

Nuevas soluciones para la fijación de aplacados de piedra natural en la edificación actual

ANTONIO OTERO CIFUENTES, ARQUITECTO TÉCNICO (MECANOTUBO, S.A.)

INDICE GENERAL

1. La problemática.
2. Principios para una fijación idónea.
3. Soluciones para dicha fijación idónea.
4. Características exigibles a un anclaje idóneo.
5. Cámaras aislantes entre placas y muro soporte.
 - 5.1 Aplacados con fijación por alambre y trasdosado de mortero.
 - 5.2 Aplacados como cerramiento de cámaras ventiladas (Aplacados Flotantes).
6. Criterios a tener en cuenta en el diseño de fachadas
 - 6.1 Tamaño de las placas.
 - 6.2 Junta entre placas.
 - 6.3 Espesor de las placas.
 - 6.4 Puntos de fijación.
 - 6.5 Tratamiento de juntas entre placas.
 - 6.6 Disposición de las juntas.
7. Tipos de elemento portante más usuales.
 - 7.1 Fábricas de ladrillo macizo.
 - 7.2 Fábricas de elementos huecos.
 - 7.3 Elementos de hormigón.
8. Sistemas de anclaje industriales.
 - 8.1 Según el elemento soporte.

1. LA PROBLEMATICA

En la edificación moderna, el uso de piedra como material de revestimiento ha experimentado un auge notable en los últimos años.

Este hecho no deja de resultar paradójico en una situación como la actual donde la tendencia general es prefabricar, abaratar a toda costa, minimizar los costos de mano de obra y hasta utilizar materiales poco durables (y a veces claramente inadecuados) incluso en edificios representativos.

Sin embargo, y sin salir de nuestro país, encontramos una gran cantidad de edificios cuya fachada tiene como material final de, placas de piedra natural.

Todos sabemos que los problemas se plantean al proyectar y ejecutar las fachadas con dicho material, a saber, a modo de ejemplo y sin pretender ser exhaustivo:

- Elección de la piedra adecuada para el uso del edificio (uso estético, no funcional).
- Elección del o los tamaños adecuados de las placas para el mencionado uso y la economía del conjunto.
- Despiece de dichas placas.
- Elección de la labra adecuada para lograr los efectos estéticos y funcionales definidos en proyecto

de piedra a efectos de fijación.

- 6.1 Tamaño de las placas.
- 6.2 Junta entre placas.
- 6.3 Espesor de las placas.
- 6.4 Puntos de fijación.
- 6.5 Tratamiento de juntas entre placas.
- 6.6 Disposición de las juntas.

7. Tipos de elemento portante más usuales.

- 7.1 Fábricas de ladrillo macizo.
- 7.2 Fábricas de elementos huecos.
- 7.3 Elementos de hormigón.

8. Sistemas de anclaje industriales.

- 8.1 Según el elemento soporte.

(biseles, escalones, pulidos, abujardados, juntas separadas, etc.) con el consiguiente efecto en el coste.

- Encontrar la empresa de lantería y los operarios que puedan llevar a cabo el trabajo.
- Solución de la sujeción o anclajes de la piedra al soporte (muros, forjados).

Es sobre este último punto sobre el que centraremos nuestro análisis.

2. PRINCIPIOS PARA UNA FIJACION IDONEA

Al abordar el revestimiento de edificios (interior o exterior) con placas delgadas de piedra natural, el principio básico a tener en cuenta, es el de que dichas placas de piedra son un elemento **distinto** en sus características físicas y mecánicas al resto del muro.

En consecuencia, se ha de conseguir que la fijación sea de **continuidad** entre muro-soporte y placa de piedra.

Otro principio básico es el hecho de que se utiliza piedra por ser en general un material **más noble**; esto es, **más bello y durable** que el resto de los componentes del muro.

Por lo tanto, la fijación de dicho material noble debiera ser de tal naturaleza que permitiese al máximo las dimensiones originales de la placa de pie-

dra sin dañarlas y que el proceso de puesta en obra no dañase ni ensuciase la piedra de manera irreversible.

Continuando con los principios básicos, los anclajes debieran permitir a los Arquitectos suficiente libertad de diseño en el aspecto exterior del aplacado.

Asimismo, no debieran ignorar las nuevas tendencias de construcción de muros con elementos aislantes en su interior.

A este efecto un gran avance es la utilización de aislantes continuos (proyectados, en placas, en mantas continuas, etc.), recubriendo por completo muros y elementos de estructura del edificio (vigas, pilares, zunchos de atado, etc.) y minimizando la influencia de puentes térmicos en el funcionamiento del edificio.

Otra ventaja adicional del aislamiento exterior en cámara ventilada es su notable funcionamiento ante las filtraciones de lluvia entre las juntas de placas (que no son impermeables), que son absorbidas por la masa del mortero de agarre y lo empanan.

Dichas filtraciones dañan progresivamente la fachada y pueden tener como consecuencias más importantes las siguientes:

- Aparición de manchas de humedad en el exterior de las placas.
- Aparición de eflorescencias en el exterior de las placas.
- Saturación de agua del mortero de agarre, lo que es muy peligroso si dicha agua se hiela y lógicamente expande.
- Desprendimiento de placas por lo anterior y oxidación de anclajes no inoxidable.
- Daños en los muros soporte y en los aislantes de cámara interior.
- Aparición de humedades en el interior de los locales del edificio.

El tema del aislamiento lo desarrollaremos más adelante.

3. SOLUCIONES PARA DICHA FIJACION IDONEA

Analizando punto por punto los anteriores principios, podemos decir que:

- El hecho de que la piedra sea un material **distinto**, obliga a que el anclaje sea, entre placa y elemento portante, un elemento lo más **puntual** y pequeño posible. La continuidad **placa-estructura** se conseguirá pues con elementos suficientemente **capaces** y **durables** que serán dichos anclajes.
- El hecho de que la piedra sea un material **noble**, obliga a que el proceso de puesta en obra no dañe dimensionalmente la placa, (hecho frecuente con los elementos de alambre tradicionales, cuya conexión con las placas no es exacta).

Asimismo, no debe ensuciar dicha placa (hecho habitual cuando se trasdosa con morteros la superficie de la placa, lo que provoca además la aparición de eflorescencias y manchas de humedad de los aplacados).

- En cuanto a la libertad de diseño, los anclajes no impedirán el que las placas puedan ser de gran tamaño, las juntas puedan ir separadas (reproduciendo fielmente el ritmo de los planos de alzado de fachada) y no sea complicado combinar piedra con carpinterías de huecos.

- Por último, para poder integrar aislamientos entre la piedra (hoja final de acabado) y el resto del edificio, los anclajes han de ser capaces de trasladar sin problemas las cargas propias y las sobrecargas de viento producidas sobre los aplacados a los elementos resistentes (muros o estructuras), pero dejando espacio suficiente entre aplacado y muro.

4. CARACTERISTICAS EXIGIBLES A UN ANCLAJE IDONEO

a) **Capacidad.** Tendrán la capacidad de carga adecuada para soportar las fuerzas de viento y el peso de las placas sin someter a éstas a tensiones innecesarias.

b) **Transmisión.** Serán capaces de transmitir dichas cargas a los elementos portantes con garantía de que estos últimos podrán soportar asimismo dichas cargas.

c) **Diseño.** Su diseño permitirá a la eventual humedad que pudiese situarse tras las placas (por lluvia o condensación) se acumule en zonas concretas (actuando como goterón) y que en todo caso no tienda a caer hacia el muro soporte.

d) **Regulación.** Permitirán subsanar las irregularidades de la construcción sin que se noten en la unidad de la obra acabada (aplacado).

e) **Limpieza.** Serán capaces de sujetar las placas sin necesidad de ensuciarlas en exceso con morteros o similares.

f) **Simplicidad.** No obligarán a un costoso trabajo de labra en las placas de piedra. El más simple es el anclaje que exige solamente unos taladros cilíndricos en el canto de las placas.

g) **Garantía.** Tendrán por diseño y fabricación una definición clara de sus características mecánicas sin necesidad (en principio) de ensayos.

h) **Durabilidad.** Estarán fabricados en material que garantice su mantenimiento de características en el tiempo.

La norma DIN 18516 del 86 fija como material adecuado el acero inoxidable de calidad soldable.

i) **Referidos a normas.** En general nos estamos refiriendo a los anclajes **ocultos** que definen las NTE, las DIN, las DTU, las ASTM, las BS, etc.

5. CAMARAS AISLANTES ENTRE PLACAS Y MURO SOPORTE

5.1 Aplacados con fijación por alambre y trasdosado de mortero

Según lo visto en el punto 2, la solución denominada "tradicional" con placas sujetas con alambre, generalmente galvanizado, y trasdosadas con mortero de cemento (el yeso no se debe admitir en fachadas), exige una solución también "tradicional" para todo el conjunto, es decir:

- Placas pequeñas y ligeras (del orden de 20x30 centímetros).
- Eso provoca muchas juntas (buena absorción de dilataciones).
- Muros soporte gruesos para conseguir aislamiento térmico y acústico y resistencia a las filtraciones por capilaridad.

Las desventajas son evidentes en cuanto a puesta en obra, peso del conjunto, fachadas sucias y humedades.

Con respecto a estas últimas, se ha de notar que la junta tradicional "a hueso" no es impermeable, el mortero de agarre absorbe humedad y los ciclos de hielo-deshielo dañan notablemente el conjunto.

5.2 Aplacados como cerramiento de cámaras ventiladas (Aplacados Flotantes)

Este está siendo el objeto de este análisis y es el que necesita de una adecuada solución de anclaje.

En todo caso se puede considerar además la posibilidad de integrar aislantes por el exterior del muro soporte con ventajas, tales como:

5.2.1 Comportamiento ante puentes térmicos

La disposición exterior del aislante permite la total protección de elementos con alto grado de conductancia térmica (zunchos, pilares, vigas de cuelgue), reduciendo al mínimo el flujo calorífico interior/exterior o viceversa e incidiendo en un mayor ahorro energético a igual temperatura interior.

5.2.2 Durabilidad de la fachada

Si un muro se aísla por el exterior se reducirán en intensidad los ciclos de calentamiento/enfriamiento de dicho muro, lo que beneficia su durabilidad. No obstante, conviene prever que la hoja exterior de la fachada ha de contar con los suficientes dispositivos de dilatación para que no aparezcan tensiones de compresión, que pueden dañarles.

Es por ello conveniente además que el aislante

pueda absorber dichos movimientos para evitar su rotura.

5.2.3 La hoja interior como acumulador calorífico

Siendo dicha hoja un elemento de notable inercia térmica, una vez caliente, transmitirá su calor por radiación al local, lo que permitirá reducir los costes de calefacción. En verano, el aislamiento exterior tenderá a evitar su excesivo calentamiento, con lo que dicho fenómeno será a la inversa, evitando la emisión calorífica nocturna.

5.2.4 Aislamiento exterior y condensación

El hecho de que la hoja interior de la fachada se mantenga caliente, hace que se retrase hasta la cara exterior del aislante la aparición de la temperatura de rocío o condensación del vapor de agua y en ese punto, la evaporación de dicha humedad es más fácil, precisamente por ser la cámara ventilada.

Como resumen, podemos decir que la cámara ventilada y aislada en el exterior del muro soporte, auna los principios del forjado sanitario en sótanos (humedades) y la cubierta invertida (aislamiento y durabilidad).

6. CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE FACHADAS DE PIEDRA A EFECTOS DE FIJACION

Hemos hablado al principio de prefabricación y unificación como tendencia de la edificación actual.

Es claro que esas tendencias son aplicables también a los aplacados de piedra y a sus anclajes con los consiguientes beneficios en costo final (mejora en el proceso de fabricación, puesta en obra y control, mejora en el plazo de ejecución).

6.1 Tamaño de las placas

En primer lugar, partimos de la base de que las placas a fijar tendrán un espesor mínimo de 3 centímetros para placas verticales (según NTE), y 4 centímetros para placas horizontales (según DIN).

Como el problema principal que nos ocupa es el de las placas verticales, nos referiremos en general a placas en esta disposición.

Atendiendo exclusivamente a efectos de fijación, las dimensiones mínimas por razones económicas serán de 60x40 centímetros en placas sujetas por junta vertical y de 60x80 centímetros en placas sujetas por junta horizontal (Figura 1).

6.2 Juntas entre placas

Las placas de piedra son un elemento (debido a su delgadez) más débil que el resto de la fachada (muros y estructura).

De todos es sabido que los edificios, por rígidos que sean, tienen movimientos de tipo térmico, reológico, elástico, asientos, etc.

Es por ello que, para la determinación de juntas entre placas, no se ha de atender al hecho de que la piedra natural dilata aproximadamente 1 milímetro por metro cada 50° C, sino que además, el edificio lo va a transmitir en cierto grado de movimientos.

Además, a mayor dimensión de juntas entre placas se abarata notablemente la colocación y la fabricación de la piedra.

Es importante notar que son las juntas separadas entre placas las que establecen fidelidad entre los planos de alzado y la fachada acabada (una línea de espesor 0,2 milímetros a escala 1/50 equivale a 10 milímetros en la realidad).

En todo caso, las juntas entre piedras no dependen del espesor del anclaje, pues éste se puede ocultar en el canto de las piedras con un pequeño rebaje invisible.

Por todo ello, la junta recomendada en sus valores mínimos es de 6 milímetros en juntas sin sellar y de 8 milímetros en juntas selladas.

La práctica habitual en Alemania, país pionero en la utilización de este tipo de anclaje, es de 10 milímetros.

Muestra de ellos es la magnífica fachada del nuevo museo estatal de Stuttgart, obra de James Stirling.

6.3 Espesor de las placas

Según lo referido en el punto 2.1, se ha de tener en cuenta lo siguiente:

Las placas de piedra a utilizar en fachadas han de poder soportar las tensiones provocadas por su propio peso (pandeo en placas verticales y flexión en placas horizontales), viento de presión y succión (flexión) y vibraciones (en placas horizontales).

Las dimensiones mínimas deben ser:

- 3 centímetros de espesor en **placas verticales**, aproximadamente 90 kg/m².
- 4 centímetros de espesor en **placas horizontales**, aproximadamente 120 kg/m².

En cuanto a placas inclinadas, podemos asimilarlas en cuanto a espesor, a los dos grupos anteriores:

- Inclinación > 60° equivale a **vertical**, 3 centímetros
- Inclinación < 60° equivale a **horizontal**, 4 centímetros.

6.4 Puntos de fijación

Cada placa irá sujeta en, al menos, 4 puntos.

La fijación permitirá las variaciones de dimensión de las placas debidas a cambios de temperatura, por medio de anclajes deslizantes (Figura 2).

6.5 Tratamiento de juntas entre placas

Si por razones estéticas o funcionales hubiésemos de sellar dichas juntas, el sellado se realizará con bandas de goma celular o con silicona de alta cali-

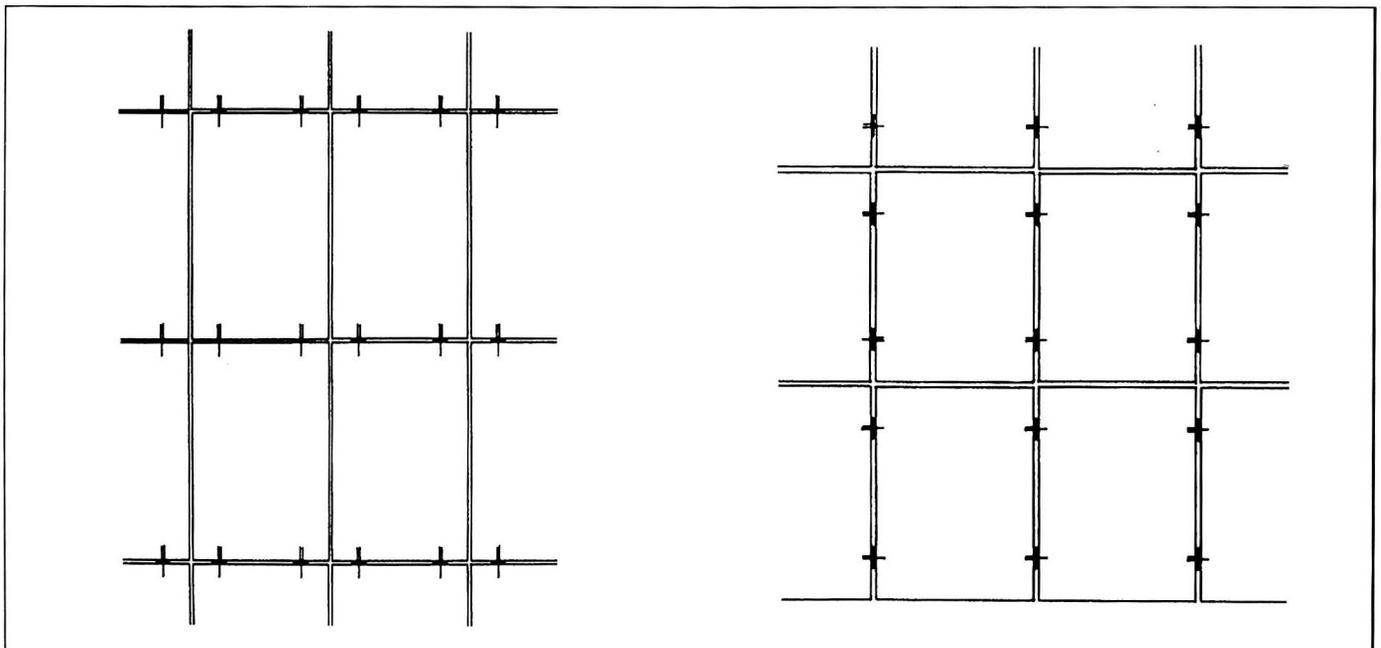


Figura 1:

Sujeción por junta horizontal y por junta vertical

dad, que no envejezca (endurecimiento, cambio de color), para que no provoque tensiones al comprimirse o se desprenda al expandirse, al dilatar o contraerse las placas respectivamente.

En todo caso, para garantizar la ventilación de la cámara, conviene dejar sin sellar alguna junta en la zona inferior y en la superior.

6.6 Disposición de las juntas

A efectos de anclaje conviene mantener la continuidad de juntas verticales y horizontales.

Las disposiciones en falso aparejo, esto es, con juntas horizontales continuas y verticales contrapeadas, son perfectamente solucionables anclando las placas por sus juntas verticales (Figura 3).

7. TIPOS DE ELEMENTO PORTANTE MAS USUALES

7.1 Fábricas de ladrillo macizo

Son las más usuales y la fijación de placas se resuelve con el más simple y económico sistema de anclaje, que es el anclaje de pletina.

Este se empotra en la fábrica en orificios cilíndricos ejecutados mecánicamente y rellenos con morteros normales, tipo M-90-a o bien con morteros mejorados tipo GROUT (si el empotramiento se hace en muros de hormigón).

7.2 Fábricas de elementos huecos

- Ladrillos cerámicos huecos.
- Bloques de hormigón huecos.

Son las menos aconsejables desde el punto de vista de fijación. Obligan a la utilización de anclajes por inyección de mortero para crear un punto de anclaje en muros con suficiente capacidad mecánica.

7.3 Elementos de hormigón

- Muros continuos.
- Pilares y vigas (también acero).
- Forjados.
- Estructuras porticadas (también acero).

Todos los elementos de hormigón permiten una fijación primaria más fiable por medio de perfiles embebidos para unir con tornillo de anclajes regulables HFS-Z y HFS-U, o bien por medio de pernos de expansión o químicos para los mismos anclajes regulables.

En general, los muros portantes de un edificio tienen una mezcla de todos estos elementos por lo que suele ser habitual utilizar varios sistemas de anclaje cuando la obra es de cierta importancia.

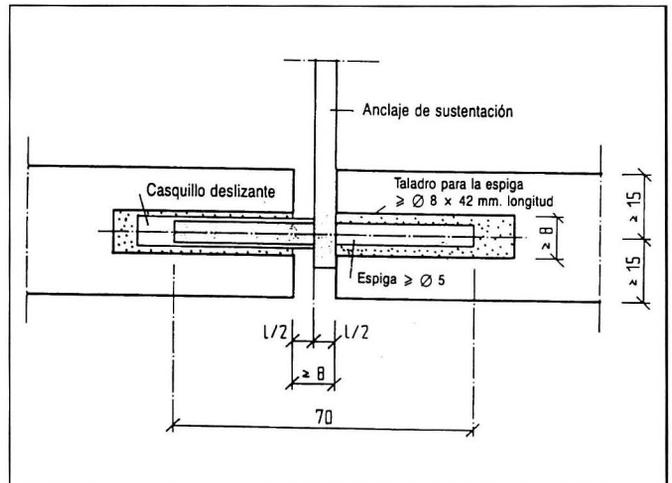


Figura 2:
Detalle del apoyo deslizante

8. SISTEMAS DE ANCLAJE INDUSTRIALES

Según DIN 19516/86 estarán fabricados en acero inoxidable de calidad soldable tipos 1.4571, 1.4401 y 1.4301 (correspondiente a AISI 316 TI, AISI 316 y AISI 304 según normativa U.S.A.).

La subdivisión de dichos sistemas se puede hacer teniendo en cuenta diversos aspectos.

8.1 Según el elemento soporte (Cuadro 1)

8.1.1 Anclajes para fábricas macizas

- Sistema de pletina conformada.
- Sistema directo regulable.

8.1.2 Anclajes para fábricas huecas

Estas fábricas no son recomendables para la fijación de placas de piedra.

En todo caso el punto de fijación primario se hará con un perno por inyección de mortero y con un an-

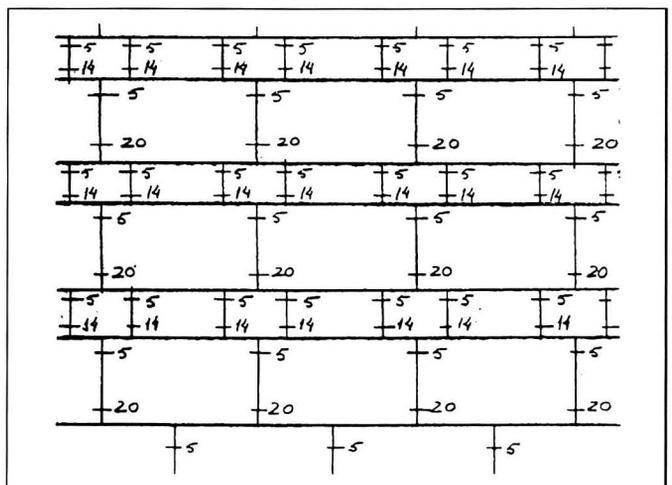


Figura 3:
Sujeción por junta vertical en el Palacio del Senado (Madrid)

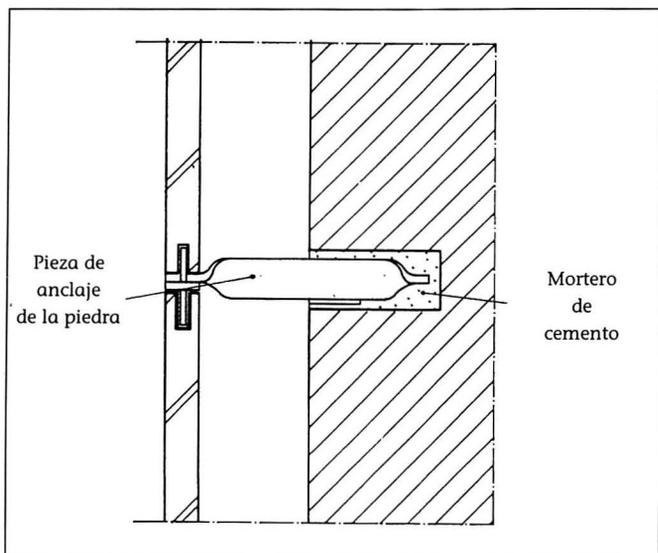


Figura 4:
Sistema de anclaje simple directo (Fijo y empotrado)

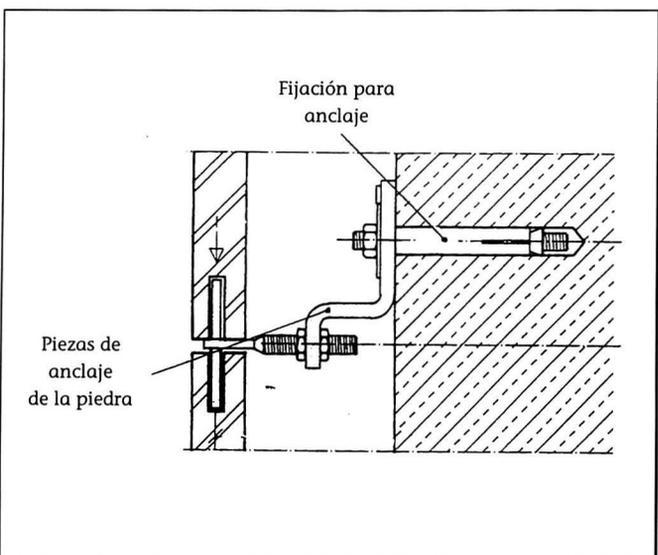


Figura 5:
Sistema de anclaje compuesto directo (regulable)

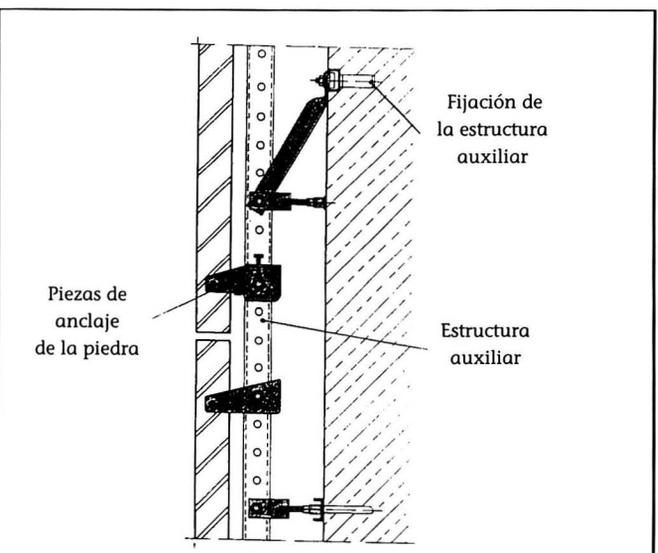


Figura 6:
Sistema de anclaje compuesto con estructura auxiliar

claje posterior directo regulable.

8.1.3 Anclajes para hormigón

- Sistema de pletina conformada.
- Sistema directo regulable.
- Sistema de perfiles colgantes.

8.2 Según su fijación al soporte

8.2.1 En seco

- Sistemas regulables (directo o con perfiles colgantes) sujetos con pernos químicos o con perfiles embebidos y tornillos.

8.2.2 En húmedo

- Sistema de pletina conformada, empotrado con mortero.

8.3 Según su regulación (Cuadro 2)

8.3.1 Regulables

- Sistema directo o de perfiles de cuelgue. Dentro de unos límites en cualquier momento.

8.3.2 Fijos

- Sistema de pletina conformada. La regulación se hace con mortero fresco.

8.4 Según los componentes del sistema (Cuadro 2)

8.4.1 Simples directos

Son los anclajes de pletina conformada que entran tanto en el muro soporte (empotramiento) como en la placa de piedra (Figura 4).

8.4.2 Compuestos directos

- Anclaje regulable. Consta de fijación al soporte (perno o perfil embebido) y anclaje regulable a la piedra (Figura 5).

8.4.3 Compuestos con estructura auxiliar

- Anclaje regulable con perfiles colgantes. Consta de una fijación al soporte (perno o perfil embebido), sistema auxiliar de perfiles verticales que regulariza la fachada, y anclajes finales a la piedra desde dichos perfiles (Figura 6).

9. BIBLIOGRAFIA

- BERNSTEIN, CHAMPELIER, PEIFFER: *Nuevas técnicas en la obra de fábrica*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1985.
- ALLE, E.: *Cómo funciona un edificio*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1982.
- ISOVER: *Manual de aislamiento*. 1989.
- COLIN ROWE: *James Stirling: obras y proyectos*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1985.
- NORMA DIN 18515/70.
- NORMA DIN 18516/86.
- NORMA DIN 4108/81.
- NTE RCP/73.

| SISTEMA | SOPORTES | | | |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------------|
| | Fáb. Maciza | Fáb. Hueca | Hormigón | Acero |
| De Pletina Conformada | EMPOTRADO (mortero) | — | EMPOTRADO (grout) | SOLDADURA (inoxidable) |
| Directo regulable | PERNOS DE INYECCION DE MORTERO | PERNOS DE INYECCION DE MORTERO | PERNOS QUIMICOS O EXPANSON PERFILES EMPOTRADOS | TORNILLOS SOLDADURA (inoxidable) |
| De perfiles colgantes | PERNOS DE INYECCION DE MORTERO | — | PERNOS QUIMICOS O EXPANSON PERFILES EMPOTRADOS | TORNILLOS SOLDADURA (inoxidable) |

Cuadro 1:
Sistemas de anclaje industriales en acero inoxidable: Soportes y métodos de fijación

| SISTEMA | CARACTERISTICAS | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|
| | Regulación | Componentes | Desmontables |
| De Pletina | EN HUMEDO | SIMPLES | NO |
| Directo regulable | SIEMPRE | COMPUESTOS | SI |
| De perfiles colgantes | SIEMPRE | CON ESTRUCTURA AUXILIAR | SI |

Cuadro 2:
Sistemas de anclaje industriales en acero inoxidable: Características

