480$ ⁽¹⁰⁾

El flujo máximo de personas es de 50, aproximadamente el número de residentes, y considerando que todos ellos tuvieran que ser evacuados por el mismo recorrido (situación muy improbable), la anchura mínima exigida según esta tabla resulta demasiado pequeña para los casos contemplados en “zonas al aire libre”. Los pasos de puertas, pasillos, rampas y escaleras, bien sean interiores o exteriores, no son menores a 1 m en ningún punto del proyecto, cumpliendo con todos los requisitos anteriores.

Tabla 4.2. Capacidad de evacuación de las escaleras en función de su anchura

Anchura de la escalera en m	Escalera no protegida		Escalera protegida (evacuación descendente o ascendente) ⁽¹⁾						
	Evacuación ascendente ⁽²⁾	Evacuación descendente	Nº de plantas		2	4	6	8	10
1,00	132	160	224	288	352	416	480	+32	
1,10	145	176	248	320	392	464	536	+36	
1,20	158	192	274	356	438	520	602	+41	
1,30	171	208	302	396	490	584	678	+47	
1,40	184	224	328	432	536	640	744	+52	
1,50	198	240	356	472	588	704	820	+58	
1,60	211	256	384	512	640	768	896	+64	
1,70	224	272	414	556	698	840	982	+71	
1,80	237	288	442	596	750	904	1058	+77	
1,90	250	304	472	640	808	976	1144	+84	
2,00	264	320	504	688	872	1056	1240	+92	
2,10	277	336	534	732	930	1128	1326	+99	
2,20	290	352	566	780	994	1208	1422	+107	

Por normativa no es necesario colocar escaleras protegidas en el proyecto, como se comprueba en el siguiente punto. Pese a ello, se ha decidido proyectarlas protegidas debido a que todas ellas dan acceso a un espacio exterior (planta primera), evitando que estos espacios fueran afectados por agentes meteorológicos y generando así vestíbulos en el ascenso desde la planta baja hasta la primera. Las escaleras cuentan con una anchura mínima de 1 m, capacitada para evacuar a 224 personas (el proyecto cuenta con dos plantas), cifra muy superior a la ocupación total del edificio.

5 Protección de las escaleras

1 “En la tabla 5.1 se indican las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación”.

Tabla 5.1. Protección de las escaleras

Uso previsto ⁽¹⁾	Condiciones según tipo de protección de la escalera		
	h = altura de evacuación de la escalera		
	No protegida	Protegida ⁽²⁾	Especialmente protegida
Escaleras para evacuación descendente			
Residencial Vivienda	h ≤ 14 m	h ≤ 28 m	
Administrativo, Docente,	h ≤ 14 m	h ≤ 28 m	
Comercial, Pública Concurrencia	h ≤ 10 m	h ≤ 20 m	
Residencial Público	Baja más una	h ≤ 28 m ⁽³⁾	Se admite en todo caso
Hospitalario			
zonas de hospitalización o de tratamiento intensivo	No se admite	h ≤ 14 m	
otras zonas	h ≤ 10 m	h ≤ 20 m	
Aparcamiento	No se admite	No se admite	
Escaleras para evacuación ascendente			
Uso Aparcamiento	No se admite	No se admite	
Otro uso: h ≤ 2,80 m	Se admite en todo caso	Se admite en todo caso	
2,80 < h ≤ 6,00 m	P ≤ 100 personas	Se admite en todo caso	Se admite en todo caso
h > 6,00 m	No se admite	Se admite en todo caso	

El proyecto, de uso Residencial Vivienda, no alcanza 14 m de altura de evacuación descendente en ningún punto. Por este motivo no habría sido necesario proyectarlas como protegidas.

6 Puertas situadas en recorridos de evacuación

1 “Las puertas previstas como salida de planta o de edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre, o bien no actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar, o bien consistirá en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado del cual provenga dicha evacuación, sin tener que utilizar una llave y sin tener que actuar sobre más de un mecanismo. Las anteriores condiciones no son aplicables cuando se trate de puertas automáticas”. **Cumple. No existen puertas previstas para evacuar más de 50 personas.**

2 “Se considera que satisfacen el anterior requisito funcional los dispositivos de apertura mediante manilla o pulsador conforme a la norma UNE-EN179:2009, cuando se trate de la evacuación de zonas ocupadas por personas que en su mayoría estén familiarizados con la puerta considerada, así como en caso contrario, cuando se trate de puertas con apertura en el sentido de la evacuación conforme al punto 3 siguiente, los de barra horizontal de empuje o de deslizamiento conforme a la norma UNE-EN1125:2009”.

3 “Abrirá en el sentido de la evacuación toda puerta de salida:

a) prevista para el paso de más de 200 personas en edificios de uso Residencial Vivienda o de 100 personas en los demás casos, o bien.

b) prevista para más de 50 ocupantes del recinto o espacio en el que esté situada. Para la determinación del número de personas que se indica en a) y b) se deberán tener en cuenta los criterios de asignación de los ocupantes establecidos en el apartado 4.1 de esta Sección”. **No existen puertas previstas para evacuar más de 50 personas. Todas las puertas del proyecto abren en el sentido de evacuación, a excepción de las de las viviendas, las cuales abren hacia dentro sin invadir el espacio semipúblico de la primera planta.**

4 “Cuando existan puertas giratorias, deben disponerse puertas abatibles de apertura manual contiguas a ellas, excepto en el caso de que las giratorias sean automáticas y dispongan de un sistema que permita el abatimiento de sus hojas en el sentido de la evacuación, ante una emergencia o incluso en el caso de fallo de suministro eléctrico, mediante la aplicación manual de una fuerza no superior a 220 N. La anchura útil de este tipo de puertas y de las de giro automático después de su abatimiento, debe estar dimensionada para la evacuación total prevista”. **No se han proyectado puertas giratorias.**

5 “Las puertas peatonales automáticas dispondrán de un sistema que en caso de fallo en el suministro eléctrico o en caso de señal de emergencia, cumplirá las siguientes condiciones, excepto en posición de cerrado seguro:

a) Que, cuando se trate de una puerta corredera o plegable, abra y mantenga la puerta abierta o bien permita su apertura abatible en el sentido de la evacuación mediante simple empuje con una fuerza total que no exceda de 220 N. La opción de apertura abatible no se admite cuando la puerta esté situada en un itinerario accesible según DB SUA.

b) Que, cuando se trate de una puerta abatible o giro-batiente (oscilo-batiente), abra y mantenga la puerta abierta o bien permita su abatimiento en el sentido de la evacuación mediante simple empuje con una fuerza total que no exceda de 150 N. Cuando la puerta esté situada en un itinerario accesible según DB SUA, dicha fuerza no excederá de 25 N, en general, y de 65 N cuando sea resistente al fuego.

La fuerza de apertura abatible se considera aplicada de forma estática en el borde de la hoja, perpendicularmente a la misma y a una altura de 1000 ± 10 mm, Las puertas peatonales automáticas se someterán obligatoriamente a las condiciones de mantenimiento conforme a la norma UNE-EN 12635:2002+A1:2009". **No se han proyectado puertas peatonales automáticas.**

7 Señalización de los medios de evacuación

1 "Se utilizarán las señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988, conforme a los siguientes criterios:

- a) Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA", excepto en edificios de uso Residencial Vivienda y, en otros usos, cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m², sean fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio". **Cumple.**
 - b) "La señal con el rótulo "Salida de emergencia" debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia". **No es necesaria una salida de emergencia en ningún punto del proyecto.**
 - c) "Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo". **Cumple.**
 - d) "En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma que quede claramente indicada la alternativa correcta. Tal es el caso de determinados cruces o bifurcaciones de pasillos, así como de aquellas escaleras que, en la planta de salida del edificio, continúen su trazado hacia plantas más bajas, etc". **Cumple.**
 - e) "En dichos recorridos, junto a las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación debe disponerse la señal con el rótulo "Sin salida" en lugar fácilmente visible, pero en ningún caso sobre las hojas de las puertas".
 - f) "Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida, conforme a lo establecido en el capítulo 4 de esta Sección".
 - g) "Los itinerarios accesibles (ver definición en el Anejo A del DB SUA) para personas con discapacidad que conduzcan a una zona de refugio, a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, o a una salida del edificio accesible se señalizarán mediante las señales establecidas en los párrafos anteriores a), b), c) y d) acompañadas del SIA (Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad). Cuando dichos itinerarios accesibles conduzcan a una zona de refugio o a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, irán además acompañadas del rótulo "ZONA DE REFUGIO". **No es necesaria ninguna Zona de Refugio en el proyecto.**
 - h) "La superficie de las zonas de refugio se señalizará mediante diferente color en el pavimento y el rótulo "ZONA DE REFUGIO" acompañado del SIA colocado en una pared adyacente a la zona". **No es necesaria ninguna Zona de Refugio en el proyecto.**
- 2 "Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003".

8 Control del humo de incendio

1 “En los casos que se indican a continuación se debe instalar un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que ésta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad:

- a) Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto”; **No ha sido proyectado.**
- b) “Establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1000 personas”; **Ningún espacio tiene una ocupación superior a 1000 personas.**
- c) “Atrios, cuando su ocupación en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien cuando esté previsto para ser utilizado para la evacuación de más de 500 personas”. **No han sido proyectados.**

2 “El diseño, cálculo, instalación y mantenimiento del sistema pueden realizarse de acuerdo con las normas UNE 23584:2008, UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado “0.3 Aplicaciones”) y UNE-EN 12101-6:2006. En zonas de uso Aparcamiento se consideran válidos los sistemas de ventilación conforme a lo establecido en el DB HS-3, los cuales, cuando sean mecánicos, cumplirán las siguientes condiciones adicionales a las allí establecidas:

- a) El sistema debe ser capaz de extraer un caudal de aire de 150 l/plaza·s con una aportación máxima de 120 l/plaza·s y debe activarse automáticamente en caso de incendio mediante una instalación de detección, En plantas cuya altura excede de 4 m deben cerrarse mediante compuertas automáticas E300 60 las aberturas de extracción de aire más cercanas al suelo, cuando el sistema disponga de ellas.
- b) Los ventiladores, incluidos los de impulsión para vencer pérdidas de carga y/o regular el flujo, deben tener una clasificación F300 60.
- c) Los conductos que transcurran por un único sector de incendio deben tener una clasificación E300 60. Los que atravesen elementos separadores de sectores de incendio deben tener una clasificación EI 60”. **No se ha proyectado zona interior de aparcamiento. La zona de aparcamiento prevista consta de un espacio exterior de cubierta ligera a la entrada del pueblo.**

9 Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

1 “En los edificios de uso Residencial Vivienda con altura de evacuación superior a 28 m, de uso Residencial Público, Administrativo o Docente con altura de evacuación superior a 14 m, de uso Comercial o Pública Concurrencia con altura de evacuación superior a 10 m o en plantas de uso Aparcamiento cuya superficie excede de 1.500 m², toda planta que no sea zona de ocupación nula y que no disponga de alguna salida del edificio accesible dispondrá de posibilidad de paso a un sector de incendio alternativo mediante una salida de planta accesible o bien de una zona de refugio apta para el número de plazas que se indica a continuación:

- una para usuario de silla de ruedas por cada 100 ocupantes o fracción, conforme a SI3-2;
- excepto en uso Residencial Vivienda, una para persona con otro tipo de movilidad reducida por cada 33 ocupantes o fracción, conforme a SI3-2.

En terminales de transporte podrán utilizarse bases estadísticas propias para estimar el número de plazas reservadas a personas con discapacidad". **La altura de evacuación del edificio no supera 28 m en ningún caso, siendo siempre inferior a 14 m.**

2 Toda planta que disponga de zonas de refugio o de una salida de planta accesible de paso a un sector alternativo contará con algún itinerario accesible entre todo origen de evacuación situado en una zona accesible y aquéllas. **No se contemplan en el proyecto.**

3 Toda planta de salida del edificio dispondrá de algún itinerario accesible desde todo origen de evacuación situado en una zona accesible hasta alguna salida del edificio accesible. **Cumple.**

4 En plantas de salida del edificio podrán habilitarse salidas de emergencia accesibles para personas con discapacidad diferentes de los accesos principales del edificio.

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

Sección SI 4 Instalaciones de protección contra incendios

1 Dotación de instalaciones de protección contra incendios

1 “Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”, en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que le sea de aplicación. La puesta en funcionamiento de las instalaciones requiere la presentación, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, del certificado de la empresa instaladora al que se refiere el artículo 18 del citado reglamento.

Los locales de riesgo especial, así como aquellas zonas cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que estén integradas y que, conforme a la tabla 1.1 del Capítulo 1 de la Sección 1 de este DB, deban constituir un sector de incendio diferente, deben disponer de la dotación de instalaciones que se indica para cada local de riesgo especial, así como para cada zona, en función de su uso previsto, pero en ningún caso será inferior a la exigida con carácter general para el uso principal del edificio o del establecimiento”.

Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios

<i>Uso previsto del edificio o establecimiento</i>	<i>Condiciones</i>
<i>Instalación</i>	
En general	
Extintores portátiles	Uno de eficacia 21A -113B: <ul style="list-style-type: none">- A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo <i>origen de evacuación</i>.- En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1⁽¹⁾ de este DB.
Bocas de incendio equipadas	En zonas de riesgo especial alto, conforme al capítulo 2 de la Sección SI1, en las que el riesgo se deba principalmente a materias combustibles sólidas ⁽²⁾
Ascensor de emergencia	En las plantas cuya <i>altura de evacuación</i> excede de 28 m
Hidrantes exteriores	Si la <i>altura de evacuación</i> descendente excede de 28 m o si la ascendente excede de 6 m, así como en establecimientos de densidad de ocupación mayor que 1 persona cada 5 m ² y cuya superficie construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m ² . Al menos un hidrante hasta 10.000 m ² de superficie construida y uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. ⁽³⁾
Instalación automática de extinción	Salvo otra indicación en relación con el uso, en todo edificio cuya <i>altura de evacuación</i> excede de 80 m. En cocinas en las que la potencia instalada excede de 20 kW en uso Hospitalario o Residencial Público o de 50 kW en cualquier otro uso ⁽⁴⁾ En centros de transformación cuyos aparatos tengan aislamiento dieléctrico con punto de inflamación menor que 300 °C y potencia instalada mayor que 1 000 kVA en cada aparato o mayor que 4 000 kVA en el conjunto de los aparatos. Si el centro está integrado en un edificio de uso Pública Concurrencia y tiene acceso desde el interior del edificio, dichas potencias son 630 kVA y 2 520 kVA respectivamente.
Residencial Vivienda	
Columna seca ⁽⁵⁾	Si la <i>altura de evacuación</i> excede de 24 m.
Sistema de detección y de alarma de incendio	Si la <i>altura de evacuación</i> excede de 50 m. ⁽⁶⁾
Hidrantes exteriores	Uno si la superficie total construida esté comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. ⁽³⁾

Se disponen extintores portátiles cumpliendo las exigencias de esta tabla. Además, se coloca una boca de incendio equipada en el almacén de pellets, proyectado en el espacio reservado para personal, considerada zona de riesgo por la presencia de combustibles sólidos. Se dispone un hidrante al exterior y una instalación automática de extinción en la cocina del restaurante. No es necesaria columna seca ni sistema de detección y alarma de incendio, puesto que la altura de evacuación es menor a la especificada en la tabla para uso Residencial Vivienda. No obstante, se colocarán por precaución detectores de incendio en salas de calderas, cuartos de contadores, salas para dispositivos de climatización y almacenes. En el resto de espacios de carácter público, no se alcanza ni la altura de evacuación ni las superficies para las que serían exigibles otras instalaciones de protección contra incendios. Todas estas instalaciones quedan representadas en los planos N01.1, N01.2 y N01.3.

2 Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios

1 Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalizar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea: a) 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m; b) 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m; c) 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m. **Se dispondrán en proyecto conforme a estos requisitos.**

2 Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003. **Se dispondrán en proyecto conforme a estos requisitos.**

Sección SI 5 Intervención de los bomberos

1 Condiciones de aproximación y entorno

1.1 Aproximación a los edificios

1 “Los viales de aproximación de los vehículos de los bomberos a los espacios de maniobra a los que se refiere el apartado 1.2, deben cumplir las condiciones siguientes:

- a) anchura mínima libre 3,5 m”; **Cumple. Véase plano U02.**
- b) “altura mínima libre o gálibo 4,5 m”; **Cumple (acceso por espacio exterior).**
- c) “capacidad portante del vial 20 kN/m². En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyos radios mínimos deben ser 5,30 m y 12,50 m, con una anchura libre para circulación de 7,20 m”. **Cumple. Véase plano U02.**

1.2 Entorno de los edificios

1 “Los edificios con una altura de evacuación descendente mayor que 9 m deben disponer de un espacio de maniobra para los bomberos que cumpla las siguientes condiciones a lo largo de las fachadas en las que estén situados los accesos, o bien al interior del edificio, o bien al espacio abierto interior en el que se encuentren aquellos:

- a) anchura mínima libre 5 m;
- b) altura libre la del edificio
- c) separación máxima del vehículo de bomberos a la fachada del edificio
 - edificios de hasta 15 m de altura de evacuación 23 m
 - edificios de más de 15 m y hasta 20 m de altura de evacuación 18 m
 - edificios de más de 20 m de altura de evacuación 10 m;
- d) distancia máxima hasta los accesos al edificio necesarios para poder llegar hasta todas sus zonas 30 m;
- e) pendiente máxima 10%;
- f) resistencia al punzonamiento del suelo 100 kN sobre 20 cm φ”.

La evacuación descendente del edificio es de 7 m en el punto más alto, siendo innecesarias las pautas mencionadas. En cualquier caso, se cumplen todas ellas gracias al recorrido de acceso de bomberos que se ha proyectado, y a la presencia de espacios exteriores amplios próximos al edificio.

2 “La condición referida al punzonamiento debe cumplirse en las tapas de registro de las canalizaciones de servicios públicos situadas en ese espacio, cuando sus dimensiones fueran mayores que 0,15m x 0,15m, debiendo ceñirse a las especificaciones de la norma UNE-EN 124:1995”. **Las tapas de registro se colocarán conforme a estos requisitos.**

3 “El espacio de maniobra debe mantenerse libre de mobiliario urbano, arbolado, jardines, mojones u otros obstáculos. De igual forma, donde se prevea el acceso a una fachada con escaleras o plataformas hidráulicas, se evitarán elementos tales como cables eléctricos aéreos o ramas de árboles que puedan interferir con las escaleras, etc”. **Cumple.**

4 “En el caso de que el edificio esté equipado con columna seca debe haber acceso para un equipo de bombeo a menos de 18 m de cada punto de conexión a ella. El punto de conexión será visible desde el camión de bombeo”. **No hay columna seca en el edificio.**

5 “En las vías de acceso sin salida de más de 20 m de largo se dispondrá de un espacio suficiente para la maniobra de los vehículos del servicio de extinción de incendios”. **No existen vías de este tipo.**

6 “En zonas edificadas limítrofes o interiores a áreas forestales, deben cumplirse las condiciones siguientes:

a) Debe haber una franja de 25 m de anchura separando la zona edificada de la forestal, libre de arbustos o vegetación que pueda propagar un incendio del área forestal, así como un camino perimetral de 5 m, que podrá estar incluido en la citada franja”; **Se proyectan únicamente arbustos y vegetación baja a modo de jardines, que no son considerados como áreas forestales. La vegetación presente en el entorno que pudiera propagar un incendio, se alterará conforme a esta norma.**

b)” La zona edificada o urbanizada debe disponer preferentemente de dos vías de acceso alternativas, cada una de las cuales debe cumplir las condiciones expuestas en el apartado 1.1”; **No es posible una segunda vía de acceso. En cualquier caso, la vegetación presente en el pueblo, que ha crecido debido a su desuso, no se considera área forestal. La ejecución del proyecto incluiría la rehabilitación de los pasos, eliminando así gran parte de la vegetación existente en ellos. No debe considerarse como área forestal con riesgo de propagar un incendio.**

c) “Cuando no se pueda disponer de las dos vías alternativas indicadas en el párrafo anterior, el acceso único debe finalizar en un fondo de saco de forma circular de 12,50 m de radio, en el que se cumplan las condiciones expresadas en el primer párrafo de este apartado”. **En caso de ser necesario, se reserva un espacio junto al edificio, y punto final del acceso de bomberos, que cumple con estas exigencias. Véase plano U02.**

2 Accesibilidad por fachada

1 “Las fachadas a las que se hace referencia en el apartado 1.2 deben disponer de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios. Dichos huecos deben cumplir las condiciones siguientes:

a) Facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio, de forma que la altura del alféizar respecto del nivel de la planta a la que accede no sea mayor que 1,20 m”; **El acceso de bomberos a la primera planta es posible a través del espacio abierto de la cubierta, entre las vigas separadas cada 5 m, o a través de los huecos que perforan el forjado de esta planta, accediendo desde la planta baja.**

b) “Sus dimensiones horizontal y vertical deben ser, al menos, 0,80 m y 1,20 m respectivamente. La distancia máxima entre los ejes verticales de dos huecos consecutivos no debe exceder de 25 m, medida sobre la fachada”; **Cumple.**

c) “No se deben instalar en fachada elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de dichos huecos, a excepción de los elementos de seguridad situados en los huecos de las plantas cuya altura de evacuación no exceda de 9 m”. **Cumple.**

2 Los aparcamientos robotizados dispondrán, en cada sector de incendios en que estén compartimentados, de una vía compartimentada con elementos EI 120 y puertas EI2 60-C5 que permita el acceso de los bomberos hasta cada nivel existente, así como de un sistema mecánico de extracción de humo capaz realizar 3 renovaciones/hora. **No se han considerado aparcamientos de este tipo en el proyecto.**

Sección SI 6 Resistencia al fuego de la estructura

1 Generalidades

1 “La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.

2 En este Documento Básico se indican únicamente métodos simplificados de cálculo suficientemente aproximados para la mayoría de las situaciones habituales (véase anejos B a F). Estos métodos sólo recogen el estudio de la resistencia al fuego de los elementos estructurales individuales ante la curva normalizada tiempo temperatura.

3 Pueden adoptarse otros modelos de incendio para representar la evolución de la temperatura durante el incendio, tales como las denominadas curvas paramétricas o, para efectos locales los modelos de incendio de una o dos zonas o de fuegos localizados o métodos basados en dinámica de fluidos (CFD, según siglas inglesas) tales como los que se contemplan en la norma UNE-EN 1991-1-2:2004. En dicha norma se recogen, asimismo, también otras curvas nominales para fuego exterior o para incendios producidos por combustibles de gran poder calorífico, como hidrocarburos, y métodos para el estudio de los elementos externos situados fuera de la envolvente del sector de incendio y a los que el fuego afecta a través de las aberturas en fachada.

4 En las normas UNE-EN 1992-1-2:1996, UNE-EN 1993-1-2:1996, UNE-EN 1994-1-2:1996, UNE-EN 1995-1-2:1996, se incluyen modelos de resistencia para los materiales. 5 Los modelos de incendio citados en el párrafo 3 son adecuados para el estudio de edificios singulares o para el tratamiento global de la estructura o parte de ella, así como cuando se requiera un estudio más ajustado a la situación de incendio real. 6 En cualquier caso, también es válido evaluar el comportamiento de una estructura, de parte de ella o de un elemento estructural mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo. 7 Si se utilizan los métodos simplificados indicados en este Documento Básico no es necesario tener en cuenta las acciones indirectas derivadas del incendio”.

2 Resistencia al fuego de la estructura

1 “Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento. En general, basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.

2 En el caso de sectores de riesgo mínimo y en aquellos sectores de incendio en los que, por su tamaño y por la distribución de la carga de fuego, no sea previsible la existencia de fuegos totalmente desarrollados, la comprobación de la resistencia al fuego puede hacerse elemento a elemento mediante el estudio por medio de fuegos localizados, según se indica en el Eurocódigo 1 (UNE-EN 1991-1-2:2004) situando sucesivamente la carga de fuego en la posición previsible más desfavorable”.

3 Elementos estructurales principales

1 “Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:

- alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o
- soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el anexo B”.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		altura de evacuación del edificio	≤15 m	≤28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)			R 90	
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)			R 120 ⁽⁴⁾	

Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios ⁽¹⁾

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

2 “La estructura principal de las cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no excede de 28 m, así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R 30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio. A tales efectos, puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m²”.

3 “Los elementos estructurales de una escalera protegida o de un pasillo protegido que estén contenidos en el recinto de éstos, serán como mínimo R-30. Cuando se trate de escaleras especialmente protegidas no se exige resistencia al fuego a los elementos estructurales”.

A continuación, se adjuntan los datos de resistencia al fuego de los distintos componentes de la estructura de hormigón:

C CERRAMIENTOS EXTERIORES

	C1 Cerramiento exterior de 70 cm H.A. sobre el que se coloca en uno de sus caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio entre ellos.
	C2 Cerramiento exterior de 70 cm H.A.
	C3 Cerramiento exterior de 30 cm H.A. sobre el que se coloca en uno de sus caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio entre ellos.
	C4 Cerramiento exterior de 30 cm H.A.
	C5 Cerramiento exterior de 20 cm H.A. sobre el que se coloca en uno de sus caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio entre ellos.
	C6 Cerramiento exterior de 20 cm H.A.
	C7 Cerramiento exterior de 10 cm H.A. sobre el que se coloca en uno de sus caras el revestimiento interior sobre doble rostrel, con aislamiento de lana de vidrio.
	C8 Cerramiento exterior de 10 cm H.A.

M Muros interiores

	M1 Muro Interior de 70 cm H.A. sobre el que se coloca en ambos caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio.
	M2 Muro Interior de 30 cm H.A. sobre el que se coloca en ambos caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio.
	M3 Muro Interior de 20 cm H.A. sobre el que se coloca en ambos caras el revestimiento interior, con aislamiento de lana de vidrio.
	M4 Muro Interior de 10 cm H.A.
	T1 Tabique con subestructura de pino aplicado en el interior de las viviendas. Pies derechos y transversales de sección 6x6 cm.
	T2 Tabique con subestructura de pino. Tabique técnico de pies derechos y transversales de sección 10x10 cm.
	T3 Tabique que se compone de dos subestructuras enfrentadas, entre las cuales se dispone el rabil y el tabique de yeso para corredera. Pies derechos y transversales de sección 4x4 cm.
	T4 Tabique con subestructura de yeso de 8 cm (ploca de yeso sobre perillera metálica). Aplicado en tabiquerío para baños, vestuarios y duchas.

Cerramientos, muros y tabiques

TIPO	CERRAMIENTOS						
ELEMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
RESISTENCIA	R240	R240	R240	R240	R180	R120	R60
TIPO	MUROS						
ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	M5		
RESISTENCIA	REI240	REI240	REI180	REI120	Elemento estructural secundario		
TIPO	FORJADOS						
ELEMENTO	Losa 70 cm HA	Losa 40 cm HA	Losa 30 cm HA				
RESISTENCIA	REI240	REI240	REI240				
TIPO	VIGA EXPUESTA						
ELEMENTO	10x100 HA						
RESISTENCIA	R120						

4 Elementos estructurales secundarios

1 “Los elementos estructurales cuyo colapso ante la acción directa del incendio no pueda ocasionar daños a los ocupantes, ni comprometer la estabilidad global de la estructura, la evacuación o la compartimentación en sectores de incendio del edificio, como puede ser el caso de pequeñas entreplantas o de suelos o escaleras de construcción ligera, etc., no precisan cumplir ninguna exigencia de resistencia al fuego.

No obstante, todo suelo que, teniendo en cuenta lo anterior, deba garantizar la resistencia al fuego R que se establece en la tabla 3.1 del apartado anterior, debe ser accesible al menos por una escalera que garantice esa misma resistencia o que sea protegida”. **Cumple.**

2 “Las estructuras sustentantes de cerramientos formados por elementos textiles, tales como carpas, serán R 30, excepto cuando, además de ser clase M2 conforme a UNE 23727:1990 según se establece en el Capítulo 4 de la Sección 1 de este DB, el certificado de ensayo acredite la perforación del elemento, en cuyo caso no precisan cumplir ninguna exigencia de resistencia al fuego”. **No existen cerramientos textiles en el proyecto.**

MEMORIA. Trabajo de Fin de Máster. Conjunto residencial para seniors en Tiermas.
Mario Vera Sáez. Tutor: José Antonio Alfaro. Cotutor: Javier Pérez.

DB-SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad

La memoria de este apartado se ha realizado en base al Documento Básico Seguridad de utilización y accesibilidad, perteneciente al Código Técnico de la Edificación. Se incluyen fragmentos entre comillas tomados de este documento. El conocimiento y la lectura paralela de dicho documento son necesarios para la comprensión de la memoria redactada a continuación.

Índice

Sección SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas

- 1 Resbaladicia de los suelos
- 2 Discontinuidades en el pavimento
- 3 Desniveles
 - 3.1 Protección de los desniveles
 - 3.2 Características de las barreras de protección
- 4 Escaleras y rampas
 - 4.1 Escaleras de uso restringido
 - 4.2 Escaleras de uso general
 - 4.3 Rampas
 - 4.4 Pasillos escalonados de acceso a localidades en graderíos y tribunas
- 5 Limpieza de los acristalamientos exteriores

Sección SUA 2 Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

- 1 Impacto
 - 1.1 Impacto con elementos fijos
 - 1.2 Impacto con elementos practicables
 - 1.3 Impacto con elementos frágiles
 - 1.4 Impacto con elementos insuficientemente perceptibles
- 2 Atrapamiento

Sección SUA 3 Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento en recintos

Sección SUA 4 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada

- 1 Alumbrado normal
- 2 Alumbrado de emergencia
 - 2.1 Dotación
 - 2.2 Posición y características de las luminarias
 - 2.3 Características de la instalación
 - 2.4 Iluminación de las señales de seguridad

Sección SUA 5 Seguridad frente al riesgo causado por situaciones de alta ocupación

- 1 Ámbito de aplicación

Sección SUA 6 Seguridad frente al riesgo de ahogamiento

- 1 Piscinas
 - 1.1 Barreras de protección
 - 1.2 Características del vaso de la piscina
 - 1.3 Andenes
 - 1.4 Escaleras
- 2 Pozos y depósitos

Sección SUA 7 Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento

- 1 Ámbito de aplicación

- 2 Características constructivas
- 3 Protección de recorridos peatonales
- 4 Señalización

Sección SUA 8 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

- 1 Procedimiento de verificación
- 2 Tipo de instalación exigido

Sección SUA 9 Accesibilidad

- 1 Condiciones de accesibilidad
 - 1.1 Condiciones funcionales
 - 1.2 Dotación de elementos accesibles
- 2 Condiciones y características de la información y señalización para la accesibilidad
 - 2.1 Dotación
 - 2.2 Características

Sección SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas

1 Resbaladicia de los suelos

1 “Con el fin de limitar el riesgo de resbalamiento, los suelos de los edificios o zonas de uso Residencial Público, Sanitario, Docente, Comercial, Administrativo y Pública Concurrencia, excluidas las zonas de ocupación nula definidas en el anexo SI A del DB SI, tendrán una clase adecuada conforme al punto 3 de este apartado.

2 Los suelos se clasifican, en función de su valor de resistencia al deslizamiento R_d , de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.1”:

Tabla 1.1 Clasificación de los suelos según su resbaladicia

Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

“El valor de resistencia al deslizamiento R_d se determina mediante el ensayo del péndulo descrito en el Anejo A de la norma UNE-ENV 12633:2003 empleando la escala C en probetas sin desgaste acelerado. La muestra seleccionada será representativa de las condiciones más desfavorables de resbaladicia”.

3 “La tabla 1.2 indica la clase que deben tener los suelos, como mínimo, en función de su localización. Dicha clase se mantendrá durante la vida útil del pavimento”.

Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior ⁽¹⁾ , terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas exteriores. Piscinas ⁽²⁾ . Duchas.	3

Los pavimentos dispuestos en proyecto cumplen estas exigencias. Los suelos colocados en zonas de vestuarios, duchas y piscinas tendrán una rugosidad tal que evite caídas y cumplan con los índices de resbaladicia exigidos.

2 Discontinuidades en el pavimento

1 “Excepto en zonas de uso restringido o exteriores y con el fin de limitar el riesgo de caídas como consecuencia de traspies o de tropiezos, el suelo debe cumplir las condiciones siguientes:

a) No tendrá juntas que presenten un resalte de más de 4 mm. Los elementos salientes del nivel del pavimento, puntuales y de pequeña dimensión (por ejemplo, los cerraderos de puertas) no deben sobresalir del pavimento más de 12 mm y el saliente que excede de 6 mm en sus caras enfrentadas al sentido de circulación de las personas no debe formar un ángulo con el pavimento que exceda de 45°.

Cumple.

- b) “Los desniveles que no excedan de 5 cm se resolverán con una pendiente que no exceda el 25%”; **Cumple.**
- c) “En zonas para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 1,5 cm de diámetro”. **Cumple.**
- 2 “Cuando se dispongan barreras para delimitar zonas de circulación, tendrán una altura de 80 cm como mínimo”. **Cumple.**
- 3 “En zonas de circulación no se podrá disponer un escalón aislado, ni dos consecutivos, excepto en los casos siguientes.
- a) en zonas de uso restringido;
 - b) en las zonas comunes de los edificios de uso Residencial Vivienda;
 - c) en los accesos y en las salidas de los edificios;
 - d) en el acceso a un estrado o escenario.

En estos casos, si la zona de circulación incluye un itinerario accesible, el o los escalones no podrán disponerse en el mismo”. **Cumple.**

3 Desniveles

3.1 Protección de los desniveles

1 “Con el fin de limitar el riesgo de caída, existirán barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. con una diferencia de cota mayor que 55 cm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto”. **Cumple.**

2 “En las zonas de uso público se facilitará la percepción de las diferencias de nivel que no excedan de 55 cm y que sean susceptibles de causar caídas, mediante diferenciación visual y táctil. La diferenciación comenzará a 25 cm del borde, como mínimo”. **No existen diferencias de nivel de este tipo.**

3.2 Características de las barreras de protección

3.2.1 Altura

1 “Las barreras de protección tendrán, como mínimo, una altura de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no excede de 6 m y de 1,10 m en el resto de los casos, excepto en el caso de huecos de escaleras de anchura menor que 40 cm, en los que la barrera tendrá una altura de 0,90 m, como mínimo. La altura se medirá verticalmente desde el nivel de suelo 0, en el caso de escaleras, desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños, hasta el límite superior de la barrera”. **Cumple. Se disponen barreras de altura 1,10 m.**

3.2.2 Resistencia

1 “Las barreras de protección tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado”.

3.2.3 Características constructivas

1 “En cualquier zona de los edificios de uso Residencial Vivienda o de escuelas infantiles, así como en las zonas de uso público de los establecimientos de uso Comercial o de uso Pública Concurrencia, las barreras de protección, incluidas las de las escaleras y rampas, estarán diseñadas de forma que:

a) No puedan ser fácilmente escaladas por los niños, para lo cual:

- En la altura comprendida entre 30 cm y 50 cm sobre el nivel del suelo o sobre la línea de inclinación de una escalera no existirán puntos de apoyo, incluidos salientes sensiblemente horizontales con más de 5 cm de saliente.

- En la altura comprendida entre 50 cm y 80 cm sobre el nivel del suelo no existirán salientes que tengan una superficie sensiblemente horizontal con más de 15 cm de fondo.

b) No tengan aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 10 cm de diámetro, exceptuándose las aberturas triangulares que forman la huella y la contrahuella de los peldaños con el límite inferior de la barandilla, siempre que la distancia entre este límite y la línea de inclinación de la escalera no exceda de 5 cm.

Las barreras de protección situadas en zonas de uso público en edificios o establecimientos de usos distintos a los citados anteriormente únicamente precisarán cumplir la condición b) anterior, considerando para ella una esfera de 15 cm de diámetro”. **Se cumplen todos los requisitos citados en el apartado, tanto en las barandillas de escaleras, como en las que evitan caídas por los huecos de la primera planta. La anchura máxima de las aberturas es de 9 cm, y las superficies inferiores de apoyo se ubican a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.**

3.2.4 Barreras situadas delante de una fila de asientos fijos

1 “La altura de las barreras de protección situadas delante de una fila de asientos fijos podrá reducirse hasta 70 cm si la barrera de protección incorpora un elemento horizontal de 50 cm de anchura, como mínimo, situado a una altura de 50 cm, como mínimo. En ese caso, la barrera de protección será capaz de resistir una fuerza horizontal en el borde superior de 3 kN/m y simultáneamente con ella, una fuerza vertical uniforme de 1,0 kN/m, como mínimo, aplicada en el borde exterior”. **No se han proyectado asientos fijos.**

4 Escaleras y rampas

4.1 Escaleras de uso restringido

1 “La anchura de cada tramo será de 0,80 m, como mínimo.

2 La contrahuella será de 20 cm, como máximo, y la huella de 22 cm, como mínimo. La dimensión de toda huella se medirá, en cada peldaño, según la dirección de la marcha. En escaleras de trazado curvo, la huella se medirá en el eje de la escalera, cuando la anchura de esta sea menor que 1 m y a 50 cm del lado más estrecho cuando sea mayor. Además la huella medirá 5 cm, como mínimo, en el lado más estrecho y 44 cm, como máximo, en el lado más ancho.

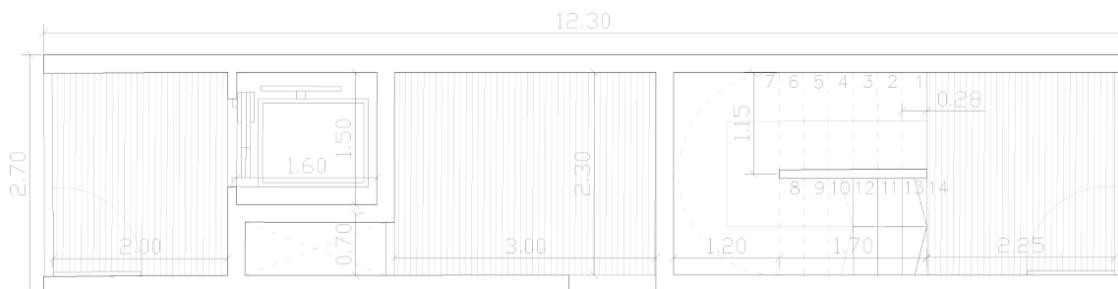
3 Podrán disponerse mesetas partidas con peldaños a 45º y escalones sin tabica. En este último caso la proyección de las huellas se superpondrá al menos 2,5 cm. La medida de la huella no incluirá la proyección vertical de la huella del peldaño superior.

4 Dispondrán de barandilla en sus lados abiertos”. **No se han proyectado escaleras de uso restringido.**

4.2 Escaleras de uso general

4.2.1 Peldaños

1 “En tramos rectos, la huella medirá 28 cm como mínimo. En tramos rectos o curvos la contrahuella medirá 13 cm como mínimo y 18,5 cm como máximo, excepto en zonas de uso público, así como siempre que no se disponga ascensor como alternativa a la escalera, en cuyo caso la contrahuella medirá 17,5 cm, como máximo. La huella H y la contrahuella C cumplirán a lo largo de una misma escalera la relación siguiente: $54 \text{ cm} \leq 2C + H \leq 70 \text{ cm}$ ”. **Cumple. La huella proyectada en todas las escaleras es de 28 cm y la contrahuella de 17 cm.**



Dimensiones de núcleo de comunicación.

2 “No se admite bocel. En las escaleras previstas para evacuación ascendente, así como cuando no exista un itinerario accesible alternativo, deben disponerse tabicas y éstas serán verticales o inclinadas formando un ángulo que no exceda de 15º con la vertical”. **No se ha proyectado bocel.**

3 “En tramos curvos, la huella medirá 28 cm, como mínimo, a una distancia de 50 cm del borde interior y 44 cm, como máximo, en el borde exterior. Además, se cumplirá la relación indicada en el punto 1 anterior a 50 cm de ambos extremos. La dimensión de toda huella se medirá, en cada peldaño, según la dirección de la marcha”. **No existen tramos curvos.**

4 “La medida de la huella no incluirá la proyección vertical de la huella del peldaño superior”. **Cumple.**

4.2.2 Tramos

1 “Excepto en los casos admitidos en el punto 3 del apartado 2 de esta Sección, cada tramo tendrá 3 peldaños como mínimo. La máxima altura que puede salvar un tramo es 2,25 m, en zonas de uso público, así como siempre que no se disponga ascensor como alternativa a la escalera, y 3,20 m en los demás casos.

2 Los tramos podrán ser rectos, curvos o mixtos, excepto en zonas de hospitalización y tratamientos intensivos, en escuelas infantiles y en centros de enseñanza primaria o secundaria, donde los tramos únicamente pueden ser rectos.

3 Entre dos plantas consecutivas de una misma escalera, todos los peldaños tendrán la misma contrahuella y todos los peldaños de los tramos rectos tendrán la misma huella. Entre dos tramos consecutivos de plantas diferentes, la contrahuella no variará más de 1 cm. En tramos mixtos, la huella medida en el eje del tramo en las partes curvas no será menor que la huella en las partes rectas.

4 La anchura útil del tramo se determinará de acuerdo con las exigencias de evacuación establecidas en el apartado 4 de la Sección SI 3 del DB-SI y será, como mínimo, la indicada en la tabla 4.1.

5 La anchura de la escalera estará libre de obstáculos. La anchura mínima útil se medirá entre paredes o barreras de protección, sin descontar el espacio ocupado por los pasamanos siempre que estos no sobresalgan más de 12 cm de la pared o barrera de protección. En tramos curvos, la anchura útil debe excluir las zonas en las que la dimensión de la huella sea menor que 17 cm”.

Tabla 4.1 Escaleras de uso general. Anchura útil mínima de tramo en función del uso

Uso del edificio o zona	Anchura útil mínima (m) en escaleras previstas para un número de personas:			
	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100
Residencial Vivienda, incluso escalera de comunicación con aparcamiento	1,00 ⁽¹⁾			
Docente con escolarización infantil o de enseñanza primaria Pública concurrencia y Comercial	0,80 ⁽²⁾	0,90 ⁽²⁾	1,00	1,10
Sanitario Zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros de 90º o mayores Otras zonas	1,40 1,20			
Casos restantes	0,80 ⁽²⁾	0,90 ⁽²⁾	1,00	

La anchura libre, incluyendo el espacio ocupado por pasamanos, es siempre igual o superior a 1 m, cumpliendo con las exigencias para uso Residencial Vivienda.

4.2.3 Mesetas

1 “Las mesetas dispuestas entre tramos de una escalera con la misma dirección tendrán al menos la anchura de la escalera y una longitud medida en su eje de 1 m, como mínimo”. **Cumple.**

2 “Cuando exista un cambio de dirección entre dos tramos, la anchura de la escalera no se reducirá a lo largo de la meseta. La zona delimitada por dicha anchura estará libre de obstáculos y sobre ella no barrerá el giro de apertura de ninguna puerta, excepto las de zonas de ocupación nula definidas en el anexo SI A del DB SI”. **Cumple.**

3 “En zonas de hospitalización o de tratamientos intensivos, la profundidad de las mesetas en las que el recorrido obligue a giros de 180º será de 1,60 m, como mínimo”. **No es el caso de este proyecto.**

4 “En las mesetas de planta de las escaleras de zonas de uso público se dispondrá una franja de pavimento visual y táctil en el arranque de los tramos, según las características especificadas en el apartado 2.2 de la Sección SUA 9. En dichas mesetas no habrá pasillos de anchura inferior a 1,20 m ni puertas situados a menos de 40 cm de distancia del primer peldaño de un tramo”. **Se dispondrá conforme a este punto.**

4.2.4 Pasamanos

1 “Las escaleras que salven una altura mayor que 55 cm dispondrán de pasamanos al menos en un lado. Cuando su anchura libre exceda de 1,20 m, así como cuando no se disponga ascensor como alternativa a la escalera, dispondrán de pasamanos en ambos lados”. **Cumple, disponiendo pasamanos a un único lado debido a que la anchura libre de las escaleras nunca excede 1,20 m.**

2 “Se dispondrán pasamanos intermedios cuando la anchura del tramo sea mayor que 4 m. La separación entre pasamanos intermedios será de 4 m como máximo, excepto en escalinatas de

carácter monumental en las que al menos se dispondrá uno". **No existen tramos de estas dimensiones.**

3 "En escaleras de zonas de uso público o que no dispongan de ascensor como alternativa, el pasamanos se prolongará 30 cm en los extremos, al menos en un lado. En uso Sanitario, el pasamanos será continuo en todo su recorrido, incluidas mesetas, y se prolongarán 30 cm en los extremos, en ambos lados". **Cumple.**

4 "El pasamanos estará a una altura comprendida entre 90 y 110 cm. En escuelas infantiles y centros de enseñanza primaria se dispondrá otro pasamanos a una altura comprendida entre 65 y 75 cm". **Cumple, estando a una altura de 110 cm.**

5 "El pasamanos será firme y fácil de asir, estará separado del paramento al menos 4 cm y su sistema de sujeción no interferirá el paso continuo de la mano". **Cumple.**

4.3 Rampas

1 "Los itinerarios cuya pendiente exceda del 4% se consideran rampa a efectos de este DB-SUA, y cumplirán lo que se establece en los apartados que figuran a continuación, excepto los de uso restringido y los de circulación de vehículos en aparcamientos que también estén previstas para la circulación de personas. Estás últimas deben satisfacer la pendiente máxima que se establece para ellas en el apartado 4.3.1 siguiente, así como las condiciones de la Sección SUA 7". **No existen itinerarios con esta pendiente, por tanto, no hay rampas o tramos que deban atenerse a las exigencias de este punto.**

4.4 "Pasillos escalonados de acceso a localidades en graderíos y tribunas". **No existen pasillos escalonados en el proyecto.**

5 Limpieza de los acristalamientos exteriores

1 "En edificios de uso Residencial Vivienda, los acristalamientos que se encuentren a una altura de más de 6 m sobre la rasante exterior con vidrio transparente cumplirán las condiciones que se indican a continuación, salvo cuando sean practicables o fácilmente desmontables, permitiendo su limpieza desde el interior". **No existen acristalamientos de estas dimensiones en las zonas de uso Residencial Vivienda.**

Sección SUA 2 Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

1 Impacto

1.1 Impacto con elementos fijos

1 “La altura libre de paso en zonas de circulación será, como mínimo, 2,10 m en zonas de uso restringido y 2,20 m en el resto de las zonas. En los umbrales de las puertas la altura libre será 2 m, como mínimo”. **Cumple.**

2 “Los elementos fijos que sobresalgan de las fachadas y que estén situados sobre zonas de circulación estarán a una altura de 2,20 m, como mínimo”. **Cumple.**

3 “En zonas de circulación, las paredes carecerán de elementos salientes que no arranquen del suelo, que vuelen más de 15 cm en la zona de altura comprendida entre 15 cm y 2,20 m medida a partir del suelo y que presenten riesgo de impacto”. **Cumple.**

4 “Se limitará el riesgo de impacto con elementos volados cuya altura sea menor que 2 m, tales como mesetas o tramos de escalera, de rampas, etc., disponiendo elementos fijos que restrinjan el acceso hasta ellos y permitirán su detección por los bastones de personas con discapacidad visual”. **Las mesetas y tramos de escaleras se disponen a una altura mínima de 2 m sobre el suelo.**

1.2 Impacto con elementos practicables

1 “Excepto en zonas de uso restringido, las puertas de recintos que no sean de ocupación nula (definida en el Anejo SI A del DB SI) situadas en el lateral de los pasillos cuya anchura sea menor que 2,50 m se dispondrán de forma que el barido de la hoja no invada el pasillo. En pasillos cuya anchura excede de 2,50 m, el barido de las hojas de las puertas no debe invadir la anchura determinada, en función de las condiciones de evacuación, conforme al apartado 4 de la Sección SI 3 del DB SI”. **Cumple.**

2 “Las puertas de vaivén situadas entre zonas de circulación tendrán partes transparentes o translúcidas que permitan percibir la aproximación de las personas y que cubran la altura comprendida entre 0,7 m y 1,5 m, como mínimo”. **No existen puertas de vaivén.**

3 “Las puertas, portones y barreras situados en zonas accesibles a las personas y utilizadas para el paso de mercancías y vehículos tendrán marcado CE de conformidad con la norma UNE-EN 132411:2004 y su instalación, uso y mantenimiento se realizarán conforme a la norma UNE-EN 12635:2002+A1:2009. Se excluyen de lo anterior las puertas peatonales de maniobra horizontal cuya superficie de hoja no exceda de 6,25 m² cuando sean de uso manual, así como las motorizadas que además tengan una anchura que no exceda de 2,50 m”. **Las puertas de este tipo serán señalizadas “CE “conforme a este punto.**

4 “Las puertas peatonales automáticas tendrán marcado CE de conformidad con la Directiva 98/37/CE sobre máquinas”. **No existen puertas de este tipo.**

1.3 Impacto con elementos frágiles

1 “Los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto que se indican en el punto 2 siguiente de las superficies acristaladas que no dispongan de una barrera de protección conforme al apartado 3.2 de SUA 1, tendrán una clasificación de prestaciones X(Y)Z determinada según la norma UNE-EN 12600:2003 cuyos parámetros cumplan lo que se establece en la tabla 1.1. Se excluyen de dicha condición los vidrios cuya mayor dimensión no exceda de 30 cm”. **Los vidrios fijos colocados en el espacio público deberán cumplir estas exigencias.**

2 “Se identifican las siguientes áreas con riesgo de impacto:

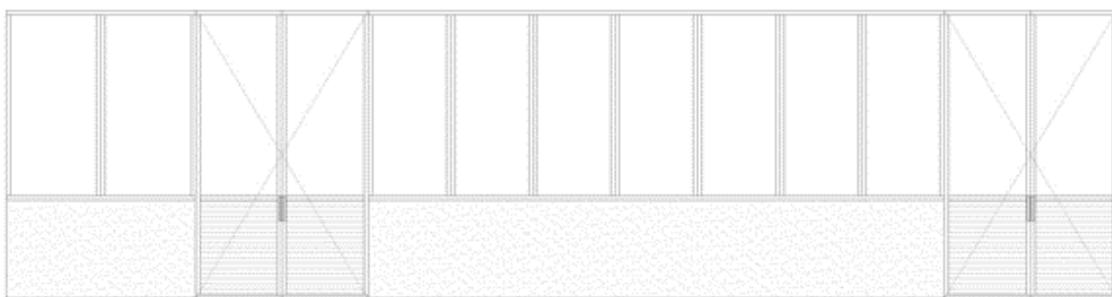
a) en puertas, el área comprendida entre el nivel del suelo, una altura de 1,50 m y una anchura igual a la de la puerta más 0,30 m a cada lado de esta;

b) en paños fijos, el área comprendida entre el nivel del suelo y una altura de 0,90 m”.

3 “Las partes vidriadas de puertas y de cerramientos de duchas y bañeras estarán constituidas por elementos laminados o templados que resistan sin rotura un impacto de nivel 3, conforme al procedimiento descrito en la norma UNE EN 12600:2003”. **Los vidrios colocados en zonas del tipo especificado, deberán cumplir estas exigencias.**

1.4 Impacto con elementos insuficientemente perceptibles

1 “Las grandes superficies acristaladas que se puedan confundir con puertas o aberturas (lo que excluye el interior de viviendas) estarán provistas, en toda su longitud, de señalización visualmente contrastada situada a una altura inferior comprendida entre 0,85 y 1,10 m y a una altura superior comprendida entre 1,50 y 1,70 m. Dicha señalización no es necesaria cuando existan montantes separados una distancia de 0,60 m, como máximo, o si la superficie acristalada cuenta al menos con un travesaño situado a la altura inferior antes mencionada”. **Las dimensiones y disposición de las carpinterías de puertas son distintas a las de las carpinterías fijas, contando además con una zona opaca inferior negra (las puertas). Las carpinterías fijas se colocan sobre muretes de hormigón. Por estos motivos, se considera que las superficies acristaladas destinadas a carpinterías fijas y puertas no se confunden entre sí.**



Alzado de carpinterías fijas y de puertas en espacio público.

2 “Las puertas de vidrio que no dispongan de elementos que permitan identificarlas, tales como cercos o tiradores, dispondrán de señalización conforme al apartado 1 anterior”.

2 Atrapamiento

1 “Con el fin de limitar el riesgo de atrapamiento producido por una puerta corredera de accionamiento manual, incluidos sus mecanismos de apertura y cierre, la distancia a hasta el objeto fijo más próximo será 20 cm, como mínimo”. **No se han proyectado puertas correderas de accionamiento manual.**

2 “Los elementos de apertura y cierre automáticos dispondrán de dispositivos de protección adecuados al tipo de accionamiento y cumplirán con las especificaciones técnicas propias”. **No existen elementos de apertura y cierre automáticos.**

Sección SUA 3 Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento en recintos

1 Aprisionamiento

1 “Cuando las puertas de un recinto tengan dispositivo para su bloqueo desde el interior y las personas puedan quedar accidentalmente atrapadas dentro del mismo, existirá algún sistema de desbloqueo de las puertas desde el exterior del recinto. Excepto en el caso de los baños o los aseos de viviendas, dichos recintos tendrán iluminación controlada desde su interior”. **No se han proyectado puertas de este tipo.**

2 “En zonas de uso público, los aseos accesibles y cabinas de vestuarios accesibles dispondrán de un dispositivo en el interior fácilmente accesible, mediante el cual se transmita una llamada de asistencia perceptible desde un punto de control y que permita al usuario verificar que su llamada ha sido recibida, o perceptible desde un paso frecuente de personas”. **Se dispondrán dispositivos en zonas de este tipo conforme a este tipo.**

3 “La fuerza de apertura de las puertas de salida será de 140 N, como máximo, excepto en las situadas en itinerarios accesibles, en las que se aplicará lo establecido en la definición de los mismos en el anexo A Terminología (como máximo 25 N, en general, 65 N cuando sean resistentes al fuego)”. **Las puertas deberán cumplir estas exigencias.**

4 “Para determinar la fuerza de maniobra de apertura y cierre de las puertas de maniobra manual batientes/pivotantes y deslizantes equipadas con pestillos de media vuelta y destinadas a ser utilizadas por peatones (excluidas puertas con sistema de cierre automático y puertas equipadas con herrajes especiales, como por ejemplo los dispositivos de salida de emergencia) se empleará el método de ensayo especificado en la norma UNE-EN 12046-2:2000”.

Sección SUA 4 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada

1 Alumbrado normal en zonas de circulación

1 “En cada zona se dispondrá una instalación de alumbrado capaz de proporcionar, una iluminancia mínima de 20 lux en zonas exteriores y de 100 lux en zonas interiores, excepto aparcamientos interiores en donde será de 50 lux, medida a nivel del suelo. El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo”.

2 “En las zonas de los establecimientos de uso Pública Concurrencia en las que la actividad se desarrolle con un nivel bajo de iluminación, como es el caso de los cines, teatros, auditorios, discotecas, etc., se dispondrá una iluminación de balizamiento en las rampas y en cada uno de los peldaños de las escaleras”.

2 Alumbrado de emergencia

2.1 Dotación

1 “Los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes. Contarán con alumbrado de emergencia las zonas y los elementos siguientes:

- a) Todo recinto cuya ocupación sea mayor que 100 personas;
- b) Los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio, según definiciones en el Anejo A de DB SI;
- c) Los aparcamientos cerrados o cubiertos cuya superficie construida exceda de 100 m², incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio;
- d) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial, indicados en DB-SI 1;
- e) Los aseos generales de planta en edificios de uso público;
- f) Los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas;
- g) Las señales de seguridad;
- h) Los itinerarios accesibles”.

Se cumplen en proyecto todos los requisitos anteriores. Véase planos N01.1, N01.2 y N01.3.

2.2 Posición y características de las luminarias

1 “Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada las luminarias cumplirán las siguientes condiciones:

- a) Se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo;
- b) Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad. Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:
 - en las puertas existentes en los recorridos de evacuación;
 - en las escaleras, de modo que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa;
 - en cualquier otro cambio de nivel;
 - en los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos”.

Deben cumplirse en proyecto todos los requisitos anteriores. Véase planos N01.1, N01.2 y N01.3.

2.3 Características de la instalación

1 “La instalación será fija, estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal”. **Cumple.**

2 “El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s”. **Cumple.**

3 “La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante una hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo:

- a) En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
- b) En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.
- c) A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.
- d) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.
- e) Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40”.

Deben cumplirse en proyecto todos los requisitos anteriores, relativos a alumbrados de emergencia.

2.4 Iluminación de las señales de seguridad

1 “La iluminación de las señales de evacuación indicativas de las salidas y de las señales indicativas de los medios manuales de protección contra incendios y de los de primeros auxilios, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) La luminancia de cualquier área de color de seguridad de la señal debe ser al menos de 2 cd/m² en todas las direcciones de visión importantes;
- b) La relación de la luminancia máxima a la mínima dentro del color blanco o de seguridad no debe ser mayor de 10:1, debiéndose evitar variaciones importantes entre puntos adyacentes;
- c) La relación entre la luminancia L_{blanca}, y la luminancia L_{color} > 10, no será menor que 5:1 ni mayor que 15:1.
- d) Las señales de seguridad deben estar iluminadas al menos al 50% de la iluminancia requerida, al cabo de 5 s, y al 100% al cabo de 60 s”.

Deben cumplirse en proyecto todos los requisitos anteriores, relativos a alumbrados de emergencia.

Sección SUA 5 Seguridad frente al riesgo causado por situaciones de alta ocupación

1 Ámbito de aplicación

1 “Las condiciones establecidas en esta Sección son de aplicación a los graderíos de estadios, pabellones polideportivos, centros de reunión, otros edificios de uso cultural, etc. previstos para más de 3000 espectadores de pie². En todo lo relativo a las condiciones de evacuación les es también de aplicación la Sección SI 3 del Documento Básico DB-SI”.

No se han proyectado graderíos en el edificio.

Sección SUA 6 Seguridad frente al riesgo de ahogamiento

1 Piscinas

1 “Esta Sección es aplicable a las piscinas de uso colectivo, salvo a las destinadas exclusivamente a competición o a enseñanza, las cuales tendrán las características propias de la actividad que se desarrolle.

Quedan excluidas las piscinas de viviendas unifamiliares, así como los baños termales, los centros de tratamiento de hidroterapia y otros dedicados a usos exclusivamente médicos, los cuales cumplirán lo dispuesto en su reglamentación específica”.

Las piscinas dispuestas en el proyecto son consideradas como propias de viviendas unifamiliares, accesible para sus residentes e invitados. Se entiende que en el documento al que se está haciendo referencia, la normativa descrita concierne a piscinas públicas de dimensiones muy superiores a las proyectadas. Por tanto, esta sección se considera no aplicable a las piscinas del conjunto.

En cualquier caso, la profundidad del vaso de la piscina infantil no excede 50 cm, y el vaso de la piscina adulta es inferior a 3 m. El material del vaso de la piscina cumplirá el grado de resbaladicia descrito en este documento, tomado como referencia. De la misma manera, las escaleras dispuestas en las piscinas tomarán como modelo las dimensiones especificadas en el documento.

Sección SUA 7 Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento

1 Ámbito de aplicación

1 “Esta Sección es aplicable a las zonas de uso Aparcamiento, (lo que excluye a los garajes de una vivienda unifamiliar) así como a las vías de circulación de vehículos existentes en los edificios”.

No existen zonas de este tipo incluidas en el proyecto. El único aparcamiento contemplado consta de un espacio exterior de cubierta ligera a la entrada del pueblo. Se aplicará en esta zona una solera de hormigón visto como pavimento, con una resistencia suficiente para soportar la rodadura de vehículos. El terreno compactado dispuesto en el acceso rodado previsto para camiones de bomberos, se considera de resistencia suficiente para su uso eventual.

Sección SUA 8 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

1 Procedimiento de verificación

1 “Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo, en los términos que se establecen en el apartado 2, cuando la frecuencia esperada de impactos N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a ”.

2 “Los edificios en los que se manipulen sustancias tóxicas, radioactivas, altamente inflamables o explosivas y los edificios cuya altura sea superior a 43 m dispondrán siempre de sistemas de protección contra el rayo de eficiencia E superior o igual a 0,98, según lo indicado en el apartado 2”.

3 “La frecuencia esperada de impactos, N_e ”.



Tabla 1.1 Coeficiente C₁

Situación del edificio	C ₁
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Tabla 1.2 Coeficiente C₂

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

Tabla 1.3 Coeficiente C₃

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Tabla 1.4 Coeficiente C₄

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Tabla 1.5 Coeficiente C₅

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

2 Tipo de instalación exigido

1 “La eficacia E requerida para una instalación de protección contra el rayo se determina mediante la siguiente fórmula: $E=1-(Na/Ne)$ ”

2 “La tabla 2.1 indica el nivel de protección correspondiente a la eficiencia requerida. Las características del sistema para cada nivel de protección se describen en el Anexo SUA B”:

Tabla 2.1 Componentes de la instalación

Eficiencia requerida	Nivel de protección
$E > 0,98$	1
$0,95 \leq E < 0,98$	2
$0,80 \leq E < 0,95$	3
$0 \leq E < 0,80$ ⁽¹⁾	4

A continuación, se presenta el cálculo de la instalación de protección frente al rayo necesaria en el edificio:

Ng	Ae(m ²)	C1	Ne (nº impactos/año)	C2	C3	C4	C5
3	6000	2	0,036	1	1	3	1

Na (riesgo adm)	E	Nivel Protección	Ángulo Pararrayos	R esfera (m)	Distancia D (m)
0,002	0,95	2	35º	30	30

Sección SUA 9 Accesibilidad

1 Condiciones de accesibilidad

1 “Con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles que se establecen a continuación”.

2 “Dentro de los límites de las viviendas, incluidas las unifamiliares y sus zonas exteriores privativas, las condiciones de accesibilidad únicamente son exigibles en aquellas que deban ser accesibles”.

1.1 Condiciones funcionales

1.1.1 Accesibilidad en el exterior del edificio

1 “La parcela dispondrá al menos de un itinerario accesible que comunique una entrada principal al edificio, y en conjuntos de viviendas unifamiliares una entrada a la zona privativa de cada vivienda, con la vía pública y con las zonas comunes exteriores, tales como aparcamientos exteriores propios del edificio, jardines, piscinas, zonas deportivas, etc”. **Cumple.**

1.1.2 Accesibilidad entre plantas del edificio

1 “Los edificios de uso Residencial Vivienda en los que haya que salvar más de dos plantas desde alguna entrada principal accesible al edificio hasta alguna vivienda o zona comunitaria, o con más de 12 viviendas en plantas sin entrada principal accesible al edificio, dispondrán de ascensor accesible o rampa accesible (conforme al apartado 4 del SUA 1) que comunique las plantas que no sean de ocupación nula (ver definición en el anexo SI A del DB SI) con las de entrada accesible al edificio. En el resto de los casos, el proyecto debe prever, al menos dimensional y estructuralmente, la instalación de un ascensor accesible que comunique dichas plantas. Las plantas con viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas dispondrán de ascensor accesible o de rampa accesible que las comunique con las plantas con entrada accesible al edificio y con las que tengan elementos asociados a dichas viviendas o zonas comunitarias, tales como trastero o plaza de aparcamiento de la vivienda accesible, sala de comunidad, tendedero, etc”. **Cumple.**

2 “Los edificios de otros usos en los que haya que salvar más de dos plantas desde alguna entrada principal accesible al edificio hasta alguna planta que no sea de ocupación nula, o cuando en total existan más de 200 m² de superficie útil (ver definición en el anexo SI A del DB SI) excluida la superficie de zonas de ocupación nula en plantas sin entrada accesible al edificio, dispondrán de ascensor accesible o rampa accesible que comunique las plantas que no sean de ocupación nula con las de entrada accesible al edificio. Las plantas que tengan zonas de uso público con más de 100 m² de superficie útil o elementos accesibles, tales como plazas de aparcamiento accesibles, alojamientos accesibles, plazas reservadas, etc., dispondrán de ascensor accesible o rampa accesible que las comunique con las de entrada accesible al edificio”.

1.1.3 Accesibilidad en las plantas del edificio

1 “Los edificios de uso Residencial Vivienda dispondrán de un itinerario accesible que comunique el acceso accesible a toda planta (entrada principal accesible al edificio, ascensor accesible o previsión del mismo, rampa accesible) con las viviendas, con las zonas de uso comunitario y con los elementos asociados a viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas, tales como trasteros, plazas de aparcamiento accesibles, etc., situados en la misma planta”. **Cumple.**

2 “Los edificios de otros usos dispondrán de un itinerario accesible que comunique, en cada planta, el acceso accesible a ella (entrada principal accesible al edificio, ascensor accesible, rampa accesible) con las zonas de uso público, con todo origen de evacuación (ver definición en el anexo SI A del DB SI) de las zonas de uso privado exceptuando las zonas de ocupación nula, y con los elementos accesibles, tales como plazas de aparcamiento accesibles, servicios higiénicos accesibles, plazas reservadas en salones de actos y en zonas de espera con asientos fijos, alojamientos accesibles, puntos de atención accesibles, etc”.

1.2 Dotación de elementos accesibles

1.2.1 Viviendas accesibles

1 “Los edificios de uso Residencial Vivienda dispondrán del número de viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas y para personas con discapacidad auditiva según la reglamentación aplicable”. **Todas las viviendas son accesibles para este tipo de usuarios.**

1.2.2 Alojamientos accesibles

1 “Los establecimientos de uso Residencial Público deberán disponer del número de alojamientos accesibles que se indica en la tabla 1.1”. **El edificio se considera de uso Residencial Vivienda Privado.**

1.2.3 Plazas de aparcamiento accesibles

1 “Todo edificio de uso Residencial Vivienda con aparcamiento propio contará con una plaza de aparcamiento accesible por cada vivienda accesible para usuarios de silla de ruedas”. **No se ha proyectado un garaje interior, el único aparcamiento exterior ubicado a la entrada del pueblo está al mismo nivel que la planta baja del edificio, desde la cual existen itinerarios accesibles hasta todas las viviendas.**

1.2.4 Plazas reservadas

1 “Los espacios con asientos fijos para el público, tales como auditorios, cines, salones de actos, espectáculos, etc., dispondrán de la siguiente reserva de plazas:

- a) Una plaza reservada para usuarios de silla de ruedas por cada 100 plazas o fracción.
- b) En espacios con más de 50 asientos fijos y en los que la actividad tenga una componente auditiva, una plaza reservada para personas con discapacidad auditiva por cada 50 plazas o fracción.

2 Las zonas de espera con asientos fijos dispondrán de una plaza reservada para usuarios de silla de ruedas por cada 100 asientos o fracción”.

Se reservará una plaza para usuarios de silla de ruedas en el espacio del auditorio.

1.2.5 Piscinas

1 “Las piscinas abiertas al público, las de establecimientos de uso Residencial Público con alojamientos accesibles y las de edificios con viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas, dispondrán de alguna entrada al vaso mediante grúa para piscina o cualquier otro elemento adaptado para tal efecto. Se exceptúan las piscinas infantiles”. **Se dispondrá una grúa de este tipo para el acceso de usuarios en silla de ruedas a la piscina de adultos.**

1.2.6 Servicios higiénicos accesibles

1 “Siempre que sea exigible la existencia de aseos o de vestuarios por alguna disposición legal de obligado cumplimiento, existirá al menos:

- a) Un aseo accesible por cada 10 unidades o fracción de inodoros instalados, pudiendo ser de uso compartido para ambos sexos.
- b) En cada vestuario, una cabina de vestuario accesible, un aseo accesible y una ducha accesible por cada 10 unidades o fracción de los instalados. En el caso de que el vestuario no esté distribuido en cabinas individuales, se dispondrá al menos una cabina accesible”.

No existe ningún espacio público con 10 o más unidades de inodoros, duchas o vestuarios en el proyecto. Se han proyectado aseos accesibles en cada estar común, el restaurante, y el vestíbulo de la administración.

1.2.7 Mobiliario fijo

1 “El mobiliario fijo de zonas de atención al público incluirá al menos un punto de atención accesible. Como alternativa a lo anterior, se podrá disponer un punto de llamada accesible para recibir asistencia”. **Cumple.**

1.2.8 Mecanismos

1 “Excepto en el interior de las viviendas y en las zonas de ocupación nula, los interruptores, los dispositivos de intercomunicación y los pulsadores de alarma serán mecanismos accesibles”. **Cumple.**

2 Condiciones y características de la información y señalización para la accesibilidad

2.1 Dotación

1 “Con el fin de facilitar el acceso y la utilización independiente, no discriminatoria y segura de los edificios, se señalizarán los elementos que se indican en la tabla 2.1, con las características indicadas en el apartado 2.2 siguiente, en función de la zona en la que se encuentren”.

Tabla 2.1 Señalización de elementos accesibles en función de su localización¹

Elementos accesibles	En zonas de uso privado	En zonas de uso público
Entradas al edificio accesibles	Cuando existan varias entradas al edificio	En todo caso
Itinerarios accesibles	Cuando existan varios recorridos alternativos	En todo caso
Ascensores accesibles,		En todo caso
Plazas reservadas		En todo caso
Zonas dotadas con bucle magnético u otros sistemas adaptados para personas con discapacidad auditiva		En todo caso
Plazas de aparcamiento accesibles	En todo caso, excepto en uso <i>Residencial Vivienda</i> las vinculadas a un residente	En todo caso
Servicios higiénicos accesibles (aseo accesible, ducha accesible, cabina de vestuario accesible)	---	En todo caso
Servicios higiénicos de uso general	---	En todo caso
Itinerario accesible que comunique la vía pública con los puntos de llamada accesibles o, en su ausencia, con los puntos de atención accesibles	---	En todo caso

2.2 Características

- 1 “Las entradas al edificio accesibles, los itinerarios accesibles, las plazas de aparcamiento accesibles y los servicios higiénicos accesibles (aseo, cabina de vestuario y ducha accesible) se señalizarán mediante SIA, complementado, en su caso, con flecha direccional”.
- 2 “Los ascensores accesibles se señalizarán mediante SIA. Asimismo, contarán con indicación en Braille y arábigo en alto relieve a una altura entre 0,80 y 1,20 m, del número de planta en la jamba derecha en sentido salida de la cabina”.
- 3 “Los servicios higiénicos de uso general se señalizarán con pictogramas normalizados de sexo en alto relieve y contraste cromático, a una altura entre 0,80 y 1,20 m, junto al marco, a la derecha de la puerta y en el sentido de la entrada”.
- 4 “Las bandas señalizadoras visuales y táctiles serán de color contrastado con el pavimento, con relieve de altura 3 ± 1 mm en interiores y 5 ± 1 mm en exteriores. Las exigidas en el apartado 4.2.3 de la Sección SUA 1 para señalizar el arranque de escaleras, tendrán 80 cm de longitud en el sentido de la marcha, anchura la del itinerario y acanaladuras perpendiculares al eje de la escalera. Las exigidas para señalizar el itinerario accesible hasta un punto de llamada accesible o hasta un punto de atención accesible, serán de acanaladura paralela a la dirección de la marcha y de anchura 40 cm”.
- 5 “Las características y dimensiones del Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad (SIA) se establecen en la norma UNE 41501:2002”.

DB-HE: Ahorro de energía

En la memoria correspondiente al Documento Básico Ahorro de Energía, perteneciente al Código Técnico de la Edificación, se justifica exclusivamente la transmitancia de los muros exteriores e interiores, cubiertas y forjados en contacto con el espacio exterior y elementos en contacto con el terreno.

Índice

SECCIÓN HE 1 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1 Ámbito de aplicación

2 Caracterización y cuantificación de la exigencia

2.1 Caracterización de la exigencia

2.2 Cuantificación de la exigencia

ANEJO. CERTIFICADO ENERGÉTICO

Sección HE 1 Limitación de la demanda energética

1 Ámbito de aplicación

1 “Esta Sección es de aplicación en:

- a) edificios de nueva construcción;
- b) intervenciones en edificios existentes:

- ampliación: aquellas en las que se incrementa la superficie o el volumen construido;
- reforma: cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio;
- cambio de uso.

2 Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) los edificios históricos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, en la medida en que el cumplimiento de determinadas exigencias básicas de eficiencia energética pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, siendo la autoridad que dicta la protección oficial quien determine los elementos inalterables;
- b) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años;
- c) edificios industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales, o partes de los mismos, de baja demanda energética. Aquellas zonas que no requieran garantizar unas condiciones térmicas de confort, como las destinadas a talleres y procesos industriales, se considerarán de baja demanda energética;
- d) edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m²; e) las edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente; f) cambio del uso característico del edificio cuando este no suponga una modificación de su perfil de uso”.

2 Caracterización y cuantificación de la exigencia

2.1 Caracterización de la exigencia

1 “La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática de la localidad en que se ubican y del uso previsto.

2 En edificios de uso residencial privado, las características de los elementos de la envolvente térmica deben ser tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables. Se limitará igualmente la transferencia de calor entre unidades de distinto uso, y entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio.

2 Se deben limitar los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones.

2.2 Cuantificación de la exigencia

2.2.1 Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes

2.2.1.1 Limitación de la demanda energética del edificio

2.2.1.1.1 Edificios de uso residencial privado

1 “La demanda energética de calefacción del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{cal,lim}$ ”.

2 “La demanda energética de refrigeración del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{ref, lim} = 15 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3, o el valor límite $D_{ref, lim} = 20 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ para la zona climática de verano 4”.

2.2.1.1.2 Edificios de otros usos

1 “El porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración, respecto al edificio de referencia del edificio o la parte ampliada, en su caso, debe ser igual o superior al establecido en la tabla 2.2”.

2 “Los edificios que sean asimilables al uso residencial privado, debido a su uso continuado y baja carga de las fuentes internas, pueden justificar la limitación de la demanda energética mediante los criterios aplicables al uso residencial”.

2.2.1.2 Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado

1 “La transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la envolvente térmica del edificio, no debe superar los valores establecidos en la tabla 2.3. De esta comprobación se excluyen los puentes térmicos”.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

2 “Las soluciones constructivas diseñadas para reducir la demanda energética, tales como invernaderos adosados, muros parietodinámicos, muros Trombe, etc., cuyas prestaciones o comportamiento térmico no se describen adecuadamente mediante la transmitancia térmica, pueden superar los límites establecidos en la tabla 2.3”.

3 “La transmitancia térmica de medianerías y particiones interiores que delimiten las unidades de uso residencial de otras de distinto uso o de zonas comunes del edificio, no superará los valores de la tabla 2.4. Cuando las particiones interiores delimiten unidades de uso residencial entre sí no se superarán los valores de la tabla 2.5”.

Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en W/m².K

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m².K

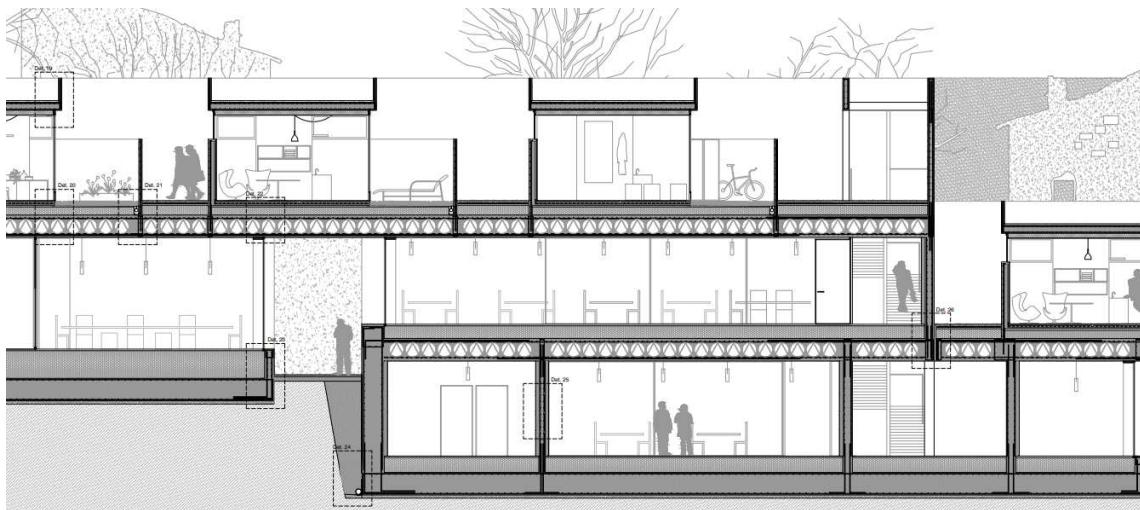
Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

Todas las transmitancias expuestas en estas tablas se cumplen en el proyecto, como puede comprobarse en la siguiente página.

Pese a pertenecer a la provincia de Zaragoza, se ha considerado el clima de Tiermas equivalente al de Pamplona por ser un clima más desfavorable en invierno. Se entiende que esta referencia se ajusta mejor a las temperaturas frías que se dan en Tiermas. Por tanto, la zona climática a tener en cuenta es la D2.

Tiermas se ubica en un promontorio junto al pantano de Yesa, a una altura de 580 m sobre el nivel del mar.

A continuación, se recogen las descripciones de los distintos muros y elementos en contacto con el terreno y el exterior, y su transmitancia térmica.

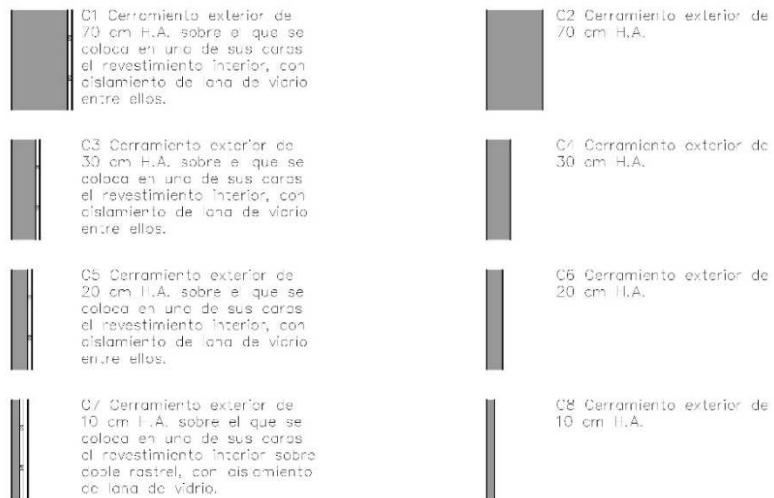


Sección constructiva longitudinal. Sección por cimentación, forjado de la planta primera y cubierta de viviendas.

Mat=Material Esp=Espesor (m) Con =Conductividad (W/mK) R=Resistencia térmica (m²K/W) U =Transmitancia térmica (W/m²K)

Forjado	Mat	Esp	Cond	Mat	Esp	Cond	Mat	Esp	Cond	R	U
Cimentación	HA	0,70	2,50	Arcilla expandida	0,40	0,10	Hormigón Fratasado	0,05	2,50	4,30	0,23
Primera	HA	0,70	2,50	Arcilla expandida	0,30	0,10	Solera Hormigón	0,15	2,50	3,34	0,30
Cubierta	HA	0,25	2,50	Lana Roca	0,14	0,04	Hormigón Pendiente	0,05	2,50	3,62	0,28

C CERRAMIENTOS EXTERIORES



M Muros interiores



Muros exteriores (izquierda) e interiores (derecha).

Mat=Material Esp=Espesor (m) Con =Conductividad (W/mK) R=Resistencia térmica (m2K/W) U =Transmitancia térmica (W/m2K)

Muro	Mat	Mat	Esp	Cond	Mat	Esp	Cond	Mat	Esp	Cond	R	U
C1	HA	0,70	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,86	0,35
C2	HA	0,70	2,50									
C3	HA	0,30	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,70	0,37
C4	HA	0,30	2,50									
C5	HA	0,20	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,66	0,38
C6	HA	0,20	2,50									
C7	HA	0,10	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,62	0,38
C8	HA	0,10	2,50									
	HA											
M1	HA	0,70	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,86	0,35
M2	HA	0,30	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,70	0,37
M3	HA	0,20	2,50	Lana Roca	0,10	0,04		Nogal	0,015	0,18	2,66	0,38
M4	HA	0,20	2,50									
M5	HA	0,10	2,50									

Anejo. Certificado Energético

A continuación, se adjuntan los datos aportados al programa C3X, utilizado para obtener esta certificación energética.

"CE3X es "Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes".

Ha sido desarrollado por Efinovatic y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Dicho equipo nos encargamos del mantenimiento de CE3X y del desarrollo de las nuevas versiones.

El programa es propiedad de los IDAE y su distribución es gratuita. La versión actual es CE3Xv2.3.

Mediante este programa se puede certificar de una forma simplificada cualquier tipo de edificio: residencial, pequeño terciario o gran terciario, pudiéndose obtener cualquier calificación desde "A" hasta "G".

Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio	Conjunto residencial en Tiermas		
Dirección	Tiermas		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Referencia Catastral	Código Postal 50682		

Datos generales

Normativa vigente	CTE 2013	?	Año construcción	2018
Tipo de edificio	Bloque de Viviendas			
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza	Zona climática HE-1 D3 HE-4 IV

Definición edificio

Superficie útil habitable	7800	m ²
Altura libre de planta	3.5	m
Número de plantas habitables	2	
Ventilación del inmueble	0.63	ren/h
Demanda diaria de ACS	2000	l/día
Masa de las particiones internas	Media	

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Cubierta en contacto con el aire

Nombre	Cubierta con aire		Zona	Edificio Objeto
Dimensiones		Características		
Superficie	60.0	m ²	Patrón de sombras	Sin patrón
Longitud	12	m		
Anchura	5	m		
Parámetros característicos del cerramiento				
Propiedades térmicas	Estimadas		Transmitancia térmica	0.25 W/m ² K
Clase de cubierta	Cubierta plana			
Tipo de forjado	Unidireccional			
<input checked="" type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico				
Características del aislamiento térmico				
<input type="radio"/> Tipo de aislamiento	Otro	Espesor	0.14	m λ 0.04 W/mK
<input checked="" type="radio"/> Ra	3.60	m ² K/W		

Muro en contacto con el terreno

Nombre	Muro con terreno		Zona	Edificio Objeto
Dimensiones		Características		
Superficie	42.0	m ²	Patrón de sombras	Sin patrón
Longitud	12	m		
Altura	3.5	m		
Parámetros característicos del cerramiento				
Propiedades térmicas	Estimadas		Transmitancia térmica	0.98 W/m ² K
Profundidad de la parte enterrada	2	m		
<input checked="" type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico				
Características del aislamiento térmico				
<input type="radio"/> Tipo de aislamiento	Otro	Espesor	0.1	m λ 0.04 W/mK
<input checked="" type="radio"/> Ra	0.35	m ² K/W		

Muro de fachada

Nombre	Muro de fachada		Zona	Edificio Objeto
Dimensiones		Características		
Superficie	42.0	m ²	Orientación	Norte
Longitud	12	m	Patrón de sombras	Sin patrón
Altura	3.5	m		
Parámetros característicos del cerramiento				
Propiedades térmicas	Estimadas		Transmitancia térmica	1.06 W/m ² K
Tipo de fachada	Una hoja			
Composición del muro	Fábrica de bloques de picón			
<input checked="" type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico				
Características del aislamiento térmico				
Posición del aislamiento	Por el exterior			
<input type="radio"/> Tipo de aislamiento	Otro	Espesor	0.1	m λ 0.04 W/mK
<input checked="" type="radio"/> Ra	0.35	m ² K/W		

Suelo en contacto con el terreno

Nombre	Suelo con terreno		Zona	Edificio Objeto
Dimensions			Características	
Superficie	144.0	m ²	Profundidad	<input type="radio"/> Menor o igual que 0.5 m <input checked="" type="radio"/> Mayor que 0.5 m 1 m
	Longitud	12 m		
	Anchura	12 m		
Parámetros característicos del cerramiento				
Propiedades térmicas	Estimadas		Transmitancia térmica	0.56 W/m ² K
Perímetro	50 m			
<input checked="" type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico				
Características del aislamiento térmico				
Definir Rf	Conocida			
<input type="radio"/> Espesor aislamiento	0.4 m			
<input checked="" type="radio"/> Rf	0.1 m ² K/W			

Partición interior vertical

Nombre	Partición vertical		Zona	Edificio Objeto
Dimensions				
Superficie de la partición	42.0	m ²		
	Longitud	12 m		
	Altura	3.5 m		
Parámetros característicos para el cálculo de la U global				
Propiedades térmicas: Uglobal	Estimadas		Transmitancia térmica	0.34 W/m ² K
Grado ventilación del espacio NH	Ventilado			
<input checked="" type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico	La partición		Superficie del cerramiento	40 m ²
Definir la transmitancia térmica de la partición				
Definir Upartición	Conocida			
<input checked="" type="radio"/> Transmitancia térmica Up	0.35 W/m ² K			
<input type="radio"/> Librería de cerramientos				

Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior

Nombre	Partición superior		Zona	Edificio Objeto
Parámetros generales				
Superficie de la partición	60	m ²		
Tipo de espacio no habitable	Otro			
Parámetros característicos para el cálculo de la U global				
Propiedades térmicas: Uglobal	Conocidas		Transmitancia térmica	0.3 W/m ² K

Equipo de ACS

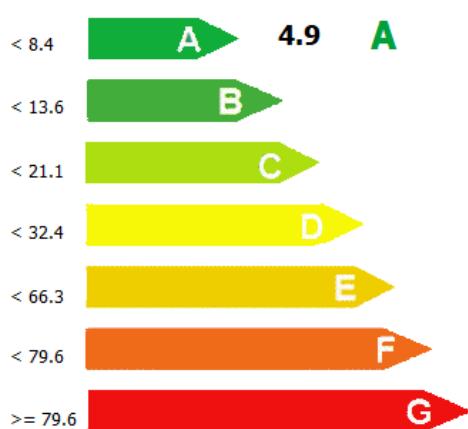
Nombre	Equipo ACS	Zona	Edificio Objeto
<i>Características</i>		<i>Demandas cubiertas</i>	
Tipo de generador	Bomba de Calor	Superficie (m2)	ACS
Tipo de combustible	Electricidad	Porcentaje (%)	7800.0
<i>Rendimiento medio estacional</i>		<i>Rendimiento medio estacional</i>	
Rendimiento estacional	Estimado según Instalación	Rendimiento medio estacional	279.3 %
Antigüedad del equipo	Posterior a 2013		
Rendimiento nominal	270.0 %		

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre	Calefacción y refrigeración	Zona	Edificio Objeto
<i>Características</i>		<i>Demandas cubiertas</i>	
Tipo de generador	Bomba de Calor	Superficie (m2)	Calefacción
Tipo de combustible	Electricidad	Porcentaje (%)	Refrigeración
<i>Rendimiento medio estacional</i>		<i>Rendimiento medio estacional</i>	
Rendimiento estacional	Estimado según Instalación	Rendimiento medio estacional	159.8 %
Antigüedad del equipo	Posterior a 2013	Rendimiento medio estacional	157.5 %
Calefacción	Rendimiento nominal 270 %		
Refrigeración	Rendimiento nominal 250 %		

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO2/m2



Edificio objeto

Demandas de calefacción (kWh/m2)	19.2	B
Demandas de refrigeración (kWh/m2)	1.5	A
Emisiones de calefacción (kg CO2/m2)	4.0	A
Emisiones de refrigeración (kg CO2/m2)	0.3	A
Emisiones de ACS (kg CO2/m2)	0.6	A

La calificación obtenida con los valores indicados de transmitancias e instalaciones es A, con una emisión de 4,9 kgCO2/m2.

DB-HR: Protección frente al ruido

En la memoria correspondiente al Documento Básico Protección frente al ruido, perteneciente al Código Técnico de la Edificación, se justifica exclusivamente el aislamiento a ruido aéreo de los muros exteriores e interiores, cubiertas y forjados en contacto con el espacio exterior y elementos en contacto con el terreno.

ÍNDICE

1 Generalidades

1.1 Procedimiento de verificación

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Valores límite de aislamiento

1 Generalidades

1.1 Procedimiento de verificación

- 1 “Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido deben:
 - a) alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos) que se establecen en el apartado 2.1;
 - b) no superarse los valores límite de tiempo de reverberación que se establecen en el apartado 2.2;
 - c) cumplirse las especificaciones del apartado 2.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.
- 2 Para la correcta aplicación de este documento debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:
 - a) cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del aislamiento acústico a ruido aéreo y del aislamiento acústico a ruido de impactos de los recintos de los edificios; esta verificación puede llevarse a cabo por cualquiera de los procedimientos siguientes: i) mediante la opción simplificada, comprobando que se adopta alguna de las soluciones de aislamiento propuestas en el apartado 3.1.2. ii) mediante la opción general, aplicando los métodos de cálculo especificados para cada tipo de ruido, definidos en el apartado 3.1.3; Independientemente de la opción elegida, deben cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos especificadas en el apartado 3.1.4.
 - b) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del tiempo de reverberación y de absorción acústica de los recintos afectados por esta exigencia, mediante la aplicación del método de cálculo especificado en el apartado 3.2.
 - c) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.
 - d) cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de construcción expuestas en el apartado 4.
 - e) cumplimiento de las condiciones de construcción expuestas en el apartado 5.
 - f) cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación expuestas en el apartado 6.
- 3 Para satisfacer la justificación documental del proyecto, deben cumplimentarse las fichas justificativas del Anejo K, que se incluirán en la memoria del proyecto”.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

- 1 “Para satisfacer las exigencias básicas contempladas en el artículo 14 de este Código deben cumplirse las condiciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que estas condiciones se aplicarán a los elementos constructivos totalmente acabados, es decir, albergando las instalaciones del edificio o incluyendo cualquier actuación que pueda modificar las características acústicas de dichos elementos.

2 Con el cumplimiento de las exigencias anteriores se entenderá que el edificio es conforme con las exigencias acústicas derivadas de la aplicación de los objetivos de calidad acústica al espacio interior de las edificaciones incluidas en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y sus desarrollos reglamentarios.

2.1 Valores límite de aislamiento

2.1.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo Los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

a) En los recintos protegidos:

i) Protección frente al ruido generado en recintos pertenecientes a la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado:

– El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de la tabiquería no será menor que 33 dBA.

ii) Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

– El aislamiento acústico a ruido aéreo, DnT,A, entre un recinto protegido y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 50 dBA, siempre que no comparten puertas o ventanas. Cuando sí las comparten, el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de éstas no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, del cerramiento no será menor que 50 dBA.

iii) Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones y en recintos de actividad:

– El aislamiento acústico a ruido aéreo, DnT,A, entre un recinto protegido y un recinto de instalaciones o un recinto de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 55 dBA.

iv) Protección frente al ruido procedente del exterior:

– El aislamiento acústico a ruido aéreo, D2m,nT,Atr, entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, Ld, definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de la zona donde se ubica el edificio.

– El valor del índice de ruido día, Ld, puede obtenerse en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido. En el caso de que un recinto pueda estar expuesto a varios valores de Ld, como por ejemplo un recinto en esquina, se adoptará el mayor valor.

– Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día, Ld, se aplicará el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

– Cuando se prevea que algunas fachadas, tales como fachadas de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como fachadas exteriores en zonas o entornos tranquilos, no van a estar expuestas

directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d , 10 dBA menor que el índice de ruido día de la zona.

– Cuando en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, obtenido en la tabla 2.1 se incrementará en 4 dBA.

b) En los recintos habitables:

i) Protección frente al ruido generado en recintos pertenecientes a la misma unidad de uso, en edificios de uso residencial privado:

– El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de la tabiquería no será menor que 33 dBA.

ii) Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

– El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, entre un recinto habitable y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 45 dBA, siempre que no comparten puertas o ventanas.

Cuando sí las comparten y sean edificios de uso residencial (público o privado) u hospitalario, el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de éstas no será menor que 20 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, del cerramiento no será menor que 50 dBA.

iii) Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones y en recintos de actividad:

– El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, entre un recinto habitable y un recinto de instalaciones, o un recinto de actividad, colindantes vertical u horizontalmente con él, siempre que no comparten puertas, no será menor que 45 dBA. Cuando sí las comparten, el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de éstas, no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, del cerramiento no será menor que 50 dBA.

c) En los recintos habitables y recintos protegidos colindantes con otros edificios:

- El aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{2m,nT,Atr}$) de cada uno de los cerramientos de una medianería entre dos edificios no será menor que 40 dBA o alternativamente el aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{nT,A}$) correspondiente al conjunto de los dos cerramientos no será menor que 50 dBA”.

Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d .

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Se especifican los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo de los diferentes elementos. En esta tabla simplificada no se recogen todas las capas constructivas que componen dichos elementos, excluyendo aislamientos y revestimientos. Con ello se pretende clarificar que el proyecto presenta muy buen comportamiento acústico, reseñable en los muros y forjados de H.A. de gran espesor que compartimentan los espacios. Aunque no se hayan tenido en cuenta en la siguiente tabla, cabe mencionarse que el aislamiento de lana de roca y la arcilla expandida poseen buenas propiedades acústicas, mejorando los valores que se presentan a continuación. El cerramiento C7 presente en las viviendas se ha asemejado a la fachada F 12.4 del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

Muro	Material	Espesor (m)	Ra (dBA)
C1	Hormigón Armado	0,70	80
C2	Hormigón Armado	0,70	80
C3	Hormigón Armado	0,30	67
C4	Hormigón Armado	0,30	67
C5	Hormigón Armado	0,20	60
C7	Similar F12.4 Catálogo CTE		61
M1	Hormigón Armado	0,70	80
M2	Hormigón Armado	0,30	67
M3	Hormigón Armado	0,20	60
M4	Hormigón Armado	0,20	60
Forjado	Material	Espesor (m)	Ra (dBA)
Primera	Hormigón Armado	0,70	80
Cubierta	Hormigón Armado	0,25	64

Tanto los paramentos verticales como los horizontales cumplen holgadamente los valores exigidos por el CTE, sobre todo si se tiene en cuenta que Tiermas se localiza en un entorno natural, distanciado suficientemente de la autovía para ser considerado un ámbito de niveles muy bajos de ruido.

PRESUPUESTO

Se realiza el presupuesto correspondiente a la estructura de Hormigón Armado en todo el conjunto

CUADRO DE PRECIOS N.º 1

Código	Descripción	Resumen
1	Cimentación	
1.1	Regularización	
1.1.1	Hormigón de Limpieza	Formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.
1.2	Superficiales	
1.2.1	Encofrado	Montaje de sistema de encofrado recuperable metálico, para zapata de cimentación, formado por paneles metálicos, amortizables en 200 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso p/p de elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y aplicación de líquido desencofrante. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado.
1.2.2	Zapata de Cimentación	Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-35/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 51,4 kg/m ³ . Incluso p/p de elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, separadores, armaduras de espera del pilar y curado del hormigón.
1.2.3	Losa Maciza de Cimentación	Formación de losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 70 cm, realizada con hormigón HA-35/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 57,6 kg/m ² ; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, y curado del hormigón.

2

Estructura

2.1

Muros Planta Baja

Formación de muro, núcleo o pantalla de hormigón armado 2C, de entre 3 y 6 m de altura, de 70 cm de espesor medio, realizado con hormigón HA-35/B/20/Ila fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 423,8 kg/m³, ejecutado en condiciones complejas. Montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, formación de juntas, separadores, accesorios, elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para la estabilidad del encofrado, aplicación de líquido desencofrante y curado del hormigón.

2.2

Losa Aligerada 40 cm

Formación de losa aligerada de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 40 cm, realizada con hormigón HA-35/B/20/Ila fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 57,6 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, y curado del hormigón.

2.3

Losa Aligerada 70 cm

Formación de losa aligerada de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 70 cm, realizada con hormigón HA-35/B/20/Ila fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 57,6 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, y curado del hormigón.

2.4

Pantallas Planta Primera

Formación de muro, núcleo o pantalla de hormigón armado 2C, de entre 3 y 6 m de altura, de 20 cm de espesor medio, realizado con hormigón HA-35/B/20/Ila fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 423,8 kg/m³, ejecutado en condiciones complejas. Montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, formación de juntas, separadores, accesorios, elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para la estabilidad del encofrado, aplicación de líquido desencofrante y curado del hormigón.

2.5

Muros HAC Viviendas

Formación de muro, núcleo o pantalla de hormigón armado 2C, de entre 3 y 6 m de altura, de 10 cm de espesor medio, realizado con hormigón HAC fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 423,8 kg/m³, ejecutado en condiciones complejas. Montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, formación de juntas, separadores, accesorios, elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para la estabilidad del encofrado, aplicación de líquido desencofrante y curado del hormigón.

3

Estructura en Cubierta

- 3.1 Losa Maciza Cubiertas Formación de losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 25 cm, realizada con hormigón HA-35/B/20/Ila fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 57,6 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, y curado del hormigón.
- 3.2 Vigas Formación de viga de hormigón armado 2C, de entre 3 y 6 m de altura, de 10 cm de espesor medio, realizado con hormigón HAC fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 423,8 kg/m³, ejecutado en condiciones complejas. Montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos. Incluso p/p de replanteo, elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, formación de juntas, separadores, accesorios, elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para la estabilidad del encofrado, aplicación de líquido desencofrante y curado del hormigón.

Código	Descripción	Ud.	Cantidad	Coste	Importe	Coste Mantenimiento	Mantenimiento	Importe Total
Capítulo 1	Cimentación							
1.1	Regularización							
1.1.1	Hormigón de Limpieza	m2	1.136,90	7,00	7.958,30	0,15	170,54	
1.2	Superficiales							
1.2.1	Encofrado	m3	448,80	15,00	6.732,00			
1.2.2	Zapata de Cimentación	m3	700,30	140,70	98.532,21	4,30	3.011,29	
1.2.3	Losa Maciza Cimentación	m2	11.190,75	150,00	1.678.612,50	8,50	95.121,38	
					1.791.835,01		98.303,20	1.890.138,21

Código	Descripción	Ud.	Cantidad	Coste	Importe	Coste Mantenimiento	Mantenimiento	Importe Total
Capítulo 2	Estructura							
2.1	Muros Planta Baja	m3	1.801,50	300,00	540.450,00	12,35	22.248,53	
2.2	Losa Aligerada 40 cm	m2	900,00	120,00	108.000,00	8,50	7.650,00	
2.3	Losa Aligerada 70 cm	m2	5.000,00	150,00	750.000,00	8,50	42.500,00	
2.4	Pantallas Planta Primera	m3	3.000,00	300,00	900.000,00	12,35	37.050,00	
2.5	Muros HAC Viviendas	m3	1.060,00	500,00	530.000,00	12,35	13.091,00	
					2.828.450,00		122.539,53	2.950.989,53

Código	Descripción	Ud.	Cantidad	Coste	Importe	Coste Mantenimiento	Mantenimiento	Importe Total
Capítulo 3 Estructura Cubierta								
3.1	Losa Maciza Cubiertas	m2	1.550,00	150,00	232.500,00	8,50	13.175,00	
3.2	Vigas	m3	1.275,00	500,00	637.500,00	12,35	15.746,25	
					870.000,00		28.921,25	898.921,25

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1. Pliego de prescripciones técnicas generales

1.1 Disposiciones generales

1.2 Disposiciones facultativas y económicas

2. Pliego de prescripciones técnicas particulares

2.1 Prescripciones sobre los materiales

2.2 Prescripciones sobre ejecución

1. Prescripciones técnicas generales:

1.1 Disposiciones generales

- Definición y alcance del pliego:

El presente Pliego, en unión de las disposiciones que con carácter general y particular se indican y con los pliegos de licitación de los distintos agentes intervinientes, tiene por objeto la ordenación de las condiciones técnico-facultativas que han de regir en la ejecución de las obras de construcción del presente proyecto.

- Documentos que definen las obras:

El presente Pliego, conjuntamente con los Planos, la Memoria, los distintos anexos y las Mediciones y Presupuesto, forma parte del Proyecto de Ejecución que servirá de base para la ejecución de las obras. El Pliego de Condiciones Técnicas Particulares establece la definición de las obras en cuanto a su naturaleza intrínseca. Los Planos junto con la Memoria, los anexos, las Mediciones y el Presupuesto, constituyen los documentos que definen la obra en forma geométrica y cuantitativa.

En caso de incompatibilidad o contradicción entre el Pliego y el resto de la documentación del Proyecto, se estará a lo que disponga al respecto la Dirección Facultativa. En cualquier caso, ambos documentos tienen preferencia sobre los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales de la Edificación. Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los planos o viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que la unidad de obra esté definida en uno u otro documento y figure en el presupuesto.

1.2 Disposiciones facultativas y económicas:

1.2.1 Delimitación general de funciones técnicas:

- El arquitecto director de obra. De conformidad con la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre), corresponde al arquitecto director de obra:

- a)** Verificar el replanteo y comprobar la adecuación de la cimentación y de las estructuras proyectadas a las características geotécnicas del suelo.
- b)** Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- c)** Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- d)** Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra (junto con el aparejador o arquitecto técnico director de ejecución de obra), así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- e)** Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

f) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.

g) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.

e) Asesorar a la Propiedad en el acto de la recepción de la obra.

- El director de ejecución de la obra. De conformidad con la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre), corresponde al Aparejador o Arquitecto Técnico en su condición de Director de Ejecución de la obra:

a) Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.

b) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impariéndole, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al arquitecto director de obra.

c) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.

d) Consignar en el Libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.

e) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra (este último junto con el arquitecto director de obra), así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

f) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

g) Comprobar las instalaciones provisionales y medios auxiliares, controlando su correcta ejecución.

- El constructor. Corresponde al Constructor:

a) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

b) Elaborar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

c) Suscribir con el Arquitecto y el Aparejador o Arquitecto Técnico, el acta de replanteo de la obra.

- d) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al Proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- e) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Aparejador o Arquitecto Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- f) Custodiar el Libro de órdenes y asistencias, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- g) Facilitar a la Dirección Facultativa, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- h) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- i) Suscribir con la Propiedad y demás intervenientes el acta de recepción.
- j) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros, que resulten preceptivos, durante la obra.

1.2.2 Obligaciones y derechos del Constructor o Contratista

- Observancia de estas condiciones

Las presentes condiciones serán de obligada observación por el Contratista, el cual deberá hacer constar que las conoce y que se compromete a ejecutar la obra con estricta sujeción a las mismas.

- Normativa vigente

El Contratista se sujetará a las leyes, reglamentos, ordenanzas y normativa vigentes, así como a las que se dicten antes y durante la ejecución de las obras.

- Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario solicitará las aclaraciones pertinentes.

- Plan de seguridad y salud

El Constructor, a la vista del Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Coordinador en obra de Seguridad y Salud.

- Oficina en la obra

El Constructor habilitará en la obra una oficina que dispondrá de una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos y estará convenientemente acondicionada para que en ella pueda trabajar la Dirección Facultativa con normalidad a cualquier hora de la jornada. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de ejecución completo visado por el colegio profesional o con la aprobación administrativa preceptivos, incluidos los complementos que en su caso redacte el Arquitecto.
- La Licencia de Obras.
- El Libro de Ordenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad y Salud.
- El Libro de Incidencias.
- La normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- La documentación de los seguros

- Representación del constructor

El constructor viene obligado a comunicar a la Dirección Facultativa la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata. Serán sus funciones las del Constructor según se especifica en la Ley de Ordenación de la Edificación. Todos los trabajos han de ejecutarse por personas especialmente preparadas. Cada oficio ordenará su trabajo armónicamente con los demás procurando siempre facilitar la marcha de los mismos, en ventaja de la buena ejecución y rapidez de la construcción, ajustándose a la planificación económica prevista en el Proyecto.

El incumplimiento de estas obligaciones o, en general, la falta de calificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Arquitecto para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

- Presencia del constructor en la obra

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrando los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

- Dudas de interpretación

Todas las dudas que surjan en la interpretación de los documentos del Proyecto o posteriormente durante la ejecución de los trabajos serán resueltas por la Dirección Facultativa.

- Datos a tener en cuenta por el constructor

Las especificaciones no descritas en el presente Pliego con relación al Proyecto y que figuren en el resto de la documentación que completa el Proyecto: Memoria, Planos, Mediciones y Presupuesto, deben considerarse como datos a tener en cuenta en la formulación del Presupuesto por parte del Contratista que realice las obras, así como el grado de calidad de las mismas.

- Conceptos no reflejados en parte de la documentación

En la circunstancia de que se vertieran conceptos en los documentos escritos que no fueran reflejados en los planos del Proyecto, el criterio a seguir lo decidirá la Dirección Facultativa; recíprocamente cuando en los documentos gráficos aparecieran conceptos que no se ven reflejados en los documentos escritos, la especificación de los mismos será decidida igualmente por la Dirección Facultativa.

- Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la Dirección Facultativa dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

- Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba, tanto del Aparejador o Arquitecto Técnico como del Arquitecto.

Cualquier reclamación que, en contra de las disposiciones tomadas por éstos, crea oportuno hacer el Constructor habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

- Requerimiento de aclaraciones por parte del constructor

El Constructor podrá requerir del Arquitecto o del Aparejador o Arquitecto Técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

- Reclamación contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Arquitecto, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de tipo técnico del Arquitecto, del Aparejador o Arquitecto Técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Arquitecto, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

- Libro de órdenes y asistencias

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento exacto de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará mientras dure la misma, el Libro de Órdenes, y Asistencias, en el que se reflejarán las visitas realizadas por la Dirección Facultativa, incidencias surgidas y en general todos aquellos datos que sirvan para determinar con exactitud si por la contrata se han cumplido los plazos y fases de ejecución previstos para la realización del Proyecto.

El Arquitecto director de la obra, el Aparejador o Arquitecto Técnico y los demás facultativos colaboradores en la dirección de las obras irán dejando constancia, mediante las oportunas referencias, de sus visitas e inspecciones y de las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y obliguen a cualquier modificación en el Proyecto, así como de las órdenes que se necesite dar al Contratista respecto de la ejecución de las obras, las cuales serán de su obligado cumplimiento.

Las anotaciones en el Libro de Órdenes, harán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución e incidencias del contrato; sin embargo, cuando el Contratista no estuviese conforme podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes. Efectuar una orden a través del correspondiente asiento en este libro no será obstáculo para que cuando la Dirección Facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha circunstancia se reflejará de igual forma en el Libro de Órdenes.

- Recusación por el constructor de la dirección facultativa

El Constructor no podrá recusar a los Arquitectos, Aparejadores, o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo correspondiente (que figura anteriormente) del presente Pliego, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

- Faltas del personal

El Arquitecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

- Subcontrataciones por parte del constructor

El Constructor podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros Contratistas e industriales, con sujeción a lo dispuesto por la legislación sobre esta materia y, en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones particulares, todo ello sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

- Desperfectos a colindantes

Si el Constructor causase algún desperfecto en propiedades colindantes tendrá que restaurarlas por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al comienzo de la obra.

1.2.3 Recepción de las obras

- Recepción de la obra

Para la recepción de la obra se estará en todo a lo estipulado al respecto en el artículo 6 de la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre). Se cumplimentará con lo definido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

- Plazo de garantía

El plazo de las garantías establecidas por la Ley de Ordenación de la Edificación comenzará a contarse a partir de la fecha consignada en el Acta de Recepción de la obra o cuando se entienda ésta tácitamente producida (Art. 6 de la LOE). Se cumplimentará con lo definido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

- Autorizaciones de uso

Al realizarse la recepción de las obras deberá presentar el Constructor las pertinentes autorizaciones de los organismos oficiales para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran. Los gastos de todo tipo que dichas autorizaciones originen, así como los derivados de arbitrios, licencias, vallas, alumbrado, multas, etc., que se ocasionen en las obras desde su inicio hasta su total extinción serán de cuenta del Constructor.

- Planos de las instalaciones

El Constructor, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará previa o simultáneamente a la finalización de la obra los datos de todas las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado las instalaciones.

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallen, el Contratista garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

Tras la recepción de la obra sin objeciones, o una vez que estas hayan sido subsanadas, el Constructor quedará relevado de toda responsabilidad, salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción, de los cuales responderá, en su caso, en el plazo de tiempo que marcan las leyes.

Se cumplimentarán todas las normas de las diferentes Consejerías y demás organismos, que sean de aplicación.

1.2.4 De los trabajos, los materiales y los medios auxiliares

- Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. El Aparejador o Arquitecto Técnico podrá exigir su modificación o mejora.

- Replanteo

Como actividad previa a cualquier otra de la obra, se procederá por el Contratista al replanteo de las obras en presencia de la Dirección Facultativa, marcando sobre el terreno convenientemente todos los puntos necesarios para la ejecución de las mismas. De esta operación se extenderá acta por duplicado, que firmarán la Dirección Facultativa y el Contratista. La Contrata facilitará por su cuenta todos los medios necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.

- Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo estipulado, desarrollándose en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista contar con la autorización expresa del Arquitecto y dar cuenta al Aparejador o Arquitecto Técnico del comienzo de los trabajos al menos con cinco días de antelación.

- Orden de los trabajos

En general la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

- Facilidades para subcontratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Constructor deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio se estará a lo establecido en la legislación relativa a la subcontratación y en último caso a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

- Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Arquitecto en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

- Obras de carácter urgente

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección Facultativa de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier otra obra de carácter urgente.

- Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Constructor no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiera proporcionado.

- Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el Arquitecto o el Aparejador o Arquitecto Técnico al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en artículos precedentes.

- Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno al Arquitecto; otro al Aparejador o Arquitecto Técnico; y el tercero al Constructor, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

- Trabajos defectuosos

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las Disposiciones Técnicas, Generales y Particulares del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución, erradas maniobras o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Aparejador o Arquitecto Técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra.

- Accidentes

Así mismo será responsable ante los tribunales de los accidentes que, por ignorancia o descuido, sobrevinieran, tanto en la construcción como en los andamios, ateniéndose en todo a las disposiciones de policía urbana y leyes sobre la materia.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Aparejador o Arquitecto Técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones perpetuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificar la recepción de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Arquitecto de la obra, quien resolverá.

- Vicios ocultos

Si el Aparejador o Arquitecto Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción de la obra, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Arquitecto.

Los gastos que se occasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

- De los materiales y de los aparatos. Su procedencia

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego de Condiciones Técnicas particulares preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar a la Dirección Facultativa una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

- Reconocimiento de los materiales por la dirección facultativa

Los materiales serán reconocidos, antes de su puesta en obra, por la Dirección Facultativa sin cuya aprobación no podrán emplearse en la citada obra; para lo cual el Contratista proporcionará al menos dos muestras de cada material, para su examen, a la Dirección Facultativa, quien se reserva el derecho de rechazar aquellos que, a su juicio, no resulten aptos. Los materiales desechados serán retirados de la obra en el plazo más breve. Las muestras de los materiales una vez que hayan sido aceptados, serán guardados juntamente con los certificados de los análisis, para su posterior comparación y contraste.

- Ensayos y análisis

Siempre que la Dirección Facultativa lo estime necesario, serán efectuados los ensayos, pruebas, análisis y extracción de muestras de obra realizada que permitan comprobar que tanto los materiales como las unidades de obra están en perfectas condiciones y cumplen lo establecido en este Pliego. El abono de todas las pruebas y ensayos será de cuenta del Contratista. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

- **Materiales no utilizables**

Se estará en todo a lo dispuesto en la legislación vigente sobre gestión de los residuos de obra.

- **Materiales y aparatos defectuosos**

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquél, se reconociera o se demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Arquitecto a instancias propias o del Aparejador o Arquitecto Técnico, dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Arquitecto, se recibirán con la rebaja de precio que aquél determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

- **Limpieza de las obras**

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

- **Obras sin prescripciones**

En la ejecución de los trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atendrá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

1.2.5 Mediciones y valoraciones

La medición del conjunto de unidades de obra se verificará aplicando a cada una la unidad de medida que le sea apropiada y con arreglo a las mismas unidades adoptadas en el presupuesto, unidad completa, metros lineales, cuadrados, o cúbicos, kilogramos, partida alzada, etc.

Tanto las mediciones parciales como las que se ejecuten al final de la obra se realizarán conjuntamente con el Constructor, levantándose las correspondientes actas que serán firmadas por ambas partes.

Todas las mediciones que se efectúen comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas, no teniendo el Constructor derecho a reclamación de ninguna especie por las diferencias que se produjeran entre las mediciones que se ejecuten y las que figuren en el Proyecto, salvo cuando se trate de modificaciones de este aprobadas por la Dirección Facultativa y con la conformidad del promotor que vengan exigidas por la marcha de las obras, así como tampoco por los errores de clasificación de las diversas unidades de obra que figuren en los estados de valoración.

La valoración de las obras no expresadas en este Pliego se verificará aplicando a cada una de ellas la medida que le sea más apropiada y en la forma y condiciones que estime justas el Arquitecto, multiplicando el resultado final por el precio correspondiente.

El Constructor no tendrá derecho alguno a que las medidas a que se refiere este artículo se ejecuten en la forma que él indique, sino que será con arreglo a lo que determine el Director Facultativo.

Se supone que el Contratista ha hecho un detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto y, por lo tanto, al no haber hecho ninguna observación sobre errores posibles o equivocaciones del mismo, no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna, si por el contrario el número de unidades fuera inferior se descontará del presupuesto.

Las valoraciones de las unidades de obra que figuran en el presente Proyecto se efectuarán multiplicando el número de estas por el precio unitario asignado a las mismas en el presupuesto.

En el precio unitario aludido en el artículo anterior se consideran incluidos los gastos del transporte de materiales, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos que graven los materiales, ya sea por el Estado, Comunidad Autónoma, Provincia o Municipio, durante la ejecución de las obras; de igual forma se consideran incluidas toda clase de cargas sociales. También serán de cuenta del Contratista los honorarios, las tasas y demás gravámenes que se originen con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones con que esté dotado el inmueble.

El Constructor no tendrá derecho por ello a pedir indemnización alguna por las causas enumeradas.

En el precio de cada unidad de obra van comprendidos los de todos los materiales, accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de recibirse.

Zaragoza, noviembre de 2018

El Técnico Autor del Proyecto

Mario Vera Sáez

2 Pliego de prescripciones técnicas particulares:

2.1 Prescripciones sobre los materiales:

2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el Artíc. 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las Características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus cualidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el Artíc. 7.2. del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el Artíc. 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el Artíc. 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al Artíc. 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.2. Hormigones

Hormigón estructural

- Condiciones de suministro

- El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.
- Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.
- Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.
- El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

- Recepción y control

- Previamente a efectuar el pedido del hormigón se deben planificar una serie de tareas, con objeto de facilitar las operaciones de puesta en obra del hormigón:

Preparar los accesos y viales por los que transitarán los equipos de transporte dentro de la obra.

Preparar la recepción del hormigón antes de que llegue el primer camión.

Programar el vertido de forma que los descansos o los horarios de comida no afecten a la puesta en obra del hormigón, sobre todo en aquellos elementos que no deban presentar juntas frías. Esta programación debe comunicarse a la central de fabricación para adaptar el ritmo de suministro.

▪ Inspecciones:

Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:

Nombre de la central de fabricación de hormigón.

Número de serie de la hoja de suministro.

Fecha de entrega.

Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.

- Especificación del hormigón.

- Ensayos: La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

- Recomendaciones para su uso en obra

- El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

▪ Hormigonado en tiempo frío:

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.

En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigona en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

▪ Hormigonado en tiempo caluroso:

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

2.1.3 Aceros para hormigón armado

A) Aceros corrugados

- Condiciones de suministro

- Los aceros se deben transportar protegidos adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

- Recepción y control

- Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. La clase técnica se especificará mediante un código de identificación del tipo de acero mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Además, las barras corrugadas deberán llevar grabadas las marcas de identificación que incluyen información sobre el país de origen y el fabricante.

- En el caso de que el producto de acero corrugado sea suministrado en rollo o proceda de operaciones de enderezado previas a su suministro, deberá indicarse explícitamente en la correspondiente hoja de suministro.
- En el caso de barras corrugadas en las que, dadas las características del acero, se precise de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, el fabricante deberá indicarlos.
- **Ensayos:** La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de su empleo, se conservarán en obra, cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.

- Recomendaciones para su uso en obra

- Para prevenir la corrosión, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones relativas a los espesores de recubrimiento.
- Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico.

B) Mallas electrosoldadas

- Condiciones de suministro

- Las mallas se deben transportar protegidas adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

- Recepción y control

- **Control de la documentación:** Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa.

- Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia, y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de su empleo, se conservarán en obra, cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.

2.1.4 Morteros

- Condiciones de suministro

- El conglomerante (cal o cemento) se debe suministrar:
- En sacos de papel o plástico, adecuados para que su contenido no sufra alteración.
- O a granel, mediante instalaciones especiales de transporte y almacenamiento que garanticen su perfecta conservación.
- La arena se debe suministrar a granel, mediante instalaciones especiales de transporte y almacenamiento que garanticen su perfecta conservación.
- El agua se debe suministrar desde la red de agua potable.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Si ciertos tipos de mortero necesitan equipamientos, procedimientos o tiempos de amasado especificados para el amasado en obra, se deben especificar por el fabricante. El tiempo de amasado se mide a partir del momento en el que todos los componentes se han adicionado.

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Los morteros deben estar perfectamente protegidos del agua y del viento, ya que, si se encuentran expuestos a la acción de este último, la mezcla verá reducido el número de finos que la componen, deteriorando sus características iniciales y por consiguiente no podrá ser utilizado. Es aconsejable almacenar los morteros secos en silos.

- Recomendaciones para su uso en obra

- Para elegir el tipo de mortero apropiado se tendrá en cuenta determinadas propiedades, como la resistencia al hielo y el contenido de sales solubles en las condiciones de servicio en función del grado de exposición y del riesgo de saturación de agua.
- En condiciones climatológicas adversas, como lluvia, helada o excesivo calor, se tomarán las medidas oportunas de protección.
- El amasado de los morteros se realizará preferentemente con medios mecánicos. La mezcla debe ser batida hasta conseguir su uniformidad, con un tiempo mínimo de 1 minuto. Cuando el amasado se realice a mano, se hará sobre una plataforma impermeable y limpia, realizando como mínimo tres batidas.

- El mortero se utilizará en las dos horas posteriores a su amasado. Si es necesario, durante este tiempo se le podrá agregar agua para compensar su pérdida. Pasadas las dos horas, el mortero que no se haya empleado se desechará.

2.1.5 Conglomerantes. Cemento

- Condiciones de suministro

- El cemento se suministra a granel o envasado.
- El cemento a granel se debe transportar en vehículos, cubas o sistemas similares adecuados, con el hermetismo, seguridad y almacenamiento tales que garanticen la perfecta conservación del cemento, de forma que su contenido no sufra alteración, y que no alteren el medio ambiente.
- El cemento envasado se debe transportar mediante pallets o plataformas similares, para facilitar tanto su carga y descarga como su manipulación, y así permitir mejor trato de los envases.
- El cemento no llegará a la obra u otras instalaciones de uso excesivamente caliente. Se recomienda que, si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no exceda de 70°C, y si se va a realizar a mano, no exceda de 40°C.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción para la recepción de cementos (RC-08).

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Los cementos a granel se almacenarán en silos estancos y se evitará, en particular, su contaminación con otros cementos de tipo o clase de resistencia distintos. Los silos deben estar protegidos de la humedad y tener un sistema o mecanismo de apertura para la carga en condiciones adecuadas desde los vehículos de transporte, sin riesgo de alteración del cemento.

- En cementos envasados, el almacenamiento deberá realizarse sobre pallets o plataforma similar, en locales cubiertos, ventilados y protegidos de las lluvias y de la exposición directa del sol. Se evitarán especialmente las ubicaciones en las que los envases puedan estar expuestos a la humedad, así como las manipulaciones durante su almacenamiento que puedan dañar el envase o la calidad del cemento.

- Recomendaciones para su uso en obra

- La elección de los distintos tipos de cemento se realizará en función de la aplicación o uso al que se destinen, las condiciones de puesta en obra y la clase de exposición ambiental del hormigón o mortero fabricado con ellos.
- El comportamiento de los cementos puede ser afectado por las condiciones de puesta en obra de los productos que los contienen, entre las que cabe destacar:
 - Los factores climáticos: temperatura, humedad relativa del aire y velocidad del viento.
 - Los procedimientos de ejecución del hormigón o mortero: colocado en obra, prefabricado, proyectado, etc.
 - Las clases de exposición ambiental.
- Los cementos que vayan a utilizarse en presencia de sulfatos, deberán poseer la característica adicional de resistencia a sulfatos.
- Los cementos deberán tener la característica adicional de resistencia al agua de mar cuando vayan a emplearse en los ambientes marino sumergido o de zona de carrera de mareas.

2.1.6 Forjados

Elementos resistentes de hormigón armado para forjados

- Condiciones de suministro

- Los elementos prefabricados se deben apoyar sobre las cajas del camión de forma que no se introduzcan esfuerzos en los elementos no contemplados en el proyecto.
- La carga deberá estar atada para evitar movimientos indeseados de la misma.
- Las piezas deberán estar separadas mediante los dispositivos adecuados para evitar impactos entre las mismas durante el transporte.

- Recepción y control

■ Inspecciones:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

■ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Las zonas de acopios serán lugares suficientemente grandes para que se permita la gestión adecuada de los mismos sin perder la necesaria trazabilidad, a la vez que sean posibles las maniobras de camiones o grúas, en su caso.
- Para evitar el contacto directo con el suelo, se apilarán horizontalmente sobre durmientes de madera, que coincidirán en la misma vertical, con vuelos no mayores de 0,5 m y con una altura máxima de pilas de 1,50 m.

- Recomendaciones para su uso en obra

- El montaje de los elementos de hormigón armado deberá ser conforme con lo establecido en el proyecto.
- En función del tipo de elemento de hormigón armado, puede ser necesario que el montaje sea efectuado por personal especializado y con la debida formación.

2.1.7 Aislantes e impermeabilizantes

A) Aislantes conformados en planchas rígidas

- Condiciones de suministro

- Los aislantes se deben suministrar en forma de paneles, envueltos en films plásticos en sus seis caras.
- Los paneles se agruparán formando pallets para su mejor almacenamiento y transporte.
- En caso de desmontar los pallets, los paquetes resultantes deben transportarse de forma que no se desplacen por la caja del transporte.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

- Si el material ha de ser componente de la parte ciega del cerramiento exterior de un espacio habitable, el fabricante declarará el valor del factor de resistencia a la difusión del agua.

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Los pallets completos pueden almacenarse a la intemperie por un periodo limitado de tiempo.
- Se apilarán horizontalmente sobre superficies planas y limpias.
- Se protegerán de la insolación directa y de la acción del viento.

- Recomendaciones para su uso en obra

- Se seguirán las recomendaciones de aplicación y de uso proporcionadas por el fabricante en su documentación técnica.

B) Aislante térmico

- Condiciones de suministro

- Los aislantes se deben suministrar en forma de paneles enrollados o mantas, envueltos en films plásticos.
- Los paneles o mantas se agruparán formando pallets para su mejor almacenamiento y transporte.
- En caso de desmontar los pallets, los paquetes resultantes deben transportarse de forma que no se desplacen por la caja del transporte.
- Se procurará no aplicar pesos elevados sobre los mismos, para evitar su deterioro.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Conservar y almacenar preferentemente en el pallet original, protegidos del sol y de la intemperie, salvo cuando esté prevista su aplicación.
- Los pallets completos pueden almacenarse a la intemperie por un periodo limitado de tiempo.
- Los paneles deben almacenarse bajo cubierto, sobre superficies planas y limpias.
- Siempre que se manipule el panel de lana de roca se hará con guantes.

- Bajo ningún concepto debe emplearse para cortar el producto maquinaria que pueda diseminar polvo, ya que éste produce irritación de garganta y de ojos.

- Recomendaciones para su uso en obra
 - En aislantes utilizados en cubiertas, se recomienda evitar su aplicación cuando las condiciones climatológicas sean adversas, en particular cuando esté nevando o haya nieve o hielo sobre la cubierta, cuando llueva o la cubierta esté mojada, o cuando sople viento fuerte.
 - Los productos deben colocarse siempre secos.

- C) Láminas drenantes**

- Condiciones de suministro
 - Las láminas se deben transportar preferentemente en pallets retractilados y, en caso de pequeños acopios, en rollos sueltos.
 - Cada rollo contendrá una sola pieza o como máximo dos. Sólo se aceptarán dos piezas en el 3% de los rollos de cada partida y no se aceptará ninguno que contenga más de dos piezas. Los rollos irán protegidos. Se procurará no aplicar pesos elevados sobre los mismos para evitar su deterioro.

- Recepción y control
 - Inspecciones:
Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.
 - Condiciones de almacenamiento.
 - Ensayos:
La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación
 - Conservar y almacenar preferentemente en el pallet original, apilados en posición horizontal con un máximo de cuatro hiladas puestas en el mismo sentido, a temperatura baja y uniforme, protegidos del sol, la lluvia y la humedad en lugares cubiertos y ventilados, salvo cuando esté prevista su aplicación.

D) Vidrios

Vidrios para la construcción

- Condiciones de suministro

- Los vidrios se deben transportar en grupos de 40 cm de espesor máximo y sobre material no duro.
- Los vidrios se deben entregar con corchos intercalados, de forma que haya aireación entre ellos durante el transporte.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará protegido de acciones mecánicas tales como golpes, rayaduras y sol directo y de acciones químicas como impresiones producidas por la humedad.
- Se almacenarán en grupos de 25 cm de espesor máximo y con una pendiente del 6% respecto a la vertical.
- Se almacenarán las pilas de vidrio empezando por los vidrios de mayor dimensión y procurando poner siempre entre cada vidrio materiales tales como corchos, listones de madera o papel ondulado. El contacto de una arista con una cara del vidrio puede provocar rayas en la superficie. También es preciso procurar que todos los vidrios tengan la misma inclinación, para que apoyen de forma regular y no haya cargas puntuales.
- Es conveniente tapar las pilas de vidrio para evitar la suciedad. La protección debe ser ventilada.
- La manipulación de vidrios llenos de polvo puede provocar rayas en la superficie de los mismos.

- Recomendaciones para su uso en obra

- Antes del acristalamiento, se recomienda eliminar los corchos de almacenaje y transporte, así como las etiquetas identificativas del pedido, ya que de no hacerlo el calentamiento podría ocasionar roturas térmicas.

E) Instalaciones

Tubos de PVC-U para saneamiento

- Condiciones de suministro

- Los tubos se deben suministrar a pie de obra en camiones, sin paletizar, y los accesorios en cajas adecuadas para ellos.
- Los tubos se deben colocar sobre los camiones de forma que no se produzcan deformaciones por contacto con aristas vivas, cadenas, etc.
- Los tubos y accesorios se deben cargar de forma que no se produzca ningún deterioro durante el transporte. Los tubos se deben apilar a una altura máxima de 1,5 m.
- Debe evitarse la colocación de peso excesivo encima de los tubos, colocando las cajas de accesorios en la base del camión.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Los tubos y accesorios deben estar marcados a intervalos de 1 m para sistemas de evacuación y de 2 m para saneamiento enterrado y al menos una vez por elemento con:

- Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.
- La trazabilidad del tubo (información facilitada por el fabricante que indique la fecha de fabricación, en cifras o en código, y un número o código indicativo de la factoría de fabricación en caso de existir más de una).
- Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Debe evitarse el daño en las superficies y en los extremos de los tubos y accesorios.
- Debe evitarse el almacenamiento a la luz directa del sol durante largos períodos de tiempo.
- Debe disponerse de una zona de almacenamiento que tenga el suelo liso y nivelado o un lecho plano de estructura de madera, con el fin de evitar cualquier curvatura o deterioro de los tubos.

Canalones y bajantes

- Condiciones de suministro

- Los tubos se deben suministrar a pie de obra en camiones, sin paletizar, y los accesorios en cajas adecuadas para ellos.
- Los tubos se deben colocar sobre los camiones de forma que no se produzcan deformaciones por contacto con aristas vivas, cadenas, etc.
- Los tubos y accesorios se deben cargar de forma que no se produzca ningún deterioro durante el transporte. Los tubos se deben apilar a una altura máxima de 1,5 m.
- Se debe evitar la colocación de peso excesivo encima de los tubos, colocando las cajas de accesorios en la base del camión.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Los canalones, tubos y accesorios deben estar marcados al menos una vez por elemento con:

- Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.
- La trazabilidad del tubo (información facilitada por el fabricante que indique la fecha de fabricación, en cifras o en código, y un número o código indicativo de la factoría de fabricación en caso de existir más de una).

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Debe evitarse el daño en las superficies y en los extremos de los tubos y accesorios.
- Debe evitarse el almacenamiento a la luz directa del sol durante largos períodos de tiempo.
- Debe disponerse de una zona de almacenamiento que tenga el suelo liso y nivelado o un lecho plano de estructura de madera, con el fin de evitar cualquier curvatura o deterioro de los tubos.

Tubos de polietileno para abastecimiento

- Condiciones de suministro

- Los tubos se deben suministrar a pie de obra en camiones, sin paletizar, y los accesorios en cajas adecuadas para ellos.
- Los tubos se deben colocar sobre los camiones de forma que no se produzcan deformaciones por contacto con aristas vivas, cadenas, etc.
- Los tubos y accesorios se deben cargar de forma que no se produzca ningún deterioro durante el transporte. Los tubos se deben apilar a una altura máxima de 1,5 m.
- Se debe evitar la colocación de peso excesivo encima de los tubos, colocando las cajas de accesorios en la base del camión.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Debe evitarse el daño en las superficies y en los extremos de los tubos y accesorios.
- Debe evitarse el almacenamiento a la luz directa del sol durante largos períodos de tiempo.
- Debe disponerse de una zona de almacenamiento que tenga el suelo liso y nivelado o un lecho plano de estructura de madera, con el fin de evitar cualquier curvatura o deterioro de los tubos.

Tubos de plástico para fontanería

- Condiciones de suministro

- Los tubos se deben suministrar a pie de obra en camiones con suelo plano, sin paletizar, y los accesorios en cajas adecuadas para ellos.
- Los tubos se deben colocar sobre los camiones de forma que no se produzcan deformaciones por contacto con aristas vivas, cadenas, etc., y de forma que no queden tramos salientes innecesarios.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Los tubos deben estar marcados a intervalos máximos de 1 m y al menos una vez por accesorio, con:

- Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.
- La trazabilidad del tubo (información facilitada por el fabricante que indique la fecha de fabricación, en cifras o en código, y un número o código indicativo de la factoría de fabricación en caso de existir más de una).

▪ **Ensayos:**

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Debe evitarse el daño en las superficies y en los extremos de los tubos y accesorios. Deben utilizarse, si fuese posible, los embalajes de origen.
- Debe evitarse el almacenamiento a la luz directa del sol durante largos periodos de tiempo.
- Debe disponerse de una zona de almacenamiento que tenga el suelo liso y nivelado o un lecho plano de estructura de madera, con el fin de evitar cualquier curvatura o deterioro de los tubos.

Tubos de polipropileno para fontanería y calefacción

- Condiciones de suministro

- Los tubos se suministran en barras y en rollos:
 - En barras: estos tubos se suministran en estado duro en longitudes de 5 m.
 - En rollos: los tubos recocidos se obtienen a partir de los duros por medio de un tratamiento térmico; los tubos en rollos se suministran hasta un diámetro exterior de 22 mm, siempre en longitud de 50 m; se pueden solicitar rollos con cromado exterior para instalaciones vistas.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Los tubos de $DN \geq 10$ mm y $DN \leq 54$ mm deben estar marcados, indeleblemente, a intervalos menores de 600 mm a lo largo de una generatriz, con la designación normalizada.

Los tubos de $DN > 6$ mm y $DN < 10$ mm, o $DN > 54$ mm deben estar marcados de idéntica manera al menos en los 2 extremos.

▪ **Ensayos:**

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad. Se colocarán paralelos y en posición horizontal sobre superficies planas.

- Recomendaciones para su uso en obra

- Las características de la instalación de agua o calefacción a la que va destinado el tubo de cobre son las que determinan la elección del estado del tubo: duro o recocido.
- Los tubos en estado duro se utilizan en instalaciones que requieren una gran rigidez o en aquellas en que los tramos rectos son de gran longitud.
- Los tubos recocidos se utilizan en instalaciones con recorridos de gran longitud, sinuosos o irregulares, cuando es necesario adaptarlos al lugar en el que vayan a ser colocados.

Grifería sanitaria

- Condiciones de suministro

- Se suministrarán en bolsa de plástico dentro de caja protectora.

- Recepción y control

▪ Inspecciones:

Este material debe estar marcado de manera permanente y legible con:

- Para grifos convencionales de sistema de Tipo 1
- El nombre o identificación del fabricante sobre el cuerpo o el órgano de maniobra.
- El nombre o identificación del fabricante en la montura.
- Los códigos de las clases de nivel acústico y del caudal (el marcado de caudal sólo es exigible si el grifo está dotado de un regulador de chorro intercambiable).

Para los mezcladores termostáticos

- El nombre o identificación del fabricante sobre el cuerpo o el órgano de maniobra.
- Las letras LP (baja presión).

▪ Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará en su embalaje, en lugares protegidos de impactos y de la intemperie.

Aparatos sanitarios cerámicos

- Condiciones de suministro
 - Durante el transporte las superficies se protegerán adecuadamente.

- Recepción y control

- Inspecciones:

Este material dispondrá de los siguientes datos:

- Una etiqueta con el nombre o identificación del fabricante.
- Las instrucciones para su instalación.

- Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la intemperie. Se colocarán en posición vertical.

2.2 Prescripciones sobre ejecución:

Artículo 1. Demoliciones.

Se entiende por demolición, la rotura o disgregación de obras de fábrica o elementos urbanísticos de forma que pueda efectuarse su retirada y ejecutar en sus emplazamientos las obras previstas. La demolición deberá ajustarse a la forma, superficie, anchura, profundidad, etc., que las unidades de obra requieran y que, en todo caso, se fije por la Inspección de la obra.

A los efectos de este Pliego, se establecen los siguientes tipos de demolición de obras de fábrica:

1. Demolición con excavadora mecánica. Se considera que existe demolición con excavadora mecánica (retroexcavadora, bulldozer, etc.) cuando se emplee tal procedimiento de trabajo y la dimensión menor de la obra de fábrica afectada sea superior a treinta centímetros, estando situado el elemento a demoler a nivel del terreno o bajo el mismo.
2. Demolición con martillo hidráulico. Se considera que existe demolición con martillo hidráulico acoplado a tractor mecánico, cuando se emplee este procedimiento de trabajo con la autorización de la Inspección de la obra.
3. Demolición con compresor y martillo manual. Esta unidad de obra, sólo se realizará previa autorización de la Inspección de la obra.
4. Demolición de paramento vertical de obra de fábrica sobre el terreno, sin armar. Se considerarán paramentos sin armar, aquellos que tengan armaduras con cuantías inferiores a veinte kilogramos de acero por metro cúbico de obra de fábrica (20 kg/m³). Se aplicará este precio cuando la demolición se efectúe con excavadora mecánica (retroexcavadora, bulldozer, etc.).

Artículo 2. Excavaciones.

- Escarificado de firmes o terrenos existentes.

Se entiende por escarificado, la disgregación con medios mecánicos adecuados de terrenos o firmes existentes con posterior regularización y compactación de la superficie resultante y retirada de productos sobrantes a vertedero, confiriéndole las características prefijadas de acuerdo con su situación en la obra. La profundidad del escarificado se fijará por la Inspección Facultativa y, en todo caso, oscilará entre quince centímetros y treinta centímetros.

- Excavación en zanjas y emplazamientos.

Las excavaciones están referidas a cualquier clase de terreno geológicamente natural o artificial, ya sea suelto, alterado con elementos extraños o compacto, como yesos o similares, a cualquier profundidad, comprendiendo los medios y elementos necesarios para llevarlos a cabo, tales como entibaciones y acodalamientos o bien los agotamientos, si se precisasen. Esta unidad, incluye, además de las operaciones señaladas, el despeje y desbroce, el refino y compactación de las superficies resultantes hasta el noventa por ciento (95 %) de la densidad del Proctor Modificado, y el transporte a los almacenes municipales de cuantos productos u objetos extraídos tengan futuros aprovechamientos.

No deberán transcurrir más de cuatro días entre la excavación de la zanja y la colocación de las tuberías.

Como norma general, para profundidades superiores a un metro con cincuenta centímetros, se adoptarán taludes de un quinto en los paramentos laterales.

Los excesos de excavación, se considerarán como no justificados y, por lo tanto, no computables ni tampoco su posterior relleno, a efectos de medición y abono. La realización de los taludes indicados, no exime al Contratista de efectuar cuantas entibaciones sean precisas, para excluir el riesgo de desprendimientos de tierras.

Deberán respetarse todos los servicios existentes, adoptando las medidas y medios complementarios necesarios. Igualmente, se mantendrán las entradas y accesos a fincas o locales. El acopio de las tierras excavadas deberá atenerse en todo momento, a lo dispuesto en el Reglamento de Seguridad e Higiene en la Construcción. En particular, se realizarán los acopios a suficiente distancia de la excavación para evitar desprendimientos y accidentes.

- Excavación en la explanación.

Las excavaciones están referidas a cualquier clase de terreno, en la profundidad comprendida entre la rasante del terreno natural y la subrasante obtenida disminuyendo los perfiles o cotas del pavimento definitivo en el espesor del firme. Igualmente se refiere a la excavación de terreno existente con objeto de sanearlo en la profundidad que se indique por la Inspección de la obra. Comprende esta unidad el despeje y desbroce superficial, la nivelación y compactación de la superficie resultante hasta el 98 % del Proctor Modificado, así como el escarificado del terreno en una profundidad de quince centímetros en los casos que juzgue necesarios la Inspección Facultativa.

Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en cualquier caso, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado.

- Vallado de zanjas.

Las zanjas y pozos deberán vallarse y señalizarse en toda su longitud por ambos lados y extremos. Las vallas deberán ajustarse al modelo oficial indicado en el plano correspondiente y estarán recubiertas con pintura reflectante e iluminadas.

- Saneamiento del terreno.

Se entiende por saneamiento, la excavación del terreno existente por debajo de la subrasante del firme, hasta la profundidad que sea necesaria, a juicio de la Inspección Facultativa y su posterior relleno hasta alcanzar la cota de subrasante.

El relleno se efectuará con suelo seleccionado, procedente de la excavación o bien con material procedente de préstamos cuando así lo ordene la Inspección Facultativa de la obra. Estos materiales se humedecerán y compactarán en tongadas de veinte centímetros hasta alcanzar una densidad mínima del 95 % o el 98 % del Proctor Modificado, de forma similar a los terraplenes y de acuerdo con su situación.

Artículo 3. Terraplenes y capas granulares.

- Terraplenes.

Se entiende por terraplén, el extendido y compactación de los materiales que se describen en este artículo sobre la explanación o superficie originada para el saneamiento del terreno y comprende las operaciones de acopio de materiales, carga, transporte, extendido por tongadas, humectación, compactación por tongadas de espesor no superior a treinta centímetros; una vez compactadas, refinado, reperfilado y formación de pendientes, y ello cuantas veces sea necesario, hasta conseguir la cota de subsanante.

En la coronación de terraplenes, de espesor cincuenta centímetros, se deberán utilizar suelos seleccionados. En la construcción de núcleos y cimientos de terraplenes, se podrán utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados. Cuando el núcleo del terraplén pueda estar sujeto a inundación, sólo se utilizarán suelos adecuados o seleccionados.

- Rellenos de zanjas y emplazamientos. Las características del relleno de las zanjas serán las mismas que las exigidas en el terraplén, es decir:

- Suelos seleccionados compactados al 98 % P.M. en los cincuenta centímetros bajo la explanación.
- Suelos tolerables, adecuados o seleccionados compactados al 95 % P.M. en el resto del relleno.

En cualquier caso, la primera capa de relleno, de espesor treinta centímetros sobre la generatriz superior exterior del tubo, no contendrá gruesos superiores a dos centímetros. Se retacará manualmente y se compactará al 95 % P.M.

- Arena. La arena a utilizar para asiento de tuberías podrá ser natural, de machaqueo o mezcla de ambas, debiendo cumplir, en cualquier caso, las siguientes prescripciones:

- El Equivalente de Arena será superior a setenta.
- El Indice de Plasticidad será inferior a cinco ($IP < 5$).
- Por el tamiz UNE nº 4 deberá pasar el cien por cien.
- El contenido de partículas arcillosas no excederá del uno por ciento del peso total.
- El contenido de sulfatos solubles, expresado en porcentaje de SO_3 sobre el peso del árido seco, no excederá del cero ocho por ciento.
- Los finos que pasen por el tamiz 0,080 UNE, serán inferiores en peso al cinco por ciento del total.

- Subbase de zahorra natural.

La zahorra natural no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que haya de asentarse tenga las condiciones de calidad y forma previstas, con las tolerancias establecidas.

La ejecución de la subbase deberá evitar la segregación del material, creará las pendientes necesarias para el drenaje superficial y contará con una humectación uniforme. Todas las operaciones de aportación de agua tendrán lugar antes de la compactación. Después la única humectación admisible

será la destinada a lograr en superficie la humedad necesaria para la ejecución de la capa siguiente. La superficie acabada no podrá tener irregularidades superiores a veinte milímetros y no podrá rebasar a la superficie teórica en ningún punto. Las zahorras naturales se podrán emplear siempre que las condiciones climatológicas no hayan producido alteraciones en la humedad del material tales que se supere en más de dos puntos porcentuales la humedad óptima. Se suspenderá la ejecución con temperatura ambiente a la sombra, igual o inferior a 2°C.

Artículo 4. Hormigón.

- Hormigones.

Para la fabricación de hormigones se deberá tener en cuenta la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Los distintos tipos de hormigón a emplear en las obras, son los que se definen en el siguiente cuadro:

TIPO	TAMAÑO MÁX. DEL ÁRIDO	RESIST. CARACT. COMP. (28 d.)
	(mm)	(N/mm ²)
Armado:		
HA-35	22	35
HA-30	22	30
HA-25	22	25
En masa estructural:		
HM-30	22	30
HM-25	22	25
HM-20	22	20
En masa no estructural:		
HNE-15	40-22	15
HNE-12,5	40	12,5
HNE-6	40	6

El cemento a emplear será I-42,5 R (UNE-EN 197-1:2000), que a efectos de la Instrucción EHE se trata de un cemento de endurecimiento rápido, siempre que su relación agua/cemento sea menor o igual que 0,50.

El tamaño máximo del árido será el definido en la designación del hormigón, pero en ausencia de ésta el Ingeniero Inspector de la obra podrá decidir el más conveniente en cada caso y para cada tipo de hormigón.

La máxima relación agua/cemento en función de la clase de exposición ambiental, para conseguir una adecuada durabilidad del hormigón, será la siguiente:

CLASE	I	IIa	IIb	Qa	Qb	Qc	E
A/C para HA	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,50
A/C para HM	0,65	--	--	0,50	0,50	0,45	0,50

El mínimo contenido de cemento en función de la clase de exposición ambiental, para conseguir una adecuada durabilidad del hormigón, será la siguiente:

CLASE	I	IIa	IIb	Qa	Qb	Qc	E
CEMENTO (Kg/m ³), para HA	250	275	300	325	350	350	300
CEMENTO (Kg/m ³), para HM	200	--	--	275	300	325	275

En ningún caso, la dosificación podrá exceder de cuatrocientos kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón (400 kg/m³). Con carácter orientativo, las resistencias mínimas compatibles con los requisitos de durabilidad, en función de la clase de exposición ambiental, serán las siguientes:

CLASE	I	IIa	IIb	Qa	Qb	Qc	E
RESISTENCIA (N/mm ²) para HA	25	25	30	30	30	35	30
RESISTENCIA (N/mm ²) para HM	20	--	--	30	30	35	30

En condiciones ambientales normales (no calurosas) el tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no será mayor de una hora y media.

Los hormigones de central transportados por cubas agitadoras, deberán ponerse en obra dentro de la hora y media posterior a la adición de agua del amasado, no siendo admisibles los amasijos con un tiempo superior. Cada carga de hormigón fabricado en central irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Inspección Facultativa.

El recubrimiento nominal de las armaduras de los hormigones en función de la clase de exposición ambiental, para conseguir una adecuada durabilidad, será el siguiente:

CLASE	I	IIa	IIb	Qa	Qb	Qc
RECUBRIMIENTO (mm)	30	35	40	50	50	50

Todos los hormigones se compactarán y curarán debidamente. A título orientativo el método de compactación adecuado para hormigones plásticos es la vibración normal. La duración mínima del curado será de 5 días. La altura máxima de vertido libre del hormigón, será de un metro. Deberá suspenderse el hormigonado cuando la temperatura de ambiente sea superior a 40 °C y siempre que se prevea que, dentro de las 48 h siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de 0 °C.

La parada en el proceso de hormigonado superior a treinta minutos, requerirá realizar una junta de hormigonado correctamente dispuesta en el punto en que se encuentra la unidad, si técnicamente es admisible. Si no fuera admisible dicha junta, deberá demolerse lo ejecutado hasta el punto donde se pueda realizar.

Todos los muros deberán disponer de mechinales y de berenjenos en los lugares que disponga la Inspección de la obra.

El sistema de tolerancias adoptado es el indicado en el Anejo 10 de la Instrucción EHE. Los defectos deberán ser corregidos por cuenta del Contratista, de acuerdo con las indicaciones de la Inspección de la obra.

- Morteros de cemento.

Se definen los morteros de cemento como la masa constituida por árido fino, cemento y agua. En la fabricación de morteros se tendrá en cuenta la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Los tipos de mortero a emplear serán los que se definen en la siguiente tabla:

TIPO	DOSIFICACION CEMENTO
	(Kg/m3)
M-250	250 a 300
M-300	300 a 350
M-350	350 a 400
M-400	400 a 450
M-450	450 a 500
M-600	600 a 650

Las dosificaciones dadas son simplemente orientativas y, en cada caso, la Inspección Facultativa de la obra podrá modificarlas de acuerdo con las necesidades de la misma. El tamaño máximo del árido fino será de cinco milímetros.

- Pintado de superficies de hormigón. La protección con pintura de superficies de obras de fábrica, se realizará mediante las siguientes actividades y aplicaciones:

Preparación de la superficie.

- En la superficie a recubrir, se deberán reparar los defectos, eliminar grasas, aceites, suciedad, etc., y rascar cuidadosamente las zonas con recubrimientos antiguos.
- Antes de proceder a la aplicación de cualquier capa de pintura, la superficie deberá tener una humedad no superior al 3 %.

Revestimientos.

- La superficie preparada, se recubrirá con dos capas de pintura constituida fundamentalmente por una emulsión acuosa a base de copolímeros acrílicos o vinílicos, que cumplan la Norma UNE-48243 del tipo I para interiores y del tipo II para exteriores, reforzada con pigmento de alta resistencia a la intemperie.
- El espesor de cada capa será tal que cubra el fondo por opacidad.

Artículo 5. Elementos metálicos.

- Aceros en armaduras.

A) Barras corrugadas.

El acero a emplear en armaduras, salvo especificación expresa en contra, será siempre soldable. Irá marcado con señales indelebles de fábrica: informe UNE 36.811 "Barras corrugadas de acero para hormigón armado", informe UNE 35.812 "Alambres corrugados de acero para hormigón armado". Deberá contar con el sello de conformidad CIETSID, y con el correspondiente certificado de homologación de adherencia. Deberá responder a las siguientes características mecánicas mínimas:

DESIGNACIÓN DEL ACERO	LÍMITE ELÁSTICO f_y (N/mm ²)	CARGA UNITARIA DE ROTURA f_s (N/mm ²)	ALARGAMIENTO EN ROTURA (%)	RELACIÓN (f_s / f_y)
B - 400 S	400	440	14	1,05
B - 500 S	500	550	12	1,05

Las características químicas, mecánicas y geométricas se establecen en la Norma UNE 36068.

B) Mallas electrosoldadas.

Estarán formadas por barras corrugadas que cumplan lo especificado en el punto anterior o por alambres corrugados estirados en frío, contando con el correspondiente certificado de homologación de adherencia. Cada panel deberá llegar a obra con una etiqueta en la que se haga constar la marca del fabricante y la designación de la malla. Las características mecánicas mínimas de los alambres serán:

DESIGNACIÓN DE LOS ALAMBRES	LÍMITE ELÁSTICO f_y (N/mm ²)	CARGA UNITARIA DE ROTURA f_s (N/mm ²)	ALARGAMIENTO EN ROTURA (%)
B-500 T	500	550	8

Las características químicas, mecánicas y geométricas se establecen en la Norma UNE 36092.

C) Protección de superficies con pintura.

Todos los elementos metálicos estarán protegidos contra los fenómenos de oxidación y corrosión. La protección con pintura se realizará mediante los siguientes materiales, actividades y aplicaciones:

a) Materiales:

- Imprimación a base de resina epoxi de dos componentes (catalizador de poliamida) pigmentada con alto porcentaje de fosfato de zinc.
- Acabado a base de esmalte de poliuretano de dos componentes (catalizador alifático).

b) Preparación de la superficie:

- Se eliminarán grasas, aceite, sales, residuos cera, etc., mediante disolvente previamente a cualquier operación.

- En superficies nuevas o a repintar, las escamas de óxido, cascarillas de laminación y restos de escoria, suciedad y pintura mal adherida, se eliminarán con rasqueta y cepillo de alambre hasta obtener una superficie sana y exenta de impurezas que permita una buena adherencia del recubrimiento, evitando sin embargo pulir la superficie o provocar una abrasión muy profunda, correspondiente al grado St2 (Norma UNE-EN-ISO-8501).

- La eliminación de oxidaciones importantes y de recubrimientos anteriores de elementos que deban estar sumergidos en agua o sometidos a altas temperaturas, deberá realizarse mediante chorreado con arena o granalla hasta alcanzar un grado SA-2 o SA-2 1/2, respectivamente (Norma UNE-EN-ISO-8501).

c) Imprimación.

- Se realizará sobre la superficie preparada y seca mediante la aplicación de dos manos de imprimación.

- La primera mano de imprimación, se realizará por el Contratista en el taller de fabricación, debiendo transcurrir desde las operaciones de limpieza el menor tiempo posible. Las manos restantes podrán aplicarse al aire libre siempre que no llueva, hiele o la humedad relativa supere el 85 %.

- No recibirán ninguna capa de protección las superficies que hayan de soldarse, en tanto no se haya ejecutado la unión; ni tampoco las adyacentes en una anchura mínima de cincuenta milímetros (50 mm), medida desde el borde del cordón.

- El espesor de cada capa seca de imprimación, será de cuarenta a cincuenta micras (40 a 50 μ). El tiempo mínimo de aplicación entre dos manos será de veinticuatro horas (24 h).

d) Acabado.

- Sobre las dos capas de imprimación antes indicadas, se extenderán dos capas de acabado. El espesor de cada capa seca, será de 30 a 40 μ . (Norma INTA-160224).

e) Ensayos específicos de la pintura.

- Al inicio del pintado se presentará al laboratorio un envase de imprimación y otro de acabado.

- En ensayo de corrosión acelerada aplicado sobre una muestra de pintura seca completa, deberá aguantar 250 h en cámara de niebla salina de acuerdo con la Norma MELC-12104 y el de envejecimiento artificial acelerado 250 h de acuerdo con la Norma MELC-1294.

- Resistencia a la abrasión, según norma UNE-48250.

- Ensayo de plegado, según norma UNE-EN-ISO-1519.

- Ensayo de resistencia al impacto, según norma UNE-EN-ISO-6272.

Aquellos elementos visibles que forman parte de lo que genéricamente puede considerarse mobiliario urbano, el tipo de pintura de acabado deberá ser de color homogéneo RAL-6009 (verde oscuro).

ANEJO

ESTUDIO GEOTÉCNICO

Estudio geotécnico de Tiermas y territorios próximos, realizado por Esteban Faci Paricio en 1997

HOJA 175 - 1 (TIERMAS)

La presente Hoja y Memoria, ha sido realizado por "Informes y Proyectos, S.A. (INYPSA)", durante el año 1997, con normas, dirección y supervisión del Gobierno de Navarra, habiendo intervenido en ella los siguientes técnicos :

Dirección y Supervisión (Gobierno de Navarra)

Faci Paricio, Esteban
Proyecto
Dirección del

Autores y Colaboradores

Memoria	López Olmedo, Fabian (INYPSA)	Cartografia y
Memoria	Solé Pont, Javier (INYPSA)	Cartografia y
	Gil Gil, Javier (INYPSA)	Memoria
	Cabra Gil, Pilar.	Geomorfología
	Juan Jose Gomez	Sedimentología
	Alfredo Garcia de Domingo (INYPSA)	Geología regional
	Alberto Diaz de Neira (INYPSA)	Geología regional

0. INTRODUCCION

La Hoja a escala 1:25.000 de Tiermas (175-I), incluida en la Hoja a escala 1:50.000 de Sigüés, se localiza al Este de Navarra en el límite ya con la Comunidad Autónoma de Aragón, concretamente con la provincia de Zaragoza. Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra situada en el sector meridional de la zona surpirenaica, concretamente abarcando un área delimitada por los relieves de la Sierra de Leyre al norte y la canal de Berdún al sur, esta última cubierta en parte por el embalse de Yesa.

La Sierra de Leyre se sitúa entre los valles del Roncal y Salazar y conforma las estribaciones más meridionales del Pirineo navarro-aragonés en este sector y en ella se localiza la máxima elevación de la Hoja y de la sierra, concretamente el pico Escalar (1.200 m.), en el paraje conocido como Vallenegra y desde donde se observa una interesante panorámica de toda la región.

Por el contrario las cotas más bajas se localizan junto a la cerrada de Yesa, entorno a los 500 m de altitud ya en el sector más occidental de la canal de Berdún, depresión alargada de dirección este-oeste por la que discurre, aunque se encuentra embalsado, el río Aragón y en la que confluyen también otros afluentes de procedencia pirenaica. No obstante a ambos lados de la Sierra de Leyre se observa una disminución altimétrica, más acusada hacia el sur que hacia el norte.

La densidad de población es muy baja, prácticamente nula, encontrándose esta muy diseminada. Solo se localizan en la Hoja dos localidades, en la actualidad abandonadas: Ruesta y Tiermas, esta última dando nombre a la Hoja. La cerrada del embalse de Yesa se localiza en el límite más occidental de la cuadrícula.

La principal ocupación de la escasa población de la zona son las actividades rurales, principalmente la agricultura y ganadería, siendo nulo el desarrollo industrial. Las vías de comunicación discurren por la canal de Berdún siendo el principal eje la carretera que une Pamplona con Jaca, de donde parte también los accesos al valle del Roncal.

Desde el punto de vista geológico la zona estudiada se enmarca en las estribaciones meridionales del Pirineo occidental o navarro, unidad fisiográfica que forma parte de esa importante cadena montañosa lineal que se extiende desde el Mediterráneo hasta el Cantábrico estructurada en un cinturón de pliegues y

cabalgamientos de orientacion aproximada E-O con vergencia meridional y desarrollada desde finales del Cretáceo superior y hasta finales del Mioceno inferior como consecuencia de la colision de las placas iberica y europea. La cadena presenta una elevada simetria con respecto a su franja central, denominada Zona Axial en la que afloran los materiales más antiguos, paleozoicos, constituidos por rocas plutónicas y metamórficas, que conforman el zocalo regional. Flanqueando a la Zona Axial se disponen las Zonas Nor y Surpirenaica, constituidas por materiales mesozoicos y cenozoicos que integran la cobertera. Esta última zona cabalga sobre la Depresion del Ebro, que constituye la cuenca de antepaís del orógeno pirenaico y se encuentra rellena por sedimentos neógenos postorogénicos.

A grandes rasgos el Pirineo en el sector estudiado se ha dividido clasicamente segun una transvesal N-S y de acuerdo a sus caracteristicas fisiográficas y geologicas en Sierras Interiores y Sierras Exteriores.

Las Sierras Interiores estan constituidas por la Zona Axial y una cobertera muy potente mesozoica y paleógena marina imbricada hacia el sur, constituida fundamentalmente por materiales carbonatados y margosos. Las Sierras Exteriores, las más meridionales de todas cabalgan a la Cuenca del Ebro y presentan caracteristicas estratigráficas similares a las Interiores, aunque las series son mucho menos potentes. Entre ambas se desarrolla una importante estructura: el sinclinal de Guarga, constituido por potentes series detriticas paleógenas continentales.

La zona objeto de estudio se localiza en las estribaciones meridionales de las Sierras Interiores,entre los valles del Roncal y Salazar, constituyendo la Sierra de Leyre la lamina cabalgante aflorante más baja de dicha unidad morfoestructural. Esta lámina de direccion E-O cobija a las margas eocenas que constituyen el relleno de la cuenca de Jaca-Pamplona y en particular a las que rellenan la canal de Berdún, conformando en este sector estos materiales una suave estructura anticlinal de igual direccion. Más al sur en el cuadrante suroccidental, afloran series continentales paléogenas que se situan discordantemente sobre las series marinas infrayacentes y forman parte del relleno de la depresion de Sangüesa.

En general son muy numerosos los trabajos geologicos que existen sobre el Pirineo si bien la mayoria de ellos tienen un caracter regional, correspondiendo la mayor parte de ellos a tesis doctorales. Tales referencias aparecen en el capitulo correspondiente a la Bibliografia. De todos ellos han sido del maximo interes los

trabajos de PUIGDEFABREGAS (1975), LEON (1985), CHAVEZ (1985), CAMARA Y KLIMOWITZ (1985). Tambien resultan interesantes, por los datos que aportan los trabajos específicos relacionados con la exploracion de potasas de Navarra elaborados por ROSELL (1983), ADARO (1989) y DEL VALLE (inedito) asi como los procedentes de la cartografia y memoria del PLAN MAGNA. (1975) de la Hoja 175 (Sigües). Finalmente hay que destacar que la cartografia geologica de la Hoja está basada en la realizada por la DIPUTACION DE NAVARRA. actualizada y puesta al dia en base a criterios sedimentarios y tectónicos.

1. **ESTRATIGRAFIA**

La cartografía de esta Hoja se ha realizado en base a criterios modernos de estratigrafía secuencial, definiendo unidades tectosedimentarias limitadas por rupturas deposicionales con expresión cuencal. En cada unidad así definida y delimitada se ha cartografiado distintos cuerpos litológicos, determinando hasta donde ha sido posible, las variaciones espaciales y relaciones de facies que presentan.

La descripción de los distintos niveles cartografiados se ha realizado con el apoyo de las distintas bases de datos elaboradas en esta Hoja, agrupando estos niveles en las distintas unidades tectosedimentarias que se han definido en esta región, teniendo en cuenta la escala de trabajo y su carácter, eminentemente cartográfico.

1.1. CRETACICO

1.1.1. Crétacico superior

La serie cretácica reconocida presenta notables afinidades litoestratigráficas con las unidades descritas por TEIXELL (1992) en la zona de Candanchú, correspondientes de muro a techo a : Fm. Calizas de los Cañones atribuida al Turoniense - Santoniense, Fm. Margas de Zuriza del Campaniense - Maastrichtiense y Fm. Areniscas de Marboré de edad esencialmente maastrichtiense.

La primera de las formaciones mencionadas no aflora dentro de la zona de estudio si bien se distingue en sectores colindantes pertenecientes a la comunidad autónoma de Aragón, por lo que la Fm. Margas de Zuriza constituye la primera de las unidades cartográficas descritas en el capítulo de estratigrafía. La Fm. Areniscas de Marboré presenta una parte inferior compuesta por calcarenitas y areniscas calcáreas y una parte superior de areniscas y conglomerados silíceos que se ha asignado por su similitud litoestratigráfica a la Fm. Areniscas de Arén descrita en el sector central de la cuenca surpirenaica (provincias de Huesca y Lérida).

1.1.1.1. Margas y margocalizas grises . (1). Campaniense - Maastrichtiense

Aflora esta unidad en la Sierra de Leyre a favor de uno de los cabalgamientos sobre calizas del Eoceno. Se reconoce en el camino de ascenso al Coll de Leyre que parte desde el Monasterio.

Corresponde a un tramo esencialmente margoso de unos 80 m de potencia media, correlacionable con la Fm. Margas de Zuriza (TEIXELL, 1992).

Litológicamente está constituido por margas gris-azuladas con intercalaciones eventuales de margas calcáreas nodulosas y limolitas calcáreo-margosas de grano fino. A techo suele intercalar capas tabulares de calcarenitas bioclásticas y areniscas calcáreas. El contenido paleontológico es elevado, la unidad contiene abundantes restos de bivalvos, equinídos, braquiópodos y foraminíferos pelágicos y bentónicos, (distinguiéndose Echynocorys piramidalis (PORTLOCK), E. Vulgaris, (BREYNUS) y Ostrea cf. Canaliculata (SOW)).

El conjunto tiende a organizarse en ciclos de somerización de rango métrico - decamétrico compuestos por margas homogéneas en la base y margas calcáreas o limolitas a techo, donde pueden desarrollarse superficies ferruginosas y de condensación de fauna. Las intercalaciones calcareníticas y areniscosas de la parte superior de la unidad presentan laminaciones tractivas (wave ripples y hummoky cross stratification) asimilándose a capas de tormenta.

En localidades próximas a la zona cartografiada, ya en la Comunidad Autónoma de Aragón se observa que la unidad presenta un contacto neto con la Fm. carbonatada infrayacente (Fm. Calizas de los Cañones) desarrollándose una superficie ferruginosa y de condensación sedimentaria a techo de esta última. Por el contrario el contacto con la unidad suprayacente es más transicional de acuerdo con un esquema de somerización general y progradación deltaica.

La unidad se enmarca en un contexto de plataforma abierta -prodelta con rasgos pelágicos en la parte baja y con influencia de tormentas en la parte alta.

La edad se establece en el Campaniense - Maastrichtiense, por comparación con localidades próximas (Sierra de Alaiz y Macizo de Oroz - Betelu esencialmente), dado el carácter banal de la fauna determinada.

1.1.1.2. Calcareitas y calizas arenosas con intercalaciones de areniscas hacia techo.(2). Campaniense - Maastrichtiense

Esta unidad se corresponde con los materiales que dan origen al gran escarpe rocoso que destaca en el paisaje sobre la vertiente meridional de la Sierra de Leyre.

Los cortes de esta unidad son bastante buenos si bien resultan ser inaccesibles dado los farallones que conforman, por lo solo se puede llevar a cabo observaciones parciales de esta unidad. Un buen corte se tiene en el camino de acceso al Coll de Leyre, ya en las proximidades de este.

Se correlaciona con la Fm. Arenicas de Marboré (SOUQUET, 1967) y litológicamente se distingue como un conjunto de calcarenitas que hacia techo pasan a areniscas calcáreas. Presenta un contacto transicional con la unidad precedente, estimándose una potencia de unos 100 - 150 m.

Los niveles de calcarenitas se presentan en bancos de potencia decimétrica a métrica, pueden alternar con margas calcáreas y limolitas en la parte inferior de la Fm. y tienden a organizarse en secuencias estratocrecientes de orden decamétrico, caracterizando complejos de barras submareales en contextos de frente deltaico. Texturalmente corresponden a packstones - grainstones y granstones - rudstones con cemento esparítico, bioclastos, granos de cuarzo y glauconita como principales aloquímicos, y con la presencia característica de opacos e impregnaciones de óxidos metálicos.

El contenido fósil es variado distinguiéndose restos de bivalvos, braquiópodos, briozoos, corales, gasterópodos, equinodermos, foraminíferos, algas y ostrácodos. Las estructuras sedimentarias consisten en laminación cruzada de tipo sigmoidal y bimodal, ripples de oleaje, laminaciones onduladas, drappes y cantos blandos. Las calcarenitas se enriquecen progresivamente en cuarzo a medida que se alcanzan niveles superiores en la serie hasta predominar los términos de areniscas sobre las calcarenitas.

Las areniscas se organizan en paquetes métricos de tendencia granodecreciente con base erosiva, pertenecientes a facies canalizadas, siendo menos frecuentes las secuencias de barra. Litológicamente corresponden a areniscas calcáreas

de grano medio-grueso a medio-fino, con cemento esparítico, y la fracción clástica está formada principalmente por cuarzo, bioclastos e intraclastos calcáreos. Las estructuras tractivas que presentan corresponden a sets tabulares de láminas cruzadas, planares y sigmoidales con frecuente bimodalidad, ripples de oleaje, depósitos de carga residual y laminaciones onduladas caracterizan contextos de llanura deltaica inferior en régimen inter y submareal.

Diversos análisis realizados en el Hoja MAGNA a escala 1:50.000 de Sigüés sobre las areniscas de la unidad, indican que se trata de calcilitas con unos contenidos de fracción clástica comprendidos entre el 60% y el 70% con 20-25% en cuarzo, 40% en fragmentos de rocas carbonatadas y 3-4% en feldespatos, con micas, pizarras y chert en porcentajes inferiores a 1% y correspondiendo el 30-40% restante de la roca a cemento microesparítico y escasos bioclastos.

Las determinaciones micropaleontológicas denotan la presencia de Miliólidos, Orbitoides, Texturálidos y Anomalínidos destacando en la parte superior de la unidad la existencia de Siderolites calcitrapoides (LAMARCK), Omphalocyclus macroporus (LAMARCK) y Orbitoides medios (D'ARCHIAC) que indican una edad de Maastrichtiense superior. En base a las anteriores determinaciones y de la correspondencia lateral que presenta la unidad con la Fm. margosa infrayacente, su edad se establece en el Campaniense superior - Maastrichtiense, aunque la mayor parte de la unidad debe corresponder al Maastrichtiense.

1.1.1.3. Areniscas y conglomerados. Areniscas de Arén.(3). Maastrichtiense

Aflora esta unidad por una gran parte de Hoja, concretamente en la Sierra de Leyre constituyendo parte del espaldar de la misma.

Se reconoce en distintos puntos de acceso de los accesos a dicha sierra por su vertiente norte como p.e.en la pista de subida al Arangoiti, o en el camino al Coll de Leyre así como a lo largo de la crestería de la misma..

Presenta un contacto transicional con la unidad infrayacente a la que pasa íntegramente hacia el oeste por cambio lateral de facies.

Litológicamente la unidad está formada por areniscas silíceas y conglomerados de cuarzo que se organizan en secuencias métricas de relleno de canales

fluviomareales pueden intercalar delgados intervalos de limos y lutitas grisáceas. Las estructuras sedimentarias consisten en sets tabulares de estratificación cruzada, planar y sigmoidal, en areniscas y gravas, depósitos conglomeráticos de carga residual, bioturbación a techo de las secuencias de relleno de canales junto con rasgos edáficos incipientes, y eventualmente, estratificación bimodal y ripples de oleaje.

Los términos de areniscas presentan tamaños de grano de muy grueso a medio-fino, buena selección, matriz feldespática - caolinífera, y escasa cementación. Los conglomerados consisten en depósitos clastosportados, medianamente cementados, con matriz cuarzo-feldespática de grano grueso, y los clastos casi exclusivamente de cuarzo, presentan un alto grado de rodamiento y diámetros comprendidos entre 0,5 y 8 cm. Los términos de areniscas silíceas y conglomerados se enmarcan en un medio de llanura deltaica superior en régimen inter-supramareal.

Las paleocorrientes registradas se dirigen principalmente hacia el ONO, dato coherente con la distribución paleogeográfica regional, siendo relativamente frecuentes las lecturas en sentido opuesto (ESE) claramente generadas por flujos mareales.

1.1.1.4. Lutitas rojas. Facies Garumniense.(4). Maastrichtiense superior-Daniense inferior

Afloran estos materiales en el extremo nooriental de la Hoja, en lo alto de la Sierra de Leyre y en el paraje conocido como Vallenegra así como en las inmediaciones del pico Escalar, una de las atalayas de dicha alineación, donde se tiene un buen corte de esta unidad. Se reconoce bien en distintos puntos de la estructura anticlinal que dibujan estos materiales en lo alto de la sierra, como p.e. en el camino que procede de Castillonuevo.

Se integra la facies Garumniense dentro del apartado del Cretácico superior puesto que parece presentar ciertas analogías genético-sedimentarias con la unidad infrayacente (Areniscas de Arén) y principalmente debido al contacto truncacional de las dolomías paleocenas a techo

La facies Garumniense constituye un intervalo de unos 20-25 m de potencia, que lateralmente hacia el Oeste tiende a desaparecer. A pesar de su reducida potencia y

escasa representación cartográfica, destaca en el terreno por constituir un tramo blando de tonos rojizos muy intensos entre los resalte de la Fm Marboré - Arenisca de Arén y de las series carbonatadas del Paleoceno.

Litológicamente predominan los términos lutíticos compuestos por arcillas y limos rojizos con desarrollo de suelos lateríticos y arcillas margosas gris-verdosas intensamente bioturbadas. Asociados a los términos margosos se reconocen niveles de calizas micríticas arcillosas nodulizadas con eventuales vestigios de flora y fauna lacustre, en los que se ha determinado Tectochara sp., Peckichara sp., Microchara sp. y Platychara gr. cantata que indican edades próximas al límite K - T.

El contacto con la unidad infrayacente es neto, si bien suele desarrollarse un intervalo de calizas intraclásticas con influencia lacustre que marca el tránsito de los ambientes deltaicos de la Fm. Marborée - Areniscas de Arén a una sedimentación en régimen continental propia de la facies Garumniense.

Esta unidad se enmarca por tanto en un ambiente de llanura fangosa ligada a frentes muy distales de sistemas aluviales donde los términos rojizos indican una sedimentación en régimen subaéreo, sometida a intensos procesos edáficos, y las facies grisáceas, más carbonatadas marcan episodios de generación de zonas lagunares o lacustres de permanencia variable.

1.1.2. Análisis secuencial y paleogeográfico del Cretácico superior

El conjunto del Campaniense - Maastrichtiense, está representado por las Fms. Zuriza y Marboré, y constituye un ciclo de 2º orden en el sentido de VAIL et al. (1990). La Fm. Zuriza representa el intervalo transgresivo, y la Fm. Marboré se interpreta como un episodio regresivo y de progradación hacia la cuenca del sistema deltaico.

En conjunto el ciclo manifiesta una evidente tendencia a la somerización con desarrollo de facies pelíticas prodeltaicas en la base que pasan transicionalmente a términos calcáreos bioclásticos de frente deltaico, y finalmente se desarrollan depósitos

siliciclásticos de llanura deltaica progresivamente más someros, que culminan con los materiales de la facies Garumniense generados en ambientes continentales.

El límite inferior del ciclo está marcado por una superficie ferruginosa y de interrupción sedimentaria desarrollada a techo de los depósitos de plataforma somera del Santoniense (Fm. Calizas de los Cañones). El límite superior corresponde a una superficie de posible truncación sedimentaria definida por el contacto neto con las dolomías de base del Paleoceno que se sitúan de Este a Oeste sobre el Garumniense, Areniscas de Arén y, calcarenitas y areniscas de la Fm. Marboré.

La paleogeografía de la cuenca durante el Campaniense - Maastrichtiense se deduce a partir de la distribución regional de facies y espesores, dando como resultado una apertura y profundización general hacia el ONO. La Fm. Margas de Zuriza aumenta de potencia en este sentido incorporando facies turbidíticas. Hacia el Este (fuera de Hoja) se adelgaza y acuña, de modo que la Fm. Marboré se dispone directamente sobre el Santoniense dificultando por convergencia de facies su individualización.

La Fm. Marboré desaparece hacia el ONO por tránsito lateral a la Fm. Zuriza, y aumenta de potencia en sentido contrario donde aparecen facies más someras, que culminan con el desarrollo de los depósitos continentales del Garumniense.

1.2. TERCIARIO MARINO

El Paleógeno marino puede dividirse, a grandes rasgos en dos grandes conjuntos deposicionales, el conjunto inferior es esencialmente carbonatado y comprende términos del Paleoceno, Ilerdiense y Luteciense inferior. El superior está representado principalmente por materiales margosos que abarcan el Luteciense superior, Bartonense y mayor parte del Priaboniense. El techo del Paleógeno marino está caracterizado por el desarrollo de facies evaporíticas y lagunares que marcan el tránsito al Terciario continental.

1.2.1. Paleoceno - Ilerdiense

Constituye un intervalo carbonatado de unos 100 - 150 m de potencia. Se distingue una parte inferior dolomítica asignada al Dano - Montiense y Thanetiense inferior, y una parte superior esencialmente calcárea perteneciente al Thanetiense -

Ilerdiense. Ambos términos presentan una notable contaminación terrígena, apareciendo localmente niveles de areniscas calcáreas y abundantes granos dispersos de cuarzo.

1.2.1.1. Dolomías ocres y grises. (5). Daniense - Thanetiense inferior

Afloran estos materiales en el espaldar de la Sierra de Leyre, en el límite septentrional de la Hoja. También se reconocen en las proximidades de la Foz de Arbayun y del pico Arangoiti, teniendo los mejores cortes en los alrededores de dicho pico y en la pista a Bigüezal.

Su potencia se cifra en torno a los 45 - 60 m y se dispone de forma neta sobre el Garumniense y otras unidades del Maastrichtiense. La unidad está compuesta principalmente por dolmicoesparitas tableadas con escasos restos reconocibles de Miliólidos. Presentan contactos ondulados e incorporan tramos de dolomías masivas. En la base y techo del conjunto aparecen generalmente términos más ricos en terrígenos representados por dolarenitas con abundantes granos de cuarzo y frecuentes laminaciones tractivas, (estratificación cruzada sigmoidal y bimodal, y hummocky cross stratification). En general predominan las secuencias estrato y granocrecientes asimilables a morfologías de barras, por lo que la unidad se interpreta como un complejo de barras litorales en plataforma carbonatada somera.

Se dispone de los datos analíticos de una muestra de esta unidad, contenidos en la documentación complementaria de la Hoja MAGNA a escala 1:50.000 de Sangüesa (174) que indican contenidos del 15% en cuarzo, 5% en bioclastos, 2% en intraclastos, correspondiendo el resto de la muestra a dolesparita (78%).

La edad se establece entre el Daniense y Thanetiense inferior por la posición estratigráfica y correlación tentativa con los términos inferiores del Paleoceno en la zona de Garralda y Abaurrea situadas más al norte y de Salvatierra de Esca, ya hacia el Este, fuera de la zona estudiada.

1.2.1.2. Calizas grises con Alveolinas. Nivel (6). Thanetiense superior - Ilerdiense

Aflora ampliamente por todo el sector mas septentrional de la Hoja, reconociendose tanto al Oeste, cerca de la Foz de Arbayun, como hacia el Este, en el Escalar y Vallenegra.

Los afloramientos por lo general son de buena calidad y en ocasiones espectaculares, como los del barranco de Valdelacasa. Los mejores puntos de observacion se localizan al sur de Castillonuevo, en la pista que asciende a la Sierra de Leyre por su vertiente norte, desde las proximidades de Castillonuevo.

Se integran en esta unidad los términos calcáreos del Thanetiense superior-Ilerdiense por su similitud litológica y sedimentológica, constituyendo un paquete carbonatado de unos 100 - 150 m de potencia.

El Thanetiense superior- Ilerdiense , constituye un tramo calcáreo de unos 50 a 90 m de potencia, con frecuentes intercalaciones terrígenas presentando facies características de ambientes de plataforma somera. El principal dispositivo de sedimentación se articula a partir de complejos de barras litorales reconocibles como secuencias negativas de potencia métrica a decamétrica compuestas por packstones tableadas en la base y grainstones o calcarenitas areniscosas con estratificación cruzada, a techo.

Presentan cemento esparítico o microesparítico, y los principales aloquímicos son los bioclastos (Miliolidos, fragmentos de algas calcáreas, corales individuales y Rotálidos) y los granos de cuarzo, siendo localmente abundantes las oncoídes, ooides e intraclastos. Menos frecuentes son las facies carbonatadas canalizadas consistentes en niveles masivos de potencia decimétrica-métrica de calcarenitas areniscosas, con base erosiva, gradación textural y granulométrica positiva, y estratificación cruzada sigmodial y bimodal.

Las facies de baja energía están representadas por mudstones - wackestones tableados con eventuales intercalaciones margosas cuyos aloquímicos corresponden a fragmentos de algas calcáreas, Miliólidos, intraclastos y escasos granos de cuarzo dispersos. Se interpretan como depósitos de plataforma somera interior lagoon carbonatado, en zonas protegidas por los complejos de barras.

Los análisis petrográficos recogidos de la documentación de la Hoja MAGNA a escala 1:50.000 de Sangüesa, indican que las calizas micríticas muestran

porcentajes de aloquímicos en torno al 60% representados por bioclastos (40%) e intraclastos (20%), correspondiendo el 40% restante de la roca a micrita. Los términos más energéticos, de acuerdo con la información consultada son esencialmente bioclasticos alcanzando contenidos en fósiles de hasta el 99% de la roca.

Se dispone de determinaciones paleontológicas procedentes de la misma fuente de información que indican la existencia de Distichoplax biseralis (DIETRICH), Microcodium elegans (GLÜCK), Alveolina (Glomalveolina) aff. Dachelensis, SCHWAGER, Rotalia cf. Trochidiformis, LAM, Desticleoplax (DIETR.), Litheothamniun, Miliolídos, Cebicidos, Algas solenoporáreas y Coralarios. Por otra parte ROBADOR (1990), realiza un minucioso estudio en el Paleoceno e Ilerdiense de Salvatierra de Esca determinando las siguientes especies que caracterizan el Thanetiense superior : Alveolina (Glomalveolina) primaeva, pequeños Rotálicos, Kathina sp., Miliolídos, Alveolina (Glomalveolina) levís, Alveolina aff. Dolioliformis, Alveolina aff. Aramaea, Alveolina aff. Avellana, Alveolina aff. Cucumiformis y Operbitolites gracilis.

El Ilerdiense está formado por un intervalo calcáreo de unos 30 - 60 m de potencia superpuesto al Thanetiense superior del que resulta difícil diferenciar cartográficamente por su similitud litológica. La principal característica distintiva radica en el mayor contenido de Alveolinas, con frecuencia muy abundantes.

La sedimentación se desarrolla principalmente a partir de complejos de barras en plataforma carbonatada somera, que se reconocen como secuencias estrato y granocrecientes de calizas bioclásticas y calcarenitas con texturas de packstone - grainstone en la base y grainstone - rudstone a techo. Los principales aloquímicos son los bioclastos, pertenecientes mayoritariamente a Alveolinas, y en menor medida de fragmentos de algas calcáreas, bivalvos y otros foraminíferos. En la parte superior aparecen con frecuencia granos de cuarzo, y en ocasiones se distinguen láminas y lechos microconglomeráticos. Las estructuras tractivas consisten en laminaciones onduladas, ripples de oleaje, y estratificación cruzada de gran escala.

Localmente pueden reconocerse, en la base del Ilerdiense, margas y limolitas calcáreas grises de grano fino.

En la realización de las Hojas MAGNA de Sigüés (175) y Sangüesa (174) se distinguieron las siguientes especies características del Ilerdiense medio : Alveolina

ragonensis (HOTT.), A. (Glomalveolina) lepídula (SCHWAG.), A. Subpirenaica (LEHM.), A. Cf. Pisiformis (HOTT.), A. Moussoulensis (HOTT.), A. Leupoldi (HOTT.), A. Rotundata (HOTT.), Operbitolites biplanus (LEHM.), Operculina canalífera (D'ARCH.), O. Subgranulosa (D'ORB.), Nummulites (gr. Glóbulus) y Nummulites sp..

La fauna del Ilerdiense determinada por ROBADOR (1990) en Salvatierra de Esca es la siguiente : Alveolina dolioliformis, A. Aramaea, A. Avellana, A. (Glomalveolina) lepídula, A. (G) pilula, A. (G.) subtilis y Operbitolites grátilis que se han enmarcado en las biozonas de A. Cucumiformis y A. Ellipsoidallis, características del Ilerdiense inferior y medio.

1.2.2. Eoceno

Exceptuando los términos cárquicos de Luteciense inferior y las calizas con Alveolinas del Ilerdiense que se han descrito de forma conjunta con el Thanetiense, el Eoceno se presenta en facies esencialmente margosas con intercalaciones minoritarias carbonatadas y areniscosas de carácter turbidítico definiendo contextos de plataforma prodeltaica, talud y cuenca con rasgos pelágicos.

Desde el punto de vista estratigráfico se diferencian cinco conjuntos deposicionales principales que de muro a techo corresponden a :

- A. Cisiense superior - Luteciense inferior. Está integrado principalmente por depósitos de calizas bioclásticas y calcarenitas (Fm. Calizas de Guara, unidad 6) que hacia el Norte pasan lateralmente a una serie margocalcárea correlativa con la unidad de Cotejabo del Grupo de Hecho (unidad 7).
- B. Luteciense superior. Constituye un conjunto formado por depósitos margocalcáreos con frecuentes niveles desorganizados (unidad 8) dispuestos en marcada relación de on-lap sobre el conjunto anterior que hacia el Norte aumenta de potencia incrementando el contenido en términos margosas (unidad 9) e incluye olistolitos calcáreos de grandes dimensiones (unidad 10). Mas al Norte pasa a términos turbidíticos (unidad 8) de la unidad de Fiscal, pertenecientes al Grupo de Hecho.

- C. Luteciense superior - Bartoniense. Está representado por una potente serie margosa con rasgos hemipelágicos (unidad 12) que intercala términos turbidíticos muy divididos (Flisch de Irurozki). A muro puede reconocerse un nivel olistostromico con estructura de Megaturbidita (unidad 11) asimilada a la MT7 de LABAUME (1983). A techo culmina con el nivel guía de Urroz-Lumbier, conocido en el sector como Limolitas de Urroz (unidad 13). Localmente puede presentar en la parte inferior, desarrollo de niveles desorganizados que integran bloques de carbonatos de las unidades eocenas infrayacentes.
- D. Bartoniense - Priaboniense. Corresponde al conjunto de las Margas de Pamplonas.s.l.. Se divide en dos unidades secuenciales cuya individualización viene dada por la entrada de un tramo de características turbidíticas. De esta forma se distingue un conjunto inferior correspondiente a las Margas de Pamplona s.s. (unidad14), que en la Hoja de Pamplona (141) culmina con un nivel de plataforma deltaica conocido como calcarenitas de Gazolaz o Areniscas de Cizur (PUIGDEFABREGAS, 1975). El conjunto superior está integrado de muro a techo por las turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tabar (unidades 15, 16 y 17), Margas de Ilundain (unidad 18) y a techo un reducido nivel de facies deltaicas que se ha denominado como Areniscas de Celigueta (unidad 19).
- E. Priaboniense superior - Headoniense. Corresponde a la Fm. Guendulain y marca el tránsito de los ambientes marinos del Eoceno a la sedimentación continental del Oligoceno que se prolonga en la Cuenca del Ebro hasta el Neógeno. Está integrado de muro a techo por depósitos de sales cloruradas (Fm. Evaporítica de Navarra) que no afloran en la zona de estudio, Margas fajeadas (unidad20) y Areniscas de Liédena o Galat (unidades 21 y 22).

1.2.2.1. Calizas ocres y grises de aspecto masivo. Calizas de Guara.(7). Cuisiense superior - Luteciense inferior

Se reconoce esta unidad en la parte frontal de la Sierra de Leyre, siendo cabalgada por los materiales carbonatados del Cretacico superior cabalgando, todo ello a su vez sobre las margas eocenas. Los cortes son de buena calidad aunque de difícil accesibilidad, dando lugar estos materiales a resaltes morfológicos de cierta consideración

Constituye un intervalo calcáreo de unos 100 m de potencia correlacionable con la Fm. Calizas de Guara (PUIGDEFABREGAS, 1975) y que equivale a la serie calcárea luteciense de la Sierra de Alaiz (Hojas de Pamplona, 141 y Tafalla, 173).

Esencialmente está formado por un complejo de barras submareales en plataforma carbonatada somera destacando dos resaltes mayores principales. Las secuencias de barras presentan potencias decamétricas y están representadas por términos de packstone - grainstone bioturbado en la base que pasan en vertical a grainstones - rudstones bioclásticos, con estratificación cruzada de muy gran escala dirigida hacia el NO. Los principales componentes aloquímicos son los Nummulites, distinguiéndose fragmentos de corales, algas calcáreas y otros foraminíferos, y en algunos intervalos, abundantes granos de cuarzo.

Los análisis petrográficos realizados en la Hoja MAGNA a escala 1:50.000 de Sangüesa indican que los fósiles son los principales componentes aloquímicos presentando valores comprendidos entre el 80% y 40%, si bien los porcentajes más comunes se encuentran entre el 60 y 70%. El cuarzo aparece ocasionalmente como componente minoritario no superando el 5%. Los ortoquímicos se presentan en contenidos que oscilan normalmente entre el 30% y 40% de la roca distinguiéndose micrita y esparita en proporciones muy variables.

Las determinaciones paleontológicas ofrecen una dilatada lista de fauna característica del Luteciense inferior entre la que destaca : Alveolina levantina , HOTT, A. Gigantea, CHECC. - RISP., Nummulites cf. Batalleri, R. GAONA, N. Gr. Laevigatus, BRUH., N. Cf. Planulatus, LAM., N. Cf. Tavertetensis, CLAVEL y REGUANY, N. Cf. Millecaput, BOUBEE, Asterodiscus stallatis, BRUNN., Discocyclina sella, D'ARCH., Fabiania casis, OPPENH., Eorupertia magna LE CALV., Orbitolites complanatus, LAM., Miliólidos, Lithothamnium y Briozoos.

La unidad pasa hacia el Norte a facies magocalcáreas de margen de plataforma - talud que caracterizan el tránsito al surco turbidítico del Grupo de Hecho. La base está definida por una importante discontinuidad sedimentaria evidenciada por una laguna estratigráfica que comprende la parte alta del Ilerdiense y por lo menos el Cuisiense inferior.

A techo se localiza una discordancia marcada por la disposición en on - lap del conjunto margocalcáreo del Luteciense superior y por el desarrollo de una superficie de truncación y ferruginización en el contacto.

1.2.2.2. Alternancia de margas y margocalizas y ocres. Ritmita. Nivel (8). Cuisiense superior. Luteciense inferior

Aflora esta unidad en el cuadrante nororiental de la Hoja ,en el espaldar de la Sierra de Leyre, al sur de Castillonuevo.

Los afloramientos con frecuencia se encuentran enmascarados por vegetación y los cortes de la unidad suelen ser parciales. El mejor corte se tiene en los taludes de una pista de acceso a la sierra desde la mencionada localidad.

Constituyen estos depósitos, un tramo de naturaleza margocalcárea tipo ritmita de color gris-ocre que aumenta de potencia hacia el Norte pasando en este sentido, fuera de la zona de estudio, a términos turbidíticos del Grupo de Hecho. Por su posición estratigráfica debe corresponder a la Unidad de Cotelabio (REMACHA, 1983) que se encuentra entre la MT4 y MT5 (LABAUME et al. 1983).

Hacia el sur disminuye de espesor de esta unidad y presenta una evidente relación lateral con los términos basales de la Fm. Calizas de Guara, hasta acuñarse totalmente. En la base de esta ritmita se puede reconocer una brecha de cantos calcáreos de poco espesor así como una costra ferruginosa desarrollada sobre el techo de la unidad carbonatada infrayacente

Litológicamente, la unidad está representada por una alternancia rítmica entre margas y capas decimétricas de calizas margosas. Estas últimas corresponden texturalmente a wackestones micríticos margosos, con foraminíferos pelágicos. Son frecuentes los niveles desorganizados por procesos de desestabilización gravitacional, consistentes en slumping, debris - flow y mud - flow.

La unidad se enmarca en un medio de plataforma abierta - talud, constituyendo el tránsito entre el margen de la plataforma carbonatada de la Fm. Guara y el surco turbidítico del Grupo de Hecho.

1.2.2.3. Margas y areniscas. Turbiditas. Grupo de Hecho.(9). Luteciense superior

Aflora esta unidad en el angulo mas nororiental de la zona estudiada, cerca ya de Castillonuevo, en la margen izquierda del valle que transcurre por el paraje de la Garona. Sus afloramientos son de mala calidad, si bien en zonas proximas fuera de la zona de estudio, presentan buenas condiciones de observacion.

Estas facies turbidíticas incluidas en el Grupo de Hecho son equivalentes al denominado Grupo Arro y aparecen al Norte de la Sierra de Leyre, formando parte de la serie del Sinclinal de Salvatierra. Por su posición estratigráfica deben corresponder a la Unidad de Fiscal (VAN LAUSEN, 1970; ESTRADA, 1982; RIOS et al., 1982), que se encuentra delimitada entre las megacapas MT5 (Roncal - Fiscal) y MT7 (Artesa) de acuerdo con la terminología de LABAUME et al. (1983).

Constituyen un conjunto margoso y areniscoso de color ocre y grisaceo, en alternancia ritmica, que constituyen turbiditas terrígenas en facies de lóbulo y fan-fringe y hacia techo intercalan esporádicamente facies margocalcáreas de carácter hemipelágico, caracterizando en conjunto un contexto de basin plain. La presencia de restos de Alveolinas y Nummulites del Grupo Perforatus (ROBADOR et al., 1990) en Salvatierra de Esca permiten su asimilación al Luteciense superior.

1.2.2.4. Margas grises. Margas de Pamplona. (10). Bartoniente

Sus afloramientos se localizan en el sector central de la Hoja, en la margen izquierda del embalse de Yesa, ocupando parte de la denominada canal de Berdum.. Se trata de una unidad muy potente, plegada que solo ofrece cortes parciales de la misma a favor de barranqueras y zonas de acarcavamiento. No obstante los mejores cortes se localizan en las inmediaciones de la cerrada de Yesa.

Corresponde a un potente conjunto margoso delimitado a muro por el nivel de Urroz y a techo por la entrada de las turbiditas de Gongolaz y de Yesa. Su potencia puede superar en algunos puntos los 700 m si bien es difícil de precisar debido a su homogeneidad litológica.

Generalmente el conjunto se organiza en secuencias de somerización de orden decamétrico constituidas por margas grises masivas que en vertical incorporan términos de margas calcáreas, a veces nodulosas o limolitas calcáreas margosas. A techo de las secuencias, se desarrollan eventualmente superficies ferruginosas de interrupción sedimentaria y de condensación de fauna con abundantes serpúlidos, bivalvos, Equinodermos, Gasterópodos, Briozoos, Corales y Foraminíferos plantónicos y bentónicos.

Los análisis petrológicos de estas margas, ofrecen valores de un 84% de minerales de arcilla y la calcita, representa un 3%, consistiendo en bioclastos, cuyo tamaño oscila entre 0,05 y 0,5 mm de microforaminíferos, Miliólidos y Globigerinas: Los opacos son el 3% y se presentan en tamaños comprendidos entre 0,02 y 0,25 mm, el cuarzo un 10% de tamaño entre 0,05 y 0,07 mm, con micas se encuentran en un porcentaje menor al 1%.

Los análisis mineralógicos, han determinado un porcentaje de cuarzo que oscila entre el 15-17%, de calcita entre 40 y 51%, de illita entre el 20 y 40%, caolinita entre el 5 y el 12%, attapulgita con el 13% como máximo y ankerita el 6% como máximo.

Los estudios micropaleontológicos han determinado gran cantidad de fauna, entre ella : Textularia recta CUSHM. T. Adalta (CUSHM), t. Speyeri REUSS, Gaudryuina quadrilatera CUSHM, Tritaxilina pupa (GUMB, Gyroidina guayabaleensis (COLE), Chilostonella cylindroides REUSS, Nodosaria hermanni ANDR, Valunlina nummulina (GUMB), Cibicides pseudoungerianus CUSHM, Eponides quachitaensis HOWE y WALL, Globigerina senni (BECKM), G. Eocena GUMB, G. Parva BOLLI.

La presencia característica de Globigerapsis kiglori BL&T., Hastigerina micra, COLE y Lenticulina sp., constatada por BROUWER et LA HAYA (1973-74), asociación que presenta un porcentaje superior al 75% en formas plantónicas, permite la asignación al Bartoniente.

Desde el punto de vista paleogeográfico, las Margas de Pamplona constituyen el equivalente en facies prodeltaicas de la Fm. Belsue-Atarés (PUIGDEFABREGAS, 1975) que se desarrolla al SE representando los términos de frente deltaico del sistema. Términos análogos a la Fm. Belsue - Atarés han sido reconocidos recientemente en la Hoja de Pamplona (141), donde se conocen como

Areniscas de Cizur o Calcarenitas de Gazolaz, indicando el desarrollo de aparatos deltaicos de manifiesta procedencia meridional.

1.2.2.5. Margas grises con algunas intercalaciones de areniscas. (11). Alternancia de areniscas ocres y lutitas, (12) “Turbiditas de Yesa”. Bartoniense - Priaboniense inferior

Estas dos unidades se situan a techo de las Margas de Pamplona en el borde oriental de la hoja. Los mejores afloramientos se localizan en los alrededores del embalse de Yesa, concretamente junto a la cerrada, en la margen derecha de esta. No obstante, hacia el Oeste, fuera ya de zona, en la pista de acceso al canal de las Bardenas o en la carretera de Yesa a Sangüesa, se localizan tambien cortes parciales de estos depositos.

Con frecuencia presentan pliegues menores que conllevan a veces a repeticiones y cambios de buzamientos en la serie con la consiguiente dificultad en las observaciones y continuidad de la misma.

Este conjunto de unidades corresponde a un intervalo de carácter turbidítico que en el sector del sinclinal de Izaga constituye el criterio de separación entre las Margas de Pamplona s.s y las Margas de Ilundain y que en el ámbito de Yesa se encuentra inmediatamente a muro de la Fm. Guendulain.

Existe un notable número de estudios que hacen referencia al complejo turbidítico (NAVEZ 1986; LEON, 1975; ADARO, 1988, PUIGDEFABREGAS, 1975 entre otros), en los que se proponen distintas denominaciones: Turbiditas de Gongolar, Tabar y Tajanar, Turbidita de Izaga, canales de Gonzalaz y Tabar, Flysch de Tajonar, para los depósitos turbidíticos existentes en el Sinclinal de Izaga, mientras que se mantiene comúnmente el término de Turbiditas o Flysch de Yesa para los materiales turbidíticos desarrollados en el entorno de esta localidad.

El complejo turbidítico alcanza unos 400 m de potencia en la Sierra de Tabar (sector oriental del Sinclinal de Izaga). Las paleocorrientes registradas indican una expansion del sistema turbidítico hacia el O.NO.

En el sector de Yesa se estima un espesor de unos 100 -150 m. Las lecturas de las paleocorrientes ofrecen valores dirigidos hacia el S.SO.

Se organiza en conjunto en un ciclo negativo con desarrollo de turbiditas diluidas en la parte inferior (unidad 15), con alta proporción en margas frente a niveles de areniscas. Las facies turbidíticas diluidas se interpretan como depósitos de over-bank distales ligados a sistemas con amplio desarrollo de facies canalizadas. Las capas de areniscas presentan tamaños de grano de fino a muy fino, potencias de orden centimétrico y desarrollan únicamente los términos superiores de las secuencias de Bouma.

La parte media a superior del complejo turbidítico está caracterizada por una alternancia rítmica entre pelitas grises y areniscas (unidad 16), con incremento progresivo en areniscas hacia techo (de $\approx 50\%$ a $> 75\%$). La sedimentación de este intervalo se articula a partir de canales turbidíticas menores, facies de over - bank asociadas y lóbulos. Los canales turbidíticos menores presentan potencia de orden métrico y extensión lateral decamétrica - hectométrica. Están representados por secuencias estratodecrecientes integradas por capas amalgamadas de areniscas de grano grueso a fino con granuclasificación positiva, lag de cantos blandos y huellas de corriente en la base. Con frecuencia se desarrollan en sus márgenes, depósitos desorganizados (slumping y debris - flow).

Los depósitos de over-bank constituyen alternancias rítmicas entre pelitas grises y niveles tabulares de areniscas de grano medio a muy fino de potencia centí-decimétrica. Estos presentan granuclasificación positiva moderada, laminación paralela, climbing ripples, escapes de fluidos y fenómenos de deformación por carga de pequeña envergadura.

Las formas asimiladas a lóbulos se reconocen como secuencias estratocrecientes de potencia métrica representadas por alternancias entre areniscas de grano fino y pelitas en la base y por capas tabulares amalgamadas de areniscas de grano grueso - medio a fino que presentan secuencias de Bouma bastante completas. Se interpretan como lóbulos ligados a la desembocadura de los canales turbidíticos y se deduce un radio de expansión moderado, de orden hectométrico.

Litológicamente las areniscas muestran un grado de selección medio-alto, se encuentran bien cementados y los componentes clásticos consisten principalmente en

granos de cuarzo y bioclastos (foraminíferos planctónicos y bentónicos, restos de briozoos, corales, bivalvos, gasterópodos y fragmentos vegetales).

En la parte alta de la Sierra de Tábar el complejo turbidítico del sinclinal de Izaga culmina con un tramo de areniscas bastante masivas (unidad 17) diferenciado como Areniscas de Tábar (PUIGDEFABREGAS, 1975). Cartográficamente constituye una forma canalizada de unos 100 m de potencia máxima y unos 8 km de extensión lateral.

Internamente el tramo está representado por canales menores de potencia métrica - decámetrica cuyas secuencias de relleno se organizan en ciclos positivos compuestos por capas de areniscas de grano muy grueso a medio con muy frecuentes niveles de cantes blandos, lags bioclásticos, estructuras internas muy tractivas y frecuentes convuluciones.

En los estudios analíticos realizados por LEON, (1985) sobre los niveles de areniscas de las facies turbidíticas de Izaga, se registran contenidos del 60% en granos de cuarzo con tamaños comprendidos entre 100 y 400 μ , 5% en feldespatos y litoclastos calcáreos, 20% en bioclastos y 15% de ortoquímicos representados casi exclusivamente por micrita. En las areniscas más bioclásticas, puede aumentar considerablemente el contenido en bioclastos, incorporando pellets hasta el 15%, y se registra un incremento en ortoquímicos (35-45%), mientras que los componentes terrígenos raramente superan valores del 20%.

La turbiditas de Yesa han sido caracterizadas petro y mineralógicamente por CHAVEZ, 1986. El principal componente aloquímico corresponde a granos de cuarzo subangulosos (30-40%) de tamaño comprendido entre 0,1 y 0,2 mm, seguido por los bioclastos (15-30%) y litoclastos e intraclastos calcáreos (5%), mientras que los feldespatos están presentes en proporciones inferiores al 1%. Los ortoquímicos aparecen en contenidos del 40-50% correspondiendo esencialmente a micrita.

Las pelitas grises que alternan con las areniscas muestran una asociación de minerales de arcilla compuesta por un 60% de illita, 10% en caolinita, 5% en clorita y 25% en interestratificados (illita clorita).

Las determinaciones paleontológicas muestran una asociación riquísima en foraminíferos bentónicos, en general resedimentados representados principalmente por

Nummolites Discocyclinas y Miliólidos, mientras que las formas pelágicas corresponden principalmente a Globigerínidos. Entre estos últimos destaca la presencia de G. Cerroazulensis (COLE), G. ceperoensis angustiambilicata (BOLLI) y G. Rohri (BOLLI), que caracterizan el Priaboniense inferior.

1.2.2.6. Margas y lutitas rojas con pequeñas intercalaciones de areniscas. “Margas fajeadas”.(13). Priaboniense superior

Se localizan estos depositos al Sur de la Zona estudiada, segun una direccion E.NE-O.SO., poniendose en contacto con los materiales infrayacentes a favor de la terminacion oriental de la falla de Loiti, que con igual direccion transcurre por ese sector.

Los afloramientos son de muy mala calidad, encontrandose por lo general enmascarados. Solo en las proximidades del Alto de Santa Cruz, en el limite con la provincia de Zaragoza, en la pista forestal se pueden llegar a reconocer de forma parcial estos materiales

Corresponde esta unidad al término inferior en afloramiento, de la Fm. Guendulain (PUIGDEFABREGAS, 1975).

Litológicamente esta unidad consiste en un conjunto de lutitas rojas y lutitas margosas grisáceas y gris-verdosas asi como margas, que incluyen ademas intercalaciones milimétricas y centimétricas de limos ocres laminares y areniscas amarillentas en estratificación lenticular. Los términos lutíticos presentan un laminado rítmico de frecuencia milimétrica ocasionado por cambios periódicos del quimismo de la lámina de agua debido probablemente a variaciones estacionales, aspecto que le ha valido la denominación de Margas fajeadas (PUIGDEFABREGAS y DEL VALLE, 1978).

En el substituto, se desarrollan, a muro de las Margas fajeadas, depósitos de sales cloruradas sódicas y sódico-potásicas que definen la Fm. Evaporítica de Navarra (DEL VALLE, A., 1938) objeto de explotación en la cuenca de Pamplona hasta fecha muy reciente por la existencia de niveles de potasas.

La sucesión - tipo de la Fm. Evaporítica consta de los siguientes tramos característicos : Anhidrita basal, tramo halítico inferior, ciclos de silvinita-halita margosa, tramo halítico intermedio, ciclos de carnalita-halita-marga y tramo pelítico superior alternando con halita y anhidrita correspondiente parcialmente a las “Margas fajeadas”. La formación evaporítica puede superar los 100 m de potencia de los que la mayor parte pertenecen al tramo pelítico superior. El intervalo con predominio de cloruros tiene una potencia en torno a los 25 m, y no aflora a causa de su gran solubilidad.

Las evidencias de sedimentación evaporítica en superficie consisten en moldes de cristales de halita en el seno de las lutitas rojas y grises de las “Margas fajeadas” y existencia de niveles centimétricos de yeso con dolomita asociada que pueden presentar desarrollos enterolíticos. Hacia techo, la unidad incrementa el contenido en niveles y lentículos de areniscas pasando transicionalmente a las Areniscas de Liédena o Galar.

A partir de análisis mineralógicos efectuados por LEON, I (1985) se determina el predominio de illita, que supone el 65-70% de la facción arcillosa, la caolinita está presente en un 10-15% y la clorita e interestratificados se reparten de forma equitativa en el 10% restante. Las calcimetrias indican que el contenido medio en CO_3Ca es de un 40% incrementándose hasta un 50% en las pasadas de yeso.

Los análisis micropaleontológicos llevados a cabo por ROSELL, L. (1983) ponen de manifiesto la escasez de restos fósiles en estos materiales debido probablemente a la salinidad del medio de sedimentación. No obstante se han determinado asociaciones palinológicas propios de medios tropicales a subtropicales (Lygodium, sapotaceae, Nyssa, Engelhardtia, Platycaria y Rhus), y de contextos más templados (Taxodiaceae, Restionaceae, Carya, Pterocaryam, Tiliaceae, Ulmaceae, Myricaceae, Betulaceae, Aceraceae, Pinaceae, etc.) que revelan características afines a la flora existente a finales del Eoceno en la Cuenca de París.

La presencia de paltas de afinidad acuática, resistente a condiciones de considerable salinidad como, esparganiaceae, Milfordia, Eptedra, restionaceae y Aglaoreidia cyclops confirmarían el desarrollo de lagunas o zonas pantanosas bajo condiciones de cierta aridez.

Por otra parte se han realizado estudios de nannoplancton que en términos generales han resultado estériles. Sin embargo debe destacarse el hallazgo en un único nivel de : Reticulofenestra umbilica (LEVIN), Nannotetrina sp., Chiasmolithus grandis (BRAMLETTE & RIEDEL), Chiasmolithus sp., Discoaster tani nodifer (BRAMLETTE & RIEDEL), Discoaster saipanensis (BRAMLETTE & RIEDEL), Discoaster barbadiensis (TAN SIN HOK), Sphenolithus radians (DEFLANDRE), Sphenolithus furcatulithoides (LOCKER), Coccolithus eopelagicus (BRAMLETTE & RIEDEL), Cyclococcolithus formosus (KAMPTNER), Zygolithus dubius (DEFLANDRE), Zygrhablythus bijugatus (DEFLANDRE).

La asociación determinada parece indicar una edad de Bartonense, mas baja de la que corresponde en realidad a nivel regional a estos materiales por lo que probablemente debe estar resedimentada.

El depósito de la Formación Evaporítica pone de manifiesto el confinamiento de la Cuenca de Pamplona a finales del Eoceno, sugiere un cambio climático a condiciones de marcada aridez y supone una pérdida de profundidad del agua y una tasa progresiva de evaporación con producción de salmueras cada vez más concentrada. Por el contrario, el desarrollo de las “Margas fajeadas” marca sedimentológicamente, un estadio de dilución en la cuenca evaporítica por entrada de aguas continentales con aporte de material en suspensión, deduciéndose unas condiciones lagunares con variaciones notables de salinidad. Los medios salobres están representados por las pelitas con laminado milimétrico. Los episodios hipersalinos están evidenciados por la existencia de niveles de anhidrita.

La edad de la unidad se establece principalmente por su situación estratigráfica en el Priabonense superior, dado el escaso valor cronoestratigráfico que presenta su contenido fósil.

1.2.2.7. Areniscas ocres y lutitas grises (14) y Areniscas ocres y lutitas rojas (15). Areniscas de Liédena. Priabonense superior - Headonense

Se localizan estos depositos por encima de la unidad descrita en el epigrafe anterior. Se trata de una serie detritica que aflora de forma parcial y se reconoce en el angulo suroccidental de la Hoja, en la pista de acceso al Alto de Santa Cruz desde el valle de Javier.

Presentan una disposicion monocinal con buzamientos relativamente fuertes hacia el suoeste. El transito entre las dos unidades aqui descritas es gradual, estableciendose la diferencia entre ellas por la presencia de lutitas rojas, en la unidad superior.

Las Areniscas de Liédena (MANGIN, 1959-60) o de Galar (DEL VALLE y PUIGDEFABREGAS, 1978) constituyen un intervalo de unos 100-150 m de potencia compuesto por areniscas ocre-amarillentas generalmente tableadas, y representan los últimos depósitos con influencia marina en la cuenca de antepaís surpirenaica.

Si bien su posición más común es a techo las Margas fajeadas, pasan lateralmente a las anteriores sustituyéndolas totalmente en algunos casos. Litológicamente son arenas y areniscas micáceas de grano fino con delgados niveles de limos y margas. Presentan estratificación linsen, wavy y flaser, laminacion cruzada planar y bimodal, ripples de oscilación y de corriente, huellas de desecación, escapes de fluidos, deformación hidroplástica, slumping y debris flow, y huellas de aves. Su aspecto más habitual es de un tableado centi a decimétrico en capas tabulares ligeramente gradadas con ripples a techo, que excepcionalmente presentan huellas de base, y lag de cantes blandos. Esporádicamente aparecen niveles métricos canalizados con estratificación cruzada y cantes blandos.

Cartográficamente se han distinguido dos intervalos (unidades 21 y 22) debido a las siguientes diferencias lito y sedimentológicos :

- La unidad 14 caracteriza la parte inferior de las Areniscas de Liédena. Está representado por areniscas tableadas que alternan por tramos con limos y lutitas margosas grises. Muestra un predominio de ripples de oscilación sobre el resto de estructuras sedimentológicas tractivas y configura en conjunto un ciclo negativo, siendo escasas las formas canalizadas. Se enmarca en un medio lagunar salobre en régimen intermareal - submareal con sedimentación bajo lámina de agua intermitente y en ocasiones bastante permanente.
- La unidad 15 se distingue de la anterior por la presencia de términos lutíticos rojizos, predominio de ripples de corriente, desarrollo frecuente de formas canalizadas, existencia de trazas de yesos y organización conjunta estrato y

granodecreciente. Se integra en un contexto intermareal - supramareal a supramareal y registra fuertes variaciones en la salinidad del medio.

Las Areniscas de Liédena se interpretan como depósitos deltaicos en medios lagunares sometidos a un régimen esencialmente intermareal. Las capas tabulares indican cierta turbidez en la sedimentación y los cuerpos canalizados se interpretan como colectores principales del flujo y emisarios de materiales a la cuenca lagunar.

Si bien el complejo sedimentario de la Fm. Guendulain, se desarrolla en una cuenca confinada, la influencia marina está demostrada en todo el conjunto. Es necesaria la comunicación con el mar para ser posible la regeneración de las salmueras que originan los depósitos evaporíticos y los términos detríticos superiores muestran rasgos mareales.

Los análisis petrográficos llevados a cabo por LEON, I. (1985) indican que en las areniscas, los elementos detríticos suponen el 65% de la roca y consisten esencialmente en granos de cuarzo de tamaño medio a fino (50-150 μ a 150-300 μ) y en menor medida, litoclastos calcáreos, cuarcitas, plagioclasas y micas. Los bioclastos están presentes en un 5% correspondiendo a foraminíferos resedimentados (Miliólidos) radiolarios y fragmentos vegetales. El cemento es calcáreo y registra valores de un 30%.

En las lutitas el contenido en carbonatos alcanza registros del 30%, incluyendo bioclastos hasta un 5% y micas y óxidos de hierro como accesorios (hasta un 10%). El cortejo arcilloso muestra respecto a las Margas fajeadas, un incremento notable en caolinita (10-30%), si bien la illita sigue siendo el mineral arcilloso predominante (50-70%) y la clorita e interestratificados mantienen los valores registrados (en torno al % en ambos casos).

En la Hoja MAGNA a escala 1:50.000 de Sangüesa se ha determinado la presencia de (*Cyrogona*, cf. *wrighti* (REID y GRAVES), *Harrichara tuberculata* (LYELL), *Rabdochara stockmansi* (GRAMB.) y *Stehanochara* sp. que es una asociación propia del Oligoceno inferior. Este dato contrasta con las atribuciones cronoestratigráficas modernas que tienden a situar el complejo evaporítico lagunar presente en la cuenca de antepaís surpirenaica (Fm. de Cardona, en la cuenca evaporítica catalana y Fm. Guendulain en Navarra) en el Priaboniense superior. Por estos motivos y principalmente por su posición estratigráfica, se atribuye una edad de Priaboniense superior - Headoniense a las Areniscas de Liédena.

1.2.3. Análisis secuencial y paleográfico del Paleógeno marino (Paleoceno - Eoceno).

A grandes rasgos, la sucesión del Paleoceno - Eoceno en la zona de estudio se divide en, una parte inferior carbonatada de edad Paleoceno - Luteciense inferior y una potente serie esencialmente margosa que culmina a finales del Eoceno con depósitos evaporíticos y areniscosos.

Los términos calcáreos inferiores (Paleoceno - Luteciense) corresponden a plataformas carbonatadas desarrolladas en el margen meridional de la cuenca de Pamplona. El espacio estratigráfico comprendido entre el Ilerdiense y el Luteciense, se encuentra representado, hacia el Norte de la cuenca, por una potente serie turbidítica, conocida a grandes rasgos como Flysch eoceno (SOLER y PUIGDEFÁBREGAS, 1970) y que es equivalente al Grupo de Hecho (MUTTI et al., 1972). Se han diferenciado cuatro conjunto carbonatados limitados por rupturas sedimentarias, de muro techo son : Daniense a Thanetiense inferior, Thanetiense superior- Ilerdiense y Luteciense inferior - medio.

La sucesión esencialmente margosa del Luteciense medio - superior a Priaboniense se ha dividido en tres grupos secuenciales correspondientes a los intervalos del Luteciense superior (unidad de Arro-fiscal), Luteciense superior - Bartonense (Flysch de Irurozqui, Margas de Larrés y nivel de Urroz), y Bartonense - Priaboniense (Margas de Pamplona), si bien los dos últimos grupos pueden subdividirse respectivamente en dos unidades secuenciales menores.

La Fm. Guendulain, del Priaboniense superior, se trata de forma individualizada en su estudio secuencial y paleogeográfico.

. Daniense a Thanetiense inferior

Representa los términos basales de la transgresión paleocena. Se dispone probablemente mediante una superficie de truncación sobre el Garumniense en relación de on-lap hacia el este y directamente sobre el Cretácico superior hacia el oeste y noroeste. Presenta en conjunto una tendencia somerizante no muy marcada que se manifiesta por un incremento gradual de la granulometría e incorporación progresiva de componentes terrígenos al depósito.

- **Thanetiense superior**

El Thanetiense superior se presenta en facies de plataforma mixta somera. El contacto con el Dano-Montiense y Thanetiense inferior está determinado por el contacto dolomías/calizas y por la progradación local de términos clásticos en la base. El conjunto del Thanetiense superior, representado esencialmente por complejos de barras carbonatadas submareales, se organiza en varias secuencias de somerización de varias decenas de metros. El contacto con el Ilerdiense está remarcado localmente por una superficie de alteración con posibles rasgos paleokársticos.

- **Ilerdiense**

El Ilerdiense está representado por facies carbonatadas organizadas en secuencias de barras bioclásticas litorales. En conjunto configuran una secuencia global de somerización. Hacia el norte pasan a facies margocalcáreas de margen de plataforma y prodeltaicas (Fm. Margas de Millaris, VAN DE VELDE, 1967).

El contacto con la unidad suprayacente está marcado por una importante discontinuidad sedimentaria responsable de una laguna sedimentaria que comprende el Ilerdiense superior y la mayor parte del Cisiense.

- **Luteciense inferior**

Corresponde a la Fm. Calizas de Guara integrada por facies carbonatadas de plataforma somera. Se distinguen dos secuencias mayores de somerización y hacia el norte disminuye de potencia y empieza a incorporar en la base, términos margocalcáreos de margen de plataforma. En sectores más septentrionales, fuera de la zona estudiada pasa a depósitos pelíticos de talud y a complejos turbidíticos correspondientes probablemente a la unidad de Cotefablo (REMACHA, 1983) comprendida entre las megacapas carbonáticas MT4 y MT5 de LABAUME et al (1983).

El límite superior está evidenciado por el on-lap hacia el margen meridional de la cuenca de diferentes unidades margosas suprayacentes y por una superficie de alteración sobre las calizas de la Fm. Guara.

. **Luteciense superior**

Constituye la primera de las unidades margosas, que se disponen en relación de on-lap sobre la serie carbonatada de la Sierra de Leyre, adelgazándose hacia el sur en las proximidades de Lumbier. Está representado mayoritariamente en la zona estudiada por facies margocalcáreas desorganizadas propias de un medio de talud, que configuran una secuencia general de somerización evidenciada por un mayor desarrollo de términos carbonatados a techo. Incorpora, en la Foz de Arbayun, bloques calcáreos de grandes dimensiones que podrían correlacionarse tentativamente con la MT6 o de Fago (LABAUME et al., 1983). Hacia el norte pasa a facies turbidíticas pertenecientes a la unidad de Fiscal, que se encuentra comprendida entre las megaturbiditas MT5 y MT7 (LABAUME et al., 1983).

. **Luteciense superior - Bartoniano**

Corresponde a un conjunto margoso con intercalaciones de turbiditas diluidas (Flysch de Irurozqui) que termina con el nivel de Limolitas de Urroz. Su límite inferior está caracterizado por la aparición de la MT7. En conjunto muestra una clara relación de on-lap hacia el sur. El conjunto se subdivide en dos secuencias limitadas por el intervalo con mayor desarrollo de facies turbidíticas. La secuencia inferior no presenta una organización secuencial definida y está integrada por ciclos menores de somerización en medios de plataforma abierta con rasgos pelágicos. El ciclo superior muestra un contacto relativamente neto con el anterior y constituye una unidad secuencial muy completa con desarrollo de facies turbidíticas en la base ligadas a complejos de canales turbidíticos (complejo de Rapitán) experimenta una progresiva dilución en vertical dando paso a depósitos pelíticos prodeltaicos (Fm. Larrés) y termina con el desarrollo de plataformas deltaicas distales (Litolitas de Urroz).

Bartoniano - Priaboniano

El intervalo del Bartoniano - Priaboniano está representado por las facies prodeltaicas características de la Fm. Margas de Pamplona y depósitos turbidíticos asociados (Turbiditas de Yesa, Gonzolaz y Tabar). Se divide en dos conjuntos. El conjunto inferior corresponde a las Margas de Pamplona s.s. representado en la zona estudiada íntegramente por facies pelíticas prodeltaicas.

Se encuentra relacionado con el delta de Atarés que tiene su equivalente en la Hoja de Pamplona (141) en el nivel de Areniscas de Cizur (DEL VALLE y PUIGDEFABREGAS, 1978) a Calcarenitas de Gazolaz. El conjunto superior está constituido en su parte inferior por un complejo de canales turbidíticos imbricados encajados en las Margas de Pamplona y que presentan en conjunto una retrogradación progresiva por on-lap hacia el ESE. Los términos pelíticos de la secuencia corresponden a las Margas de Ilundain y están conectados genéticamente con las facies deltaicas de Martés - Villalangua. Es característico de la unidad el desarrollo a techo de depósitos pelíticos anóxicos.

. Priaboniense superior

Corresponde a la Fm. Guendulain. La formación evaporítica basal se asocia a una etapa de máximo confinamiento de la cuenca e implica una evidente caída de la lámina de agua. Lateralmente se relaciona con las Margas fajeadas, distribuidas en zonas lagunares marginales con aporte episódico de agua dulce. El resto de la secuencia está compuesta por términos arenosos que indican un humedecimiento climático relativo y progradación hacia el sur del sistema deltaico lagunar, mostrando abundantes rasgos mareas y litorales.

1.3. TERCIARIO CONTINENTAL.

El Terciario continental está representado en el área de estudio por una potente sucesión de varios miles de metros de potencia constituida esencialmente por depósitos de carácter aluvial. Cronoestratigráficamente abarca desde inicios del Oligoceno hasta el Mioceno inferior.

Existe una gran diversidad de términos litoestratigráficos propuestos por los diversos autores que han trabajado en la región, que en su mayor parte hacen referencia a conjuntos de facies sedimentarias o a sistemas alviales de distinta procedencia. La división estratigráfica más general propone tres grandes conjuntos deposicionales limitados entre sí por rupturas sedimentarias continuas. De muro a techo son: Fm. Javier (LEON,1985), del Priaboniense terminal - Sueviense, Fm. Rocaforte (LEON,1985) de edad de Sueviense superior - Arverniense , y, Fm. Uncastillo (LEON ,1985) , asignada al Oligoceno terminal - Mioceno inferior- medio.

En conjunto, la cuenca terciaria presenta una imigración mantenida hacia el Sur, de modo que las unidades más modernas se desarrollan en una posición progresivamente más meridional. El análisis de paleocorrientes y distribución de facies pone de manifiesto la procedencia nororiental y septentrional de los sistemas aluviales y el paso hacia el Oeste y Suroeste a ambientes lacustres salinos.

La Fm Javier corresponde en términos generales a la 2^a UTS definida en las hojas MAGNA de la región (IGME, 1987). Está representada por facies aluviales distales al Este y pasa hacia el Oeste a términos más fangosos y carbonatados. (Facies de Zabalzalza, PUIGDEFABREGAS, 1975)

La Fm. Rocaforte, equivale a la 3^a UTS definida en IGME (1987) y es subdivisible en detalle, en varias unidades secuenciales de menor orden. En la Cartografía Geológica a escala 1.200.000 de Navarra (GOBIERNO DE NAVARRA, 1997) se distinguen tres unidades secuenciales representadas de muro a techo por las facies: a) Sangüesa, b) Cáseda - Eslava y c) Sos del Rey Católico, que constituyen términos litoestratigráficos tomados de SOLÉ SEDÓ (1972) y PUIGDEFABREGAS (1975). Para este conjunto de unidades, en la zona estudiada se verifica la confluencia de sistemas aluviales de procedencia oriental, y septentrional, desarrollándose en el sector de intersección facies mas lutíticas.

El conjunto deposicional superior (Fm. Uncastillo) corresponde a la 4^a UTS, compuesta por las unidades de Gallipienzo - Artajona y Ujué (ITGE, 1987). Se desarrolla al Sur del área de estudio, apareciendo términos conglomerático - arenicosos propios de ambientes aluviales más proximales y ligados a sistemas de procedencia norte. Según el criterio a PUIGDEFABREGAS (1975), IGME (1987) y GOBIERNO DE NAVARRA, (1997), se subdivide en dos secuencias marcadas por la entrada de los conglomerados de Gallipienzo en la base, y de Ujué en la parte alta.

A partir a los estudios realizados a partir de la cartografía a escala 1:25.000 de la Hojas que integran la cuadricula del I.G.N. nº 174 Sangüesa así como por los trabajos desarrollados la presente Hoja, se han distinguido un total de 8 ciclos sedimentarios que caracterizan la sucesión estratigráfica del Terciario continental.

Estos ciclos de muro a techo son:

a) Facies Javier (Headoniense - Sueviense)

- b) Areniscas y lutitas de Sangüesa (Sueviense - Arverniense inferior)
- c) Areniscas y lutitas de Rocaforte. Lutitas y areniscas de Ayesa, que integran las facies Eslava a muro y las arenicas de Abaiz a techo (Arverniense inferior a superior)
- d) Areniscas y lutitas de Uzquita (Arverniense superior)
- e) Areniscas y lutitas de San Zoilo (Arverniense superior- Ageniense)
- f) Conglomerados de Gallipienzo (Ageniense)
- g) Conglomerados de la Sierra de San Pedro (Ageniense)
- h) Areniscas y lutitas de Ujué (Ageniense - Aragoniense inferior)

De todos ellos, solo el mas inferior aparece representado en la presente Hoja, si bien el resto de ellos, aparecen muy bien caracterizados en areas relativamente proximas.

A continuacion se pasa a una descripcion de los materiales del Terciario continental aflorantes en la Hoja.

1.3.1. Oligoceno

1.3.1.1 Alternancia irregular de lutitas rojas y ocres y areniscas con intercalaciones de calizas margosas (16) y Areniscas y lutitas rojas (17). “Areniscas y lutitas de Javier”. Headoniense - Sueviense.

Afloran estas dos unidades en el angulo mas suroccidental de la Hoja, en el espaldar de la alineacion que conforma el Alto de Santa Cruz. Los afloramientos en este sector no son muy buenos si bien en zonas relativamente proximas se reconocen buenos cortes

Aunque cartograficamente se trata de dos unidades diferentes, estratigraficamente corresponde a la misma unidad, habiendose diferenciado una de otra

en función del espesor de las capas de areniscas y el resalte morfológico a que dan lugar.

La Fm. Javier constituye una sucesión lutítico - areniscosa de 1000 - 1500m de potencia desarrollada, en general, inmediatamente al Sur de la falla de Loiti. Al Este está representada predominantemente por facies de frente aluvial distal que reciben diversas denominaciones litoestratigráficas: Unidad de Areniscas y Margas de Javier (IGME, 1987), Facies de Javier - Pintano - Villalangua (PUIGDEFABREGAS, 1975) y Fm. Los Pintanos (CHAVEZ, 1986). Hacia el Oeste esta Fm. incorpora intervalos margosos y calcáreos correspondientes a ambientes charcuestres y perilacustres, conociéndose como Unidad de Margas de Mués (IGME, 1987), o Facies de Zabalza (PUIGDEFABREGAS, 1975).

En posiciones más occidentales y meridionales la Fm Javier pasa a términos lacustres evaporíticos correspondientes a los Yesos de Undiano (PUIGDEFABREGAS, 1975), o Unidad de Yesos de Añorbe (IGME, 1987). En el ámbito del área de estudio el cambio a facies evaporíticas hacia el sur debe verificarse en el subsuelo, puesto que el sondeo Sangüesa-1, situado más hacia el O, en la Hoja 174-I. Lumbier, este corta materiales lutítico-sulfatados situados en la parte inferior de la Fm. Javier.

El conjunto configura globalmente un ciclo de tendencia negativa de modo que los términos con mayor influencia lacustre y evaporítica aparecen en la base de la Fm. Atendiendo a un orden secuencial menor se distinguen, esencialmente en los sectores orientales, aunque fuera de la zona de estudio, dos ciclos. El inferior presenta un mayor contraste ambiental de muro a techo apareciendo términos con influencia lacustre evaporítica en la base y facies aluviales representadas por canales amalgamados a techo. El superior desarrolla facies charcuestres en la base y a techo está formado por facies aluviales de predominio lutítico con formas canalizadas aisladas.

Las paleocorrientes registradas marcan la distribución general a facies observada en afloramiento, dirigiéndose hacia el O.SO.

Desde el punto de vista cartográfico y como ya se ha expuesto se han distinguido dos unidades a partir de sus diferencias litológicas y fotogeológicas. La unidad 16 corresponde al término general de la Fm. Javier definido por una alternancia heterogénea de lutitas, areniscas y eventualmente margas y calizas dando lugar a

formas deprimidas en el relieve. La unidad 17 corresponde a niveles de mayor competencia, debida a un predominio de términos arenicosos, definiendo resaltes estructurales destacables en el terreno.

La caracterización petrográfica está basada en análisis efectuados por LEON,I (1985) y en IGME (1987). El primer autor determina una composición petrográfica para las areniscas integrada por un 40% de granos de cuarzo de tamaño medio - fino, 40% de litoclastos calcáreos y cuarcíticos, y 20% de cemento calcáreo. Para los términos lutíticos se define un cortejo mineralógico que respecto la fracción arcillosa está caracterizado por: illita (50 - 75%), caolinita (15 - 25%), clorita (5 - 12%) e interestratificados (5- 15%) con aparición de motmorillonita de hasta el 25% en la parte inferior.

En la hoja MAGNA a escala 1:50000 de Sangüesa (IGME, 1987) los análisis petrográficos realizados sobre los areniscas reflejan los siguientes valores: 20 - 30% de granos de cuarzo, 0 - 5% de feldespato, 5 - 10% de clastos de sílex, 0 - 10% de fragmentos de cuarcitas, esquistos y pizarras, 0 - 10% granos ferruginosos, 25% - 50% litoclatos carbonáticos (fragmentos de calizas y bioclastos) y 20 - 30% de cemento carbonatado con frecuencia ferruginoso.

En estas unidades se han distinguido los siguientes asociaciones de facies:

. Facies canalizadas. Están representadas por niveles de areniscas de potencia métrica generalmente aislados de lutitas, con una extensión lateral de varios decenas de metros, correspondientes a formas canalizadas de configuración sinuosa. Presentan bases erosivas, laminaciones cruzadas, superficies de acreción lateral y climbing ripples, normalmente desarrollan secuencias de relleno granodecrescentes y biotorbación pedogénica a techo. Localmente pueden reconocerse tramos areniscosos de potencia decamétrica con una continuidad lateral de orden kilométrico generados por imbricación y amalgamación de cuerpos clásticos canalizados. Las formas canalizadas de baja sinuosidad son muy poco frecuentes. Contituyen formas de potencia métrica-decimétrica y escasa extensión lateral, presentando secuencias de relleno sencillas compuestos por uno o varios sets de láminas cruzadas.

.Depósitos de desbordamiento. Están constituidos por facies de overbank y lóbulos de crevasse splay . Aparecen como alternancias de niveles tabulares cm.-a dm de areniscas de grano medio a muy fino y lutitas, formando en ocasiones bancos

tableados. Los depósitos de overbank presentan buena selección y abundantes estructuras sedimentarias: Estructuras de base, laminación paralela, convoluciones, escapes de fluidos, cosets de ripples, climbing ripples, burrows verticales, y a techo, huellas de desecación. Los niveles de crevasse muestran un mayor contenido en matriz, granoclasificación positiva; escasas laminaciones tractivas y un alto grado de bioturbación.

. Depósitos de sheet - flood. Constituyen cuerpos areniscos no canalizados de potencia métrica - decimétrica. Se distinguen de los depósitos de desbordamiento por su mayor potencia y fuerte variación granulométrica, presentando granoclasificación positiva de tamaño grano grueso a fino. Pueden desarrollar sets y cosets tabulares de estratificación cruzada. Se generan a partir de avenidas clásticas no confinadas en el frente aluvial, por flujos granulares lámbricas.

. Facies lutíticas aluviales. Suponen los depósitos mayoritarios de la Fm. Javier. Alternan con niveles areniscas o bien constituyen paquetes métricos homogéneos. Litológicamente consisten en lutitas ocres más o menos bioturbadas, que intercalan con frecuencia horizontes rojizos asimilables a suelos rojos hidromórficos, constituyendo una de las principales características distintivas de la Fm. Javier.

. Facies charcústres y perilacústres. Están representadas por lutitas margosas grisáceas con declaraciones edáficas rojizas en intervalos decimétricos, que intercalan niveles carbonatados. Las capas de carbonatos presentan potencias centi-decimétricos y corresponden a calizas micríticas arcillosas nodulosas, y a calizas arenosas bioturbadas con estructuras tractivas, generalmente ripples de oscilación. Se interpretan como facies generadas por encharcamientos eventuales en orla perilacustre fangosa.

. Facies lacústres evaporíticas. No afloran en la zona de estudio, habiéndose cortado en el sondeo Sangüesa - 1 en la parte inferior de la Fm. Javier. Están representadas por margas y lutitas margosas y grises con niveles de anhidritas. Se enmarcan en un contexto de margen lutítico de lago salino.

Las determinaciones paleontológicas (IGME, 1987) caracterizan una asociación de Carófitas constituida en la parte inferior, por Harrisichara tuberculata (LYELL), Rhabdochara stockmansi (GNAMB), Stephanochara sp., Grovesiella sp, Chara 11, Sphaerochara sp. probablemente del Headoniense. En la parte superior se ha reconocido, Nitellopsis (teclochara) merlani (LYN. & GRAMB), Harrisichara sp ,

Chara microcera, Psilochara ct. acuta. (GRAM Y PAUL) y Candona sp que parecen indicar que la unidad alcanza una edad de Sueviense.

En base a los datos micropaleontologicos expuestos y de acuerdo con la posición estratigráfica de estos depósitos se establece para las unidades 23,y 24 una edad de Headoniense - Sueviense.

1.4 CUATERNARIO

1.4.1. Pleistoceno

1.4.1.1. Lutitas rojas con cantos. Arcillas de descalcificación. (18). Pleistoceno-Holoceno.

Estos depósitos se encuentran escasamente representados, localizándose solo en la Sierra de Leyre o su entorno próximo y siempre como es lógico sobre materiales carbonatados.

Se relacionan con procesos carsticos y de fracturación en los materiales calcáreos. Los afloramientos son de pequeña extensión, escasa representación superficial y forma alargada. Se localizan en el área estudiada concretamente en el espaldar de la Sierra de Leyre.

Litológicamente se trata de arcillas rojas (“terra rosa”), de poco espesor, aunque variable, del orden de decimétrico a métrico, que contienen cantos procedentes de los propios procesos de carstificación del sustrato.

Se les atribuye una edad que abarcaría desde el Pleistoceno hasta el Holoceno, por tratarse de depósitos actualmente también en proceso de desarrollo y formación.

1.4.1.2. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulación (19). Pleistoceno.

Estos depositos constituyen sin duda alguna uno de los mas caracteristicos de la region, tanto por su litologia como por su morfologia, ya que dan lugar a extensas y vastas planicies que se situan al pie de los relieves, con una pendiente por lo general muy suave tendiendo a descender hacia donde se articula la red fluvial actual.

Se reconocen estos glacis y estan ampliamente desarrollados, en la vertiente sur de la Sierra de Leyre, concretamente en el limite oriental de la zona estudiada. Los mejores cortes de esta unidad se localizan en la carretera de Pamplona a Jaca en el entorno del embalse de Yesa.

Litologicamente esta unidad se caracteriza por la presencia de gravas y arenas con lutitas que pueden contener abundantes bloques. Todo este conjunto se organiza por lo general de forma heterogenea, mostrando una cierta organizacion caotica, en la que predominan indistintamente las lutitas sobre los depositos mas groseros o viceversa.

Las gravas presentan cantos de subangulosos a subredondeados y los bloques a veces , por lo general de gran tamaño, pueden llegar a alcanzar proporciones metricas. Uno de los criterios diferenciadores respecto a las terrazas fluviales es la presencia en proporcion mayoritaria de clastos de tamaño decimetrico a metrico, subangulosos de areniscas ocres, procedentes del desmantelamiento de los relieves proximos. Este tipo de materiales se localizan preferentemente hacia los terminos mas bajos de la unidad, mientras que hacia techo predominan las lutitas de color ocre.

El espesor de estos depositos, es muy variable, fluctuando desde un par de metros hasta los 8-10 m al menos que se llegar a observar en el embalse de Yesa..

El origen de estos depositos esta intimamente ligado a la historia relativamente reciente de la region. A veces se observan varias generaciones de glacis, aunque ya fuera de zona,tambien en la falda meridional de la Sierra de Leyre lo que pone de manifiesto la compleja historia a la que la region se vio sometida durante el Cuaternario

En cuanto a edad se refiere, por su disposicion y relacion de estos depositos con los sistemas de terrazas de la red fluvial del Aragon se les asigna al Pleistoceno.

1.4.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (20). Pleistoceno-Holoceno.

Dentro de este apartado se incluyen todos aquellos depositos relacionados intimamente con la red fluvial actual, articulada principalmente entorno al rio Aragon, principal arteria de la region .

Ocupan una pequena extension superficial en la Hoja. A nivel regional almenos se diferencian cinco niveles de terrazas en total, con respecto al cauce actual de los rios. Estas se encuentran dispuestas de acuerdo a las siguientes cotas: +3-12 m, +15-20 m, +25-35 m, +45-55 m y +70-80 m. Los dos primeros niveles se les incluye en el grupo de terrazas bajas, los dos segundos en el grupo de las terrazas medias y el ultimo nivel en el grupo de las terrazas altas. En la Hoja se localizan restos del segundo nivel de terrazas.

Se trata de depositos formados por gravas y arenas con lutitas en proporciones muy variables. Los clastos son de distinta naturaleza predominando los de calizas grises y areniscas ocres, siendo ademas el tamaño de los mismos muy variable, fluctuando entre los 10 a 20 cm de media y los 40 a 50 cm de tamaño maximo. El espesor suele ser muy variable, fluctuando entre los 3 y 5 m como maximo..

La edad asignada para los distintos niveles es similar, atribuyendolas todas al Pleistoceno, excepcion hecha de la terraza mas baja que corresponderia ya al Holoceno.

1.4.2. Holoceno

1.4.2.1. Bloques y cantos con margas y lutitas. Coluviones de bloques (21). Holoceno.

Se describen en este apartado un conjunto caotico y heterogeneo de depositos que se localiza al pie de los grandes relieves que destacan en la zona, preferentemente en la Sierra de Leyre.

Se pueden reconocer perfectamente de visu en las laderas que conforman la falda meridional, desde las proximidades del Monasterio de Leyre y limite oriental de la Hoja, hasta las proximidades de Lumbier, en las estribaciones de la sierra. Se trata de unos depositos que estan formados por cantos y bloques empastados en una masa caotica de margas y/o lutitas de tonalidades grises o rojizas, que incluso a veces pueden llegar a estar ligeramente cementados por carbonatos.

Los bloques a veces son de gran tamaño llegando a destacar incluso de lejos, ya que llegan a alcanzar un tamaño metrico considerable, de 2 a 3 m e incluso mas. Su composicion tambien es muy variable, encontrando bloques y cantos de calizas eocenas asi como de areniscas y calcarenitas cretacicas.

Todo este conjunto enmascara notablemente los afloramientos del sustrato que conforman dichas laderas. Por su posicion se les atribuye al Holoceno.

1.4.2.2. Lutitas con cantos y bloques. Coluviones (22). Holoceno

Se trata de depositos por lo general con muy poco espesor y/o representacion superficial, aunque se encuentran repartidos de forma irregular por la Hoja. Se localizan al pie de las laderas al pie de los relieves, tratandose en todo caso de depositos de poca entidad, al menos encuanto a espesor se refiere.

Litologicamente la composicion de estos depositos es muy variable, ya que dependen del sustrato sobre el que se desarrollan. Lo mas frecuente es encontrar lutitas de color ocre mezcladas y/o empastando cantos angulosos y subangulosos de arenisca y a veces algunos de caliza.

Por su posicion al pie de las laderas y su relacion con el resto de los depositos cuaternarios se les asignan al Holoceno.

1.4.2.3 Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales (23) Holoceno.

Se trata de uno de los depositos menos frecuentes en esta Hoja . Se localiza en las salidas de los arroyos y pequeños valles que acceden a valles de rango

superior. En ocasiones se solapan, dando lugar a formas coalescentes de mayor desarrollo

Litologicamente estan formados por un conjunto tambien heterogeneo y bastante caotico de lutitas, con cantos y bloques de tamaño y composicion muy variable. Oasionalmente se pueden producir cementaciones en algunos de estos depositos, pero siempre muy superficiales y de poca consistencia.

Por su relacion con la red fluvial se les asigna una edad Holoceno.

1.4.2.4. Lutitas y cantos. Aluvial-Coluvial. (24). Holoceno

En este epigrafe se describen un conjunto de depositos de origen fluvial que por su morfologia en planta, difieren de la de los fondos de valle y ponen en evidencia un aporte lateral dificil de separar de los propiamente fluviales.

Por lo general se localizan en areas de topografia relativamente suave y en zonas de cursos de caracter ligeramente divagante y bastantes efimeros.

Su litologia por regla general corresponde a materiales finos, lutiticos, que engloban cantos, bien procedentes de las zonas laterales o arrastrados por el propio curso del arroyo.

1.4.2.5. Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle (25). Holoceno.

Corresponden estos depositos a los cursos de escorrentia superficial efimera o actualmente nula, que discurren a traves de los principales arroyos. Constituyen pues la red fluvial de menor orden que se localiza en la Hoja.

Se trata de depositos de forma alargada, y que por lo general tienen poco espesor, del orden de 3 a 5 m.

Predominan en este tipo de depositos las lutitas con cantos de diverso tamaño y a veces bloques. Ocasionalmente se reconocen niveles de arenas. Los cantos son de litologia muy variable, aunque los que predominan son los de areniscas.

Se asigna estos depositos por su relacion con la red fluvial actual al Holoceno

1.4.2.6. Gravas arenas y cantos. Cauces activos (26). Holoceno .

Se describen en este ultimo apartado los depositos que en la actualidad estan dejando los principales cursos fluviales de la zona estudiada: Aragon y Salazar, si bien ambos, apenas tienen una representacion en la Hoja.. Dado su mayor rango, es el cauce del Aragon quien deja y tiene una mejor representacion de estos depositos.

Corresponden estos a gravas, arenas y cantos, aunque ocasionalmente incluyen clastos tamano bloques, con cantos de litologia muy variada: areniscas, calizas etc. Se organizan en barras fluviales sin cementar, bien en zonas proximas a los margenes del rio o en los sectores centrales.

2. TECTONICA.

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La presente Hoja, forma parte del sector occidental de la cadena pirenaica, en su limite con la Cuenca del Ebro. Esta alineacion montañosa presenta una direccion E-O y se extiende desde el Golfo de Vizcaya hasta el Mar Mediterraneo, siendo el resultado de la colision, ligeramente oblicua, de las placas iberica y europea, con una ligera subduccion continental de la primera sobre la segunda, como se ha puesto de manifiesto en el Proyecto ECORS (LOSANTOS *et. al.*, 1988). No obstante esta cadena presenta ciertas peculiaridades que la apartan del modelo de cordillera alpina tipica.

La estructuracion de la cadena comenzó a finales del Cretacico y se prolongó durante buena parte del Terciario, presentando ademas una deformacion heterocrona a lo largo del trazado de la cordillera, haciendo progresivamente mas moderna hacia el oeste.

De acuerdo con los criterios mas actualizados, la extension de la cadena sobrepasa ampliamente a la longitud actual del istmo. Aunque se han realizado diversos intentos de clasificacion la mas utilizada en la literatura geologica para el Pirineo istmico es la de MATTAUER y SEGURET (1971).

Esta division de caracter general esta basada en criterios estructurales y estratigraficos y se diferencia a grandes rasgos; un nucleo llamado Zona Axial, constituido por un apilamiento antiformal de materiales paleozoicos, dispuesto a modo de eje de simetria de la cadena, dos zonas mesozoico-terciarias despegadas, denominadas Nor y Surpirrenaica, vergentes a ambas partes y finalmente dos cuencas de antepais terciarias poco plegadas, tambien al norte y sur respectivamente de dichas zonas, llenas de sedimentos postorogenicos. El cambio de vergencias se establece a partir de la Falla Norpirenaica, accidente profundo, que probablemente sutura ambas placas

La Zona Surpirrenaica presenta una cobertura de aloctona, estructurada segun alineaciones de direccion general E-O, dando lugar a diversas alineaciones montañosas que se encuentra formada segun SEGURET (1972), por la Unidad Surpirrenaica Central, unidad aloctona, que se extenderia por todo el sector central de la cadena y la Unidad de Gavarnie-Monte Perdido, que ocuparia una gran parte del Pirineo

occidental, llegando hasta el accidente de Estella, tambien conocido como Falla de Pamplona e interpretado como una compleja rampa lateral de uno de los cabalgamientos mas importantes de la cadena,

Mas recientemente para MUÑOZ *et al.*(1986), en la Zona Surpirenaica, se pueden diferenciar dos grandes unidades estructurales: las Laminas Cabalgantes Superiores, que estarian formadas por mantos de cobertura, fundamentalmente mesozoicos y las Laminas cabalgantes Inferiores, mas modernas que las anteriores , que involucrarian a materiales del zocalo y de la cobertura y que a veces presentan una esquistosidad asociada rn relacion con los desplazamientos

De todas las alineaciones montañosas de esta unidad, la mas meridional de ellas, las Sierras Exteriores (sierras de Santo Domingo y Riglos), representarian el cabalgamiento frontal de la cadena sobre la cuenca de antepais. Segun TURNER y HANCOCK (1990), el limite hacia el oeste de estas sierras con la Unidad de Gavarnie, corresponderia a una flexura (“Flexura de Pena”) que estaria relacionada con un retrocabalgamiento (*passive roof thrust*)

El conjunto de la zona estudiada, incluida dentro de la Hoja 1:50.000 nº 174 Sangüesa, se localiza al sur de la Unidad de Gavarnie (SEGURET, 1972), en su limite con la cuenca de antepais, quedando ubicada entre la Zona Pirenaica, Cuenca de Pamplona-Jaca y Depresion del Ebro, dominios tectonicos establecidos para Navarra (GOBIERNO DE NAVARRA 1997).

La Zona Pirenaica, constituye la montaña oriental navarra. Esta estructurada en un sistema de tres cabalgamientos importantes, con implicacion de materiales paleozoicos en los sectores mas septentrionales, siendo los mas meridionales de ellos los de la Sierra de Illón-Leyre, afectando este ultimo a la zona estudiada. La falla de Loiti, de direccion ONO-ESE tambien con componente inversa en profundidad y probablemente accidente desgarre previo (CAMARA y KLIMOWITZ, 1985), constituye el limite meridional de este dominio .

La cuenca de Pamplona, es una depresion alargada de direccion E-O, formada por depositos eocenos, que se ha comportado como una cuenca de *piggy-back*, con translacion pasiva hacia el sur a favor del cabalgamiento basal (*floor thrust*) de Gavarnie. Por el este se prolonga hasta Boltaña en la provincia de Huesca, mientras que hacia al oeste se encuentra delimitada por el accidente de Estella.. El limite por el norte

lo constituye uno de los cabalgamientos septentrionales de la Zona Pirenaica mientra que por al sur y sureste la cierra el cabalgamiento de la Sierra de Alaiz y la falla de Loiti..

Finalmente la Depresion del Ebro, como ya se sabe esta rellena por un importante acumulo de sedimentos continentales terciarios, plegados en zonas limitrofes con las estructuras pirenaicas y subhorizontales o con buzamientos suaves, en la zona de la Ribera. La presencia de evaporitas contribuye a la existencia de niveles de despegues parciales, a veces de cierta consideracion

La zona de estudio mas en detalle se localiza en un area delimitada por la Sierra de Leyre al norte, unidad aloctona con disposicion estructural en *pop-up* y constituida por materiales del Cretacico superior y del Paleoceno-Eoceno, que cabalga mediante estructuras complejas a las margas y flyschs eocenos de la cuenca de Pamplona-Jaca..

Estos materiales y a traves de la falla de Loiti, en los sectores centrales se pone en contacto con las series continentales paleogenas estructuradas que conforman las geometrias de los sinclinales de Sangüesa y Ayesa y los anticlinales de Aibar y Eslava, estructuras en su nucleo algo complejas, que enraizan en profundidad con cabalgamientos vergentes hacia el sur.

Finalmente y en los sectores mas meridionales, afloran los depositos mas modernos de probable edad Orleaniense (Aragoniente inferior), reconociendose un importante acumulo de sedimentos detriticos continentales que se disponen en discordancia y con buzamientos cada vez mas relativamente suaves hacia el sur, que evidencian y ponen de manifiesto la evolucion a finales del paleogeno y comienzos del Mioceno de parte de este sector de la Cuenca del Ebro

2.2 DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

Las manifestaciones mas destacadas de la deformacion sufrida por el territorio comprendido en la Hoja estan determinadas por los siguientes elementos estructurales: discordancias, pliegues, fallas y cabalgamientos.

2.2.1. Discordancias

La descripción de las principales discordancias está referida al conjunto de depósitos que integran la Hoja 1:50.000 nº 175 de Sigües y de zonas limítrofes. Esto viene justificado por un lado al tener en cuenta la historia geológica a la que se hace referencia en otro capítulo y por otro, cuando no son observables en superficie, a la existencia y reconocimiento de las mismas en el subsuelo, lo que son indicativas de su importancia a nivel regional.

Atendiendo a su orden cronológico y teniendo en cuenta que el registro sedimentario más bajo corresponde al Campaniense, es decir casi a finales del Cretácico superior, las principales discordancias o discontinuidades de la Hoja se localizan a techo de los materiales cretácicos y dentro de las series paleocénicas, eocénicas y oligocénicas, si bien y en estas últimas, las discontinuidades y/o discordancias son muy frecuentes al encontrarse los sedimentos en clara relación con el emplazamiento de unidades y estructuración casi definitiva de la cadena.

Así la primera discordancia o discontinuidad de siempre conocida y puesta de manifiesto a nivel regional es la que se localiza entre el Paleoceno y el Cretácico superior es decir la que se observa entre los materiales paleocénicos apoyándose sobre las “Facies Garumniense”.

Mientras que en los sectores más occidentales de la Sierra de Leyre esta discordancia apenas se pone de manifiesto situándose directamente las dolomías paleocénicas sobre la “Arenisca de Aren”, en los sectores orientales sin embargo esta discontinuidad es más evidente, situándose los mismos materiales carbonatados sobre las lutitas rojas de las “Facies Garumniense”. Esta discordancia a nivel regional estaría relacionada con los denominados en la literatura geológica “movimientos laramicos”, acaecidos, en las cadenas alpinas a finales del Cretácico comienzos del Terciario

La segunda discontinuidad o paraconformidad que en la región se pone de manifiesto, aunque es difícil de observar es la que pone en contacto las series carbonatadas del Thanetiense-Ilerdiense sobre los materiales paleocénicos. infrayacentes. Esta aparente paraconformidad entre materiales carbonatados llega a observarse aunque puntualmente en los cantiles del pico Arangoiti en la Sierra de Leyre, con la presencia de un nivel basal de apenas un metro de conglomerados y brechas calcáreas.

La tercera discordancia o discontinuidad observada y registrada en la zona estudiada corresponde a la de las series carbonatadas y margo calcáreas del Cuisiense

sobre las calizas del Thanetiense-Ilerdiense. Esta discordancia es facilmente observable en el espaldar de la Sierra de Leyre, mientras que hacia el sur, en los cantiles del cabalgamiento de dicha sierra se manifiesta como una paraconformidad.

Asi p.e. entre Bigüezal y Castillonuevo, en los caminos de acceso a la sierra desde esta ultima localidad, se puede observar un nivel basal de conglomerados y brechas calcareas en la base de la unidad. Muy cerca del limite de la zona, aunque ya fuera de ella y junto al mirador de la Foz de Arbayun, tambien se puede reconocer esta misma discontinuidad en la base de la ritmita margo-calcarea, presentando un importante *hard-ground* ferruginoso a techo de las calizas ilerdienses

Otra discordancia, observable a nivel regional es la que se manifiesta a techo de las calizas lutecientes o “Calizas de Guara” en lo que es la cuenca de Pamplona-Jaca en el sector de Lumbier, en el contacto con las estribaciones de la Sierra de Leyre. Esta discordancia pone de manifiesto la presencia de depositos olistostromicos, bloques y *slumps*, propios de un contexto de talud y que da entrada a las series margosas del “Flysch de Irurozqui” y a las “margas de Pamplona”

Tambien se observa otra discontinuidad en el Bartoniense y a techo de dichas margas, en la base de las “margas de Ilundain” con la entrada turbiditica asociada de Gongolaz, Tabar y Yesa.

Sin duda alguna una de las discordancias mas claramente puestas de manifiesto tanto a nivel local como regional, es la acaecida en el Priaboniense y que se pone de manifiesto por un cambio en las condiciones de sedimentacion y el paso del regimen marino a otro ya continental en toda la region, condiciones que perdurara durante todo el Terciario. No obstante en casi toda la zona el contacto entre estos materiales se hace casi siempre a traves de la Falla de Loiti. Solo en algunos puntos como entre Liédena y Yesa, en una pista en el bosque del Castellon, se puede llegar a reconocer dicha discordancia.

A partir del Eoceno superior comienza a estructurarse la cadena y gran parte de la zona, a excepcion de la Sierra de Leyre al norte, se convierte en areas fuertemente subsidentes, receptoras de un importante acumulo de sedimentos. Cada impulso relacionado con el emplazamiento de las unidades aloctonas, motiva discontinuidades o discordancias de mayor o menor grado, segun sectores que en la region se reflejan en

los distintos y bruscos cambios litologicos, mas patentes en los terminos superiores de las series paleogenas e incluso neogenas.

Asi se reconocen discordancias de naturaleza erosiva en el Sueviense, Arverniense y Ageniense, relacionadas a techo con procesos de diastrofismo acelerado. Tal es el caso de las discordancias de Gallipienzo y Sierra de San Pedro. A partir del Aragoniense inferior no existe registro litologico en la zona, a excepcion de los depositos cuaternarios, por lo que las discordancias y/o discontinuidades acaecidas en otras zonas proximas de la cuenca del Ebro no son reconocibles en el area estudiada.

2.2.2. Pliegues

Casi la totalidad de los materiales que configuran el ambito de la zona estudiada aparecen estructurados en lineas generales a favor de grandes pliegues de direccion general E-O y N.NO-S.SE, que en ocasiones se ven afectados por cabalgamientos o fallas de gran angulo

Las estructuras tipo pliegues que se reconocen en la Hoja 175-I. Tiermas, son mas bien escasas al menos en la zona estudiada. La Sierra de Leyre es la unidad estructural mas importante de esta Hoja. Se trata de una lamina cabalgante del tipo “*fault-bend folding*”, constituido sus terminos mas bajos principalmente por materiales del Cretacico superior, que cobijan a las margas bartonienses que constituyen el relleno de la Canal de Bérdun en este sector. Los pliegues que se observan son pues casi en su totalidad estructuras asociadas a esta lamina cabalgante y en menor medida a su autoctono relativo.

En lo referente a la lamina cabalgante se puede decir que esta presenta una geometria de serie monoclinal, con su frente en disposicion casi subhorizontal y/o con buzamientos hacia el norte muy suaves, de apenas casi 10°, valores que en poco espacio aumentan de forma llamativa, constituyendo la pendiente estructural de dicha sierra, del orden de los 15°-20° e incluso a veces algo mas. Las estructuras que destacan son dos principalmente. el anticlinal de Vallenegra, el sinclinal de Escalar y el de Arbayun .

El anticlinal de Vallenegra se trata de una estructura suave, de direccion SO.O-NE.E de apenas 3 Km de longitud de eje en la que afloran terminos relativamente bajos del Cretacico superior. Es una estructura sencilla, afectada por alguna fractura de

pequeña envergadura. donde los buzamientos por lo general son muy suaves, no superando las capas los 20° de inclinacion.

El sinclinal de Escalar es una estructura casi paralela a la anterior, desarrollada sobre las calizas ilerdienses y el Cretacico terminal, culminando este sector oriental de la Sierra de Leyre. Se trata tambien al igual que el pliegue descrito con anterioridad de una geometria sencilla, de flancos suaves y sin complicaciones estructurales, en lo referente a fallas.

El sinclinal de Arbayun, asi denominado por tener su origen en los cantiles orientales de dicha Foz, es una larga estructura, de direccion general E-O, con inflexion NO-SE, cerca del Irati. Se localiza en el espaldar de dicha sierra y aparece afectado por un sistema de fallas transversas conjugadas, de distinto salto y fallas longitudinales, paralelas al eje que distorsionan la geometria del pliegue. La falta de afloramientos por los frecuentes recubrimientos impide a veces las observaciones en estructura.

Finalmente y en relacion con este aloctono, se reconoce tambien una estructura anticlinal en la pista de Bigüezal al Arangoiti. Se trata de un pliegue suave, con buzamientos en ambos flancos del orden de los 15° y de direccion general E-O, de longitud kilometrica y ligeras inflexiones, paralelo a la estructura anteriormente descrita y que afecta en la Hoja casi en su totalidad a materiales del Cretacico superior.

En lo referente a las estructuras localizadas en el autoctono relativo, es decir en el sector de la Canal de Berdun, poco se puede decir. Las margas de Pamplona en este sector forman parte de una gran estructura anticlinal que con direccion E-O, se extiende a lo largo de la misma, encontrando los materiales mas modernos en su flanco meridional, afectados en parte por el accidente de Loiti que en este sector tiende a amortiguararse al menos en superficie.

En los alrededores del pantano de Yesa se reconocen pliegues de diverso rango y consideracion en la serie turbiditica, plegamiento por otra parte muy caracteristico en este tipo de materiales. A destacar son las estructuras anticlinales de La Refaya y del Alto de las Ripas localizadas en la margen izquierda del pantano y el sinclinal de Marmayor, situado casi encima de la cerrada.

Finalmente a destacar la disposicion monoclinal, con buzamientos altos, del orden de los 50º-70º, de los depositos continentales del Priaboniense superior que se localizan al sur de la Hoja, en el limite ya con la provincia de Zaragoza.

2.2.3. Fallas y Cabalgamientos.

En la Hoja 175-I. Tiermas, los accidentes mas importantes que se reconocen son dos: el cabalgamiento de la Sierra de Leyre y la falla de Loiti, al margen de fallas normales de pequena envergadura que se localizan en el espaldar de dicha sierra, en el limite septentrional de la Hoja.

El cabalgamiento de la Sierra de Leyre es el accidente mas importante de esta Hoja. Como ya se ha expuesto, se trata de una lamina cabalgante del tipo “*fault-bend folding*”, constituida sus terminos mas bajos por materiales del Cretacico superior, que cobijan a las margas bartonienses que constituyen el relleno de la cuenca de Pamplona-Jaca y/o de la Canal de Bérdun en este sector.

Se trata de una falla de bajo angulo, que con direccion E-O se extiende a lo largo de bastantes kilometros, desde las inmediciones de la entrada al valle del Roncal hasta las proximidades de Lumbier. A lo largo de toda la traza se manifiesta con un plano muy tendido, en ocasiones con apilamiento en “*duplex*” y afectada de forma normal por fallas de apenas poco salto, generalmente visibles.

La falla de Loiti es el otro accidente importante e interesante que se observa en esta Hoja. Se trata de un accidente de direccion ONO-ESE de componente inversa en profundidad, que debio actuar previamente como de desgarre (CAMARA y KLIMOWITZ, 1985). Su traza se localiza desde la Sierra de Alaiz hasta el pantano de Yesa, por lo tanto se trata de un accidente que se continua a lo largo de bastantes kilometros. En el area estudiada se reconoce ademas por la Hojas 174-I..Aibar, 174-II. Lumbier.

Presenta una traza bastante rectilinea, aunque en detalle es algo alabeada, lo que implica una componente inversa en profundidad. El alto angulo de esta falla se pone de manifiesto practicamente a lo largo de toda la traza, encontrando ademas y con frecuencia estructuras vergentes hacia el sur, en el labio superior de dicha falla, como ocurre p.e. en los alrededores de Yesa , junto al rio Aragon.

El salto de esta falla es mayor en los sectores occidentales, es decir por el alto de Loiti, de donde toma nombre, mientras que hacia el este, ademas de adoptar una direccion E-O, va perdiendo salto, hasta llegar a desaparecer como tal en el pantano de Yesa.

Asi se reconoce un salto importante en la Hoja en el puerto de Loiti (Hoja 174-I Aibar), poniendose en contacto los sedimentos marinos del Bartoniente (“margas de Pamplona”) con los depositos continentales oligocenos de la Sierra de Izco o en las proximidades de Las Ventas de Judas, en la carretera a Aibar. Hacia el sureste, en los alrededores de Liédena, este salto va disminuyendo, descomponiendose ademas este accidente en otros de componente inversa y vergentes hacia el sur, pero ya de menor envergadura. Un buen punto de observacion de este accidente se tiene en la pista que desde esa localidad se dirige a la boca sur de la Foz de Lumbier (Hoja 174-II. Lumbier).

Finalmente en la Hoja, este accidente resulta dificil de seguir, entre otros por la dificultad de afloramiento, si bien , al sur del pantano de Yesa, se observa una cierta componente rectilinea que hace sospechar todavia de la continuidad de este accidente, al menos en los limites del area estudiada. No obstante mas hacia el este se tiene constancia de la desaparicion, al menos en superficie de este accidente.

2.3 CRONOLOGIA DE LA DEFORMACION

La falta de afloramientos tanto paleozoicos como mesozoicos, a excepcion de los de la Sierra de Leyre en el area estudiada, impide el establecimiento de una cronologia de la deformacion, al menos para esos tiempos, por lo que hay que remitirse a los datos existentes a nivel regional.

Se sabe de la existencia inicialmente de un *rifting* generalizado en el seno de la placa iberica construido a favor de muchos accidentes tardihercnicos reactivados. Esta etapa extensional, comienza en el Golfo de Vizcaya a principios del Cretacico inferior, creando una cierta inestabilidad y un surco subsidente en regimen transtensivo durante esos tiempos, en el espacio que actualmente ocupan los Pirineos. Posteriormente estas cuencas estaria sujetas a una inversion estructural

En el Cretacico superior, a partir del Cenomanense, se produce un cambio en la deformacion pasandose a un regimen de deslizamiento lèvogiro de tipo transpésivo, que va a continuar hasta el Maastrichtiense. Durante este periodo de tiempo se forman las primeras estructuras de acortamiento, como el manto de Lakora o las de Bóixols-Turbón ya en el Pirineo central (TEIXELL 1992).

A finales del Cretacico y/o principios del Terciario, comienza la tectogenesis alpina. Durante el Paleoceno se produce un importante cambio paleogeografico que culminara con la creacion de una cordillera emergente y dos cuencas de antepais. Inicialmenete se individualiza la cuenca surpirenaica, como cuenca de antepais subsidente al pie del orogeno y de direccion paralela a su eje, incorporandose posteriormente en disposicion *piggy-back*.

El acercamiento definitivo entre las placas iberica y europea, motiva la creacion de un cinturon de pliegues y cabalgamientos, que se propagan hacia el antepais en secuencia de bloque inferior. Estas estructuras se agrupan en las denominadas “laminas cabalgantes (mantos) inferiores y superiores”. La colision de placas culmina en el Eoceno, durante el Luteciense, con la denominada “fase pirenaica”, si bien el regimen compresivo perduro hasta comienzos del Mioceno.

El manto de Lakora, es decir, su rampa frontal, genera a su pie la cuenca turbiditica de Jaca-Pamplona. Durante el Luteciense se producen una serie de cabalgamientos, que perduran hasta el Bartonense y motivan la evolucion continuada de las estructuras y la propagacion progresiva de la deformacion hacia el sur y hacia el oeste, como lo demuestra la presencia de pliegues submeridianos en la Sierras Exteriores (TEIXELL 1992).

A partir del Eoceno superior, los cabalgamientos de basamento de la Zona Axial, adquieren un notable e importante desarrollo, emergiendo sobre las rocas de la cobertura ya deformadas anteriormenete. Durante este intervalo y en el Oligoceno inferior-medio, se produce el mayor desplazamiento de la vertiente sur del Pirineo sobre la cuenca del Ebro a favor de un cabalgamiento basal.

Esta traslacion hacia el sur se traduce en la deformacion interna y de manera progresiva de los depositos clasticos, cuya geometria corresponde a sistemas de pliegues y cabalgamientos en las series paleogenas y a la emergencia del frente o rampa frontal de cabalgamiento, que da lugar a las Sierras Exteriores. Un ejemplo particular de

la migracion hacia zonas meridionales es el aislamiento del sinclinal sinsedimentario de Guarga, donde se registran los materiales mas modernos de la cuenca de Jaca y cuyo sector mas septentrional, se ve sometido a una imbricacion y desmantelamiento.

Las estructuras de plegamiento del relleno sintectonico de la cuenca de antepais, pueden corresponder a veces a cabalgamientos ciegos que llegan incluso a afectar a la cobertura mesozoica subyacente, siendo algunos caracteristicos de *growth-folds* (IGME 1987). es decir estarian relacionadas con pliegues sinsedimentarios.

Durante el Oligoceno superior y Mioceno inferior continua la deformacion y tiene lugar el emplazamiento definitivo de lo que se viene llamando el Manto de Gavarnie dando lugar este a una serie de estructuras plegadas y/o cabalgantes hacia el sur a lo largo del frente surpirenaico, asi como la propagacion de despegues no emergentes hacia la cuenca de antepais pasiva, es decir de la actual cuenca del Ebro.

El acortamiento orogenico causado por la colision de las placas, produjo un notable engrosamiento de la corteza continental en la mayor parte de ambito pirenaico. Posteriormente el reajuste isostatico ha provocado la surrección del relieve montañoso actual.

La estructura alpina de la zona estudiada es función de la orientación e intensidad de las distintas fases compresivas y la naturaleza y disposición de los materiales que configuran la cobertura sedimentaria. En el marco de la Hoja, la compresión alpina se refleja por el desplazamiento hacia el sur de los cabalgamientos bien de bajo ángulo como el de la Sierra de Leyre o de alto ángulo como el de la falla de Loiti, así como con las estructuras plegadas de Sangüesa, Aibar, Yesa y Eslava. Estas estructuras, tanto los pliegues como las fallas asociadas, presentan una dirección general E-O y N.NO-S.SE.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. SITUACION GEOGRAFICA

La Hoja de Tiermas (175-I), a escala 1:25.000, ocupa el cuadrante NO de la Hoja de Sigües (175), a escala 1:25.000 y sólamente el sector septentrional y el occidental pertenecen a territorio navarro correspondiendo, el resto, a la Comunidad

Autónoma de Aragón. La zona estudiada pertenece al sector más oriental de la Comunidad de Navarra y está situada en las proximidades del Embalse de Yesa.

El relieve es montañoso y accidentado destacando la sierra de Leyre al norte, donde se localizan las mayores alturas de la Hoja, sobresaliendo el Pico Escalar con 1200 m de altura el Paso del Oso con 1332 m y el Paso Ancho con 1359 m. Desde estos parajes, y mirando hacia el sur, se observa una amplia panorámica del relieve de la zona, en la que hay que incluir el gran escarpe de la sierra de Leyre. Ya hacia el suroeste, desciende la cota, y aparecen las mínimas alturas en el Embalse de Yesa, con unos 500 m aproximadamente en los alrededores de la cerrada.

La red de drenaje se ordena en torno al río Onsella, represado en el límite oeste de la hoja para dar lugar al Embalse de Yesa. Este río es tributario del Aragón, al que se une en la contigua hoja de Sangüesa (174). El resto de los cauces son estacionales y han labrado profundos valles y acusados barrancos en su proceso de encajamiento. Destacan los barrancos de Vallenegra, Fuentefría, Forcillón y Valdetaco, al norte, y los de Marmayo y Cardonera, al oeste.

Las características climáticas están parcialmente reflejadas en uno de los esquemas que acompaña al mapa geomorfológico. En él se observa que la precipitación media anual está comprendida entre los 700 y 1000 mm y la temperatura media anual entre 10 y 12°C. Estos parámetros definen un tipo climático Mediterráneo Templado con un régimen de humedad Mediterráneo Templado Húmedo.

Los núcleos de población son apenas dos, Tiermas y Ruesta, ambos pertenecientes al Comunidad Autónoma de Aragón y actualmente abandonados. Esto explica que la única actividad de la zona sea exclusivamente agrícola y ganadera, no existiendo ninguna actividad industrial.

La infraestructura viaria dentro de la Hoja es escasa, destacando como principales vías de comunicación la carretera que une Pamplona con Jaca, que discurre por la margen septentrional del embalse de Yesa y de la que parten los accesos al valle del Roncal. En la margen meridional existe una carretera comarcal que accede a la N-240 en la contigua hoja de Sigües.

3.2. ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos, relativos a este sector del Pirineo navarro, son muy escasos por no decir prácticamente inexistentes, aunque sí hay algunos textos de carácter general o regional que han servido de partida a este estudio.

Un gran avance, en este sentido, es el que se produce en las últimas décadas con motivo de la realización de las hojas geológicas, a escala 1:50.000, del proyecto MAGNA. En ellas se aportan, nuevos datos sobre las características de los depósitos más recientes, concretamente de edad cuaternaria. Por otra parte, la realización por I.T.G.E. y ENRESA del “Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España, a escala 1:1.000.000” arroja alguna información complementaria sobre este sector de Navarra.

3.3. ANALISIS MORFOLOGICO

En este apartado se tienen en cuenta dos aspectos fundamentales: uno de carácter estático o morfoestructural y otro dinámico. El primero considera el relieve como una consecuencia del sustrato geológico y la disposición del mismo, y el segundo analiza la importancia de los procesos exógenos sobre dicho sustrato y sus características.

3.3.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista morfoestructural, la Hoja de Tiermas, se sitúa en la zona Surpirenáica, perteneciendo al Dominio Pirenaico, en su límite con la Cuenca del Ebro. Dentro de ésta última, se situaría en el Sector de la Canal de Berdún o de la denominada Cuenca de Pamplona - Jaca.

Las características del relieve, bastante accidentado están muy condicionadas por la estructura, además de por la litología y la tectónica. Los mayores relieves se localizan en el sector norte de la sierra de Leyre donde los materiales cretácicos alcanzan alturas superiores a los 1000 m. Allí destacan formas estructurales como cuestas y “hog backs”, resaltes de capas duras y escarpes con saltos superiores a los 100 m. Todos ellos presentan buzamientos hacia el norte. Por otra parte, en el sector más meridional, al sur del Embalse de Yesa, también se encuentran este tipo de

estructuras, pero todas ellas son de pequeñas dimensiones, con buzamientos hacia el sur y suroeste. Se reconocen además crestas con desniveles superiores e inferiores a los 100 m, en los parajes de La Refaya y el Alto de las Ripas.

Pero el accidente más impresionante es el gran escarpe que la Sierra de Leyre ofrece hacia su vertiente sur, con un salto aproximado de 800 m menos de 4 km. El panorama que se observa desde el borde del mismo es de gran espectacularidad, permitiendo la visión del relieve regional.

La morfología de la red de drenaje es otro de los aspectos que refleja magníficamente la influencia de la estructura en la configuración del relieve. La linealidad de algunos cauces, la orientación preferente de muchos de ellos y los cambios bruscos en los perfiles longitudinales, indican que las aguas circulan preferentemente por las zonas de mayor debilidad o de máxima pendiente.

Las direcciones dominantes de las líneas de flujo, tal y como se puede observar en el Mapa Geomorfológico, son o bien perpendiculares, o bien paralelas a las principales estructuras. En este último caso suelen circular por los materiales más blandos o por áreas de máxima debilidad como sucede con el río Onsella, actualmente represado dando lugar al Embalse de Yesa. Concluyendo, las direcciones principales de la red son de E-O a ONO-ESE y de N-S a NNE-SSO. También puede apreciarse en el sector más septentrional, como algunos cursos se encajan perfectamente por zonas de fallas y fracturas.

La morfología de esta red es de tipo dendrítico, subtipo angular, con una densidad media general. Las redes de tipo dendrítico son características de áreas con litologías muy homogéneas o con sedimentos estratificados en los que alternan materiales de diferentes competencia, dispuestos en series monoclinales. Este último hecho es muy frecuente en todo este sector del territorio navarro.

3.3.2. Estudio del modelado

En este apartado se describen todas las formas cartografiadas en el mapa geomorfológico, tanto erosivas como sedimentarias, y que han sido originadas por la acción de los procesos externos. Se describen también dichos procesos según su

importancia, y se consideran, en todas aquellas que tienen depósitos: el tamaño, la potencia, la distribución espacial y su relación con otras formas.

3.3.2.1. Formas fluviales

El desarrollo de la morfología fluvial es muy importante, destacando principalmente la de carácter erosivo. Los depósitos son bastante escasos limitándose a los fondos de valle, algunos conos de deyección y unos pocos afloramientos de terrazas.

Los fondos de valle están constituidos por un depósito mayoritariamente de gravas calcáreas, pero con componentes cuarcíticos y areniscosos, empastados en una matriz arenoso-arcillosa. La morfología, en planta, es la de bandas alargadas y estrechas con un trazado muy variable, a veces rectilíneo, a veces ondulado o serpenteante.

Relacionados con los fondos de valle aparecen los conos de deyección. Son formas poco frecuentes, en esta Hoja de Tiermas, y se generan a la salida de algunos barrancos y arroyos, al desaguar éstos en un cauce de rango superior. Los que existen son de pequeño tamaño y su dimensión es variable dependiendo de diversos factores como clima, pendiente del cauce que lo origina, longitud, anchura cambio de pendiente y tamaño de la zona de recepción. En este caso son pequeños debido a las acusadas pendientes y a la estrechez de los valles y aparecen en los extremos NE y SO de la zona estudiada.

Otra de las formas significativas son las terrazas, aunque aquí sólo existe un pequeño afloramiento en el límite oeste de la Hoja, en la margen sur del río Onsella. Se trata de una banda estrecha y alargada, paralela al cauce, con una superficie extremadamente plana y un escarpe limpio debido a la erosión del río.

Por lo que se refiere a las formas de erosión, destaca una importante red de incisión que, en la mayoría de los casos, da lugar a numerosos valles y barrancos en “v”. Este acusado proceso de erosión se debe a la montañoso de la zona, a lo acusado de las pendientes y a que, en gran parte, se trata de una zona de cabeceras.

Estas condiciones, junto con el carácter húmedo de la región dan lugar a incisiones y profundas entalladuras que terminan en una morfología abrupta, donde

alternan los barrancos con los interfluvios agudos o en arista. La existencia de materiales blandos, intercalados en otros más duros, favorece el desarrollo de estas formas.

Los procesos de incisión dan los mejores ejemplos al norte de la Canal de Berdún donde proliferan las cárcavas, con marcadas cabeceras, y la formación de barrancos.

Finalmente en el sector septentrional se generan hermosos ejemplos de hoces y cañones dentro de las litologías calcáreas. Como es de suponer hay una importante intervención de los procesos kársticos.

3.3.2.2. Formas de ladera

Dentro de este grupo se ha cartografiado coluviones, coluviones de bloques y desprendimientos.

Los coluviones aparecen al pie de las laderas de los principales valles y son originados por la acción conjunta del agua y de la gravedad. Morfológicamente dan una serie de bandas estrechas alargadas y paralelas a los ríos. Otras veces y en zonas de pendientes fuertes pueden reconocerse derrubios ordenados aunque la falta de perfiles dificulta su diferenciación lo que ha llevado a incluirlos a todos en el mismo grupo.

En cualquier caso son muy poco numerosos, apareciendo apenas en algunos valles. Otro tipo de coluviones son los coluviones de bloques. De mayor potencia y dimensiones que los anteriores, se instalan en la vertiente meridional de la Sierra de Leyre. Dan una gran banda de sedimentos caracterizada por el tamaño de los bloques que incluye. En el sector norte también aparecen este tipo de depósitos, pero siempre con menor espectacularidad.

Los desprendimientos son frecuentes al pie de las grandes crestas y escarpes por roturas de los nivales más duros. El resultado es una serie de bloques de gran tamaño que caen a cotas inferiores de la ladera por pérdida de estabilidad.

3.3.2.3. Formas kársticas

Se localizan en el sector septentrional sobre los materiales carbonatados que constituyen la parte superior de la Sierra de Leyre (Cretácico). Estas formas son debidas a los procesos de disolución produciéndose a veces, resultados muy espectaculares desde el punto de vista geomorfológico.

En la Hoja de Tiermas la manifestación más clara es un intenso lapiaz, en el que se reconocen una serie de formas menores como : pasillos, alveolos, crestas, senos, oquedades, chimeneas, etc. Estas formas pueden aparecer total o parcialmente cubiertas por arcillas de descalcificación. Las dolinas, aunque escasas, se reconocen en un par de parajes y en su fondo también se alojan los residuos del proceso de disolución.

En el desarrollo de los procesos kársticos existe una gran influencia de la litología, la estructura y sobre todo de la fracturación, puesto que la existencia de líneas de debilidad o discontinuidad favorece la penetración del agua y la circulación de la misma dentro del macizo. La presencia de una estación fría, con precipitación sólida, acelera en este caso el proceso, ya que las aguas de fusión son muy agresivas.

Los procesos de disolución en las formaciones carbonatas son funcionales en la actualidad, como lo demuestran los numerosos sumideros y surgencias existentes en el área, así como algunos pequeños hundimientos. Lo más difícil es precisar el comienzo de estos procesos dentro del tiempo geológico reciente, aunque muchos autores suponen que pueden iniciarse a finales del Terciario o principios del Cuaternario.

3.3.2.4. Formas poligénicas

Son todas aquellas en las que intervienen dos o más procesos en su formación. Dentro de esta Hoja de Tiermas, la unidad más representativa la constituyen los glacis situados al pie de la Sierra de Leyre. Aunque sólo se ha cartografiado el sector navarro, esta formación continúa por tierras aragonesas con igual representación.

Constituyen formas de relieve suave al pie de esta gran elevación y su morfología es muy característica. Son por lo general alargadas, tienen bordes lobulados

y perfil longitudinal plano - cóncavo, aumentando esta concavidad hacia la zona de cabecera su tamaño es grande y a veces ofrecen escarpes netos hacia los valles, al quedar disectados por la red fluvial.

Por otra parte la observación del mapa geomorfológico muestra la existencia de un aplanamiento en la Sierra de Leyre entre los 1.100 y 1.200 m. Por la cota a la que aparece podría correlacionarse con la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al. 1984), también reconocida en la Cordillera Cantábrica. Sin embargo al estar tan degradada, y al encontrar sólo estos pequeños retazos, no podría asegurarse que tan correlación sea concluyente. No obstante, en la cartografía geomorfológica se ha representado como una superficie de erosión.

Dentro de este grupo se han incluido también los depósitos aluviales - coluviales.. Son escasos y se localizan en el sector nororiental de la Hoja. Presentan características mixtas entre los aluviales y los coluviales, pero sólo en cuanto a su depósito. Se desarrollan en valles algo abiertos, donde los flujos son esporádicos y poco definidos y en donde se mezclan los sedimentos del fondo del valle con los aportes procedentes de las laderas.

3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se definen como tales todos aquellos materiales coherentes o no, que han podido sufrir una consolidación posterior, y que están relacionados con la evolución del relieve existente en la actualidad. La característica fundamental es que deben ser cartografiados a la escala de trabajo y estar definidas por una serie de atributos tales como geometría, textura, litología, potencia y, en algunas ocasiones, edad.

Las formaciones superficiales más representativas en esta Hoja son las de carácter fluvial destacando, entre ellas, los fondos de valle. Están constituidos por gravas y cantos de diversa naturaleza, pero principalmente areniscosa, empastados en una matriz arcillosa - arenosa con un cierto contenido en carbonatos que a veces se acumula alrededor de los cantos dando camisas Otras veces cementan la base de algunos niveles. El tamaño medio de los cantos está comprendido entre 5 y 8 cm y el máximo, observado en campo, es aproximadamente de 40 cm aunque en algunos puntos se puedan superar estas dimensiones. La abundancia de bloques se debe a la elevada capacidad erosiva de estos cursos de agua como consecuencia de las diferencias

altimétricas y de un clima con altas precipitaciones. Además, la presencia de una estación fría favorece la fragmentación de las rocas y la puesta en movimiento de dichos fragmentos a través de los cauces. La potencia de estos depósitos no parece superar los 4 m, y a veces son muy poco potentes.

Asociados a los fondos de valle, aparecen los conos de deyección, sólamente en los dos principales valles. Son también depósitos de textura granular, heterométrica y poseen un escaso grado de compactación. Litológicamente son similares a los fondos de valle puesto que en la mayoría de los casos tienen un origen común, aunque pueden presentar diferencias locales. Por lo que se refiere al tamaño de grano, existen importantes variaciones dentro del mismo depósito, disminuyendo acusadamente desde la zona apical a la distal. La potencia también varía en el mismo sentido, desde 4-6 m hasta pocos centímetros, y son algo más potentes los conos de menor tamaño. Al igual que los fondos de valle, se les asigna una edad holocena.

Los cauces activos son depósitos formados por gravas, arenas y cantes, aunque ocasionalmente incluyen bloques. Los cantes son de litología muy variada : areniscas, calizas, etc. Se organizan en barras fluviales, bien en zonas próximas a los márgenes de los grandes ríos o en los sectores centrales. Su morfología es perfectamente apreciable en distintos puntos de los cursos y suelen variar en el tiempo.

Por lo que se refiere a las formaciones superficiales de ladera, se describen a continuación los coluviones y los coluvioens de bloques. Los primeros son depósitos con muy poco espesor y representación superficial y se encuentran repartidos de forma irregular por toda la Hoja. Se localizan al pie de las laderas de los principales valles junto a los relieves, tratándose en cualquier caso de depósitos de poca entidad. Litológicamente su composición es muy variable ya que dependen del sustrato sobre el que se desarrollan. Lo más frecuente es encontrar lutitas de color ocre empastando cantes angulosos y subangulosos de areniscas y a veces de calizas. Por su posición al pie de las laderas y su relación con el resto de los depósitos cuaternarios se asignan al Holoceno.

En cuanto a los segundos, se trata de un conjunto caótico y heterogéneo de depósitos al pie de los grandes relieves de la zona, preferentemente de Sierra de Leyre y sus estribaciones occidentales. Se pueden reconocer perfectamente de visu en las laderas que conforman la falda meridional, entre las proximidades del Monasterio de Leyre y las proximidades de Lumbier. Se trata de unos depósitos formados por cantes y

bloques, empastados en una masa caótica de margas y/o lutitas de tonalidades grises o rojizas y que a veces pueden llegar a estar ligeramente cementados por carbonatos.

Los bloques son de gran tamaño llegando a destacar incluso de lejos, ya que pueden alcanzar un tamaño considerable, de 2 a 3 m e incluso más. Su composición también es diversa, encontrando bloques y cantes de calizas eocenas así como de areniscas y calcarenitas cretácicas. Todo este conjunto enmascara notablemente los afloramientos del sustrato que conforman dichas laderas. Por su posición se les atribuye al Holoceno.

Las formaciones superficiales de origen kárstico están representadas exclusivamente por las arcillas de calcificación que rellenan el fondo de las dolinas y uvalas. Litológicamente se trata de arcillas rojas (“terra rosa”), de poco espesor, de orden decimétrico a métrico, con cantes procedentes del sustrato. Se les atribuye una edad Plioceno - Holoceno, siendo el proceso de kastificación, funcional en la actualidad.

Finalmente, se consideran las formaciones superficiales de origen poligénico, representadas principalmente por los glacis de acumulación.

Estos depósitos constituyen, sin duda alguna, una de las formaciones más características de la región, tanto por su litología como por su morfología, ya que dan lugar a extensas y vastas planicies al pie de los relieves, con una pendiente muy suave descendiendo hacia la red fluvial actual. Su disposición, casi subhorizontal, en las zonas más próximas a los interfluvios ha hecho que en ocasiones se confundan con terrazas fluviales, si bien la litología resulta el elemento diferenciador entre ambos tipos de depósitos. Se reconocen en el valle del Aragón, concretamente en la depresión de Sangüesa, a ambas márgenes del río. Sus afloramientos, por lo general, se localizan a favor de pequeños cantiles. El canal de Las Bardenas ofrece excelentes perfiles de esta unidad.

En la Hoja de Tiermas (175-I), al pie y en la vertiente sur de la Sierra de Leyre, se aparecen excelentes afloramientos, concretamente en el límite oriental de la zona estudiada. Los mejores se localizan en la carretera de Pamplona a Jaca, en el entorno del embalse de Yesa. Litológicamente se caracterizan por la presencia de gravas y arenas con lutitas que pueden contener abundantes bloques. Todo este conjunto se organiza de forma heterogénea y caótica, donde predominan indistintamente las lutitas

sobre los depósitos más groseros o viceversa. Las gravas presentan cantos de subangulosos a subredondeados y los bloques, por lo general de gran tamaño, pueden llegar a alcanzar proporciones métricas. Uno de los criterios diferenciadores respecto a las terrazas fluviales es la presencia de clastos, de tamaño decimétrico a métrico, subangulos, de areniscas ocres, procedentes del desmantelamiento de los relieves próximos. Este tipo de fragmentos se localiza preferentemente hacia los términos inferiores de la unidad, mientras que hacia techo predominan las lutitas. El espesor de estos depósitos es muy variable, fluctuando entre 2 y 10 m, como se observa en el embalse de Yesa.

Su origen está íntimamente ligado a la historia reciente de la región. A veces se observan dos generaciones de glacis, como ocurre en la Hoja 174-IV Sangüesa, al pie de los relieves de la Sierra de San Pedro, junto al canal de Las Bardenas, si bien una de ellas, la más antigua, es bastante relictica. También, aunque fuera de zona, en la falda meridional de la Sierra de Leyre, se reconocen distintas generaciones lo que pone de manifiesto la compleja historia a la que la región se vio sometida durante el Cuaternario. En cuanto a la edad, la disposición y relación con los sistemas de terrazas, de la red fluvial del Aragón, hace asignarlas al Pleistoceno.

Otros depósitos de carácter poligénico son los aluviales coluviales. Se trata de un conjunto de depósitos de origen fluvial que, por la morfología, diferente de la de los fondos de valle, evidencia aportes laterales difíciles de separar de los propiamente fluviales. Por lo general se localizan en áreas de topografía muy suave y en zonas de cursos de carácter ligeramente divagante y bastante efímeros. Su litología por regla general, corresponde a materiales finos, lutíticos, que engloban cantos, bien procedentes de las zonas laterales o arrastrados por el propio curso del arroyo.

3.4. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

La evolución geomorfológica de esta zona de estudio, se encuentra inmersa dentro de la evolución regional del Pirineo Navarro, por lo que siempre hay que enmarcarla dentro de un contexto general más amplio, debido a la necesidad de tener puntos de referencia claros a partir de los cuales se puede reconstruir la historia del modelado. Por ello, hay que decir que esta zona se encuentra en el Pirineo Occidental o Pirineo Navarro, concretamente en la Zona Surpirenaica oriental limitando con la Cuenca del Ebro.

Desde un punto de vista geomorfológico el nivel de referencia más antiguo lo constituye la superficie de erosión o, mejor dicho, los retazos de una superficie de erosión desarrollada en la Sierra de Leyre. El problema principal de este arrasamiento es conocer su edad pues no existen sedimentos recientes en áreas próximas que puedan relacionarse con él. No obstante, si se pudiera asimilar a la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al. 1984), su edad sería Vallesiense - Plioceno, coincidiendo con el final del ciclo neógeno, representado por las calizas del Páramo. A pesar de ello, la ausencia de depósitos de edad comprendida entre el Mioceno y el Cuaternario impide reconstruir detalladamente la evolución de dicho lapso de tiempo. La realización, en un futuro, de trabajos geomorfológicos en hojas próximas a sectores más centrales de la Cuenca del Ebro permitirá completar muchos de los datos de los que ahora se carece.

Al finalizar la sedimentación terciaria, existe en todas las cuencas un período en el que tienen lugar una serie de procesos edáficos con formación de costras, karsts, etc., que dejan su huella en las calizas terminales de las principales cuencas. A partir de este momento se produce un gran cambio que supone que los grandes ríos, en su proceso de erosión remontante, llegan a las cuencas, capturando los pequeños cauces recién instalados y se inicia la erosión de los mismos con evacuación de los sedimentos fuera de ellas. Este cambio no es sincrónico en todos los puntos de las grandes cuencas pero sí se supone que marca el paso del Terciario al Cuaternario.

En un área como la de estudio, que constituye la cabecera y el área madre de una gran cuenca, como es la Cuenca del Ebro, no existen sedimentos postorogénicos, a excepción de los cuaternarios. Esto hace que el encajamiento produzca profundas incisiones y valles muy encajados, dando lugar a un relieve con grandes diferencias altimétricas donde son frecuentes barrancos, cañones, hoces, aristas, como corresponde a una morfología abrupta.

Paralelamente al proceso de encajamiento de la red, en las laderas se originan áreas de erosión y áreas de sedimentación, ocupando, estas últimas las partes más bajas de los valles donde se desarrollan coluviones, glacis, deslizamientos, etc.

Para finalizar este apartado hay que añadir que a medida que avanza el Cuaternario (Pleistoceno medio y superior), la red fluvial continúa su proceso de instalación, dejando en algunos tramos depósitos aluviales (terrazas). Se inicia además la formación de nuevos cauces, es decir, la red secundaria. Mientras tanto la morfología que

se va elaborando, tanto en las laderas (cónicas, convexas, regularizadas, etc.), como en los valles (simétricos, asimétricos, en artesa, en "v", en "u", etc.), depende en cada punto de la litología, del clima y de la tectónica local.

3.5. PROCESOS ACTUALES

La Hoja de Tiermas ofrece dos zonas de relieve muy diferente : el sector septentrional de relieve medio suave y el sector occidental de grandes contrastes altimétricos desde el borde de la Sierra de Leyre hasta el Embalse de Yesa. Esta diferencia supone, de partida, la distribución de los procesos según los sectores.

En la zona septentrional, con predominio de sedimentos carbonatados, los procesos principales son los de alteración química y erosión fluvial.

Por lo que se refiere a los procesos de alteración química, destacan los de disolución, responsables del desarrollo kárstico que en esta zona son medianamente acusados. Estos procesos tienen una funcionalidad manifiesta en la actualidad, como lo reflejan los sumideros y surgencias en la áreas calizas, así como los pequeños hundimientos que hoy en día se producen.

Dentro de la erosión fluvial, uno de los procesos más acusados y generalizados es el de la incisión vertical de la red fluvial, que ha dado lugar a profundos barrancos, sin depósito alguno, como sucede en muchos tramos de la red menor. La causa de esta erosión tan intensa es la pertenencia de este sector a un área de montaña, próxima a una gran divisoria, donde se instalan numerosas cabeceras, haciendo dicha erosión dominante, al menos en un futuro inmediato. La erosión será más o menos intensa, según las zonas, dependiendo del clima, del nivel de base local, de los movimientos tectónicos recientes y sobre todo de la intervención de los procesos kársticos.

En el sector occidental los procesos dominantes son los de ladera y los de incisión fluvial, pero estos últimos con características algo diferentes a los del sector norte.

Los procesos de ladera también se manifiestan activos y están representados por las caídas de bloques y algunos deslizamientos. Los primeros se

producen a partir de los escarpes carbonatados de la Sierra de Leyre, debido a su extensión superficial y a su amplio grado de fracturación. El agua meteórica penetra por las numerosas discontinuidades (diaclasas, grietas, fracturas, planos de estratificación, etc.) provocando la apertura de las mismas, durante la estación fría. Este proceso tiende al aislamiento de los bloques que al estar en una posición de inestabilidad, como sucede en el borde los escarpes, tienden a caer por gravedad, depositándose en cotas inferiores de la vertiente. En la hoja de Tiermas, este hecho es normal en la mayoría de los escarpes existentes.

En cuanto a los procesos de erosión fluvial, la presencia de sedimentos blandos da lugar a algunas zonas con proliferación de cárcavas y barrancos acusados, dando un paisaje de “bad lands”. Todo esto puede observarse al norte del Embalse de Yesa en los alrededores de la Fuente de Boj.

Aunque todos estos procesos que se han detallado, puedan ser puntualmente de gran envergadura, no se prevén grandes cambios en el relieve en un futuro inmediato. La tendencia, a largo plazo es a una suavización de las formas, por las diferentes acciones erosivas, con evacuación de los materiales hacia las grandes venas de agua.

4. HISTORIA GEOLÓGICA

El registro sedimentario en la zona estudiada abarca desde finales del Cretácico hasta el Eoceno superior- Oligoceno inferior, si bien en zonas proximas el registro sedimentario es algo mas alto. El area de estudio forma parte de la cuenca de antepaís surpirenáica, distinguiéndose al Norte el aloctono de la Sierra de Leyre, en el sector central el dominio de la Cuenca de Pamplona con sedimentación esencialmente marina hasta finales del Eoceno y a al Sur las series ya continentales que caracterizan al Paleogeno de este sector del Pirineo navarro

La Cuenca de Pamplona presenta un comportamiento geodinámico conforme a un modelo de tipo piggy-back con desplazamiento solidario hacia el Sur con la lámina cabalgante de Gavarnie.

En el Cretácico superior se inicia el desplazamiento de la placa ibérica hacia el Norte dando lugar en la región donde se encuentra la zona de estudio a una individualización temprana de la cuenca de antepaís surpirenáica que funciona consecuentemente como un foreland basin. Los depósitos más antiguos existentes en la zona de estudio o areas proximas correponden al Campaniense-Maastrichtiense. En este contexto cronoestratigráfico la sedimentación se articula a partir de sistemas deltaicos emplazados en una cuenca abierta hacia el ONO, sentido en el que las series aumentan de potencia y se verifica el tránsito a facies progresivamente más profundo.

La sucesión finicretácica se presenta como una secuencia de marcada tendencia somerizante generada bajo un dispositivo de progradación deltaica hacia cuenca que se encuentra definida por el desarrollo a facies pelíticas a muro y progresivamente más proximales hacia techo, culminando con el depósito de la facies Garumniense en un medio esencialmente continental.

En el Paleoceno quedan definidos a nivel regional los dominios Pirenáico y Vasco-Cantábrico. En el área estudiada la base del Paleoceno corresponde a una superficie de truncación muy neta y la sedimentación hasta el Ilerdiense inferior-medio es esencialmente carbonatada y se emplaza en medios de plataforma somera caracterizando el margen meridional de la cuenca. Al igual que en el Cretácico superior la cuenca se abre hacia el ONO, sentido en el que profundiza el surco sedimentario.

A techo del conjunto carbonatado del Paleoceno-Ilerdiense se registra una importante laguna estratigráfica que comprende el Ilerdiense-medio-superior y la mayor parte del Cuisiense.

A partir del Ilerdiense medio-superior y hasta el Luteciense superior cabe hacer desde el punto de vista regional, las siguientes consideraciones generales:

.Establecimiento de un surco turbidítico (Grupo de Hecho) paralelo a la cadena, nutrido por sistemas deltaicos de procedencia nororiental, correlativo con plataformas carbonatadas o series adelgazadas y condensadas en el margen meridional de la cuenca.

.Desplazamiento progresivo del surco sedimentario hacia el Sur como consecuencia del empuje de la cadena y por sectores, retroceso en el mismo sentido de los plataformas carbonatadas y deltaicas del margen meridional de la cuenca.

.Desarrollo de niveles olistostrómicos-guía (Megaturbiditas), en el seno de la serie turbidítica, generados por desestabilizaciones repentinas de las plataformas carbonatadas marginales.

En la zona de estudio, desde finales del Cuisiense y hasta el Bartoniense la sedimentación marina se puede agrupar en tres conjuntos deposicionales:

.El primero acontece a finales del Cuisiense superior-Luteciense inferior. Está representado al Sur por depósitos de plataforma carbonatada (Fm Guara, PUIGDEFABREGAS, 1975). En la Foz de Arbayún se verifica el tránsito lateral hacia el Norte de las facies carbonatadas a depósitos margocalcareos propios de talud y margen de plataforma. El conjunto descrito se correlaciona por su edad y posición estratigráfica con los depósitos turbidíticos de la unidad de Cotelabio (REMACHA 1983) que caracterizan el intervalo del Grupo de Hecho comprendido entre la MT4 y MT5 de LABAUME et al (1983).

El contacto con la serie paleocena-ilerdiense es discordante, remarcado por la existencia de una destacada laguna sedimentaria. La disposición general del conjunto se realiza mediante una relación de on-lap con el infrayacente de modo que hacia el Norte se alcanzan niveles cronoestratigráficos progresivamente más bajos.

El segundo acontece durante el Luteciense superior y constituye un intervalo claramente discordante sobre las calizas de la Fm Guara, presentando una evidente relación de on-lap hacia el sur. Esta representado por facies de margen de plataforma-talud y hacia el Norte pasa a las facies turbidíticas de la unidad de Fiscal, enmarcada entre la MT5 y MT7.

En conjunto la serie muestra un marcado adelgazamiento hacia el Sur con desarrollo de series condensadas en los sectores más meridionales. La organización secuencial indica una tendencia de somerización relativa hacia techo donde aparecen términos comparativamente más someros y carbonatados.

Finalmente el tercero tiene lugar durante el Luteciense superior-Bartoniense. Está representado por un potente sucesión de facies margosas características de ambientes marinos muy profundos. Todo el conjunto manifiesta una organización negativa resultante de una secuencia somerización con desarrollo de facies pelágicas y turbidíticas, (Flysch de Irurozki), seguidas de términos prodeltaicos, para terminar con la generación de plataformas deltaicas distales (Limolitas de Urroz).

El conjunto se dispone claramente en relación de on-lap hacia el sur, adelgazándose considerablemente la serie en el mismo sentido. La base está marcada por la existencia de una megatubidita carbonática (MT7 de LABAUME et al, 1983), que integra elementos clásticos procedentes de las unidades eocenas infrayacentes.

La transgresión “biarritzienne” descrita por numerosos autores a nivel peninsular, está caracterizada en la región por el desarrollo de una potente sucesión pelítica que se conoce como “ Margas de Pamplona”. A pesar de su aparente homogeneidad, el conjunto de los Margas de Pamplona se subdivide en dos ciclos deposicionales. El ciclo inferior (Bartoniense) está representado por facies margosas prodeltaicas (Margas de Pamplona en sentido estricto) y es correlativo con los depósitos de frente deltaico de la Fm Belsué-Atarés desarrollados más al Este.

La base del ciclo superior (Priaboniense inferior) está marcada por la existencia de una importante incisión asimilada a un cañón submarino cuyo relleno está evidenciado por el desarrollo de canales turbidíticos imbricados (turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tábar). La parte alta del ciclo está caracterizada por facies pelíticas prodeltaicas (Margas de Ilundain) y localmente se preservan a techo, términos deltaicos someros (Calcarenitas de Celigueta). Todo el conjunto del Bartoniano-Priaboniense

inferior se adelgaza notablemente hacia el Sur en el subsuelo del área estudiada. En el sondeo Sangüesa-1, el espesor del conjunto es de unos 150 m , contrastando con los mas de 1500 m registrados en la cuenca de Pamplona.

La regresión finieocena ocurrida a lo largo del Priaboniense superior indica una importante estructuración de la cuenca, con sedimentación evaporítica y lagunar en medios confinados. La Fm Guendulain (PUIGDEFABREGAS,1975) es el representante sedimentario de este episodio. En la base aparecen depósitos de cloruros sódicos y sódico-potásicos generados en lagunas costeras hipersalinas que indican un momento de máximo confinamiento en la cuenca, con descenso de la lámina de agua y producción de salmueras muy concentradas bajo un régimen climático arido.

Posteriormente se registra un estadio de dilución en la cuenca por entrada de aguas continentales con aporte de material en suspensión (Margas fajeadas) ligadas a la progradación hacia el Sur de un sistema deltaico lagunar (Areniscas de Liédena) con estructuras características de un régimen inter-supramareal con oscilaciones de rango micromareal.

Las Areniscas de Liédena-constituyen el último depósito con influencia marina en toda la cuenca de antepaís surpirenaica y de acuerdo con su distribución paleogeográfica, se extiende desde la parte meridional de la cuenca de Pamplona, penetrando en el dominio de la Cuenca del Ebro donde se encuentran en el subsuelo bajo una potente serie aluvial oligocena.

A pesar de no tener registro en la Hoja interesa destacar que la sedimentación continental terciaria en la cuenca del Ebro se realizo en condiciones endorreicas a lo largo del Oligoceno hasta el Mioceno inferior-medio. La zona de estudio se encuentra próxima al borde septentrional de la cuenca y el depósito está ligado a sistemas aluviales de procedencia pirenaica que pasan hacia el S y SO a ambientes lacustres salinos característicos de los sectores centrales.

A nivel regional se evidencia una migración mantenida hacia zonas mas meridionales del surco de sedimentación aluvial a consecuencia del empuje de la cadena en el mismo sentido. Esta circunstancia, unida a una probable progresión de la actividad diastrófica da como resultado una secuencia negativa general, de tendencia estrato y clastocreciente, con desarrollo de facies aluviales cada vez más proximales hacia techo y a la aparición de series más modernas hacia el Sur.

Desde el punto de vista paleogeográfico en la región y durante el Oligoceno superior y Mioceno, bajo condiciones de sedimentación ya continental, se distinguen tres etapas evolutivas principales:

- a) Headoniense-Sueviense (Areniscas y lutitas de Javier). Los sistemas aluviales se distribuyen en dirección E-O pasando hacia occidente a facies perilacustres detrítico-carbonatadas (Facies Zabalza, PUIGDEFABREGAS, 1975)
- b) Sueviense-Arverniense. Corresponde al depósito de la Fm Rocaforte en el sentido de LEON, Y (1985) y se caracteriza por la coexistencia de sistemas aluviales de dirección E a O y N a S, definiendo una zona intermedia lutítica con deficiencias en el drenaje (Facies de Cáseda y Sangüesa, PUIGDEFABREGAS, 1975).
- c) Ageniense-Orleaniense. En esta etapa los sistemas aluviales presentan una disposición axial submeridiana y se generan facies aluviales proximales indicativas del desplazamiento hacia el sur del margen de la cuenca.

El análisis secuencial de la sucesión terciaria continental ha dado como resultado la definición de una serie de ciclos sedimentarios, ocho en total, delimitados por propagaciones aluviales bruscas hacia el sur relacionados con impulsos tectónicos en los márgenes. Cada ciclo tiende a organizarse, en términos generales, de acuerdo con un episodio de actividad diastrófica menguante dando lugar a una secuencia estrato y granodecreciente. No obstante algunos ciclos tienden a organizarse de forma contrapuesta o compleja.

Por último cabe destacar que según estudios recientes, el principio del exorreísmo en la Cuenca del Ebro debió producirse en un momento próximo al Mioceno superior a partir del cual empezó la historia del vaciado erosional de la cuenca, encajamiento de la red fluvial y modelado del relieve.

Esto trae como consecuencia la instalación de una red fluvial intensa y compleja cuyos depósitos, juntos a los procedentes del desmantelamiento de los relieves a lo largo de los últimos tiempos contribuyen al modelado y actual relieve de la región.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1.RECURSOS MINERALES

En el ámbito de la Hoja se ha reconocido 3 indicios, en su mayor parte de escasa entidad. En términos generales no se registra actividad minera en la actualidad,. Se describen no obstante algunos sustancias que si bien no cuentan con inicios registrados en la Hoja, presentan posibilidades de aprovechamiento minero.

5.1.1.- Minerales metálicos y no metálicos

Se ha listado un indicio de Hierro relacionado con los calizas del Thanetiense-Illerdiense. No se conocen indicios de minerales no metálicos. Cabe destacar la existencia de indicios de cobre en las proximidades de la Hoja, por lo que, dado el interés se describe esta sustancia a continuación

5.1.1.1. Cobre.

Los indicios de cobre existente en la hoja se sitúan dentro del área meridional de concentraciones de cobre definida en el “Estudio de la Minería de Navarra” (GOBIERNO DE NAVARRA - INYPSA, 1992), donde aparecen relacionadas con niveles de areniscas de la Fm.Javier o bien de la parte superior de la sucesión terciaria (Oligoceno superior- Mioceno inferior). Las mineralizaciones se presentan como sulfuros y carbonatos de cobre. Son de tipo estratiforme y poseen un evidente origen sedimentario asociándose a depósitos de carga residual desarrollados en la base de niveles de areniscas a modo de placeres. Destacan por su tono blanquecino entre los colores ocre-rojizos generales de las areniscas.

Se estiman leyes del 0,4%, lo que unido a los elevados valores de buzamiento condiciona de forma negativa las posibilidades de explotación.

5.1.1.2.- Hierro

El único indicio registrado se encuentra relacionado con las calizas del Thanetiense-Illerdiense. La mineralización es de óxidos de hierro y se encuentra ligada probablemente a la existencia de una costra ferruginosa desarrollada a techo de los calizas ilerdienses. El origen de la costra se atribuye a una superficie de no depósito implicando un origen sedimentario para la mineralización.

La baja ley del yacimiento, escasa extensión de la mineralización, y dificultades de acceso, condicionan de forma desfavorable su aprovechamiento potencial.

5.1.2. Minerales energéticos.

No se registra, en el ámbito de la Hoja, ningún indicio de sustancias energéticas. Cabe citar no obstante la existencia del sondeo de petróleo Sangüesa- 1 situado en el límite de las Hojas de Sangüesa y Lumbier. Fué realizado por EMPESA en 1962-63 y con una profundidad de 4776 m alcanzó materiales del Devónico proporcionando resultados negativos a causa de la inexistencia de rocas madre.

5.1.3. Minerales y Rocas Industriales.

Los indicios destacables de minerales y rocas industriales están referidos a, labores de exploración de sales desarrolladas en las cercanías de la Hoja así como a las canteras de calizas de la Sierra de Leyre.

5.1.3.1 Sales potásicas.

Se ha listado, en las proximidades de la Hoja, un indicio de sal potásica correspondientes a los sondeos de exploración Javier-1 y Javier-3 realizados en el marco de la reserva minera de Javier - Los Pintano.

Los resultados obtenidos reflejaron la similitud estratigráfica de la Fm. Evaporítica en el sector de Javier con el yacimiento del Perdón donde se ha definido la

sucesión tipo. Esta queda definida de muro a techo por los siguientes tramos característicos:

- "Tramo basal anhidrítico". Potencia, 0,6 a 1m. Anhidritas laminadas y nodulares.

-"Sal de muro". Espesor medio, 10 m. Halita y polihalita, masiva y bandeada con esporádicas láminas de arcilla.

-Tramo con silvinita". Potencia, 2m. Alternancia entre halita bandeada con arcillas y silvinita. Se contabilizan hasta 18 capas de silvinita.

-"Sales intermedias". Potencia, 0 a 1m. Halita bandeada, intervalo no siempre presente que separa el tramo con silvinita del tramo carnalítico.

-"Tramo carnalítico". Potencia 10-12m. Alternancia entre halita bandeada con lutitas y carnalita. Se distinguen 8 capas principales de carnalita, las inferiores se encuentran con frecuencia transformadas a silvinita, proceso que en ocasiones afecta a todo el tramo.

-"Sales de techo" y tránsito a las "Margas fajeadas". Potencia, 50-75m. Alternancia entre capas de halita de 1 a 4cm de espesor y lutitas laminadas con anhidrita.

-"Margas frajeadas". Espesor medio, 50m. Lutitos grises y versicolores laminados con intercalaciones de anhidrita y lenticulas de areniscas progresivamente más frecuentes hacia el techo marcando el tránsito a las "Areniscas de Liédena o Galar".

El yacimiento de potasas de Navarra se integra en un macrociclo evaporítico similar al reconocido en la cuenca potásica catalana (ROSELL Y PUEYO,1984) correspondiente a un tipo empobrecido en sulfato magnésico.

Las dos únicas paragénesis potásico-magnésicas de la formación evaporítica son silvinita-halita (con anhidrita y polihalita) y carnalita-halita (con anhidrita y dolomita). La ausencia de sulfato magnésico implica una variación en el químismo del agua marina original, atribuida a dos posibles procesos: a) reducción del sulfato

presente en el agua por acción bacteriana; b) acción de aguas portadoras de Ca, que provocarían la precipitación de sulfato cálcico, o bien procesos de dolomitización, que producirían la precipitación de dolomita y magnesita. No obstante, BRAITSCH (1971) señala la posible precipitación de silvinita-halita a partir de agua marina empobrecida en sulfato magnésico.

El origen del yacimiento se encuentra relacionado con la regresión marina finieocena, y confinamiento de la cuenca. El depósito de potasas refleja la etapa de máxima evaporación y consecuente producción de salmueras cada vez más concentradas.

5.1.3.2. Sal común.

Si bien no se ha listado ningún indicio de sal común, se describe en este punto por su estrecha relación con los yacimientos de potasas. De acuerdo con la sucesión-tipo descrita para la Fm. Evaporítica, se hace notar que la halita supone la litología predominante, especialmente en el tramo de “sal de muro” donde constituye la práctica totalidad de la roca. Además, la sal común se puede considerar como el subproducto principal de la explotación de las potasas.

5.1.3.3. Calizas

Se han registrado dos indicios de calizas, correspondientes a dos canteras contiguas situadas al Norte del Monasterio de Leyre. Se emplazan en la formación calcárea del Thanetiense- Ilerdiense, extensamente desarrollada en la sierra de Leyre.

Actualmente se encuentran inactivas. Su apertura estuvo condicionada por la construcción de la presa del embalse de Yesa.

5.1.3.4.-Areniscas.

Si bien no se ha reconocido ningún indicio de arenas, se describe esta sustancia puesto que debió registrar actividad extractiva en el pasado. Se tiene constancia de la existencia de pequeñas canteras de arenas situadas en las proximidades de las localidades de mayor importancia histórica, que en la actualidad no

resultan observables por haber registrado una recuperación natural. Sin embargo cabe hacer notar que la mayoría de edificios construidos desde épocas altomedievales hasta mediados del siglo XIX utilizaron areniscas tableadas del Terciario continental, de las Areniscas de Liédena y de las Turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tábar.

5.1.4.- Aguas minero-medicinales.

En la ribera septentrional del embalse de Yesa, es decir en su margen derecha, se localizan varios manantiales termales, situados en los proximidades de Tiermas y que con frecuencia se encuentran cubiertos por las aguas del embalse de Yesa. Aunque se encuentran en la Comunidad de Aragón, se describen en este punto por su proximidad al límite con Navarra.

El aprovechamiento de aguas termales en el sector se remonta a épocas romanas, dada la existencia de termas que pueden visitarse en períodos de aguas bajas del embalse.

Se dispone de escasos datos referentes a las características físico-químicas de estos manantiales termales, únicamente se tienen referencias de temperaturas máximas de surgencia superiores a los 50º y del carácter sulfuroso de las aguas.

Los manantiales mencionados tienen un evidente control estructural y parecen estar relacionados con un sistema de fallas transversas de dirección NNE.

5.2. HIDROGEOLOGIA

5.2.1.- Descripción de las formaciones

Se aborda en el presente apartado una descripción resumida de las formaciones diferenciadas en la cartografía hidrogeológica. Las descripciones hacen referencia a tres características, que tratadas desde el punto de vista hidrogeológico corresponden a litología, geometría y permeabilidad.

5.2.1.1. Margas y margocalizas. Campaniense-Maastrichtiense.

Litológicamente se trata de una formación esencialmente margosa que hacia techo puede intercalar niveles poco potentes de margocalizas y calcarenitas de grano fino. Corresponde a la unidad (1) del Mapa Geológico y litoestratigraficamente equivale a la Fm. Margas de Zuriza (TEIXELL,1992).Los afloramientos se distinguen de forma discontinua bajo el cantil meridional de la sierra de Leyre.

Los afloramientos están relacionados con el cabalgamiento de la Sierra de Leyre, solapándose a términos más modernos, generalmente del Paleoceno- Eoceno. La potencia máxima registrada es de unos 200 m, si bien es muy probable que se deba a una repetición tectónica, estimándose una potencia normal de unos 100m.

La permeabilidad es de baja a muy baja dado el carácter margoso y bastante homogéneo de la unidad.

5.2.1.2. Calcarenitas y areniscas, conglomerados silíceos a techo. Campaniense-Maastrichtiense.

Litológicamente corresponde a un conjunto de calcarenitas y areniscas que intercala en la parte inferior algunos horizontes de margas y hacia techo se hace progresivamente más terrígeno. (Unidad 2 en el Mapa geológico), terminando, en algunas zonas con conglomerados siliciclásticos (unidad 3). Desde el punto de vista litoestratigráfico se asimila a la Fm. Areniscas de Marborée (SOUQUET,1967) y los términos areniscoso - conglomeráticos de techo se han correlacionado con la Fm. Areniscas de Arén.

Los principales afloramientos se localizan en la Sierra de Leyre donde constituyen el principal resalte estructural, y en el fondo de la Foz de Arbayún. El contacto con la Fm margosa infrayacente es transicional, si bien se realiza de forma rápida. El desarrollo de términos conglomeráticos se restringe a los sectores orientales de la sierra de Leyre pasando hacia el NO por cambio lateral de facies a depósitos calcareníticos. La potencia del conjunto se estima en unos 100-150m si bien puede aproximarse localmente a los 200m.

La permeabilidad es media-baja y media, principalmente por facturación en materiales consolidados, aumentando, en términos generales, de muro a techo y de NO a SE por disminución de intercalaciones margosas e incremento en componentes clásticas terrígenos.

5.2.1.3. Lutitas. Garumniense.

Constituye un intervalo de unos 20-30m de lutitas rojas y en menor medida arcillas margosas con intercalaciones poco potentes de calizas arcillosas (unidad 4). Aflora en los sectores orientales de la Sierra de Leyre donde separa los depósitos calcareníticos, areniscosos y conglomeráticos cretácicos, de los términos carbonatos del Paleoceno.

Se dispone de forma bastante neta sobre las unidades cretácicas infrayacentes y desaparece hacia el Oeste probablemente por truncación en el contacto con el Paleoceno.

Se estima una permeabilidad baja-muy baja debido a su naturaleza lutítica.

5.2.1.4 Calizas y calcarenitas, dolomías en la base. Paleoceno- Luteciense inferior.

Se trata de una formación que agrupa las unidades carbonatadas del Paleoceno-Ilerdiense y del Luteciense inferior, constituyendo extensos afloramientos en la sierra de Leyre.

La parte basal del conjunto está caracterizada por un intervalo de dolomías de unos 30-60m de potencia (unidad 4 en el mapa geológico) que se dispone de forma discordante sobre el Grecacico superior y Garumniense.

El resto del Paleoceno e Ilerdiense define un tramo bastante homogéneo de calizas bioclásticas, eventualmente con contenidos significativos en terrígenos, (unidad 5 en el Mapa Geológico), cuya potencia oscila entre 30 y 120m.

La parte superior está definida por calcarenitas y calizas bioclásticas del Luteciense inferior (unidad 7 en el mapa geológico) equivalente a la Fm. Calizas de Guara (PUIGDEFABREGAS, 1975). Presenta una potencia media de unos 100m., y

hacia el norte pasa a facies margosas y margocalcáreas (unidad 8 en el Mapa geológico). El tránsito es observable desde la Foz de Arbayún hacia el norte donde la Fm Calizas de Guara empieza a intercalar en su base términos margosos que implican a partir de ese punto su desconexión hidráulica con los términos carbonatados del Paleoceno-Ilerdiense.

El conjunto carbonatado de Paleoceno-Ilerdiense y Luteciense inferior presenta en la sierra de Leyre una disposición cabalgante hacia el sur, distinguiéndose tres despegues principales y en términos generales muestra un buzamiento hacia el norte, sentido en el que se soterra bajo unidades margosas del Eoceno.

Se atribuye una alta permeabilidad al conjunto, esencialmente motivada por karstificación. La permeabilidad se desarrolla también en zonas fuertemente tectonizadas, por desarrollo de facturación y fisuración.

5.2.1.5.- Margas y margocalizas. Cuisiense-Luteciense inferior

Constituye un equivalente lateral de la Fm. Calizas de Guara. Litológicamente consiste en una alternancia rítmica entre margas y margocalizas (unidad 8 en el Mapa Geológico) y se dispone de forma discordante sobre los términos carbonatados del Paleoceno-Ilerdiense en relación de on-lap.

En la Foz de Arbayún define un intervalo margoso desarrollado entre las calizas del Paleoceno-Ilerdiense y la Fm. Guara, de modo que individualiza hidráulicamente ambas Fms. Carbonatadas.

Su permeabilidad es baja dado el carácter margoso de la unidad.

5.2.1.6 Margas y margocalizas , localmente con intercalaciones de areniscas. Eoceno medio y superior.

Constituye un conjunto de baja permeabilidad integrado por las formaciones margosas del Eoceno.

El conjunto se dispone, en términos generales, mediante una relación de on-lap sobre las unidades carbonatadas del Paleoceno-Eoceno de la Sierra de Leyre, y presenta una reducción global de potencias hacia el sur.

Se distinguen cuatro secuencias principales de depósito. En la Hoja afloran tres de ellas que de muro a techo son:

a) Luteciense superior. Corresponde a la unidad 9 del Mapa geológico. Presenta una potencia de mas de 100m y está constituida por facies turbidíticos del Grupo de Hecho.

b) Bartoniense-Priaboniense inferior. Está representado por la sucesión de las Margas de Pamplona, en sentido amplio, que alcanza una potencia superior, en algunos puntos, a los 1500m. Intercala en su parte media, depósitos turbidíticos (unidades 11 y 12, Turbiditas de Yesa y Gongolaz)

c) Priaboniense superior. Está representado por las “Margas fajeadas”. Constituyen un intervalo de unos 25-50m de potencia formado por lutitas rojas y arcillas margosas grises finamente laminadas con trazos de sulfatos. Forma parte de la Fm. Guendulain pasando hacia el techo de forma transicional a la Arenisca de Liédena. En subsuelo se encuentra separada de las unidades margosas eocenas infrayacentes por la Fm Evaporítica, constituida esencialmente por sales sódicas.

El conjunto de unidades descritos presenta una permeabilidad baja a muy baja debido al predominio generalizado de términos margosos.

5.2.1.7.- Areniscas bioclásticas. Priaboniense inferior.

Constituye un intervalo areníscoso existente en la parte media de la sucesión margosa de las Margas de Pamplona que destaca en el terreno por su mayor competencia apareciendo en la cresta de la sierra de Tábar.

Litológicamente consiste en areniscas bioclásticas fuertemente cementadas dispuestas en bancos de potencia métrica-decimétrica. Corresponden a la unidad 17 del Mapa geológico y su origen está ligado a los sistemas trubidíticas del sincinal de Izaga (Turbiditas de Tábar).

Desde el punto de vista geométrico delimitan un lentejón de unos 40-50m de potencia media que se extiende varios km hacia el norte dentro de la Hoja de Aoiz (142) y se encuentra cortado hacia el sur por la falla de Loiti.

Se estima una permeabilidad media por facturación y fisuración, y en zonas próximas a la superficie puede presentar cierta porosidad intergranular por descalcificación y consecuente pérdida de cementación en las areniscas.

5. 2.1.8.- Areniscas tableadas y lutitas. Priaboniense

Corresponde al término esencialmente areniscoso de la “Arenisca de Liédena” (unidad 21 en el Mapa Geológico)

Litológicamente consiste en areniscas de grano fino en bancos centí-decimétricos tableados alternando en proporciones variables con limos y lutitas grises. Presenta contactos transicionales con términos más lutíticos de la Fm Guendulain (Margas fajeadas, 13, a muro, y, unidad 15 del Mapa Geológico, parte alta de la Arenisca de Liédena), y su potencia media es de unos 80m.

La permeabilidad puede considerarse en términos generales como media-baja si bien puede desarrollarse cierta circulación de agua en zonas próximas a la superficie por fisuración, descalcificación y descompactación de las areniscas.

5.2.1.9.- Lutitas y Areniscas. Oligoceno

Quedan integrados en esta formación hidrogeológica las unidades esencialmente lutíticas de la sucesión continental terciaria. En la Hoja corresponden exclusivamente al término general de la Fm. Javier (unidades 16). Presenta unos valores elevados de potencia y litológicamente están formados por lutitas ocres y rojas con intercalaciones de areniscas, y eventualmente delgados niveles de calizas arenosas y arcillosas y margas, siendo muy poco frecuente la presencia de trazas de yeso.

La permeabilidad es baja dado el predominio de términos lutíticos.

5.2.1.10.- Areniscas y lutitas. Oligoceno-Mioceno

Corresponde a los niveles de la Fm. Javier con predominio de términos areniscosos (unidad 17). que morfologicamente destacan en el terreno como resaltos estructurales por su mayor competencia.

Litológicamente corresponden a areniscas y lutitas ocres-rojizas con predominio de las primeras sobre las segundas. Las areniscas constituyen niveles de espesor variable, en general de orden métrico-decimétrico, de geométrica tabular y canalizada, que alternan con lutitos o se amalgaman formando bancos de potencia métrica-decamétrica.

Las unidades descritas presentan una permeabilidad media-baja dada la cementación de las areniscas y el frecuente desarrollo de alternancias con lutitas. No obstante los paquetes más competentes pueden permitir cierta circulación de agua en posiciones próximas a la superficie por descompactación y pérdida parcial de la cementación, y en zonas comparativamente más tectonizados por facturación y mayor densidad de diaclasado.

5.2.1.11. Gravas, arenas y limos.Cuaternario

Se tratan en este punto las formaciones permeables del Cuaternario. En general corresponden a depósitos de gravas, arenas y en menor proporción, limos, ligados a la dinámica fluvial, y que se desarrollan en relación al río Aragón.

Se reconoce solo un nivel de terraza (unidad 20 del Mapa Geológico) los más altos dispuesta como terraza colgada. Los depósitos de cauces activos (unidad 26), muestran una litología similar a la de la terraza

La permeabilidad en estos depósitos es alta por porosidad intergranular dada su granulometría grosera, escasez de matriz lutítica y poca o nula cementación.

5.2.1.12.- Arcillas con bloques y cantos, y arenas.Cuaternario

Se agrupan las formaciones del Cuaternario que están representadas litológicamente por lutitos con un contenido destacable en elementos clásticos.

Corresponden principalmente a depósitos de ladera; conos aluviales (23), coluviones (21 y 22) y glacis (19) cuya composición litológica depende del área de procedencia consistiendo generalmente en fangos con cantos de areniscas y de calizas en proporciones variables.

En zonas más bajas se distinguen depósitos coluviales-aluviales (24) y de fondo de valle (25) que corresponden a lutitas con cantos dispersos y esporádicamente intercalaciones de arenas con matriz arcillosa.

La permeabilidad es, en términos generales, bastante baja para este conjunto de depósitos, si bien puede aumentar localmente por lavado de los finos permitiendo el paso de agua por porosidad intergranular.

5.2.1.13.- Arcillas, arcillas con cantos dispersos y lutitas margosas. Cuaternario.

Comprende las formaciones impermeables del Cuaternario, representadas esencialmente por términos lutíticos.

Los únicos depósitos destacables corresponden a arcillas de descalcificación (44) desarrollados en fondos de dolinas que se generan sobre las formaciones carbonatadas de la sierra de Leyre.

La permeabilidad de estos depósitos es muy baja dada su naturaleza arcillosa.

5.2.2. Unidades acuíferas.

Se describen a continuación una serie de unidades que agrupan formaciones hidrogeológicas susceptibles de almacenar y transmitir el agua, y por lo tanto capaces de constituir acuíferos.

Se han diferenciado 4 unidades con funcionamiento hidrogeológico independiente, si bien pueden presentar localmente algunas conexiones. Por orden cronoestratigráfico son:

- Unidad de Leyre
- Areniscas de Liédena
- Formaciones permeables del Terciario continental
- Formaciones permeables del Cuaternario.

5.2.2.1.-Calcarenitas, areniscas y conglomerados silíceos del Cretácico superior, dolomías, calizas y calcarenitas del Paleoceno y Eoceno inferior y medio. Unidad de Leyre.

Geometria.

La Unidad Hidrogeológica de Leyre aparece descrita en el Proyecto Hidrogeológico desarrollado entre 1975 y 1977 por la Diputación Foral de Navarra, Dirección General de Obras Públicas, y Servicio Geológico, abarcando por su proximidad y similitud litoesestratigráfica las Sierras de Leyre e Illón.

Está representada por materiales del Cretácico superior y del Paleoceno-Eoceno. El Cretácico superior está constituido por margas en la base y calcarenitas arenosas y areniscas hacia techo, desarrollándose conglomerados silíceos en la parte más superior (Fms de Zuriza, Marboré y Arén, respectivamente). El Paleoceno e Ilerdiense forman un conjunto carbonatado integrado por un intervalo basal dolomítico, y una parte superior calcárea del Paleoceno superior-Ilerdiense. El Luteciense inferior está representado esencialmente por calcarenitas de la Fm. Guara.

Los principales acuíferos están definidos por las unidades carbonatadas del Paleoceno e Ilerdiense, y por las calcarenitas del Luteciense inferior, presentando, los materiales clásticos del Cretácico superior, rangos más bajos de permeabilidad.

En la Hoja la unidad hidrogeológica está representada por una serie de estructuras de vergencia sur que cabalgan a los términos margosos del Eoceno medio y superior dando lugar a tres alineaciones montañosas de dirección E-O. Hacia el Norte los materiales del Cretácico superior y Paleoceno se sumergen bajo depósitos margosos del Eoceno mientras que la Fm. Guara pasa lateralmente a estos últimos

Funcionamiento hidrogeológico.

La recarga del sistema se produce principalmente a partir del agua de lluvia caida sobre la sierra que se infiltra en los acuíferos por zonas fracturadas y receptores cársticos. Los acuíferos se drenan esencialmente por salidas directas a los ríos Iratí, Esca y Salazar.

Los manantiales presentan, en general, un control tectónico apareciendo ligados a fracturas , en cotas superiores a la de los ríos. Destaca especialmente el manantial de Arbayún, próximo al límitenoroccidental de la Hoja, donde se registra un caudal medio superior a los 100 l/s.

En términos generales existe una comunicación directa, entre los distintos unidades litológicas permeables, no obstante, localmente se desarrollan horizontes impermeables que independizan hidráulicamente la formación carbonatados del Paleoceno e Ilerdiense.

Este fenómeno es observable en los sectores orientales de la sierra de Leyre donde la Facies Garumniense, lutítica, separa al Cretácico superior del Paleoceno, y en la Foz de Arbayún, donde los términos inferiores de la Fm. Guara presentan un tránsito lateral hacia el norte a depósitos margocalcáreos del Cuisiense-Luteciense inferior, independizándose de las calizas del Paleoceno superior-Ilerdiense.

Hacia el N y NO los acuíferos del Paleoceno-Ilerdiense y del Cretácico superior pasan a ser confinados al soterrarse bajo depósitos margosos, prácticamente impermeables, del Eoceno medio y superior. Las calcarenitas de la Fm Guara, sin embargo, se adelgazan y acuñan en sentido norte por cambio lateral de facies a depósitos margosos y margocalcáreos de tránsito a los sistemas turbidíticos correlativos del Grupo de Hecho.

Parámetros hidrogeológicos

No se han obtenido datos de ensayos o test hidráulicos realizados en los niveles permeables de la unidad.

Se ha estimado una permeabilidad alta para el conjunto de la unidad siempre condicionada por las zonas de fracturación y donde se han desarrollado procesos de carstificación.

5.2.2.2. Areniscas tableadas. Areniscas de Liédena. Priaboniense superior-Headoniense.

Geometría.

Comprende el término con predominio de areniscas de la Fm. Guendulain (unidad 14 del Mapa Geológico, parte inferior de la “Arenisca de Liédena”). Constituye un paquete de areniscas de grano fino con tableado de frecuencia decimétrica-centimétrica y eventuales intercalaciones de limos grises, que con una potencia de unos 80-100m se extiende en dirección ONO-ESE al sur de la Falla de Loiti.

En afloramiento constituye un resalte continuo desde el Oeste del Liédena hasta el límite de provincia con Aragón al sur del pantano de Yesa. Presenta en general buzamientos medios a elevados hacia el sur lo que motiva que su representación cartográfica consista en una franja estrecha de 100-200m de anchura por término medio.

Funcionamiento hidrogeológico

La recarga se produce principalmente por infiltración del agua de lluvia transfiriéndose al acuífero a través de fracturas y en cierta medida a favor de cierta porosidad intergranular en situación superficial debida a descompactación por pérdida de cementación en las areniscas.

Algunos sondeos realizados en sectores próximos en el marco de estudios hidrogeológicos para Potasas de Subiza S.A., cortaron niveles de agua salada intercalados entre otros de agua dulce, atribuyendo a la unidad un comportamiento como acuífero multicapa, con evidente dificultad de circulación vertical.

Por otra parte, al estar limitado por formaciones impermeables, o comparativamente menos permeables (Margas fajeadas a muro, y tránsito a la Fm Javier a techo), constituye en profundidad un acuífero confinado, si bien buena parte de la circulación del agua debe ser epidérmica por meteorización superficial. La descarga debe producirse por transferencia a las formaciones superficiales de los márgenes los ríos Aragón e Irati que cortan las Areniscas de Liédena en Yesa y Liédena, respectivamente, y por manantiales de escasa importancia.

Parámetros hidráulicos:

No se tiene información procedente de ensayos o test hidráulicos realizados en la unidad acerca de los parámetros hidrogeológicos que la definan.

Al igual que en el caso anterior el elevado grado de consolidación de muchos de los niveles areniscosos limita su porosidad eficaz y por tanto su permeabilidad. Se estima una permeabilidad baja para el conjunto de la unidad. Puntualmente puede aumentar dicho valor en zonas donde la consolidación es menor.

5.2.2.3.- Areniscas y lutitas. Formaciones permeables del Terciario continental. Oligoceno. Formaciones permeables del terciario continental. Oligoceno

En la Hoja corresponden a los niveles mas competentes (unidad 17) de la Fm. Javier. Dado el predominio de areniscas presentan posibilidades de almacenar y/o transmitir agua, si bien en términos generales presentan rangos moderados de permeabilidad.

Forman parte de la Unidad Hidrogeológica sur definida en la marco del Proyecto Hidrogeológico llevado a cabo por la OFN, DGOP y SG de la DFN (1975-1977), y que está representada por los materiales terciarios de relleno de la cuenca del Ebro en condiciones endorreicas.

En este contexto, la zona de estudio comprende parte del sector con desarrollo de facies detríticas de borde de acuerdo con su proximidad al margen septentrional de la cuenca. En consecuencia la serie presenta un predominio de buzamientos hacia el sur con valores decrecientes en el mismo sentido.

Los acuíferos están formados por areniscas bastante consolidadas con intercalaciones de arcillas en proporción variable.

Funcionamiento hidrogeológico

A grandes rasgos, se trata de acuíferos confinados cuya recarga se realiza por infiltración del agua de lluvia. Los areniscas permiten cierta circulación de agua en zonas con desarrollo de fracturación y/o diaclasado y especialmente en situación próxima a la superficie donde presentan procesos de descalcificación. A mayor

profundidad disminuye la porosidad por una mayor cementación, aumentando la salinidad del agua.

La descarga se realiza por manantiales dispersos y por transferencia hacia los ríos a través de depósitos cuaternarios permeables. Los caudales registrados en los manantiales y pozos son bajos de modo que no alcanzan generalmente los 5 l/s.

Parámetros Hidrogeológicos:

Al igual que en los casos anteriores no existen datos concretos de permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, etc, en base a bombeos de ensayo o test hidráulicos realizados en la zona. El elevado grado de consolidación de muchos de los niveles areniscosos y/o conglomeráticos limita la porosidad eficaz y por tanto su permeabilidad. Esto, unido al carácter anisotrópico o individualizado de los niveles areniscosos permeables limita la posibilidad de explotación de estos niveles acuíferos no dándose, en las perforaciones realizadas, caudales superiores a 2 l/s.

5.2.2.4.- Gravas, arenas y limos. Formaciones permeables del Cuaternario.

Destacan por su importancia hidrogeológica los materiales cuaternarios ligados a la dinámica fluvial de los principales ríos y cursos mayores subsidiarios. Corresponden a terrazas y depósitos aluviales. Su distribución geográfica por tanto está directamente determinada por el recorrido de las redes hidrográficas principales.

En general se trata de depósitos de potencia métrica y tendencia granodecreciente con desarrollo de gravas en la parte inferior pasando en vertical a arenas y limos. Normalmente constituyen niveles de escaso espesor (1-5 m) no obstante pueden registrarse valores a cerca de 20 m (aluvial del río Aragón).

Los depósitos de ladera presentan en general rangos bajos de permeabilidad, a causa de su naturaleza esencialmente lutítica. Únicamente poseen cierta porosidad intergranular los términos clásticos (coluviones de bloques) desarrollados localmente a pie de escarpes rocosos.

Funcionamiento hidrogeológico.

La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia, retorno de los riegos, inundaciones por desbordamiento de los ríos y transferencia de los acuíferos en rocas consolidadas a las formaciones superficiales permeables.

Constituyen acuíferos libres, de extensión variable y la permeabilidad es alta por porosidad intergranular dada la escasa o nula compacidad de los depósitos. Las descargas son directas a los ríos en los niveles conectados con los cursos fluviales (aluviales y terrazas bajas) y por manantiales de escasa entidad a cotas más altas, en terrazas colgadas y depósitos de ladera permeables.

Parámetros hidráulicos.

Se han recopilado los datos existentes en el libro de “las Aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico”. (DFN, DGOP y SG de la DFN, 1975-77) que hacen referencia únicamente al aluvial del río Aragón aguas abajo de la zona de estudio en su confluencia con el Ebro. En el marco de dicho proyecto se realizaron ensayos que proporcionaron para el aluvial de Aragón unos valores de transmisividad comprendidos entre 100 y 3000 m²/dia, estimándose la porosidad eficaz en un 10%.

5.3. GEOTECNIA

5.3.1. Introducción

En este apartado se describe la cartografía geotécnica de la Hoja a escala 1:25.000 nº 175-I correspondiente a Tiermas, y se establecen las características geomecánicas de los materiales que la componen.

Esta caracterización geotécnica se ha realizado en función de la disponibilidad de datos recopilados en obras y proyectos. En el caso de no disponer de esta información, se efectúa una valoración geotécnica según las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los materiales.

El objetivo de este trabajo es proporcionar al usuario una información complementaria de carácter general, pero lo suficientemente objetiva, que sirva de punto de partida para orientar hacia futuros trabajos de planificación territorial y campañas geotécnicas puntuales.

5.3.2. Metodología

Para la realización de este capítulo se han seguido las siguientes etapas:

- Recopilación de los datos existentes. Los datos de Ensayos de Laboratorio proceden de las siguientes obras y proyectos:

- “Proyecto de Construcción de Embalse en la Regata Mairaga”. MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Ebro. 1980. Hoja 173 Tafalla
- “Documento XYZT Presa de Yesa”. MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Ebro. 1986 Tiermas Hoja 175-1
- “Proyecto de Construcción de Intersección a distinto nivel de la Ctra. N-240 (Pamplona-Huesca) con la Ctra. NA-150 (Pamplona-Aoiz-Lumbier) y la Ctra NA-5340 (Aibar-Venta de Judas)”. SERTECNA 1994 Hoja 174-II Lumbier
- “Anteproyecto y Proyecto de Acondicionamiento y mejora del trazado del N-240 PK 29,0 a PK 34,5 (Alto de Loiti-Venta de Judas)”. DIPUTACIÓN FORAL DE NAVARRA. Dirección de Caminos 1979. Hojas 174-1 y 174-II

Asimismo, y con el fin de proporcionar una visión global del conjunto del territorio navarro, esta información se completa con la procedente de alguna de las unidades geológicas que se prolongan en Hojas próximas, fundamentalmente Lumbier (174-II); y Sangüesa (174-IV).

- Realización de la base de datos. Se ha elaborado una ficha geotécnica, donde figuran los ensayos de laboratorio recopilados. Estos tratan de establecer, de la manera más adecuada posible la naturaleza actual de la roca, su comportamiento mecánico y/o hidráulico y, la evolución y propiedades de la misma bajo los procesos de meteorización. Los ensayos recopilados se clasifican en los siguientes grupos:

- Identificación; establecen la naturaleza de la roca y su estado natural aparente (granulometría, límites de Atterberg, densidad y humedad, absorción, grado de meteorización).
 - Clasificación; intentan establecer una idea general del comportamiento de la roca en relación a criterios previamente establecidos. (Índice de Calidad, resistencia a compresión simple, point load test).
 - Resistencia, compactación y deformación; determinan parámetros resistivos y relaciones tensión-deformación. Algunos de estos ensayos se utilizan como base para múltiples clasificaciones (CBR, Proctor Normal, Corte Directo).
 - Alterabilidad; evalúa el comportamiento del macizo rocoso frente a los procesos de meteorización, una vez modificados sus condiciones originales de estabilidad. (análisis químicos, hinchamiento, durabilidad).
- Igualmente, se han consultado datos referentes a sondeos y penetrómetros, reseñándose, cuando es posible, el índice de calidad de la roca (R.Q.D.)
- Tratamiento estadístico de los datos incluidos en la base de datos. En esta fase se indexa la información de la base datos geotécnica del apartado anterior, con la aportada por la cartografía geológica. Ello permite caracterizar geotécnicamente los diferentes materiales y obtener valores medios, máximos y mínimos de los diferentes ensayos.
 - Zonificación en áreas de iguales características. A partir de los datos anteriormente comentados e interpretando las unidades geológicas cartografiadas, se procede a la zonificación de la superficie de la Hoja en áreas de iguales características (geotécnicas y litológicas). Como se ha señalado con anterioridad, cuando no ha sido posible disponer de ensayos, los criterios seguidos para establecer esta zonificación, han sido las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los materiales, observadas durante los reconocimientos de campo.

5.3.3. Zonificación geotécnica

5.3.3.1.Criterios de división

Se ha dividido la superficie de la Hoja en función de criterios geotécnicos, en cuatro Áreas que presentan una entidad propia y cierta homogeneidad. Posteriormente, estas áreas han sido divididas a su vez en un total de dieciocho Zonas, siguiendo criterios básicamente litológicos y morfológicos, ya que son estos los que permiten diferenciar desde un punto de vista geotécnico los materiales de cada área.

De aquellas unidades de las que se dispone información, se aportan datos de identificación, estado, resistencia, deformabilidad y análisis químicos.

5.3.3.2.División en Áreas y Zonas Geotécnicas

Los materiales que integran la Hoja 175 han sido agrupados desde el punto de vista geotecnico en las siguientes areas y zonas:

- ÁREA I: Engloba los materiales del Cretácico
- ÁREA II: Comprende los depósitos marinos del Eoceno
- ÁREA III: Representa los depósitos de origen continental del Oligoceno y Mioceno
- ÁREA IV: Corresponde a los depósitos Cuaternarios

Estas áreas se han dividido en las siguientes zonas:

- ÁREA I: ZONA I₁, I₂, I₃, I₄
- ÁREA II: ZONA II₁, II₂, II₃, II₄
- ÁREA III: ZONA III₁, III₂, III₃
- ÁREA IV: ZONA IV₁, IV₂, IV₃,

En el Cuadro 1 se presenta la correlación entre las Unidades Geológicas cartografiadas y las Zonas Geotécnicas.

CUADRO 1
CORRELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y ZONAS GEOTÉCNICAS EN LA HOJA DE TIERRAS. 175-I

UNIDAD CARTOGRÁFICA	ZONACIÓN GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN
19,20,23,24,25, y 26	IV ₃	Depósitos fluviales, aluviales y poligénicos
21 y 22	IV ₂	Depósitos de gravedad
18	IV ₁	Depósitos cársticos
16,	III ₃	Lutitas con intercalaciones de areniscas
14,15 y 17	III ₂	Alternancia de areniscas y lutitas ocres
13	III ₁	Margas y lutitas rojas con intercalaciones de areniscas
10	II ₄	Margas
9,11 y 12	II ₃	Areniscas, margas y lutitas
8	II ₂	Margas y margocalizas en alternancia rítmica
5,6 y 7	II ₁	Calizas y dolomias de aspecto masivo
4	I ₄	Lutitas rojas
3	I ₃	Areniscas y conglomerados
2	I ₂	Calcarenitas y areniscas
1	I ₁	Margas y margocalizas grises y ocres

5.3.4. Características geotécnicas

5.3.4.1. Introducción

De los materiales que se disponen ensayos se ha realizado una caracterización geomecánica utilizando los criterios que se señalan más adelante. No obstante, la generalización a cada zona de estos valores puntuales es complicada, sobre todo cuando en ella coexisten varios conjuntos litológicos con un comportamiento geomecánico diferente, y que no admiten ser diferenciados por razones de escala de trabajo. Cuanto mayor sea la heterogeneidad litológica de cada Zona, mayor será la dispersión de los valores; por tanto, la mayor o menor fiabilidad de los datos aportados vendrá condicionada por el grado de homogeneidad litológica de las Zonas Geotécnicas.

De cada Zona Geotécnica se aportan datos sobre características constructivas, tales como condiciones de cimentación, excavabilidad, estabilidad de taludes, empuje sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud para explanada de carreteras y comportamiento para obras subterráneas. Así mismo, se señalan los principales problemas geotécnicos que pueden presentarse y que en general, van a estar relacionados con la presencia de: turbas o arcillas compresivas, nivel freático superficial, zonas de alteración superficial del sustrato rocoso, erosiones y arrastres de materiales en laderas, desprendimientos de rocas y, finalmente, suelos solubles y agresivos (yesíferos y salinos).

La caracterización geomecánica de los diferentes materiales, se ha realizado con ayuda de los ensayos de laboratorio y de campo. Hay que señalar que el número de ensayos geotécnicos es muy reducido, teniendo en cuenta la extensión de la zona y la diversidad de formaciones existentes, por lo que estos valores deben considerarse como orientativos y en ningún caso pueden sustituir a los ensayos geotécnicos de detalle. Se ha recopilado información de los siguientes ensayos:

- **Granulometría.** Del análisis granulométrico se ha considerado el contenido de finos que presenta el suelo, es decir, el porcentaje que pasa por el tamiz Nº 200 (0.08 mm) de la serie ASTM. Estos datos son utilizados posteriormente en diversas clasificaciones.

- Plasticidad. La clasificación de los suelos cohesivos según su plasticidad se ha efectuado con el límite líquido (WL) y el índice de plasticidad (IP), utilizando la carta de plasticidad de Casagrande.
- Resistencia a compresión simple (Q_u , Kp/cm^2). Determina las características de resistencia y deformación de una muestra seca. Respecto a la resistencia de suelos y rocas, existen numerosas clasificaciones; una de la más utilizada, es la descrita por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas:

ROCA		ENSAYO DE CAMPO	
Descripción	Co (MPa)	Navaja	Martillo geológico
Ext. resistente	> 250	No corta	El golpe arranca pequeños trozos
Muy resistente	100 - 250	No corta	Se rompe con muchos golpes
Resistente	50 - 100	No corta	Se rompe con varios golpes
Medio resistente	25 - 50	No corta	Se rompe con un solo golpe
Blanda	5 - 25	Corta con dificultad	Puede identarse con el pico
Muy blanda	1 - 5	Corta fácilmente	Se puede machacar

-
- Ensayo Proctor Normal. Permite calcular la densidad máxima y humedad óptima de compactación del suelo o material utilizado en explanada, con el fin de que adquiera las condiciones de estabilidad volumétrica, resistencia, indeformabilidad e inalterabilidad necesarias.

Ensayo C.B.R. (California Bearing Ratio). Evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrecen a la deformación bajo cargas.

- Ensayo de corte directo. Permite determinar la cohesión (c) y el ángulo de rozamiento interno (\emptyset) de una muestra de roca o discontinuidad. Es de gran aplicación práctica en el cálculo de estabilidad de taludes.

- Análisis químico. Se han utilizado los datos de contenido en Materia Orgánica, Carbonatos y Sulfatos. Estos últimos permiten determinar la agresividad del terreno mediante el contenido en sulfatos, valorado según la normativa que se expone a continuación:

En las aguas	En el terreno	Agresividad
< 0,03	< 0,2	Débil
0,03 a 0,1	0,2 a 0,5	Fuerte
> 0,1	> 0,5	Muy fuerte

Las características constructivas de los diferentes materiales se estudian para condiciones de cimentación y para obras de tierra.

- Cimentación. Se evalúa la capacidad portante del terreno. Normalmente se ha utilizado el criterio expuesto en el Código Británico nº 4 y Norma DIN-1054, que establece cargas admisibles para roca poco diaclasada, no meteorizada con estratificación favorable y marcada de 15 Kp/cm^2 y de 30 Kp/cm^2 en estado masivo o columnar. (En caso de rocas diaclasadas o con disposición desfavorable de los planos de estratificación, estos valores deberán reducirse a la mitad).

Descripción de la roca	Kp/cm^2
Roca ígnea o gnéisica sana	109
Calizas masivas y areniscas duras	44
Esquistos y pizarras	33
Lutitas duras, limolitas y areniscas blandas	22
Lutitas arcillosas	11

Cargas admisibles según el Código de Práctica Británico nº 4, para diferentes tipos de roca.

En suelos y debido a que no se dispone de datos sobre asientos, éstos han sido estimados considerando la consistencia media del terreno. Asimismo, se señalan los problemas concretos de cimentación que pueden darse en cada Zona Geotécnica; los más generalizados están relacionados con asientos diferenciales, presencia de agua subterránea, presencia de sulfatos en el sustrato, debido a la

alta reactividad de los mismos con el hormigón, y riesgos de colapsos en aquellas unidades con presencia potencial de cavidades subterráneas.

- Excavabilidad. Los terrenos se han clasificado de acuerdo con la Norma Tecnológica de Edificación (Acondicionamiento del Terreno. Desmontes. Vaciados; NTE-ADV, 1976)) en los siguientes grupos: 1) Duro. Atacable con máquina o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas; 2) Medio. Atacable con el pico, pero no con la pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas o gravillas; 3) Blando. Atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas. Cuando en la excavación se encuentran mezclados los terrenos se establece el porcentaje de cada uno de los tres tipos.
- Estabilidad. Dos son los parámetros que condicionan estos procesos: litología (y estructura) y pendiente del talud. En consecuencia, en cuanto a la naturaleza de los materiales se evalúa su estabilidad en tres grupos (alta, media y baja), desechándose aquellas unidades geológicas que por su litología no son favorables a la aparición de situaciones de inestabilidad. Por lo que se refiere a la pendiente, se estima una inclinación del 10% como límite inferior a la aparición de estos fenómenos.
- Empujes sobre contenciones. Hacen referencia a contenciones del terreno natural, no de rellenos realizados con los materiales de cada zona.
- Aptitud para préstamos. Se ha utilizado básicamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras (P.P.T.G.). El término No Apto designa suelos inadecuados; Marginal, designa suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados; el término Apto, designa suelos tolerables, adecuados e incluso seleccionados.
- Aptitud para explanada en carreteras. Se evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrecen a la deformación bajo cargas.

Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígidos. Se entiende por suelo No Apto, aquel que no puede constituir un desmonte ni un terraplén explanada tipo E-1 (Suelos tolerables al

menos estabilizado en sus 15 cm superiores, con CBR de 5 a 10). Marginales son aquellos que cumplen a veces dicha condición; en especial suele referirse a terrenos tolerables, que no conviene que sean explanada directamente (CBR de 10 a 20). Aptos, son terrenos frecuentemente adecuados y seleccionados; constituyen explanadas tipo E-3 (CBR > 20).

En terraplenes y pedraplenes, la categoría de la explanada dependerá del material utilizado en su coronación.

- Obras subterráneas. Se utiliza el término "Muy Difícil" para suelos muy blandos por debajo del nivel freático o suelos potencialmente expansivos; "Difícil" designa terrenos blandos o arenosos limpios bajo el nivel freático; y "Medio", suelos firmes, casi rocas blandas, que sólo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autosoporte y sin empujes fuertes.

Para las formaciones rocosas se da una idea de su categoría en las clasificaciones de Bieniawski (1979), que obtiene un índice de calidad (RMR, Rock Mass Rating), mediante la valoración de una serie de parámetros (RQD, Resistencia, Presencia de agua, Separación entre diaclasas y Disposición de juntas respecto a la excavación). El objetivo de esta clasificación es definir el tipo de sostenimiento a efectuar en obras subterráneas concretas.

Bieniawski establece cinco categorías en función del valor RMR:

Clase I	Roca muy buena: RMR = 81-100
Clase II	Roca buena: RMR = 61-80
Clase III	Roca media: RMR = 41-60
Clase IV	Roca mala: RMR = 21-40
Clase V	Roca muy mala: RMR < 20

5.3.4.2.Área I

Zona I₁

Características Geológico-Geotécnicas

Aflora esta unidad en la Sierra de Leyre, por debajo de los cantiles que morfológicamente destacan sobre el paisaje. Concretamente se localizan bajo el pico Arangoiti y por encima de los niveles calcáreos que en su día fueron canterables, cerca del Monasterio, en el camino que asciende al collado de Leyre. Frecuentemente se encuentran enmascarados bajo vegetación y depósitos cuaternarios.

Está formada por el conjunto de margas y margocalizas grises ocres del Campaniense-Maastrichtiense basal, que se disponen en estratos y capas de diferente competencia y espesor, factores estos que pueden condicionar el comportamiento geomecánico del conjunto.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el carácter marcadamente margoso determina una baja permeabilidad del conjunto, por lo que no se espera presencia de agua en profundidad. El drenaje es superficial.

Una característica importante de estos materiales es su elevada alterabilidad al ponerse en contacto con la atmósfera, de modo que, a corto plazo la roca sana expuesta sufre procesos de disagregación y fragmentación que favorecen la erosión superficial y los desprendimientos en taludes.

Características constructivas

- a. Condiciones de cimentación. La Norma DIN 1054 y el Código Británico establece presiones admisibles de 20 Kp/cm^2 , valores que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos margosos aumenta o la disposición de la estratificación y el grado de diaclasado son desfavorables. Tomando valores conservadores, la capacidad portante de estos materiales se sitúa entre 6 y 10 Kp/cm^2 , suficientes para el caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a 3 - 4 Kp/cm^2 . No obstante, se aconseja la realización de estudios específicos de resistencia y deformabilidad específicos.

El tipo de cimentación será en general, superficial, previa eliminación del recubrimiento superficial de alteración. En algunos casos, será necesario el empleo de zapatas corridas para evitar posibles asientos diferenciales.

que se produzcan por la presencia de niveles margosos blandos intercalados entre materiales más competentes.

b. Condiciones para obras de tierra.

- * Excavabilidad. El nivel de alteración superficial se considera ripable. Los niveles profundos de margas inalteradas constituyen Terrenos Medios-Duros, atacables por medios mecánicos.
- * Estabilidad de taludes Litológicamente, son materiales de alta inestabilidad, característica que deberá ser contrarrestada con pendientes de talud bajas. Puntualmente pueden producirse desprendimientos de niveles margosos laminados, y fenómenos de vuelco de estratos.

La elevada alterabilidad de las margas al aflorar obliga en muchos casos a adoptar medidas encaminadas a mitigar los efectos de la erosión superficial y los procesos de acarcavamiento (hidrosiembras, bermas, escalonamiento, etc.).

- * Empuje sobre contenciones. Serán variables en función de la degradación del talud y del grado de alteración de los materiales. Se consideran de bajos a altos en zonas muy meteorizadas.
- * Aptitud para préstamos. Se consideran Inadecuados, debido a su alta alterabilidad en condiciones de afloramiento.
- * Aptitud para explanada en carreteras. Constituyen Terrenos Marginales, precisando la extensión sobre ellos de una plataforma mejorada.
- * Obras subterráneas. En general afectarán al sustrato inalterado. Se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala), jugando un papel importante la orientación de la estratificación. En general, precisarán labores de sostenimiento.

Características Geológico-Geotécnicas

Se encuentra muy bien caracterizada, por toda la mitad septentrional de la Hoja a lo largo de la Sierra de Leyre. Constituye los cantiles que paisajisticamente destacan en dicha alineación dando lugar a farallones rocosos de más de 30 m de altura.

Litológicamente esta unidad está constituida por calcarenitas y areniscas de color ocre fuertemente cementados y de aspecto masivo, siendo más frecuente los tramos areniscosos hacia techo de la unidad. En detalle se observan cuerpos estratificados de espesor métrico y una fracturación normal a los planos de estratificación.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la permeabilidad dependerá del grado de cementación de los materiales. No obstante, en el nivel de alteración superficial cabe suponer un cierto grado de permeabilidad por pérdida del cemento calcáreo y por la existencia de fracturación.

No se dispone de datos geotécnicos sobre esta unidad.

Características constructivas :

Cimentación :

Para un cálculo a nivel de anteproyecto, se pueden considerar los valores que establecen las diferentes Normas y Códigos.

Si se procede a eliminar la zona de alteración, estimada en dos metros, podrá cimentarse con una carga superior a 10 Kp/cm².

Excavabilidad :

El sustrato se considera duro, no ripable deberá atravesarse con máquina y/o escarificador y eventualmente no será ripable, debiéndose emplear voladuras.

Estabilidad de taludes :

No se han observado ningún tipo de inestabilidad en los taludes naturales, los artificiales pueden presentar algún problema, debido a la presencia de niveles con distinto grado de alterabilidad, esto puede dar lugar a caídas por desplomes de los materiales más resistentes.

Aptitud para prestamos

Estos materiales son adecuados previa selección

Aptitud para explanadas de carreteras

Normalmente podrán constituirse explanadas E-3.

Zona I₃

Características Geológico-Geotécnicas

Está formada por areniscas silíceas y conglomerados de cuarzo clastosportados y medianamente cementados, que se organizan en secuencias métricas con delgados niveles de limos y lutitas intercalados.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la permeabilidad dependerá del grado de cementación de los materiales. No obstante, en el nivel de alteración superficial cabe suponer un cierto grado de permeabilidad por pérdida del cemento calcáreo y por la existencia de grietas y juntas abiertas.

Según la terminología de la ISRM, la resistencia a compresión simple será alta (>800 Kp/cm²) en los horizontes inalterados de areniscas y conglomerados y baja en los niveles limolítico-arcillosos (60-200 Kp/cm²).

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación. El Código de Práctica Británico establece cargas admisibles de 25 Kp/cm². Aún tomando los valores conservadores, la capacidad portante de estos materiales está asegurada. El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del recubrimiento superficial y de los niveles superiores más alterados.

Los posibles problemas de cimentación estarán en relación con un comportamiento mecánico desigual de los materiales, como consecuencia del grado de diaclasado y alteración de las areniscas.

b. Condiciones para obra de tierra.

Excavabilidad. Los niveles superficiales, por su alteración y diaclasado puede ser ripables (Terreno Medio), pero en profundidad, precisarán el empleo de explosivos para su excavación.

Estabilidad de taludes. Constituyen materiales de gran estabilidad, con un ángulo de rozamiento interno muy elevado (50 %).

Empuje sobre contenciones. Las contenciones serán necesarias en todo caso, en zonas de alteración fuerte de las areniscas, pudiendo esperarse empujes de tipo Bajo.

Aptitud para préstamos. Son Materiales Adecuados siempre que no se encuentren alterados y cumplan determinadas especificaciones relativas a granulometría y forma de las partículas.

Aptitud para explanada en carreteras. En desmontes, la categoría de explanada en roca corresponde a la E-3.

Obras subterráneas. Es difícil estimar el grado de fracturación y estado de las diaclasas en profundidad. En conjunto como considerarse un Terreno Medio, de Clase III (RMR=41-60 %), que para anchuras de tunelación normales no plantearía problemas de sostenimiento.

Zona I₄

Características Geológico-Geotécnicas

Esta formada por un conjunto de lutitas rojas, compactas que incluyen a techo algun nivel margoso de espesor metrico. Ocasionalmente se pueden reconocer algunos tramos limosos

fuertemente cementados, así como, en los sectores más orientales de la Hoja algún nivel de areniscas también de espesor no superior al metro.

Se reconoce por la mitad oriental, en lo alto de la Sierra de Leyre. La calidad de los afloramientos es muy mala, encontrándose estos depósitos enmascarados en la mayoría de los casos.

Características constructivas :

. Cimentación

En función de los valores de resistencia al corte y resistencia a compresión simple; se han estimado las presiones admisibles que se pueden aplicar. Se estima una profundidad de cimentación mínima entre 1,5 y 2 metros, se pueden aplicar presiones admisibles entre 1,3 y 3 Kp/cm², cálculo efectuado para una zapata corrida de 0,5 a 2 m de ancho.

Por su parte, en el sustrato margoso, de ambas formaciones y utilizando los criterios del Código de Práctica Británico, se pueden aplicar presiones admisibles entre 1 y 3 Kp/cm².

Entre los problemas de cimentación pueden considerarse :

- Variación del horizonte alterado a veces que pueden provocar asientos diferenciales.

Presencia de niveles no superiores al metro de areniscas, calizas y microconglomerados, que puedieran dificultar la excavación.

. Excavabilidad

Los materiales que constituyen perfiles de alteración son fácilmente excavables, es decir son ripables.

. Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, con pequeñas inestabilidades debido al diferente grado de alterabilidad.

En los taludes artificiales que se efectuan en las lutitas se producirá un deterioro progresivo del talud, por alteración del material.

. Aptitud para explanada de carreteras

Normalmente son suelos E-2, no aptos para explanada, por lo que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

Obras subterraneas

Se considera un terreno para cualquier tipo de obras subterraneas como de roca muy mala, es decir de Clase IV

5.3.4.3. Área II

Zona II₁

Características Geológico-Geotécnicas

Se han agrupado aqui materiales pertenecientes al Paleoceno-Eoceno inferior constituidos por calizas y dolomías de aspecto masivo, karstificadas. Los tramos mas bajos pueden ser de espesor metrico y a veces se encuentran tableados mientras que el resto tiene un aspecto masivo caracteristico

Los afloramientos se localizan en la mitad septentrional de la Hoja, preferentemente en el espaldar de la Sierra de Leyre o bien en su parte frontal, constituyendo parte de los cantiles mas inferiores de dicha sierra, que antaño fueron explotados junto al monasterio de Leyre.

Características geotécnicas

Se estima que la resistencia a la compresión simple es Medianamente resistente - Resistente ($q_u = 200 - 600 \text{ kp/cm}^2$) según la terminología de la ISRM.

La resistencia del macizo estará condicionada a las características de las discontinuidades.

Un rango característico en estos materiales y que deberá contemplarse en cualquier estudio geotécnico que se realice, es la karstificación que presentan y por consiguiente se analizarán los posibles hundimientos en cimentaciones y desprendimientos de taludes.

Condiciones de cimentación

Considerando el Código de Práctica Británico, a este tipo de roca se puede aplicar una carga admisible superior a 40 kp/cm^2 , mientras la norma DIN 1054 recomienda un valor de 30 kp/cm^2 .

En la práctica habitual puede considerarse cargas variables entre 5 y 10 kp/cm^2 , según el grado de fracturación y karstificación que presenten.

Condiciones para obras en tierra

- Excavabilidad

Precisarán el empleo de explosivos para su excavación.

- Estabilidad de taludes

Se consideran estables, tanto los taludes naturales como artificiales, su estabilidad estará condicionada por el grado de fracturación y karstificación.

- Empujes sobre contenciones

Las contenciones no serán necesarias.

- Aptitud para préstamos

Las calizas se consideran rocas adecuadas en el P.P.T.G., para su empleo en pedraplens.

- Aptitud para explanada de carreteras

La explanada que se realiza en roca posee categoría E-3.

- Obras subterráneas

Las calizas pueden situarse en la clasificación de Bieniawski (1979) entre las categorías III (Buena), si bien puede existir zonas donde la categoría sea II (Media).

Zona II₂

Características Geológico-Geotécnicas

Esta formada por una alternancia ritmica irregular de margas y margocalizas de aspecto tableado, tipo ritmita y de color gris que se extiende por el límite septentrional de la Hoja

Los mejores afloramientos se localizan en el sector nororiental, en las proximidades de Castillonuevo

Características geotécnicas

En general presentan una cierta meteorización, por lo que su comportamiento geotécnico a veces es como el de un suelo.

Se trata de una roca relativamente algo dura, donde los procesos de alteración se desarrollan a veces con rapidez

Características constructivas

- Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles calculadas para profundidad de cimentación mínima de 1,5 - 2 m, que corresponde al nivel alterado o saturado, generalmente varían entre 1,3 y 3 kp/cm². A mayor profundidad en las margas sanas, según los valores orientativos que se dan en el Código inglés pueden considerarse presiones admisibles entre 6 y 10 kp/cm². No obstante, como norma general, para edificios altos o cuando se prevean fuertes cargas concentradas, se requerirá un estudio de resistencia y deformabilidad.

Entre los problemas de cimentación puede considerarse :

Variaciones importantes del espesor del horizonte comprensible, que dan lugar a asientos diferenciales inadmisibles.

Presencia de niveles de arcillas blandas intercaladas entre margas sanas que pueden causar fenómenos de punzonamiento.

- Excavabilidad

Las zonas alteradas son suelos Medios-Duros, fácilmente excavables.

En las zonas donde aparecen margas o margocalizas sanas presentan una ripabilidad variable.

Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, únicamente presentan el problema de la alteración de las margas que progresivamente van deteriorando el talud, observándose acarcavamientos. Los taludes artificiales, en las margas alteradas producirán flujos de barro y deslizamientos, mientras que los que se efectúen en margas sanas y margocalizas presentarán con el tiempo un deterioro progresivo.

- Empujes sobre contenciones

Se estiman Medios, pudiendo aumentar el tiempo en función de la alteración de los materiales y de la protección que se de a la coronación de talud.

- Aptitud para préstamos

Según los términos definidos en la Metodología, los materiales superficiales procedentes de la alteración del sustrato margoso se consideran No Aptos, es decir inadecuados y ocasionalmente Marginales. En general, por tanto, no se aconseja su utilización en préstamos para viales.

Las margas sanas tampoco deben utilizarse en la ejecución de pedraplens por su elevada alterabilidad.

- Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de suelos No Aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en estas Zonas afectarán a la formación sana que, de acuerdo con los términos descritos en la Metodología se consideran terreno Medio. Considerada como formación rocosa, según la clasificación de Bieniawski (1979), corresponde a roca Media (Clase III) a Mala (Clase IV).

Zona II₃

- Características Geológico-Geotécnicas

- Se extiende por el sector central y occidental de la zona estudiada, concretamente por los alrededores del pantano de Yesa, ubicándose en estos materiales dicha presa. Los mejores afloramientos se localizan en la carretera a Jaca y en el entorno de dicho pantano

La zona está constituida íntegramente por la alternancia de areniscas, calcarenitas de color ocre alternando con arcillas y margas y correspondiendo a depósitos de origen turbidíticos. Los tramos arcillosos constituyen la mayor parte del depósito, condicionando, por lo tanto, las características geotécnicas. Para la definición geotécnica en estos materiales se dispone de una completa información referente al Flysch de Irurozqui, cuyo comportamiento geotécnico en conjunto es similar a los materiales de esta zona.

Análisis mineralógico efectuado en estos materiales, indican la siguiente composición mineralógica :

Minerales de la arcilla	37%
Cuarzo	17%
Plagioclasa	Indicios

Calcita	33%
Dolomita	10%
Hematites	< 1,5%
Ankerita	2%
Yeso	Indicios

Por lo que respecta a los minerales de la arcilla su composición es la siguiente :

Ilita	73%	27% total de la muestra
Clorita/Caolinita	27%	10% del total de la muestra
Sepiolita	Indicios	

En esta formación, en base a los datos existentes y a grandes rasgos, se puede distinguir los siguientes niveles : una capa superficial de arcilla limosa gris plástica con cierta proporción de materia orgánica (tierra vegetal) y que alcanza en torno a 0,40 m de profundidad; el nivel de alteración del material sano subyacente constituido por arcilla marrón claro con niveles de areniscas, su espesor varía entre 1,5 y 6 m con un promedio de 3 m aproximadamente; una transición al flysch de color más grisáceo que el nivel alterado, su espesor se cifra en 1,50 m aproximadamente (oscilando entre 4,0 m y su práctica inexistencia); flysch sano formado por una alternancia de margas y arcillas calcáreas gris oscuro muy duras y niveles de areniscas gris, con abundantes diaclasas subverticales en toda la serie paralela a la estratificación.

En el Sistema Unificado corresponden fundamentalmente al tipo CL, con límite líquido comprendido entre 33.2 y 47.1 e índice de plasticidad entre 13.0 y 26.3.

El contenido de carbonatos se sitúa entre 24,0 y 51,3%. A efectos de agresividad de los suelos se ha determinado su contenido en sulfatos, expresado en tanto por ciento de SO_4^{2-} de diversas muestras obteniéndose generalmente que el porcentaje es inapreciable.

Los ensayos de penetración dinámica tipo SPT indican que estos materiales, incluso alterados, son generalmente de resistencia compacta a dura ya que en todos los casos se alcanza el rechazo (para profundidades menores de 3,5 m).

Los ensayos de rotura a c. simple disponibles, se han efectuado en muestras alteradas y sanas, por lo que se ha podido valorar el diferente comportamiento. Se ha observado que los resultados son un reflejo del grado de alteración. Para los materiales arcillosos más alterados se obtienen resistencias de 1.22 y 1.51 kp/cm². En el nivel de transición al sustrato sano el valor de la resistencia a compresión simple ha sido de 0,07 kp/cm², en las margas relativamente sanas este ensayo ha dado valores entre 49 y 428 kp/cm² siendo los valores más bajos generalmente los de muestras a menos profundidad, con una media cercana a 200 kp/cm². Respecto a las areniscas pueden alcanzar hasta 795 kp/cm² de resistencia compresión simple.

Tomando como punto de partida los valores de la resistencia a compresión simple y empleando la correlación de Butler para arcillas sobreconsolidadas ($ER = 130 \times q_u$) se obtiene un valor de módulo de deformación a largo plazo de las margas alteradas de cerca de 100 kp/cm². No obstante, será probablemente algo más alto teniendo en cuenta que las correlaciones con los valores del golpeo en el ensayo SPT, como la enunciada por Stroud, permite deducir un módulo no inferior a 540 kp/cm². En la zona menos alterada, el módulo de deformación deducido a partir de la resistencia a compresión simple (9,97 kp/cm²) se cifra en 650 kp/cm².

La resistencia a compresión simple está bien correlacionada con la densidad seca de estos materiales. Ambos parámetros junto con la humedad natural sirven como indicadores del grado de alteración del flysch.

Respecto al comportamiento en deformación, en los dos ensayos edométricos llevados a cabo se han obtenido los siguientes parámetros. El índice de poros inicial e_o , ha tomado valores de 0,566 y 0,611, mientras que los índices de compresión C_c resultantes han sido de 0,153 y 0,161, estos valores nos indican una consistencia del material definida como dura.

Para estimar problemas de expansividad se han consultado ensayos Lambe, clasificándose las muestras como marginales o no críticas. Por ello, no son de esperar problemas de este tipo.

La caracterización del macizo rocoso en cuanto a resistencia a compresión y módulo de deformación se realiza a partir de los parámetros de la roca matriz minorándolos mediante reglas empíricas que tienen en cuenta la existencia de discontinuidades en el

macizo. La resistencia a compresión del macizo se estima a 25 kp/cm², mientras que el módulo de deformación a adoptar se cifra en 10.500 kp/cm².

Igualmente se dispone de perfiles sísmicos realizados en esta formación, en los cuales se deduce que en el nivel más superficial correspondiente a la tierra vegetal y parte más alterada de este flysch, la velocidad de propagación de la onda sísmica es de 400 m/s aproximadamente. En la capa de flysch margoso comprimido y algo alterado esta velocidad puede oscilar entre 1000 y 1500 m/s, siendo en la zona sana superior a 3000 m/s.

Para la obtención o parámetros relacionados con obras de tierra, se han consultado ensayos de compactación con los materiales de calicatas y cuyos resultados se reflejan en el cuadro siguiente.

VALORES CORRESPONDIENTES AL FLYSCH DE IRUROZQUI

SONDEO	PROFUNDIDAD		TA MIZ 200 (%)	LL	PROCTO		C.B.R.		M. O (%)	USCS
	de	a			D.M . (t/m ³)	H.O. (%)	INDI CE (100 % p)	HI N. (%)		
C-116	0,50	0,70	80,0	34,9	1,89	12,4	4,3	1,80		CL
C-113	1,00	1,10	89,0	37,2	1,88	13,9				CL

C-111	0,50	0,75	71,0	33,2	1,87	14,8				CL
C-106	3,00	3,20	93,0	39,2	1,87	14,9	2,8			CL
C-115	1,20	-	95,0	40,8	1,81	16,1				CL
C-112A	0,80	1,00	97,0	39,1	1,80	15,3	3,0	1,71	0,32	CL
C-103	1,50	2,40	92,0	42,8	1,78	16,2	0,6			CL
C-110	2,30	2,65	97,0	41,0	1,73	17,5	2,5	1,64		CL
C-112	1,20	1,30	94,0	46,2	1,67	15,5	0,7	1,59		CL

Estos datos indican que los materiales de esta formación son generalmente inadecuados, en algún caso tolerables, de acuerdo con la clasificación establecida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puertos (PG-4) del MOPT.

De las determinaciones de humedad realizadas se deduce que el contenido de agua de las muestras superficiales alteradas es sólo ligeramente superior al óptimo exigido en la compactación. Este contenido desciende en las muestras de materiales sanos por lo que sería necesario su humectación para su empleo, además de algún tratamiento que resolviera el problema de su evolutibilidad.

Una característica fundamental de esta formación, que comparte con todas aquellas de carácter arcilloso y fuertemente preconsolidadas en su elevada susceptibilidad a la alteración inducida por la meteorización física-química. Así los desmontes observados presentan taludes de mediana pendiente, estando el material en superficie muy troceado formando escamas que se desprenden fácilmente con la mano, aunque, como señala Wilson, para este tipo de formaciones la alteración no suele profundizar mucho debido a la cubierta que forma el suelo residual formado.

A continuación se resumen las características geomecánicas de estos materiales :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS Y GEOMECANICAS		
PROPIEDADES	Margas alteradas	Margas sanas
Clasificación USCS	CL	
Porcentaje de finos (%)	99 - 71 (MEDIA = 90,4)	

Límite líquido	47,1 - 33,2 (MEDIA = 39,7)	
Indice de plasticidad	26,3 - 13,0 (MEDIA = 20,3)	
Porcentaje de carbonatos (%)	51,3 - 24,0 (MEDIA = 37,4)	
Porcentaje de sulfatos (%)	0,21 - IND (INAPRECIABLE)	
Porcentaje de materia orgánica (%)	0,90 - 0,32	2,76 - 2,48 (MEDIA = 2,57)
Densidad seca (t/m ³)	1,89-1,64 (MEDIA=1,74)	5,2-1,2 (MEDIA=2,9)
Humedad natural (%)	19,6-15,4	795-49 (MEDIA=267)
Q_u (kp/cm ²)	18,1	2 - 15
Cohesión (kp/cm ²)	9,97 - 1,22	30 - 35
Angulo de rozamiento interno	0,2 - 1,35	10500
Módulo de deformación (kp/c ²)	22,3 - 32,6	
	100 - 650	
Q_u = Resistencia a compresión simple		
NOTA : Parámetros de resistencia al corte similares a los de MARGAS DE PAMPLONA		

Características constructivas

- Condiciones de cimentación

En función de los valores de la resistencia al corte, resistencia a compresión simple y parámetros de deformabilidad, se han calculado las presiones admisibles, en los términos que establece la Metodología, para los suelos superficiales de alteración de esta formación.

Las presiones admisibles calculadas en el nivel superficial reblandecido o saturado son en el peor de los casos superiores a 1,4 kp/cm², según se deduce de los ensayos de resistencia a compresión simple. Atendiendo a los resultados de los ensayos SPT serán probablemente mayores. En los niveles algo alterados y en los relativamente sanos, según los valores orientativos que se dan en el Código inglés CP2004/1972, pueden considerarse presiones admisibles entre 6 y 10 kp/cm², posiblemente superiores dada la resistencia a compresión, superior en muchos casos a los 100 kp/cm², pero que para edificios habituales suponen valores suficientes. No obstante, como norma general, para edificios altos o cuando se

prevean fuertes cargas concentradas, se requerirá un estudio de resistencia y deformabilidad.

El tipo de cimentación a emplear depende del espesor del horizonte alterado y de su grado de alteración, particularmente en las áreas donde su potencia sea mayor. Se supone por otra parte, que la edificación carece de sótanos, que obligan a efectuar la excavación del terreno y pueden cambiar totalmente el planteamiento de la elección.

Con mayor probabilidad la cimentación será de tipo superficial (zapatas o losa) o semiprofunda, mediante pozos. Para edificios bajos, de menos de seis alturas, la cimentación en general, podrá realizarse mediante zapatas; para alturas superiores se deberá o bien recurrir a losa si la capacidad portante del terreno se sitúa en torno a $1,5 \text{ kp/cm}^2$, o bien deberán buscarse niveles resistentes más profundos en cuyo caso se deberá recurrir a cimentación semiprofunda (mediante pozas) siempre que esos niveles se encuentren entre 3 y 6 m de profundidad. Ocasionalmente, puede ser necesario el empleo de pilotes si el espesor de margas alteradas es superior a 5-6 m y se precisen cargos admisibles superiores a los que posean dichas margas en el punto considerado.

El empleo de losa de cimentación puede ser particularmente adecuado cuando en el área ocupada por el edificio, se produzcan variaciones notables en el espesor del horizonte alterado, que den lugar a asientos diferenciales inadmisibles si se pretendiera cimentar mediante zapatas aisladas, por otra parte, la cimentación por losa es una solución costosa para edificios bajos (6-8 plantas).

En donde el espesor del horizonte alterado es más reducido, la ejecución de cimentaciones requerirá un acondicionamiento previo del terreno (desmontes) en función de sus condiciones topográficas y el tipo de cimentación más probable será el superficial.

En función de los resultados del análisis del contenido en sulfatos de los materiales de esta formación no se esperan problemas de agresividad; tampoco de afluencia de agua a las excavaciones.

Entre los problemas de cimentación pueden considerarse :

. Variaciones importantes del espesor del horizonte compresible, que dan lugar a asientos diferenciales inadmisibles.

Alterabilidad del material que aconseja realizar las cimentaciones inmediatamente después de excavadas o al menos la protección del fondo con una capa de hormigón pobre.

Dificultad en la excavación al encontrarse el horizonte no ripable a poca profundidad que puede llegar a aparecer a 2,50 m.

Condiciones para obras de tierra

- Excavabilidad

A partir de 4,0 m de profundidad, como media, se deberá excavar con ayuda de explosivos ya que se detectan rocas en estado sano con velocidades de onda sísmica superiores a 3.000 m/sg. y no arrancables por medios mecánicos según los catálogos de distintos fabricantes de maquinaria de movimiento de tierras.

Los niveles suprayacentes son arrancables por medios mecánicos convencionales, es decir tractores o bulldozers de potencia superior a 240 CV en estado normal de uso.

Se recomienda además para evitar una intensa fracturación del macizo la utilización de técnicas especiales de voladura como el precorche o el control exhaustivo del volumen de explosivo. Esta precaución redundará además en una mejor conservación del talud de desmonte y una menor meteorización.

- Estabilidad de taludes

En referencia a este punto, la problemática que presenta esta formación similar a la de las margas eocenas englobadas con la denominación de Margas de Pamplona. Es decir se trata de taludes inestables, donde son posibles los deslizamientos por sobresaturación del sustrato

Se observa en los taludes naturales la típica escamación y fisuración de estas formaciones que no impide sin embargo que existan taludes naturales abruptos, ya que su resistencia es elevada. Soportan bien, salvo con estratificación desfavorable, cortes de elevada altura con taludes inclinados. La presencia de capas de arenas calcáreas, que arman el talud, es un factor primordial para esta resistencia.

Desde el punto de vista de la estructura del macizo, la existencia de zonas con alto buzamiento de las capas de flysch margoso (60° a 70°) implica que ángulos de corte por debajo de los 60° darían lugar a taludes seguros ya que todos los estratos quedarían enclavados y encajados en el terreno sin posibilidades de rotura plana a favor de la estratificación. Sólo sería entonces posible roturas a favor de planos de continuidad (diaclasas) con orientación desfavorable, que da lugar al fenómeno de toppling o vuelco de estratos. Otras zonas, sin embargo, presentan buzamientos de 25° a 45° . En donde se dieran condiciones desfavorables de rumbos de desmonte y de la estratificación paralelos, deben adoptarse taludes suaves del orden de la inclinación de la estratificación para prevenir la rotura plana a favor del buzamiento de los estratos, máxime teniendo en cuenta la alterabilidad de estos materiales. El talud del lado contrario no presentaría problemas de estabilidad al dirigirse los estratos hacia el interior del macizo pudiendo adoptarse taludes abruptos.

En la zona de meteorización de la roca la rotura del talud puede llegar a ser circular, según se señala en el Capítulo 9 del libro "Rock Slope Engineering" de Hoek y Bray. Estos deslizamientos serían poco profundos dado que la alteración no es muy profunda.

- Empujes sobre contenciones

Se estiman entre Bajos y Medios, dependiendo de la alteración de los materiales y de la protección que se de a la coronación del talud.

- Aptitud para préstamos

Al igual que las Margas de Pamplona se consideran materiales No Aptos, ocasionalmente Marginales. Las condiciones de su posible uso deben ajustarse a lo que recomienda en el caso de las Margas de Pamplona.

- Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de suelos E-3, No Aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en estas Zonas afectarán a la formación sana que, de acuerdo con los términos descritos en la Metodología se consideran terreno medio.

Considerada como formación rocosa, según la clasificación de Bieniawski (1979), corresponde a roca Media (Clase III)- Mala (Clase IV).

Zona II₄

- Características Geológico-Geotécnicas

Está constituida por un potente conjunto margoso del Eoceno medio-superior, de pobre expresión morfológica en el paisaje, definiendo formas alomadas de relieve. En general, se trata de margas grises masivas sin planos de estratificación. Aflora en los alrededores del embalse de Yesa.

En contacto con la atmósfera y sometidas a cambios de humedad, se alteran rápidamente sufriendo un proceso de fragmentación y disgregación espontánea que favorecen la erosión superficial y los desprendimientos en taludes, así como un cambio de color a marrón grisáceo (que se reconoce muy bien en juntas y grietas). El espesor del horizonte superficial de alteración se sitúa próximo a los 4 m, llegando a alcanzar 15 m en zonas próximas a cursos fluviales.

Se dispone de una amplia relación de ensayos de laboratorio de las Margas de Pamplona, extensamente caracterizados en multitud de estudios geotécnicos. Estos datos son extensibles al conjunto de los materiales de la Zona, ya que su misma composición litológica y comportamiento mecánico no permite una diferenciación clara entre ellos.

De los ensayos recopilados se disponen datos de los niveles sanos y alterados, por lo que hacemos referencia ambos. A continuación se describen los valores más característicos :

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Clasificación de Casagrande :	CL
Densidad seca (margas no alteradas) :	1,69 - 1,87 gr/cm ³
Densidad seca (margas alteradas) :	0,84 - 2,13 gr/cm ³
Porcentaje pasa tamiz nº 200 (margas no alteradas):	46 - 99 %
Porcentaje que pasa tamiz nº 200 (margas alteradas):	23 - 89 %
Límite líquido (margas no alteradas):	32 - 44
Límite líquido (margas alteradas)	31,2 - 45
Indice plasticidad (margas no alteradas):	13 - 24,5
Indice plasticidad (margas alteradas)	14 - 41,1
Humedad (margas no alteradas) :	11,6 - 19,86
Humedad (margas alteradas) :	11,2 - 21,3
Contenido en carbonatos (margas no alteradas) :	40-50 %
Contenido en carbonatos (margas alteradas)	26 - 49,6 %
Contenido en sulfatos (margas no alteradas)	< 0,01%
Contenido en sulfatos (margas alteradas)	0,0
Densidad Proctor (margas no alteradas) :	1,83 gr/cm ³
Densidad Proctor (margas alteradas) :	1,61 - 2,04 gr/cm ³

Humedad óptima (margas no alteradas)	15,1 %
Humedad óptima (margas alteradas)	10,6 - 18,8 %
Indice C.B.R. (margas alteradas)	2,9 - 7,2
Resistencia a compresión simple (margas no alteradas) :	100 - 200 Kp/cm ²
Resistencia a compresión simple (margas alteradas) :	1,5 - 4,5 Kp/cm ²
R.Q.D. medio :	66%
Angulo rozamiento interno (margas no alteradas)	25°
Angulo rozamiento interno (margas alteradas)	28°
Cohesión (margas alteradas) :	0,05
Módulo de deformación (margas no alteradas) :	10.000
Módulo de deformación (margas alteradas) :	100 - 200
Coeficiente de Poisson (margas no alteradas) :	0,1
Coeficiente de Poisson (margas alteradas) :	0,3
Hinchamiento de Lambe :	Marginal

El contenido en carbonatos disminuye hasta niveles superficiales debido a la disgregación y alteración de las margas por procesos de meteorización. Su bajo contenido en sulfatos permite descartar problemas de agresividad al hormigón, mientras que su carácter impermeable, determina la ausencia de agua en profundidad. Únicamente, cabe considerar una saturación potencial de los niveles alterados y la infiltración a través de fisuras, factores estos que no deben crear problemas de drenaje en excavaciones.

En función de los ensayos de compresión simple se observa que los materiales alterados presentan unos valores de resistencia comprendida entre 2 y 6 kp/cm². En términos generales, a partir de los 5 m de profundidad (ensayos SPT dan rechazo) aumenta notablemente la resistencia del terreno, alcanzando valores superiores a los 200 kp/cm².

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación

La capacidad de carga varia entre 2,5 - 10 kp/cm², dependiendo que la roca se encuentre alterada o en estado sano. En las margas sanas según los valores normalizados que se dan en el Código Británico puede considerarse una capacidad portante superior dada la resistencia a compresión supera en

muchos casos los 100 kp/cm^2 . No obstante, para edificios habituales, suponen valores suficientes.

Los problemas de cimentación estarán relacionados con variaciones importantes del horizonte de alteración y presencia de intercalaciones de arcillas blandas, que pueden provocar asientos diferenciales y fenómenos de punzonamiento.

- Condiciones para obras de tierra

- Excavabilidad

Las margas alteradas son fácilmente excavables. En estado sano, su excavabilidad, así como la de las intercalaciones de areniscas, está asegurada por medios mecánicos, empleando retoexcavadoras de gran potencia con martillo picador.

- Estabilidad de taludes

Generalmente, tanto los taludes naturales como los artificiales son inestables, observándose fenómenos de flujo de barro, desprendimientos de bloques y deslizamientos, todos ellos de pequeña magnitud, que afectan únicamente al nivel superficial de alteración.

La elevada alterabilidad de las margas al aflorar obligará en muchos casos a adoptar medidas encaminadas a mitigar los efectos de la erosión superficial y procesos de acarcavamiento (hidrosiembras, bermas, escalonamiento, etc.).

Aptitud para préstamos. Se consideran Inadecuados, debido a su elevada alterabilidad en condiciones de afloramiento.

Aptitud para explanada en carreteras. Constituyen Suelos No Aptos, que precisan la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

Obras subterráneas. En general afectarán al sustrato inalterado, varía entre Clase III y Clase IV (Roca Media-Mala).

5.3.4.4. Área III

Zona III₁

Características Geológico-Geotécnicas

Esta constituida por un conjunto margoso de color rojo que intercala pequeños niveles areniscosos, mas frecuentes hacia techo. Ocasionalmente se reconocen yesos y en subsuelo se reconocen sales, que en otros puntos son objeto de explotación minera.

:

Se localiza en el cuadrante suroccidental de la Hoja, cerca del alto de Santa Cruz, y no se disponen de ensayos de laboratorio de estos materiales,

Las observaciones de campo indican que se trata de unas margas muy alteradas que prácticamente se comportan como un suelo de consistencia media.

Características constructivas :

. Cimentación :

Para un cálculo a nivel de anteproyecto se pueden considerar los valores que establecen las diferentes Normas y Códigos.

Así el Código de Práctica Británico, establece para este tipo de material una presión admisible entre 1,5 y 3 Kp/cm³, esperándose asientos de consolidación a largo plazo.

Si consideramos la Norma DIN 1054, para una zapata corrida de 0,5 a 2 m. de ancho, se admite la carga admisible entre 1,6 y 3,6 Kp/cm², para una profundidad de 1,5 m.

. Excavabilidad

Son materiales fácilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

En los taludes naturales se han observado numerosos fenómenos de inestabilidad, que dan lugar a deslizamientos del tipo rotacional.

En los taludes artificiales deberán disponerse las medidas correctoras adecuadas.

- . Aptitud para explanadas de carreteras

En general, son suelos no aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

Zona III₂

- Características Geológico-Geotécnicas

Está constituida por una alternancia de areniscas y lutitas de origen fluvial de edad Oligoceno. Las lutitas se presentan en estratos de espesor variable, de decímetro a metro. Las areniscas tienen un aspecto duro y compacto. Son de grano fino a medio, y se encuentran cementadas por CaCO_3 , aflorando a modo de lentejones métricos a decamétricos y en capas continuas de 3-5 m de espesor y varios kms de longitud.

La meteorización prácticamente no va a afectar a las areniscas. Sin embargo, en las lutitas va a producir cambios de color, disminuyendo su compacidad natural y por tanto, aumentando su erosionabilidad. El tránsito entre roca sana y alterada es transicional.

En general, la permeabilidad es baja, debido a la propia naturaleza de las lutitas y a la escasa porosidad eficaz de las areniscas a causa de su cementación. No obstante, estas últimas a nivel superficial, y hasta una profundidad de 10 m presentan una permeabilidad mayor, debido a la fracturación y presencia de juntas abiertas.

Se dispone de los siguientes ensayos de Laboratorio:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Roca inalterada)

Clasificación de Casagrande :
Porcentaje pasa tamiz nº 200

CL
58,2 - 99,8 %

Límite líquido	37,25
Indice plasticidad	20,33
Humedad	14,5
Densidad Proctor	2,05 gr/cm ³
Humedad óptima	11,6 %
Indice C.B.R.	4,4
Resistencia a compresión simple (lutitas sanas) :	> 25 Kp/cm ²
Resistencia a compresión simple (areniscas) :	300-700 Kp/cm ²
R.Q.D. medio :	80-100 %
Angulo rozamiento interno (\emptyset)	30°
Cohesión	0,15

La característica fundamental del macizo rocoso que constituye esta zona, es la alternancia de materiales de diferente litología (y por tanto, diferente comportamiento mecánico) en estratos y capas de espesor variable, factores estos que condicionan decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto.

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación.

La Norma DIN 1054 y el Código Británico establecen presiones admisibles del orden 20 kp/cm², valores estos que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos lutíticos aumenta o la disposición de la estratificación y grado de diaclasado son desfavorables. Se estima que la capacidad portante de estos materiales se sitúa entonces entre 6 y 10 kp/cm², valores suficientes para el caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a 3 - 4 kp/cm².

El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del horizonte de alteración. Es de esperar la presencia de asientos diferenciales y fenómenos de punzonamiento debido a la intercalación de niveles lutíticos blandos entre los paquetes de areniscas.

b. Condiciones para obras de tierra.

- Excavabilidad. En general, son materiales Duros, por lo que su excavación precisa el empleo de explosivos. Las lutitas alteradas son fácilmente excavables.
- Estabilidad de taludes. Cuando la disposición de los materiales es transversal a la orientación de las laderas, y su buzamiento es superior a la pendiente, no se observa ningún fenómeno de inestabilidad. Por otra parte la naturaleza de estos materiales en cuanto a sus parámetros resistivos y disposición alternante no favorece la aparición de deslizamientos.
- Únicamente existe riesgo de caída de bloques en los resaltes areniscosos en aquellas zonas donde existan escarpes pseudoverticales o en voladizo por descalce de los niveles lutíticos inferiores.
- Empuje sobre contenciones. Bajos para las lutitas, y No serán necesarios para las areniscas.
- Aptitud para préstamos. Las niveles arcillosos se consideran No Aptas para su uso en terraplenes y pedraplenes. Los niveles de areniscas, constituyen por el contrario, Terrenos Adecuados.
- Aptitud para explanada en carreteras. En el caso de desmontes en roca, la categoría de la explanada areniscas es la E-3, mientras que sobre las lutitas se requerirá la extensión de un firme seleccionado.
- Obras subterráneas. Se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala) de la Clasificación de Bieniawski (1979), jugando un papel importante la orientación de la estratificación y el grado de diaclasado

Zona III₃

- Características Geológico-Geotécnicas

Se incluyen dentro de este apartado un conjunto de materiales formados por areniscas y lutitas rojas que se extienden por el angulo suroccidental de la Hoja. Los niveles duros suelen tener espesor decimetrico a metrico, destacando a veces sobre el terreno, siendo muy irregular la proporcion con que se encuentran estos respecto a los materiales mas finos. Ocasionalmente se reconocen delgados niveles carbonatados de espesor centimetrico a decimetrico.

Los afloramientos por lo general son de buena calidad si bien los terminos mas blandos son utilizados como campos de labor.

Características constructivas :

. Cimentación

Con los valores que se disponen de ensayos de laboratorio y aplicando los diferentes Códigos y Normas, se puede ejercer cargas admisibles entre 1,5 y 3 Kp/cm², esperandose asientos de consolidación a largo plazo.

. Excavabilidad

Son materiales facilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

Los taludes son estables, aunque pueden llegar a producirse puntualmente deslizamiento. En taludes artificiales se puede producir un deterioro progresivo del mismo.

. Aptitud para explanadas de carreteras

En general no son aptos, debiendo proceder a mejorar la explanada con la extensión de material seleccionado.

5.3.4.5. Área IV

Zona IV₁

- Características Geológico-Geotécnicas

Esta zona está definida por depósitos de origen cárstico, de naturaleza arcillosa con contenido variable de bloques y cantes de rocas carbonatadas. Se localizan en zonas deprimidas, tapizando fondo de dolinas, uvalas y formas menores del carst. Presentan una potencia variable, que en el caso de las arcillas de calcificación, está en función de la intensidad del proceso de carstificación y del tamaño de la forma que rellena.

En general se trata de pequeños afloramientos que se localizan al norte de la Hoja, en el espaldar de la Sierra de Leyre.

Desde el punto de vista hidrogeológico presentan una permeabilidad baja a muy baja, debido a su carácter predominantemente arcilloso. Se trata de depósitos arcillosos de extensión reducida y poco consolidados que se comportan como un suelo de consistencia media - blanda.

Dada su estrecha relación con procesos de carstificación, un aspecto importante a considerar y que deberá completarse en cualquier reconocimiento geotécnico de detalle es la intensidad de los procesos de cársticos que presentan los materiales carbonatados subyacentes, y por consiguiente, se analizarán en las situaciones más desfavorables los posibles hundimientos en cimentaciones.

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación

A falta de ensayos más precisos pueden considerarse valores contenidos en las diferentes Normas y Códigos. Así, el Código de Práctica Británico establece para este tipo de materiales presiones admisibles entre 0,75 y 3 kp/cm², esperándose asientos de consolidación a largo plazo. Para la Norma DIN 1054 a una profundidad de cimentación de 2 m, las cargas admisibles en este tipo de arcillas es del orden de 2,5 - 3 kp/cm², esperándose asientos en torno a 4 cm.

No obstante aunque presenten una capacidad portante suficiente en algunos casos para determinados tipos de edificios, se localizan en emplazamientos muy desfavorables (áreas endorréicas, zonas de recarga del carst: dolinas, sumideros, etc.) para proyectar sobre ellos cargas concentradas. Por este motivo, y a falta de estudios detallados, se aconseja no utilizar estos materiales como terrenos de cimentación.

b. Condiciones para obras de tierra

· Excavabilidad

Estos materiales se consideran terrenos Medios - Blandos, su excavación podrá realizarse por medios mecánicos sin ningún tipo de problemas.

· Estabilidad de taludes

En general van a depender de la extensión del afloramiento y del espesor de los materiales. Pueden producirse pequeños deslizamientos de carácter superficial.

· Empuje sobre contenciones

Serán variables en función del grado de saturación de los materiales. Pueden considerarse de bajos a medios.

· Aptitud para préstamos

Se consideran materiales En algunas situaciones pueden constituir terrenos marginales en cimientos y núcleos de terraplenes pero nunca en la coronación de los mismos.

· Aptitud para explanada en carreteras

Se trata de Materiales No Aptos.

· Obras subterráneas

En general, las obras subterráneas importantes afectarán al sustrato. Obras de menor entidad, encontrarían un terreno tipificado como “Difícil”.

Zona IV₂

- Características Geológico-Geotécnicas

Esta Zona está definida por depósitos cuaternarios relacionados con procesos de gravedad y corto transporte por agua, tales como, coluviones y canchales. Los coluviones con grandes bloques se desarrollan al pie de la Sierra de Leyre, en su falda meridional Los canchales aparecen a pie de los escarpes.

Está formada por una unidad por arcillas limosas o areniscas con abundantes bloques, cantos y lutitas procedentes de la decomposición de materiales carbonatados y areniscosos que se presentan sueltos, generalmente sin ningún tipo de cementación. En el caso de los canchales se trata de una acumulación de bloques muy heterométricos, sin apenas elementos finos. Aunque en conjunto son depósitos relativamente frecuentes, poseen un reducido espesor y carácter errático.

- Características geotécnicas

Se trata de depósitos escasamente consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados con la disposición geomorfológica y estratigráfica de los materiales. En esta ocasión se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas en depósitos coluvionares. A continuación se describen los valores más significativos.

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Humedad	20,5 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	80,4 %
Límite Líquido (WL)	28,1-40,4
Índice de Plasticidad (IP)	12,3-19,2
Densidad PROCTOR	1,86 gr/cm ³
Humedad PROCTOR	12,7 %

CBR 100 % Densidad PROCTOR	14
Clasificación de Casagrande	GC-CL
Contenido en Sulfatos	0,01 %
Ángulo de Rozamiento interno (\emptyset)	38°

En base a los datos existentes, los materiales analizados están constituidos por suelos limo-arcillosos de baja plasticidad, que presentan un cierto contenido en grava y arena. Presentan consistencia media, baja capacidad portante, y un valor alto en el índice CBR, por lo que su comportamiento en explanadas puede calificarse como aceptable.

Desde un punto de vista hidrogeológico, carecen en conjunto, de un nivel freático continuo.

- Características constructivas

- a. Condiciones de cimentación. Se consideran cargas admisibles entre 1,5-2,5 Kp/cm². En general, se debe cimentar sobre el sustrato rocoso, mediante cimentación superficial o semiprofunda por pozos, todo ello en función de la profundidad de los materiales, con el fin de evitar posibles fenómenos de inestabilidad, sobre todo en áreas con pendientes apreciables. Hay que prestar atención al contenido en humedad ante las posibilidad de cambios volumétricos.
- b. Condiciones para obras de tierra.
 - . Excavabilidad. Se consideran Terrenos Medios; su excavación puede realizarse por medios mecánicos sin dificultad.
 - . Estabilidad de taludes. Constituyen depósitos no consolidados estables en condiciones naturales si no se alteran sus condiciones de equilibrio.
 - . Empuje sobre contenciones. En general, serán de tipo Medio.
 - . Aptitud para préstamos. Previa eliminación de la cubierta vegetal, constituyen suelos Marginales, o incluso Adecuados.

- Aptitud para explanada en carreteras. En desmontes definen explanadas tipo E-0 ó E-1.
- Obras subterráneas. Debido a su reducido espesor, este tipo de obras afectarán a materiales del sustrato. No obstante, para obras de pequeña envergadura, nos encontraremos con Terrenos Difíciles, que en principio precisarán entibación total.

Zona IV₃

- Características Geológico-Geotécnicas

Constituyen los depósitos fluviales y aluviales de los principales valles y barrancos así como los depósitos poligénicos, representados por conos aluviales, depósitos de fondo de valle, cauces activos, terrazas y glacis de cobertura.

Están formados por gravas y cantos de naturaleza calcárea y cuarcítica, arenas, limos y arcillas. Su proporción, grado de cementación y distribución es muy variable, aumentando la proporción de finos en los depósitos de fondo de valle. La naturaleza de la fracción gruesa depende del área de procedencia.

Afloran estos materiales a favor de la red fluvial actual y en la ladera meridional de la Sierra de Leyre, en su límite con Aragón, así como también se localiza algún que otro depósito aislado a favor de dicha sierra.

- Características geotécnicas

Se trata de materiales poco consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados a su disposición geomorfológica y estratigráfica. Se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas sobre tramos arcillosos de terrazas aluviales y depósitos de glacis en la vecina Hoja 173. A continuación se resumen los valores más representativos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Contenido en Grava (>5mm)	5/65 %
Contenido en Arena (5-0.08mm)	20/20 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	75/15 %
Límite Líquido (WL)	28/-
Límite Plástico (WP)	16/No plástico
Índice de Plasticidad (IP)	12/-
Clasificación de Casagrande	CL/GW-GM
Densidad Máxima Proctor Normal	1,8/2,13 gr/cm ³
Humedad Óptima Proctor Normal	15/7 %
Ángulo de Rozamiento Interno (\emptyset)	30,5/40 °
Cohesión (C')	1,0/2,20

En esta Zona hay que evaluar el riesgo potencial de inundaciones y avenidas debido a precipitaciones importantes concentradas. Presentan una permeabilidad variable entre alta (detriticos gruesos) y baja (áreas con alto contenido en finos), y un nivel freático continuo y somero.

- Características constructivas

- a. Condiciones de cimentación. Para el conjunto de los materiales que definen la Zona, se estima una capacidad portante variable entre 1 y 3,5 Kp/cm², dependiendo de que se trate de un limo de consistencia más o menos rígida o una grava de compacidad alta, y de la presencia o ausencia de nivel freático.

El tipo de cimentación será superficial, salvo cuando no se reúnan las condiciones anteriores, las cargas proyectadas sean superiores a las dadas, en el caso de depósitos aluviales (con alto riego de avenidas), que será necesario encontrar niveles profundos más resistentes (incluso el sustrato). En estos casos, el tipo de cimentación será semiprofunda.

Los condicionantes geotécnicos más importantes estarán relacionados con la posición del nivel freático, que puede dar lugar a subpresiones y fenómenos de inestabilidad en excavaciones y obras, así como agotamientos importantes. Por otro lado, la presencia de

intercalaciones de arcillas blandas puede provocar asientos diferenciales no admisibles.

b. Condiciones para obras de tierra.

- . Excavabilidad. Constituyen Terrenos Medios, su excavación puede efectuarse por medios mecánicos sin dificultad.
- . Estabilidad de taludes. La estabilidad del talud dependerá de la profundidad del nivel freático y del tipo unidad morfológica. En general, para alturas superiores a 3 m pueden proyectarse taludes 3H: 4V. De manera ocasional, pueden producirse pequeños desprendimientos de cantos de escasa relevancia en los bordes de taludes subverticales.
- . Empujes sobre contenciones. Serán de tipo Medio. En zonas de gravas varían de Altos a Bajos en función de la profundidad del nivel freático.
- . Aptitud para préstamos. En general, constituyen Terrenos Marginales. Los tramos de gravas se consideran Aptos, si bien precisan una clasificación que elimine los tamaños gruesos (8-10 cm).
- . Aptitud para explanada en carreteras. Para constituir explanadas de tipo E-1 en desmontes en roca, precisan sobre ellos la extensión de 50 cm de Suelo Adecuado (ej.: grava clasificada).
- . Obras subterráneas. Las obras subterráneas de envergadura afectan al sustrato. Sin embargo en obras de menor diámetro (conducciones subterráneas) encontrarán Terrenos Difíciles, según lo establecido en la metodología, que precisarán entibación total.

6.- BIBLIOGRAFIA

ADAN DE YARZA, R.

1918

Descripción físico-geológica del País Vasco-Navarro. Geografía General del País Vasco Navarro.

T.1., pp. 1-86. 49 fig., 1 mapa geol. 1:800.000, Barcelona

ADARO

1988

Investigación y evaluación de mineral en el área de Javier-Los Pintano.

Informe para Potasas de Subiza, S.A.

ARENAS, C.; PARDO, G.; VILLENA, V.

1990

Las unidades tectosedimentarias del margen septentrional de la Depresión del Ebro en el sector Luesia-Riglos

Geogaceta nº 8 pp. 92-94

AZANZA, B.; CANUDO, J.L.; CUENCA, G.

1988

Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro

II Congreso Geológico de España, Granada, vol. 1. pp. 261-264.

BARNOLAS, A.; SAMSO, J.M.; TEIXELL, S.A.; TOSQUELLA, J. Y ZAMORANO, M.

1991

Evolución sedimentaria entre la cuenca de Graus-Tremp y la cuenca de Jaca-Pamplona.

I Congreso Grupo Español del Terciario, Libro-Guia Excursión n 1, Vic, 1991, 123 pp.

BARNOLAS, A. y TEIXELL, A.

1992

La cuenca surpirenaica de Jaca como ejemplo de cuenca de antepaís marina profunda con sedimentación carbonática en el margen distal.

Simposio sobre Geología de los Pirineos, III Congr. Geol. de Esp. Salamanca 9 pp.

BRAITSCH

1971

Salts deposits. Their origin and composition.

Springer-Verlag, 297 pp.

C.G.S.

1990

Estudio hidrogeológico de la unidad sur. Sector de Subiza-Guirguillano

Informe para el Gobierno de Navarra

CAMARA, P.; KLIMOWITZ, J.

1985

Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica

Estudios geológicos nº 41 391-404.

CANUDO, J.L.; MOLINA, E.; RIVELINE, J.; SERRA-KIEL, J. y SUCUNZA, M.

1988

Les événements biostratigraphiques de la zona prépyréenne d'Aragon (Spagne), de l'Eocène moyen a l'Oligocène inférieur.

Rev. de Microp., 31.

CASTIELLA, J.; SOLE, J. y DEL VALLE J.

1978

Memoria Explicativa de la Hoja 1:200.000. Mapa Geológico de Navarra.

Servicio Geológico, Diputación Foral de Navarra.

CASTIELLA, J.; SOLE, J.; NINEROLA, S.; OTAMENDI, A.

1982

Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico

Diputación Foral de Navarra, 230 pp.

CAVELIER, C.

1968

L'Eocène supérieur et la base de L'Oligocène en Europe occidentale

Mémoire du BRGM, Colloque sur L'Eocene.

CIRY, R.

1951

Observations sur le Crétacé de la Navarre espagnole au nord-ouest de Pamplone.
C.R. Acad. Sc., 233, pp. 72-74, Paris.

CIRY, R. y MENDIZABAL, J.

1949

Contribution à l'étude du Cenomanien et du Turonien des confins septentrionaux des provinces de Burgos, d'Alava et Navarra.

Ann. Hebert et Hang (livre Jub. Charles Jacob). T.7, pp. 61-79

COLOM, G.

1945

Estudio preliminar de las microfaunas de foraminíferos de las margas eocenas y oligocenas de Navarra.

Est. Geol. nº 2 pp. 33-84. Madrid.

CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J.; RIBA, O.

1966

Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja
Not. y Com. del IGME, num. 90, pp 53-76.

CHAVEZ, A.; NEURDIN, R.; MAROCCO, J.; DELFAUD, J.

1985

Sedimentary organization of the upper Eocene deep sea fan (Tubiditas de Yesa) of Sangüesa 6th Europ Meeting of Sedimentology IAS-Lleida 84-87.

DEL VALLE, A.

1932

Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra

Notas y comunicaciones del IGME, vol. IV.

DEL VALLE, J.

1993

Acuíferos de la Cuenca de Pamplona

Inédito

DEL VALLE, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1978

Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, 2ª ser., Hoja nº 141. Pamplona

IGME

DELFAUD, J.

1969

Essais sur la géologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé supérieur.

Thése Fac. Sc. Bordeaux, 5 vol., 820 pp.

DONEZAR, M.; ILLARREGUI, M.; DEL VAL, J. y DEL VALLE DE LERSUNDI, J.

1990

Mapas de erosión actual y erosión potencial en Navarra, a escala 1:200.000.

Inst. Suelo y Conc. Parc. de Navarra y I.T.G.E.

ESTRADA, M.R.

1982

Lóbulos deposicionales de la parte superior del Grupo de Hecho entre los anticlinales de Boltaña y el río Aragón (Huesca).

Tesis Doctoral. Univ. Autónoma de Barcelona, 164 pp.

FACI, E.; CASTIELLA, J.; DEL VALLE, J.; GARCIA DE DOMINGO, A.; DIAZ DE NEIRA, A.; SALVANY, J.M.; CABRA, P. y RAMIREZ, J.

1992

Mapa Geológico de Navarra a escala 1.200.000

Gobierno de Navarra.

FROUTE J.Y.

1988

Le rôle de l'accident d'Estella dans l'histoire géologique du Crétacé supérieur au Miocène dans la Navarra-Alavaise.

These. Université de Pau

GARCIA SANSEGUNDO, J.

1991

Estratigrafía y estructura de la Zona Axial Pirenaica en la transversal del Valle de Arán y Alta Ribagorza

Tesis Doctoral. Univ. de Oviedo.

GARCIA SIÑERIZ, J.

1943

La cuenca potásica surpirenaica. C.S.I.C. Primera Reunión del Patronato de la Estación de Estudios Pirenaicos.

Agosto 1943, p. 37-52

HERNANDEZ, A.; RAMIREZ, J.I; RAMIREZ DEL POZO, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1987

Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2^a Ser., Hoja nº 173 Tafalla.

IGME.

HERNANDEZ SAMPELAYO, P.

1933

El flysch en Yesa, Navarra . Comunicados del IGME.

HOTTINGER, L.

1961

Acerca de las Alveolinas paleocenas y eocenas

N. y C. IGME, nº 64, p. 37, Madrid.

IGME

1973

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 175. Sigües

2^a Serie

IGME

1978

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 142. Aoiz.

2^a Serie

IGME

1987

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 174. Sangüesa

2^a Serie

IGME

1987

Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la geología de España

LABAUME, P.

1983

Evolution tectono-sédimentaire et megaturbidites du bassin turbiditique eocène sud-pyrénéen.

These 3ème cycle, USTL, Montpellier, 170 p.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; SEGURET, M. Y ROSELL, J.

1983

Megaturbidites carbonatées du bassin turbiditique de l'Eocene inférieur et moyen sud-pyrénéen.

Bull. Soc. Géol. France, (6), 25 pp.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; Y SEGURET, M.

1987

Megaturbidites : A Depositonal Model From the Eocene of the SW-Pyrenean Foreland Basin Geo-Marine. Letters 7 pp. 91-101.

LABAUME, P., SEGURET, M. y SYEVE, C.

1985

Evolution of a turbidite foreland basin and analogy with an accretionary prism : Example of the Eocene South-Pyrenean basin.

Tectonics 4 pp. 661-68.

LAMARE, P.

1927

Sur la structure des Pyrénées navarraises.

C.R. XIVº Congr. Geol. Intern., T. 2, p. 693-698, Madrid.

LAMARE, P.

1931

Sur l'âge des couches à facies flysch de la zone sudpyrénéenne en Navarre.

C.R. Somm. S.G.F., 4 mai 1931, 9-10, 107-109, Paris.

LEON, I.; MARROCCO, R.; NEURDIN, J.; DELFAUD, J.

1985

The tidal-flat of the Sangüesa zone, Uppermost Eocene (Areniscas de Liedena Formation) of the South Pyrenean Basin of Jaca-Pam.

6th European Reg. Meeting of Sediment. IAS, Lleida-85, pp.248-251 (Abstract.)

LEON, L.

1972

Síntesis paleogeográfica y estratigráfica del Paleoceno del Norte de Navarra. Paso al Eocene. Bol. Inst. Geol. Min. España t. 83, pp. 234-241, Madrid.

LEON, L.; PUIGDEFABREGAS, C.; RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Variaciones sedimentarias durante el Eocene medio en la Sierra de Andía (Navarra)
Acta Geol. Hispanica T. 4, vol. 2, pp. 36-41.

LEON, L.

1985

Etude sedimentologique et reconstitution du cadre géodynamique de la sedimentation detritique fini Eocene-Oligocene sud Pyrénées.

These. Université de Pau.

MANGIN, J.P.

1960

Le Nummulitique sudpyrénéen à l'Ouest de l'Aragon

Pirineos, 51-58, 631 pp, 113 figs. 19 pls., 1 carte géol. au 1:200.000, Zaragoza

MANGIN, J.P.

1965

Le segment Basco-Aragonais du Front Sud-Pyrénéen

Actes IV Congrès Intern. Etudes Pyrénéennes y -Lourdes, 11-16, Set. 1962, 1 (1), pp. 69-73, 1 fig., Toulouse.

MENDIZABAL y CINCUNEGUI, M..

1932

Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra

Información de carácter geológico, 2^a Región N. y C. del IGME, núm. 4. pp. 140-142.

MENSUAS, S.

1960

La Navarra media oriental. Estudio geográfico.

Inst. Principe de Viana, Dep. Geol. Aplic. Zaragoza, Serv. Reg. 8, 186, pp., 40 figs. y 25 lámins.

MUTTI, E.; LUTERBACHER, H.; FERRER, J. Y ROSELL, J.

1972

Schemas stratigrafico e lineament. facies del paleog. marino della zona cent. Sudpirenaica tra Tremp (Catalogna) e Pamplona (Nav.).

Mem. Soc. Gel. Ital., 11 : 391-416.

MUTTI, E.; REMACHA, E.; SGAVETTI, M.; ROSELL, J.; VALLONI, R. y ZAMORANO, M.

1985

Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems. South-central Pyrenees.

In : M.D. Milá y J. Rosell eds : 6th European Regional Meeting I.A.S. y Lleida.

ORTI CABO, F.; ROSELL ORTIZ, L. y PUEYO MUR, J.J.

1984

Cuenca evapor. (potásica) surpir. del Eoc. sup. Aportac. para una interpr. deposic. Libro Homenaje a L. Sánchez de la Torre.

Publicaciones de Geología, nº 20. Universitat Autónoma de Barcelona, p. 209-231.

ORTI, F.; SALVANY J.M.; ROSELL, L.; PUEYO, J.J.; INGLES, M.

1986

Evaporitas antiguas (Navarra) y actuales (Los Monegros) de la Cuenca del Ebro.

Guia de las Excusiones del XI Congreso Español de Sedimentología. Barcelona.

ORTI CABO, F.; SALVANY, M.

1986

Programa de investigación de las formaciones evaporíticas en Navarra. Memoria proyecto.

Gob. Navarra Vol. 1, Est. Geol. 121 pp.; Vol. 2 Est. Geoecon., 125 pp., 2 anejos (inédito).

ORTI CABO, F.; PUEYO MUR, J.; ROSELL ORTIZ, L.

1985

La halite du bassin potassique sud-pyrénén (Eocene supérieur)

Bull. Soc. Geol. France, t.1.

nº 6.

PAYROS, A.; ORUE ETXEBARRIA, X.; BACETA, J.J. y PUJALTE, V.

1994

Las "megaturbiditas" y otros depósitos de resedimentación carbonatada a gran escala del Eocene surpirenaco: Nuevos datos del área de Urrobi - Ultzama (Navarra).

Geogaceta nº 16, pp.90-94.

PELUG, R.

1973

El diapiro de Estella (traducción de J. GOMEZ DE LLARENA)

Rev. MUNIBE. Soc. Cien. Nat. ARANZADI, año XXV, núm. 2-4 pp. 171-202, San Sebastián.

PLAZIAT, J.C.

1969

La transgr. de l'Eocene moyen en Haut Arag. et Nav. et son rôle dans la defin. des grandes ensembles struct. en domaine subpy.

94º Cong. National del Societe savants. Pau 1969. Sciences vol. 2, pp. 293-304.

PUIGDEFABREGAS

1975

La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca

Tesis Doctoral. Revista Pirineos, nº 104

PUIGDEFABREGAS, C. y SOLER, M.

1973

Estructura de las Sierras Exteriores Pirenaicas en el corte del río Gallego (prov. de Huesca).

Pirineos, 109 : 5-15.

PUIGDEFABREGAS, C. : MUÑOZ, J.A. y MARZO, M.

1986

Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin.

In: P.A. Allen y P. Homewood (eds). *Foreland Basins Seep. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 8.

RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (región cantábrica)

Mem. Inst. Geol. M.E. 78 (3 vol.) 357 p., 141 lám., Madrid.

RAMIREZ DEL POZO, J.

1986

Informe micropaleontológico de la Hoja a escala 1:50.000 nº 174. Sangüesa. MAGNA.

Documentación complementaria.

REMACHA, E.

1983

Sand tongues de la Unidad de Broto (Grupo de Hecho) entre el anticlinal de Boltaña y el Rio Osca (Prov. de Huesca).

Tesis Doct. Univ. Autónoma de Barcelona, 163 p.

REMACHA, E.; ARBUES, P. y CARRERAS, M.

1987

Preciones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la arenisca de Sabiñánigo.

Bol. Geol. y Min. 98, pp 40-48.

REMACHA, I. y PICART, J.

1991

El complejo turbidítico de Jaca y el delta de la arenisca de Sabiñánigo. Estratigrafía. Facies y su relación con la tectónica.

I Congreso del Grupo Español del terciario, Libro Guía excursión nº 8. Vic. 117 pp.

RIBA, O. y PEREZ MATEOS, J.

1962

Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde Norte de la cuenca Terciaria del Ebro (Navarra)

II Reunión del Grupo Español de Sedimentología. Sevilla.

RIOS, J.M.

1963

Materiales salinos del suelo español

IGME, Mem. 64, 161 pp.

RIOS, J.M.; ALMELA, A. y GARRIDO, J.

1944

Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro

Notas y com. Inst. Geol. y Min. España. 13 (1944) : 141-164; 14 (1945) : 139-198; 16 (1946) : 57-119.

ROBADOR, A.

1990

Early Stratigraphy

In : Introduction to early Paleogene of the South Pyrenean basin. Field Trip guidebook. I.G.C.P. Project 286 (Early Paleogene Benthos). IUGS-UNESCO, Chap. 2.

ROBADOR, A.; SAMSO, J.M.; SERRA-KIEL, J y TOSQUELLA, J.

1990

Field Guide. In. Introduction to the early Paleogene of the south Pyrenean basin. Field Trip Guidebook.

L.G.C.P. Project 286 (Early Paleogene Benthos), IUGS-UNESCO, Chap 4, pp 131-159

ROJAS, B.; FERNANDEZ VARGAS, E. y LATORRE, E.

1973

Investigación de la Reserva de Potasas surpirenaicas. ENADIMSA..

ROSELL ORTIZ, L. y ORTI CABO, F.

1980

Presencia de analcima y observ. diagenét. en la anhidrita basal de la cuenca potás. de Nav. (Eoceno sup., cuenca del Ebro, España).

Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Barcelona, 34: 223-235.

ROSELL ORTIZ, L. y ORTI CABO, F.

1981

The Saline (Potash) Formation of the Navarra Basin (Upper Eocene, Spain).

Petrology. Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, 35 : 71-121.

ROSELL ORTIZ, L. y PUEYO MUR, J.J.

1984

Características geoquímicas de la formación de sales potásicas de Navarra (Eoceno superior).

Comparación con la cuenca potásica catalana. Acta Geol. Hispánica, 19:81-95.

ROSELL, J. y PUIGDEFRABREGAS, C.

1975

The sedimentary evolution of the Paleogene south Pyrenean basin.

IAS 9 th. International Congress. Nice, July 1975.

ROSELL ORTIZ, J.

1983

Estudi petrològi, sedimentològic i geoquímic de la formació de sals potàssiques de Navarra (Eocé superior).

Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, 321 p.

RUPKE, N.A.

1976

Sedimentology of very thick calcarenite-marlestone beds in a flysch sucession, southwestern Pyrenees

Sedimentology 23.

SEGURET, M.; LABAUME, P y MADARIAGA, R.

1984

Eocene seismicity in the Pyrenees from megaturbidites in the shout-Pyrenean Basin (Nord Spain).

Mr. Geol., 5 pp. 117-131.

SOLE SEDO, J.

1972

Formación de Mues : Litofacies y procesos sedimentarios

Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias de la Universidad de Barcelona (inédita).

SOLER, M. y PUIGDEFRABREGAS, C.

1970

Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental
Pirineos, 96

SOUQUET, P.

1967

Le Crétace Supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre
Thése Doct. Sc. Nat. Arch. Orig. Centre Docum. C.N.R.S. Nr. 1.351, 488 p., 13 cartes, 86
pl.,
Toulouse 1967 (édition privée, 529, p., 29 pl. Toulouse, 1967).

TEIXELL CACHARO, A.

1992

Estructura Alpina en la transversal de la terminación occidental de la zona Axial Pirenaica.
Tesis Doctoral, Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología.
Facultad de Geología, Universitat de Barcelona.

TURNER, J.P. & HANCOLK, L.

1990

Relationships between thrusting and joint systems in the Jaca thrust-top, Spanish Pyrenees.
Journ. struct. Geol. Vol. 12, nº 2, pp 217-226

VAIL, P.R.; AUDEMARD, F.; EISNER, P.N. % PEREZ CRUZ, G.A.

1990

Stratigraphic signatures separating tectonic, eustatic and sedimentologic effects on
sedimentary sections.

AAPG Annual Convention, San Francisco. AAPG. Bul.

VAN DE VELDE, E.

1967

Geology of the Spanish Pyrenees, North of Canfranc, Huesca province.
Est. Geol.

INDICE

0. INTRODUCCIÓN

1. ESTRATIGRAFIA

1.1. Cretacico

1.1.1. Cretácico superior

1.1.1.1. Margas y margocalizas grises. (1). Campaniense-Maastrichtiense.

1.1.1.2. Calcareitas y calizas arenosas con intercalaciones de areniscas hacia techo. (2). Campaniense-Maastrichtiense.

1.1.1.3. Areniscas y conglomerados. Areniscas de Arén.(3). Maastrichtiense.

1.1.1.4. Lutitas rojas. Facies Garumniense.(4). Maastrichtiense superior-Daniense inferior.

1.1.2. Análisis secuencial y paleogeográfico del Cretácico superior.

1.2. Terciario Marino.

1.2.1. Paleoceno-Ilerdiense

1.2.1.1. Dolomias ocres y grises (5). Daniense - Thanetiense inferior

1.2.1.2. Calizas grises con Alveolinas. Nivel (6). Thanetiense superior-Ilerdiense.

1.2.2. Eoceno.

1.2.2.1. Calizas ocres y grises de aspecto masivo. Calizas de Guara. (7). Cuisiense superior - Luteciense inferior.

1.2.2.2. Alternancia de margas y margocalizas y ocres. Ritmita. Nivel (8). Cuisiense superior. Luteciense inferior.

1.2.2.3. Margas y areniscas. Turbiditas. Grupo de Hecho. (9). Luteciense superior.

1.2.2.4. Margas grises. Margas de Pamplona. (10) Bartonense.

1.2.2.5. Margas grises con algunas intercalaciones de areniscas. (11). Alternancia de areniscas ocres y lutitas, (12) “Turbiditas de Yesa”. Bartonense - Priaboniense inferior.

- 1.2.2.6. Margas y lutitas rojas con pequeñas intercalaciones de areniscas. “Margas fajeadas”. (13). Priaboniense superior.
- 1.2.2.7. Areniscas ocres y lutitas grises (14) y Areniscas ocres y lutitas rojas (15). Areniscas de Liédena. Priaboniense superior - Headoniense.
- 1.2.3. Análisis secuencial y paleogeográfico del Paleógeno marino (Paleoceno-Eoceno).

1.3. Terciario Continental.

1.3.1. Oligoceno

- 1.3.1.1. Alternancia irregular de lutitas rojas y ocres y areniscas con intercalaciones de calizas margosas (16) y Areniscas y lutitas rojas (17). “Areniscas y lutitas de Javier”. Headoniense-Sueviense.

1.4. Cuaternario

1.4.1. Pleistoceno

- 1.4.1.1. Lutitas rojas con cantos. Arcillas de descalcificación. (18). Pleistoceno-Eoceno.
- 1.4.1.2. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulación (19). Pleistoceno.
- 1.4.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (20). Pleistoceno - Holoceno.

1.4.2. Holoceno.

- 1.4.2.1. Bloques y cantos con margas y lutitas. Coluviones de bloques (21). Holoceno.
- 1.4.2.2. Lutitas con cantos y bloques. Coluviones (22). Holoceno.
- 1.4.2.3. Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales (23) Holoceno.
- 1.4.2.4. Lutitas y cantos. Aluvial - Coluvial. (24). Holoceno.
- 1.4.2.5. Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle (25). Holoceno.
- 1.4.2.6. Gravas arenas y cantos. Cauces activos (26). Holoceno.

2. TECTÓNICA.

- 2.1. Consideraciones generales.
- 2.2. Descripción de las principales estructuras.
 - 2.2.1. Discordancias.
 - 2.2.2. Pliegues.
 - 2.2.3. Fallas y Cabalgamientos.

- 2.3. Cronología de la deformación.

3. GEOMORFOLOGÍA.

- 3.1. Situación geográfica.
- 3.2. Antecedentes
- 3.3. Análisis morfológico.
 - 3.3.1. Estudio morfoestructural.
 - 3.3.2. Estudio del modelado.
 - 3.3.2.1. Formas fluviales
 - 3.3.2.2. Formas de ladera
 - 3.3.2.3. Formas Kársticas.
 - 3.3.2.4. Formas poligénicas.
- 3.4. Formaciones superficiales.
- 3.5. Evolución geomorfológica.
- 3.6. Procesos actuales.

4. HISTORIA GEOLÓGICA.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1. Recursos minerales

- 5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos.
 - 5.1.1.1. Cobre.
 - 5.1.1.2. Hierro.
- 5.1.2. Minerales energéticos
- 5.1.3. Minerales y Rocas Industriales.
 - 5.1.3.1. Sales potásicas.
 - 5.1.3.2. Sal común.
 - 5.1.3.3. Calizas.
 - 5.1.3.4. Areniscas.
- 5.1.4. Aguas minero-medicinales.

5.2. Hidrogeología.

- 5.2.1. Descripción de las formaciones.
 - 5.2.1.1. Margas y margocalizas. Campaniense-Maastrichtiense.
 - 5.2.1.2. Calcarenitas y areniscas, conglomerados silíceos. Campaniense-Maastrichtiense.
 - 5.2.1.3. Lutitas-Garumniense
 - 5.2.1.4. Calizas y calcarenitas, dolomías en la base. Paleoceno-Lutencie inferior.
 - 5.2.1.5. Margas y margocalizas. Cuisiense-Luteciente inferior.
 - 5.2.1.6. Margas y margocalizas, localmente con intercalaciones de areniscas. Eoceno medio y superior.
 - 5.2.1.7. Areniscas bioclásticas. Priaboniense inferior.
 - 5.2.1.8. Areniscas tableadas y lutitas. Priaboniense.
 - 5.2.1.9. Lutitas y Areniscas. Oligoceno.
 - 5.2.1.10. Areniscas y lutitas. Oligoceno-Mioceno.
 - 5.2.1.11. Gravas, arenas y limos. Cuaternario.
 - 5.2.1.12. Arcillas con bloques y cantos, y arenas. Cuaternario
 - 5.2.1.13. Arcillas, arcillas con cantos dispersos y lutitas margosas. Cuaternario.
- 5.2.2. Unidades acuíferas
 - 5.2.2.1. Calcarenitas, areniscas y conglomerados silíceos del Cretácico superior, dolomías, calizas y calcarenitas del Paleoceno y Eoceno inferior y medio. Unidad de Leyre.

- 5.2.2.2. Areniscas tableadas. Areniscas de Liédena. Priaboniense superior-Headoniense.
- 5.2.2.3. Areniscas y lutitas. Formaciones permeables del Terciario continental Oligoceno. Formaciones permeables del terciario continental. Oligoceno.
- 5.2.2.4. Gravas, arenas y limos. Formaciones permeables del Cuaternario.

5.3. Geotecnia.

- 5.3.1. Introducción.
- 5.3.2. Metodología
- 5.3.3. Zonificación geométrica
 - 5.3.3.1. Criterios de división.
 - 5.3.3.2. División en Áreas y Zonas Geométricas.
- 5.3.4. Características geotécnicas
 - 5.3.4.1. Introducción
 - 5.3.4.2. Área I
 - 5.3.4.3. Área II
 - 5.3.4.4. Área III
 - 5.3.4.5. Área IV

6. BIBLIOGRAFÍA

.