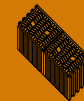


Ejemplar gratuito, prohibida su venta

Consorcio TERMOARCILLA



Manual para el uso del bloque Termoarcilla



Manual

para el uso del

bloque Termoarcilla

4^ª EDICIÓN

Manual

para el uso del

bloque Termoarcilla



Editado por el Consorcio Termoarcilla

Autor:

FEDERICO DE ISIDRO

Colaboradores:

ALBERTO CAÑADA

CRISTINA CORDERO

MARIANO DÍAZ

JAVIER DOMENECH

RICARDO FOMBELLA

BELÉN GONZÁLEZ

CRISTOBAL HINJOS

MOISES MIGUÉLEZ

EVA JUANA RODRÍGUEZ

OSCAR RODRÍGUEZ

JUAN MANUEL ROS

ELENA SANTIAGO

Dibujos:

FERNANDO DEL AMA

ANTONIO GARCÍA

CARLOS MACHÍN

ROCÍO MARTÍN

Coordinación editorial:

ENRIQUE SANZ

Diseño y Maquetación:

PEDRO IBÁÑEZ

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso del editor.

Consorcio Termoarcilla.

C/ Orense, 10 - 28020 Madrid

Tel.: 91 770 94 80 Fax: 91 770 94 81

Madrid, Noviembre 2002.

Producción Gráfica: ANGÓN S.L.

Depósito Legal: M-14369-1999

Índice

1.- Terminología	9
1.1 Fábricas	9
1.2 Piezas de fábrica y sus elementos	9
1.3 Morteros	9
1.4 Juntas	10
1.5 Componentes auxiliares	10
1.6 Tipos de muros y sus elementos	10
1.7 Elementos del hueco	10
1.8 Varios	11
2.- Bloques	13
2.1 Descripción	13
2.2 Características técnicas	13
2.2.1 Aislamiento térmico	13
2.2.2 Inercia térmica	14
2.2.3 Resistencia mecánica	14
2.2.4 Comportamiento ante el fuego	15
2.2.5 Impermeabilidad al agua de lluvia	15
2.2.6 Ausencia de condensaciones	16
2.2.7 Aislamiento acústico	16
2.3 Tipos de pieza	16
3.- Morteros	19
3.1 Definición y tipos	19
3.2 Componentes	19
3.2.1 Cementos	19
3.2.2 Cales	19
3.2.3 Aguas	20
3.2.4 Arenas	20
3.2.5 Aditivos	21
3.3 Dosificación y amasado	21
3.4 Características	21
3.4.1 En estado fresco	21
3.4.2 En estado endurecido	22
3.5 Morteros para revestimientos	22
3.5.1 Características generales	22
3.5.2 Revestimientos monocapa	24
3.5.3 Mortero de alta adherencia	25

4.- Complementos	27
4.1 Armaduras	27
4.2 Barreras antihumedad	27
4.3 Componentes de las juntas de movimiento	27
4.4 Llaves y elementos de fijación	28
4.5 Mallas de refuerzo para el revestimiento exterior	30
5.- Reglas generales de ejecución	31
5.1 Recepción y acopio	31
5.1.1 Recepción y acopio de los bloques	31
5.1.2 Recepción y acopio de materiales complementarios	31
5.2 Disposiciones generales relativas al proceso de ejecución en obra	32
5.2.1 Principios y criterios básicos para ejecutar la fábrica	32
5.2.2 Replanteo	35
5.2.3 Colocación de los bloques y ejecución de las juntas verticales y horizontales	36
5.2.4 Detalles básicos de aparejo para encuentros de muros	39
5.2.5 Protección de las fábricas durante la ejecución	39
5.2.6 Interrupciones en la ejecución de los muros	40
5.2.7 Arriostramiento de los muros durante la construcción	40
5.2.8 Altura máxima de muro ejecutado en una jornada	40
5.3 Disposiciones específicas de los muros de uso estructural	40
5.3.1 Apoyo del muro de cimentación y protección contra las humedades del suelo	41
5.3.2 Uniones entre muros de carga y muros transversos	43
5.3.3 Apoyos de los forjados en los muros	44
5.3.4 Muros de última planta y petos de cubierta	48
5.3.5 Muros de sótano y contención	50
5.4 Disposiciones específicas de los muros de cerramiento, en estructuras portificadas	51
5.4.1 Unión entre muros de cerramiento y elementos arriostrantes verticales	51
5.4.2 Apoyo de los muros de cerramiento en los forjados	53
5.5 Disposiciones generales relativas a los muros	54
5.5.1 Espesores de los muros	54
5.5.2 Armado de la fábrica en los tendeles	55
5.5.3 Protección de las fábricas en petos de cubierta y huecos de ventana frente a la acción de la humedad	56
5.5.4 Organización de elementos volados y balcones	61
5.5.5 Juntas de movimiento	62
5.5.6 Rozas y rebajes	63

6.- Construcción sin defectos con bloque Termoarcilla®	65
6.1 Prevenir fisuras en muro de bloque TERMOARCILLA®	65
6.1.1 En las uniones muro-forjado de estructuras de muros de fábrica hechos con bloque TERMOARCILLA®	68
6.1.2 En muros aparentemente descargados	69
6.1.3 En muros cargados heterogéneamente	69
6.1.4 En muros con carga continua y sección variable	70
6.1.5 En muros con carga continua, contruidos con tramos de diferentes materiales	70
6.1.6 En dinteles	70
6.1.7 Entre muros y cornisas	72
6.1.8 En revestimientos continuos	72
6.1.9 Por deformaciones de tipo térmico	73
6.1.10 En muros de edificios con estructuras reticulares	73
6.2 Identificación de patologías graves	74
6.2.1 Agotamiento de un muro ante cargas verticales	74
6.2.2 Asientos	74
6.2.3 Inestabilidad local de un muro producida por cargas verticales u horizontales	76
7.- La fachada ventilada	77
7.1 La fachada ventilada con la hoja interior de bloque TERMOARCILLA®	77
7.2 El proceso constructivo	78
7.2.1 La relación entre las hojas exterior e interior	78
7.2.2 Las etapas de la construcción	78
7.3 La estabilidad de la hoja exterior	79
7.3.1 Las lañas y otras uniones	79
7.3.2 El soporte de la hoja exterior en una construcción de altura	79
7.4 La formación de huecos	80
7.4.1 Situación de la carpintería en el espesor de la fachada	80
7.4.2 Los dinteles y las cajas de persiana	80
7.5 Recomendaciones para garantizar la estanqueidad	81
Anexo A Piezas para construir muros con bloque TERMOARCILLA®	83
Anexo B Detalles de encuentro entre muros	87
Anexo C Método empírico para calcular muros de sótano con empuje de terreno ...	92
Bibliografía	93

Prólogo a la cuarta edición

Se presenta esta cuarta edición del "Manual para el uso del bloque Termoarcilla" con sustanciales mejoras respecto a la primera edición, aparecida hace tres años. La experiencia adquirida en miles de construcciones, las numerosas consultas recibidas y la evolución de los materiales complementarios, hacían obligada una revisión del texto y los detalles constructivos propuestos.

Confiamos que esta una nueva edición siga ayudando y sirviendo como referencia base a todos los técnicos que deseen contar con las ventajosas propiedades del bloque TERMOARCILLA®.

Madrid, Noviembre de 2002

1 TERMINOLOGÍA.

1.1 Fábricas.

Fábrica de bloques: Organización estable de bloques, trabados tras un proceso de construcción, comúnmente manual, aplicando una técnica de ligazón y asiento mediante mortero.

Fábrica armada: Fábrica en la que se colocan barras o mallas, generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajen en conjunto.

Aparejo: Ley de traba que rige la disposición en que deben colocarse los bloques en una obra de fábrica para garantizar su unidad constructiva.

Hilada: Cada una de las hileras o series horizontales de bloques que se van colocando a medida que se construye el muro.

1.2 Piezas de fábrica y sus elementos.

Bloque cerámico de arcilla aligerada (UNE 136010): Bloque cuyo material constituyente es arcilla aligerada, obtenida mediante adición a la pasta arcillosa de materias varias que desaparecen durante la cocción, produciendo una porosidad añadida y característica en la pieza cocida de arcilla aligerada.

Bloque TERMOARCILLA®: Bloque cerámico de arcilla aligerada con una geometría específica que le confiere características singulares.

Tabla: Cara superior o inferior de una pieza de fábrica colocada en posición. En el caso del bloque, cara sobre la que asienta la pieza en la hilada inferior, o cara sobre la que asientan las piezas de la hilada superior.

Hueco: Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente. El bloque TERMOARCILLA® tiene dos orificios especiales entre los huecos de la pieza para introducir los pulgares y facilitar su manipulación durante la puesta en obra.

Tabiquillo: Material entre huecos de una pieza.

1.3 Morteros.

Mortero: Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y si se prescriben, adiciones y aditivos. En general se utiliza para el asiento de las hiladas de bloques el mortero ordinario, que el EC6 define como aquel que se utiliza en juntas de espesor mayor de 3 mm, y en cuya elaboración se utilizan sólo áridos ordinarios.

Mortero preparado: Mortero dosificado y amasado en factoría, y servido en obra.

Mortero aislante: Mortero en el que parte de sus áridos han sido sustituidos por áridos aislantes, permitiendo obtener un coeficiente de conductividad térmica del orden del 50% de un mortero normal.

Mortero monocapa: Es un revestimiento, compuesto de cemento, aditivos, resinas, fibras y cargas minerales. Una vez mezclado y aplicado de forma continua en un espesor mínimo de 10 a 12 mm, confiere a la fachada un acabado decorativo e impermeable. Debe cumplir las normas NTE RPR-9 e ISO 9001.

Mortero mixto: Mortero fabricado con cemento, cal y arena.

1.4 Juntas.

Tendel: Junta de mortero entre las tablas de las piezas de fábrica.

Llaga: Junta vertical constituida por la unión entre dos piezas sucesivas de una misma hilada.

1.5 Componentes auxiliares.

Armadura de tendel: Armadura preparada para su colocación en tendeles. Se recomienda el empleo de aceros inoxidable para armar, aceros galvanizados o con protecciones equivalentes (por ejemplo, con resinas Epoxi).

Llave: Dispositivo que enlaza una hoja de un muro con una estructura, con un muro de trasdós o con otro muro.

Barrera antihumedad: Lámina impermeable, piezas de fábrica u otros materiales, que se colocan en las fábricas para impedir el paso del agua de escorrentía o de capilaridad.

1.6 Tipos de muros y sus elementos.

Muro de carga o portante: Muro que desempeña una función sustentante, y recibe comúnmente cargas verticales procedentes de otros elementos de obra.

Muro sin carga: Muro no resistente cuya eliminación no perjudica a la integridad del resto de la fábrica.

Muro transversal o de arriostramiento: Muro que soporta acciones horizontales en su plano. Es el muro dispuesto especialmente para cumplir una función estabilizadora, equilibrando los empujes horizontales de otro muro o elemento estructural.

Muro capuchino: Muro compuesto por dos muros de una hoja paralelos, eficazmente enlazados por llaves o armaduras de tendel, con una o ambas hojas soportando cargas verticales.

Muro doblado: Muro compuesto por dos hojas paralelas con una junta continua dispuesta entre ellas en el interior del muro (no mayor de 25 mm), enlazadas entre sí con llaves o armaduras de tendel, de modo que trabajen solidariamente. Ambas hojas pueden ser del mismo material o materiales diferentes.

Muro de cerramiento: Muro que reviste exteriormente a una estructura, y no contribuye a su resistencia.

Trasdós o extradós: Cara exterior de un muro.

Intradós: Cara interior de un muro, o superficie inferior de un dintel.

1.7 Elementos del hueco.

Dintel: Elemento constructivo o conjunto de ellos, que definen el cierre superior de un hueco con intradós recto.

Cargadero: parte estructural o resistente de un dintel.

Jamba: Cada uno de los elementos verticales que limitan lateralmente un hueco y sirven de apoyo al dintel.

Telar: Plano de la jamba, a escuadra con el paramento del muro.

Antepecho: Cierre inferior del hueco de una ventana, constituyendo un pretil protector.

Alféizar: Plano del hueco de una ventana que define la coronación del antepecho.

1.8 Varios.

Roza: Acanaladura abierta en la fábrica.

Rebaje: Rehundido aparejado en una cara del muro. Nicho.

Enjarje: Conjunto de entrantes y salientes que se dejan en las sucesivas hiladas de una obra de fábrica al suspender su construcción, para que al continuar la obra se pueda conseguir una buena trabazón.

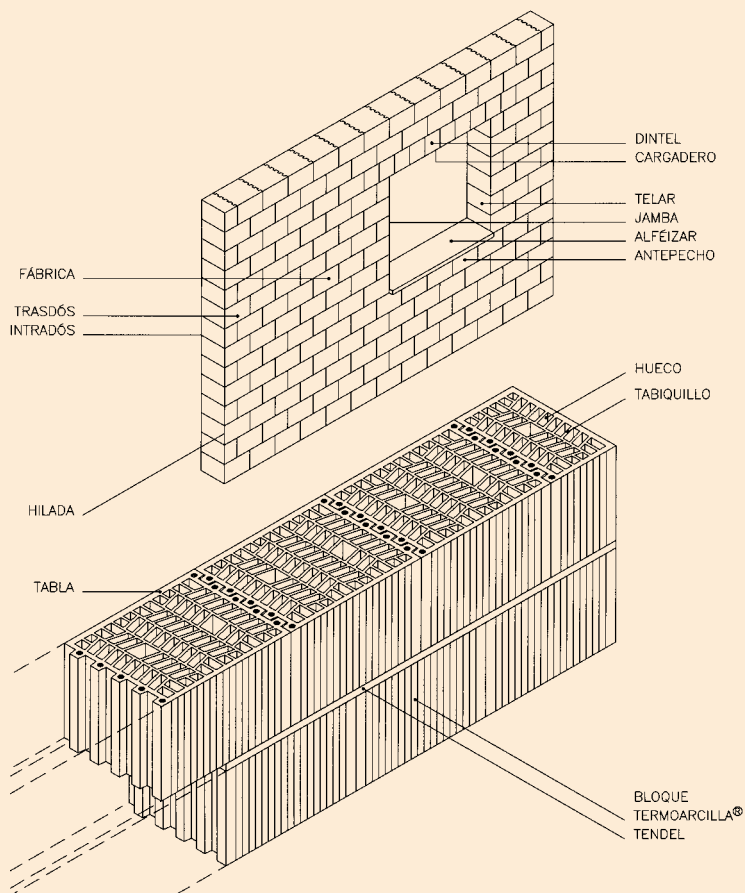
Adarajas o endejas: Cada uno de los entrantes y salientes del enjarje.

Pilastra: Pilar de fábrica trabado con enjarjes a un muro.

Machón: Muro de longitud poco mayor que su espesor.

1.8

Terminología



2 BLOQUES.

2.1 Descripción.

El bloque TERMOARCILLA® es un bloque cerámico de baja densidad, cuya mezcla de arcilla contiene componentes granulares que se gasifican durante el periodo de cocción a temperaturas mayores de 850°C sin dejar residuos, produciéndose una controlada y uniforme porosidad repartida en toda la masa del bloque. Por las propiedades de este material cerámico y gracias además a una geometría específicamente estudiada de celdillas múltiples, se obtiene un producto que reúne una serie de características singulares, entre las que destacan un buen comportamiento mecánico y un grado de aislamiento térmico y acústico adecuados, que permiten disponer muros de una sola hoja sin necesidad de recurrir a las soluciones típicas de muro multicapa.

El formato de bloque y el tipo de unión machihembrada entre piezas permiten una colocación cómoda, un ahorro de mortero considerable y unos rendimientos en obra mejores que los de otros tipos de fábrica.

El bloque TERMOARCILLA® debe tener la marca AENOR.

2.2 Características técnicas.

2.2.1 Aislamiento térmico.

El aislamiento térmico de un cerramiento es la característica por la que se reduce el flujo de calor que espontáneamente se transfiere desde el ambiente más caliente al más frío. En los materiales de construcción, este aislamiento se consigue con la inclusión de celdillas de aire en el seno del propio material.

En el bloque TERMOARCILLA® la existencia de macroporos dentro de la masa cerámica es uno de los factores que permite alcanzar una elevada capacidad de aislamiento térmico. También favorecen esta característica el hecho de tener una geometría de celdillas múltiples, la ausencia de mortero en la junta vertical, el ser una pieza de gran formato y disponer de una junta horizontal con rotura de puente térmico.

En la siguiente tabla se recogen los coeficientes de transmisión de calor¹, K, así como las conductividades térmicas equivalentes, λ_{eq} , de muros tipo fabricados con bloque TERMOARCILLA® de distintos espesores, contruidos añadiendo un enfoscado exterior de cemento de 1,5 cm de espesor y un enlucido de yeso interior de 1,5 cm de espesor:

ESPESOR DEL BLOQUE		14	19	24	29
K	kcal/h.°C.m ² (W/°C.m ²)	1.20 (1.39)	0.97 (1.13)	0.81 (0.94)	0.70 (0.81)
λ_{eq}	kcal/h.°C.m (W/°C.m)	0.25 (0.29)			

¹ Estos valores se han obtenido a partir de ensayos experimentales realizados en laboratorio, según las normas UNE 92.201-89, UNE 92.202-89, UNE 92.001-90, UNE 92.001-91 e ISO/DIS 8990. Las medidas se han realizado siguiendo el esquema propuesto por la norma ISO/DIS 8990. Las conductividades térmicas equivalentes λ_{eq} se han calculado a partir del valor K que se obtiene experimentalmente en ensayos con muretes hechos con bloques tipo representativos de la producción nacional, considerando los coeficientes superficiales de transmisión de calor (he y hi), fijados por la norma NBE-CT-79.

El empleo del mortero aislante en los tendeles supone una mejora de, al menos, un 5% en los coeficientes de transmisión de calor de los muros de bloque TERMOARCILLA®.

2.2.2 Inercia térmica.

El efecto combinado de aislamiento y capacidad de acumulación térmica es lo que define la inercia térmica de un elemento constructivo. La capacidad de acumulación térmica de una pared es una característica que depende de su espesor, de su peso y del calor específico del material, y nos indica la capacidad de almacenar calor.

La capacidad de acumulación térmica de los elementos constituyentes de la vivienda es un requisito fundamental para alcanzar un adecuado nivel de confort, evitando las incómodas oscilaciones de temperatura originadas por las diferencias térmicas entre el día y la noche, así como por la discontinuidad en el funcionamiento de los equipos de calefacción y refrigeración.

Las soluciones constructivas basadas en colocar el material pesado al exterior y el más ligero al interior, separados por un material aislante, tienen poca capacidad de acumulación térmica.

Además del cometido de acumulación, el cerramiento de una vivienda debe producir un desfase y una atenuación de la onda térmica que incide sobre él. El desfase se aprecia claramente en los procesos de calentamiento por radiación solar: cuando la cara exterior del muro se calienta, se inicia un proceso de calentamiento progresivo por conducción hacia la cara interior del muro. El tiempo que tarda la onda térmica en atravesar el cerramiento se denomina desfase de la onda térmica.

Este desfase depende de la conductividad térmica del material, de su densidad, del espesor, de su calor específico y del tiempo. Debido a que la transferencia de calor a través de puertas y ventanas es prácticamente instantánea, debe conseguirse en lo posible que el desfase se produzca en los muros de cerramiento.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que las condiciones del exterior son cíclicas, produciéndose cambios en la temperatura externa y en los aportes de calor por radiación. Esto provoca que parte del calor acumulado por el muro sea expulsado al exterior cuando baja la temperatura. A este fenómeno se le denomina atenuación de la onda térmica, y depende de los mismos parámetros que el desfase de la onda.

El muro monocapa de bloque TERMOARCILLA® permite alcanzar unos adecuados valores de aislamiento térmico, desfase y amortiguamiento, junto con una excelente inercia térmica. De esta manera se consigue un buen comportamiento de los muros, tanto en invierno con un aislamiento térmico suficiente, como en verano, donde la estabilidad térmica alcanzada es muy superior a la de los muros multicapa habituales.

2.2.3 Resistencia mecánica.

La fábrica de bloque TERMOARCILLA® se comporta en este aspecto de modo similar a la fábrica de ladrillo perforado².

Esto se debe a dos razones fundamentales:

- La resistencia media a compresión de los bloques TERMOARCILLA® alcanza valores equivalentes al de muchos ladrillos perforados, normalmente utilizados para fábricas resistentes.

² Los valores de resistencia a compresión de bloques, de resistencia a compresión de la fábrica (mediante ensayos en prismas y muretes), de resistencia al corte de la fábrica (mediante compresión diagonal de muretes), y de resistencia a flexión de la fábrica (paralela y perpendicular a los tendeles), se han obtenido experimentalmente en laboratorio, siguiendo la norma UNE 67.046-88, sobre bloques tipo representativos de la producción nacional.

- La perfecta unión con el mortero, debido a la excelente adherencia con la cerámica, y la trabazón entre las piezas, gracias al cosido que produce la penetración parcial del mortero en las múltiples perforaciones del bloque.

La junta vertical sin mortero no afecta a la resistencia a compresión vertical, y sólo penaliza la resistencia al corte en un 5% con morteros de resistencia 16 MPa (160 kp/cm²), o en un 20% con morteros de resistencia 8 MPa (80 kp/cm²).

2.2.4 Comportamiento ante el fuego.

El comportamiento frente al fuego de los materiales de construcción se refiere a dos aspectos:

- Resistencia al fuego, relativo al comportamiento térmico y mecánico.
- Reacción ante el fuego, referido a la combustibilidad y al peligro de emisión de gases tóxicos, explosión, etc.

Con respecto a la reacción ante el fuego, el material está clasificado como M 0, no emitiendo ni gases ni humos en contacto con la llama (el material cerámico es totalmente inorgánico)

Con respecto a la resistencia al fuego³, el valor es alto para cualquier espesor como se aprecia en la tabla siguiente:

ESPESOR DEL BLOQUE	14	19	24	29
RESISTENCIA AL FUEGO	RF 180	RF 180	RF 240	RF 240

2.2.5 Impermeabilidad al agua de lluvia.

El bloque TERMOARCILLA® se comporta mejor que otros materiales de construcción con respecto al paso de la humedad, debido a la interrupción de los capilares por macroporos. Esto se consigue mediante la inclusión de materiales granulares que se gasifican sin dejar residuos durante el proceso de cocción a más de 850 °C, y que hacen que se origine una fina porosidad homogéneamente repartida en la masa cerámica de los bloques.

Sin embargo, no debe olvidarse que la impermeabilidad al agua de lluvia de la fábrica⁴ queda confiada al recubrimiento externo. Dicho recubrimiento debe ser cuidadosamente ejecutado para evitar cualquier tipo de fisuración, especialmente entre distintos elementos. En ese sentido se hacen las siguientes recomendaciones de carácter general, que se ampliarán en los siguientes capítulos:

- Si los revestimientos son monocapa, deben colocarse solamente que cumplan las normas ISO 9001 y NTE RPR-9, siguiéndose puntualmente las especificaciones del fabricante.
- Si los revestimientos son tradicionales, es recomendable su ejecución en varias capas, debiéndose seguir las normas de buena construcción.

³ Los ensayos se han realizado con muros de bloque TERMOARCILLA® recubiertos con 1,5 cm de yeso por cada cara.

⁴ Se ha ensayado la impermeabilidad de muros de bloque TERMOARCILLA® en laboratorio, sometiendo a la acción de agua de escorrentía (9 l/min) a muros recubiertos en su cara exterior con enfoscado de mortero 1:4 de 1 cm de espesor y en su cara interior con 0.5 cm de yeso, no encontrándose manchas de humedad en la cara interior hasta superar los siguientes tiempos de ensayo ininterrumpido:

Muro de Termoarcilla de 19 cm de espesor: 146 horas

Muro de Termoarcilla de 24 cm de espesor: 218 horas

Muro de Termoarcilla de 29 cm de espesor: 254 horas

- Se aconseja utilizar refuerzos con mallas de fibra de vidrio o metálicas, que embebidas en el revestimiento eviten la posibilidad de fisuración. También se aconseja utilizar juntas elásticas entre distintos materiales (hormigón y cerámica, por ejemplo), o en zonas donde puedan preverse deformaciones importantes.

2.2.6 Ausencia de condensaciones.

El riesgo de condensaciones intersticiales en el interior del muro suele presentarse habitualmente en muros multicapa. Esto es debido a la elevada presión de vapor que se da en puntos del muro, expuestos al exterior y por lo tanto fríos (como es por ejemplo la cara interior del muro exterior de cerramiento), cuando no se utilizan adecuadamente barreras de vapor o el propio material aislante no tiene una resistividad al paso del vapor de agua suficiente.

Este tipo de riesgos no se dan en los muros contruidos con bloques de TERMOARCILLA®, por constar de una sola capa de material donde se produce un gradiente continuo de temperaturas entre el interior y el exterior, y por permitir una adecuada difusión del vapor de agua a través de la estructura capilar del material.

En este sentido es aconsejable utilizar revestimientos exteriores que no tengan una elevada resistividad al paso del vapor de agua.

2.2.7 Aislamiento acústico.

El aislamiento acústico de un elemento de construcción es la característica por la que se reduce la transmisión de energía acústica a través de él.

En el caso de ruidos aéreos, el aislamiento acústico de una pared depende de la masa, del módulo de elasticidad y del amortiguamiento.

Las paredes de bloque TERMOARCILLA® mejoran en 2 dB su comportamiento respecto a otras de masa equivalente, ya que la porosidad reduce el módulo de elasticidad de la arcilla cocida, al mismo tiempo que aumenta el amortiguamiento.

Los valores de aislamiento a ruido aéreo⁵ (en dBA) de muros de diferentes espesores contruidos con bloque TERMOARCILLA® se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

ESPESOR DEL BLOQUE	14	19	24	29
AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO (dBA)	46.0	47.5	50.5	52.5

2.3 Tipos de pieza.

La pieza principal de la serie concebida para desarrollar los muros, denominada pieza base, tiene unas medidas modulares de 30 cm de longitud y 19 cm de altura, presentándose con varios espesores (14, 19, 24 ó 29 cm). El espesor de la pieza coincide necesariamente con el del muro, de forma que la construcción de éste se hace con un aparejo sencillo, solapando los bloques hilada a hilada.

Los bloques de las distintas hiladas se asientan sobre la hilada inferior con un tendel de mortero, pre-

⁵ Estos valores se han obtenido a partir de ensayos realizados en laboratorio siguiendo la norma UNE 74040, guarneciendo el muro por una cara con 15 mm de mortero de cemento, y enluciendo el muro por la otra con 15 mm de yeso, sobre bloques tipo representativos de la producción nacional.

feriblemente mixto (con adición de cal). La junta vertical entre bloques se consigue al acoplar las piezas a través de unos machihembrados, no requiriéndose mortero en su colocación

La forma de colocación de los bloques, así como las características de los materiales que se emplean en la construcción de muros se describen en capítulos sucesivos.

Existen distintas piezas complementarias para el desarrollo de los puntos singulares de la obra de fábrica, así como para realizar los ajustes dimensionales que sean necesarios para adecuarse a las características formales de cualquier tipo de muro y sus posibilidades de modulación.

El catálogo de piezas con sus características principales (dimensiones, masa, peso específico, porcentaje de perforación, resistencia a compresión, transmisión térmica, aislamiento acústico a ruido aéreo y resistencia al fuego) se encuentra recogido en el ANEXO A.

3 MORTEROS.

3.1 Definición y tipos.

El mortero es una mezcla de uno o más componentes inorgánicos (cemento y/o cal), arena, agua y a veces aditivos, usada en albañilería para recibir las piezas en los muros de fábrica.

Las dosificaciones se expresan indicando el número de partes, en volumen, de cada uno de sus componentes, comenzando por el cemento, a continuación la cal, y luego la arena. Los morteros se pueden clasificar en los tipos recogidos en la siguiente tabla⁶, atendiendo a la dosificación, composición y resistencia característica:

MORTERO	TIPO	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA		PARTES DE VOLUMEN DE SUS COMPONENTES		
		(MPa)	kp/cm ²	CEMENTO	CAL AÉREA	ARENA
M10	a	(10,0)	100.0	1	-	4
	b			1	1/2	4
M15	a	(15.0)	150.0	1	-	3
	b			1	1/4	3

Las denominaciones indicadas corresponden a la resistencia característica a compresión del mortero a 28 días, en MPa, siendo este valor predominante frente a la denominación comercial.

Debe tenerse en cuenta que la clase de arena influye considerablemente en la resistencia. Los valores de la tabla suponen la utilización de arena de río.

En el caso de contar con morteros preparados, es aconsejable disponer de ensayos de resistencia del proveedor del mortero.

3.2 Componentes.

3.2.1 Cementos.

Los cementos deben cumplir las condiciones que se indican en el Pliego de Recepción de Cementos vigente (en la actualidad el RC-97). No es recomendable emplear cementos con resistencias características superiores a 35 MPa (350 kp/cm²), ya que para iguales resistencias se reduce la plasticidad de la mezcla.

Está prohibido el uso de cementos aluminosos.

Si la temperatura del cemento al llegar a obra fuese superior a 70 °C, se comprobará que no tiene tendencia a efectuar falso fraguado. Se desaconseja utilizar cementos cuya temperatura sea elevada.

3.2.2 Cales.

La cal se utiliza para mejorar la plasticidad del mortero. Es aconsejable el empleo de la cal como plastificante, y especialmente cuando la relación en volumen cemento-arena es igual o menor a 1:4. Pueden utilizarse cales aéreas apagadas, que habitualmente se sirven en polvo o en pasta.

⁶ Valores de resistencia y dosificación según la norma de morteros para albañilería UNE 83800-94

3.2.3 Aguas.

En general, pueden ser utilizadas tanto para el amasado como para el humedecimiento de los bloques, todas las aguas potables y las sancionadas como aceptables por la práctica.

Pueden emplearse aguas marinas, si se justifica experimentalmente que no se alteran las propiedades exigidas al mortero, y que no producen eflorescencias en las fábricas.

3.2.4 Arenas.

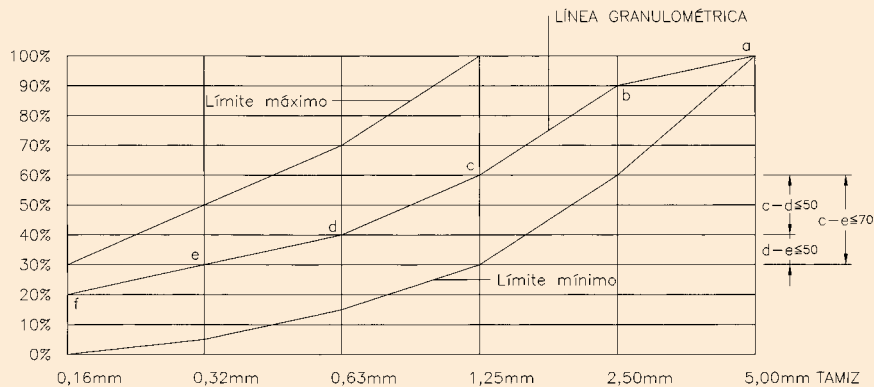
Se pueden utilizar arenas de río o de machaqueo, incluso mezclas de ambas. La arena debe carecer de materias orgánicas que alteren las propiedades del mortero. En estado natural, o después de lavadas y cribadas deberán cumplir las siguientes condiciones:

- La forma de los granos será redonda o poliédrica, rechazándose las arenas cuyos granos tengan forma de laja o acícula.
- La arena pasará por un tamiz de apertura no superior a 1/3 del espesor del tendel, ni a 5 mm.
- Se limitará el contenido en finos de manera que el peso de arena que pase por el tamiz 0.08 UNE 7050 será como máximo el 15% del peso total.
- El contenido total de materias perjudiciales (mica, yeso, feldespato descompuesto, piritas, etc.) no será superior al 2%.
- La curva granulométrica se ajustará a las condiciones de la siguiente tabla cuando se trate de muros resistentes:

TAMIZ UNE 7050 en mm.	PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ	CONDICIONES	
5.00	a (100%)	a = 100	
2.50	b (90%)	$60 \leq b \leq 100$	
1.25	c (60%)	$30 \leq c \leq 100$	$c - d \leq 50$
0.63	d (40%)	$15 \leq d \leq 70$	$d - e \leq 50$
0.32	e (30%)	$5 \leq e \leq 50$	$c - e \leq 70$
0.16	f (20%)	$0 \leq f \leq 30$	

3.2.4.

Curva granulométrica



3.2.5 Aditivos.

Son aquellas sustancias o productos que, incorporados al mortero, modifican en estado fresco y/o endurecido alguna de sus características, propiedades habituales o comportamiento deseable. No deben afectar desfavorablemente a la calidad de la ejecución de la obra ni a su durabilidad.

Se clasifican, según su acción principal, (UNE 83.200-84) en plastificantes, inclusores de aire, colorantes, hidrófugos, etc. En el caso de aditivos que modifiquen el tiempo de fraguado, deberán cumplir las normas UNE 83.823-90 y UNE 83.284-90.

En los documentos de origen figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 83.200, así como la garantía del fabricante de que el aditivo, agregado en las proporciones y condiciones previstas, produce la función principal deseada.

El fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado, según la norma UNE 83.275.

3.3 Dosificación y amasado.

La dosificación de los morteros se realiza generalmente en volumen. Se recomienda encarecidamente no utilizar la palada como patrón de medida, ya que el volumen que se recoge con ella varía en función de la finura del material. Deben utilizarse recipientes aforados o al menos cubos de volumen apropiado. Se recomienda utilizar cubos diferentes para arenas y conglomerantes.

Debe considerarse que el empleo de arenas húmedas puede hacer variar la cantidad de agua prevista para la mezcla. En ese sentido se recomienda el empleo de arenas razonablemente secas.

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. Cuanto más prolongada es su duración más homogénea es la masa, mejorando su plasticidad y su retención de agua debido a la introducción de aire en la masa y por lo tanto su trabajabilidad. Por esta razón no debe alargarse el amasado de morteros con aditivos aireantes, ya que puede aumentar en exceso el porcentaje de aire ocluido y disminuir por lo tanto su resistencia, su adherencia o su impermeabilidad.

Aunque no es aconsejable, si el amasado se realiza a mano, deberá hacerse sobre una plataforma impermeable y limpia, realizando como mínimo tres batidas.

El mortero se utilizará en las dos horas posteriores a su amasado. Durante ese tiempo podrá agregarse agua, si es necesario, para compensar la pérdida por evaporación. Pasado este plazo, el sobrante se desechará. En tiempo frío se debe tener especial cuidado en proteger el mortero de las heladas.

3.4 Características.

3.4.1 En estado fresco.

Plasticidad.

Es la característica que define la manejabilidad o trabajabilidad del mortero. Depende de la consistencia de la mezcla, de la granulometría de la arena utilizada, de la cantidad de finos y del empleo de aditivos.

Para mejorar la trabajabilidad es aconsejable utilizar cal, ya que aumenta el número de finos sin perjudicar sensiblemente su resistencia. Otra manera de mejorarla es añadir aditivos plastificantes o aireantes.

Para la ejecución de muros con bloque TERMOARCILLA®, la consistencia de la pasta deberá ser la ade-

cuada para que pueda extenderse en el tendel con comodidad, permitiendo el asiento de la pieza de la hilada superior adecuadamente, al golpearla con el mazo de goma, penetrando en las perforaciones lo suficiente para conseguir una buena trabazón.

Retención de agua.

Tener en cuenta la retención de agua de un mortero, es asegurarse de que la mezcla no pierde rápidamente el agua de amasado al contacto con el cuerpo cerámico del bloque, alterando su correcto proceso de fraguado.

La utilización de cal y/o aditivos permiten mejorar esta propiedad, según las condiciones meteorológicas existentes y el grado de succión de las piezas utilizadas.

Se recuerda que el adecuado humedecimiento de las piezas previo a la colocación ayuda a controlar la retención de agua de los morteros.

Contenido de aire.

El aire ocluido en el mortero se produce por efectos mecánicos o por el empleo de aditivos aireantes. A medida que aumenta el contenido en aire aumenta la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos de hielo-deshielo; por el contrario, disminuye su resistencia, la adherencia y la impermeabilidad.

3.4.2 En estado endurecido.

Resistencia mecánica.

Se recomienda el empleo de mortero M-7,5b o superior, tanto para fábricas resistentes como no resistentes de bloque TERMOARCILLA®.

La resistencia mecánica a compresión del mortero empleado en fábricas resistentes ejecutadas con bloque TERMOARCILLA® influye en la resistencia final de la fábrica. En cualquier caso, la elección del mortero se hará a criterio del proyectista, en función de la resistencia a compresión de la fábrica que se quiera conseguir de la fábrica.

Adherencia.

La adherencia entre mortero y bloque depende de las características de los mismos, así como de su correcta puesta en obra (este aspecto se desarrolla en capítulos posteriores). Una buena adherencia produce mayor resistencia global del muro y mayor impermeabilidad.

3.5 Morteros para revestimientos.

3.5.1 Características generales.

El mortero utilizado como sistema constructivo de revestimiento debe cumplir las siguientes características:

a. Impermeabilidad al agua de lluvia.

La impermeabilidad al agua de lluvia viene definida por dos condiciones esenciales: ausencia de fisuración y grado de capilaridad.

Ausencia de fisuración:

Queda definida por los aspectos siguientes:

- Baja capacidad de retracción: Se obtiene con una adecuada dosificación de ligantes hidráulicos.

Un exceso de cemento va acompañado de más presencia de agua y, por tanto, de mayor riesgo de fisuras por retracciones de fraguado. Los retenedores de agua y las fibras de celulosa evitan la posibilidad de retracción.

- Bajo módulo de elasticidad: Evita las fisuras, además de posibilitar una mayor deformación y soportar mejor los movimientos estructurales o térmicos.
- Buena resistencia a la tracción: Reduce la aparición de fisuras. La resistencia a la tracción aumenta con la incorporación de resinas.

Grado de capilaridad.

Se entiende por grado de capilaridad, la cantidad de agua de lluvia que puede absorber el revoco y posteriormente evaporar en el ciclo siguiente de secado. Contribuyen notablemente a su mejora la incorporación de hidrofugantes, plastificantes y aireantes.

Los morteros se clasifican según el grado de capilaridad en:

- Morteros de muy débil capilaridad: $> 1,5 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$
- Morteros de débil capilaridad: $1,5 \sim 4,0 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$
- Morteros de fuerte capilaridad: $> 4,0 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$

b. Permeabilidad al vapor de agua.

La permeabilidad al vapor de agua permite que éste pueda salir hacia el exterior a través de los capilares del mortero. Cuanto mayor sea la permeabilidad, menor posibilidad de condensación intersticial tendrá el muro de cerramiento.

c. Adherencia.

El grado de adherencia está determinado por la dosificación de cemento, áridos, resinas y aditivos, que refuerzan la penetración en los capilares, su proceso químico y cristalización. Esta cualidad está muy relacionada con la succión, rugosidad del soporte y capacidad de retención de agua del mortero. Así mismo es fundamental para la vida útil del material.

d. Durabilidad.

La durabilidad del mortero viene determinada por todos los elementos que lo componen, su dosificación y elaboración, así como por las condiciones de puesta en obra.

Como norma general deben respetarse las siguientes indicaciones en la colocación de revestimientos continuos:

- Debe llaguearse el muro adecuadamente evitando huecos y resaltes respecto del plano exterior de la fachada.
- Debe cuidarse el tipo de árido, la granulometría y la dosificación del mortero con objeto de evitar su cuarteo.
- Debe realizarse el revestimiento en una o dos capas, siendo la primera de regularización y agarre.
- Debe humedecerse adecuadamente el plano de la fachada si es necesario.
- Debe operarse en buenas condiciones climáticas, que no sean extremas en cuanto a temperatura, humedad o velocidad de viento.
- Debe permitirse la correcta maduración de cada capa del revestimiento, antes de colocar la siguiente.
- Debe humedecerse el revestimiento tras su ejecución durante unos días si es necesario.

3.5.2 Revestimientos monocapa

Un mortero monocapa es un revestimiento compuesto de cemento, aditivos, resinas, fibras y cargas minerales. Una vez mezclado y aplicado de forma continua con un espesor de unos 10 ó 12 mm, confiere a la fachada un acabado decorativo e impermeable.

Preparación y puesta en obra.

La preparación de la pasta puede hacerse manual o mecánicamente, aunque se recomienda el segundo método por ser la mezcla mucho más homogénea y en consecuencia de mejor calidad.

El tiempo de amasado está comprendido entre 3 y 5 minutos, según el material y la época del año. Una vez mezclado, se tendrá que dejar reposar durante un tiempo equivalente al anterior, antes de su utilización, con el fin de permitir las reacciones químicas de los aditivos contenidos en la masa. La calidad de la puesta en obra depende fundamentalmente del soporte y de las condiciones de aplicación.

El soporte debe tener las siguientes características:

- Estabilidad, es decir, debe haber realizado los movimientos previsibles de retracción, térmicos, mecánicos, etc.
- Resistencia, suficiente para recibir el revestimiento.
- Planeidad, para poder conseguir la planeidad final del revestimiento monocapa, teniendo en cuenta que el espesor mínimo de un mortero monocapa es de 8 mm y su espesor medio es de 15 mm.
- Limpieza y succión adecuada, para garantizar una buena adherencia del mortero.
- Rugosidad y porosidad, que son adecuadas en todos los materiales de arcilla cocida.

Los bloques TERMOARCILLA® suponen el soporte idóneo para la utilización de todo tipo de revestimientos, incluidos los monocapa. Se utilizarán morteros monocapa que cumpla las siguientes condiciones:

- Dispondrán de un DIT o un DAU.
- La retención de agua será mayor del 92%, según el método indicado en: Cahiers du CSTB. Livraison 341. Julio-agosto 1993. Cahier 2669-4 (valor recomendado por ANFAPA).
- El coeficiente de capilaridad será inferior a 1,5 g/dm²·min^{1/2}, según método indicado en: Cahiers du CSTB. Livraison 341. Julio-agosto 1993. Cahier 2669-4 (valor recomendado por ANFAPA)
- El espesor medido será de 15 mm, con un mínimo de 10 mm (excepto en las juntas, donde el mínimo será de 8 mm debajo del junquillo).

Se aplicará previamente una capa de raseo fina con el mismo mortero (recomendación ANFAPA).

Aplicación de los morteros monocapa.

Una correcta aplicación de los morteros monocapa viene determinada por su puesta en la fachada y por las condiciones ambientales.

Antes de iniciar la puesta en fachada del mortero se deben marcar las juntas de trabajo, extendiendo una banda de mortero de 5 a 10 cm de ancho y 1 cm de espesor, sobre las que se asientan los junquillos realizando los despieces proyectados. Éstos no deben tener una separación mayor de 2,20 m entre juntas horizontales y 7 m entre juntas verticales. Con el fin de resaltar las juntas, se emplean en ocasiones perfiles de aluminio lacado, que quedan incorporados a la fachada.

Cuando existen soportes de distinta naturaleza que crean junta entre ellos, se debe armar el mortero. Para ello se extiende un tendido de mortero monocapa de 4 a 5 mm, sobre el que se coloca una malla, que deberá sobrepasar al menos 20 cm la junta existente.

Una vez realizado este preparativo, se procede a la puesta en fachada del mortero, generalmente en una sola capa. Si el soporte no es suficientemente regular puede extenderse una capa previa de 2 ó 3 mm de espesor. En cualquier caso, el espesor mínimo debe ser de 8 mm y el medio de 15 mm.

Si por necesidades de la obra son necesarios espesores mayores, debe armarse una primera capa, no debiendo superarse en cualquier caso los 25 mm de espesor.

El material no debe aplicarse con temperaturas del soporte inferiores a 5°C ni superiores a 30°C, ni cuando esté lloviendo o se prevean lluvias en 3 ó 4 horas.

Consideraciones de tipo general

Los criterios de aplicación y las restricciones serán los indicados por el fabricante del revestimiento.

No se deben utilizar revestimientos monocapa en puntos en los que discurra el agua de lluvia, sin protección de goterones, vierteaguas, impostas o canalones; el mortero monocapa es un material impermeable al agua de lluvia, pero no estanco.

En el caso de fachadas en zonas pluviométricas menos severas pero en situaciones desfavorables, por ejemplo testeros orientados a cara norte, también es aconsejable que existan elementos de protección.

Su aplicación siempre debe hacerse sobre paramentos verticales, nunca sobre paramentos inclinados u horizontales.

En caso de humedad procedente del terreno, deberá crearse una barrera antihumedad que suponga un corte de capilaridad.

También se recomienda especialmente la utilización de un zócalo en contacto con el terreno o con el pavimento exterior.

No es aconsejable el uso de colores oscuros, pues al tener mayor absorción solar, se incrementan las contracciones de origen térmico.

3.5.3 Mortero de alta adherencia

Se utiliza principalmente para fijar plaquetas TERMOARCILLA® (frente de los forjados en cerramientos exteriores).

Para este uso se determina un mortero cola flexible de ligantes mixtos. La colocación de piezas cerámicas será mediante pegado continuo en capa gruesa, con adherencia a 28 días superior a 1MPa (10 Kg/cm²), apto para el uso en paramentos exteriores.

4 COMPLEMENTOS.

4.1 Armaduras.

Se trata de un tipo de componente auxiliar en la obra de fábrica, cuya misión consiste en garantizar la distribución homogénea de tensiones a lo largo de la sección del elemento. De esta manera se mejoran las características mecánicas del muro. Las armaduras serán capaces de resistir las acciones a las que vayan a ser expuestas. Los materiales empleados serán capaces de soportar las sollicitaciones a flexión y a tracción aplicadas, sin que por ello se produzca merma en su capacidad de resistencia, ductilidad y protección frente a la corrosión. Las armaduras cumplirán las especificaciones de protección ante la corrosión, marcadas en el Eurocódigo 6, parte 2, anexo C.

4.2 Barreras antihumedad.

Las barreras antihumedad deberán estar constituidas por materiales que impidan el paso del agua de escorrentía o capilaridad. Las más habituales son las láminas impermeables (bituminosas, de caucho, de plástico, etc.), los recubrimientos a partir de morteros hidrófugos y las piezas de gres.

Las situaciones más habituales en el edificio son las siguientes:

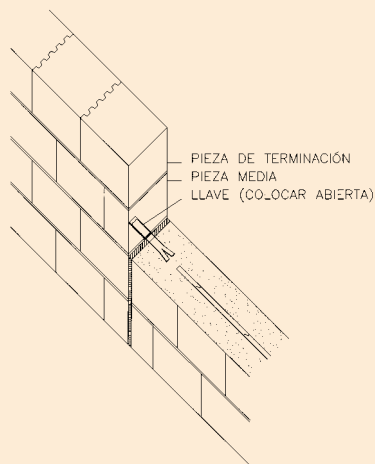
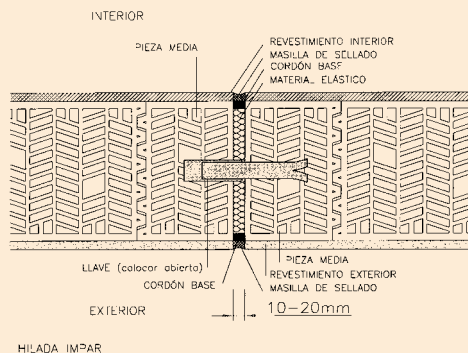
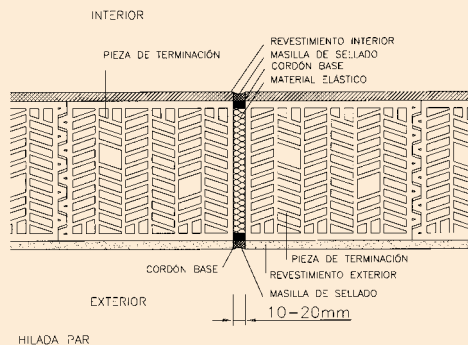
- En la cara exterior de un muro de sótano o contención para evitar su contacto con la humedad del terreno; debe protegerse adecuadamente para impedir su deterioro durante las operaciones de relleno y compactado.
- Bajo el nivel del zuncho perimetral del forjado de planta baja, si éste está apoyado sobre un muro de fábrica.
- Sobre la cara superior del zuncho perimetral del forjado de planta baja, si éste está unido a un muro de hormigón.
- Por encima del nivel de la cara superior de la solera, en el caso de no existir forjado en planta baja.
- En los antepechos, bajo el vierteaguas con carácter general, sobre todo si éste está constituido por varias piezas con juntas entre ellas.
- En cubiertas y encuentros de cubierta con elementos de muro (incluso chimeneas, hastiales, etc.).

4.3 Componentes de las juntas de movimiento.

La función de las juntas de movimiento es la de absorber las deformaciones y evitar que se produzcan fisuras y grietas en la fábrica a causa de los movimientos debidos a esfuerzos mecánicos, movimientos de tipo térmico, expansiones debidas a la humedad, etc.

Las juntas se formarán empleando un material de sellado un fondo de junta y un relleno interior de la misma.

Los materiales que se empleen para realizar la junta deberán mantener la estanqueidad del muro, pese a los movimientos de alargamiento y acortamiento, rellenando siempre por completo la junta. Los materiales utilizados para la junta de movimiento cumplirán las exigencias de la norma NBE-CPI-96. La junta debe tener el espesor necesario para absorber los movimientos esperados en los muros que separa; igualmente, el material de sellado debe tener una deformabilidad suficiente (alrededor del 20%). El espesor de la junta suele estar entre los 10 y los 20 mm.



Dib. 2

Con objeto de rigidizar en el plano del muro las dos partes del mismo contiguas a la junta de movimiento, se utilizarán llaves especiales como las que se describen a continuación.

4.4 Llaves y elementos de fijación.

Son elementos cuya función es la de trabar o ligar las dos hojas o paramentos diferentes de una fábrica de ladrillo. Con su uso se consigue mejorar la estabilidad de los muros. Existe una gran variedad, atendiendo tanto a la forma como al material. El tipo de llave a emplear, su número y posición deben ser especificados en el proyecto. La colocación en obra debe realizarse de acuerdo con las normativas vigentes y las prescripciones del fabricante.

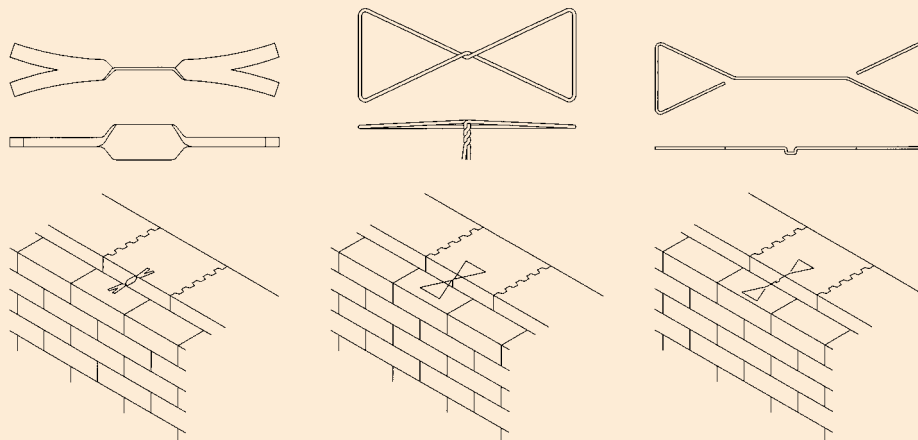
Las llaves utilizadas en las juntas de movimiento tendrán uno de sus extremos cubierto por una funda de plástico, para evitar su adherencia con el mortero, que estará separada un centímetro aproximadamente del fondo de la llave, para poder permitir el movimiento horizontal en el plano del muro. Se dispondrán estas llaves en las juntas de movimiento, en una cuantía de al menos una unidad cada dos hiladas.

Cuando se quieran conectar dos tramos de una hoja exterior a ambos lados de una junta de movimiento con una hoja interior se utilizarán llaves en forma de "T", con ambos extremos recubiertos por fundas de plástico.

Las llaves o lañas utilizadas para unir dos muros (como es el caso de las fachadas ventiladas) deben permitir el movimiento de la hoja exterior en su propio plano e impedir el movimiento perpendicular que pueda tener el muro debido a acciones horizontales. La capacidad mecánica de cada laña, su ubicación y la distribución de las mismas en la superficie del

4.4

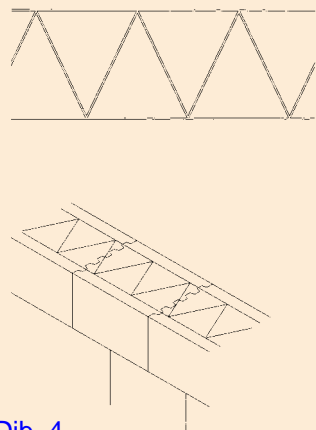
Llaves



Dib. 3

4.4

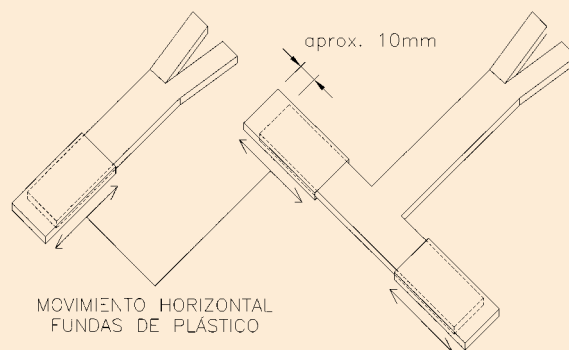
Armaduras de tendel



Dib. 4

4.4

Llaves para juntas de movimiento



Dib. 5

muro depende de los movimientos relativos que puedan darse entre las dos hojas, de las acciones horizontales perpendiculares al plano del muro, de la entidad de la hoja exterior, del tamaño de la cámara de aire que separa ambos muros, de la forma de la propia laña y su sistema de sujeción. En cualquier caso, la imposibilidad de mantener la protección de estos anclajes y el grado de exposición que tienen al ambiente de la cámara interior del muro, exigen utilizar llaves de acero inoxidable o con protecciones muy elevadas.

En el caso de estar sometidas a solicitaciones importantes en la unión entre la fijación y el muro, deben estudiarse el tipo de anclaje y su sistema de fijación al muro.

En general, cumplirán los requisitos de EN 845-1 y, cuando sean de acero, los de durabilidad correspondientes a la clase de exposición en relación con los espesores mínimos de recubrimientos. Se colocarán anclajes en los laterales de los pilares para mejorar la estabilidad del cerramiento frente a las acciones horizontales (viento o sísmicas), como mínimo tres en cada lado, evitando su colocación en el arranque y en la coronación del cerramiento.

Para la fijación de estas llaves se utilizarán tacos químicos o mecánicos, en cada caso, que aseguren la resistencia a tracción necesaria.

Todos los elementos metálicos especificados (llaves, anclajes, dinteles, lañas etc) que se utilicen deberán tener una protección adecuada ante la corrosión según se especifica en el Eurocódigo 6, parte 2, anexo C.

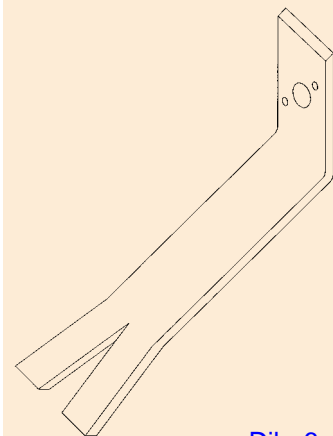
4.5 Mallas de refuerzo para el revestimiento exterior

En los puntos o zonas donde sea necesario, se colocarán mallas de fibra de vidrio resistente a los álcalis, o de poliéster, y con una resistencia a la tracción de 0,25 kN/cm (25 Kp/cm) antes de aplicar el revestimiento.

Se utilizarán mallas de refuerzo en aquellos puntos en los que se produzca una concentración de tensiones que pueda fisurar el revestimiento:

- cambios de sección del muro o cerramiento
- zonas con posibles tracciones próximas a las juntas elásticas
- ángulos en aberturas o huecos
- encuentro con pilares en los cerramientos
- zonas donde se ha regularizado con mortero la testa de los bloques, por ejemplo esquinas o encuentros.

4.4 Llaves anclaje a pilares



Dib. 6

5 REGLAS GENERALES DE EJECUCIÓN.

5.1 Recepción y acopio.

5.1.1 Recepción y acopio de los bloques.

A continuación se citan una serie de recomendaciones sobre la recepción de los bloques TERMOARCILLA® en obra:

- La recepción de los materiales debe ser realizada por la dirección de obra o persona debidamente acreditada en quien delegue.
- En los albaranes o en el empaquetado figurará el nombre del fabricante y denominación comercial.
- A la llegada del material a la obra, la dirección comprobará que los bloques llegan en buen estado, el material es identificable de acuerdo con lo especificado en los albaranes y el empaquetado. Si estas comprobaciones son satisfactorias, la dirección de obra puede aceptar la partida u ordenar ensayos de control; en caso contrario, la dirección puede rechazar directamente la partida.
- Los ensayos de control deben realizarse en laboratorios debidamente acreditados en el área de materiales de arcilla cocida.
- Cuando se utilizan bloques TERMOARCILLA® que están amparados por la marca AENOR, la Dirección Facultativa puede simplificar la recepción, prescindiendo de los ensayos de control.
- Cualquier anomalía observada en el bloque suministrado, deberá ser comunicada al fabricante siempre antes de su puesta en obra.

5.1.2 Recepción y acopio de materiales complementarios.

En el caso de utilizar morteros industriales es recomendable tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cada suministro deberá ir acompañado del correspondiente albarán; debe verificarse que las características recogidas en el proyecto y especialmente la resistencia a compresión del mortero coinciden con el pedido.
- Se evitará la posible contaminación de mortero fresco preparado para su uso.
- Si es necesario y siempre durante el tiempo máximo de uso especificado para el mortero, se podrá agregar agua para compensar su pérdida por evaporación, reamasando al menos durante 3 minutos. Pasado el tiempo límite de uso, el mortero que no se haya empleado se desechará.
- En condiciones climatológicas adversas, como lluvia, helada, excesivo calor, se tomarán las medidas oportunas de protección.

Las recomendaciones a tener en cuenta para la recepción y acopio de cementos y cales son las siguientes:

- El suministro puede hacerse a granel o en sacos, acompañado de documentos de origen (albaranes) que indique tipo y garantía del fabricante. Todos los cementos deben estar homologados o poseer la marca AENOR.
- El control de los cementos se efectuará según lo indicado en el Pliego de Recepción de Cementos vigente (en la actualidad el RC-97).
- Cuando el periodo de almacenamiento de un cemento haya sido superior a 30 días se realizará el ensayo de fraguado y el de resistencia mecánica a 3 y 7 días, sobre una muestra representativa del mismo. Si los resultados no cumplieren las condiciones del Pliego de Recepción de Cementos podrán hacerse ensayos para determinar la resistencia del mortero a 28 días, siendo estos resultados decisivos para aceptar o rechazar dicho cemento.

- Es aconsejable la utilización de los cementos de tipo Portland CEM I o CEM II 32.5 con carácter general, mientras que por el contrario los de tipo 42.5 y 52.5 se muestran desaconsejables.
 - Si la temperatura del cemento al llegar a la obra fuese superior a 70°C, se comprobará que no tiene tendencia a experimentar falso fraguado.
 - Los distintos tipos de cementos y cales se almacenarán por separado en sitios limpios, secos y lejos de otros materiales que les puedan afectar negativamente, quedando especialmente protegidos contra el agua, el hielo y la humedad, ya que de no ser así, se verán alteradas sus características.
- Las recomendaciones a tener en cuenta para la recepción y acopio de arenas son las siguientes:
- Las arenas deben de carecer de materias orgánicas que pudieran alterar las características necesarias del mortero.
 - Serán arenas de río, de machaqueo o bien mezclas de ellas, siendo la más aconsejable en el caso de duda en el origen y composición de la misma, la arena de río.
 - Deberá pasar el 100% del árido por un tamiz de abertura no superior a 1/3 del espesor del tendel, ni a 5mm.
 - En obra se verificará el albarán de entrega, comprobando que la arena suministrada coincide con la solicitada.
 - La arena debe cumplir con las especificaciones de la norma UNE 146.110: Áridos para morteros.
 - Las diferentes arenas se almacenarán separadamente, según su tipo u origen, granulometría, etc., en lugares protegidos de la contaminación del ambiente exterior y del terreno. Si es preciso se cubrirán y protegerán dichas arenas evitando el exceso de humedad y viento.
- El resto de los materiales complementarios que forman parte de la fábrica deberán almacenarse siguiendo las recomendaciones del fabricante con objeto de no alterar sus características.

5.2 Disposiciones generales relativas al proceso de ejecución en obra.

5.2.1 Principios y criterios básicos para ejecutar la fábrica.

Principios básicos

- 1.- Mantener la traba, consiguiendo que la distancia entre juntas verticales de hiladas consecutivas sea igual o mayor de 7 cm.
- 2.- Utilizar piezas complementarias en puntos singulares (esquinas, jambas de huecos, juntas de movimiento, encuentros de muros en T, etc.).
- 3.- Utilizar el menor número posible de piezas cortadas, para ajustar la longitud del muro a la definida en proyecto.
- 4.- Colocar los bloques a tope, mediante el mechihembrado de las testas.

Criterios básicos

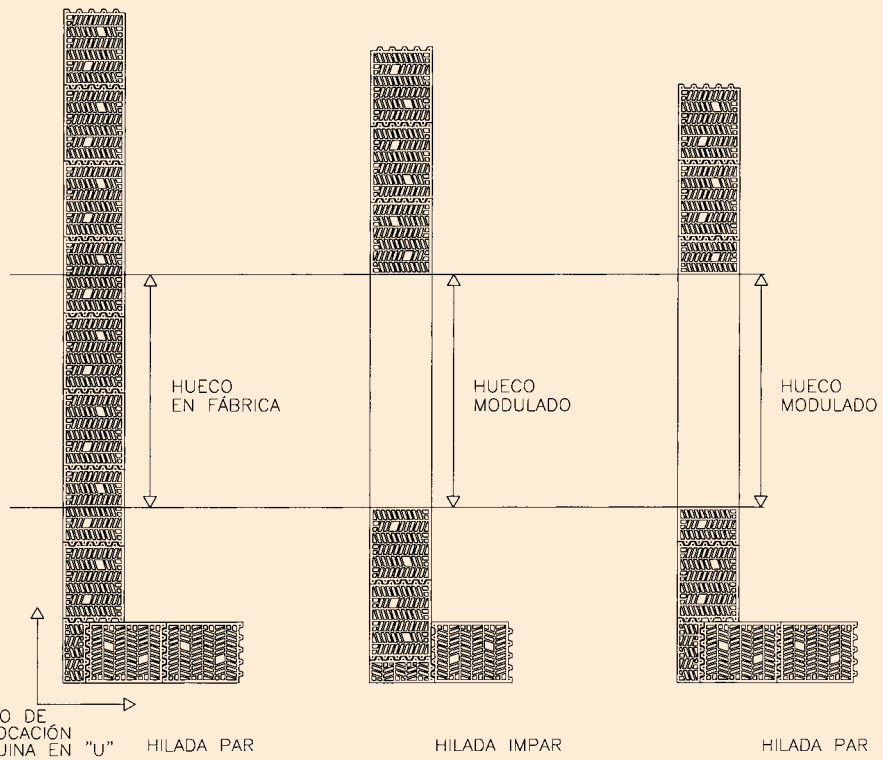
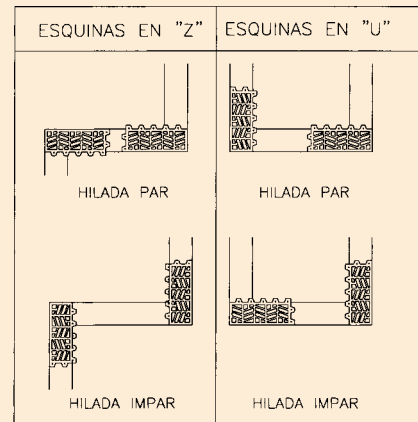
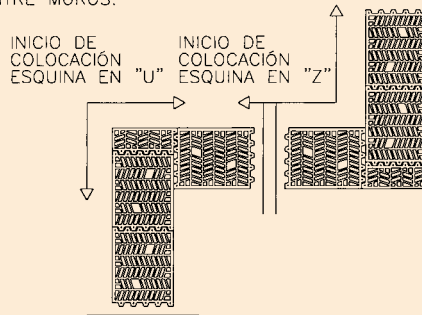
Una vez colocadas las miras, marcados los puntos de referencia y colocado el correspondiente cordel, cada hilada se ejecutará siguiendo los siguientes pasos:

- 1º.- Colocar las piezas complementarias que definen los extremos del tramo de muro a ejecutar (esquina, terminación o medias).
- 2º.- Colocar las piezas correspondientes a los puntos singulares previstos en el tramo de muro a ejecutar (huecos, encuentros entre muros, juntas de movimiento, etc.).
- 3º.- Colocar los bloques rellenando los espacios entre las piezas indicadas en 1º y 2º, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
 - Se comprobará en todo momento la separación entre juntas verticales de hiladas consecutivas.
 - Si en algún punto la separación entre juntas verticales de hiladas consecutivas es menor de 7 cm, se colocarán piezas de modulación, piezas cortadas y/o dos cordones de mortero, para recuperar la traba en el menor espacio posible.

5.2.1.

Ejecución de un muro de carga

NOTA:
SE COMENZARA LA COLOCACIÓN DE BLOQUES
EN LAS ESQUINAS, HUECOS Y ENCUENTROS
ENTRE MUROS.



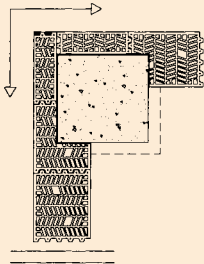
Dib. 7

5.2.1.

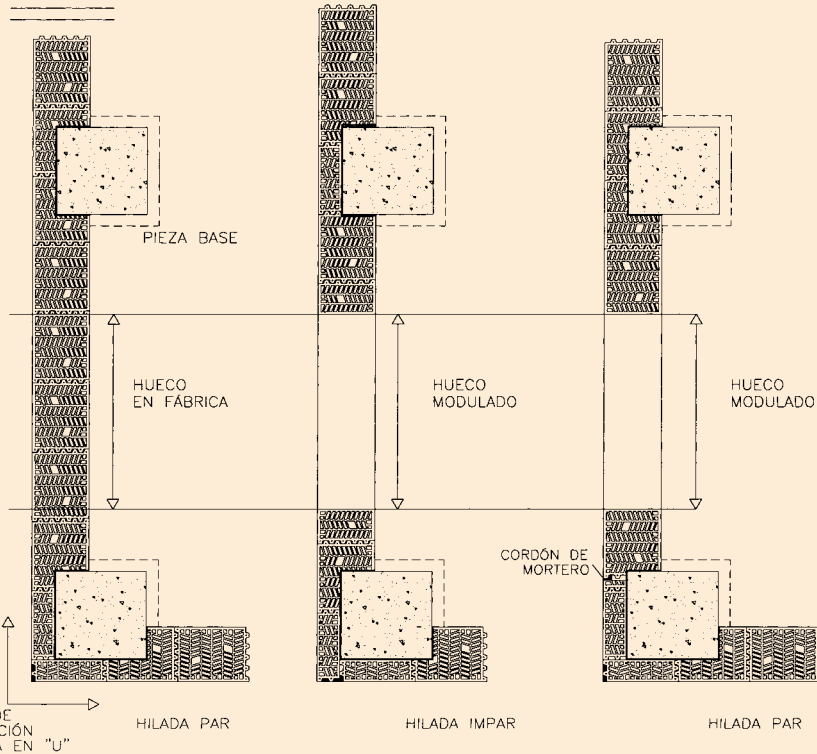
Ejecución de un muro de cerramiento

NOTA:
SE COMENZARA LA EJECUCIÓN DE BLOQUES
EN LAS ESQUINAS, HUECOS Y ENCUENTROS
ENTRE MUROS.

INICIO DE
COLOCACIÓN
ESQUINA EN "U"



ESQUINAS EN "Z"	ESQUINAS EN "U"
<p>HILADA PAR</p>	<p>HILADA PAR</p>
<p>HILADA IMPAR</p>	<p>HILADA IMPAR</p>



Dib. 8

Debe tenerse en cuenta que la introducción de piezas con soga menor de 30 cm (pieza cortada o de modulación) en el entramado de un muro, puede llevar en la hilada superior a la pérdida de los 7 cm de separación mínima entre juntas verticales.

- Siempre que sea posible debe evitarse la pérdida de traba entre hiladas de una misma vertical de una zona de la fábrica. Para evitarlo, en particular donde sea preciso cortar piezas o utilizar piezas de modulación, el ajuste se trasladará horizontalmente en las hiladas sucesivas.
- En caso de utilizar piezas cortadas o de necesitar un ajuste dimensional muy pequeño, se utilizará una junta de mortero vertical.
- No es recomendable utilizar más de dos juntas verticales de mortero por hilada y por tramo de fábrica.

Es interesante recalcar las ventajas de las piezas de modulación frente a las piezas cortadas, sobre todo cuando su uso es para recuperar la traba, puesto que estas piezas no requieren el empleo de junta vertical de mortero, reducen el corte de piezas, y mejoran los rendimientos en obra.

5.2.2 Replanteo.

Replanteo horizontal

Dado que no existen juntas mortero verticales, y que pueden existir diferencias en la longitud de los bloques debido a tolerancias dimensionales de las piezas y/o variaciones en el encaje entre ellas, las distintas hiladas pueden requerir diferentes piezas para su solución. Por este motivo, el replanteo de la fábrica se reduce a la colocación de miras y plomos.

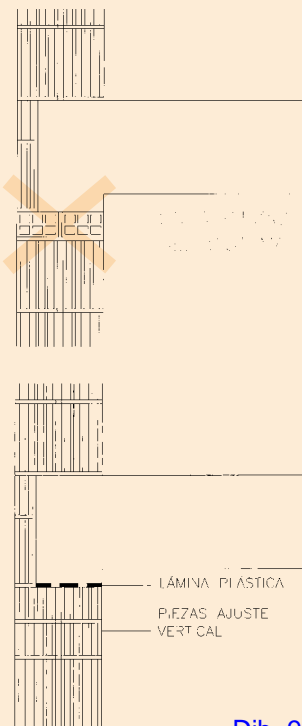
Replanteo vertical

- Se tomará el punto más alto del forjado o cimentación como referencia de nivel, disponiendo el espesor de mortero necesario bajo la primera hilada, para compensar las deficiencias de nivelación.
- Se marcará la modulación vertical indicando el nivel del forjado, así como los de antepecho y dintel de huecos.
- Se ajustará la modulación variando el espesor de la junta de mortero (entre 1 y 1,5 cm) y utilizando piezas de ajuste vertical o piezas base cortadas con medios adecuados.
- Queda prohibido el empleo de ladrillos tradicionales (perforados o huecos) para ajustar la altura del muro. No obstante, podrá utilizarse ladrillo perforado con resistencia a compresión igual o superior a la del bloque TERMOARCILLA®, colocado en aquellos tramos de muro situados en zonas no habitables (p. ej. sótanos o espacios bajo cubierta).

Desplomes admisibles de las caras de los forjados en el caso de cerramientos.

Los desplomes máximos admisibles de las caras de los forjados serán los mismos que para la fábrica tradicional. Se aplicarán los valores que considera la NBE FL-90 para muros: 10 mm en la altura de cada piso, y 30 mm en la altura total del edificio (en caso de edificios de dos plantas no deberá ser superior a 20 mm).

5.2.2. Replanteo vertical



Cuando estos valores superen los máximos aceptables se colocarán perfiles, fijados en las caras de los forjados, para absorber la diferencia.

5.2.3 Colocación de los bloques y ejecución de las juntas verticales y horizontales.

Manejo del bloque TERMOARCILLA®.

Los bloques TERMOARCILLA® permiten su manejo de forma cómoda y controlada por parte de los operarios, haciendo uso de ambas manos y de las perforaciones especiales que el bloque tiene para tal fin en su tabla.

Colocación de miras y plomos.

Se colocarán las miras sujetas y aplomadas, con todas sus caras escuadradas y a distancias no mayores de 4 metros y siempre en cada esquina, hueco, quiebro o mocheta.

En las miras se marcará la modulación vertical, situando un hilo tenso entre ellas y apoyado sobre las marcas realizadas, sirviendo de referencia para ejecutar correctamente las hiladas horizontales. Las miras también llevarán las marcas de los niveles de antepechos y dinteles de los huecos.

En los muros de cerramiento se definirá el plano de fachada mediante plomos que se bajarán desde la última planta hasta la primera, con marcas en cada uno de los pisos intermedios, dejándose referencias para que pueda ser reconstruido en cualquier momento el plano así definido.

Humedecimiento de los bloques.

Por la propia naturaleza del material cerámico es recomendable humedecerlo antes de su puesta en obra. La adherencia entre el cuerpo cerámico y el mortero se produce por la incorporación de parte del agua y el conglomerante del mortero a la estructura capilar de la pieza cerámica en el momento de la colocación. Esta incorporación de agua no debe ser insuficiente, pero tampoco excesiva, ya que una deshidratación del mortero produciría un deficiente fraguado del mismo.

La cantidad de agua embebida por el bloque en el momento de la colocación debe ser la necesaria para que no varíe la consistencia del mortero al ponerlo en contacto con las piezas, sin succionar excesivamente el agua de amasado ni incorporarla.

Si se utiliza un mortero excesivamente fluido para compensar la succión de agua del bloque, se corre el riesgo de que escurra por las juntas y se produzcan retracciones de fraguado que provoquen fisuras, penalizando la estanqueidad del muro.

Ejecución de las juntas verticales

Los bloques se colocarán sin mortero en la junta vertical, haciendo tope entre los machihembrados. El encaje vertical de las piezas deberá ser adecuado. Cuando no sea posible por causa de la geometría de alguna pieza, dicha pieza no deberá ser colocada y será sustituida por otra. Tampoco se colocarán piezas rotas o piezas con fisuras por encima de lo especificado en la norma UNE 136010.

La distancia entre las juntas verticales de dos hiladas consecutivas será como mínimo de 7 cm para conseguir un trabado adecuado de la fábrica.

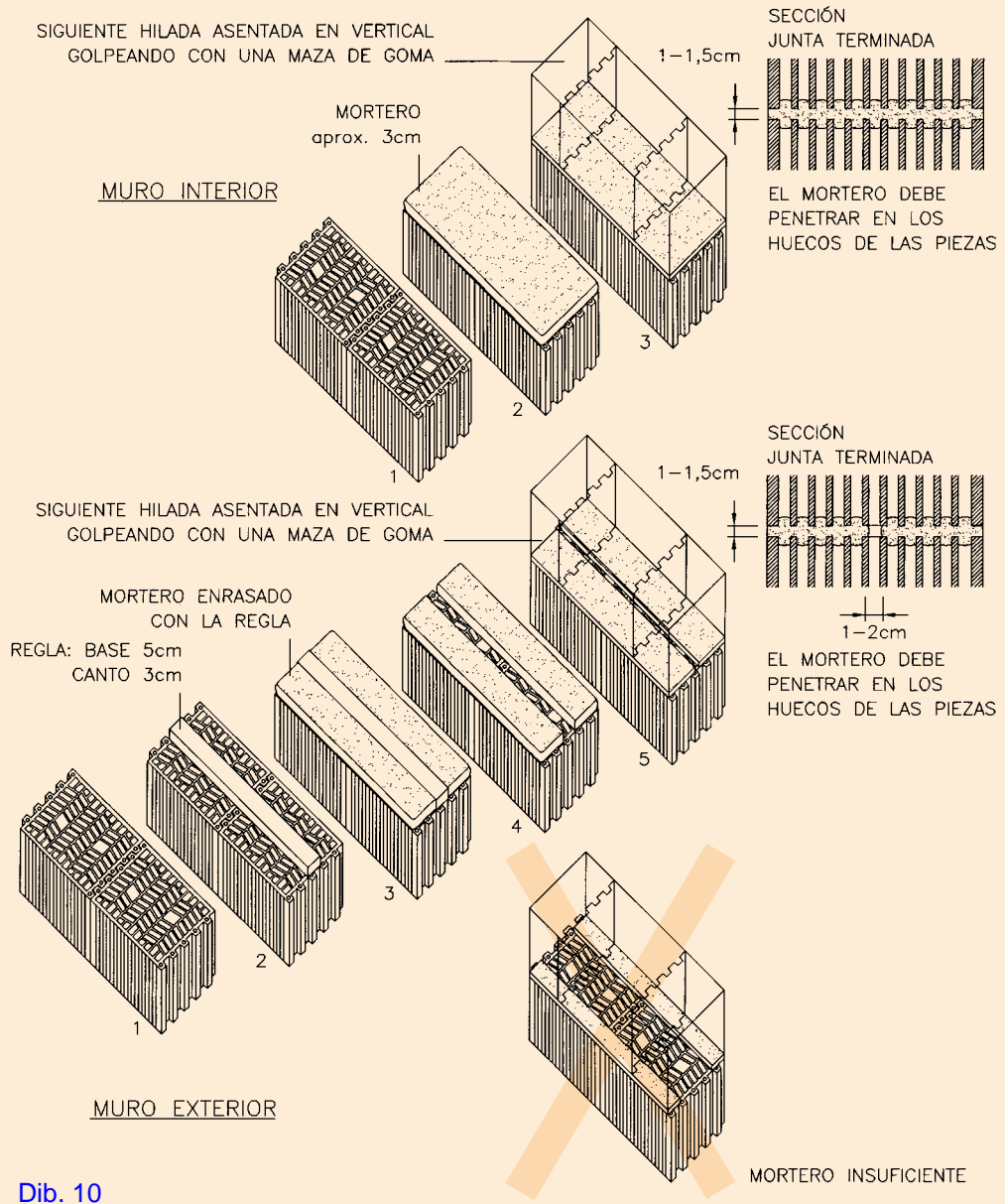
Cuando sea necesario se utilizarán piezas complementarias o piezas cortadas. En este último caso, se seguirán las recomendaciones sobre la ejecución de la junta vertical que se indican a continuación en el apartado "Ajuste dimensional y corte de los bloques".

Ejecución de las juntas horizontales

En cerramientos o muros exteriores, la junta horizontal se realizará extendiendo el mortero en dos bandas continuas, separadas 1 ó 2 cm como máximo, salvo la primera junta sobre cada forjado, que se

5.2.3.

Ejecución de los tendeles



Dib. 10

ejecutará continua. Para conseguir esta separación y el espesor adecuado, puede utilizarse una regla de 30x50 mm de sección, asentada por su cara mayor en el centro de la hilada.

En caso de que se trasdese el muro o cerramiento exterior, la junta horizontal podrá ser continua.

En muros interiores, la junta horizontal se realizará continua.

Una vez colocado el mortero, los bloques se asentarán verticalmente golpeándolos con una maza de goma. Nunca se asentarán a restregón.

El espesor del mortero en tendeles, una vez asentada la pieza estará comprendido entre 10 y 15 mm.

Ajuste dimensional y corte de los bloques

Cuando sea necesario ajustar la longitud de la hilada de bloques a la del muro o cerramiento, en sentido horizontal, se utilizarán piezas de modulación o bien piezas cortadas.

Los bloques se cortarán en obra con una cortadora de mesa con diámetro adecuado.

No se cortarán bloques con medios manuales.

En caso de utilizar piezas cortadas, la junta vertical se resolverá con dos bandas de mortero, de 6 cm de ancho como mínimo, con objeto de transmitir correctamente los esfuerzos horizontales en el plano del muro.

La junta vertical tendrá una separación máxima de 2 cm desde el extremo de los machihembrados. Si la holgura existente es superior, ésta se distribuirá en varias juntas verticales.

En ningún caso se realizarán ajustes horizontales abriendo las juntas verticales, colocando rellenos de mortero (solo juntas de mortero como las indicadas en el punto anterior), o utilizando materiales cerámicos diferentes de TERMOARCILLA®.

Cuando sea necesario ajustar la modulación en sentido vertical, se podrá realizar utilizando piezas cortadas, piezas de ajuste vertical y/o variando el espesor de las juntas horizontales entre 1 y 1,5 cm. En ningún caso se utilizarán piezas de otros materiales cerámicos diferentes de TERMOARCILLA®.

No obstante, podrá utilizarse ladrillo perforado con resistencia a compresión igual o superior a la del bloque TERMOARCILLA®, colocado en aquellos tramos de muro situados en zonas no habitables (sotanos, espacios bajo cubierta, etc).

En el caso de cerramientos exteriores se recomienda utilizar la pieza de ajuste vertical para ejecutar la última hilada debajo de cada forjado.

Las piezas de ajuste vertical se pueden obtener por corte en obra con medios adecuados.

Otras recomendaciones

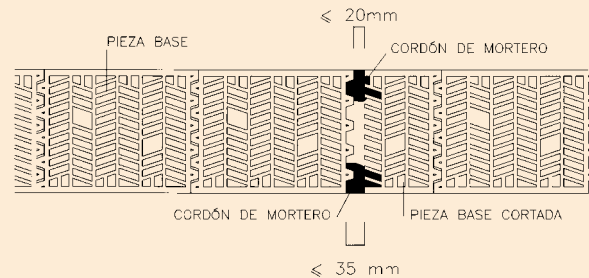
En muros y cerramientos exteriores es recomendable colocar siempre el canto del bloque con estriado profundo en la cara exterior.

No se corregirá la alineación de las piezas una vez que el mortero de las juntas haya perdido su plasticidad.

Cada 100 bloques colocados se deberá retirar uno para comprobar la correcta ejecución de la junta horizontal.

En los muros portantes se dejará trans-

5.2.3. Colocación de pieza base cortada en muro exterior



currir el tiempo suficiente (dependiendo del mortero empleado) desde la terminación del muro hasta el hormigonado del forjado, con objeto de asegurar que los esfuerzos originados por la retracción del hormigón no provoquen fisuración horizontal en el muro.

En los cerramientos exteriores se recomienda comenzar su ejecución por la planta superior del edificio, de forma que cuando se realiza el cerramiento de cada planta, ya se ha producido la deformación del forjado superior. Si no es posible lo anterior, se recomienda ejecutar el cerramiento por plantas alternas.

Se utilizará un mortero adecuado a las características del bloque y al uso al que está destinado, según las indicaciones del fabricante o, en su defecto, del Consorcio Termoarcilla.

Se aconseja el empleo de morteros mixtos de cemento y cal, ya que este último componente contribuye a mejorar las siguientes características del mortero:

- Plasticidad y trabajabilidad.
- Retención de agua (reduciendo el riesgo de deshidratación).
- Elasticidad.
- Adherencia.

Bloques y piezas complementarias utilizados en obra

Todos los bloques y piezas complementarias que se utilicen en una obra procederán de un mismo fabricante.

No se aceptarán palets con más de un 15 % de sus piezas fisuradas, según las especificaciones de la norma UNE 136010: "Sobre una muestra de seis piezas se examinarán visualmente las fisuras, admitiéndose como máximo una pieza fisurada".

No se colocarán piezas que lleguen rotas a la obra (si es posible se utilizarán para obtener piezas cortadas).

5.2.4 Detalles básicos de aparejo para encuentros de muros.

En el Anexo B se describen las condiciones de aparejo que se deben cumplir en los encuentros de muros.

5.2.5 Protección de las fábricas durante la ejecución.

Protección contra la lluvia.

La fábrica recién ejecutada se debe proteger de la lluvia con plásticos, sobre todo en su parte superior. De este modo se evita:

- Que los finos del mortero sean arrastrados por el agua reduciendo considerablemente sus características físicas.
- Que el agua erosione las juntas del mortero.
- Que se acumule agua en exceso en el interior del muro, generalmente en sus hiladas inferiores.

En caso de lluvia, también se tomarán las medidas necesarias para que no se vierta sobre la fábrica el agua acumulada en los forjados, terrazas y cubierta, debiendo ser conducida convenientemente al exterior.

Protección contra el hielo.

Cuando el tiempo es frío deben tomarse precauciones para asegurar que el mortero no queda afectado por las heladas durante su preparación y en la construcción de la fábrica. El mortero es muy sensible a la helada, debido a su alto contenido en agua y al reducido espesor de la junta. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Si antes de fraguar el mortero se hiela, se verán considerablemente reducidas su adherencia, resistencia y durabilidad.

- Si hiela al comenzar la jornada o durante ésta, las obras se interrumpirán y la fábrica ejecutada recientemente se protegerá con mantas de aislante térmico y plásticos. Si hay heladas antes de iniciar la jornada, debe efectuarse una inspección minuciosa en los muros construidos en los últimos días. En caso de que existan partes afectadas por el hielo, se demolerán y reconstruirán cuando las condiciones climáticas lo permitan. Este extremo es especialmente importante en muros de estructura de fábrica.
- Cuando se utilicen aditivos anticongelantes para el mortero, deben seguirse las indicaciones del fabricante en cuanto a dosificación, condiciones de ejecución, etc., asegurándose que no tengan ningún efecto nocivo sobre la fábrica.

Protección contra el calor.

En tiempo extremadamente seco y caluroso la fábrica se mantendrá húmeda, para evitar que se produzca una rápida evaporación del agua del mortero. Dicha evaporación puede alterar el proceso normal de fraguado y endurecimiento del mortero, provocando fisuras en el mismo por una anómala retracción. Se tendrá la precaución de no mojar la fábrica en exceso, ni con chorro ni a presión, ya que el agua podría arrastrar el mortero quedando la junta debilitada.

5.2.6 Interrupciones en la ejecución de los muros.

Las fábricas de bloque TERMOARCILLA® deben levantarse por hiladas horizontales en toda la extensión de la obra. Cuando dos partes de la fábrica hayan de levantarse en épocas distintas, se dejará escalonada la que se ejecute primero.

Debido a que la colocación del bloque se hace en sentido vertical, no es posible dejar adarajas y endejas.

5.2.7 Arriostramiento de los muros durante la construcción.

Durante la construcción de los muros, y mientras éstos no hayan sido estabilizados por la colocación de forjados, muros de arriostramiento u otros elementos de estructura suficientemente rígidos, se tomarán las precauciones necesarias para evitar que vuelquen debido al viento u otras acciones externas. Para ello se arriostarán o apuntalarán con tablonces cuyos extremos estén bien asegurados.

Las precauciones indicadas se tomarán al terminar cada jornada de trabajo.

5.2.8 Altura máxima de muro ejecutado en una jornada.

La altura de la fábrica que se puede construir en una jornada no debe ser excesiva, para impedir así el aplastamiento del mortero en las juntas, todavía fresco. Dicha altura depende del espesor del muro, del tipo de mortero y el peso de los bloques. Como norma general se considerará que la altura ejecutada en una jornada no debe exceder una planta, ni tres metros.

5.3 Disposiciones específicas de los muros de uso estructural.

Los muros que tienen funciones estructurales, no deben ser cargados hasta que la fábrica haya madurado y, por lo tanto, haya alcanzado la resistencia suficiente.

El tiempo que transcurra entre la construcción del muro y la puesta en carga deberá ser determinado por la Dirección Facultativa en cada caso.

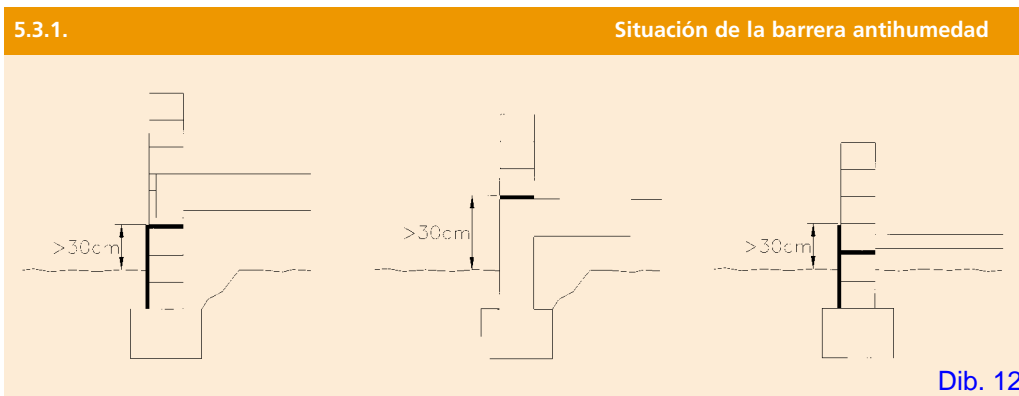
Primeramente, deben hacerse una serie de consideraciones de carácter general sobre el comportamiento mecánico de los muros de fábrica:

- Las juntas de la fábrica apenas tienen capacidad para resistir tracciones; el mortero, aunque adherido a las piezas, tiene principalmente la misión de servir de asiento y transmitir cargas verticales. El muro es un elemento constructivo concebido para resistir esfuerzos de compresión.
- Los muros de fábrica deben trabajar básicamente a compresión; debe huirse siempre de empujes horizontales excesivos, flexiones fuera del plano del muro, fuertes excentricidades de carga o tracciones locales. Deben evitarse asimismo elementos de muro excesivamente esbeltos que pueden traer consigo problemas de estabilidad.
- Las cargas verticales deben repartirse uniformemente a lo largo del muro para conseguir que las tensiones de compresión tomen valores bajos. Debe huirse de concentraciones excesivas de carga, sobre todo en extremos libres de muros. Para ello pueden utilizarse armaduras de tendel o zunchos de reparto, según la cuantía de la carga, para no superar la tensión admisible de la fábrica.
- La distancia entre ejes de los muros de arriostramiento deberá ser como máximo 8 m., igual que para el resto de fábricas.
- La transmisión de tensiones de compresión debe realizarse adecuadamente entre hiladas, por lo que las tongadas de mortero deben unirse perfectamente a las caras de asiento de dos hiladas consecutivas.
- Los muros fabricados con piezas de gran formato tienen un número menor de juntas de mortero que los fabricados con piezas más pequeñas, resultando ser menos deformables. En este caso, es especialmente relevante seguir las recomendaciones anteriores con el fin de evitar la aparición de tensiones locales de tracción que puedan producir fisuras.
- Las estructuras de muros de fábrica deben comprobarse mediante cálculo⁸.

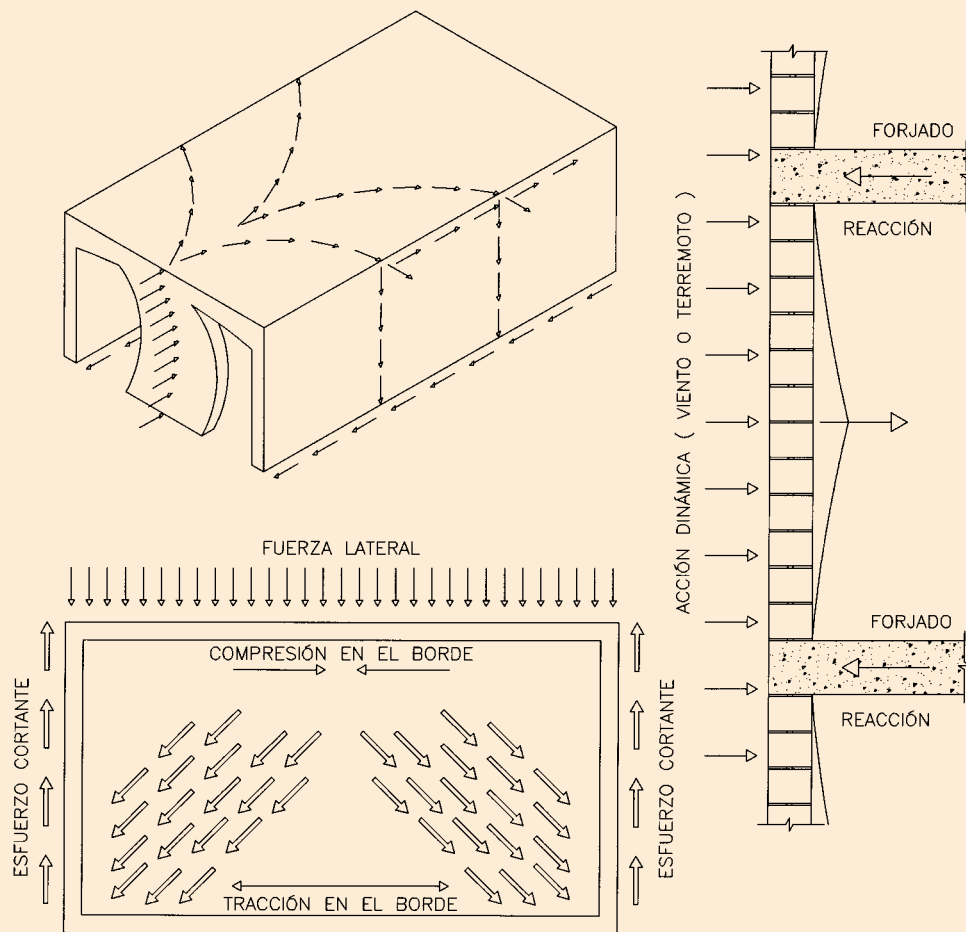
5.3.1 Apoyo del muro de cimentación y protección contra las humedades del suelo.

La elevada rigidez de la estructura de muros de fábrica aconseja que la cimentación se constituya como un entramado particularmente rígido. Como norma general no deben admitirse asientos relativos entre dos puntos, superiores a 1/500 de su separación.

Habitualmente se utilizará una zapata corrida de hormigón armado, según sean las solicitaciones en el muro y las características y el tipo de suelo. Dichas zapatas deben ser continuas, pasando por debajo de éstos. Deberán enlazarse las cimentaciones de los distintos muros de la manera más eficaz posible.



⁸ A tal efecto, el Consorcio Termoarcilla ha elaborado un método de Cálculo de Muros de Fábrica (CMF) con una herramienta informática.



FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE MUROS

- * DISTRIBUCIÓN DE LAS FUERZAS LATERALES EN EL EDIFICIO Y SUS MUROS.
- * FUERZAS LATERALES EN EL MURO.
- * DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN UNA PLANTA DE UN EDIFICIO.

La base de la zapata corrida de un muro será siempre horizontal y estará situada en un solo plano cuando sea posible. En caso contrario se distribuirá en banqueros con uniformidad, de manera que la altura de cada banqueo no sea superior a $3/4$ de la altura de la zapata corrida.

Si es necesario cimentar con zapatas aisladas o pilotes, se establecerán entre éstos vigas de unión dimensionadas para resistir a flexión la carga de los muros, de manera que no tenga deformaciones relativas entre dos puntos superiores a $1/500$ ó $1/1000 + 0,5$ cm de su separación.

El contacto del muro con las humedades del suelo trae consigo la ascensión de agua a través de la estructura capilar de los elementos cerámicos. La forma más habitual de proteger las fábricas consiste en colocar drenajes perimetrales y barreras impermeables. Cuando las barreras impermeables se colocan en la sección del muro, debe asegurarse que la interrupción que supone dicha barrera no afecta a la integridad del elemento constructivo. Este extremo es particularmente importante cuando se prevén grandes esfuerzos horizontales de viento o la edificación está en una zona sísmica.

Las barreras de protección deben emplearse tanto en muros perimetrales como en muros interiores, y deben colocarse como mínimo a 30 cm del nivel exterior del suelo. Las situaciones más habituales de dichas barreras suelen ser:

- Bajo el nivel del zuncho perimetral del forjado de planta baja, si éste está apoyado sobre un muro de fábrica.
- Sobre la cara superior del zuncho perimetral del forjado de planta baja, si éste está unido a un muro de hormigón.
- Al nivel de la cara inferior de la solera, en el caso de no existir forjado en planta baja.

El material que forma la barrera de protección debe cruzar completamente la sección del muro, desde su cara exterior hasta la interior, sin interrupciones ni rejuntados de mortero.

Existen varias soluciones para la correcta ejecución de estas barreras de interrupción del paso de la humedad por el interior de los muros, entre las que se recogen las siguientes como ejemplo:

- Membrana impermeabilizante, que garantice el agarre del mortero, sobre 2 cm de mortero de cemento fratasado y cubierta con 2 cm de mortero para el asiento de la siguiente hilada, de dosificación $300\sim 350$ kg/m³.
- 2 cm de mortero hidrófugo, de dosificación de cemento de $500\sim 600$ kg/m³ armado con una malla metálica que evite su posible fisuración.
- Una hilada de piezas de gres rugosas, que garanticen el agarre del mortero de asiento.

5.3.2 Uniones entre muros de carga y muros transversos.

Las estructuras con muros de fábrica deben ser preferiblemente concebidas como un sistema celular formado por muros de carga y muros transversos, todos ellos sensiblemente perpendiculares entre sí. No obstante, son admisibles las soluciones con estructuras del tipo paredes de carga paralelas, soportando forjados dispuestos en la dirección perpendicular, arriostradas por elementos discontinuos.

En general, la capacidad mecánica de un muro de carga, que depende entre otros parámetros de su esbeltez, mejora si está convenientemente unido en sus extremos a los forjados y a otros muros que lo arriostren en toda su altura.

Esta forma de comportamiento de la estructura de muros portantes obliga a garantizar una buena unión entre muros de carga, muros transversos o de arriostramiento y forjados. Por esta causa, cualquier elemento vertical de arriostramiento (muro, pilastra, contrafuerte, etc.) deberá levantarse simultáneamente con el muro de carga al que presta rigidez, enjarjándolo adecuadamente (ver apartado 5.2.4. y Anexo B)

5.3.3 Apoyos de los forjados en los muros.

Condiciones generales que deben cumplir los forjados y sus cadenas perimetrales de hormigón armado.

Los forjados son elementos sometidos a cargas verticales y a acciones horizontales de viento o sísmicas. Para su correcto funcionamiento deben contemplarse las siguientes condiciones:

a. Condición de rigidez.

La rigidez del forjado debe ser adecuada. Deben cumplirse las Instrucciones para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón vigentes. Las limitaciones de flecha de estas instrucciones suelen ser, en muchos casos, insuficientes para estructuras de muros de carga, o elementos de forjado que tengan que soportar tabiquería muy rígida o muros de cerramiento de material cerámico (ver artículo 6.3.6.2. de la Instrucción EFHE).

Se recomienda fijar como valor límite de flechas las siguientes:

- La flecha total a plazo infinito no excederá al menor de los valores siguientes $L/250$ ó $L/500 + 1$ cm.
- La flecha activa, en relación con la luz L del forjado superior, no superará el valor más restrictivo de los siguientes: $L/500$ ó $L/1000 + 0,5$ cm (valores correspondientes a la flecha activa para forjados que sustentan muros de cerramiento de fábrica).

b. Condición de monolitismo.

Para poder transmitir las acciones horizontales a los muros transversos los forjados deberán ser monolíticos, es decir deben tener una elevada rigidez en su plano. Esto se consigue mediante la incorporación de una losa armada de hormigón que une todos los nervios del forjado. El espesor de la losa, las condiciones geométricas de las piezas del forjado y la cuantía de la armadura de reparto de la losa se fijan en las Instrucciones EHE y EF vigentes (ver el Capítulo V de la Instrucción EFHE).

c. Condición de encadenado.

Para garantizar una buena unión entre los forjados y los muros de bloque TERMOARCILLA®, y con el fin de asegurar la estabilidad del conjunto y prever los posibles efectos de acciones excepcionales, deben disponerse en la dirección de los muros cadenas o zunchos de hormigón armado dentro del espesor del propio muro. Los zunchos garantizan la continuidad mecánica entre nervios o viguetas de los forjados y entre éstos y los muros.

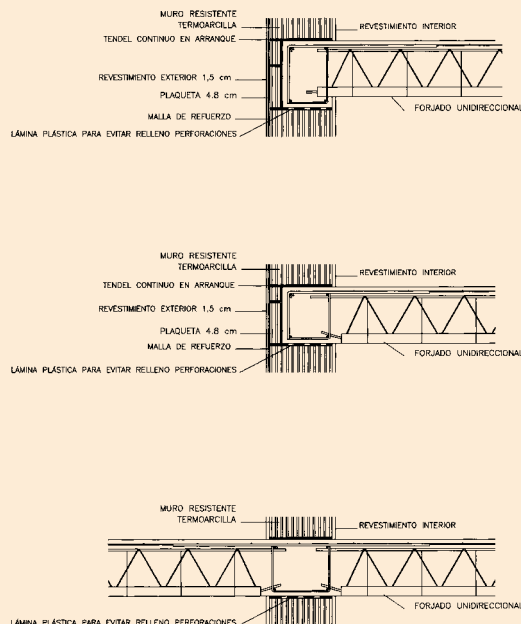
El canto del zuncho deberá ser siempre igual o mayor que el del forjado.

Si el canto del zuncho es igual al del forjado se aceptará el enlace por prolongación según EFHE.

En caso de ser mayor, se recomienda el

5.3.3.

Cantos del zuncho



siguiente valor:

$$c_z = c + 5$$

siendo: c_z canto del zuncho

c canto del forjado

El incremento del canto del zuncho respecto al del forjado, tiene como finalidad evitar el conflicto entre los armados del zuncho y las viguetas.

Si el muro es exterior, el ancho del zuncho seguirá los valores siguientes:

$$a_z \geq 2/3 t$$

$$a_z \geq 14 \text{ cm}$$

siendo: a_z ancho del zuncho

t espesor del muro inferior

Si el muro es interior, el ancho del zuncho será igual al espesor del muro inferior.

En cualquier caso, los anchos y cantos de los zunchos así como su disposición constructiva deberán ajustarse a la normativa vigente (ver la Instrucción EFHE y la NBE FL-90).

La armadura longitudinal del zuncho se compondrá de 4 barras de diámetro $\phi 12$ mm de acero B400, una en cada esquina. A su vez, la armadura transversal estará compuesta por cercos de diámetro $\phi 6$ mm a separación no mayor del canto útil de la cadena. La malla de reparto del forjado entrará en la cadena una longitud igual a la del anclaje.

Si la estructura va a estar sometida a acciones horizontales importantes (por ejemplo sísmicas), los zunchos deberán armarse con cuantías superiores, siendo aconsejable utilizar al menos 4 cm^2 de sección de acero empleando como mínimo, barras de diámetro $\phi 12$ mm, pudiéndose aumentar la sección en cada planta en 2 cm^2 , a partir de la cuarta. En cualquier caso, se calculará la cuantía de armado de los zunchos en edificios expuestos al viento y en zonas sísmicas, que no deberá ser nunca inferior al 0,6% del área del zuncho.

Estas cadenas, además de servir de enlace entre forjados y muros, están sometidas a flexión y corte por diferencias de asiento, y a tracción y compresión por acciones de viento o sísmicas, que se calcularán cuando sea preciso. También pueden servir como dinteles, calculándolas para ello.

Para conseguir la unión monolítica entre la losa del forjado y los zunchos que discurren paralelos a los nervios se dispone una armadura de acero perpendicular a la dirección de forjado, de sección no menor a $1 \text{ cm}^2/\text{m}$. Esta disposición evita la aparición de fisuras paralelas a los nervios más próximos al apoyo en ambas caras del forjado debido a la diferente rigidez que existe entre muro y forjado. Esta armadura debe penetrar en todo el ancho de la cadena. Es recomendable el empleo de un mallazo cuya armadura principal tenga la sección indicada, o reforzar la zona de unión entre el forjado y el muro transversal.

Para conseguir la unión monolítica entre los elementos de losa del forjado y los zunchos que discurren perpendiculares a los nervios se observarán las disposiciones de las Instrucciones EF y EHE vigentes (ver el Artículo 21º de la EFHE).

Aspectos constructivos que deben tenerse en cuenta.

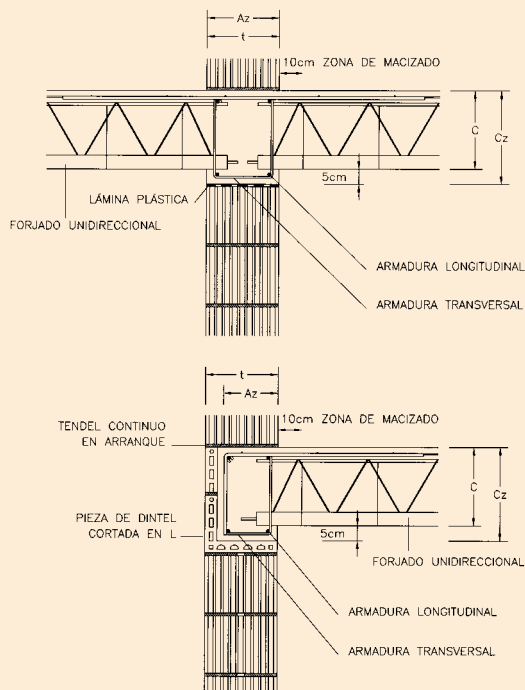
a. Ejecución del zuncho, en los muros de fachada.

La organización de los zunchos en muros de fachada puede hacerse de forma tradicional, emparcando el canto exterior del forjado con material.

Si el zuncho se ejecuta directamente sobre la parte superior del muro de TERMOARCILLA® debe impedirse la penetración del hormigón a través de los taladros verticales de la pieza. Esto supone una reducción del aislamiento térmico de dicha hilada y solidariza la pieza con el zuncho de forma que cualquier giro que se produzca en éste al ser cargado produce una rotación de la pieza que favorece

5.3.3.

Apoyos de forjados en los muros



Dib. 15

la aparición de fisuras horizontales en la cara exterior del muro. Se recomienda la colocación de una lámina de plástico entre la cara superior del muro y el zuncho.

El frente del forjado se podrá resolver con plaquetas TERMOARCILLA® (4,8 ó 9,6 cm de espesor), la pieza de dintel cortada en forma de L, y otras piezas cerámicas ajenas al sistema. En este último caso, deberá tenerse en cuenta el mayor riesgo de condensación en el puente térmico y deberán contemplarse los criterios y recomendaciones de la normativa vigente para evitar condensaciones superficiales en este punto.

Estas piezas se podrán colocar como fondo de encofrado perdido, o colocadas con mortero de alta adherencia mediante pegado continuo en capa gruesa. La ejecución se realizará de manera que se garantice la continuidad del material de fachada.

El empleo de piezas específicas de remate en forma de "L" tiene ciertas ventajas. La propia pieza de remate evita la incorporación de hormigón al interior del bloque y remata exteriormente el muro con un material de la misma naturaleza que el de fachada. Si bien es cierto, que el empleo de estas piezas podrá hacerse siempre que la resistencia a compresión de la base de la misma, sea del mismo orden de magnitud que la de los bloques TERMOARCILLA®.

Respecto a la entrega de las piezas prefabricadas del forjado en el muro, es recomendable conseguir una disposición que garantice una unión adecuada. Las disposiciones básicas de encuentro entre forjados y muros se encuentran recogidas en la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado vigente, EFHE.

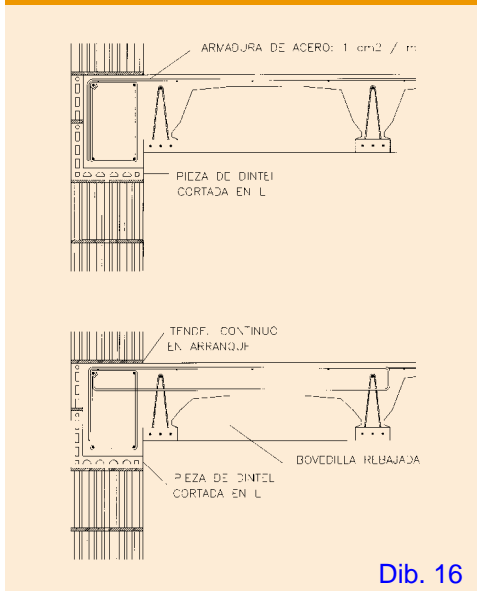
El encofrado que es necesario colocar para organizar la caja del zuncho sirve a su vez para conseguir una zona de macizado de 10 cm retirando la primera hilera de bovedillas de la cara interior del muro. También sirve para delimitar la zona de apoyo del zuncho en el muro, a criterio del proyectista.

Como norma general, el zuncho debe ocupar todo el ancho del muro, exceptuando la zona de retranqueo de la cara exterior del muro, que permite el paso del material de fachada por su canto. En muros gruesos, el zuncho puede centrarse en el muro retirándose también de la cara interior; esta disposición puede ser indicada cuando el proyectista quiera conseguir un centrado de la carga sobre el muro. En cualquier caso, debe garantizarse siempre que la zona de apoyo del zuncho en el muro sea suficiente, con el fin de evitar concentraciones excesivas de carga.

b. Ejecución de los forjados en las estructuras de muros.

Las causas de patología más habituales en los revestimientos de fachada al nivel de la unión muro-forjado tienen su fundamento en una incorrecta ejecución del forjado. Éstas suelen derivar de una

5.3.3. Encuentros con los forjados paralelos



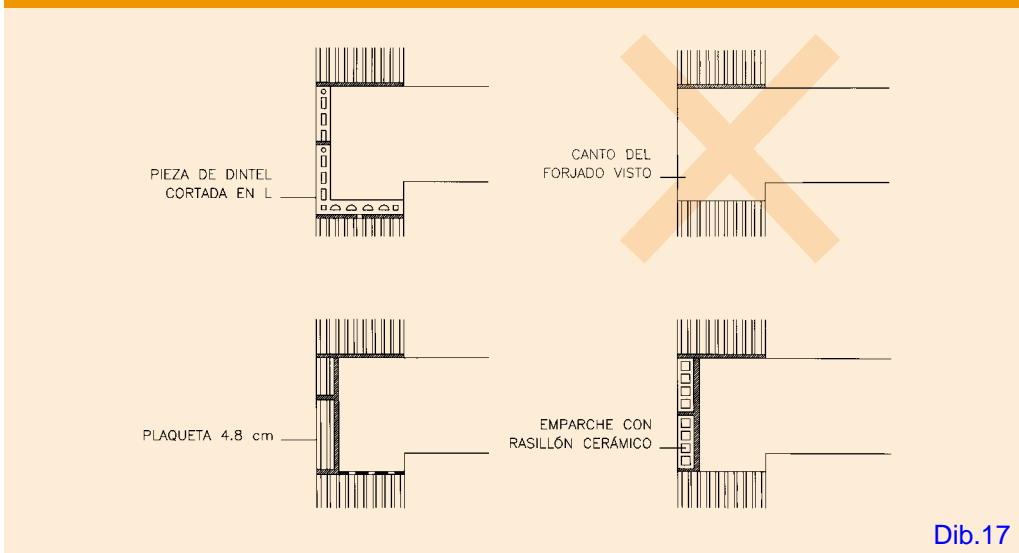
falta de rigidez en el forjado terminado y de una incorrecta puesta en obra.

Los hormigones que tienen una elevada relación agua/cemento, que emplean una dosificación elevada en cementos con tendencia a la retracción, que emplean gran cantidad de árido fino (sobre todo de árido de mina, que suele suponer un empleo mayor de agua para garantizar una adecuada plasticidad y por lo tanto de cemento para mantener una relación agua/cemento adecuada) o que no están suficientemente protegidos en la fase de maduración, tienden a presentar elevados valores de retracción. El valor que presenta la retracción del hormigón en estos casos puede llegar incluso a 1,6 ó 1,8 mm/m.

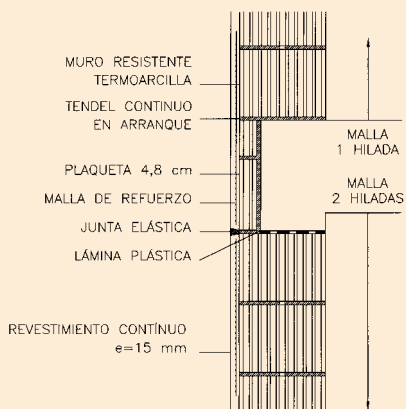
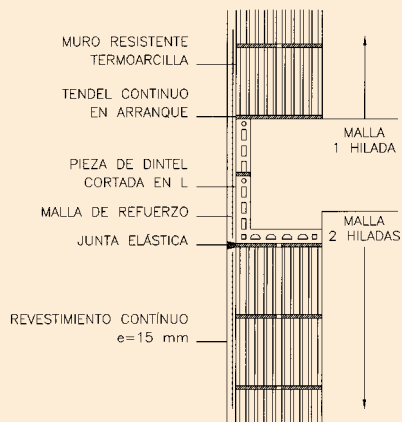
Si la retracción del hormigón del forjado es elevada puede evidenciarse fácilmente la formación de fisuras en la unión entre el zuncho y la fábrica, al tirar el forjado de la cabeza del muro. Si el hormigón ha penetrado en los taladros de las piezas inferiores al zuncho, la patología puede evidenciarse en cualquier hilada por debajo del apoyo donde la unión entre piezas sea deficiente.

5.3.3.

Ejecución del apoyo



5.3.3. Empleo de juntas y mallas en revestimiento de fachadas



Dib. 18

Análogamente, un forjado muy deformable o con un canto insuficiente en relación a su luz, genera una rotación en el zuncho provocando un levantamiento de éste en la cara exterior del forjado con la correspondiente fisuración bajo el zuncho. Además se produce un aumento de la excentricidad de carga en el apoyo no deseable.

La aparición de las patologías mencionadas no tiene que ver con el material del que está hecho el muro, y debe relacionarse en todo caso con una mala especificación de las características del hormigón que se utiliza en forjados, con una mala ejecución y curado de los elementos de hormigón armado, con una inadecuada rigidez del forjado y en la mayoría de los casos con tiempos de ejecución excesivamente cortos.

c. Empleo de juntas y elementos de refuerzo en el revestimiento de fachada en las uniones muro-forjado. Para la prevención de fisuras en los revestimientos de fachada debidas a las causas descritas anteriormente, pueden utilizarse juntas elásticas o mallas de refuerzo en el propio revestimiento. Se recomienda el empleo de junta elástica siempre que sea posible.

Las juntas deben realizarse mediante un cordón de material elástico, que se colocará en el revestimiento a la altura de la cara de asiento del zuncho sobre el muro inferior. A ambos lados de dicha junta horizontal se recomienda disponer una malla de refuerzo en el revestimiento, que cubra al menos una hilada del muro superior y dos del inferior.

Las mallas de refuerzo pueden ser metálicas, de fibra de vidrio resistente a los álcalis o de otro material que cumpla la misma función. Su resistencia debe ser superior a 0.25 kN/cm (25 kp/cm). Se

recomienda el empleo de la malla en todos los puntos de la fachada en los que una concentración local de tensiones pueda fisurar el revestimiento.

5.3.4 Muros de última planta y petos de cubierta.

El encuentro entre el forjado de última planta y el muro puede plantear problemas específicos, al ser un elemento más expuesto a movimientos debidos a cambios de temperatura, y al estar coronado el muro por un peto, que la mayoría de las veces suele tener poca entidad y se ve expuesto a acciones

cias menores que las correspondientes del edificio. Es recomendable colocar juntas a distancias menores a 7,5 m (esta distancia puede aumentarse si el peto se arma en los tendeles). Los tramos de peto a ambos lados de la junta podrán unirse mediante llaves que permitan la libre dilatación en el plano del muro.

Cuando el forjado de cubierta es inclinado se pueden producir esfuerzos horizontales importantes que el muro de fábrica no puede absorber. En este caso es imprescindible incorporar elementos estructurales capaces de soportar dichos esfuerzos.

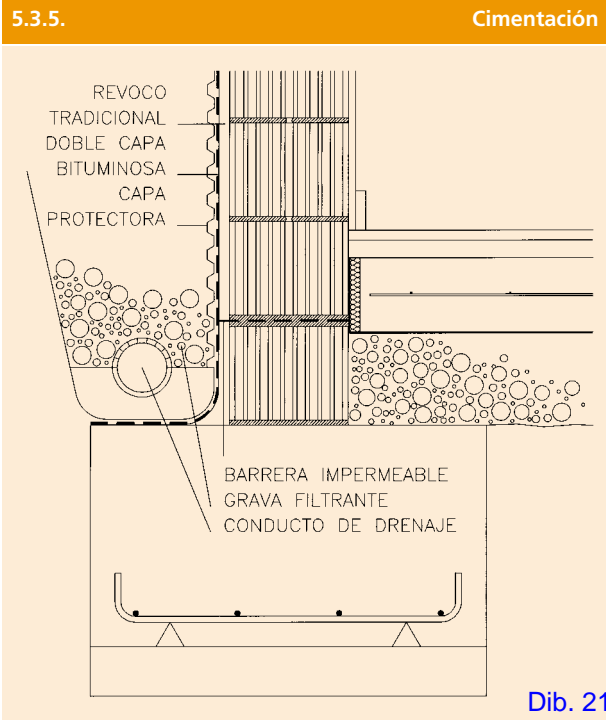
5.3.5 Muros de sótano y contención.

Es necesario tener el máximo conocimiento posible de la naturaleza del terreno sobre el que se asienta la cimentación, y donde se localizarán las partes enterradas de la edificación. También debe conocerse el nivel de la capa freática, así como sus posibles variaciones, ya que éstas podrían afectar a las características iniciales del terreno o a los medios que se dispongan para garantizar la estanqueidad del edificio.

Las variaciones de volumen en el terreno no sólo afectan a la base de cimentación, sino que ejercen empujes sobre las paredes verticales de los sótanos. De ahí la importancia que tiene sobre la estabilidad del muro la valoración de estas fuerzas. Para ello se aconseja la previsión de superficies comprensibles elásticas alrededor de los paramentos verticales que permitan un cierto deslizamiento del suelo con respecto a los mismos.

En cualquier caso, se pueden reducir los efectos de variaciones de humedad y temperatura previendo un relleno de grava filtrante alrededor del plano lateral al muro, y situando un conducto de drenaje o avenamiento en su parte inferior. Conviene evitar los materiales de relleno que puedan representar un riesgo de ataques químicos contra la obra de fábrica o que puedan expandirse (escorias de altos hornos, materiales granulares de origen esquistoso, etc...).

Sobre la cara exterior del paramento, y con objeto de asegurar su estanqueidad, se aplicará un revoco tradicional a base de conglomerantes hidráulicos, completado por dos capas bituminosas de impregnación en frío, protegiendo tal solución de los posi-



bles impactos en la fase de relleno de la excavación utilizando para ello un protector. En la base de asiento del muro de sótano sobre la cimentación, tanto si éste se realiza con una hoja o doblado, se interpondrá la correspondiente barrera antihumedad de ascensión por capilaridad; ésta tendrá suficiente resistencia superficial de rozamiento para evitar el movimiento de la fábrica que descansa sobre ella.

La banda impermeabilizante en la hoja exterior se elevará como mínimo 30 cm por encima del nivel de suelo circundante. Es necesario asegurar su continuidad a lo largo del muro, especialmente allí donde se sitúan puntos críticos, (encuentros con muros en esquina, cambios de niveles, distintos planos de profundidad , etc.)

El cálculo de acciones sobre el muro se determinará mediante la norma vigente relativa a acciones en la edificación (en la actualidad la NBE AE-88). La resistencia y estabilidad del muro se comprobarán siempre aplicando las normas de cálculo vigentes para muros de fábrica.

Si los muros de sótano cumplen las condiciones recogidas en el Anexo C de esta publicación, no será necesario realizar una comprobación o cálculo detallado. Estas condiciones se han extractado del EUROCÓDIGO 6 Parte 1 "Proyecto de estructuras de fábrica" UNE-ENV 1996-1-1, AENOR, Mayo de 1997. En cualquier caso, la resistencia a flexión del muro ante los empujes del terreno puede incrementarse mediante el uso de armaduras de tendel complementadas con pilarillos verticales embebidos en el propio muro (las disposiciones relativas al armado de la fábrica están recogidos en el apartado 5.5.2).

5.4 Disposiciones específicas de los muros de cerramiento en estructuras porticadas.

5.4.1 Unión entre muros de cerramiento y elementos arriostrantes verticales.

Los cerramientos se ejecutarán preferiblemente desde la planta superior hacia la inferior, o en su defecto, realizando plantas alternas en altura.

La superficie de contacto entre la cara interior de la pieza y el elemento estructural vertical quedará separada mediante una lámina de espuma de polietileno de 5 mm de espesor mínimo, que permita la libre deformación entre los distintos materiales.

Cuando se quiera reforzar localmente el aislamiento térmico del muro en la zona en la que se reduce su espesor puede colocarse una lámina de material aislante de 2 cm de grosor.

Las piezas que se utilicen para forrar los pilares en el extradós de la fachada tendrán un espesor mínimo de 9,6 cm.

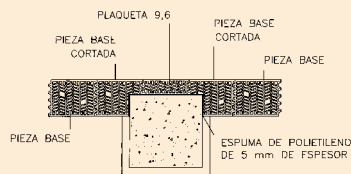
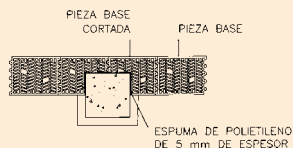
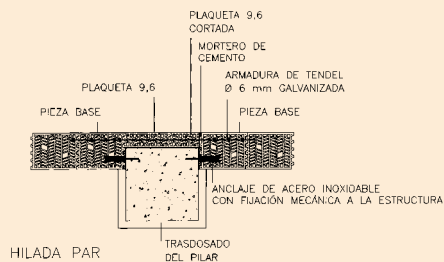
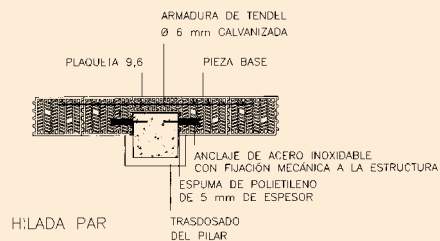
Dado que los muros de cerramiento están sometidos a acciones perpendiculares a su plano (viento o sísmicas) deberá comprobarse siempre su estabilidad y resistencia a dichas acciones. Debido a que las condiciones de borde de la pieza repercuten considerablemente en la estabilidad y resistencia del muro, se recomienda el empleo de anclajes laterales a los soportes. El número de anclajes mínimo será de 3 en cada borde vertical, evitando su colocación en el arranque y la coronación del muro.

Al mismo tiempo, con objeto de evitar fisuraciones visibles en fachada junto a los pilares, aumentar la ductilidad de la fábrica localmente y mejorar por lo tanto la resistencia en un punto donde pueden darse concentraciones de esfuerzos horizontales (de tipo mecánico, térmico, por retracciones o expansiones, etc), se incorporará en el ancho de la banda exterior de mortero de la junta horizontal una armadura (un redondo de diámetro 6 mm y longitud 120 cm) con relación al eje vertical del soporte. Esta armadura se colocará cada tres tendeles.

En cualquier caso, los materiales empleados cumplirán las especificaciones de protección frente a la corrosión marcadas en el Eurocódigo 6, parte 2, anexo C.

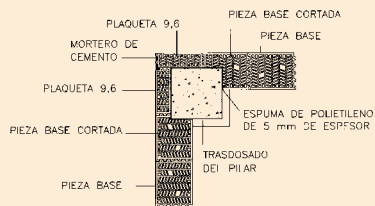
5.4.1.

Unión entre muros de cerramiento y pilares

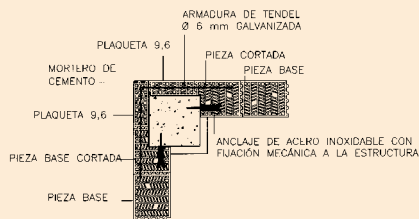


NOTA: - SE COLOCARÁ UNA BARRA DE ACERO (galvanizado o inoxidable) CADA 3 HILADAS.
- NÚMERO DE ANCLAJES 1 CADA TRES HILADAS.

NOTA: - SE COLOCARÁ UNA BARRA DE ACERO (galvanizado o inoxidable) CADA 3 HILADAS.
- NÚMERO DE ANCLAJES 1 CADA TRES HILADAS.



HILADA PAR



HILADA IMPAR

NOTA: - SE COLOCARÁ UNA BARRA DE ACERO (galvanizado o inoxidable) CADA 3 HILADAS.
- NÚMERO DE ANCLAJES 1 CADA TRES HILADAS.

Dib. 22

La unión entre muros de cerramiento y muros arriostrantes en el sentido transversal se realizará de acuerdo a las disposiciones recogidas en el punto 5.2.4. relativo a las condiciones de aparejo.

5.4.2 Apoyo de los muros de cerramiento en los forjados.

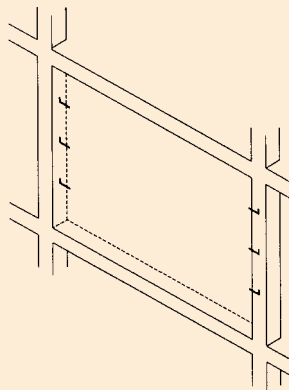
Los muros de cerramiento ocasionan a menudo deformaciones excesivas debidas a su sobrecarga cuando la rigidez de la estructura sustentante es insuficiente, dado que el entrepaño de cerramiento es muy rígido e incapaz de adaptarse a las deformaciones que toman los elementos de la estructura soporte. En estos casos es preciso limitar los valores de flecha disponiendo de vigas y forjados que tengan la rigidez suficiente.

Debe recordarse que los muros hechos con bloque TERMOARCILLA® en los que se emplean piezas gruesas (de ancho 29 cm) pueden tener pesos mayores que los muros tradicionales de hojas delgadas. Este aumento de masa (que resulta beneficioso desde el punto de vista higrotérmico y acústico) debe ser tenido en cuenta por el proyectista en el cálculo de la estructura.

El muro debe apoyar sobre el canto del forjado al menos en $2/3$ de su espesor. Como disposición más recomendable, el canto del forjado debe volar aproximadamente 5 cm con respecto al pilar. En este caso, el frente del forjado se resolverá con plaquetas TERMOARCILLA® de 4,8 cm colocadas con un mortero de alta adherencia. De esta manera las piezas de emparche de forjado y pilar quedan en el mismo plano. Si no se dispusiera este pequeño vuelo del forjado debe colocarse un angular metálico que asegure el apoyo necesario del muro ($2/3$ de su espesor). En este caso, el frente del forjado se resolverá con plaquetas TERMOARCILLA® de 9,6 cm simplemente apoyadas, sin necesidad de recurrir a un mortero de alta adherencia para su unión al canto del forjado. En este caso deben preverse los posibles movimientos longitudinales de tipo térmico del propio perfil, recomendándose que los tramos no superen los 2 ó 3 cm de longitud.

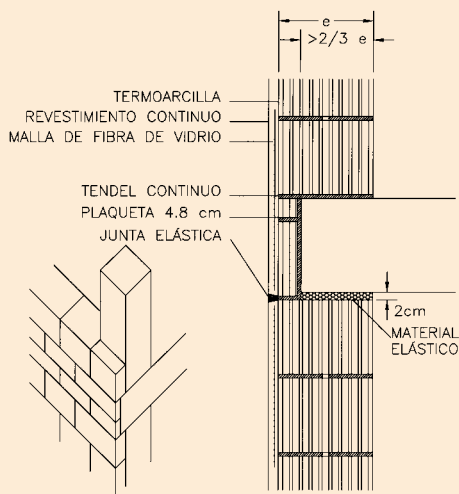
Se recomienda, cada dos plantas, la colocación de juntas elásticas horizontales en el revestimiento a la altura de la cara inferior de los forjados, salvo en el caso de la varian-

5.4.1. Unión entre muros de cerramiento y pilares



Dib. 23

5.4.2. Apoyos de muros en estructura porticada



EL BORDE DE FORJADO
SOBRESALE 5cm CON
RESPECTO A LOS PILARES

Dib. 24

te con plaqueta de 9,6 cm y perfil metálico de apoyo, en el que se situará a la altura de la cara superior del forjado. A ambos lados de dicha junta horizontal se recomienda disponer una malla de refuerzo en el revestimiento, que cubra al menos una hilada del muro superior y dos del inferior.

Las mallas de refuerzo pueden ser metálicas, de fibra de vidrio resistente a los álcalis o de otro material que cumpla la misma función. Su resistencia debe ser superior a 0.25 kN/cm (25 kp/cm). Se recomienda el empleo de la malla en todos los puntos de la fachada en los que una concentración local de tensiones pueda fisurar el revestimiento.

Entre la hilada superior del cerramiento y el forjado se dejará una holgura de 2 cm, que se rellenará con un material elástico con una adecuada resistencia al fuego.

5.5 Disposiciones generales relativas a los muros.

5.5.1 Espesores de los muros.

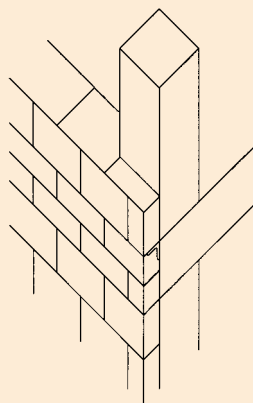
El espesor de los muros deberá comprobarse siempre utilizando la normativa vigente de cálculo relativa a estructuras de fábrica, condiciones térmicas, condiciones acústicas, etc.

En muchos casos, los parámetros que van a determinar un espesor mínimo de muro van a ser los térmicos y acústicos, y no los mecánicos, sobre todo en edificios de poca altura. Debe tenerse en cuenta que un mayor espesor de muro mejora considerablemente el confort del espacio habitado en invierno, y sobre todo en verano.

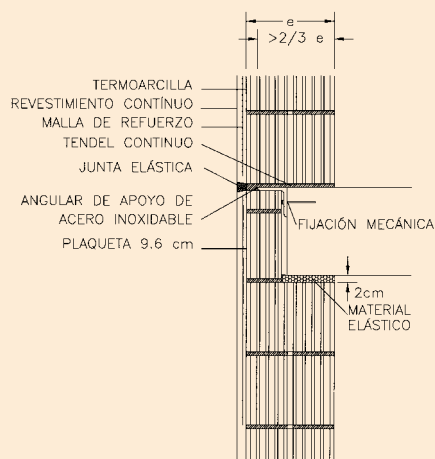
Desde un punto de vista mecánico, y teniendo en cuenta los aspectos señalados en los puntos anteriores, debe evitarse que aparezcan en la fábrica excentricidades excesivas de carga, tanto en el plano del muro como perpendicularmente a él. En este sentido, deberá adecuarse el espesor de los muros

5.4.2.

Apoyos de muros en estructura porticada



BORDE DE FORJADO
ENRASADO CON LOS PILARES



Dib. 25

a las luces de los forjados y, como se ha insistido en capítulos anteriores, deberán emplearse forjados suficientemente rígidos.

El espesor del muro siempre debe comprobarse mediante métodos de cálculo.

5.5.2 Armado de la fábrica en los tendeles.

El armado de la fábrica puede evitar la fisuración cuando aparecen tensiones locales de tracción debidas a flexión en el plano del muro o perpendicularmente a su plano.

El muro se encuentra sometido a flexión en el plano del muro cuando un cerramiento se queda sin apoyo por una excesiva deformación en el forjado, cuando se producen asientos diferenciales en la cimentación sobre suelos que no han alcanzado su asiento definitivo o cuando la fábrica tiene que absorber tensiones de tracción y corte causadas por el apoyo de una carga puntual.

La flexión perpendicular al plano del muro puede ser causada por la acción del viento, por acciones sísmicas, por empujes activos del terreno o por excentricidades de carga en los apoyos de los forjados. El armado en los tendeles puede reducir la concentración de tensiones alrededor de los huecos de la fábrica.

Recomendaciones para el armado de los muros.

a. Armaduras.

Al ser el tendel delgado es preciso utilizar alambres o mallas que permitan el suficiente recubrimiento de mortero. Las armaduras deben ser de acero inoxidable o estar protegidas suficientemente contra la corrosión. Cumplirán las especificaciones de protección marcadas en el Eurocódigo 6, parte 2, anexo C.

La zona de colocación de las armaduras en el interior del muro tendrá un ancho que será inferior en 3 ó 4 cm al del propio muro.

Cuando las armaduras estén incluidas en el mortero de los tendeles, se recomienda que las barras principales estén separadas al menos 15 mm de la cara exterior de la junta, y 2 mm de las caras de asiento de los bloques que conforman la junta.

Cuando las armaduras se empleen en elementos rellenos de hormigón, se recomienda que el recubrimiento mínimo sea de 20 mm, y en cualquier caso no menor que el diámetro de la armadura.

Los extremos cortados de toda barra, excepto de acero inoxidable, tendrán un recubrimiento mínimo de 20 mm, a menos que se empleen otros medios de protección. Estos recubrimientos deben aumentar a medida que la situación del muro es más expuesta ya que el acero cuenta con menos protección. La longitud de solape entre armaduras será de 15 a 25 cm.

b. Juntas de mortero.

En función del grueso de la armadura empleada se dimensionará la junta de mortero.

El mortero empleado en la fábrica armada será al menos del tipo M10b, ya que se requiere una resistencia mínima para conseguir la adherencia entre el mortero y la armadura, y así poder transmitir los esfuerzos adecuadamente.

c. Cuantía y colocación.

El área de la armadura será al menos la mínima requerida para cumplir los correspondientes criterios de cálculo, el diámetro de los redondos y la separación entre los tendeles armados o entre los redondos dependerán de las solicitaciones a las que la fábrica se encuentre sometida.

Todas las fábricas armadas deben calcularse siguiendo las normativas vigentes.

Cuando se empleen armaduras de tendel en la fábrica para controlar su fisuración o para dotarla de ductilidad, el área de la armadura no será menor que el 0.03% y la separación vertical no será generalmente mayor que 60 cm.

5.5.3 Protección de las fábricas en petos de cubierta y huecos de ventana frente a la acción de la humedad.

Peto de cubierta.

a. Remate superior.

Deben disponerse elementos de protección necesarios para evitar el aporte excesivo de agua sobre la fachada. Estos elementos generalmente serán albardillas que volarán 4 cm aproximadamente a ambos lados del muro, debiendo ir provistas de goterones, tanto hacia fachada como al interior. Su diseño permitirá una rápida evacuación del agua evitando zonas de embalse, siendo recomendable incluir algún sistema de drenaje para la junta que se produce entre las piezas.

Las albardillas pueden ser de diferentes materiales, debiendo prestar especial atención cuando sean metálicas y de gran longitud, evitando la incompatibilidad de deformaciones con el muro debidas a variaciones de temperatura.

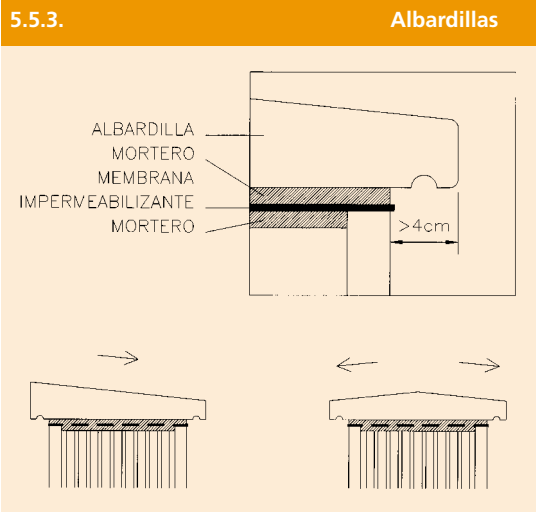
Se recibirán con mortero hidrófugo y estarán perfectamente alineadas unas con otras, respetando siempre las juntas de movimiento previstas en la fachada.

Al ser elementos de protección discontinuos, el agua puede filtrarse a través de las uniones. Por este motivo deben sellarse las juntas o disponer una lámina impermeable con un acabado rugoso o granular, recibida con mortero, y situada entre la albardilla y la fábrica de bloque TERMOARCILLA®, sin que la estabilidad de la albardilla se vea perjudicada. El material impermeable debe sobresalir a ambos lados del muro, garantizando de esta manera que no se producirán filtraciones de agua a través del mortero.

b. Apoyo inferior.

A continuación se citan una serie de recomendaciones generales, válidas para cubiertas planas e inclinadas.

A pesar de impedir el paso de agua a través de la albardilla, los petos se mojan más que el resto de los muros porque están expuestos a la lluvia por ambas caras. El alto grado de exposición puede hacer que el aspecto del peto desde el exterior sea diferente al resto del muro. Es recomendable siempre impermeabilizar el peto hacia el lado de la cubierta. Dicho encuentro debe estar protegido con varias membranas impermeables, ya que los aportes de agua son continuos. La impermeabilización ha de tener una entrega en la fábrica que sea suficiente para proteger el encuentro en caso de embalsamiento. Dicha



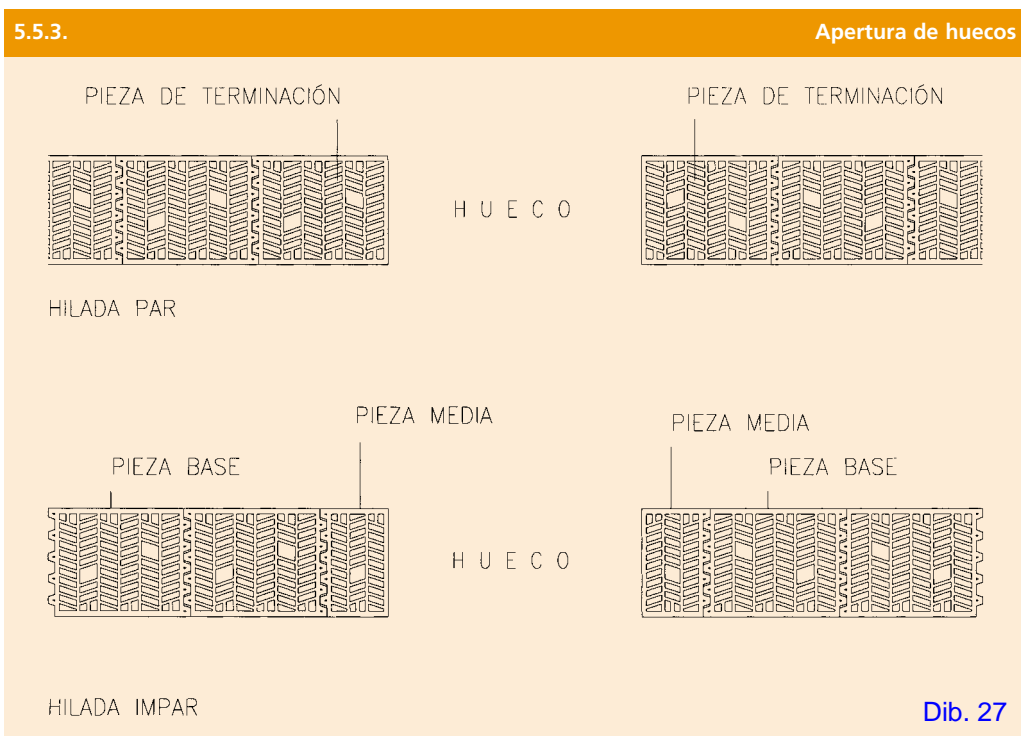
entrega será como mínimo de 15 cm de alto sobre la última capa de la cubierta. El extremo superior de la lámina impermeabilizante ha de introducirse unos centímetros en el tendel de la fábrica, quedando recibida con mortero fresco. La lámina impermeable debe protegerse en su parte superior con algún remate metálico. Dicho remate también se introducirá en el tendel de la fábrica si es posible, recibiendo con un material sellante elástico.

Es recomendable que la escuadra formada por la fábrica y la cubierta se remate a 45° o con una amplia media caña, para que no sufra el material impermeable en el ángulo al pasar del plano vertical al horizontal.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta al desarrollar el detalle constructivo es la dilatación de los materiales que forman la pendiente de la cubierta. Para evitar que la fábrica sufra directamente los empujes de dichos materiales es imprescindible colocar un elemento elástico que la proteja, o materializar una junta de dilatación sellada adecuadamente.

Huecos de ventana.

Por su carácter de vacío e interrupción de la fábrica, el hueco es uno de los puntos más débiles del cerramiento, ya que en él se produce una disminución del aislamiento térmico y acústico, y su estanqueidad debe quedar resuelta tanto en la propia carpintería como en la unión de ésta con la fábrica. El hueco tiene la particularidad de que en él se producen encuentros de materiales constructivos diferentes, generalmente poco compatibles en cuanto a sus movimientos y uniones entre sí. La situación



de los huecos debe estar bien estudiada y siempre de acuerdo con la modulación de los bloques TERMOARCILLA®.

El hueco está compuesto por la carpintería, el dintel y su correspondiente capitalizado, las jambas o telares y el alféizar.

a. Carpintería.

La carpintería es uno de los elementos más delicados del cerramiento, puesto que es la que cierra el hueco, pudiendo causar problemas de filtración agua-viento, en sí misma y en su unión con la fábrica. Los materiales que pueden constituir la carpintería son madera, aluminio, plástico y acero, o bien combinaciones de algunos de ellos.

La carpintería cumplió las funciones de estabilidad y estanqueidad, para lo cual debe tener un cierre con dos puntos de contacto entre bastidor y cerco, cámara de descompresión, recogida y expulsión de filtraciones, vierteaguas en la junta horizontal inferior, sellado de ingletes y una correcta unión con la fábrica.

A continuación se recogen una serie de disposiciones relativas a la correcta solución del encuentro entre la carpintería y la fábrica. Aunque las soluciones constructivas que se indican no son las únicas posibles, sí resuelven los problemas que se presentan más habitualmente. Previamente se definen una serie de elementos fundamentales que intervienen en la unión:

- Precerco.

Es el conjunto de perfiles fijos de madera o metálicos, que se interponen entre la ventana y el hueco para mejorar y facilitar su anclaje. Su misión es la de soportar el cerco de la ventana y facilitar el replanteo del hueco. Su sección permitirá el buen acoplamiento a la fábrica y tendrá la superficie adecuada para recibir el cerco.

Para fijarse al hueco, el precerco tiene unas patillas de anclaje en una situación y número que dependen del tamaño y tipo de ventana. También tiene unas escuadras para impedir su deformación antes y durante su puesta en obra.

- Cerco.

Es el conjunto de perfiles fijos de una ventana que quedan en contacto con el precerco o directamente con la fábrica. Su función es la de mantener la fijación de la ventana y recibir los elementos de sustentación de las hojas.

- Ventana.

Es el conjunto formado por el cerco, hojas, montantes, batientes, etc. que están directamente relacionadas con el tipo de ventana: abatible, giratoria, deslizante, etc.

b. Colocación de la ventana.

La colocación de la ventana debe cumplir las exigencias de la UNE 85219-86: "Ventanas. Colocación en obra", que contempla entre otros aspectos la resistencia mecánica, compatibilidad de materiales, estanqueidad al aire y agua, comportamiento térmico y acústico y antivibraciones.

La tendencia habitual es que la ventana salga de taller totalmente montada, con sus tratamientos de acabado incorporados, de tal forma que la colocación en obra sólo suponga su fijación a la fábrica.

Los fabricantes de ventanas deben aportar las dimensiones con las tolerancias máximas admisibles y las condiciones de compatibilidad con los sistemas de juntas. Para poder absorber fácilmente estas tolerancias es recomendable la instalación de la ventana con precerco.

La ventana se puede colocar a haces interiores, exteriores o en el medio del muro, no siendo habitual su colocación a haces exteriores porque hay más posibilidades de infiltraciones entre fachada y cerco.

Por lo tanto se recomienda la colocación de la ventana en el medio, o a haces interiores siguiendo los siguientes pasos:

- En el proyecto debe tenerse en cuenta que la ventana debe ajustarse a la modulación propia de los bloques TERMOARCILLA® y a las soluciones que aportan sus piezas complementarias, tanto en horizontal como en vertical.

- El precerco debe recibirse en la fábrica y debe ajustarse perfectamente a los telares del hueco, al alféizar y a la cara inferior del dintel.

- Debe interponerse una barrera impermeable entre la cara superior del peto del hueco y el vierteaguas, que se ajuste al precerco de la carpintería. Dicha barrera impermeable debe cubrir el ángulo de encuentro entre los telares y la cara superior del peto del hueco.

- A continuación se coloca el cerco sobre el precerco.
- El precerco quedará oculto al exterior, apareciendo sólo la junta entre cerco y fábrica. Esta junta debe sellarse siempre y en todo su perímetro con masilla de poliuretano tal y como se recoge a continuación.

c. Sellado de la junta.

El material de sellado de la junta mantendrá la estanqueidad ante los movimientos producidos por las dilataciones térmicas entre el día y la noche, y las sollicitaciones mecánicas debidas al viento, vibraciones, movimiento, uso, etc.

También debe ser duradera, resistiendo el envejecimiento ante la intemperie y con una adherencia suficiente sobre los elementos constructivos que le sirven de soporte para realizar una junta estanca. El suministrador de la ventana indicará la dilatación de la misma para poder dimensionar la junta, conociendo previamente los datos de los materiales con los que está en contacto. Para que el cordón de sellado sea efectivo y penetre bien en la junta tendrá un grueso de 6 a 8 mm como mínimo.

Con la aplicación de la masilla se logra una barrera que impide el paso del agua, aire, polvo, etc., garantizando la unión elástica en diferentes condiciones de temperatura. Las superficies sobre las que se aplica deben estar limpias y libres de cualquier material que obstaculice la adherencia.

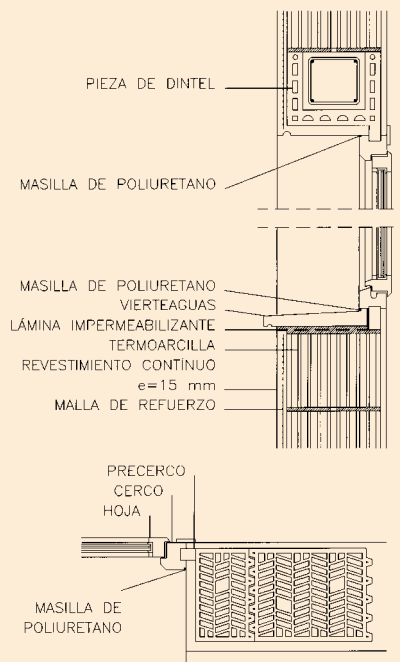
Cuando se utilice otro tipo de masilla, se prestará especial atención a su elasticidad a lo largo del tiempo, puesto que tienden a endurecerse.

Los cordones de sellado se revisarán cada cierto tiempo para comprobar que continúan siendo efectivos, y en caso de no serlo, sustituirlos.

d. Organización del alféizar.

La conexión de la carpintería con el alféizar es propensa a acumular defectos funcionales ya que el diferente coeficiente de dilatación de los materiales que la componen y su situación expuesta contri-

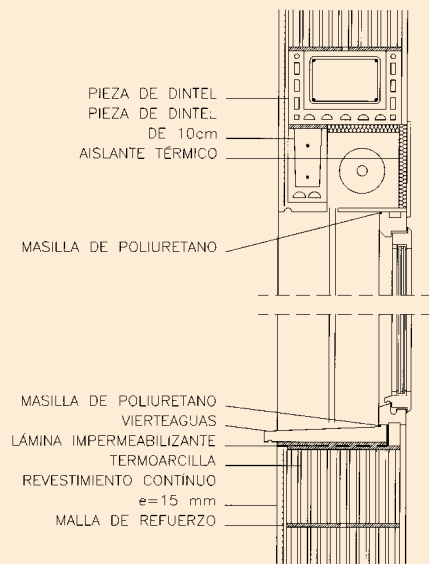
5.5.3. Sección y planta de un hueco de ventana



Dib. 28

5.5.3.

Sección de un hueco de ventana con persiana



Dib. 29

buyen a la aparición de posibles fisuras con las consiguientes filtraciones de agua. El alféizar puede rematarse con vierteaguas de distintos materiales: piedra, hormigón, cerámica, metal, etc., y cumple su función cuando el agua es evacuada rápidamente.

La forma en la que el alféizar remata con el cerco y los telares del hueco debe ser correcta, siendo necesarias medidas adicionales además del sellado, para garantizar la estanqueidad en dichos puntos. Algunas de estas medidas son las siguientes:

- El alféizar debe contar con rebordes laterales suficientemente altos y con huidas de los bordes, siempre que sea posible.

- En su encuentro con el cerco se solapará la unión y contará con un vierteaguas que aleje el agua de dicho punto.

- Tendrá una pendiente superior a 10° y en los laterales penetrará en los telares, no siendo recomendables las juntas a tope en dichos puntos.

- Se colocará una membrana impermeable debajo, a los lados y detrás, fijándola al cerco o la fábrica.

Se deben emplear goterones dispuestos en la cara inferior de todos los salientes, dinteles y alféizares principalmente, ya que el agua se adhiere por tensión superficial y no se desprende hasta descargar por gravedad. Gracias a los goterones se evita que el agua discorra sobre la fachada o el hueco y se produzcan escorrentías.

e. Organización de dinteles y capialzados.

El dintel es un elemento o conjunto de elementos constructivos que definen el cierre superior de un hueco con intradós recto.

Las solicitaciones a las que se puede encontrar sometido varían dependiendo de si el muro que soporta es portante o de cerramiento. El dimensionamiento del cargadero debe hacerse de acuerdo a las normativas de cálculo de muros de fábrica vigentes. El apoyo del mismo en los extremos del hueco debe ser suficiente para asegurar un buen reparto de cargas.

Se recomienda emplear piezas de dintel para organizar el cargadero de los huecos. Las condiciones que han de cumplir los cargaderos con los muros se encuentran recogidos en el apartado 6.1.6.

La caja de la persiana representa un punto crítico con respecto al aislamiento térmico, como consecuencia de la disminución del espesor del muro, de las filtraciones de aire a través de la apertura de paso de la persiana y de las aberturas de manejo. Por lo tanto se recomiendan los siguientes aspectos:

- El hueco para la caja de la persiana puede materializarse empleando un pre-cargadero con piezas de dintel de 10 cm, permitiendo un adelgazamiento del muro suficiente.

- Las juntas de la caja y su unión con la obra deben ser estancas; las cajas deben ser resistentes a la humedad y tener el aislamiento térmico y acústico necesario.

- Debe aislarse adecuadamente la caja de la persiana.

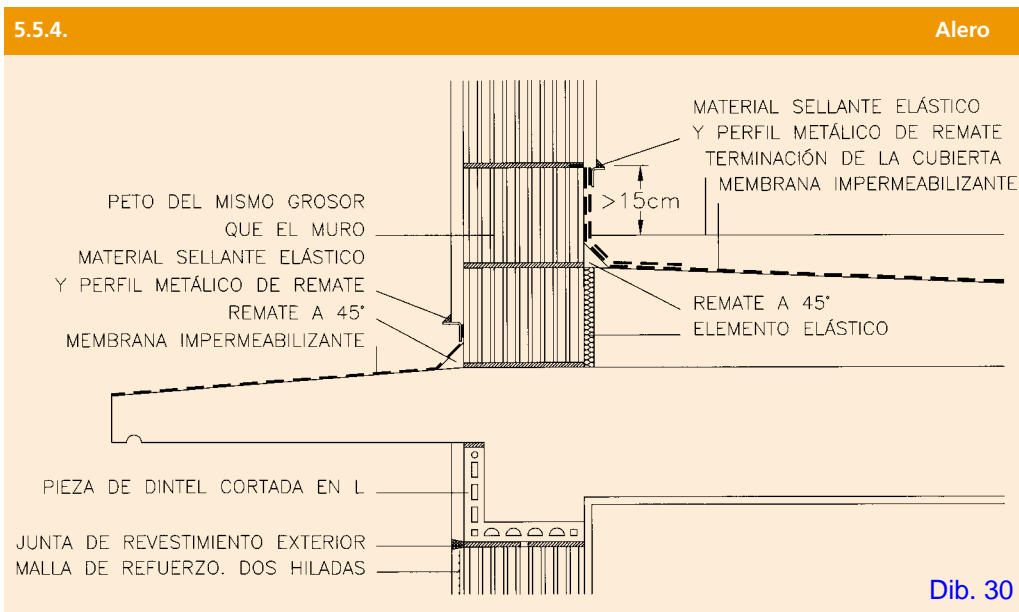
5.5.4 Organización de elementos volados y balcones.

Los aleros y cornisas son elementos que definen volumétricamente el edificio y cuya función primordial es la de evitar que las aguas incidan o resbalen sobre la fachada. Dado su alto grado de exposición, el alero se encuentra sometido a diversos procesos patológicos que pueden llegar a impedir el cumplimiento de su misión por la aparición de fisuras, filtraciones de agua, etc. Por ello es necesario prestar atención a su diseño y ejecución, debiéndose tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El alero debe tener el vuelo y la inclinación necesarias, evitándose de esta manera que el agua de lluvia afecte al plano de fachada.
- Para evitar que el agua discurra por su cara inferior, el alero debe estar provisto en su extremo de un goterón.
- En el caso de aleros formados por la prolongación al exterior de un forjado horizontal, se tendrá en cuenta que se debe proteger su cara superior con algún material impermeable, resolviendo el encuentro con el paramento vertical.

Los balcones son elementos volados que pueden estar cargados y que habitualmente se encuentran cerrados en su perímetro por petos o rejas metálicas. Además de tener en cuenta las anteriores recomendaciones, deben añadirse las siguientes:

- Los petos deben cumplir las disposiciones recogidas en el punto 5.3.3.a para petos de cubierta.
- La incorporación de elementos metálicos unidos a los petos puede provocar la rotura de éstos si los movimientos diferenciales entre ambos por oscilaciones de tipo térmico son importantes. En este sentido se recomienda permitir el libre movimiento de los elementos metálicos.



- El encuentro entre el material de solado del balcón y el peto debe realizarse de manera adecuada. Si las dimensiones del balcón o la terraza son importantes deberá preverse el empleo de juntas de movimiento para evitar empujes horizontales en los petos.
- El encuentro entre el forjado de hormigón armado del balcón y el peto debe tratarse como cualquier otro encuentro entre dos materiales diferentes en fachada, sobre todo si se emplean recubrimientos continuos. En este sentido se recomienda la disposición de juntas elásticas o mallas de refuerzo.
- La rigidez del forjado sobre el que se construye el balcón debe ser adecuada; una falta de rigidez puede traer consigo la aparición de fisuras en los petos, que se hacen más patentes cuanto mayor es la carga que se dispone sobre el balcón.

5.5.5 Juntas de movimiento.

Longitud entre juntas.

Es imprescindible utilizar juntas de movimiento en la fábrica para evitar la aparición de grietas y fisuras causadas por la dilatación y contracción de los materiales.

En muros de cerramiento construidos con bloques TERMOARCILLA®, la distancia máxima aconsejable entre juntas de movimiento es de 15 metros. Se recomienda que la distancia entre una junta de movimiento y una esquina o quiebro en el muro sea menor. Asimismo la distancia entre juntas de movimiento en petos de cubierta será de unos 7,5 m.

Estas distancias podrán aumentarse en el caso de emplear armaduras en el tendel.

Ejecución de las juntas.

Las juntas de movimiento tendrán un ancho que dependerá de las características de los materiales y de la longitud del muro, y estará comprendido habitualmente entre 10 y 20 mm. Éstas deberán ser rellenadas y selladas con un material suficientemente elástico para evitar la penetración de agua de lluvia. Antes de introducir el material elástico en la junta y proceder al sellado de la misma, se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- La cavidad de la junta debe estar limpia y libre de mortero.
- El espesor de la junta debe ser constante.
- Antes de proceder al sellado de la junta, la fábrica estará seca.
- El material sellante se aplicará en continuidad con los bordes del revestimiento.

Ante la complicación que supone ejecutar la fábrica con las reservas correspondientes para las juntas de dilatación e introducir posteriormente el material elástico, es recomendable proceder de la siguiente manera:

- Colocar el material elástico en posición vertical y situado exactamente en el punto donde se realizará la junta.
- El material de base elástico, tendrá un espesor igual al de la junta prevista y estará retranqueado unos centímetros de la cara externa del muro para permitir el sellado posterior de la junta.
- Comenzar a ejecutar la fábrica a ambos lados del material elástico de modo que éste quede perfectamente introducido en la junta. Las piezas de bloque TERMOARCILLA® que limitan la junta por ambos lados carecerán de machihembrados, por lo cual se emplearán piezas de terminación. El replanteo de la fábrica deberá tener en cuenta la posición de las juntas, debiendo comenzar la colocación de las piezas a partir de éstas.
- Para impedir que el muro pierda estabilidad en la junta, se colocarán llaves que traban ambos paramentos de manera que sólo se permita el movimiento horizontal del muro en su mismo plano. El tipo de llave a emplear será de acero inoxidable o metálica galvanizada, y con una funda de plástico en un extremo.

- Se recomienda como mínimo el empleo de una llave cada dos hiladas de bloque TERMOARCILLA®, para conseguir una adecuada transmisión de esfuerzos entre los muros que forman la junta.
- La junta horizontal de mortero será continua en la zona donde se coloquen las llaves. No obstante, en zonas climáticas donde exista riesgo de condensaciones, se mantendrá la junta interrumpida y se colocarán las llaves centradas alternativamente en una de las dos bandas de mortero.
- La resolución de la junta, deberá cumplir los requisitos de resistencia a la fuego de la normativa vigente.
- Una vez concluida la ejecución del revestimiento se procede al sellado de la junta. El material sellante debe quedar bien adherido a los bordes del revestimiento.
- Es recomendable que antes de la aplicación del sellante se proteja el acabado superficial del muro con una cinta adhesiva, para evitar que se manche. El acabado del sellado debe ser cóncavo, debiendo seguir las instrucciones del fabricante en su aplicación.

5.5.6 Rozas y rebajes.

Según el Eurocódigo 6.1.1:

- Las rozas y rebajes no afectarán a la estabilidad del muro.
- No se realizarán rozas y rebajes cuando su profundidad sea mayor que la mitad del espesor de la pared, a menos que se compruebe por cálculo la resistencia del muro.

Se incluyen los aspectos más relevantes indicados en el Eurocódigo 6.1.1, adaptados a los espesores del bloque. La reducción de resistencia del muro por rozas verticales o rebajes puede despreciarse si se mantienen las limitaciones de las tablas siguientes. En caso contrario, se comprobará por cálculo la resistencia del muro.

Tabla de dimensiones de rozas verticales, admisibles sin cálculo.

Espesor del Bloque (cm)	Rozas realizadas tras la ejecución de la fábrica	
	Profundidad máx. (cm)	Ancho máximo (cm)
29	3	17,5
24	3	17,5
19	3	15
14	3	12,5

Tabla de dimensiones de rebajes verticales, admisibles sin cálculo.

Espesor del Bloque (cm)	Rebajes realizados durante la ejecución de la fábrica	
	Ancho máximo (cm)	Espesor residual mínimo del muro (cm)
29	30	17,5
24	30	17,5
19	30	14
14	30	9

Observaciones:

- La separación horizontal entre rozas adyacentes, o entre una roza y un rebaje o hueco, no será menor que 22,5 cm.
- La suma de los anchos de las rozas y rebajes verticales no será mayor que 0,13 veces la longitud del muro, es decir, por cada 2 m de longitud de muro será como máximo 26 cm (en muros de menos de 2 m de longitud, el ancho total se reducirá proporcionalmente).
- Se evitarán las rozas horizontales e inclinadas. Cuando no sea posible, se realizarán dentro del octavo de la altura libre del muro, sobre o bajo el forjado, y su profundidad total, incluyendo la de cualquier hueco por el que pase la roza, será menor que la mayor dimensión dada en la tabla siguiente. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por cálculo la resistencia del muro.

Tabla de dimensiones de las rozas horizontales e inclinadas, admisibles sin cálculo

Espesor del Bloque (cm)	Profundidad máxima (cm)	
	Longitud ilimitada	Longitud \leq 125 cm
29	1,5	2,5
24	1,5	2,5
19	1	2
14	0	1,5

Observaciones:

- La separación horizontal entre el extremo de una roza y un hueco no será menor que 50 cm.
- La separación horizontal entre rozas adyacentes de longitud limitada, ya estén en la misma cara o en caras opuestas, no será menor que dos veces la longitud de la roza más larga.

6 CONSTRUCCIÓN SIN DEFECTOS CON BLOQUE TERMOARCILLA®.

El bloque TERMOARCILLA® es una pieza de gran formato que permite construir muros con un número menor de juntas de mortero que los que se construyen con piezas más pequeñas. Esta disposición permite un ahorro de mortero considerable y unos rendimientos mayores de obra; a su vez los muros son más rígidos, por lo que es importante que éstos resulten cargados sometiéndolos eminentemente a compresión y evitando la aparición de tracciones localizadas en ciertos puntos de la fábrica. A continuación se recogen una serie de aspectos orientados a la prevención de fisuras y a la identificación eficaz de patologías de origen mecánico.

6.1 Prevenir fisuras en muro de bloque TERMOARCILLA®.

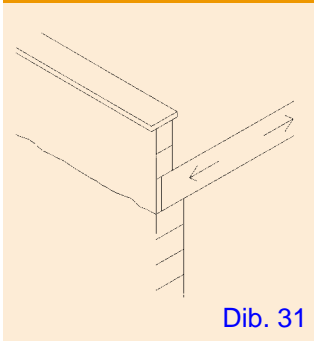
6.1.1 En las uniones muro-forjado de estructuras de muros de fábrica hechos con bloque TERMOARCILLA®.

La aparición de fisuras horizontales en la unión muro-forjado está ligada en la mayoría de los casos a una retracción excesiva del hormigón del forjado y/o a una insuficiente rigidez del mismo.

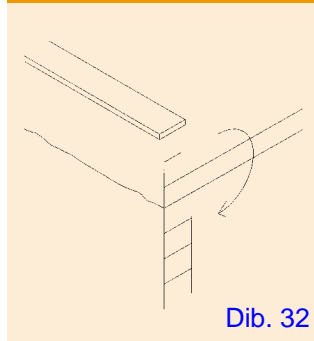
La retracción excesiva del hormigón, comúnmente debida a una elevada relación agua/cemento, al empleo de una granulometría muy fina o de cementos Portland de elevadas resistencias, o a una incorrecta maduración del mismo (riego insuficiente, puesta en obra en tiempo caluroso o ventoso, etc.) causan el arrastre del zuncho de fachada hacia el interior del edificio. El problema se hace más patente cuando el hormigón del zuncho penetra en los huecos de los bloques sobre los que asienta y arrastra una o dos hiladas por debajo de su nivel. Por esta causa aparecen grietas horizontales en las uniones entre el zuncho y la fábrica o en los tendeles de una o varias hiladas por debajo del zuncho.

De igual forma, un forjado muy deformable genera una rotación en el apoyo que tiende a levantar el zuncho en su parte exterior, cargando excéntricamente el muro y provocando una fisura horizontal en el mismo.

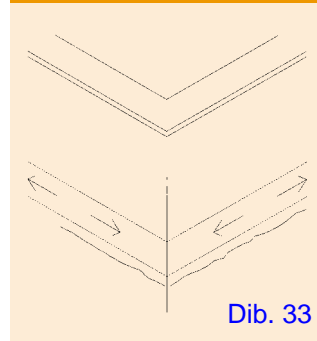
6.1.1. Retracción del forjado



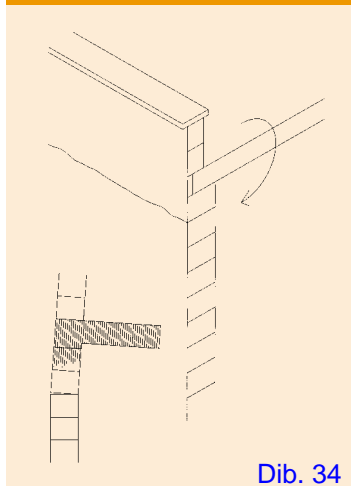
6.1.1. Forjado deformable



6.1.1. Superposición de deformaciones en la esquina

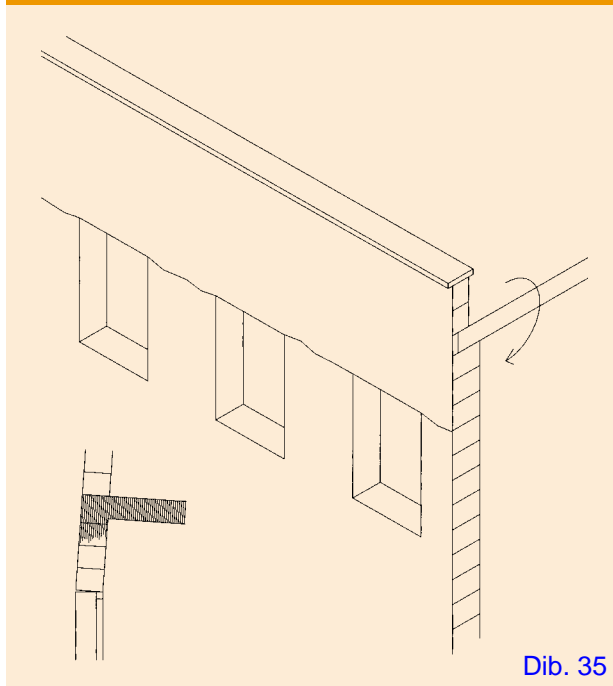


6.1.1. Forjado deformable y unión-forjado mal ejecutada



Dib. 34

6.1.1. La grieta se manifiesta en la hilada más débil



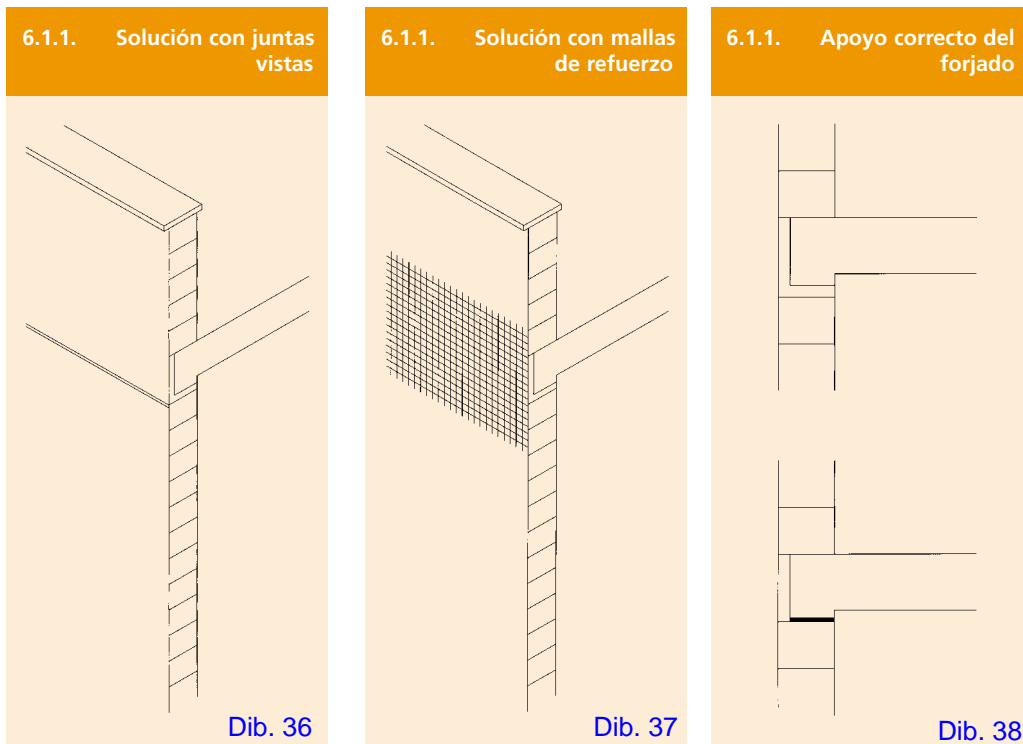
Dib. 35

Para evitar la aparición de estas fisuras se proponen las siguientes soluciones:

- Ejecutar adecuadamente la fábrica, disponiendo las juntas con espesor uniforme a lo largo del tendel, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, con un solape entre piezas de distintas hiladas suficiente.
- El espesor de la capa de mortero debe asegurar la penetración del mismo en las perforaciones de los bloques que une, con objeto de producir un perfecto cosido entre las piezas. Para que el mortero fluya debe tener una plasticidad adecuada; en ese sentido se recomienda el empleo de morteros mixtos (del tipo M-7,5b).
- Garantizar la adherencia entre las piezas y el mortero de unión, humedeciendo adecuadamente los bloques, antes de su puesta en obra.
- Colocar el forjado sobre el muro cuando éste haya madurado y tenga una capacidad portante adecuada. En el caso de los muros portantes se dejará transcurrir el tiempo suficiente (dependiendo del mortero empleado) desde la terminación del muro hasta el hormigonado del forjado, con objeto de asegurar que los esfuerzos originados por la retracción del hormigón no provoquen fisuración horizontal en el muro.

Los muros en general, y especialmente los que tienen funciones estructurales, no deben ser cargados hasta que la fábrica haya madurado, y por lo tanto, haya alcanzado la resistencia suficiente.

- Disponer forjados con rigidez suficiente, generalmente superior a la especificada por las instruccio-



nes para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón; se recomienda utilizar relaciones canto/luz del orden de 1/20 a 1/25 en forjados continuos, aumentando la rigidez en el caso de piezas biapoyadas y sobre todo de voladizos.

- Curar adecuadamente el hormigón de los forjados para evitar retracciones elevadas o rápidas; se recomienda cumplir cuidadosamente las disposiciones recogidas en las instrucciones para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.
- Construir zunchos de hormigón armado que apoyen adecuadamente en el muro para evitar excentricidades de carga innecesarias o superficies de apoyo insuficientes (la longitud de apoyo en sección debe ser superior a 2/3 del espesor del muro).
- Armar adecuadamente los zunchos, aumentando dicho armado cuando se prevean acciones horizontales (de viento o sísmicas) de cierta importancia.
- Revestir el canto del forjado con material cerámico de la misma naturaleza que el muro.
- Evitar la penetración del hormigón en las perforaciones de los bloques bajo el zuncho, interponiendo una lámina fina o una pieza de apoyo específica que impida su paso.

En los forjados de cubierta existen problemas específicos debidos a movimientos de tipo térmico, por lo que además se considerarán los siguientes aspectos:

- Debe tenerse en cuenta que debido al coeficiente de dilatación que tiene el hormigón armado, se pueden producir movimientos de varios milímetros entre invierno y verano, por lo que debe aislarse

suficientemente el forjado de cubierta para evitar las consiguientes deformaciones cíclicas producidas.

- Es conveniente evitar en cubiertas planas el empleo de colores oscuros para reducir el calentamiento por radiación de los elementos de cubierta.

- También debe favorecerse el empleo de cubiertas ventiladas o frías.

Se recomienda observar las disposiciones recogidas en el punto 5.3.4.

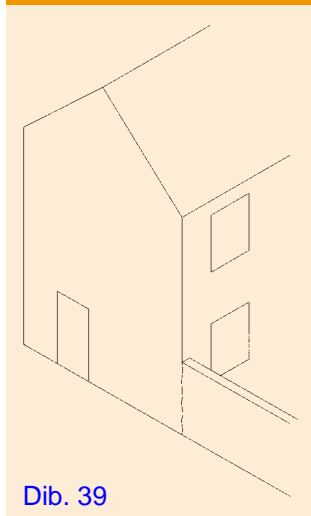
La superposición de las deformaciones que provienen simultáneamente de dos direcciones del forjado puede hacer que aparezcan con mayor intensidad fisuras en las esquinas del edificio. El problema se agrava en los forjados de última planta.

Utilizando las siguientes soluciones, se previene la aparición de estas fisuras:

- Emplear espesores en muros de fachada adecuados, sobre todo en el caso de los muros de los testeros, en los que se tiende a espesores económicos por estar poco cargados.

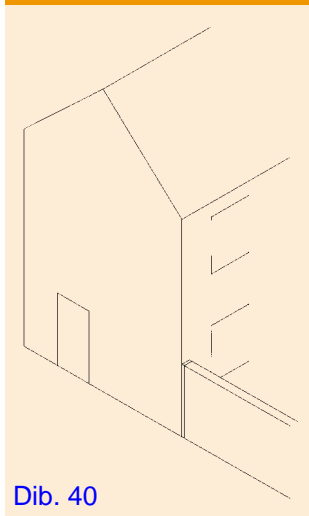
- Aumentando la rigidez de los zunchos.

6.1.2. Muros descargados



Dib. 39

6.1.2. Solución con junta vista



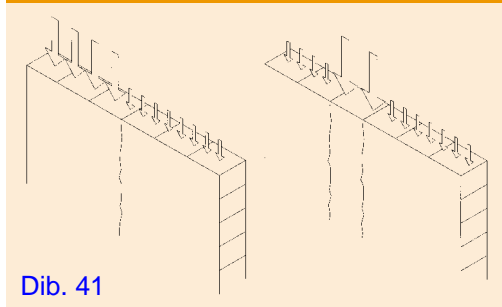
Dib. 40

6.1.2 En muros aparentemente descargados.

Este caso es muy habitual cuando se dispone una tapia en continuidad con un muro de carga. El diferente estado de cargas que se da entre dos puntos muy próximos del muro causa una mayor deformación en una zona que en otra, apareciendo una fisura vertical.

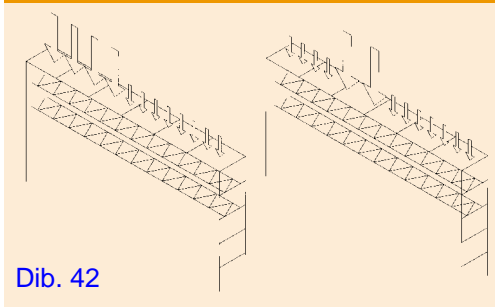
En este caso, deben independizarse las dos zonas del muro por medio de una junta vertical.

6.1.3. Muros cargados heterogéneamente

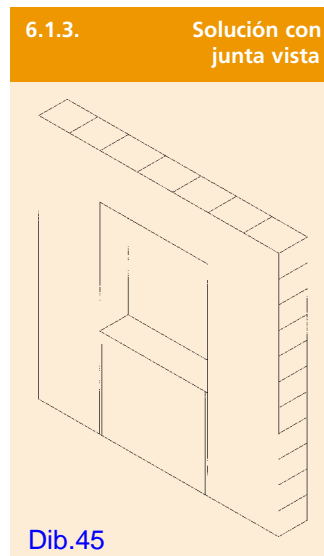
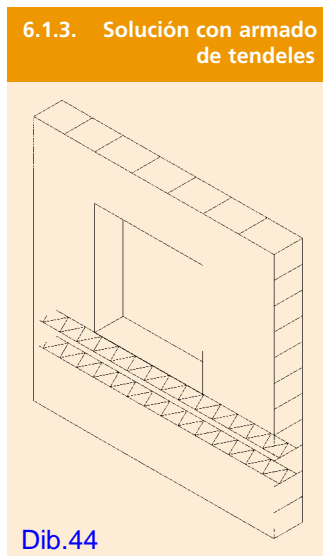
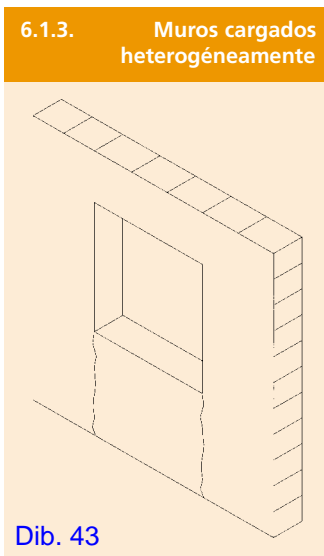


Dib. 41

6.1.3. Solución armando los tendeles



Dib. 42



6.1.3 En muros cargados heterogéneamente.

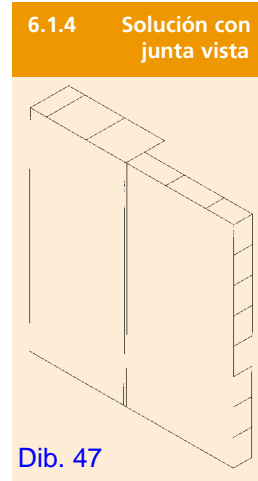
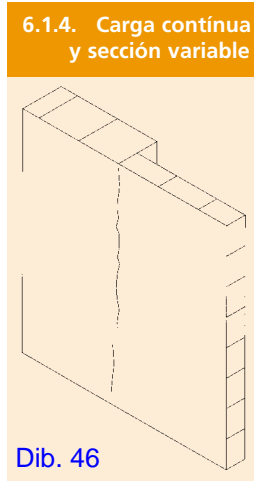
Cuando existen fuertes concentraciones de carga suelen aparecer fisuras en ciertas zonas del muro. Este es el caso del apoyo de una carga concentrada procedente de un elemento de la estructura o del apoyo de un machón o del borde de un hueco sobre un elemento de muro.

En estos casos es conveniente reforzar la zona mediante armaduras de tendel o disponer un zuncho que reparta la carga adecuadamente.

6.1.4 En muros con carga continua y sección variable.

Una carga constante y homogénea sobre un muro cuya sección varía puede provocar diferencias de tensión entre unas zonas del muro y otras. Las zonas de menor espesor resultan así sometidas a una mayor tensión produciéndose una deformación mayor que en las zonas de mayor espesor con la consiguiente aparición de una fisura vertical entre ambas.

Como norma general, deben evitarse diferencias excesivas de espesor entre tramos de muro. También puede reforzarse la zona del enjarje o asumir la aparición de una junta de movimiento vertical en la sección en la que se produce el cambio de espesor.



6.1.5 En muros con carga continua, construidos con tramos de diferentes materiales.

Si los materiales de dos tramos contiguos se deforman de forma diferente bajo carga (es decir, tienen módulos de elasticidad distintos), se produce la aparición de una grieta vertical entre ambos materiales. Otra causa de aparición de grietas entre diferentes materiales puede derivar de un diferente comportamiento ante oscilaciones de la temperatura o la humedad relativa del ambiente. Deben disponerse juntas verticales entre tramos de muro ejecutados con diferentes materiales. Esto es especialmente importante si las características mecánicas de los mismos son muy diferentes.

Para reducir efectos de tipo higrotérmico puede recurrirse a las siguientes soluciones:

- Evidenciar la zona de unión mediante la inclusión de juntas elásticas hechas con un material sellante y elástico.
- Mejorar localmente la resistencia del revestimiento mediante mallas que puedan soportar localmente las tensiones de tracción que se producen sobre el mismo; estas mallas deben extenderse al menos 30 ó 40 cm alrededor de la zona interesada; en algunos casos puede ser aconsejable su empleo con extensión a todo el revestimiento. Las mallas de refuerzo pueden ser metálicas, de fibra de vidrio resistente a los álcalis o de otro material que cumpla la misma función. Su resistencia debe ser igual o superior a 0.25 kN/cm (25 kp/cm).

6.1.6 En dinteles.

La excesiva flexión vertical que puede experimentar un cargadero puede originar fisuras sobre el mismo en forma de arco de descarga. Los cargaderos, como cualquier elemento sometido a flexión que soporte elementos de fábrica, debe tener una rigidez adecuada, debiendo disponerse un canto suficiente en relación a la longitud de la pieza.

Otra causa de aparición de fisuras radica en una inadecuada disposición de los apoyos de los cargaderos. Una zona de entrega insuficiente provoca concentraciones de tensiones excesivas en los bordes del machón. En este sentido, se organizarán los dinteles de los huecos atendiendo a las siguientes recomendaciones:

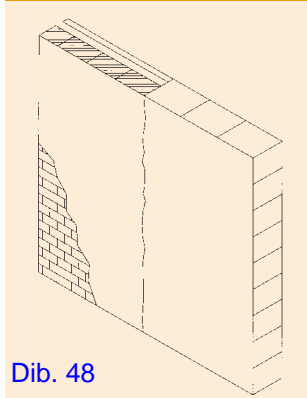
- Los cargaderos en los dinteles de los huecos deben ser calculados, tanto en relación a su resistencia como a la flecha efectiva que pueda tener dicho elemento. La evaluación de las cargas que reciben dichas piezas debe hacerse de manera realista, considerando el peso del muro sobre el cargadero, y el de cargas procedentes de forjados u otros elementos que se encuentren en zonas próximas a los dinteles.

- Se resolverán con piezas de dintel en forma de U, de cerámica aligerada TERMOARCILLA®, en las que se colocará la armadura y el hormigón, en obra.

- En aquellos casos en los que no se disponga de estas piezas especiales, se podrán utilizar las siguientes soluciones:

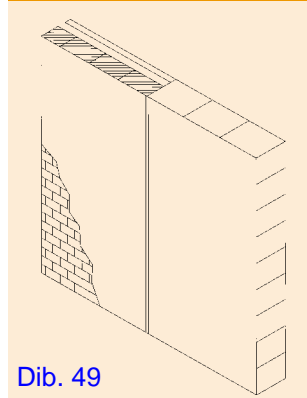
1. Ejecución de un dintel armando los tendeles y utilizando piezas de ajuste vertical de 9 cm, para definir el armado ver el manual del fabricante de armaduras o normativa aplicable.

6.1.5. Muros de diferente material



Dib. 48

6.1.5. Solución con junta vista



Dib. 49

2. Colocación de un perfil metálico en T, en posición invertida, forrado con plaquetas o piezas cortadas, por ambos lados; el ala del perfil no penetrará hasta la cara interior del muro, entregándose contra el pre-marco para evitar un posible puente térmico; las plaquetas o las piezas cortadas deberán apoyarse al menos 2/3 partes de su espesor. Cuando el uso de estos perfiles esté restringido por el rango de exposición, el revestimiento exterior recubrirá el perfil metálico por su cara inferior para protegerlos del ambiente.

3. Colocación de viga prefabricada de hormigón de canto suficiente, dejando libre el espacio interior para el hueco de persiana y/o aplicación de materiales aislantes.

- Si la base de la pieza de dintel tiene menor resistencia a compresión que el bloque TERMOARCILLA®, se macizarán con mortero los orificios de su base, sólo en aquellas piezas que forman la entrega del dintel.

- En los apoyos no se deben utilizar longitudes de apoyo excesivas, para evitar momentos de empotramiento que comporten concentraciones de carga importantes en la jamba. En este sentido se podrán emplear soluciones como la ejecución de un dado de hormigón en los apoyos del dintel.

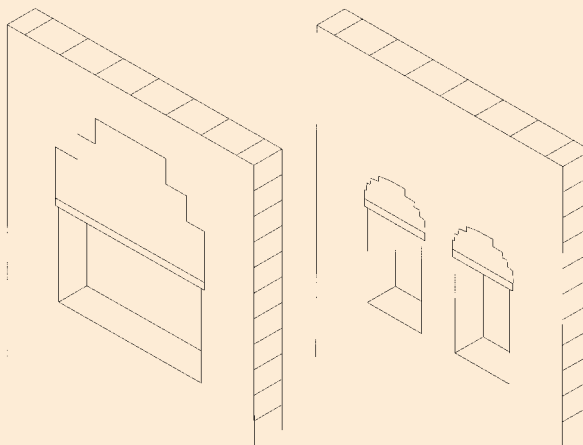
- Hasta luces de hueco de 1,5 metros, el dintel deberá apoyarse 1/5 de la luz por cada lado, y como mínimo 15 cm en cerramientos no portantes y 30 cm en muros portantes. Para estas luces no es necesaria la comprobación mediante cálculo.

- Para luces mayores de 1,5 metros, el apoyo del cargadero sobre el muro deberá justificarse mediante cálculo.

- En el caso de disponer un pre-cargadero en la hilada inferior al cargadero del hueco, con el fin de organizar la caja de la persiana en los capialzados, éste podrá tener una zona de apoyo menor (15 cm),

6.1.6.

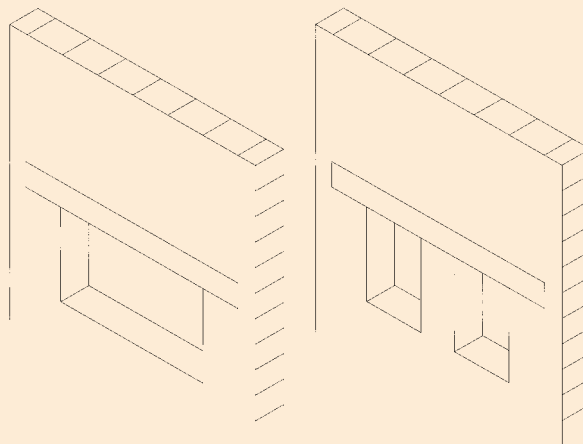
Dintel insuficiente



Dib. 50

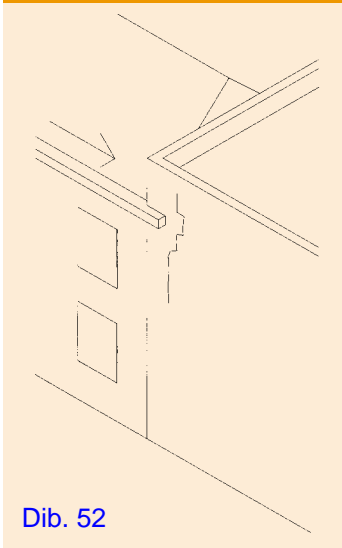
6.1.6.

Solución con dintel correcto



Dib. 51

6.1.7. Entre muros y cornisas



Dib. 52

debiendo disponerse en cualquier caso el apoyo del cargadero siguiendo los criterios del punto anterior.

- Cuando el machón que queda entre huecos es de pequeño tamaño en relación a la luz de éstos, el cargadero puede ser pasante, disponiéndose una única pieza de cargadero corrida común a los dos huecos (en este caso, el proyectista debe comprobar la resistencia del machón así como la concentración de cargas que se produce sobre la zona del antepecho de los huecos). Se recomienda como criterio general que el cargadero del dintel sea corrido y común a los dos huecos cuando la longitud del machón sea inferior a 104 cm. (3 1/2 piezas), con cualquier espesor de fábrica.

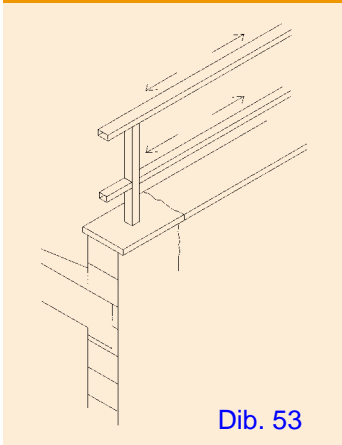
- Todas las zonas en las que puedan darse concentraciones de carga o en las que puedan aparecer localmente tracciones (apoyos de dinteles, machones, zonas del muro que descansan sobre los cargaderos, etc.) pueden reforzarse empleando armaduras de tendel.

6.1.7 Entre muros y cornisas.

En edificaciones contiguas con distintas alturas aparecen a menudo elementos de cornisa que, rematando partes del muro o del edificio más bajas, penetran en el edificio. Los movimientos de tipo térmico de dicho elemento de cornisa traen consigo la aparición de fisuras en las zonas de contacto entre cornisa y muro.

En este caso debe disponerse una junta elástica sellada.

6.1.9. Deformaciones térmicas de elementos metálicos



Dib. 53

6.1.8 En revestimientos continuos.

El cuarteo del revestimiento suele ser debido a una defectuosa aplicación del mismo sobre el muro. En general deben seguirse las recomendaciones del fabricante si se trata de un revestimiento monocapa. En el caso de ejecutar un mortero tradicional deben respetarse las siguientes indicaciones:

- Debe llaguearse el muro adecuadamente evitando huecos y resalto respecto del plano exterior de la fachada.
- Debe cuidarse el tipo de árido, la granulometría y la dosificación del mortero con objeto de evitar su cuarteo.
- Debe realizarse el revestimiento en una o dos capas, siendo la primera de regularización y agarre.
- Debe humedecerse adecuadamente el plano de la fachada si es necesario.
- Debe operarse en buenas condiciones climáticas, que no sean extremas en cuanto a temperatura, humedad o velocidad de viento.
- Debe permitirse la correcta maduración de cada capa del revesti-

miento, antes de colocar la siguiente.

- Debe humedecerse el revestimiento tras su ejecución durante unos días si es necesario.

6.1.9 Por deformaciones de tipo térmico.

Una inadecuada distancia entre juntas de dilatación puede causar roturas en las esquinas de dos muros, sobre todo si éstos tienen diferente rigidez. También es muy común la aparición de este tipo de fisuras en nichos o quiebras practicados en el muro.

La inclusión de elementos metálicos en muros y tapias (rejas, vallas, pasamanos, etc.), produce a menudo el desplazamiento de sus zonas de anclaje, con la correspondiente rotura del muro. Esto es debido al elevado coeficiente de dilatación de los metales, cuyo valor puede ser dos o tres veces superior al de la cerámica.

Se proponen como soluciones más comunes a estos problemas las siguientes:

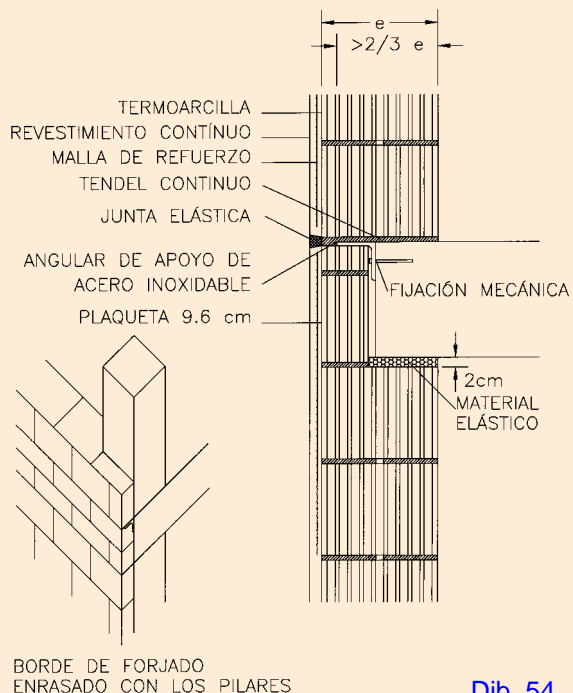
- Disponer juntas a una distancia adecuada entre juntas, recomendándose los valores recogidos en el apartado 5.5.5.
- En muros de trazado curvo, esta distancia debe incluso disminuirse.
- En muros en los que aparecen nichos, quiebras o retranqueos en el plano de fachada debe tenerse especial atención a los efectos de tipo térmico, colocando un número de juntas suficiente.
- No deben fijarse elementos metálicos a muros o tapias si no tienen posibilidad de dilatar libremente.

6.1.10 En muros de edificios con estructuras reticulares.

Cuando el forjado de una estructura reticular entra en carga, aparecen flechas y se producen giros en su borde que pueden afectar a los muros que están en contacto con él, especialmente a los de fachada.

Para evitar que la flecha del forjado provoque el aplastamiento del muro que queda debajo o lo haga entrar en carga, simplemente basta que entre la hilada superior del cerramiento y el forjado se deje una holgura de 2 cm que se rellenará con un material elástico, habiendo transcurrido al menos 24 horas desde la terminación del muro. Además, es recomendable empezar a ejecutar el cerramiento por la planta superior del edificio, para que cuando se realice el cerramiento de cada planta ya se haya producido la deformación de

6.1.10. Apoyos de muros en estructura porticada



la planta superior. Debe limitarse la flecha absoluta del forjado para que este problema no aparezca (seguir las recomendaciones relativas a la rigidez de los elementos estructurales recogidas en los apartados 5.3.1, 5.3.3 y 5.4.2)

El apoyo del muro en el forjado inferior debe hacerse colocándolo con un ligero vuelo sobre el forjado o con un perfil metálico, apoyándose al menos en 2/3 de su ancho. (ver apartado 5.4.2)

Aunque lo indicado es limitar la flecha del forjado, también se puede armar la fábrica en los tendeles para evitar que se desplace cuando se quede sin apoyo por una excesiva deformación del forjado.

En los muros interiores gruesos o con una elevada rigidez (como son los de división entre viviendas) debe tenerse en cuenta que su peso puede producir localmente una deformación mayor de los forjados. En ese sentido se recomienda aumentar la rigidez del forjado en la zona, mediante la incorporación de un zuncho de hormigón armado o una doble vigueta.

6.2 Identificación de patologías graves.

6.2.1 Agotamiento de un muro ante cargas verticales.

La mayor deformabilidad que presentan los morteros frente a las piezas cerámicas produce un alargamiento de los mismos en la dirección perpendicular a la de la aplicación de la carga. Bajo cargas verticales excesivas, los morteros resultan aplastados, someten a tracciones locales a las piezas en dirección horizontal, y producen su fisuración.

Por lo tanto, un muro próximo al colapso por una compresión excesiva presenta una serie de grietas verticales que dividen progresivamente el muro hasta convertirlo en una sucesión de pequeñas columnas.

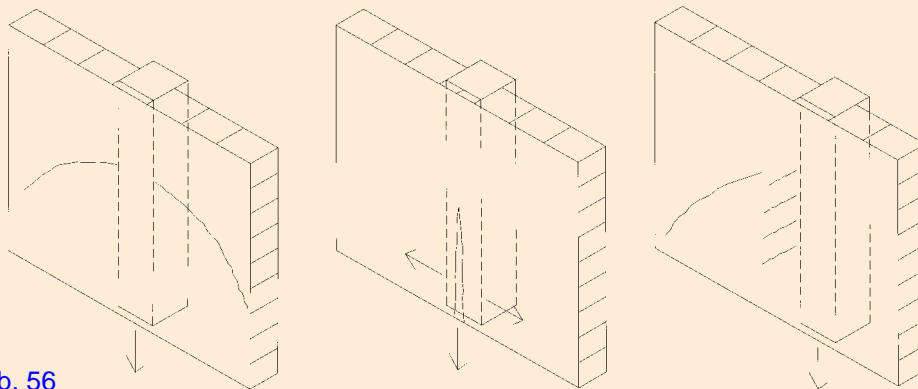
6.2.2 Asientos.

Se pueden producir asientos diferenciales puntuales de algún pilar que arrastre al muro en su movimiento o lo empuje en una dirección perpendicular a su plano.

También puede haber asientos en los extremos de las cimentaciones corridas o en sus puntos medios, que en cualquier caso afectarían al muro apoyado sobre ellas.

6.2.2.

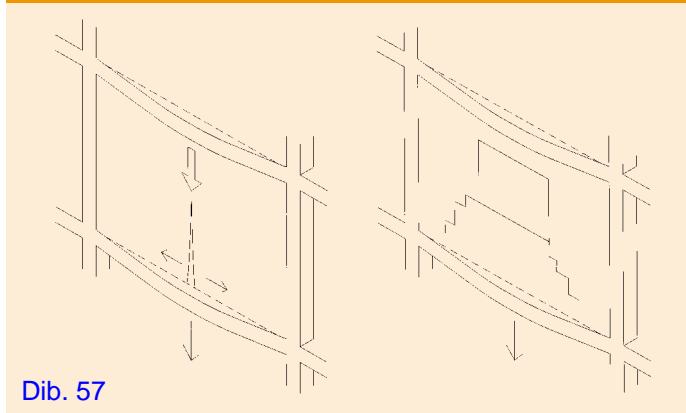
Asiento puntual del pilar



Dib. 56

6.2.2.

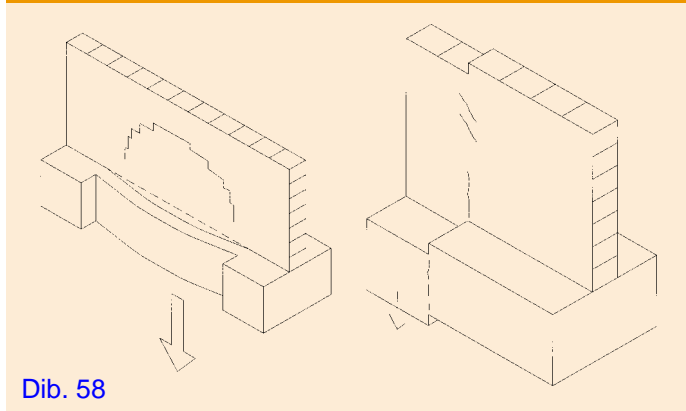
Deformaciones de vigas y forjados



Dib. 57

6.2.2.

Asiento directo de la cimentación



Dib. 58

6.2.3 Inestabilidad local de un muro producida por cargas verticales u horizontales.

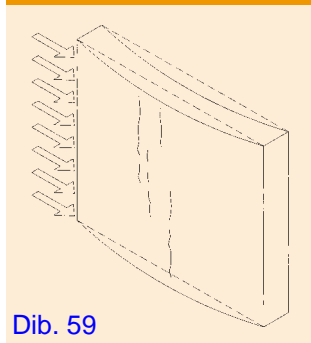
Un muro excesivamente esbelto y cargado verticalmente puede pandear. Debido a la deformación que se produce, aparecen grietas horizontales en una de sus caras.

Ante acciones horizontales perpendiculares a su plano, el muro puede volcar o sufrir una rotura por flexión. En este último caso suelen aparecer grietas o fisuras en los tendeles.

Ante acciones horizontales en su plano, el muro puede sufrir un aplastamiento local (con la aparición de fisuras horizontales) o incluso pandear (produciéndose fisuras verticales en una de las caras). También puede producirse el deslizamiento de una parte del muro a lo largo de un tendel, por un esfuerzo excesivo de corte (por ejemplo, a lo largo de una barrera antihumedad situada en un tendel, si no existe un rozamiento suficiente entre ésta y la fábrica).

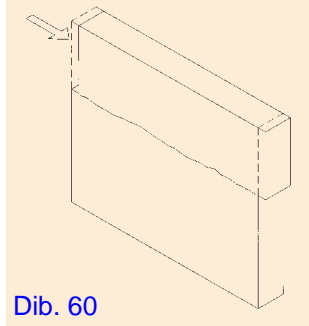
6.2.3.

Pandeo



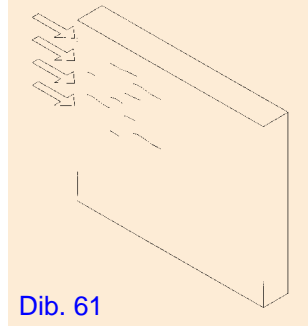
Dib. 59

6.2.3. Deslizamiento por cortante



Dib. 60

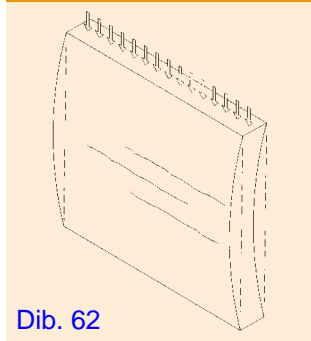
6.2.3. Aplastamiento local



Dib. 61

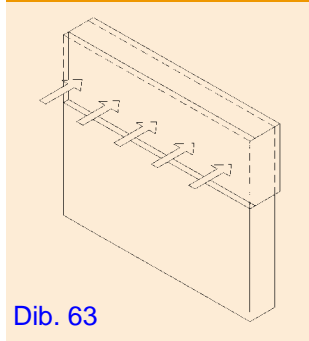
6.2.3.

Pandeo



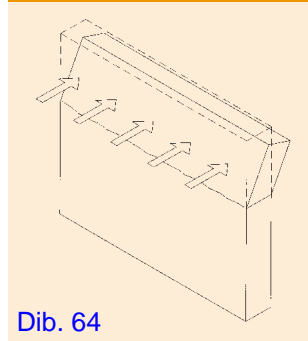
Dib. 62

6.2.3. Acciones horizontales



Dib. 63

6.2.3. Acciones horizontales



Dib. 64

7 LA FACHADA VENTILADA.

La fachada ventilada es un elemento constructivo que consta de dos hojas, una exterior y otra interior, que contienen entre ambas una cámara de aire ventilada a la que se encomienda la estanqueidad y la protección de la radiación solar directa. En nuestro caso, la hoja interior se ejecutaría con bloques TERMOARCILLA®, sea el muro de carga o de cerramiento. Es la capa que garantizará la protección térmica del interior del edificio. Esta hoja interior se trasdosaría con otra, que podría ser de muy diversos materiales, la cual conforma la cámara de aire y define la imagen exterior del edificio. Ambas capas deben ser lo más independientes posible, aunque lógicamente, la exterior debe anclarse mediante lañas o llaves a la interior, o a elementos de la estructura, para ser estable.

La fachada ventilada permite superar las deficiencias más significativas de la fachada convencional de varias hojas, que son:

- Inserción de un cerramiento rígido dentro de una estructura porticada deformable, que implica problemas mecánicos y de estanqueidad.
- Unión rígida entre las hojas exterior e interior de albañilería, de manera que se limita su deformación independiente, se impide un aislamiento térmico correcto y se propicia el paso de agua.

En la fachada ventilada, al exterior de la cámara sólo queda una capa cuya misión es exclusivamente la de encerrar un espacio ventilado. Esta capa puede estar formada por cualquier material que resista la intemperie. Los materiales que se pueden emplear son diversos: ladrillo cara vista, ladrillo más acabado continuo, aplacado de piedra, paneles metálicos, paneles de alta densidad, etc.. En cualquier caso, un objetivo importante de la puesta en obra será garantizar el libre movimiento de esa hoja exterior. Su alta exposición a los agentes atmosféricos y a la radiación solar, su delgadez y la forma de ser soportada, exigen una alta libertad de movimientos diferenciales de cada pieza y del conjunto respecto al soporte.

La misión de la cámara es la de evacuar las humedades que atraviesen la hoja exterior. Para garantizar la total estanqueidad y que la hoja interior esté siempre seca, es preciso que los alambres que forman las lañas de unión y que son el único contacto entre las dos hojas, tengan un pliegue central que actúe de goterón o una pequeña inclinación hacia el plano de fachada. Además, el calor que acumula la cámara se evacua por convección, de manera que el elemento interior queda perfectamente protegido de los aportes solares directos.

7.1 La fachada ventilada con la hoja interior de bloque TERMOARCILLA®.

La hoja interior de bloques TERMOARCILLA® es la que constituye el cerramiento del edificio. Para asegurar la independencia entre las dos hojas de la fachada, la cámara debe tener un espesor mínimo de 3 cm. para evitar puentes térmicos en los cantos de forjado, éstos pueden recubrirse con un material aislante.

La hoja exterior puede tener espesores variables según el material empleado para resolverla, con la única limitación que establece su propia estabilidad y la unión de las piezas. El caso más habitual será el de un muro de medio pie de ladrillo con o sin revoco exterior o el de un chapado de piedra. En todo caso, el sistema de sujeción debe ser el adecuado para anclar el material elegido (ver apartado 4.4).

7.2 El proceso constructivo.

7.2.1 La relación entre las hojas exterior e interior.

Las dos hojas se convierten en el caso de la fachada ventilada en dos elementos constructivos con misiones y relaciones con el edificio absolutamente diferentes. La hoja interior forma parte del conjunto solidario del edificio pudiendo ser portante o de cerramiento. Ésta deberá garantizar el aislamiento térmico, supondrá el cierre del espacio interior y constituirá el soporte de la hoja exterior.

La hoja exterior debe entenderse como una envolvente global del edificio, tendida sobre éste como un elemento absolutamente independiente. Su material constituyente dará color y textura al edificio y definirá su imagen arquitectónica, pero su misión constructiva principal es la formación de la cámara. La cámara evacua el agua que pueda penetrar a través de la hoja exterior, de manera que en ningún caso pueda llegar hasta la hoja interior.

7.2.2 Las etapas de la construcción.

En el caso de fachada ventilada, el cerramiento se construye de dentro hacia afuera, lo que permite poder realizar simultáneamente la obra interior (acabados, pavimentación, tabiquería, yesos...) y la cara exterior del mismo. Primero se realiza la hoja interior de la fachada con bloques TERMOARCILLA®, que deberá enfoscarse en la cara que da a la cámara, con objeto de sellar las juntas verticales. A la vez se van colocando las llaves o lañas de fijación de la hoja exterior. Si es necesario se añaden materiales aislantes en las zonas en las que puedan aparecer puentes térmicos. Las llaves de fijación de la hoja exterior deben quedar en todo caso a la vista.

Al levantar la hoja interior es conveniente situar simultáneamente los precercos de los huecos. Así se garantiza el correcto replanteo de la fachada y se facilita la estanqueidad en este punto.

Por último se ejecuta la hoja exterior (evitando la caída de mortero al interior de la cámara si se trata de una hoja de ladrillo), dejando los huecos necesarios para garantizar la ventilación de la misma. Se debe tener en cuenta la alta exposición de la hoja exterior, la cual puede llegar a sufrir saltos térmicos de entre 50°C y 80°C, según su color. Por esto, dicha hoja no debe presentar ninguna conexión rígida con el edificio y se construirá con las juntas necesarias para asegurar su deformación libre sin fisurarse. Cada edificio y cada situación concreta requerirá un estudio preciso de las juntas, aunque se recomienda que la distancia entre las mismas no sobrepase nunca los 15 m. Su espesor estará comprendido entre 10 y 20 mm. La ejecución de la junta se hará de acuerdo a lo recogido en el apartado 4.3.

La altura máxima de la hoja exterior se verá limitada por su propia estabilidad. Con objeto de asegurar la estanqueidad y permitir un aislamiento térmico y acústico adecuado es conveniente enfoscar la superficie del muro de TERMOARCILLA® que da a la cámara, o al menos rejuntar exteriormente las juntas verticales.

La hoja debe apoyarse de alguna manera en los cantos de los forjados de cada una, dos o tres plantas. Cada tramo de la hoja exterior debe ser independiente del inferior y del superior. Existirá una junta horizontal que impedirá cualquier deformación del apoyo que pueda ponerlo en contacto con la hoja inferior. Por este motivo es recomendable ejecutar primero la hoja exterior de la planta más alta del edificio e ir descendiendo hasta la planta más baja. Existe la posibilidad de construir la hoja exterior continua en toda la altura del edificio, utilizando llaves que deslizan sobre unas guías solidarias con la estructura, siendo necesario en este caso reforzar la fachada con armaduras en los tendeles.

7.3 La estabilidad de la hoja exterior.

7.3.1 Las lañas y otras uniones.

La estabilidad de la hoja exterior se consigue utilizando llaves o lañas que la anclan a la hoja interior portante o a los elementos de la estructura. El sistema de fijación sólo permitirá el movimiento de la hoja exterior en su propio plano, evitando el acercamiento o separación a la hoja interior. La disposición y capacidad mecánica de los elementos de unión dependen de diversos factores: el diseño de la propia laña, el material, su colocación, la exposición del edificio, la profundidad de la cámara, etc. Se deberá exigir a los fabricantes de estos productos las indicaciones técnicas necesarias para su correcta puesta en obra. La posición de las lañas y su cuantía dependerá directamente de su función, debiendo quedar éstas correctamente especificadas en el proyecto.

La distancia entre llaves no debe superar los 40 cm en vertical y 90 en horizontal, siendo conveniente su disposición alternada. Se recomienda una cuantía de 35 a 50 mm²/m² para cámaras de menos de 10 cm. Pueden distinguirse además dos tipos de fijaciones: las que se distribuyen por toda la hoja interior y las que se fijan exclusivamente en las testas de los forjados. En este último caso el cálculo debe garantizar la resistencia de la hoja exterior a las acciones horizontales. Cuando la hoja exterior se extiende a lo alto de varias plantas, el peso propio de las plantas superiores compensa las tracciones que las acciones horizontales pueden provocar en las plantas inferiores. Sólo en la última planta, la seguridad de esa cobertura queda un poco reducida y es conveniente aumentar el número de lañas.

La imposibilidad de un posterior mantenimiento de la protección de estos anclajes y su exposición a la humedad hacen imprescindible que sean de acero inoxidable 18/8.

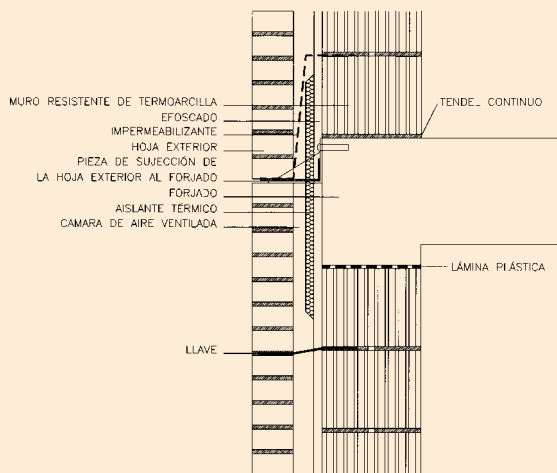
7.3.2 El soporte de la hoja exterior en una construcción de altura.

La mayor dificultad en el diseño de una fachada ventilada de hoja exterior pesada, la plantea el soporte de la misma cuando la altura del edificio excede los límites razonables para una lámina tan esbelta. Para edificios de más de tres plantas de altura es habitual el recurso al apoyo en cada forjado, o en cada dos o tres forjados. Para minimizar el puente térmico que supone el apoyo de la hoja exterior en el forjado, se puede utilizar alguno de los siguientes sistemas:

- Con elementos metálicos de soporte, anclando al canto del forjado los apoyos para la hoja exterior. Estos apoyos serán especialmente diseñados para

7.3.2

Fachada ventilada



Dib. 65

sustentar los ladrillos, las chapas de piedra o las diversas placas que se puedan emplear. Lo más habitual es el uso de angulares con un ala fija en el borde del forjado y la otra volando para recibir la carga de la hoja exterior. El angular debe ser de acero inoxidable, la fijación sencilla y sólida y además debe resolver las imprecisiones constructivas del forjado. El perfil metálico del apoyo no debe llegar hasta el exterior de la hoja, sino quedarse a unos 2 cm para permitir el sellado elástico de la junta. Entre el perfil y el material que conforma la hoja exterior de la fachada se dispondrá un material aislante para evitar el puente térmico en el canto del forjado. También es muy aconsejable disponer un babero que conduzca las aguas hacia el exterior a la altura de cada apoyo, protegiendo así los tornillos de fijación y el perfil (en muros de ladrillo, la evacuación se suele hacer por los huecos de las llagas, dejando libres uno de cada tres ladrillos en la hilada de apoyo).

- Modificar el canto del forjado con un pequeño vuelo que permite el apoyo completo de la hoja exterior.
- Utilizar piezas cerámicas especiales, gruesas y con alta resistencia mecánica, colocadas en voladizo sobre el canto del forjado y ancladas al mismo mediante fijaciones de acero inoxidable.

7.4 La formación de huecos.

7.4.1 Situación de la carpintería en el espesor de la fachada.

Los huecos de la fachada pueden situarse en tres posiciones diferentes, siempre que se garantice debidamente la estanqueidad:

- A haces interiores, siendo la carpintería solidaria con la hoja interior y estando envuelta por un marco que asegura la evacuación del agua hacia el exterior sin que pueda introducirse en la cámara. Es lo más adecuado en el caso de emplear una carpintería de hojas abatibles, para que sea practicable desde el interior sin problemas. Se consigue además un efecto de fuerte sombra en los huecos.
- A haces exteriores. La carpintería se encuentra más expuesta a los agentes atmosféricos y existe dificultad para garantizar la estanqueidad de la parte superior. Aumenta considerablemente el efecto invernadero, pero se consigue una imagen tersa y plana de la fachada.
- A haces intermedios, con la carpintería a la altura de la cámara de aire. Es la posición que más ventajas ofrece de las tres y la más acorde con el proceso constructivo general de la fachada ventilada. Se introduce el precerco en la cámara de aire, asegurando la unión rígida con la hoja interior. Se facilita el cierre estanco de la cámara gracias al sellado con la hoja exterior. Existen precercos específicos para resolver esta situación. El único inconveniente es la limitación en la apertura de las hojas de la carpintería, por lo que hay que recurrir a soluciones de hojas correderas, oscilobatientes o diseñar una carpintería combinando paneles fijos y móviles de manera que los practicables nunca tengan las bisagras en el borde de un hueco para que la hoja pueda abrirse más de 45°.

7.4.2 Los dinteles y las cajas de persiana.

Lo habitual es utilizar un dintel para cada una de las hojas que componen el cerramiento, aunque el dintel interior puede desaparecer si la caja de persiana ocupa todo el espacio existente entre la parte superior de la carpintería y el forjado. Para la hoja exterior se pueden utilizar piezas cerámicas armadas o perfiles metálicos ocultos.

Existen también soluciones de dintel único que en una sola pieza resuelven la sujeción de las hojas interior y exterior y que se colocan en la cámara de aire.

7.5 Recomendaciones para garantizar la estanqueidad.

Para evitar que la humedad de la hoja exterior pueda penetrar al interior de la cámara o a la hoja interior de la fachada, se pueden observar las siguientes recomendaciones generales:

- Mantener la cámara limpia, teniendo especial cuidado de que no caiga mortero en el interior durante la ejecución.
- Colocar las llaves o lañas que unen los muros inclinadas hacia el exterior, o con un doblez intermedio u otro tipo de goterón en el centro que impida que las gotas de agua lleguen a la hoja interior.
- Utilizar baberos de materiales impermeables en los dinteles y sobre las cajas de persianas. Igualmente en los apoyos o sujeciones intermedios de la hoja exterior sobre los forjados.
- Prever en la hoja exterior huecos a través de los cuales se evacuará el agua desplazada por los baberos y por los que se ventilará la cámara (en hojas exteriores hechas con ladrillo se suelen dejar algunas llagas sin rellenar en la primera hilada sobre todos los apoyos y sobre los dinteles). No debe olvidarse dejar huecos de ventilación en el caso de que la cámara se vea interrumpida en altura por vuelos del forjado.
- Diseñar cuidadosamente el alféizar y el telar de los huecos para conducir el agua desde la carpintería hasta el plano exterior de la fachada.
- Proteger la hoja interior con baberos en todo el perímetro de los huecos.

ANEXO A.

Piezas para construir muros con bloque TERMOARCILLA®.

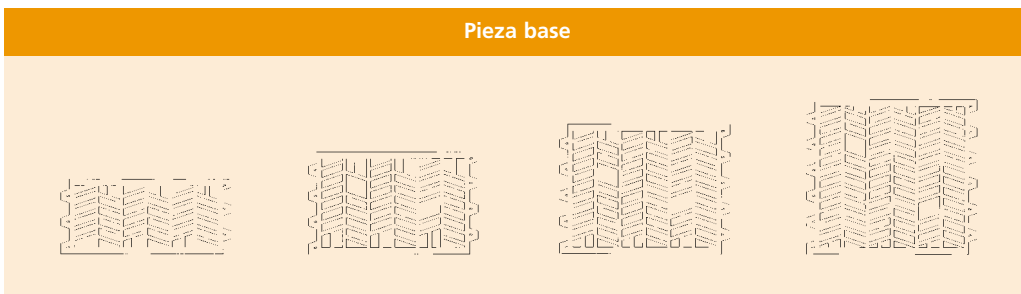
A continuación se recoge el catálogo de piezas más habituales con sus denominaciones y características técnicas y dimensionales⁹:

Dimensión real	Masa	Densidad aparente aproximada	Resistencia a compresión normalizada	Transmisión térmica	Aislamiento acústico a ruido aéreo	Resistencia al fuego
(cm)	(kg)	(Kg/m ³)	(kp/cm ²)	(kcal/hm ² °C)	dB(A)	(minutos)

1.- PIEZA BASE

BLOQUE DE 14	30x14x19	6,5 ~ 8,0	980	>70	1,2	46	>180
BLOQUE DE 19	30x19x19	8,0 ~ 10,5	920	>70	0,97	47,5	>180
BLOQUE DE 24	30x24x19	10,0 ~ 13,0	890	>70	0,81	50	>240
BLOQUE DE 29	30x29x19	12,0 ~ 15,2	860	>70	0,7	52,5	>240

Pieza base



Dib. 66

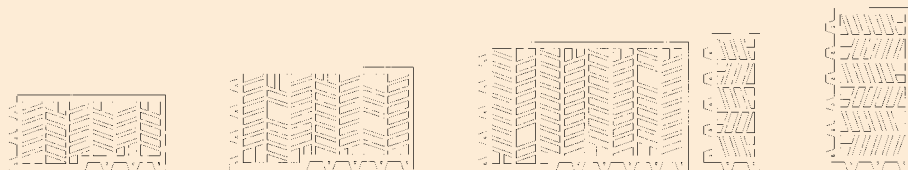
⁹ Las dimensiones reflejadas son orientativas y deberán confirmarse con el fabricante.

Los valores correspondientes a los parámetros de transmisión térmica y aislamiento a ruido aéreo se han obtenido a partir de muros de bloque TERMOARCILLA® con recubrimientos de 1,5 cm de yeso en la cara interior y 1,5 cm de mortero de cemento en la exterior. Los valores correspondientes al parámetro resistencia al fuego se han obtenido a partir de muros de bloque TERMOARCILLA® con recubrimientos de 1,5 cm de yeso en ambas caras.

2.- PIEZA DE ESQUINA

ESQUINA DE 14	30x14x19
ESQUINA DE 19	34x19x19
ESQUINA DE 24	39x24x19
ESQUINA DE 24	9x24x19
ESQUINA DE 29	14x29x19

Pieza de esquina



Dib. 67

3.- PIEZA MEDIA

MEDIA DE 14	15x14x19
MEDIA DE 19	15x19x19
MEDIA DE 24	15x24x19
MEDIA DE 29	15x29x19

Pieza media

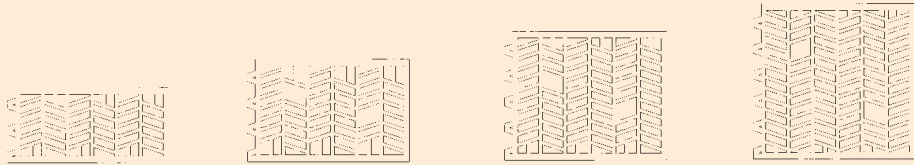


Dib. 68

4.- PIEZA DE TERMINACION

TERMINACIÓN DE 14	30x14x19
TERMINACIÓN DE 19	30x19x19
TERMINACIÓN DE 24	30x24x19
TERMINACIÓN DE 29	30x29x19

Pieza de terminación

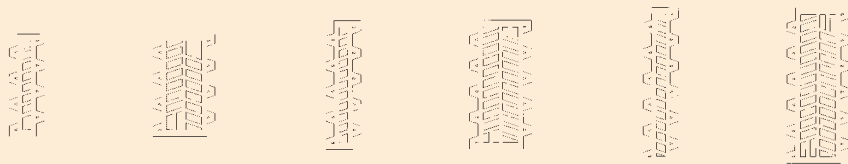


Dib. 69

5.- PIEZA DE AJUSTE O MODULACIÓN HORIZONTAL

AJUSTE 5cm DE 14	5x14x19
AJUSTE 5cm DE 19	5x19x19
AJUSTE 5cm DE 24	5x24x19
AJUSTE 5cm DE 29	5x29x19
AJUSTE 10cm DE 14	10x14x19
AJUSTE 10cm DE 19	10x19x19
AJUSTE 10cm DE 24	10x24x19
AJUSTE 10cm DE 29	10x29x19

Pieza de ajuste o modulación horizontal



Dib. 70

6.- PIEZA DE AJUSTE VERTICAL

AJUSTE 9cm DE 14	30x14x9
AJUSTE 9cm DE 19	30x19x9
AJUSTE 9cm DE 24	30x24x9
AJUSTE 9cm DE 29	30x29x9
AJUSTE 14cm DE 14	30x14x14
AJUSTE 14cm DE 19	30x19x14
AJUSTE 14cm DE 24	30x24x14
AJUSTE 14cm DE 29	30x29x14

7.- PLAQUETA O PIEZA DE EMPARCHE.

PLAQUETA DE 4,8	30x4,8x19
PLAQUETA DE 9,6	30x9,6x19

Plaqueta o pieza de emparche

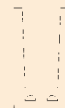
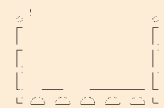
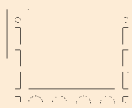


Dib. 71

8.- PIEZA DE DINTEL

DINTEL DE 10	20x10x19
DINTEL DE 14	20x14x19
DINTEL DE 19	20x19x19
DINTEL DE 24	20x24x19
DINTEL DE 29	20x29x19

Pieza de dintel



Dib. 72

ANEXO B.

Detalles de encuentro entre muros.

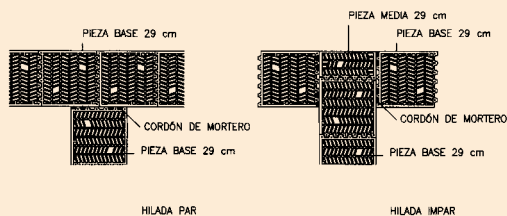
A continuación se describen las condiciones de aparejo que deben cumplirse en los encuentros entre muros, según tipo de encuentro y espesor de muro.

Detalles básicos de encuentros con piezas de 29 cm

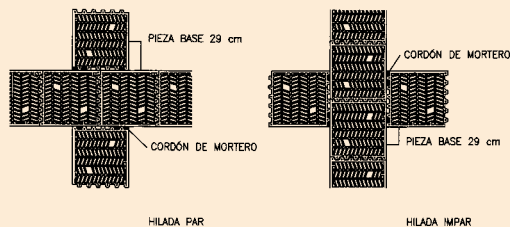


DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 29 cm

DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 29 cm - CON PIEZAS ESPECIALES -

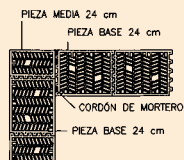


DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MUROS DE 29 cm

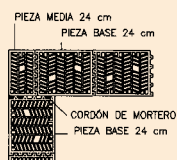


DETALLE DE CRUCE DE MUROS DE 29cm

Detalles básicos de encuentros con piezas de 24 cm

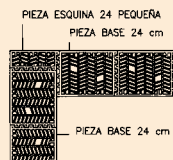


HILADA PAR



HILADA IMPAR

DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 24 cm

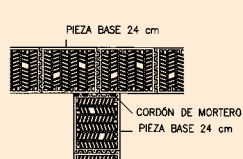


HILADA PAR

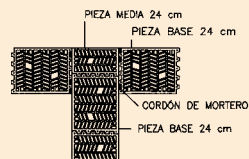


HILADA IMPAR

DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 24 cm - CON PIEZAS ESPECIALES-

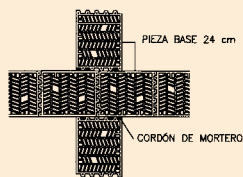


HILADA PAR

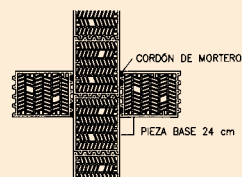


HILADA IMPAR

DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MUROS DE 24 cm



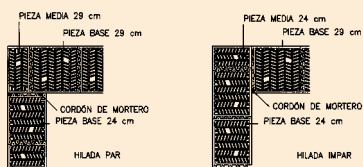
HILADA PAR



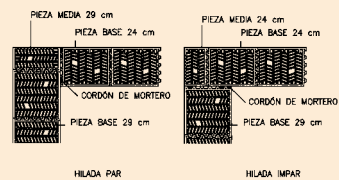
HILADA IMPAR

DETALLE DE CRUCE DE MUROS DE 24 cm

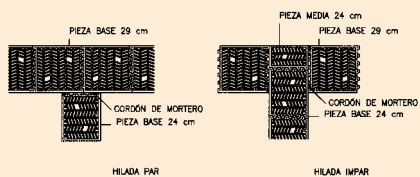
Detalles básicos de encuentros con piezas de 24 y 29 cm



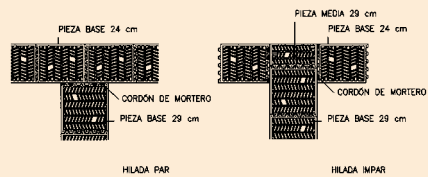
DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 24 cm CON MURO DE 29 cm



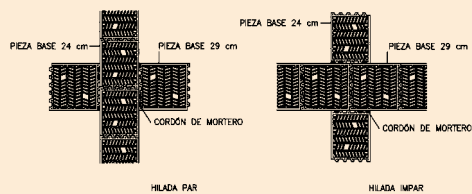
DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 29 cm CON MURO DE 24 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 24 cm CON MURO DE 29 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 29 cm CON MURO DE 24 cm



DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 24 cm Y MURO DE 29 cm

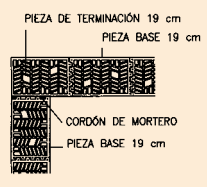


DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 29 cm Y MURO DE 24 cm

Detalles básicos de encuentros con piezas de 19 cm

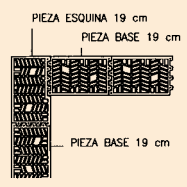


HILADA PAR

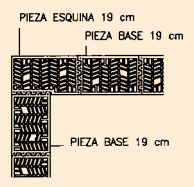


HILADA IMPAR

DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 19 cm

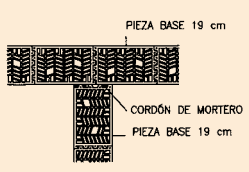


HILADA PAR

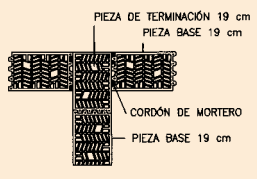


HILADA IMPAR

DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 19 cm CON PIEZA DE ESQUINA

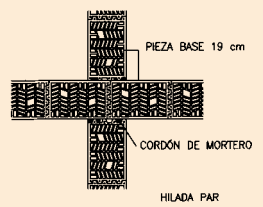


HILADA PAR

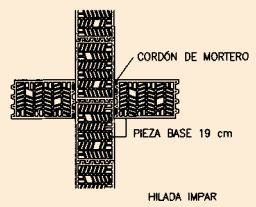


HILADA IMPAR

DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MUROS DE 19 cm



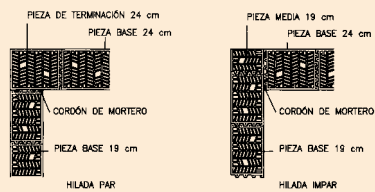
HILADA PAR



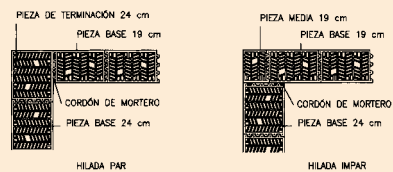
HILADA IMPAR

DETALLE DE CRUCE DE MUROS DE 19 cm

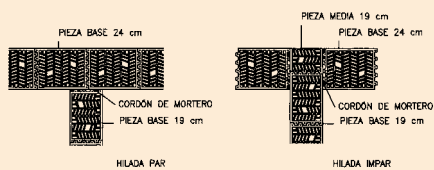
Detalles básicos de encuentros con piezas de 19 y 24 cm



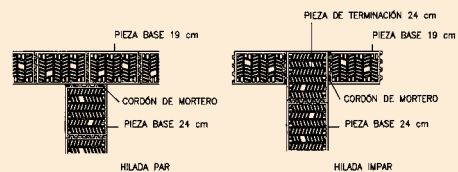
DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 19 cm CON MURO DE 24 cm



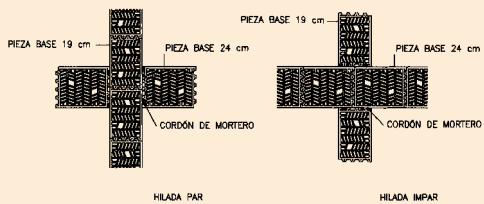
DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 24 cm CON MURO DE 19 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 19 cm CON MURO DE 24 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 24 cm CON MURO DE 19 cm



DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 19 cm Y MURO DE 24 cm



DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 24 cm Y MURO DE 19 cm

ANEXO C.

Método empírico para calcular muros de sótano con empuje de terreno.

Este método se ha extractado del EUROCÓDIGO 6 Parte 1 "Proyecto de estructuras de fábrica" UNE-ENV 1996-1-1, AENOR, Mayo de 1997.

En un muro de sótano con empuje de terreno no serán necesarias comprobaciones detalladas del cálculo, cuando de cumplan las condiciones siguientes:

- La altura libre del muro de sótano es igual o inferior a 2,60 m y su espesor mayor de 20 cm.
- El forjado sobre el sótano se comporta como un diafragma y puede soportar los esfuerzos resultantes del empuje del terreno.
- La sobrecarga P_s en la superficie del terreno no es mayor que 5 kN/m^2 en la zona de influencia sobre el muro de sótano, y ninguna carga concentrada a menos de 1,50 m del muro es mayor que 15 kN.
- La superficie del terreno no se eleva, y la profundidad del relleno no supera la altura del muro.
- El esfuerzo vertical de cálculo en el muro por unidad de longitud, N , resultante de la acción permanente a media altura del relleno cumple las siguientes relaciones:

$$\text{si } b_c \geq 2h, \quad \frac{t \cdot f_k}{3 \cdot \gamma_M} \geq N \geq \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{20 \cdot t}$$

$$\text{si } b_c \leq h, \quad \frac{t \cdot f_k}{3 \cdot \gamma_M} \geq N \geq \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{40 \cdot t}$$

siendo:

b_c distancia entre muros transversos u otros elementos arriostrantes

h altura libre del muro de sótano

h_e profundidad del terreno contenido en el muro

t espesor del muro

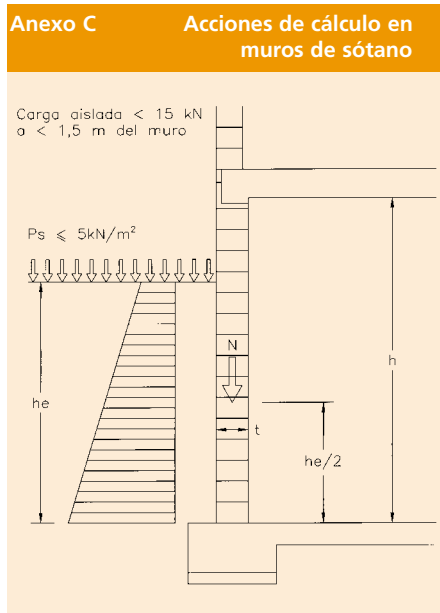
ρ_e densidad del terreno

f_k resistencia característica a compresión de la fábrica

γ_M coeficiente parcial de seguridad del material (para valores de b_c comprendidos entre h y $2h$ puede interpolarse linealmente entre los valores obtenidos en las fórmulas anteriores).

- No hay presión hidrostática

- No existe plano de deslizamiento por la existencia de barrera antihumedad.



Bibliografía.

- ANDIL: *La corretta esecuzione della murature in laterizio*, Roma.
- CALAVERA, J.: *Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación*, 4ª ed. Instituto Tecnológico de Materiales de Construcción (INTEMAC), 1998.
- CEN: *Eurocódigo 6: Desing of Masonry Structures*. Part 1-3: Generals Rules for Buildings-Detailed Rules on Lateral Loading, CEN, 1998.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT: D.T.U. 20.1, Union Nationale de la Maçonnerie, 1985.
- DE BENITO ET AL.: *Curso de Rehabilitación: Cerramientos y acabado*. Tomo 7, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), 1998.
- EN 845-1.
- EUROCÓDIGO 6: "Proyecto de estructuras de fábrica" UNE-ENV 1996-1-1, Parte 1 "Reglas generales para edificios. Reglas para fábrica y fábrica armada", AENOR, Mayo de 1997.
- EUROCÓDIGO 6: "Proyecto de estructuras de fábrica" UNE-ENV 1996-2, Parte 2 "Proyecto, selección de materiales y ejecución de fábricas", AENOR, Diciembre de 2000.
- FOMBELLA, RICARDO: *Estructuras varias: Estructuras de ladrillo*, Fundación Escuela de la Edificación (UNED), 1986.
- HENDRY, ARNOLD W.: *Structural Masonry*, 1ª ed., Londres, Macmillan, 1990.
- HISPALYT: *El Muro de Ladrillo. Parte I: Recomendaciones para el Proyecto, Cálculo, Ejecución y Control de los Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillo y Bloque Cerámico*, Hispalyt, 1992.
- HISPALYT: *Manual: Ejecución de Fachadas con Ladrillo Cara Vista*, Madrid, Hispalyt, 1998.
- INSTITUTO EDUARDO TORROJA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL CEMENTO, PIET 70: *obras de fábrica*, IETcc, 1970.
- ISO 9001.
- ISO/DIS 8990.
- INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CATALUÑA (ITeC): *Criterios de diseño constructivo y de ejecución de soluciones de una hoja de bloque TERMOARCILLA®, para aplicación en muros portantes y cerramientos exteriores de edificios para uso residencial*, Madrid, 2002.
- LOGELAIS, LOUIS: *Pathologie des Ouvrages en Maçonnerie. Deuxième partie: Les Maçonneries dans leur fonction de paroi*, Annales de l'Institut Technique de bâtiment et des Travaux Publics, suplemento nº303, 1973.
- MINISTERIO DE FOMENTO: *EFHE: Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Forjados Unidireccionales de Hormigón Estructural realizados con elementos prefabricados*, Ministerio de Fomento, Subsecretaría General Técnica, 2002.
- MINISTERIO DE FOMENTO: *EHE: Instrucción de Hormigón Estructural*, 2ª ed., Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, 1999.
- MINISTERIO DE FOMENTO: *RC-97: Instrucción para la Recepción de Cementos*, Ministerio de Fomento, 1997.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *NBE AE-88: Acciones en la Edificación*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Secretaría General Técnica, 1988.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *NBE CA-88: Condiciones Acústicas en los Edificios*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Secretaría General Técnica, 1988.

- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *NBE CT-79: Condiciones Térmicas en los Edificios*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Secretaría General Técnica, 1979.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *NBE FL-90: Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillo*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Secretaría General Técnica, 1990.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: NTE-RPR:Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- MONJO, JUAN: *Cerramientos de Fábrica. Grietas y Fisuras*. Curso de Patología, Conservación y Restauración de Edificios. COAM 1995.
- NEILA, FRANCISCO J., BEDOYA, CÉSAR: *“El comportamiento térmico y la inercia térmica de las fábricas con bloques Termoarcilla”*, NA: Nueva Arquitectura con Arcilla Cocida nº5, Madrid, Faenza Editrice Ibérica S.L., Hispalyt, 1997.
- PARICIO, IGNACIO: *La Fachada de Ladrillo*, Bisagra, 1998.
- PARICIO, IGNACIO: *“La Fachada Ventilada con Ladrillo Cara Vista”*, NA: Nueva Arquitectura con Arcilla Cocida nº2, Faenza Editrice Ibérica S.L., Hispalyt, 1995.
- TUBI, NORBERTO: *La realizzazione di Murature in Laterizio*, 3ª ed., Roma, Edizioni Laterconsult, Andil sezione Murature, 1993.
- UNE 136.010-96.
- UNE 67.046-88.
- UNE 74040.
- UNE 83.200-84.
- UNE 83.284-90.
- UNE 83.800-94.
- UNE 83.823-90.
- UNE 85.219-86.
- UNE 92.001-90.
- UNE 92.001-91.
- UNE 92.201-89.
- UNE 92.202-89.
- VALDEHITA, Mª TERESA: *Morteros de Cemento para la Albañilería*, Monografías del Instituto Eduardo Torroja nº337, Madrid, I.E.T.c.c., 1976.
- ZANARINI, GIORGIO: *Costruire senza difetti*, Alveolater, Bologna 1996.