



Received: 07-11-2020
Accepted: 10-11-2020

Anales de Edificación
Vol. 6, Nº3, 46-52 (2020)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2020.4615

Condiciones de Ejecución vs Prescripciones Técnicas y Normativas. Una Problemática de Actualidad en Nuevos Materiales en Fachada: Caso de Estudio

Execution Conditions vs Technical and Normative Prescriptions. A Current Issue in New Facade Materials: Case Study

M.P. Sáez Pérez^{1,2}; T. Luzón Rodríguez² & R. Rodríguez Sánchez²

¹Universidad de Granada, Granada, España

²Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Málaga, Málaga, España

Resumen— En el presente trabajo se estudia un sistema de fachada ligera sin ventilar, en el que tras su ejecución, se han observado patologías de forma generalizada. El sistema dispone de Documento de Adecuación al Uso (DAU), y los materiales que lo componen disponen de marcado CE. Además, la ejecución se llevó a cabo por una empresa acreditada por el fabricante del sistema, y se cumplieron todas las prescripciones del proyecto y las indicadas por el fabricante. La aparición de las patologías en el sistema de fachada ha requerido una metodología de trabajo sistemática, con el reconocimiento y localización de los daños, la determinación de las condiciones de exposición y sollicitación, y el estudio de la documentación y la normativa de aplicación, con el fin de deducir cuáles han sido su origen, y proceder a adoptar las medidas correctoras necesarias. La conclusión obtenida confirma que las prescripciones y condiciones de cálculo propuestas en la documentación del fabricante y el proyecto han resultado ser ineficaces para las condiciones de uso y servicio y las características de la edificación y su entorno.

Palabras clave— Nuevos Materiales; Normativa; Ejecución; Lesiones.

Abstract— In the present work, a light, non-ventilated façade system is studied, in which, after its execution, pathologies have been observed in a generalized way. The system has a Document of Suitability for Use (DAU), and the materials that make it up have CE marking. In addition, the execution was carried out by a company accredited by the system manufacturer, and all the requirements of the project and those indicated by the manufacturer were met. The appearance of the pathologies in the façade system has required a systematic work methodology, with the recognition and location of the damages, the determination of the exposure and solicitation conditions, and the study of the documentation and the applicable regulations, with in order to deduce its origin, and proceed to adopt the necessary corrective measures. The conclusion obtained confirms that the prescriptions and calculation conditions proposed in the manufacturer's and project documentation have turned out to be ineffective for the conditions of use and service and the characteristics of the building and its environment.

Key Words— New Materials; Normative; Execution; Injuries.

I. INTRODUCCIÓN

LA incorporación de nuevos materiales y sistemas constructivos que, de manera creciente, se observa en el sector en los últimos años debe responder por un lado, a las exigencias prestacionales impuestas en la normativa de aplicación y, por otro, a las condiciones de diseño establecidas por el proyectista.

Estudios recientes sobre fachadas realizadas con nuevos materiales se centran en conocer sólo algunas de sus características o prestaciones, siendo prioritarias la demanda energética (Grynning, S., et al. 2014, Shan, R., 2014), el confort térmico (Ahmed, et al. 2015), el rendimiento solar (Attia, S., 2017), el aislamiento acústico (Ruiz, L., 2015), o incluso las condiciones de mantenimiento futuras (Kanniyapan, G., 2016), tratando con ello de minimizar el consumo de combustibles fósiles, proteger el medio ambiente natural y aumentar la durabilidad del edificio (Ghasemi, N., et al. 2017). No se han encontrado estudios relativos a la puesta en obra de sistemas constructivos concretos ni tampoco dedicados al análisis de lesiones y soluciones ante las mismas, haciendo mención exclusivamente a la existencia de error humano (Omar Bakri, N.N., et al. 2014), o siendo asociadas a diferentes orígenes (Carretero-Ayuso, M.J., et al. 2020). Sin embargo, la problemática actual, confirma cómo en algunas ocasiones, los sistemas, pensados para ser instalados y puestos en obra en unas determinadas condiciones, no siempre se adaptan a las circunstancias particulares de esta, por lo que si no se tiene en cuenta, podrían provocar situaciones no deseadas.



Fig. 1. Vista de sistema de fachada en ejecución (fuente: autores).

En el presente estudio se aborda el problema manifestado en un sistema novedoso de fachada ligera sin ventilar, en el que tras su ejecución, se han detectado múltiples y generalizadas fisuras en los paramentos del sistema de fachada ejecutados, tanto en planos horizontales como inclinados, tratándose de una edificación en la que se han ejecutado más de 7.500 m² de fachada y que presenta alineaciones de más de 35 m. de longitud.

El caso de estudio corresponde con la ejecución de una obra de 48 viviendas adosadas, garajes y piscinas en el término

municipal de Mijas, cuyas obras se desarrollaron entre septiembre de 2017 y mayo de 2019. En las figuras 1 y 2 a continuación, se observan vistas generales del edificio en cuestión, durante un momento de su ejecución y una vez finalizadas las obras. Se aprecia la extensión y dimensión de sus fachadas y en consecuencia la ejecución de elementos de gran longitud.



Fig. 2. Vista de las fachadas de la edificación terminada (fuente: autores).

La unidad constructiva afectada está compuesta por una subestructura de perfiles de acero galvanizado (tipo DX51D y S320 GD), anclada a la estructura de hormigón armado de la edificación o a sus cerramientos de fachada, una lámina transpirable e impermeable que ejerce de barrera de vapor, placas de cemento aditivado y reforzado, y un revestimiento continuo de terminación que incluye el tratamiento de juntas entre placas, la aplicación de un puente de unión, una capa base, una malla de refuerzo y una capa de acabado. Este sistema de fachada cuenta con Documento de Adecuación al Uso (DAU) (DAU 14/082 A) y los materiales que lo componen disponen de marcado CE.

La ejecución de este sistema de fachada permite conseguir volúmenes y cambios de plano en la edificación de forma ligera y sencilla, con una subestructura anclada a elementos resistentes de la edificación, y placas de cemento, de 12,5 mm de espesor, revestidas, generándose amplias cámaras de aire no ventiladas ni aisladas. En las figuras 3 y 4 se observa la estructura portante utilizada en la construcción del sistema de fachada durante su construcción.

Asimismo, la empresa instaladora está especializada en la puesta en obra del sistema, al haber recibido la formación específica por parte del fabricante, lo que se acredita y certifica.

II. METODOLOGÍA

La aparición de las numerosas lesiones en el sistema de fachada en forma de microfisuras y fisuras en diferentes paños requiere la adopción de una metodología de trabajo minuciosa, estudiando la casuística dada, las condiciones de ejecución, y las condiciones de exposición y servicio, así como el análisis de

la documentación relativa al proyecto y al sistema, con el fin de deducir cuáles han sido las causas y proceder a adoptar las acciones oportunas de reparación y corrección, además de establecer unas nuevas condiciones para la ejecución del sistema que en un futuro eviten la reproducción de dichas lesiones u otras semejantes.



Fig. 3. Vista de estructura portante del sistema en fachada (fuente: autores).



Fig. 4. Vista de estructura portante del sistema en fachada (fuente: autores).

La metodología aplicada fue desarrollada en las siguientes fases:

A. Reconocimiento visual *in situ*

En primer lugar se procede a realizar inspecciones visuales en diferentes fachadas afectadas de las distintas unidades que componen el conjunto de la edificación, para verificar si existe algún patrón de lesiones en función de las características de las mismas. Además de la inspección visual y localización de los daños, se realizaron catas y se comprobó el estado dimensional (espesor y longitud) de las fisuras en distintas zonas. De esta forma, se efectúa una ordenada toma de datos sobre la situación de las fisuras con respecto al paño de fachada y su ubicación respecto a la dimensión y disposición de las placas de cemento.

B. Determinación de las condiciones de exposición y sollicitación

Conocida la localización y el estudio del trazado de las fisuras observadas, pasa a comprobarse la incidencia de los daños en las diferentes fachadas de la edificación, con objeto de determinar las posibles causas entre las que se consideraban la exposición a los agentes climáticos, las sollicitaciones que se derivan de ello (efectos higrotérmicos), así como la posible influencia del estado dimensional y geométrico de los diferentes paños.

C. Estudio documental de proyecto y sistema constructivo

Se procede a realizar el estudio documental del proyecto de ejecución y del sistema constructivo en su conjunto así como de los materiales que lo componen.

D. Análisis documental de la certificación de prestaciones del material definidas en DAU

Comprobación de las condiciones de ensayo y prestaciones del producto en relación al uso y comportamiento higrotérmico del sistema para la solución constructiva propuesta.

III. RESULTADOS

Se exponen a continuación los resultados derivados del estudio realizado, según la aplicación de la metodología descrita

A. Reconocimiento y localización de fisuras en los distintos frentes de fachada afectados

Se comprueba en las catas realizadas (Figura 5) que en los paños de fachada, de forma sistemática y generalizada, existen fisuras de, aproximadamente 150-300 micras de espesor, cada 120 cm., de trazo rectilíneo, transversales a la mayor dimensión de los paños, y coincidente con las juntas entre las placas de cemento que constituyen el revestimiento del sistema. También, en casi todos los encuentros entre diferentes paños, y en la unión de pilastras con petos de borde de terraza y abultados decorativos, se localizaron fisuras con espesores de entre 1 y 2 mm. Se muestran imágenes de lo comentado en la Figura 6.

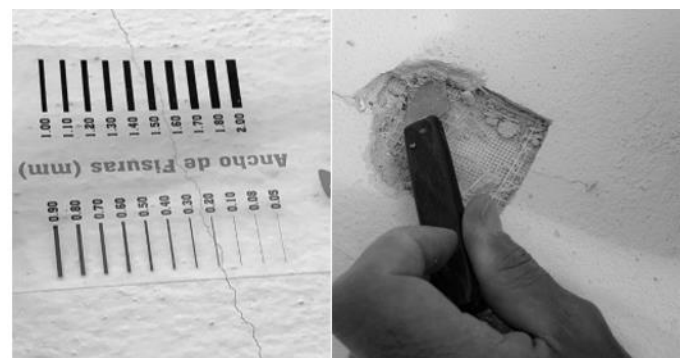


Fig. 5. Lectura de espesor de fisuras y ejecución de catas (fuente: autores).



Fig. 6. Localización de lesiones (fuente: autores).

La observación de los daños, extendidos de forma generalizada, advierte de la existencia de dos tipos fundamentales de lesiones que, con una muy alta probabilidad, por tanto, se trata de problemas con origen en el sistema o procedimiento constructivo, no obedeciendo a una causa particular localizada.

B. Determinación de las condiciones de exposición y sollicitación

Conocidas las condiciones de exposición del edificio no se observa una mayor incidencia de los daños en las fachadas en función de su orientación. Sólo en paños con una longitud inferior a los 12 metros se observó un menor número de fisuras transversales. Respecto a las pilastras, se observaron fisuras en su encuentro con los paños de fachada horizontales o inclinados, en las uniones en su arranque y coronación, independientemente de su ubicación en la edificación y su orientación.

C. Estudio de la documentación del proyecto y del sistema de fachada colocado

En el Proyecto de Ejecución de la obra (Benito Fernández, J. 2016), en los planos de detalles constructivos DT-1 y DT-2, así como en la memoria descriptiva y el presupuesto, se prescribe un sistema de fachada ligera como el descrito con anterioridad. En los citados documentos no se aportan indicaciones respecto a la necesidad de colocar juntas de dilatación, excepto en las zonas coincidentes con juntas estructurales de la edificación, ni rejillas de ventilación para las cámaras de aire que se generan. Se muestran detalles de lo comentado en la Figura 7 y 8.

Según consta en la documentación existente, durante la fase de estudio y análisis del proyecto realizado antes del inicio de las obras, el Director de Ejecución de la Obra (DEO) advirtió al director de obra de la inexistencia de juntas de dilatación y de rejillas de ventilación de la cámara de aire.

De igual forma, antes del inicio de la actividad, por parte de la empresa constructora, se aportó al director de ejecución la documentación correspondiente al sistema de fachada y de los materiales que lo componen, con el fin de que se pudiera comprobar sus características e idoneidad con respecto a las prescripciones de proyecto en tiempo oportuno.

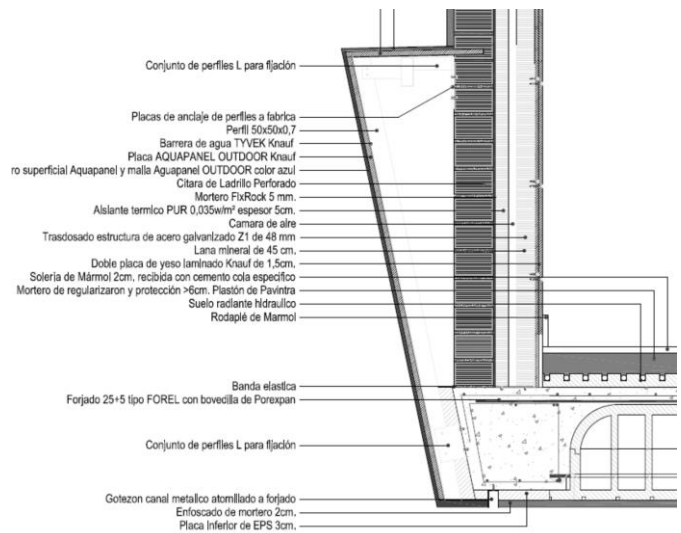


Fig. 7. Detalle constructivo del proyecto con el sistema de fachada.

Todos los materiales utilizados, como son los perfiles estructurales, placas de cemento, lámina flexible para el control del vapor de agua, cintas y pegamentos de juntas, tornillos, morteros de capa base y de acabado, así como la malla de poliéster de refuerzo, disponían del correspondiente marcado CE.

Teniendo conocimiento de que el sistema de fachada contaba con Documento de Adecuación al Uso (DAU) (DAU 14/082 A), se pudo comprobar que las especificaciones de todos los componentes del sistema eran conformes a las normativas indicadas de acuerdo a la aplicación de un Plan de Control acordado con el ITeC (Instituto de la Tecnología de la Construcción).

De igual forma, según (DAU 14/082 A), el fabricante tenía implantado un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) conforme a (UNE-EN ISO 9001:2015), certificado número 08 100 959271, emitido por la sociedad certificadora TUV NORD CERT GmbH para el control de fabricación de las placas de cemento, así como para el control de compras de los tornillos y componentes para el tratamiento de juntas. Disponiendo también de un Plan de Control de compras de perfiles para la estructura portante, supervisado por la certificadora Protektorwerk Florenz Maisch GmbH & Co. KG, y el control de la fabricación de los componentes de revestimientos es realizado por Baunit Beteiligungen GmbH, que a su vez tenía implantado un Sistema de Gestión de Calidad conforme a (UNE-EN ISO 9001:2015). De esta forma quedaba acreditado el cumplimiento del Sistema de Gestión de Calidad de los materiales que componían el sistema, y que éstos eran adecuados para el uso previsto.

Por otra parte, el sistema, en su conjunto, fue evaluado en multitud de sollicitaciones en referencia a distintas circunstancias y normas de aplicación:

- Evaluación de resistencia, estabilidad y seguridad

estructural,

- Reacción al fuego,
- Resistencia al fuego,
- Limitación de condensación..., entre otros muchos.

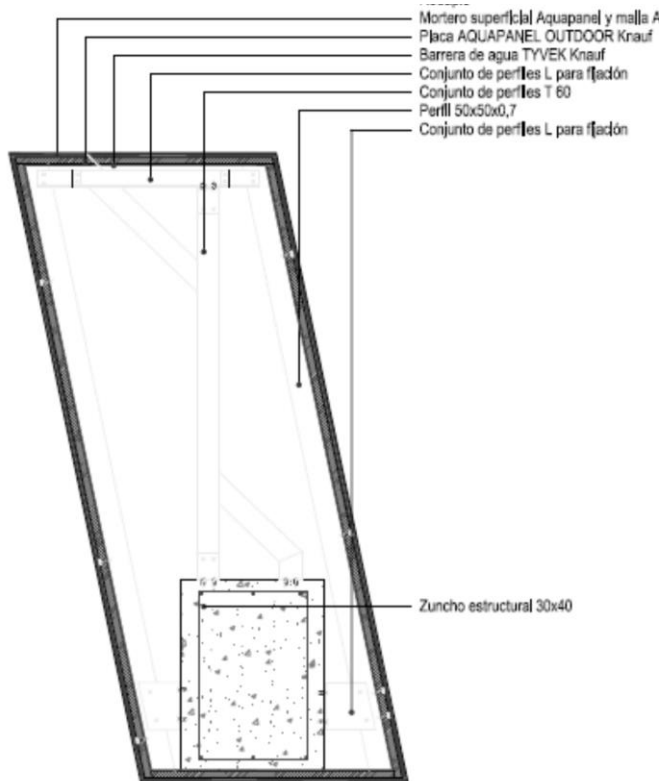


Fig.8. Sección Constructiva del proyecto con el sistema de fachada.

Sin embargo, y en referencia a las lesiones que ocupan el caso de estudio, en el capítulo 4. Criterios de diseño (DAU 14/082 A), se indicaba expresamente que debían preverse juntas de dilatación horizontales cada 25 metros, y verticales cada 2 o 3 plantas. También se indicaba que el proyectista, en función de las solicitaciones y condiciones de uso y exposición, debería diseñar/adaptar el sistema de fachada para el cumplimiento de la normativa de aplicación, teniendo en cuenta las deformaciones admisibles de la estructura y las indicaciones de (Real Decreto 314/2006) en sus documentos DB SE-AE (Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación), DB SE (Seguridad Estructural) y DB SE-A (Seguridad Estructural-Aceros), así como las que limitaban determinadas solicitaciones que pudieran producir variaciones dimensionales relacionadas con los patrones de lesiones observados durante el muestreo (condiciones higrotérmicas que afectaban al sistema de fachada). En particular, en DAU 14/082 A se establecía la desestimación de las cargas térmicas en el cálculo de la estructura portante, debiendo considerarlas el proyectista en caso de considerarlo necesario.

Cabe indicar que el proceso de ejecución fue el adecuado y ajustado a las indicaciones y prescripciones de (DAU 14/082

A) y (Benito Fernández, J., 2016), realizando un correcto control y seguimiento por parte de la Dirección de Ejecución de Obra (DEO), así como por un técnico de la empresa fabricante del sistema de fachada, especialista en la puesta en obra del mismo.

D. Comprobación analítica de las condiciones higrotérmicas

Los ensayos realizados para la obtención del certificado DAU del sistema constructivo empleado, permiten determinar las prestaciones que con relación a su uso muestran tanto el conjunto como los materiales, en condiciones de temperatura y humedad muy adversas. Para el caso de las placas utilizadas, la determinación del comportamiento higrotérmico del sistema se efectúa según los documentos de referencia Informe 13-7238-1430 y 12/5585-1762 (DAU 14/082 A). En su realización se utilizan probetas que simulan de manera parcial el sistema constructivo. Concretamente “la probeta se ha llevado a cabo con la composición parcial exterior del sistema (subestructura, placa y revestimientos), con una superficie total de 3.000 x 2.000 mm. La probeta es dividida en dos partes simétricas en las que se han incluido dos huecos de 400x600 mm con el fin de simular unos posibles huecos de ventana. En cada una de las divisiones se ha aplicado un tipo de revestimiento dejando la parte inferior de la probeta con sólo la capa base (no se han aplicado los acabados)”.

La probeta es sometida a los siguientes ciclos:

1. Ciclos de calor-lluvia. 80 ciclos de 6 horas en los que cada ciclo se compone de:
 - a. Calor durante 3 h: $(+70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ entre 10 y 30 % HR, la temperatura se debe alcanzar durante la primera hora.
 - b. Lluvia durante 1 h: rociado de agua a $(+15 \pm 5) ^\circ\text{C}$ y $1 \text{ l/m}^2 \text{ min}$.
 - c. Reposo para el drenaje del agua durante 2 h.
2. Ciclos de calor-frío. 5 ciclos de 24 horas en los que cada ciclo se compone de:
 - a. Calor durante 8 h: $(+50 \pm 5) ^\circ\text{C}$ y HR inferior a 30 %, la temperatura se debe alcanzar durante la primera hora.
 - b. Frío durante 16 h: $(-20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, la temperatura se debe alcanzar durante las primeras dos horas.

Adicionalmente se le realizan ensayos de absorción de agua por capilaridad y adherencia, según (UNE-EN-1015-12), con partes de la probeta sometida a los ciclos higrotérmicos. Estos resultados son comparados con los resultados de absorción de agua por capilaridad y adherencia de probetas testigo ejecutadas al mismo tiempo que la probeta del ensayo. Los resultados obtenidos son los utilizados para establecer los criterios de proyecto y ejecución en cuanto a la durabilidad y servicio del sistema.

Conocida la disposición de los elementos de fachada y las condiciones de la probeta ensayada se observa que la geometría

difiere muchísimo de la existente en la obra de referencia, teniendo las probetas, además, unos huecos de ventanas que aportan ventilación, condición que tampoco se cumple en los revestimientos de fachada ejecutados en la obra estudiada. En ella, las cámaras de aire generadas carecen de ventilación, y los diferentes paños, salvo en las zonas de juntas estructurales, tampoco disponen de juntas de dilatación, porque en el DAU del fabricante no se consideran necesarias. En consecuencia, se evidencia la utilidad relativa de estos ensayos, no ofreciendo una garantía total de las prestaciones al reconocerse distintas condiciones en el caso real respecto de las condiciones de ensayo.

IV. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio de caso confirman tras el análisis realizado, a la vista de los daños detectados y en base a las causas establecidas que, a diferencia de lo requerido documentalmente, las especificaciones establecidas para el sistema constructivo no son adecuadas para su correcto comportamiento. De hecho, es necesaria la construcción de juntas de dilatación cada ≤ 10 metros de distancia en paños de fachada de grandes longitudes, así como en todos los arranques de pilastras y encuentros con petos, a pesar de no contemplarse así en la documentación del fabricante. Siendo además necesaria la ejecución de huecos de dimensiones adecuadas para la correcta ventilación de las cámaras generadas. Todo ello independientemente de su ubicación dentro de la edificación o su exposición a las condiciones climatológicas.

Por otra parte, tras el análisis realizado, se confirma que las obras se ejecutaron cumpliendo todas las indicaciones y prescripciones establecidas en el proyecto, y según las instrucciones dadas por el fabricante en el correspondiente DAU, destacando con ello la necesidad y utilidad de la recopilación documental generada durante el proceso constructivo, dentro de las funciones que realiza el director de ejecución de obras (DEO) y que, como se comprueba en este caso de estudio, descarta el origen de la lesión por la falta de control durante la ejecución de los trabajos.

La problemática ocurrida en la unidad constructiva ha permitido conocer y comprobar la ineficacia de las prescripciones e instrucciones propuestas en el proyecto y la documentación del fabricante para las condiciones de ejecución y características de la edificación, su situación climática y su entorno.

Tras el estudio realizado, se propusieron actuaciones de mejora y reparación, estableciendo unas condiciones de puesta en obra que finalmente han resultado adecuadas y efectivas al caso de estudio.

Finalmente confirmar la idoneidad de aplicación de procedimientos de reconocimiento visual y documental que ponen de manifiesto la utilidad de análisis sistemáticos que

permiten descartar orígenes y determinar las causas reales para las lesiones ocurridas.

REFERENCES

- Ahmed, M.M.S, Ali K. Abel-Rahman A.K., Ali, H.H. (2015). Development of intelligent façade based on outdoor environment and indoor thermal comfort. *Procedia Technology* 19, 742–749. doi: 10.1016/j.protcy.2015.02.105
- Attia, S. (2017). Evaluation of adaptive facades: The case study of Al Bahr Towers in the UAE, *QScience Connect, Shaping Qatar's Sustainable Built Environment-2* 6. doi.org/10.5339/connect.2017.qgbc.6
- Benito Fernández, Jorge (2016). Proyecto de Ejecución de 48 viviendas adosadas, garajes y piscinas en el sector AR SUP C23, parcela R6 de Mijas.
- Carretero-Ayuso, M.J., Sáez-Pérez, M.P. (2020). Interaction and diagnosis of climatological factors in deficiencies in construction units outside buildings. *Journal of Building Engineering* 27. doi.org/10.1016/j.jobee.2019.100947.
- DAU 14/082 A, Documento de Adecuación al Uso para sistemas de Fachada integral Fermacell Powerpanel H20 de doble y simple hoja.
- Ghasemi, N., Ghasemi, F. (2017). Double-skin Façade Technology and its Aspects in Field of Aesthetics, Environment and Energy Consumption Optimization. *International Journal of Scientific Study* 5 (4), 293-307. doi: 10.17354/ijssI/2017/40
- Grynning, S., Time, B., Matusiak, B. (2014). Solar shading control strategies in cold climates – heating, cooling demand and daylight availability in office spaces. *Solar Energy* 107, 182–194. doi.org/10.1016/j.solener.2014.06.007
- Kanniyapan, G., Sarrazin Mohammad, I., Jawahar Nesan, L., Hakim Mohammed A., Ganisen, S. (2015). Façade material selection criteria for optimising building maintainability. *Jurnal Teknologi* 75(10), 17–25. doi: 10.11113/jt.v75.5269
- Omar Bakri, N.N., Othuman Mydin, M.A. (2014). General Building Defects: Causes, Symptoms and Remedial Work. *European Journal of Technology and Design* 3(1). doi: 10.13187/ISSN.2310-0133
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación CTE 2006.
- Ruiz, L.; Delgado, E.; Neila, F.J. & Vega, S. (2012). Comparative Study on Acoustic Behavior between Light Multi-layered and Traditional Façades. *Materiales de Construcción*. ISSN 0465-2746. doi: 10.3989/mc.2012.03211
- Shan, R. (2014) Optimization for heating, cooling and lighting load in building façade design. *Energy Procedia* 57, 1716–1725. doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.142

UNE-EN-1015-12, Determinación de la resistencia a la adhesión de los morteros para revoco y enlucido endurecidos aplicados sobre soportes.

UNE-EN ISO 9001:2015, Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos. 23 de Septiembre de 2015.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.