

DETALLES QUE CONSTRUYEN: UN BANCO DIGITAL DE FACHADAS PARA MEJORAR PROYECTO, OBRA Y DOCENCIA EN ARQUITECTURA TÉCNICA

I. González Juan¹, M. F. Céspedes López²

¹ San José Constructora, Pontevedra, España

² Universidad de Alicante, Alicante, España

RESUMEN

Las lesiones y fallos que aparecen en los edificios se originan a menudo en una definición insuficiente de la envolvente, en especial en los encuentros entre fachada, forjados y huecos. Diversos estudios sobre patología en la edificación señalan que la ausencia de detalles constructivos claros incrementa el riesgo de humedades, fisuras, desprendimientos y pérdidas energéticas. Al mismo tiempo, el marco normativo español se ha vuelto más exigente en materia de salubridad, aislamiento acústico, seguridad estructural, comportamiento frente al fuego y eficiencia energética. Este contexto obliga a los técnicos a resolver puntos singulares cada vez más complejos, pero la documentación disponible en muchos proyectos sigue siendo incompleta o poco precisa. Ante esta realidad, se plantea la creación de un banco digital de detalles de fachadas que sirva como herramienta de apoyo al diseño, a la ejecución y a la docencia.

La metodología es descriptiva y se desarrolla en varias fases. En primer lugar, se realiza una revisión de la bibliografía técnica y de la normativa vigente para identificar las tipologías de fachadas más habituales y los puntos singulares que concentran mayor problemática. A continuación, se seleccionan nueve soluciones representativas de cerramiento en edificación residencial, combinando fábricas tradicionales, cámaras de aire, revestimientos continuos y discontinuos, sistemas de aislamiento por el exterior y cámaras ventiladas. Para cada tipología se analizan las exigencias normativas de protección frente a la humedad, transmisión del ruido, estabilidad, reacción y resistencia al fuego, así como comportamiento térmico. Con este marco se diseñan cinco encuentros tipo por cada fachada: peto de cubierta, encuentro con balconeras, encuentro con ventanas, frente de forjado y arranque en cimentación. Los detalles se desarrollan mediante dibujo en dos dimensiones (2D) y modelización tridimensional (3D), generando fichas normalizadas que reúnen los detalles constructivos y recomendaciones de diseño y ejecución.

Los resultados son un conjunto estructurado de cuarenta y cinco detalles constructivos de fachada, cada uno de ellos asociado a una ficha que facilita su consulta y su adaptación a distintos proyectos. Las soluciones propuestas muestran cómo compatibilizar de forma coherente las distintas exigencias normativas en los puntos singulares, garantizando la continuidad de las capas de aislamiento, el adecuado drenaje y evacuación de agua, el correcto apoyo de las fábricas y la elección de materiales

compatibles con las condiciones de exposición. La incorporación de modelos tridimensionales accesibles mediante enlaces en línea facilita la comprensión espacial de los encuentros y abre la puerta a su integración en entornos de modelado digital de edificios y a su uso en obra mediante dispositivos móviles.

Como conclusión principal, el trabajo demuestra que es posible sistematizar un banco de detalles de fachadas basado en la normativa vigente y orientado a apoyar la definición técnica de los encuentros de fachada, con potencial para mejorar la coherencia documental del proyecto y servir como base para futuras validaciones sobre su impacto en la reducción de lesiones. El formato digital del banco y su conexión con modelos tridimensionales lo convierten en una herramienta útil tanto para profesionales como para estudiantes, y sienta las bases para futuras ampliaciones a otras partes de la envolvente, como cubiertas y encuentros con el terreno.

PALABRAS CLAVE: detalles constructivos, fachadas, banco digital, modelado 3D, BIM.

1. INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios muestran que una parte significativa de las lesiones observadas en los edificios se relaciona con errores de proyecto. En particular, se asocian a una definición insuficiente o inadecuada de las soluciones constructivas [1, 2]. Los estudios sobre patología en la envolvente muestran que las fachadas concentran un alto porcentaje de siniestros, destacando desprendimientos, humedades, fisuras y grietas [3].

Paralelamente, la calidad técnica de los proyectos de ejecución sigue siendo una preocupación recurrente. Investigaciones sobre la documentación de proyecto ponen de relieve la falta de detalles constructivos, especialmente en edificios residenciales de pequeña entidad. También se describen incoherencias entre planos y mediciones [2]. En el ámbito de la envolvente, diversos informes y tesis doctorales han cuantificado el impacto de la ausencia o error en los detalles de cubiertas y fachadas. Estos déficits se relacionan con la aparición de patologías y litigios [3, 4].

Si bien existen recopilaciones de detalles constructivos, estas presentan tres limitaciones recurrentes: desactualización normativa [5-7], cobertura parcial de tipologías y dependencia de soluciones comerciales específicas [8, 9]. Frente a ello, este trabajo propone un banco digital de detalles de fachada que integra criterios normativos, codificación homogénea, representación 2D/3D y consulta digital unificada. Su aportación original no reside solo en reunir detalles, sino en normalizarlos como sistema técnico comparable y escalable para proyecto, obra y docencia.

En este contexto, se identifica una doble necesidad. La primera es disponer de bases de datos de detalles constructivos de fachada actualizadas al CTE, que ayuden a los técnicos a resolver encuentros complejos minimizando el riesgo de lesiones. La segunda es avanzar hacia nuevas metodologías de trabajo que integren estos recursos en entornos digitales y BIM, centralizando la información del proyecto y facilitando su acceso en obra.

El objetivo principal de este documento es desarrollar un banco digital de detalles constructivos de fachadas, actualizado a la normativa española vigente. Para ello, se pretende seleccionar y clasificar

tipologías representativas de fachada residencial. También se busca identificar los materiales más adecuados en función de cada solución constructiva. Además, se plantea para cada tipología un conjunto homogéneo de encuentros singulares que compatibiliza las exigencias térmicas, acústicas, de seguridad en caso de incendio, estabilidad y salubridad. Por último, estas soluciones se organizan en fichas normalizadas con soporte 2D, 3D y acceso digital, con el fin de facilitar su consulta y su aplicación técnica.

El documento se organiza en cinco secciones. En la sección segunda se describen los materiales y el método. En la sección tercera se presentan los resultados. En la sección cuarta se discuten los resultados. La quinta sección resume las conclusiones, limitaciones y líneas futuras de investigación.

2. METODOLOGÍA

La metodología que se adoptó es descriptiva de tipo transversal, dado que las soluciones constructivas propuestas se corresponden con un estado concreto del marco normativo vigente en el momento de la realización de este documento -CTE [10] y NCSE-02 [11]-. Con este enfoque se buscó ofrecer una “fotografía” actualizada de posibles detalles de fachada [12].

La metodología se organizó en varias fases sucesivas, desde la revisión del marco normativo hasta la elaboración y estructuración digital de las fichas.

En una primera fase, se realizó una revisión de los Documentos Básicos del CTE aplicables a fachadas. El análisis se centró en: protección frente a la humedad y clasificación por exposición e impermeabilidad -DB-HS- [13]; aislamiento acústico y resolución de encuentros para evitar puentes acústicos -DB-HR- [14]; definición de petos y protecciones frente a caídas -DB-SUA- [15]; estabilidad de fachadas y apoyo de fábricas -DB-SE- [16]; reacción al fuego y sectorización en fachada -DB-SI- [17]; y verificación térmica de cerramientos y puentes térmicos lineales en encuentros -DB-HE- [18]. Para el cálculo de parámetros térmicos, se utilizaron los Documentos de Apoyo del CTE (DA HE/1, MTMAU [19] y DA HE/3, MF [20]) y herramientas de cálculo de fabricantes, siguiendo recomendaciones de la bibliografía técnica. Además, se analizaron los criterios de la NCSE-02 [11] sobre la sujeción de fábricas de fachada y aplacados en función de la aceleración sísmica de cálculo de la zona. Esta revisión permitió definir el marco técnico de partida para el desarrollo de las soluciones constructivas.

En una segunda fase, se procedió a la selección y clasificación de tipologías representativas de fachada residencial. Esta selección se realizó atendiendo a su presencia habitual en la edificación española y a la necesidad de incluir soluciones constructivas suficientemente representativas [21, 22]. Por este motivo, se consideraron fachadas tradicionales de doble hoja con y sin cámara de aire, fachadas ventiladas y sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE).

En tercer lugar, para cada tipología se identificaron cinco puntos singulares relevantes (antepecho de cubierta, encuentro con huecos, frentes de forjado y arranque en cimentación). Su selección se basó en su recurrencia en el diseño y la ejecución de fachadas, así como en el riesgo existente de presentar puentes térmicos, filtraciones, problemas de estabilidad o discontinuidades.

En cuarto lugar, se desarrollaron las soluciones constructivas correspondientes a cada encuentro. Para ello, se definieron materiales, capas y disposiciones compatibles con las exigencias reglamentarias y con criterios de viabilidad constructiva, durabilidad y coherencia técnica.

En quinto lugar, la información se organizó en fichas homogéneas. Cada una de ellas incluyó la codificación de la solución, su denominación, la representación gráfica en 2D, el modelo 3D, la leyenda de materiales y una serie de indicaciones técnicas. Además, se establecieron criterios comunes de representación y nomenclatura para facilitar la comparación entre soluciones.

Por último, los modelos tridimensionales se alojaron en una plataforma digital de consulta y se generaron códigos QR vinculados a cada solución, los cuales se integraron en las fichas técnicas correspondientes. No obstante, cabe señalar que el trabajo no incorporó en esta fase una validación empírica de su aplicación, por lo que se planteó como línea futura su revisión por expertos y su implementación en casos piloto o en contextos docentes.



3. RESULTADOS


El banco digital se organiza en nueve fichas, una por cada tipología de fachada analizada. Cada ficha incluye cinco detalles correspondientes a puntos singulares recurrentes: encuentro de antepecho de cubierta, huecos (balconera y/o ventana), frentes de forjado y arranque en cimentación. Además, las fichas especifican el grado de impermeabilidad, las condiciones de la solución según la clasificación del CTE, así como recomendaciones técnicas orientadas a facilitar su interpretación y aplicación.

El banco reúne 45 detalles constructivos organizados en una estructura homogénea que integra codificación tipológica, representación 2D y 3D, leyenda de materiales e indicaciones técnicas, facilitando su consulta y comprensión.

La Tabla 1 recoge las tipologías incluidas en el banco y su correspondencia con el grado de impermeabilidad, las condiciones de la solución y el acceso al modelo tridimensional.

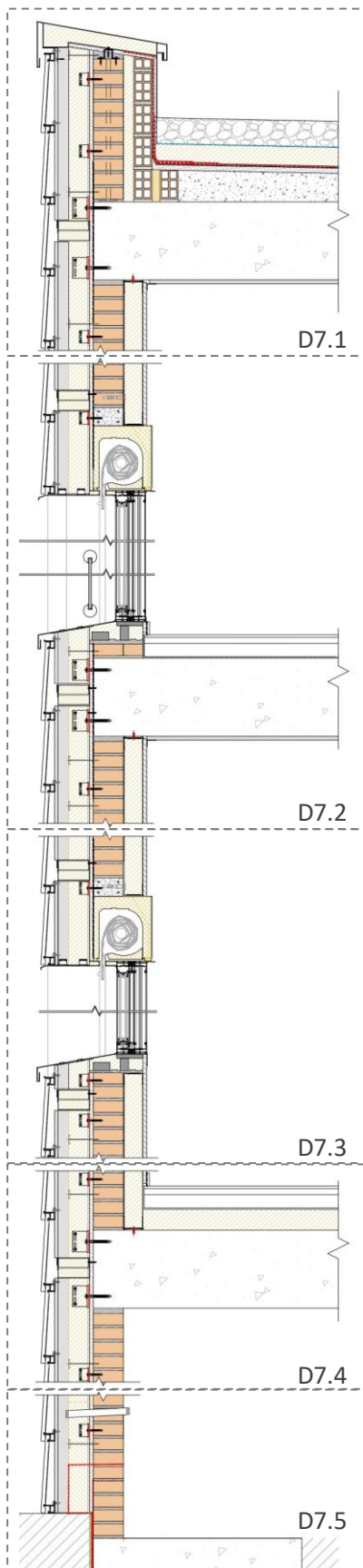
Tabla 1. Tipologías de fachada incluidas en el banco (según clasificación DB-HS)

Código	Tipología de fachada	GI	Condiciones (CTE DB HS1)	Visualización del modelo en 3D
F-RC-01	Fachada tradicional con revestimiento continuo exterior: hoja principal con aislamiento térmico sin cámara, trasdosado cerámico y carpintería corredera de aluminio.	3	R1+B1+C1	 https://skfb.ly/oUEoN
F-RC-02	Fachada tradicional con revestimiento continuo exterior: hoja principal cerámica con aislamiento térmico y cámara de aire, trasdosado cerámico y carpintería abatible de aluminio.	4	R1+B2+C1	 https://skfb.ly/oUDR8

Código	Tipología de fachada	GI	Condiciones (CTE DB HS1)	Visualización del modelo en 3D
F-RC-03	Fachada con SATE y acabado continuo: aislamiento térmico por el exterior, revestimiento continuo, trasdosado PYL y carpintería corredera de aluminio.	4	R1+B2+C1	 https://skfb.ly/oUDRV
F-RD-04	Fachada tradicional con revestimiento discontinuo exterior: sin cámara, trasdosado cerámico y carpintería corredera de aluminio.	5	R2+B1+C1	 https://skfb.ly/oUDVP
F-RC-05	Fachada tradicional con revestimiento continuo exterior y cámara ventilada: acabado continuo, cámara ventilada, trasdosado cerámico y carpintería abatible de aluminio.	5	C1+B3	 https://skfb.ly/oUDWy
F-RD-06	Fachada ventilada con revestimiento discontinuo: el sistema incorpora cámara de aire ventilada, trasdosado interior de placa de yeso laminado (PYL) y carpintería corredera.	5	C1+B3	 https://skfb.ly/oUDYC
F-RD-07	Fachada ventilada con revestimiento discontinuo tipo escama: cámara ventilada, trasdosado PYL y carpintería corredera.	5	R3+C1+B3	 https://skfb.ly/oUE6A
F-V-01	Fachada tradicional sin revestimiento y sin cámara: sin cámara, trasdosado cerámico y carpintería corredera.	2	B1+C1+J1+N1	 https://skfb.ly/oUEpS
F-V-02	Fachada tradicional sin revestimiento y con cámara: con cámara de aire, trasdosado cerámico y carpintería corredera.	3	B2+C1+J1+N1	 https://skfb.ly/oUEqG

La Figura 1 muestra, a modo de ejemplo, una de las fichas incluidas en el banco, junto con uno de sus detalles constructivos y la leyenda de materiales correspondiente. Esta figura permite apreciar la correspondencia entre la codificación de la solución, la representación gráfica del encuentro, las especificaciones técnicas y el acceso al modelo tridimensional.

Figura 1. Ficha F-RD-07. Fachada ventilada con revestimiento discontinuo tipo escama.



Ficha número:

F-RD-07

FACHADA VENTILADA CON REVESTIMIENTO DISCONTINUO TIPO ESCAMA

CTE-DB-HS1. Grado de impermeabilidad:

1 2 3 4 5

Condiciones de la solución de fachada: **R3+C1+B3**

C1: Hoja de ½ pie. B3: Aislante con cámara de aire ventilada. Trasdosado de placa de yeso laminado y carpintería de aluminio.

NCSE. Llaves de retención o antivuelco (según ubicación):

- $a_c: \geq 0,08g < 0,16g$: long $\leq 5m$ (sup. $20m^2$)
- $a_c: \geq 0,16g$: long $\leq 3m$ (sup. $10m^2$)

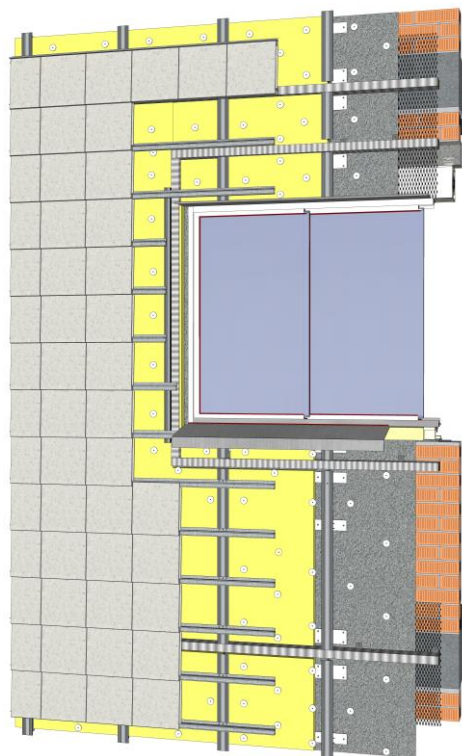
DETALLES:

- D 1: Encuentro de fachada con antepecho de cubierta
- D 2: Encuentro de fachada con puerta balconera corredera
- D 3: Encuentro de fachada con ventana corredera
- D 4: Encuentro de fachada con frente de forjado
- D 5: Arranque fachada en cimentación



Se recomienda emplear anclajes y perfilaría de acero inoxidable (adecuados al ambiente), evitar pares galvánicos mediante separadores, y verificar el dimensionado y la fijación (ETA y montaje) para asegurar durabilidad y estabilidad del aplacado.

Se recomienda el uso de premarcos aislantes y situar las carpinterías al centro de la jamba para garantizar la continuidad del aislamiento térmico.

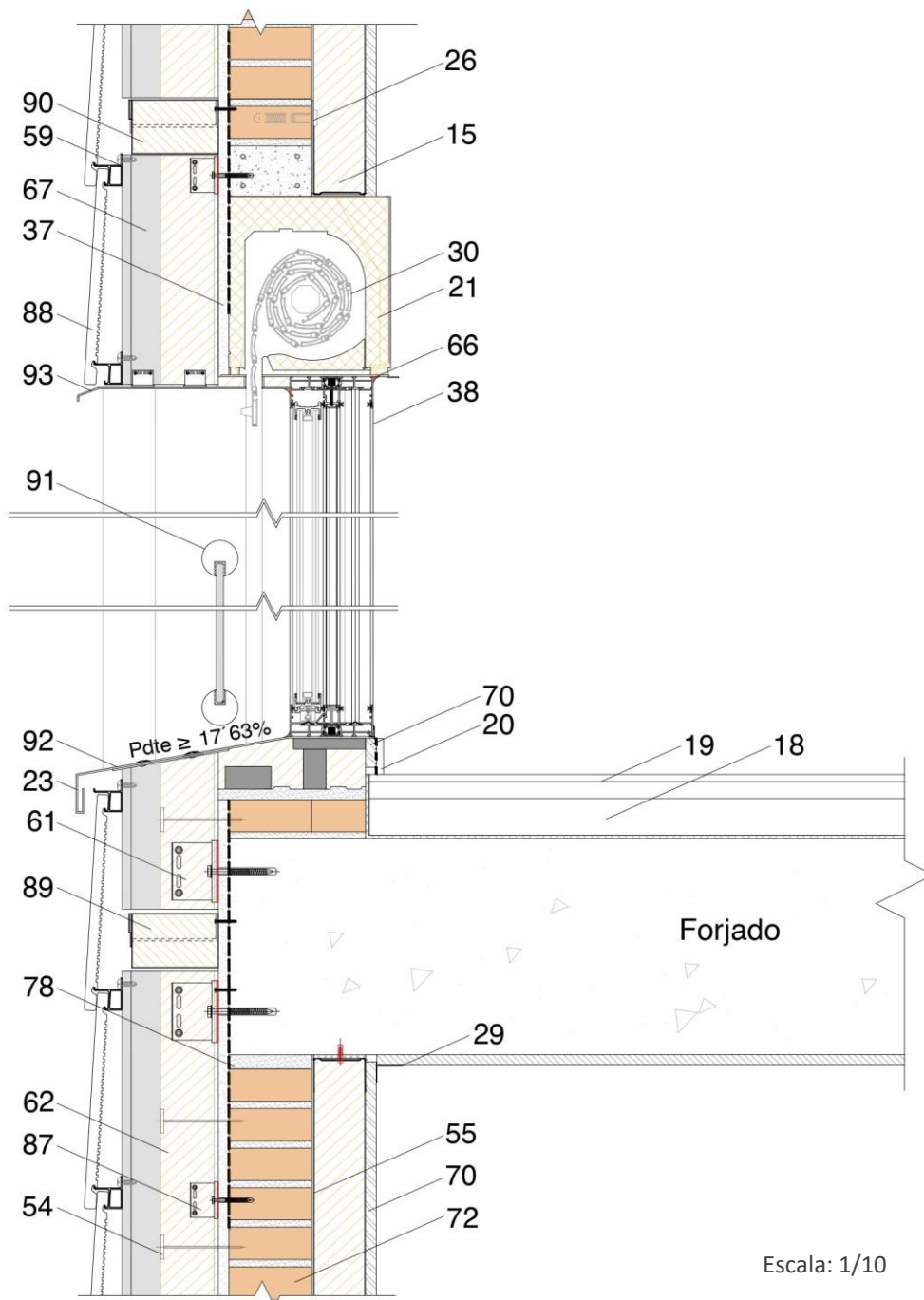


VISUALIZACIÓN DEL MODELO 3D



<https://skfb.ly/oUE6A>

D 7.2



Escala: 1/10

LEYENDA

12. Bandas elásticas de polietileno reticulado de célula cerrada, tipo EPS 01, espesor = 10 mm y ancho = 150 mm, colocadas en todo el perímetro de la partición.
15. Aislamiento térmico de lana mineral semirrígida, $d = 70 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.
18. Suelo flotante tipo 1 (espesor $\geq 50 \text{ mm}$), compuesto por lámina antiimpacto (espesor y tipo según tablas CTE DB-HR) y mortero de cemento M-5 o mortero autonivelante de capa gruesa CT-C20-F5.
19. Pavimento o acabado superficial.
20. Rodapié cerámico fijado mediante adhesivo cementoso C1-T, especial para yeso.
21. Premarco aislante con cajón para persiana, con aislamiento térmico de EPS grafitado de alta densidad, 30 kg/m^3 , $\lambda = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, y fijación mediante patillas de agarre a la hoja principal. Incluye perfiles de PVC celular ($\lambda = 0,085 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) con superficie rugosa para mejorar la adherencia con el revestimiento interior.
23. Goterón albardilla metálica.
26. Perfil metálico en L, anclado a la hoja base de fachada para la sujeción del premarco al dintel.
29. Cinta microperforada de papel, ancho = 50 mm, según UNE-EN 13963, para el acabado de juntas.

30. Persiana enrollable de lamas de aluminio con aislamiento interior.
37. Revestimiento continuo con mortero de cemento CS III-W2, espesor = 15 mm, acabado a buena vista.
38. Balconera de aluminio de dos hojas correderas con rotura de puente térmico, con doble vidrio 4-6(4), según cálculo CTE HE.
54. Fijaciones mecánicas para las placas de aislante mediante tacos de expansión de polipropileno, longitud = 14 cm. Número de fijaciones en función de la altura del edificio (h) y del tamaño de la placa ($h < 10$ m; $10 < h < 25$ m; $h > 25$ m), entorno del edificio y zona eólica. Refuerzos en puntos singulares de fachada.
55. Trasdoso autoportante de placa de yeso laminado con aislamiento entre montantes, espesor = 72 mm, con bandas elásticas autoadhesivas de polietileno reticulado de célula cerrada tipo EPS 01, espesor = 10 mm y ancho igual al de la canal. Espesor de los montantes en función de la altura libre de planta.
59. Anclaje del aplacado realizado con perfiles horizontales continuos de aluminio extruido con uña oculta, unido al perfil en T mediante tornillos autorroscantes de acero inoxidable.
61. Ménsulas de retención para la fijación de los montantes (estructura auxiliar), de aluminio con aislante en su base, ancladas a la hoja principal y al perfil en T mediante tornillos de acero inoxidable.
62. Panel semirrígido (no hidrófilo) de lana de roca volcánica, revestido con velo de fibra de vidrio. Dimensiones: $60 \times 30 \times 80$ cm. $R_t = 1,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; espesor = 8 cm.
67. Estructura auxiliar: montante conformado por un perfil metálico en T.
70. Placa de yeso laminado fijada a subestructura mediante tornillería, encintado en juntas y acabado en pintura.
72. Fábrica de ladrillo cerámico perforado de $24 \times 11,5 \times 7$ cm, de 1/2 pie de espesor.
78. Junta con mortero de cemento M-10, espesor = 2 cm, para absorber las posibles flechas del forjado.
87. Ménsula de sustentación de aluminio con aislante en su base, ancladas a la hoja principal y al perfil en T mediante tornillos de acero inoxidable.
88. Revestimiento discontinuo de fachada con piezas cerámicas.
89. Barrera no intumescente para sectorización de fachada ventilada > E30, formada por núcleo de lana mineral de roca con ligante, forrada con lámina de aluminio reforzada que envuelve todo el perímetro de la barrera y la franja del material intumescente. Sellado de uniones entre barreras y juntas mediante cinta de aluminio recubierta por una cara con adhesivo acrílico de larga duración, resistente a los rayos UV y sensible a la presión. Sujeción a fachada por escuadras de acero con protección anticorrosión mediante galvanizado en caliente, con espesor de zinc según normas UNE (mín. E30).
90. Barrera no intumescente para sectorización de fachada ventilada alrededor de huecos de fachada > E30, misma composición y dimensiones que la utilizada para sectorización de fachada.
91. Pasamanos de acero inoxidable con vidrio laminado, según UNE-EN 12600:2003.
92. Vierteaguas de acero inoxidable, apoyado y sujeto sobre perfil metálico con remache y sellado, con goterón incluido.
93. Recercado metálico de aluminio, anclado al perfil en T mediante ménsula con tornillos de acero inoxidable y tacos.

4. DISCUSIÓN

El banco de fichas desarrollado se plantea como una respuesta técnica a un problema recurrente en la edificación. Una parte importante de los defectos y daños se concentra en la envolvente. Los fallos aparecen sobre todo en zonas críticas donde confluyen materiales, discontinuidades y encuentros, como huecos, juntas, frentes de forjado, arranques y remates. En este sentido, el banco se orienta a sistematizar la resolución de esos puntos singulares mediante soluciones comparables y técnicamente estructuradas.

En estudios basados en casuística real, los daños de la envolvente se asocian con frecuencia a humedades por infiltración y deficiencias de sellado. El problema es especialmente relevante en elementos vinculados a huecos y juntas. Esta evidencia refuerza el interés de disponer de soluciones de detalle bien definidas para estos puntos singulares [3, 23, 24].

Desde la fase de proyecto, la contribución del banco no se limita a “dibujar detalles”. Su valor principal reside en la sistematización de soluciones mediante una codificación tipológica y criterios homogéneos de selección. Este enfoque facilita una reutilización consistente y trazable, y refuerza la comparabilidad entre tipologías y encuentros.

Esta lógica coincide con la evidencia existente sobre la clasificación y estandarización de defectos. Los estudios muestran que disponer de taxonomías validadas mejora la comunicación técnica, la comparabilidad entre proyectos y el aprendizaje organizativo sobre fallos recurrentes [25-27]. En esta misma línea, estructurar el conocimiento en fichas reutilizables convierte la experiencia dispersa, así como los errores y lecciones aprendidas, en un recurso operativo [28].

Además, la integración de documentación en 2D y 3D supone una ventaja funcional. Esta combinación es especialmente útil en un contexto de digitalización, donde herramientas como BIM buscan reducir ineficiencias derivadas de la falta de coordinación, la ambigüedad documental o los fallos de comunicación entre agentes [29]. Asimismo, contribuye a mejorar la gestión de la información a lo largo del ciclo proyecto-obra, siempre que los datos se mantengan consistentes y accesibles [30].

Del mismo modo, los estudios sobre librerías abiertas de objetos BIM y metodologías paramétricas para bibliotecas subrayan la utilidad de estructurar los contenidos de forma jerárquica [31, 32]. Además, insisten en que el uso de estándares abiertos favorece la interoperabilidad y permite trabajar con los mismos elementos en distintos entornos de modelado [33-35]. Esta orientación refuerza la capacidad del banco para plantearse como un recurso escalable y estandarizable, por ejemplo, como librería de detalles o conjunto de componentes consultables [36].

La posibilidad de consulta in situ constituye otra implicación relevante. La evidencia sobre aplicaciones móviles para la gestión de información en obra muestra que los equipos necesitan un acceso rápido y contextual a la documentación y a los requisitos del proyecto [37, 38]. Por ello, una documentación estructurada, como fichas y modelos, resulta especialmente útil cuando se consulta directamente en el contexto de ejecución [39]. En este marco, el banco puede contribuir a reducir la dependencia de interpretaciones puntuales y a reforzar la coherencia entre proyecto y obra, especialmente en los encuentros más sensibles.

Por último, el banco puede interpretarse también desde la gestión de cambios. En entornos BIM, las modificaciones de diseño suelen afectar al alcance, el coste, la planificación y la aparición de interferencias. En este marco, contar con detalles bien definidos y parametrizables ayuda a limitar la variabilidad. Además, permite valorar con mayor precisión las consecuencias de los cambios y mantener la coherencia documental. En conjunto, esta orientación puede favorecer una gestión del cambio más controlada durante el desarrollo del proyecto.

No obstante, conviene señalar que estas implicaciones se derivan del diseño y la sistematización del banco, pero no de una validación empírica de su aplicación en casos reales, por lo que su alcance deberá contrastarse en estudios posteriores mediante revisión experta, aplicación docente o casos piloto.

5. CONCLUSIONES

El presente documento tiene como objetivo principal desarrollar un banco digital de detalles constructivos de fachadas, actualizado a la normativa española vigente, que sirva de apoyo al diseño y a la ejecución, y que sea integrable en metodologías BIM. Esta aportación responde a una necesidad práctica en proyecto y en obra, al proporcionar soluciones de encuentro claras, técnicamente coherentes y organizadas de forma sistemática para los puntos críticos de la envolvente.

El banco organiza la información en fichas codificadas y comparables, lo que facilita seleccionar la tipología más adecuada según el contexto y mejora la trazabilidad del detalle en la documentación del proyecto. Los resultados muestran que la recopilación, clasificación y normalización de soluciones permite ordenar el conocimiento técnico y favorecer su consulta, comparación y adaptación. Al mismo

tiempo, la estructura homogénea de las fichas mejora la legibilidad del conjunto y reduce la ambigüedad en la interpretación de las soluciones.

Asimismo, el trabajo pone de manifiesto la importancia de integrar criterios normativos, constructivos y de ejecución, de modo que los detalles actúan como herramientas de apoyo a la decisión y no solo como representaciones gráficas. El banco se plantea, además, como un sistema replicable y ampliable, con utilidad académica como recurso didáctico y con utilidad profesional como base de consulta rápida y estructurada.

Como líneas futuras, se propone ampliar el banco a otras soluciones de envolvente, incorporar análisis de prestaciones térmicas, acústicas y de durabilidad, y desarrollar un formato digital interactivo. Como limitación, el trabajo no incorpora en esta fase una validación empírica de la aplicación del banco en casos reales, por lo que su utilidad e impacto deberán contrastarse en estudios posteriores mediante revisión por expertos, aplicación en contextos docentes o implementación en casos piloto de proyecto y obra.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. R. Atkinson, "The pathology of building defects; a human error approach", *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 9, no. 1, pp. 53-61, 2002, doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-232X.2002.00224.x>
- [2] J. M. Arjona Borrego, "La criba del proyecto; anecdotario de las omisiones y/o errores más comunes", presented at the III Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura Técnica, Sevilla (Spain), 2003. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12251/2169>
- [3] M. J. Carretero Ayuso, "Análisis cualitativo y cuantitativo de los fallos de diseño y ejecución en los proyectos de cubiertas y fachadas y de su incidencia patológica en los edificios de España", tesis doctoral, Universidad de Extremadura, Badajoz (España), 2017.
- [4] M. J. Carretero Ayuso and A. Moreno Cansado, "Análisis estadístico nacional sobre patologías en edificación I", Fundación MUSAAT, España, 2022. [Online]. Available: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/53911>
- [5] F. Alcalde Pecero, *Banco de Detalles Arquitectónicos*. Sevilla (España): Díaz Santos, S.A., 2002, p. 971.
- [6] P. Beinhauer, *Atlas de detalles constructivos con más de 400 ejemplos*. España: Editorial Gustavo Gili, S.L., 2006, p. 340.
- [7] A. López Codina, "Generador de detalles constructivos de fachadas vistas, adaptados a la normativa vigente en España en 2014", trabajo final de grado, Universidad de Alicante, Alicante (España), 2014.
- [8] *Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación*, Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida (Hispalyt), España, 2008. [Online]. Available: <https://www.hispalyt.es/es/documentacion-tecnica/catalogo-ceramico/descargue-el-catalogo>
- [9] *Butech. Fachadas ventiladas*, Porcelanosa, España, 2024. [Online]. Available: <https://www.porcelanosa.com/fachadas/recursos/>
- [10] MV, Ministerio de Vivienda, *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*, España: Boletín Oficial del Estado (BOE), 2006. [Online]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314/con>
- [11] MF, Ministerio de Fomento, *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*, España: Boletín Oficial del Estado (BOE), 2002, pp. 35898-35967. [Online]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/09/27/997>
- [12] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, and M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 6 ed. México: McGraw Hill, 2014, p. 634.

- [13] MVAU, Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana, *Documento Básico de Salubridad (HS)*, España: Código Técnico de Edificación, 2022, p. 184. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/Salubridad.html>
- [14] MF, Ministerio de Fomento, *Documento Básico de Protección frente al Ruido (HR)*, España: Código Técnico de Edificación, 2019, p. 92. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/ProteccionRuido.html>
- [15] MF, Ministerio de Fomento, *Documento Básico de Seguridad Utilización y Accesibilidad (SUA)*, España: Código Técnico de Edificación, 2019, p. 48. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/SeguridadUtilizacionAccesibilidad.html>
- [16] MF, Ministerio de Fomento, *Documento Básico de Seguridad Estructural: Fábrica (SE-F)*, España: Código Técnico de Edificación, 2019, p. 70. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/SeguridadEstructural.html>
- [17] MF, Ministerio de Fomento, *Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (SI)*, España: Código Técnico de la Edificación (CTE), 2019, p. 124. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/SeguridadEnCasoDeIncendio.html>
- [18] MVAU, Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana, *Documento Básico de Ahorro de Energía (HE)*, España: Código Técnico de Edificación, 2022, p. 56. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>
- [19] MTMAU, Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, *Documento de Apoyo al Documento Básico Ahorro de Energía (DA DB-HE 1). Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, España: Código Técnico de la Edificación (CTE), 2020, p. 26. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>
- [20] MF, Ministerio de Fomento, *Documento de Apoyo al Documento Básico Ahorro de Energía (DA DB-HE 3). Puentes térmicos*, España: Código Técnico de la Edificación (CTE), 2014, p. 37. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>
- [21] C. Jiménez-Pulido, A. Jiménez-Rivero, and J. García-Navarro, "Caracterización de fachadas: clasificación de las tipologías constructivas más habituales en España", *Informes de la Construcción*, vol. 74, no. 568, p. e471, 2022, doi: <https://doi.org/10.3989/ic.88694>
- [22] J. Guerrero-Rubio, J. J. Sendra, J. Fernández-Agüera, and I. Oteiza, "Modelos predictivos del consumo energético de climatización asociado a soluciones de fachadas en Madrid a partir de la monitorización en módulos de ensayo", *Informes de la Construcción*, vol. 69, no. 548, p. e225, 2017, doi: <https://doi.org/10.3989/id.54794>
- [23] M. J. Carretero-Ayuso, C. E. Rodríguez-Jiménez, D. Bienvenido-Huertas, and J. J. Moyano, "Interrelations between the types of damages and their original causes in the envelope of buildings", *Journal of Building Engineering*, vol. 39, p. 102235, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102235>
- [24] A. M. Elguero, *Patologías elementales*. Argentina: Nobuko, 2004, p. 200.
- [25] N. Forcada, M. Macarulla, M. Gangoellés, and M. Casals, "Assessment of construction defects in residential buildings in Spain", *Building Research & Information*, vol. 42, no. 5, pp. 629-640, 2014, doi: <https://doi.org/10.1080/09613218.2014.922266>
- [26] P. E. D. Love and D. J. Edwards, "Determinants of rework in building construction projects", *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 11, no. 4, pp. 259-274, 2004, doi: <https://doi.org/10.1108/09699980410547612>
- [27] C.-L. Fan, "Data mining model for predicting the quality level and classification of construction projects", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*, vol. 42, no. 1, pp. 139-153, 2021, doi: <https://doi.org/10.3233/JIFS-219182>
- [28] M. Macarulla, N. Forcada, M. Casals, M. Gangoellés, A. Fuertes, and X. Roca, "Standardizing Housing Defects: Classification, Validation, and Benefits", *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 139, no. 8, pp. 968-976, 2013, doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.000066](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000066)

- [29] R. Sacks, G. Lee, L. Burdi, and M. Bolpagni, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 4th ed. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated, 2025, p. 552.
- [30] D. Bryde, M. Broquetas, and J. M. Volm, "The project benefits of Building Information Modelling (BIM)", *International Journal of Project Management*, vol. 31, no. 7, pp. 971-980, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- [31] A. Ekholm, "A Conceptual Framework for Classification of Construction Works", *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 1, pp. 25-50, 1995. [Online]. Available: <https://www.itcon.org/1996/2>
- [32] G. Lee, R. Sacks, and C. M. Eastman, "Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system", *Automation in Construction*, vol. 15, no. 6, pp. 758-776, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.09.009>
- [33] M. Laakso and A. Kiviniemi, "The IFC standard - a review of history, development, and standardization", *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 17, pp. 134-161, 2012. [Online]. Available: <https://www.itcon.org/2012/9>
- [34] P. Pauwels, S. Zhang, and Y.-C. Lee, "Semantic web technologies in AEC industry: A literature overview", *Automation in Construction*, vol. 73, pp. 145-165, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.003>
- [35] A. Grilo and R. Jardim-Goncalves, "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments", *Automation in Construction*, vol. 19, no. 5, pp. 522-530, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.003>
- [36] Y. Arayici, C. Egbu, and P. Coates, "Building information modelling (BIM) implementation and remote construction projects: Issues, Challenges and Critiques", *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 17, no. Special issue. Management of remote construction sites and the role of IT Systems, pp. 75-92, 2012. [Online]. Available: <https://www.itcon.org/2012/5>
- [37] D. R. Stein, "Mobile construction management APPS: Impacts on real-time decision making", *Revista Científica Sistemática (RCS)*, vol. 9, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.56238/rcsv9n1-002>
- [38] Z. Aziz, C. Anumba, D. Ruikar, P. Carrillo, and N. Bouchlaghem, "Context aware information delivery for on-site construction operations", presented at the Proceedings 22nd CIB W78 Conference on Information Technology in Construction, Dresden, 2005.
- [39] M. Nourbakhsh, R. M. Zin, J. Irizarry, S. Zolfagharian, and M. Gheisari, "Mobile application prototype for on-site information management in construction industry", *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 19, no. 5, pp. 474-494, 2012, doi: <https://doi.org/10.1108/09699981211259577>