

Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México

Propiedades físicas y mecánicas del polvo-residuo de mármol de la provincia de la Comarca Lagunera, en México

Physical and mechanical properties of bricks with dust residue from marble in México. Physical and mechanical properties of the marble dust-residue from the Comarca Lagunera Province, in Mexico

C. Ponce-Palafox

Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón. Coahuila (México)

Escuela de Arquitectura

Cuerpo académico Viabilidad Sustentable de la Edificación

Julián Carrillo

Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, D. C. (Colombia)

Facultad de Ingeniería

Grupo de investigación Estructuras y Sísmica

A. López-Montelongo

Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón. Coahuila (México)

Escuela de Arquitectura

Cuerpo académico Viabilidad Sustentable de la Edificación

C. Ponce-Palafox

Ingeniero civil. Catedrático investigador, Universidad Autónoma de Coahuila, México.

Maestría en Ingeniería Estructural, Universidad Nacional Autónoma de México.

Doctorado en Ingeniería Civil con Especialidad en Estructuras, Universidad de Sonora, México.

<https://orcid.org/0000-0002-5991-3395>

cesarponce@uadec.edu.mx

Julián Carrillo

Ingeniero civil. Profesor titular, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C., Colombia.

Maestría en Ingeniería Estructural y Sísmica, Universidad de los Andes, Bogotá, D. C., Colombia.

Doctorado en Ingeniería Estructural, Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://orcid.org/0000-0002-8274-5414>

julian.carrillo@unimilitar.edu.co

A. López-Montelongo

Catedrático investigador, Universidad Autónoma de Coahuila, México.

Maestría en Arquitectura en Diseño Ambiental, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Doctorado en Arquitectura, Acentuación en Vivienda, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

<https://orcid.org/0000-0001-9664-0237>

areli.lopez@uadec.edu.mx

Introducción

El propósito de esta investigación es buscar un uso al desecho de polvo de mármol que se genera en la provincia de la Comarca Lagunera, en México, ya que en la región actualmente se generan 450 t diarias. Esta investigación se desarrolla en la Universidad Autónoma de Coahuila (México), en la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, porque es la zona donde se tiene el problema ambiental y se cuenta con las líneas de investigación de materiales alternativos para la construcción. El proyecto se desarrolló con la colaboración del Grupo de Investigación de Estructuras y Sísmica de la Universidad Militar Nueva Granada (Colombia).

La provincia Lagunera es una región geográfica conformada por 10 municipios del estado de Durango y otros 5 del estado de Coahuila, en México. El estado de Durango tiene la mayor extracción de mármol en México. Estos 2 estados procesan aproximadamente 1.800.000 t/año de mármol, para que luego este sea comercializado en todas partes del mundo (Secretaría de Economía, 2016). De dicha producción, las empresas generan 450 t de desperdicio en polvo diario, que es producto del corte y el pulido del material. Este polvo de mármol se esparce fácilmente por la ciudad, gracias a las constantes corrientes de aire, lo que expone a toda la ciudadanía a enfermedades respiratorias como la neumoconiosis. Dicha enfermedad es considerada una de las principales causas de muerte entre los trabajadores del mármol (Secretaría de Salud, 2016). Además de este problema ambiental y de salud, el estado de Coahuila se enfrenta a una de sus más vertiginosas caídas económicas, lo cual hace difícil que la población adquiera una vivienda.

Es importante, entonces, buscar una pronta solución a los 2 problemas mencionados: 1) dar un uso al polvo-residuo de mármol que de otra forma está generando contaminación a partir de la fabricación de piezas de mampostería, al usarse solo el 62% de este polvo en cada pieza, y 2) ofrecer una solución de vivienda de bajo costo a los habitantes de la ciudad que están en la pobreza, a partir de la generación de piezas de mampostería para construir muros. Aunque ambos problemas pueden parecer completamente separados, sí podrían compartir una solución. Por ejemplo, si se logra aprovechar los desechos de la industria del mármol en un material de construcción económico y durable, las personas en situación de vulnerabilidad podrán mejorar la calidad de su vivienda, y, con esto, su salud y su calidad de vida.

Ponce-Palafox, C., Carrillo, J. y López-Montelongo, A. (2020). Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México. Propiedades físicas y mecánicas del polvo-residuo de mármol de la provincia de la Comarca Lagunera, en México *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 106-113 <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2554>



doi.org/10.14718/RevArq.2020.2554

Resumen

La industria del mármol genera gran cantidad de desperdicio en polvo. Estos desechos carecen de un adecuado plan de manejo, además de resultar altamente contaminantes para la población que rodea el lugar de los depósitos de dichos materiales. Para ofrecer una solución, en este artículo se presentan los resultados del desarrollo de un ladrillo a base del polvo de mármol, que tenga una resistencia a compresión suficiente para construir muros de mampostería en viviendas de baja altura. El programa experimental incluye 16 dosificaciones diferentes, en las que se varía la cantidad de cemento, cal comercial para albañilería y arena, y se deja constante la de polvo-residuo de mármol. El programa incluye el ensayo a compresión de 160 ladrillos, 3 ensayos a compresión en muretes, 3 pruebas de adherencia validada a compresión en muretes y 48 pruebas de absorción. Los resultados de los ensayos demostraron que la resistencia a compresión de las piezas individuales y de muretes es de 4,0 MPa y de 1,9 MPa, respectivamente, y la absorción de las piezas es del 21%. Estos resultados de absorción, compresión y adherencia son el primer indicativo de la viabilidad del uso de estos ladrillos para la construcción de muros de carga en viviendas desarrolladas en zonas de amenaza sísmica baja.

Palabras clave: Absorción; adherencia; compresión; muros de carga; vivienda;

Abstract

The marble industry generates a large amount of dust waste. These wastes do not have a proper management plan, as well as being highly contaminating the population surrounding the site of the deposits for these materials. To offer a solution, this article shows the results of the development of a brick-based marble powder to achieve sufficient compressive strength for the construction of masonry walls in low-rise housing. The experimental program includes 16 different dosages that varies the amount of cement, lime, and sand, and keep constant the marble powder. The program includes the compressive tests for 160 bricks, compressive tests for 3 small walls, validated adherence under compression tests for 3 small walls, and absorption tests for 48 bricks. The results of the test showed that the compression strength of the individual bricks and wall is 4.0 MPa and 1.9 MPa, respectively, and the absorption of the bricks is 21%. These results of absorption, compression and adhesion are a first indicator of the feasibility of used these bricks for the construction of load-bearing walls in housing projects developed in areas of low seismic demands.

Keywords: Absorption, adhesion, compression, load-bearing walls, housing;

Recibido: diciembre 26/2018

Evaluado: mayo 5/2019

Aceptado: marzo 20/2020

El objetivo principal de esta investigación es buscar la dosificación adecuada de agregados, polvo de mármol, cemento, arena y cal comercial de albañilería para que los ladrillos alcancen una resistencia a compresión adecuada para construir muros de mampostería en viviendas de baja altura.

Para el desarrollo de la presente investigación se plantean dos preguntas: 1) ¿Se podrán fabricar piezas de mampostería con polvo-residuo de mármol?, y 2) ¿Las piezas fabricadas con polvo-residuo de mármol alcanzarán la resistencia a compresión necesaria para construir con ellas muros en viviendas de baja altura (3,5 m)? Con base en dichas preguntas se plantean dos hipótesis: i) es posible fabricar piezas de mampostería con un contenido alto de polvo-residuo de mármol si se sigue un procedimiento correcto, y ii) las piezas construidas alcanzarán la resistencia mínima necesaria a compresión para construir muros de mampostería en viviendas de baja altura; incluso, la resistencia será mayor que la de algunas piezas que actualmente se comercializan en la región.

En el artículo se presentan los resultados de dos etapas del desarrollo de un ladrillo con polvo de mármol para construir muros de mampostería en viviendas de baja altura. La primera etapa del programa experimental del estudio incluye 16 dosificaciones diferentes, para establecer la más adecuada en la fabricación de ladrillos; de estas 16 dosificaciones, se fabrican 10 ladrillos de cada una, para tener así 160 ensayos de resistencia a compresión en ladrillos individuales, 3 ensayos a compresión en muretes, 3 ensayos de adherencia en muretes y 48 ensayos de absorción en ladrillos individuales. Los ensayos se planearon para comprobar que los ladrillos puedan trabajar adecuadamente a compresión en un muro de una vivienda de baja altura. Con la dosificación establecida, en la segunda etapa se busca eliminar el curado de los ladrillos y se presenta el ensayo a compresión de 10 ladrillos que fueron curados al saturarlos en agua y 10 ladrillos que no fueron curados.

La primera etapa incluye mezclas con diferentes dosificaciones de cemento, cal y arena, pero sin variar la cantidad de polvo de mármol. Las mezclas se proyectaron para verificar cuál de ellas presenta el mejor comportamiento de resistencia a compresión. Estos ensayos experimentales se realizaron de acuerdo con las Normas Mexicanas del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (NMX-ONNCCE) vigentes.

Problemática social

La vivienda es una condición básica, dada la necesidad de alojamiento adecuado que tiene el ser humano; sin embargo, para gran parte de la población en Coahuila que no cuenta con un trabajo establecido resulta imposible satisfacer correctamente esta necesidad básica, pues los ingresos que reciben resultan insuficientes para la adquisición de una vivienda adecuada, según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH, 2016). En la mayoría de los casos, la única alternativa para la población de escasos recursos económicos es construir sus propias viviendas; obstante, dichas viviendas, una vez edificadas, evidencian enormes deficiencias, ya que la mayoría de las veces son construidas con materiales inapropiados o de poca resistencia (Salgado y Molar, 2017). A las personas que viven en esas viviendas se las conoce como personas en estado de pobreza patrimonial, ya que sus ingresos les permiten satisfacer solamente ciertas necesidades, tales como el alimento o la educación, pero sin la posibilidad de adquirir un hogar satisfactorio (López et al., 2012).

Para estimar la cantidad de viviendas construidas con muros frágiles (muros fabricados con desecho de materiales urbanos, tales como cartón, papel, etc.), en el presente estudio se revisaron los resultados presentados por la ENIGH (2016). De esa manera, se encontró que el 62,2% de las viviendas en situación de pobreza tienen muros frágiles; por tanto, es necesario presentar una solución para que sus habitantes puedan tener acceso a construir muros de mampostería a bajo costo.

Durante el proceso de corte y pulido de un bloque de mármol para fines decorativos, aproximadamente entre el 20% y el 30% de dicho bloque se convierte en polvillo (Gencel et al., 2012), lo cual evidencia la gran cantidad de desecho que se genera en la región. El problema del desecho de polvo de mármol se halla presente en el mundo entero; por ejemplo, Turquía es uno de los países con mayor producción anual de mármol en el planeta (Bilgin et al., 2012); este país tiene también un enorme problema con el manejo de los desechos de tal industria. Otro país con problemas de residuos de mármol es Egipto, que se encuentra entre los principales productores de mármol (El-Sayed et al., 2016), y también tiene el problema de almacenar el residuo de material en los alrededores de las plantas de producción, y genera así contaminación a la población



This article is available in English on the website of *Revista de Arquitectura (Bogotá)*
<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2020.2554>

**Physical and mechanical properties of bricks with dust residue from marble in México.
Physical and mechanical properties of the marble dust-residue from the Comarca
Lagunera Province, in Mexico**



cercana. Al crear conciencia sobre esta problemática, muchos investigadores a escala internacional están buscando nuevos usos y aplicaciones a los diferentes productos de desperdicio que se generan en el tratamiento de mármol.

Estudios previos sobre el polvo-residuo de mármol

En 2012, Santos et al. intentaron fabricar un ladrillo a base polvo de mármol. Las dosificaciones que fueron propuestas en su estudio se verificaron a prueba y error, porque no se tenía ninguna referencia experimental para iniciar la fabricación de los ladrillos. La resistencia a compresión de los ladrillos del estudio de Santos et al. (2012) fue < 4,9 MPa. Estos ladrillos se clasifican como *ladrillos no estructurales*, ya que el valor mínimo de resistencia a compresión para ladrillos sólidos de uso estructural con longitudes < 300 mm es 6,9 MPa, según la Norma Mexicana de la industria de la Construcción 404 del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (NMX-C-404-ONNCCE-2012); sin embargo, la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 establece que la resistencia mínima a compresión para ladrillos de uso no estructurales es 3,1 MPa.

En 2014, Rangel y Nevarez intentaron establecer las dosificaciones necesarias para fabricar un ladrillo estructural con polvo-residuo de mármol. Estudiaron el polvo de mármol de tres productoras de dicho material de la región de la Provincia Lagunera. Su estudio (2014) incluyó dosificaciones que contenían arena de río, agua y cemento gris. Los especímenes fueron ensayados a compresión a los 7, a los 14 y a los 28 días de curado en agua; también construyeron especímenes con varios porcentajes de cemento en la mezcla. Los especímenes que contenían el 12 % y el 15 % de cemento alcanzaron los valores más altos de resistencia a compresión: por ejemplo, la resistencia de dichos especímenes fue > 10,78 MPa, el cual es superior al valor mínimo exigido por la norma NMX-C-404-ONNCCE2012 para ladrillos sólidos de uso estructural. Rangel y Nevarez (2014) observaron, por otra parte, que solo los ladrillos fabricados con polvillo proveniente de una de las empresas en estudio alcanzaron los límites de resistencia a compresión. La comparación entre los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos de las diferentes productoras de mármol reveló diferencias de resistencia del orden del 50 %. La razón de tales diferencias es que la mayoría de los establecimientos especializados en el tratamiento del mármol reciclan el agua para darle más de un uso; el reciclado consiste en que separan el agua del polvillo a

través del filtrado de agua residual. Esto ha evitado la contaminación del polvo con otros materiales que afectan la resistencia a compresión. El filtrado consiste en separar el agua del polvo por medio de una trampa natural. El método usado por la empresa consiste en depositar el desecho producto de corte y pulido (agua y polvo de mármol) en un pozo de gran tamaño, por lo que, además, se logra la separación de los elementos por gravedad, ya que, al ser más pesado, el polvo de mármol se va al fondo del pozo y el agua se queda en la parte superior, lo cual permite que todo el polvillo se separe del agua y se pueda así utilizarla nuevamente. Cuando el desperdicio que contiene agua y polvo de mármol es depositado en esos pozos, el mayor peso del polvo de mármol lo lleva al fondo del pozo. Con esta separación, el agua puede ser extraída fácilmente, para evitar que el polvo de mármol contenga químicos que generen pérdida de resistencia a compresión en los ladrillos. En la presente investigación se usó únicamente el polvo-residuo de mármol proveniente de la empresa que no le agrega químicos al agua para su reutilización.

Santos et al. (2012) encontraron que la composición química del polvo de mármol objeto de su estudio tiene ciertas características especiales, como se muestra en la tabla 1. Se observa que la mayor parte de su composición es carbonato de calcio, pero también contiene, en menor cantidad, hierro, aluminio y óxido de silicio. Mientras que Shahul y Sekar (2009) encontraron que la mayor parte de la composición química del lodo de mármol es óxido de silicio, y, en menor cantidad, óxido de hierro, óxido de magnesio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de aluminio y óxido de calcio.

Metodología

Programa experimental

El programa experimental en la primera etapa del presente estudio incluye 160 ensayos de resistencia a compresión en ladrillos individuales de 50 × 80 × 230 mm, así como 3 ensayos a compresión en muretes, 3 ensayos de adherencia en muretes y 48 ensayos de absorción en piezas individuales. El programa experimental incluye 16 mezclas con diferentes dosificaciones de cemento, cal y arena, pero sin variar la cantidad de polvo de mármol.

Dosificación de ensaye

Para cada dosificación se construyeron 10 piezas. Algunas de las mezclas sustituyen porcentajes de cemento por cal y otras sustituyen la arena de río por arena caliza triturada; esto, para dejarse de usar arena de río y conservar los ríos naturales, como lo mencionan Singh et al. (2017). Al encontrar la dosificación adecuada, en la segunda etapa se fabrican 20 ladrillos más, para revisar

Tabla 1. Composición química del polvo de mármol.
Fuente: Santos et al. (2012).
CC BY-NC-SA

Componente	CaCO ₃	Fe	Al	SiO ₂
Contenido	95 %	0,038 %	0,10 %	1,02 %

si es posible quitar el curado en el proceso de fabricación.

Dimensiones de los especímenes

Se consideran las dimensiones propuestas de acuerdo con el resultado que reportaron Betancourt et al. (2015), quienes mencionan que ni la forma ni las dimensiones afectan la resistencia a compresión en concreto con polvo de mármol. En los moldes para fabricar los ladrillos se usó madera, la cual facilita el descimbrado y el manejo del molde.

Matriz de ensayos

En las dosificaciones propuestas en el presente estudio se utilizaron como base los porcentajes de cemento usados por Rangel y Nevarez (2004), quienes consideraron el 12% y el 15% de cemento, se usan estos porcentajes con el objetivo de tener en la mezcla la mayor cantidad de polvo-residuo de mármol y, en consecuencia, que el ladrillo se componga de un 62% de polvo-residuo de mármol, a pesar de los resultados de los estudios de Santos et al. (2012), Bilgin et al. (2012) y Corinaldesi, Moriconi, y Naik (2010) donde demostraron que si se sustituye más del 10% de cemento por polvo de mármol afecta la resistencia a compresión y flexión en el concreto, también Singh, Srivastava y Bhunia (2017) y Singh, Choudhary, Srivastava, Singh y Bhunia, et al. (2017) encontraron que se puede llegar a sustituir hasta 15% de cemento por polvo-residuo de mármol sin tener disminución en la resistencia a compresión.

En las 16 dosificaciones se modificaron las cantidades de cemento, cal y arena manteniendo la cantidad de polvo de mármol. Primero se modificaron las cantidades de cemento para usar la menor cantidad de este material. La arena de río se sustituyó por arena triturada de piedra caliza, ya que en la región objeto de estudio la arena de río escasea. La cal para albañilería se agregó a fin de comprobar las prácticas locales y el beneficio o el daño que genera este producto en combinación con el cemento.

En las tablas 2 y 3 se muestran las dosificaciones usadas en las mezclas que contenían el 12% y el 15% de cemento, respectivamente. Para cada dosificación se realizaron 10 muestras, de las cuales, 3 fueron ensayadas a los 7 días; otras 3, a los 14 días, y 3 más, a los 28 días, y se dejó una pieza como testigo. En todos los casos, la pieza que se tenía como testigo también se ensayó como parte de los especímenes.

Los porcentajes de cal dentro de las mezclas se calcularon en función de la cantidad de cemento agregado. Los valores de los otros materiales se calcularon en función de la cantidad de polvo de mármol en la mezcla. De esta manera, como lo muestran las tablas 2 y 3, se incluyen las 160 piezas que fueron fabricadas en el estudio.

N.º de lote	Polvo de mármol	Arena	Agua	Cemento	Cal
1		20% (río)		12,00%	-
2		20% (triturada)	35%	12,00%	-
3		20% (río)		11,40%	5%
4	15 kg	20% (triturada)		11,40%	5%
5		20% (río)		10,80%	10%
6		20% (triturada)	20%*	10,80%	10%
7		20% (río)		10,20%	15%
8		20% (triturada)		10,20%	15%

Tabla 2. Mezclas con el 12% de cemento.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

N.º de lote	Polvo de mármol	Arena	Agua	Cemento	Cal
9		20% (río)		15,00%	-
10		20% (triturada)		15,00%	-
11		20% (río)		14,24%	5%
12	15 kg	20% (triturada)	20%	14,24%	5%
13		20% (río)		13,50%	10%
14		20% (triturada)		13,50%	10%
15		20% (río)		12,74%	15%
16		20% (triturada)		12,74%	15%

Tabla 3. Mezclas con el 15% de cemento.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

En las dosificaciones de la investigación se estudiaron los 2 porcentajes de cemento (12% y 15%) a fin de verificar si es posible disminuir la cantidad de cemento necesaria para que el ladrillo alcance la resistencia mínima a compresión para ser considerado un ladrillo estructural. En general, lo que se buscó con estas dosificaciones fue alcanzar la resistencia a compresión de 6,9 MPa que indica la norma NMX-C-404 (2012) para ladrillos estructurales sólidos con longitudes < 300 mm.

Para la elaboración de los ladrillos se hizo la mezcla con los agregados en estado seco; las cantidades fueron las que se indican en las tablas 2 y 3, se mezclaron y, finalmente, se agregó agua hasta tener una mezcla con la consistencia adecuada para ser puesta en los moldes.

El llenado de los moldes con la mezcla se hizo en dos capas, donde se ponía una capa de aproximadamente la mitad de la altura y se le daban de cuatro a cinco golpes alrededor del molde, y en la segunda capa se hacía lo mismo y se enrasaban sin tener ninguna compactación.

Resultados

Elaboración de ladrillos

El polvo de mármol que es extraído del lugar de almacenamiento contiene algunos residuos, como basura o grumos; estos últimos se forman por la humedad que existe en el aire o por las

lluvias. Por lo anterior, fue necesario tamizar el material por la malla N.º 40 (0,42 mm), y, de este modo, separar los trozos de mármol, los grupos y la basura. Los trozos de mármol y basura se deben retirar del material, pero los grupos pueden demolerse para volver a convertirlos en polvo. Al igual que el polvo de mármol, la arena de río también se debe tamizar, pero utilizando la malla N.º 4 (4,76 mm) para extraer las piedras o los residuos que pueda contener. Una vez los materiales tienen las características de limpieza y dimensiones requeridas, el polvo de mármol, la arena y el cemento se mezclan en seco para lograr una mezcla homogénea de agregados. Ya mezclados los materiales en seco, se agrega agua. La primera cantidad de agua debe ser la que se indica en cada dosificación, y después se agrega un poco más de agua, según la necesidad de la mezcla, para que pueda acomodarse en la cimbra y lograr piezas sólidas. Para el caso objeto de estudio, no fue suficiente la cantidad de agua inicial, establecida en la dosificación del 20 % o el 35 %, y se agregó el 5 % más de agua.

A la cimbra se le aplicó un desmoldante para evitar que los ladrillos se pegaran a la cimbra al momento de quitarlas del molde. En este caso, a los moldes se les aplicó aceite automotor usado, para así facilitar la extracción de las piezas de los recipientes. En el presente estudio se usó dicho material porque es fácil de conseguir, se reusa para no contaminar el medio ambiente y no genera ningún efecto secundario en las piezas como, por ejemplo, que las piezas queden con algún color u olor inapropiados, o que puedan perder su resistencia a compresión.

De cada mezcla se obtuvieron 10 especímenes, identificados con las series de L1-M1 a L1-M10 (Lote 1, Muestra 1 hasta 10, etc.). Estos especímenes fueron saturados en agua y curados por 7, por 14 y por 28 días, antes de ser ensayados a compresión. En la figura 1 se muestran los 10 especímenes con su respectiva nomenclatura.

En la primera etapa el curado consistió en saturar en agua los ladrillos, ya que es el proceso de curado más común. En la segunda etapa se busca eliminar el curado por la cantidad de agua que se usa, y para verificar si es posible, en este proceso se construyen 20 ladrillos adicionales, con la dosificación que resulte con mejor comportamiento a compresión de las 16 estudiadas en la primera etapa. Los 20 ladrillos serán divididos en 2 grupos; 10 ladrillos serán curados, y los otros 10 ladrillos, no, para comparar su capacidad a compresión y definir si es conveniente omitir el curado en los ladrillos.

Descripción de ensayos

Para el ensayo a compresión es necesario dejar secar los ladrillos por completo, pues si llegaron a contener humedad, esta ayuda a los polvos a comprimirse ante la carga. De esa manera, los ladrillos podrían no presentar falla, y así obtener-

se resultados altos, pero no confiables; por tanto, los ladrillos se dejaron secar a la intemperie por 24 horas antes del ensayo a compresión.

Para la prueba de absorción de los ladrillos se usó el procedimiento indicado por la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013. Por ello, se usaron 3 especímenes de ladrillos de cada dosificación y se saturaron en agua durante 24 horas. La capacidad de absorción de los especímenes se calculó con la ecuación 1. Este parámetro permitió obtener el porcentaje de agua que absorbe cada uno de los ladrillos:

$$(1) \quad H\% = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

Donde H es el porcentaje de humedad que absorbe la pieza, y ph y ps son el peso de la pieza húmeda y de la pieza seca, respectivamente.

Las pruebas de adherencia entre ladrillos se incluyeron en el estudio porque se observó que algunos ladrillos tenían una superficie de contacto muy lisa, lo cual podría generar la posibilidad de que estos ladrillos no lograran adherirse entre sí, y provocar, por tanto, que no alcanzaran la resistencia a compresión adecuada. Las pruebas de adherencia entre los ladrillos se hicieron con base en los lineamientos de la norma NMX-C-082-ONNCCE-2013. Las muestras utilizadas para las pruebas de adherencia entre ladrillos son las mismas que corresponden a los 3 muretes construidos para determinar la resistencia a compresión en muretes.

Los muretes se construyeron con ladrillos sin curar; se siguieron al respecto las indicaciones de las Normas Técnicas Complementarias para Mampostería del Distrito Federal (Gaceta Oficial del D. F., 2004). Los muretes se forman con tres ladrillos, a los cuales se les aplicó una carga vertical para determinar la resistencia a compresión. El mortero que se usó en la unión de las piezas sí se sometió a curado y se dejó transcurrir el tiempo necesario para que el mortero alcanzara una resistencia a compresión adecuada, de 8,5 MPa.

En la construcción de los muretes, la boquilla que se usó fue de 6 mm. Según las recomendaciones reportadas por Salais y Ponce (2015). La proporción del mortero cemento-arena 1:4, que se usa es de acuerdo con la recomendación de Arrañoaga et al. (2016), que indica cuál es la proporción que alcanza una resistencia de 8,5 MPa a compresión.

Resultados de los ensayos

En la figura 2 se muestra la variación de la resistencia a compresión de los ladrillos a edad de 7, 14 y 28 días, de las 16 dosificaciones. Para determinar la resistencia se consideró un área de contacto en la aplicación de la carga de 18.400 mm². En la figura 2 se observa que la resistencia a compresión a los 7 días es mayor en la dosificación 7, que contiene arena de río, el 10,2% de cemento y el 15% de cal. A los 14 días, la dosificación 7



Figura 1. Muestras de especímenes del lote 1.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

presentó la mayor resistencia a compresión. Por último, a los 28 días, las dosificaciones 12 y 16 fueron las que presentaron la mayor resistencia a compresión. La cantidad de cemento de la dosificación 12 es el 1,5% mayor que la cantidad de cemento de la dosificación 16. Los resultados de resistencia a compresión expuestos en la figura 2 permiten deducir que la resistencia a compresión aumenta rápidamente entre 0 y 7 días de edad, y que alcanza, aproximadamente, el 82% de la resistencia máxima, mientras que entre los 7 y los 14 días el aumento de la resistencia a compresión es pequeño: aproximadamente, se eleva al 15% de su resistencia, y con una edad de entre 14 y 28 días su incremento es aún menor: aproximadamente, el 3%. El ensaye se realizó según la NMX-C-036-ONNCCE-2013.

La variación de resistencias a compresión entre los 14 y los 28 días es de 0,06 MPa; por lo tanto, se puede considerar aceptable la resistencia a los 14 días omitiendo ensayar a los 28 días. Kore y Vyas (2016) encontraron que la resistencia a compresión a 28 días de piezas que contienen lodo de mármol varió en el 18% con respecto a las muestras que no lo tienen; dichos autores argumentaron que el hecho de tener polvo de mármol no afecta significativamente al incremento de resistencia a los 28 días. En la tabla 4 se muestran los resultados promedio de los lotes de ensayos a compresión a 7, a 14 y a 28 días de edad de los especímenes, así como la desviación estándar y el coeficiente de variación de los resultados. En la primera columna de la tabla se indica el grupo de muestras, que para el caso corresponde a las 16 dosificaciones ensayadas. En las siguientes 3 columnas se encuentra la información a los 7 días de edad de las muestras con la resistencia a compresión promedio, que corresponde a 2,53 MPa, así como la desviación estándar, con 0,79 MPa, y el coeficiente de variación, con el 31,3%, respectivamente.

En la tabla 4 se observa que los ladrillos tienen una baja resistencia a compresión, debido a la cantidad de polvo de mármol, pues mientras más se agrega polvo-residuo de mármol a una mezcla de concreto, tanto más disminuye la resistencia a compresión y a flexión, según Santos et al. (2012), Bilgin et al. (2012) y Corinaldesi et al. (2010).

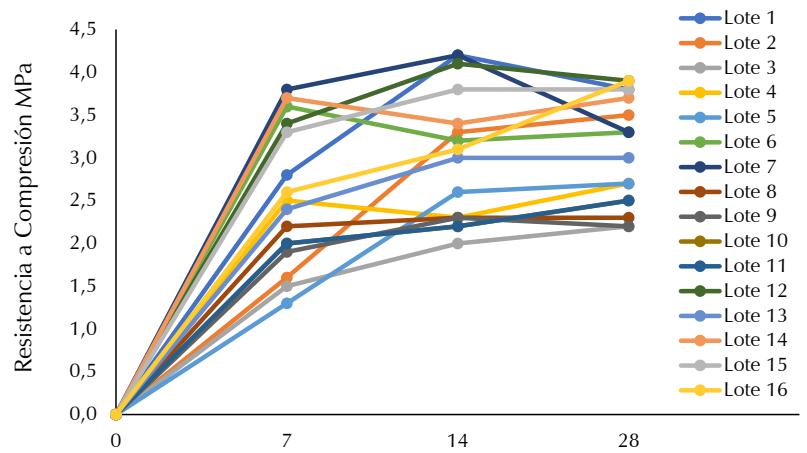


Figura 2. Variación de la resistencia a compresión de los ladrillos con los días de curado.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

Grupo	Día 7			Día 14			Día 28		
	Promedio, MPa	σ	C.V. (%)	Promedio, MPa	σ	C.V. (%)	Promedio, MPa	σ	C.V. (%)
1	2,53	0,79	31,3	3,01	0,74	24,80	3,07	0,62	20,5

Los ensayos de absorción evidenciaron que el valor promedio de la absorción de agua es del 21% y que el coeficiente de variación es del 7,7%. Dicho valor de absorción es mayor que el valor límite, del 19%, que indica la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013. Esto se debe a la cantidad de polvo de mármol que tienen los ladrillos, debido a que el óxido de Calcio (CaO) es muy reactivo y al tener contacto con el agua forma hidróxido de calcio (CaO(OH)₂) (Bilgin et al., 2012), lo cual genera porosidad en los ladrillos, y, en consecuencia, mayor absorción; por lo tanto, los ladrillos no cumplen con el valor límite de absorción, y se debe mejorar la absorción de humedad en los ladrillos. Cabe mencionar que la absorción hallada coincide con los resultados que obtuvieron Bilgin et al. (2012), los cuales muestran que al agregar el 70% de polvo de mármol al concreto para fabricar ladrillos se tiene una absorción de entre el 30% y el 40%; por lo tanto, se puede decir que si se aumenta el polvo de mármol en una mezcla, también aumenta la absorción.

Tabla 4. Resistencia a compresión promedio, desviación estándar y C. V.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

En la figura 3 se muestra el ensayo a compresión de uno de los muretes. De estos ensayos realizados a los muretes se obtuvo que el valor promedio de resistencia a compresión es de 1,9 MPa, con un coeficiente de variación del 15,3%. En la misma figura se observa cómo el espécimen mantiene los ladrillos unidos entre ellos por el mortero, lo cual hace evidente que existe buena adherencia entre ellos para trabajar a compresión. Para la construcción de los muretes fue necesario humedecer los ladrillos: si los ladrillos no se humedecen, no se tiene la suficiente adherencia entre ellos al momento de unirlos con el mortero.

A partir de los resultados de los ensayos a compresión, en el presente estudio se considera



Figura 3. Muretes de ladrillos.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

Grupo	Día 7		Día 14	
	Promedio, MPa	C. V. (%)	Promedio, MPa	C. V. (%)
1	2,6	12	3,1	14
2	2,6	14	2,5	16

Tabla 5. Valor medio de la resistencia a compresión.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA

que la dosificación 16 es la del mejor desempeño, tomando en cuenta que dicha dosificación es la que tiene menor cantidad de cemento y contiene arena triturada, además de tener un comportamiento creciente en los resultados de los ensayos a compresión. Con la dosificación 16 se fabricaron 20 ladrillos adicionales, divididos en dos grupos de 10 piezas. A un grupo de 10 piezas se lo sometió a curado con los procedimientos que recomienda la norma NMX-C-148-ONNCCCE2007. El segundo grupo de 10 piezas no fue sometido a ningún tipo de curado. En el presente estudio se realiza el ensayo de ladrillos a compresión curados y sin curar. Los 2 nuevos lotes de 10 piezas fueron ensayados a compresión a 7 y a 14 días, al considerar que en las 16 dosificaciones ensayadas durante la etapa anterior no se observaron incrementos significativos en la resistencia a compresión entre los ensayos a los 14 y a los 28 días de edad.

En la tabla 5 se muestran los valores promedio de resistencia a compresión de los ladrillos curados y los que no están curados. En la tabla 5, el grupo 1 corresponde a los ladrillos que están curados, y el grupo 2, a los ladrillos sin curar. En dicha tabla se observa que a los 14 días existe una diferencia del 20% entre los ladrillos curados y los que no están. Dicha diferencia muestra que no es necesario tener un curado para alcanzar más resistencia a compresión en las piezas, pues la resistencia de 3,1 MPa es adecuada para trabajar a compresión en muros de vivienda de baja altura.

Discusión

Las resistencias a compresión obtenidas con valores más pequeños que los que exige la norma se deben a la cantidad de polvo de mármol que contiene la pieza, como lo mencionan Singh et al. (2017) y Santos et al. (2012): al aumentar la cantidad de polvo de mármol, la resistencia a compresión disminuye; por lo tanto, los valores que Singh et al. (2017)

y Santos et al. (2012) recomiendan sustituir son los del 10% de polvo de mármol por cemento, para que no se afecte la resistencia a compresión.

Para el presente estudio se usó un porcentaje del 62% de polvo de mármol, mayor que el recomendado por Singh et al. (2017) y Santos et al. (2012), razón que afecta la resistencia a compresión; por lo tanto, a fin de lograr que los ladrillos alcancen los 6,9 MPa que indica la Norma Mexicana (NMX-C-404ONNCCCE-2012) para ladrillos estructurales, se deben seguir ensayando dosificaciones o plantear técnicas de fabricación idóneas para alcanzar dicho valor.

La fabricación de ladrillos a base de polvo de mármol es factible, como lo mencionan Betancourt et al. (2015), así como Rangel y Nevarez (2014); al no someterse a un proceso de cocción, se reduce el impacto ambiental. Bilgin et al. (2012) mencionan que agregar polvo de mármol a los ladrillos contribuye a disminuir el costo, por cuanto se usa un material de desecho, y, al mismo tiempo, se apoya a la ecología. Gencil et al. (2012) concluyen que los blocks que ellos fabrican con polvo de mármol tienen mejor resistencia al desgaste abrasivo.

En el presente trabajo se logró definir la técnica adecuada para fabricar los ladrillos. Además, se encontró una dosificación ideal a fin de que alcancen la resistencia a compresión para elementos no estructurales según la norma. Se encontró también la forma correcta de mezclar los materiales, y, finalmente, se fabricó un molde para que las piezas tuvieran una apariencia correcta sin dañarse. Con base en lo anterior, es posible construir muros de mampostería en viviendas de baja altura como elementos no estructurales.

Conclusiones

Los resultados experimentales reportados en este artículo demuestran que es viable elaborar ladrillos a base de polvo-residuo de mármol para construir muros de mampostería en viviendas de baja altura, de hasta 3,5 m, en zonas de amenaza sísmica baja.

En el presente trabajo se logró establecer la dosificación con el mejor desempeño a compresión y adherencia, así como la mezcla más económica al sustituir cemento por cal comercial de albañilería.

La dosificación que presenta buenos resultados para la fabricación de los ladrillos es la número 16, la cual se compone del 12,74% de cemento y el 15% de cal. De esta forma se logra dar uso al polvo de mármol a favor de disminuir la contaminación por acumulación del polvo de dicho material a la intemperie.

En lo referente a la absorción, el resultado que se obtuvo es del 21%, lo cual, a su vez, tiene una diferencia del 2% con el máximo que indica la norma, que es del 19%. La absorción en los ladrillos afecta la humedad que pierde el mortero al

momento de unirlos. Este efecto se soluciona aplicando una cantidad de agua a los ladrillos antes de ser unidos con el mortero. Dejar sin humedecer los ladrillos provoca que estos absorban toda la humedad del mortero, lo cual hace que se pierda adherencia por la pérdida de humedad. El humedecimiento de los ladrillos también ayuda a quitar todo el polvo que puedan tener estos, y si se quita dicho polvo se logra una mejor adherencia. De la adherencia obtenida se concluye que es suficiente entre las piezas para que puedan trabajar a compresión, sin agregar modificación alguna al ladrillo o al mortero.

Se puede omitir el curado en la fabricación de los ladrillos, pues la diferencia de resistencias entre los ladrillos curados y los que no están es del 20% y se considera que el incremento es poco.

Los resultados a compresión vertical en muretes presentan resultados de 1,9 MPa, y se los considera aceptables para usarse en muros de vivienda, ya que este material es más adecuado que los que actualmente se usan (desecho urbano).

En las dosificaciones ensayadas se observó cómo las mezclas que presentan los mayores valores de resistencia a compresión son las que tienen arena caliza triturada, en vez de arena de río.

Otra ventaja de la dosificación 16, elegida como la adecuada, es que logra la resistencia a compresión con menor cantidad de cemento, en comparación con la que tiene la dosificación 12.

Los valores bajos de resistencia a compresión indican que es necesario seguir estudiando dosificaciones que permitan alcanzar la resistencia de 6,9 MPa estipulada por la norma mexicana (NMX-C-404ONNCCE-2012). Para modificar las dosificaciones se deben hacer estudios químicos y físicos de los materiales, a fin de establecer la dosificación adecuada de los agregados para alcanzar la resistencia a compresión necesaria en ladrillos estructurales.

Una vez definidas la dosificación correcta y la resistencia a compresión de piezas estructurales, se deberán realizar ensayos para encontrar las propiedades de los materiales, tales como resistencia a tensión, módulo de elasticidad y análisis de ciclo de vida.

Finalmente, en próximos estudios se pretende construir muros de mampostería en una vivienda escala 1:1 de baja altura y validar los resultados obtenidos en el presente trabajo en la investigación.

Referencias

- Arrañoaga, A., Ponce C., Pérez Gómez, M. G. (2016). *Comparación Físico-Mecánica de morteros para unir block y definir su conveniencia. La vivienda. Vulnerabilidad ante el desarrollo humano Balam*.
- Betancourt, J., Lizárraga, L., Narayanasamy, R., Olgún, F., Sáenz, A. (2015). Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* 9(3), 1-12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193943013004>
- Bilgin, N., Yeprem, H. A., Arslan, S., Bilgin, A., Günay, E. y Marşoglu, M. (2012). Use of waste marble powder in brick industry. *Construction and Building Materials*, 29, 449-457. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.011>
- Corinaldesi, V., Moriconi, G., y Naik, T. (2010). Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete. *Construction and Building Materials*, 24, 113-117. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.08.013>
- El-Sayed, H. A., Farag, A. B., Kandeel, A. M., Younes, A., Yousef, M. M. (2016). Characteristics of the marble processing powder waste at Shaq El-Thoaban industrial area, mEgypt, and its suitability for cement manufacture. *HBRC Journal*, 14, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2016.06.002>
- Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). (2016). *Nueva serie INEGI*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2016/>
- Gencel, O., Ozel, C., Koksall, F., Erdogmus, E., Martínez-Barrera, G., y Brostow, W. (2012). Properties of concrete paving blocks made with waste marble. *Journal of Cleaner Production*, 21(1), 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.023>
- Kore, S. y Vyas, A. K. (2016). Impact of marble waste as coarse aggregate on properties of lean cement concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 4, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.01.002>
- López, A., Pérez Gómez, G. y Valdez, R. (2012). Revaloración constructiva de la vivienda de precaria en la periferia de la ciudad de Torreón, Coahuila, México. *Reporte técnico en proyecto de consolidación de cuerpos académicos en formación*. PRODEP.
- Norma Mexicana de la Industria de la Construcción del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. NMX-C-036-ONNCCE-2013.
- Norma Mexicana de la Industria de la Construcción del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. NMX-C-037-ONNCCE-2013.
- Norma Mexicana de la Industria de la Construcción del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. NMX-C-148-ONNCCE-2007.
- Norma Mexicana de la Industria de la Construcción del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. NMX-C-404-ONNCCE-2012.
- Norma Mexicana de la Industria de la Construcción del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. NMX-C-441-ONNCCE-2013.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería Reglamento de construcciones del Distrito Federal. (2004). *Gaceta Oficial del Distrito Federal*.
- Rangel, L. y Nevarez, C. (2014). *Estudio experimental para elaborar ladrillos con residuos de mármol (polvo)*. (Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería de la Universidad Juárez del Estado de Durango, México).
- Santos, A., Villegas, N. y Betancourt, J. (2012). Residuo de mármol como insumo en la construcción civil - diagnóstico de la Comarca Lagunera. *Revista de la Construcción*, 11(2), 17-26. www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/1276/127625512007/1
- Salais, L., y Ponce, C. (2015). *Espesor óptimo en junta de muros de mampostería con tabique recocado en fabricación artesanal* (tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería de la Universidad Juárez del Estado de Durango, México).
- Salgado, O. L. y Molar, M. (2017). Diagnóstico de viviendas de bajo recurso en Torreón, Coahuila. En *Compendio Investigativo de Academia Journals Fresnillo 2017* (pp. 1631-1635). <http://www.academiajournals.com/pubfresnillo>
- Secretaría de Economía (SE). *Perfil del mercado del mármol*. Dirección General de Desarrollo Minero, México 2016.
- Shahul, H. y Sekar, A. (2009). Properties of green concrete containing quarry rock dust and marble sludge powder as fine aggregate. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(4), 83-89. http://www.arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2009/jeas_0609_202.pdf
- Singh, M., Srivastava, A. y Bhunia, D. (2017). An investigation on effect of partial replacement of cement by waste marble slurry. *Construction and Building Materials*, 134, 471-488. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.155>
- Singh, M., Choudhary, K., Srivastava, A., Singh, K. S. y Bhunia, D. (2017). A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete. *Journal of Building Engineering*, 13, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.job.2017.07.009>
- Secretaría de Salud. (2016). (SS) Coahuila, México. <http://www.saludcoahuila.gob.mx/>

ISSN: 1657-0308 (Impresa)
E ISSN: 2357-626X (En línea)

22

Vol.

Nro. 2 REVISTA DE ARQUITECTURA
(Bogotá)

Arquitecto



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

- Revista de Arquitectura (Bogotá)
- Vol. 22 Nro. 2 2020 julio-diciembre
- pp. 1-154 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X
- Bogotá, Colombia

A Orientación editorial

Enfoque y alcance

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* (ISSN 1657-0308 Impresa y E-ISSN 2357-626X en línea) es una publicación científica seriada de acceso abierto, arbitrada mediante revisión por pares (doble ciego) e indexada, en donde se publican resultados de investigación originales e inéditos.

Está dirigida a la comunidad académica y profesional de las áreas afines a la disciplina. Es editada por la Facultad de Diseño y el Centro de Investigaciones (CIFAR) de la Universidad Católica de Colombia en Bogotá (Colombia).

La principal área científica a la que se adscribe la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* según la OCDE es:

Gran área: 6. Humanidades

Área: 6.D. Arte

Disciplina: 6D07. Arquitectura y Urbanismo

También se publican artículos de las disciplinas como 2A02, Ingeniería arquitectónica; 5G03, Estudios urbanos (planificación y desarrollo); 6D07, Diseño.

Los objetivos de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* son:

- Promover la divulgación y difusión del conocimiento generado a nivel local, nacional e internacional
- Conformar un espacio para la construcción de comunidades académicas y la discusión en torno a las secciones definidas.
- Fomentar la diversidad institucional y geográfica de los autores que participan en la publicación.
- Potenciar la discusión de experiencias e intercambios científicos entre investigadores y profesionales.
- Contribuir a la visión integral de la arquitectura, por medio de la concurrencia y articulación de las secciones mediante la publicación de artículos de calidad.
- Publicar artículos originales e inéditos que han pasado por revisión de pares, para asegurar que se cumplen las normas éticas, de calidad, validez científica, editorial e investigativa.
- Fomentar la divulgación de las investigaciones y actividades desarrolladas en la Universidad Católica de Colombia.

Palabras clave de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*: arquitectura, diseño, educación arquitectónica, proyecto y construcción, urbanismo.

Idiomas de publicación: español, inglés, portugués y francés.

Título abreviado: Rev. Arquít.

Título corto: RevArq

Políticas de sección

La revista se estructura en tres secciones correspondientes a las líneas de investigación activas y aprobadas por la institución, y dos complementarias, que presentan dinámicas propias de la Facultad de Diseño y las publicaciones relacionadas con la disciplina.

Cultura y espacio urbano. En esta sección se publican los artículos que se refieren a fenómenos sociales en relación con el espacio urbano, atendiendo aspectos de la historia, el patrimonio cultural y físico, y la estructura formal de las ciudades y el territorio.

Proyecto arquitectónico y urbano. En esta sección se presentan artículos sobre el concepto de proyecto, entendido como elemento que define y orienta las condiciones proyectuales que devienen en los hechos arquitectónicos o urbanos, y la forma como estos se convierten en un proceso de investigación y nuevo de conocimiento. También se presentan proyectos que sean resultados de investigación, los cuales se validan por medio de la ejecución y transformación en obra construida del proceso investigativo. También se contempla la publicación de investigaciones relacionadas con la pedagogía y didáctica de la arquitectura, el urbanismo y el diseño.

Tecnología, medioambiente y sostenibilidad. En esta sección se presentan artículos acerca de sistemas estructurales, materiales y procesos constructivos, medioambiente y gestión, relacionados con los entornos social-cultural, ecológico y económico.

Desde la Facultad. En esta sección se publican artículos generados en la Facultad de Diseño, relacionados con las actividades de docencia, extensión, formación en investigación o internacionalización, las cuales son reflejo de la dinámica y de las actividades realizadas por docentes, estudiantes y egresados; esta sección no puede superar el 20% del contenido.

Textos. En esta sección se publican reseñas, traducciones y memorias de eventos relacionados con las publicaciones en Arquitectura y Urbanismo.

A Portada: Sokkuri (significa reflejo inverso)
Mode Gakuen Cocoon Tower, Shinjuku, Tokyo, Japan
Fotografía: Arquitecto José Tomás Pachajoa-Herrera
(2012, diciembre)
CC BY-NC



A Frecuencia de publicación

Desde 1999 y hasta el 2015, la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* publicó un volumen al año, a partir del 2016 se publicarán dos números por año en periodo anticipado, enero-junio y julio-diciembre, pero también maneja la publicación anticipada en línea de los artículos aceptados (versión Post-print del autor).

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* se divulga mediante versiones digitales (PDF, HTML, EPUB, XML) e impresas con un tiraje de 700 ejemplares, los tiempos de

producción de estas versiones dependerán de los cronogramas establecidos por la editorial.

Los tiempos de recepción-revisión-aceptación pueden tardar entre seis y doce meses dependiendo del flujo editorial de cada sección y del proceso de revisión y edición adelantado.

Con el usuario y contraseña asignados, los autores pueden ingresar a la plataforma de gestión editorial y verificar el estado de revisión, edición o publicación del artículo.

A Canje

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* está interesada en establecer canje con publicaciones académicas, profesionales o científicas del área de Arquitectura y Urbanismo, como medio de reconocimiento y discusión de la producción científica en el campo de acción de la publicación.

Mecanismo

Para establecer canje por favor descargar, diligenciar y enviar el formato: RevArq FP20 Canjes

Universidad Católica de Colombia (2020, julio-diciembre). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 1-152. Doi: 10.14718

ISSN: 1657-0308
E-ISSN: 2357-626X

Especificaciones:
Formato: 34 x 24 cm
Papel: Mate 115 g
Tintas: Negro y policromía

A Contacto

Dirección postal:
Avenida Caracas No. 46-72.
Universidad Católica de Colombia
Bogotá D.C. (Colombia)
Código postal: 111311

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones (CIFAR).
Sede El Claustro. Bloque "L", 4 piso
Diag. 46A No. 15b-10
Editor, Arq. César Eligio-Triana

Teléfonos:
+57 (1) 327 73 00 – 327 73 33
Ext. 3109; 3112 o 5146
Fax: +57 (1) 285 88 95

Correo electrónico:
revistadearquitectura@ucatolica.edu.co
cifar@ucatolica.edu.co

Página WEB:
www.ucatolica.edu.co
vínculo Revistas científicas
<http://publicaciones.ucatolica.edu.co/revistas-cientificas>
http://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucatolica/revistas_ucatolica/index.php/RevArq





UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

Universidad Católica de Colombia

Presidente
Édgar Gómez Betancourt

Vicepresidente - Rector
Francisco José Gómez Ortiz

Vicerrector Jurídico
Edwin de Jesús Horta Vásquez

Vicerrector Administrativo
Édgar Gómez Ortiz

Vicerrector Académico
Elvers Medellín Lozano

Vicerrector de Talento Humano
Ricardo López Blum

Director de Investigaciones
Edwin Daniel Durán Gaviria

Directora Editorial
Stella Valbuena García

Facultad de Diseño

Decano
Werner Gómez Benítez

Director de docencia
Jorge Gutiérrez Martínez

Directora de extensión
Mayerly Rosa Villar Lozano

Director de investigación
César Eligio-Triana

Director de gestión de calidad
Augusto Forero La Rotta

Comité asesor externo
Facultad de Diseño
Édgar Camacho Camacho
Martha Luz Salcedo Barrera
Samuel Ricardo Vélez
Giovanni Ferroni del Valle

Facultad de Diseño

Centro de Investigaciones - CIFAR

REVISTA DE ARQUITECTURA

Arquitectura

Revista de acceso abierto,
arbitrada e indexada

Publindex: Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional IBN.

Esci: Emerging Source Citation Index.

Doaj: Directory of Open Access Journals.

Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.

SciELO: Scientific Electronic Library Online - Colombia

Redib: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

Ebsco: EBSCOhost Research Databases.

Clase: Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades.

Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo).

Dialnet: Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja.

LatinRev: Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades.

Proquest: ProQuest Research Library.

Miar: Matrix for the Analysis of Journals.

Sapiens Research: *Ranking* de las mejores revistas colombianas según visibilidad internacional.

Actualidad Iberoamericana: (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT).

Google Scholar

Arla: Asociación de Revistas latinoamericanas de Arquitectura.

Editorial

Av. Caracas N° 46-72, piso 5

Teléfono: 3277300 Ext. 5145

editorial@ucatolica.edu.co

www.ucatolica.edu.co

http://publicaciones.ucatolica.edu.co/

Impresión:

JAVEGRAF

Calle 46A N°82-54 Int. 2

Bogotá, D. C., Colombia

http://www.javegraf.com.co/index.php

Julio de 2020

Revista de Arquitectura (Bogotá)

Director
Werner Gómez Benítez

Editora
Anna Maria Cereghino-Fedrigò

Editores de sección
A Rodrigo Andrés Barrios-Salcedo
A Carolina Rodríguez-Ahumada
A Johanna Rodríguez-Ahumada

Equipo editorial

Coordinadora editorial
María Paula Godoy Casabuenas
mpgodoy@ucatolica.edu.co

Diseño y montaje
Juanita Isaza
juanaisaza@gmail.com

Traductora
Inglés
Erika Tanacs
etanacs25@gmail.com

Corrector de estilo
Gustavo Patiño Díaz
correctordeestilo@gmail.com

Página Web
Centro de investigaciones (CIFAR)

Distribución y canjes
Claudia Álvarez Duquino
calvarez@ucatolica.edu.co

Comité editorial y científico

Cultura y espacio urbano

A Clara E. Irazábal-Zurita, Ph.D.
University of Missouri. Kansas City, Estados Unidos

Margarita Greene Z., Ph.D.
CEDEUS - Centro de Desarrollo Urbano Sustentable. Santiago, Chile
Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Beatriz García Moreno, Ph.D.
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Juan Carlos Pérgolis, M.Sc.
Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia

Proyecto arquitectónico y urbano

A Jean-Philippe Garric, Ph.D., HDR
Université Paris I Panthéon-Sorbonne. Paris, Francia

Débora Domingo Calabuig, Ph.D.
Universidad Politécnica de Valencia, España

Fernando Vela-Cossío, Ph.D.
Universidad Politécnica de Madrid, España

Dania González Couret, Ph.D.
Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba

Juan Pablo Duque Cañas, Ph.D.
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Tecnología, medioambiente y sostenibilidad

A Maureen Trebilcock-Kelly, Ph.D.
Universidad del Bío-Bío (Chile), Chile

Mariano Vázquez Espí, Ph.D.
Universidad Politécnica de Madrid, España

Denise Helena Silva Duarte, Ph.D.
Universidade de São Paulo (USP), Brasil

Luis Gabriel Gómez Azpeitia, Ph.D.
Universidad de Colima. Colima, México



CONTENIDO

Contextos
Contexts
3-11

Cultura y espacio urbano
Culture and urban space
12-59

Proyecto arquitectónico y urbano
Architectural and urban project
60-93

Tecnología, medioambiente y
sostenibilidad
Technology, environment and
sustainability
94-152

- ES Espacio y tiempo del taller de proyectos arquitectónicos:
la Escuela de Arquitectura de Valencia3
Débora Domingo-Calabuig
Laura Lizondo-Sevilla
-
- ES La comunidad local en la valoración del patrimonio rural.....12
La escuela Francisco Arias en Lavallo
Isabel Durá-Gúrpide
Matías J. Esteves
- ES Hábitat Accesible. Desarrollo de modelos conceptuales
urbano-habitacionales.....24
Alina Delgado-Bohórquez
- ES Monumentos y arte urbano: percepciones, actitudes y valores
en la ciudad de Manizales.....37
Rodrigo Santofimio-Ortiz
Sandra Milena Pérez-Agudelo
- ES Nueva centralidad en interfase urbano-rural (I-UR)48
Caso: sector Umopalca, zona sur de Arequipa Metropolitana
David Jesús Lovon-Caso
Ana de los Ángeles Larota-Sanz
-
- ES Arquitecturas tradicionales y populares: un reto para la historiografía de la
arquitectura en Colombia60
Guillermo Gutiérrez-Morales
- ES EN Mito o realidad.69
Gustave Eiffel y el templo San Marcos de Arica
Darci Gutiérrez-Pinto
- ES La caminabilidad como estrategia proyectual para
las redes peatonales del borde urbano.
Barrio Sierra Morena, Usme78
Marielena Medina-Ruiz
-
- ES Ciudades costeras e indicadores de sostenibilidad:
una aproximación desde el metabolismo urbano de la calle94
El caso de la avenida Juan Ponce de León, en San Juan, Puerto Rico
María Helena Luengo-Duque
- ES EN Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México.....106
Propiedades físicas y mecánicas del polvo-residuo de mármol
de la provincia de la Comarca Lagunera, en México
C. Ponce-Palafox
Julián Carrillo
A. López-Montelongo
- ES Determinación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)
en una matriz energética sustentable mediante análisis de escenarios.....114
Estudio de caso en zonas áridas con alto riesgo hídrico
Alba Inés Ramos Sanz
- ES La participación infantil en proyectos urbanos.....126
El juego en espacios públicos para la promoción del aprendizaje
de conceptos ambientales
Carolina Polo-Garzón
Adriana Patricia López-Valencia
Alba Inés Ramos Sanz
- ES Gestión territorial y sus implicaciones con el ODS11141
Reflexiones desde Colombia y Costa Rica
Tania Giraldo-Ospina
Félix Zumbado-Morales

La postulación de un artículo a la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* indica que el o los autores certifican que conocen y aceptan la política editorial, para lo cual firmarán en original y remitirán el formato RevArq FP00 Carta de originalidad.

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* maneja una política de Autoarchivo VERDE, según las directrices de SHERPA/RoMEO, por lo cual el autor puede:

- *Pre-print* del autor: Archivar la versión *pre-print* (la versión previa a la revisión por pares)
- *Post-print* del autor: Archivar la versión *post-print* (la versión final posterior a la revisión por pares)
- Versión de editor/PDF: Archivar la versión del editor – PDF/HTML/XLM en la maqueta de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

El Autoarchivo se debe hacer respetando la licencia de acceso abierto, la integridad y la imagen de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, también se recomienda incluir la referencia, el vínculo electrónico y el DOI.

El autor o los autores son los titulares del Copyright © del texto publicado y la Editorial de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* solicita la firma de una autorización de reproducción del artículo (RevArq FP03 Autorización reproducción), la cual se acoge a la licencia CC, donde se expresa el derecho de primera publicación de la obra.

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* se guía por las normas internacionales sobre propiedad intelectual y derechos de autor, y de manera particular el artículo 58 de la Constitución Política de Colombia, la Ley 23 de 1982 y el Acuerdo 172 del 30 de septiembre de 2010 (Reglamento de propiedad intelectual de la Universidad Católica de Colombia).

Para efectos de autoría y coautoría de artículos se diferencian dos tipos: “obra en colaboración” y “obra colectiva”. La primera es aquella cuya autoría corresponde a todos los participantes al ser fruto de su trabajo conjunto. En este caso, quien actúa como responsable y persona de contacto debe asegurar que quienes firman como autores han revisado y aprobado la versión final, y dan consentimiento para su divulgación. La obra colectiva es aquella en la que, aunque participan diversos colaboradores, hay un autor que toma la iniciativa, la coordinación y realización de dicha obra. En estos casos, la autoría corresponderá a dicha persona (salvo pacto en contrario) y será suficiente únicamente con su autorización de divulgación.

El número de autores por artículo debe estar justificado por el tema, la complejidad y la extensión, y no deberá ser superior a la **media de la disciplina**, por lo cual se recomienda que no sea mayor de cinco. El orden en que se enuncien corresponderá a los aportes de cada uno a la construcción del texto, se debe evitar la autoría ficticia o regalada. Si se incluyen más personas que trabajaron en la investigación se sugiere que sea en calidad de colaboradores o como parte de los agradecimientos. La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* respetará el número y el orden en que figuren en el original remitido. Si los autores consideran necesario, al final del artículo pueden incluir una breve descripción de los aportes individuales de cada uno de firmantes.

La comunicación se establece con uno de los autores, quien a su vez será el responsable de informar a los demás autores de las notificaciones emitidas por la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

En virtud de mantener el equilibrio de las secciones y las mismas oportunidades para todos los participantes, un mismo autor puede postular dos o más artículos de manera simultánea; si la decisión editorial es favorable y los artículos son aceptados, su publicación se realizará en números diferentes.

A Acceso abierto

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, en su misión de divulgar la investigación y apoyar el conocimiento y la discusión en los campos de interés, proporciona acceso abierto, inmediato e irrestricto a su contenido de manera gratuita mediante la distribución de ejemplares impresos y digitales. Los interesados pueden leer, descargar, guardar, copiar y distribuir, imprimir, usar, buscar o referenciar el texto completo o parcial de los artículos o la totalidad de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.



Esta revista se acoge a la licencia *Creative Commons (CC BY-NC de Atribución – No comercial 4.0 Internacional)*: “Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a

partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos”.

La *Revista de Arquitectura* es divulgada en centros y grupos de investigación, en bibliotecas y universidades, y en las principales facultades de Arquitectura, mediante acceso abierto a la versión digital y suscripción anual al ejemplar impreso o por medio de canje, este último se formaliza mediante el formato RevArq FP20 Canjes.

Para aumentar su visibilidad y el impacto de los artículos, se envían a bases de datos y sistemas de indexación y resumen (SIR) y, asimismo, pueden ser consultados y descargados en la **página web de la revista**.

La *Revista de Arquitectura* no maneja cobros, tarifas o tasas de publicación de artículo (Article Processing Charge-APC), o por el sometimiento de textos a la publicación.

La *Revista de Arquitectura* se compromete a cumplir y respetar las normas éticas en todas las etapas del proceso de publicación. Los autores de los artículos publicados darán cumplimiento a los principios éticos contenidos en las diferentes declaraciones y legislaciones sobre propiedad intelectual y derechos de autor específicos del país donde se realizó la investigación. En consecuencia, los autores de los artículos postulados y aceptados para publicar, que presentan resultados de investigación, deben firmar la declaración de originalidad (formato RevArq FP00 Carta de originalidad).

La *Revista de Arquitectura* reconoce y adopta los principios de transparencia y buenas prácticas descritos por COPE, “Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing” (2015).

El equipo editorial tiene la obligación de guardar la confidencialidad acerca de los artículos recibidos, y abstenerse de usar en sus propias investigaciones datos, argumentos o interpretaciones hasta tanto el artículo no sea publicado. También debe ser imparcial y gestionar los artículos de manera adecuada y en los plazos establecidos. La selección de revisores se hará con objetividad y estos deberán responder a la temática del artículo.

El editor, los autores y los revisores deben seguir las normas éticas internacionales definidas por el Committee on Publication Ethics (COPE), con el fin de evitar casos de:

- Fabricación, falsificación u omisión de datos.
- Plagio y autoplagio.
- Publicación redundante, duplicada o fragmentada.
- Omisión de referencias a las fuentes consultadas.
- Utilización de contenidos sin permiso o sin justificación.
- Apropiación individual de autoría colectiva.
- Cambios de autoría.
- Conflicto de interés (CDI) no revelado o declarado.
- Otras que pudieran surgir en el proceso de investigación y publicación.

La fabricación de resultados se genera al mostrar datos inventados por los autores; la falsificación resulta cuando los datos son manipulados y cambiados a capricho de los autores; la omisión se origina cuando los autores ocultan deliberadamente un hecho o dato. El plagio se da cuando un autor presenta como ideas propias datos creados por otros. Los casos de plagio son los siguientes: copia directa de un texto sin entrecomillar o citar la fuente, modificación de algunas palabras del texto, paráfrasis y falta de agradecimientos; el autoplagio se da cuando el mismo autor reutiliza material propio que ya fue publicado, pero sin indicar la referencia al trabajo anterior. La revista se apoya en herramientas digitales que detectan cualquiera de estos casos en los artículos postulados, y es labor de los editores y revisores velar por la originalidad y fidelidad en la citación. La publicación redundante o duplicada se refiere a la copia total, parcial o alterada de un trabajo ya publicado por el mismo autor.

En caso de sospechar de alguna mala conducta se recomienda seguir los **diagramas de flujo elaborados por COPE (2008)**, con el fin de determinar las acciones correspondientes.

La *Revista de Arquitectura* se reserva el derecho de retractación de publicación de aquellos artículos que, posterior a su publicación, se demuestre que presentan errores de buena fe, o cometieron fraudes o malas prácticas científicas. Esta decisión se apoyará en “Retraction Guidelines” (COPE, 2009). Si el error es menor, este se podrá rectificar mediante una nota editorial de corrección o una fe de erratas. Los autores también tienen la posibilidad de solicitar la retractación de publicación cuando descubran que su trabajo presenta errores graves. En todos los casos se conservará la versión electrónica y se harán las advertencias de forma clara e inequívoca.

A Privacidad y manejo de la información. Habeas Data

Para dar cumplimiento a lo previsto en el artículo 10 del Decreto 1377 de 2013, reglamentario de la Ley 1581 de 2012, y según el Acuerdo 002 del 4 de septiembre de 2013 de la Universidad Católica de Colombia, “por el cual se aprueba el manual de políticas de tratamiento de datos personales”:

La *Universidad Católica de Colombia*, considerada como responsable o encargada del tratamiento de datos personales, manifiesta que los datos personales de los autores, integrantes de los comités y pares revisores, se encuentran incluidos en nuestras bases de datos; por lo anterior, y en cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, la Universidad solicitará siempre su autorización, para que en desarrollo de sus funciones propias como Institución de Educación Superior, en especial las relacionadas con la docencia, la extensión y la investigación, la *Universidad Católica de Colombia* pueda recolectar, recaudar, almacenar, usar, circular, suprimir, procesar, intercambiar, compilar, dar tratamiento, actualizar, transmitir o transferir a terceros países y disponer de los datos que le han suministrado y que han sido incorporados en las bases de datos de todo tipo que reposan en la Universidad.

La *Universidad Católica de Colombia* queda autorizada, de manera expresa e inequívoca, en los términos señalados por el Decreto 1377 de 2013, para mantener y manejar la información de nuestros colaboradores (autores, integrantes de los diferentes comités y pares revisores); así mismo, los colaboradores podrán ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir sus datos personales, para lo cual se han dispuesto las siguientes cuentas de correo electrónico:

contacto@ucatolica.edu.co y revistadearquitectura@ucatolica.edu.co

A Directrices para autores

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* recibe artículos de manera permanente. Los artículos se procesan a medida que se postulan, dependiendo el flujo editorial de cada sección.

El idioma principal es el español, y como opcionales están definidos el inglés, el portugués y el francés; los textos pueden ser escritos y presentados en cualquiera de estos.

Los artículos postulados deben corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación, ser originales e inéditos y sus contenidos responder a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Como punto de referencia se pueden tomar las tipologías y definiciones del Índice Bibliográfico Nacional, Publindex (2010) que se describen la continuación:

1. *Artículo de revisión*: documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

2. *Artículo de investigación científica y tecnológica*: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

3. *Artículo de reflexión*: documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Adicional a estas tipologías, se pueden presentar otro tipo de artículos asociados a procesos de investigación-creación y/o investigación proyectual. En todos los casos se debe presentar la información suficiente para que cualquier investigador pueda reproducir la investigación y confirmar o refutar las interpretaciones defendidas y sea evidente el aporte a la disciplina.

En todos los casos se debe presentar la información suficiente para que cualquier investigador pueda reproducir la investigación y confirmar o refutar las interpretaciones defendidas.

A Instrucciones para postular artículos

Postular el artículo en la página web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* y adjuntar comunicación escrita dirigida al editor RevArq_FP00 Carta de originalidad (debidamente firmada por todos los autores en original); de igual manera, se debe diligenciar el formato de hoja de vida RevArq_FP01 Hoja de Vida (una por cada autor).

En la comunicación escrita el autor expresa que conoce y acepta la política editorial de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, que el artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales y que no existe conflicto de intereses (ver modelo RevArq_FP06 CDI) y que, de ser aceptado, concederá permiso de primera publicación, no exclusiva a nombre de la Universidad Católica de Colombia como editora de la revista.

Los artículos deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En la primera página del documento se debe incluir:

TÍTULO: no exceder 15 palabras.

Subtítulo: opcional, complementa el título o indica las principales subdivisiones del texto.

Nombre del autor o autores: nombres y apellidos completos o según modelo de citación adoptado por el autor para la normalización de los nombres del investigador. Como nota al pie (máximo 100 palabras): formación académica, experiencia profesional e investigativa, código ORCID <https://orcid.org/>, e información de contacto, correo electrónico.

Filiación institucional: debajo del nombre se debe declarar la institución en la cual se desarrolló el producto, de la cual recibió apoyo o aquella que respalda el trabajo investigativo.

Resumen: debe ser analítico, se redacta en un solo párrafo, da cuenta del tema, el objetivo, la metodología, los resultados y las conclusiones; no debe exceder las 150 palabras.

Palabras clave: cinco palabras o grupo de palabras, ordenadas alfabéticamente y que no se encuentren en el título o subtítulo; estas sirven para clasificar temáticamente al artículo. Se recomienda emplear principalmente palabras definidas en el tesoro de la Unesco (<http://databases.unesco.org/thessp/>), en el tesoro de Arte & Arquitectura © (<http://www.aatespanol.cl>), o Vitruvio (<http://vocabularyserver.com/vitruvio/>)

También se recomienda incluir título, resumen y palabras clave en segundo idioma.

- La segunda página y siguientes deben tener en cuenta:

El cuerpo del artículo se divide en: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión de resultados; posteriormente se presentan las Conclusiones, y luego las Referencias bibliográficas y los Anexos (modelo IMRYD). Las tablas y figuras se deben incorporar en el texto.

Descripción del proyecto de investigación: en la introducción se debe describir el tipo de artículo y brevemente el marco investigativo del cual es resultado y diligenciar el formato (RevArq_FP02 Info Proyectos de Investigación).

TEXTO: todas las páginas deben venir numeradas y con el título de artículo en la parte superior de la página. Márgenes de 3 cm por todos los lados, interlineado doble, fuente Arial o Times New Roman de 12 puntos, texto justificado (Ver plantilla para presentación de artículos). La extensión de los artículos debe ser de alrededor de 5.000 palabras (\pm 20 páginas, incluyendo gráficos, tablas, referencias, etc.); como mínimo 3.500 y máximo 8.000 palabras. Se debe seguir el estilo vigente y recomendado en el Manual para Publicación de la American Psychological Association (APA). (Para mayor información véase <http://www.apastyle.org/>)

Citas y notas al pie: las notas aclaratorias o notas al pie no deben exceder cinco líneas o 40 palabras, de lo contrario estas deben ser incorporadas al texto general. Las citas pueden ser:

Corta: (con menos de 40 palabras) se incorporan al texto y pueden ser: textuales (se encierran entre dobles comillas), parafraseo o resumen (se escriben en palabras del autor dentro del texto).

Cita textual extensa: (mayor de 40 palabras) debe ser dispuesta en un renglón y un bloque independiente con sangrías y omitiendo las comillas, no olvidar en ningún caso la referencia del autor (Apellido, año, página).

Referencias: como modelo para la construcción de referencias se emplea el estilo recomendado en el Manual para Publicación de la American Psychological Association (APA) (<http://www.apastyle.org/>).

Siglas: en caso de emplear siglas en el texto, las figuras o las tablas, se debe proporcionar la equivalencia completa la primera vez que se empleen y encerrarlas entre paréntesis. En el caso de citar personajes reconocidos se deben colocar nombres o apellidos completos, nunca emplear abreviaturas.

Figuras y tablas: las figuras (gráficos, diagramas, ilustraciones, planos, mapas o fotografías) y las tablas deben ir numeradas y contener título o leyenda explicativa relacionada con el tema del artículo, que no exceda las 15 palabras (Figura 1. xxxxx, Tabla 1. xxxx, etc.) y la procedencia (fuente: autor o fuente, año, página). Estas se deben referenciar en el texto de forma directa o entre paréntesis; se recomienda hacerlo con referencias cruzadas.

También se deben entregar en medio digital, independiente del texto, en formatos editables o abiertos. La marcación de los archivos debe corresponder a la incluida en el texto. Según la extensión del artículo se deben incluir de 5 a 10 gráficos. Ver guía para la búsqueda de imágenes de dominio público o bajo licencias Creative Commons (CC).

El autor es el responsable de *adquirir los derechos o las autorizaciones* de reproducción a que haya lugar para imágenes o gráficos tomados de otras fuentes, así como de entrevistas o material generado por colaboradores diferentes a los autores; de igual manera, se debe garantizar la protección de datos e identidades para los casos que sea necesario.

FOTOGRAFÍA: pueden ser entregadas en original para ser digitalizadas, de lo contrario se deben digitalizar con una resolución igual o superior a 300 dpi para imágenes a color y 600 para escala de grises. Los formatos de las imágenes pueden ser TIFF, PSD o JPG, y deben cumplir con las características expresadas en el punto anterior (figuras).

PLANIMETRÍA: se debe entregar la planimetría original en medio digital, en lo posible en formato CAD, y sus respectivos archivos de plumas o en PDF; de no ser posible, se deben hacer impresiones en tamaño carta con las referencias de los espacios mediante numeración y lista adjunta. Deben tener escala gráfica, escala numérica, norte, coordenadas y localización. En lo posible, no deben contener textos, achurados o tramas.

Para más detalles, consultar el documento *RevArq Parámetros para Autores Descripción* en el portal web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*

Beneficios

Como reconocimiento a los autores, se les hará envío postal de dos ejemplares de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida (RevArq_FP01); adicionalmente, se enviará el vínculo para la descarga de la versión digital.

También se enviará una constancia informativa en la que se relaciona la publicación del artículo y, de manera opcional, se pueden detallar las fechas del proceso editorial y el arbitraje realizado.

* Todos los formatos, las ayudas e instrucciones detalladas se encuentran disponibles en la página web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* http://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucaticolica/revistas_ucaticolica/index.php/RevArq.

** Para consultar estas instrucciones en otro idioma por favor acceder a la página web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

La selección de revisores se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- Afinidad temática.
- Formación académica.
- Experiencia investigativa y profesional.
- Producción editorial en revistas similares o en libros resultado de investigación.

El proceso de arbitraje se basa en los principios de equidad e imparcialidad, y en los criterios de calidad y pertinencia.

El desarrollo de la revisión se realiza según el formato (RevArq FP10 Evaluación de artículos) y las observaciones que el revisor considere necesarias en el cuerpo del artículo. En cualquiera de los conceptos que emita el revisor (Aceptar, Publicable con modificaciones, Reevaluable o No publicable), y como parte de la labor formativa y de comunidad académica, el revisor hará sugerencias para mejorar el documento. El revisor podrá solicitar una nueva relectura del artículo después de los ajustes realizados por el autor.

El revisor también deberá diligenciar el formato RevArq FP01 Hoja de Vida, con el fin de certificar y soportar el proceso de revisión ante los SIR que así lo soliciten.

En el proceso de arbitraje se emplea el método **doble ciego** , los nombres del revisor no serán conocidos por el autor y viceversa. Con el fin de garantizar el anonimato del autor, al artículo postulado se le han podido suprimir nombres, instituciones o imágenes que puedan ser asociadas de manera directa al autor.

Aunque se procura el anonimato, una vez recibida la invitación como par revisor del artículo, el revisor debe cerciorarse de que no exista conflicto de intereses (CDI) o alguna limitante que afecte la revisión o que pueda ser vista como tal (lazos familiares, amistad o enemistad, vínculos contractuales o laborales, posiciones éticas, etc.), de presentarse esta situación se notificará al editor. (Ver modelo RevArq FP06 CDI).

Dada la confidencialidad del proceso de revisión, y considerando los derechos de autor y de propiedad intelectual que pueda haber sobre el material que se entrega, el revisor se compromete a mantener en absoluta reserva su labor, a limitar el uso de la obra entregada solo para el propósito designado y a devolver la documentación remitida una vez concluya la actividad.

El tiempo establecido para las revisiones de pares es de máximo un mes a partir de la confirmación de la recepción de la documentación. Ese plazo podrá ser modificado de mutuo acuerdo entre el editor y el revisor, siempre y cuando no afecte la periodicidad de la revista, la impresión o el tiempo para emitir una respuesta al autor.

Los revisores se acogerán a "COPE Ethical Guidelines for Peer Reviewers" de COPE.

Beneficios

Como retribución a los revisores se les hará envío postal de un ejemplar de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida. También, si es de interés para el revisor, podrá hacer la solicitud de alguna de las publicaciones editadas y presentes en el **catálogo de publicaciones** de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, previa aprobación de la Editorial y sujeto a la disponibilidad.

Si lo desea tendrá derecho a una constancia de la colaboración en la revisión de artículos, la cual solo contendrá el periodo en el cual se realizó la actividad. También tendrá la posibilidad de aceptar o no la publicación de su nombre, nacionalidad y nivel máximo de formación en la página web de la **Revista de Arquitectura (Bogotá)** en su calidad de colaborador.

A Proceso de revisión por pares

Luego de la postulación del artículo, el editor de la **Revista de Arquitectura (Bogotá)** selecciona y clasifica los artículos que cumplen con los requisitos establecidos en las **directrices para los autores** . El editor podrá rechazar en primera instancia artículos, sin recurrir a un proceso de revisión, si los considera de baja calidad o por presentar evidencias de faltas éticas o documentación incompleta.

Los artículos se someterán a un primer dictamen del **editor, de los editores de sección y del Comité Editorial** , teniendo en cuenta:

- Afinidad temática, relevancia del tema y correspondencia con las secciones definidas.
- Respaldo investigativo.
- Coherencia en el desarrollo del artículo, así como una correcta redacción y ortografía.
- Relación entre las figuras y tablas con el texto del artículo.

En esta revisión se verificará el nivel de originalidad mediante el uso de **software** especializado (**Ithenticate** o similar) y recursos digitales existentes para tal fin, también se observará la coherencia y claridad en los apartados del documento (**modelo IMRYD**), la calidad de las fuentes y la adecuada citación, esto quedará consignado en el formato (**RevArq FP09 Revisión de artículos**); esta información será cargada a la plataforma de gestión editorial y estará a disposición del autor.

En caso de que el artículo requiera ajustes preliminares, será devuelto al autor antes de ser remitido a revisores. En este caso, el autor tendrá veinte días para remitir nuevamente el texto con los ajustes solicitados.

Después de la preselección se asignan mínimo dos revisores especializados, quienes emitirán su concepto utilizando el formato (**RevArq FP10 Evaluación de artículos**) y las anotaciones que consideren oportunas en el texto; en esta etapa se garantizará la confidencialidad y el anonimato de autores y revisores (**modalidad doble ciego**).

Del proceso de revisión se emite uno de los siguientes conceptos que será reportado al autor:

- **Aceptar el envío** : con o sin observaciones.
- **Publicable con modificaciones** : se podrá sugerir la forma más adecuada para una nueva presentación, el autor puede o no aceptar las observaciones según sus argumentos. Si las acepta, cuenta con quince días para realizar los ajustes pertinentes.
- **Reevaluable** : cumple con algunos criterios y debe ser corregido. Es necesario hacer modificaciones puntuales y estructurales al artículo. En este caso, el revisor puede aceptar o rechazar hacer una nueva lectura del artículo luego de ajustado.
- **No publicable** : el autor puede volver a postular el artículo e iniciar nuevamente el proceso de arbitraje, siempre y cuando se evidencien los ajustes correspondientes.

En el caso de presentarse diferencias sustanciales y contradictorias en los conceptos sobre la recomendación del revisor, el editor remitirá el artículo a un revisor más o a un miembro del Comité Editorial quien podrá actuar como tercer árbitro, con el fin de tomar una decisión editorial sobre la publicación del artículo.

Los autores deberán considerar las observaciones de los revisores o de los editores, y cada corrección incorporada u omitida debe quedar justificada en el texto o en una comunicación adjunta. En el caso que los autores omitan las indicaciones realizadas sin una argumentación adecuada, el artículo será devuelto y no se dará por recibido hasta que no exista claridad al respecto.

El editor respetará la independencia intelectual de los autores y a estos se les brindará el derecho de réplica en caso de que los artículos hayan sido evaluados negativamente y rechazados.

Los autores, con su **usuario y contraseña** , podrán ingresar a la plataforma de Gestión Editorial, donde encontrarán los conceptos emitidos y la decisión sobre el artículo.

El editor y el Comité Editorial se reservan el derecho de aceptar o no la publicación del material recibido. También se reservan el derecho de sugerir modificaciones de forma, ajustar las palabras clave o el resumen y de realizar la corrección de estilo. El autor conocerá la versión final del texto antes de la publicación oficial del mismo.

Cuando un artículo es aceptado para su publicación, el autor debe firmar la autorización de reproducción (**RevArq FP03 Autorización reproducción**). Para más información ver: **Política de derechos de autor**

Notas aclaratorias:

La **Revista de Arquitectura (Bogotá)** busca el equilibrio entre las secciones, motivo por el cual, aunque un artículo sea aceptado o continúe en proceso de revisión, podrá quedar aplazado para ser publicado en un próximo número; en este caso, el autor estará en la posibilidad de retirar la postulación del artículo o de incluirlo en el banco de artículos del próximo número.

El editor y los editores de sección de la **Revista de Arquitectura (Bogotá)** son los encargados de establecer contacto entre los autores y revisores, ya que estos procesos se realizan de manera anónima.

Arquitectura

- PÁG. 3** ● Espacio y tiempo del taller de proyectos arquitectónicos: la Escuela de Arquitectura de Valencia
 Space and time of the design studio: the Architectur
 Débora Domingo-Calabuig
 Laura Lizondo-Sevilla
- PÁG. 12** ● La comunidad local en la valoración del patrimonio rural. La escuela Francisco Arias en Lavalle
 The local community in the appreciation of rural heritage. Francisco Arias school in Lavalle
 Isabel Durá-Gúrpide
 Matías J. Esteves
- PÁG. 24** ● Hábitat accesible. Desarrollo de modelos conceptuales urbano-habitacionales
 Affordable Habitat - The Development of Housing and Neighbourhood Simulation Models
 Alina Delgado-Bohórquez
- PÁG. 37** ● Monumentos y arte urbano: percepciones, actitudes y valores en la ciudad de Manizales
 Monuments and urban art: perceptions, attitudes and values in the city of Manizales
 Rodrigo Santofimio-Ortiz
 Sandra Milena Pérez-Agudelo
- PÁG. 48** ● Nueva centralidad en interfase urbano-rural (I-UR). Caso: sector Umapalca, zona sur de Arequipa Metropolitana
 New Centrality in Rural Urban Interface. Case: Sector Umapalca, South Zone of Metropolitan Arequipa
 David Jesús Lovon-Caso
 Ana de los Ángeles Larota-Sanz
- PÁG. 60** ● Arquitecturas tradicionales y populares: un reto para la historiografía de la arquitectura en Colombia
 Traditional and popular architectures: a challenge for architecture historiography in Colombia
 Guillermo Gutiérrez-Morales
- PÁG. 69** ● Mito o realidad. Gustave Eiffel y el templo San Marcos de Arica
 Between Mith or Reality. Gustave Eiffel and temple San Marcos de Arica
 Darci Gutiérrez-Pinto
- PÁG. 78** ● La caminabilidad como estrategia proyectual para las redes peatonales del borde urbano. Barrio Sierra Morena, Usme
 Walkability as a design strategy for pedestrian networks on the urban edge. Sierra Morena, Usme Neighbourhood
 Marielena Medina-Ruiz
- PÁG. 94** ● Ciudades costeras e indicadores de sostenibilidad: una aproximación desde el metabolismo urbano de la calle. El caso de la avenida Juan Ponce de León, en San Juan, Puerto Rico
 Coastal cities and sustainability indicators: an approach from the urban metabolism of the street. The case of Juan Ponce de León avenue, in San Juan, Puerto Rico
 María Helena Luengo-Duque
- PÁG. 106** ● Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México. Propiedades físicas y mecánicas del polvo-residuo de mármol de la provincia de la Comarca Lagunera, en México
 Physical and mechanical properties of bricks with dust residue from marble in México. Physical and mechanical properties of the marble dust-residue from the Comarca Lagunera Province, in Mexico
 C. Ponce-Palafox
 Julián Carrillo
 A. López-Montelongo
- PÁG. 114** ● Determinación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en una matriz energética sustentable mediante análisis de escenarios. Estudio de caso en zonas áridas con alto riesgo hídrico
 Determination of greenhouse gas emissions (GHG) in a sustainable energy matrix through scenario analysis. Case Study in arid zones with high hydric risk
 Alba Inés Ramos Sanz
- PÁG. 126** ● La participación infantil en proyectos urbanos. El juego en espacios públicos para la promoción del aprendizaje de conceptos ambientales
 Children's participation in urban projects. Play in public spaces for the promotion of the learning of environmental concepts
 Carolina Polo-Garzón,
 Adriana Patricia López-Valencia
- PÁG. 141** ● Gestión territorial y sus implicaciones con el ODS 11. Reflexiones desde Colombia y Costa Rica
 Land Management and its implications with SDG 11 Reflections from Colombia and Costa Rica
 Tania Giraldo-Ospina
 Félix Zumbado-Morales



CONEXOTOS
CONTEXTS

CULTURA Y ESPACIO URBANO
CULTURE AND URBAN SPACE

PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO
ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD
TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY

La Revista de Arquitectura es de acceso abierto, arbitrada e indexada y está presente en:

Revista de Arquitectura (Bogotá) Universidad Católica de Colombia
 @REVARQUCATORICA
<https://www.mendeley.com/profiles/revista-de-arquitectura-bogota/>

