

CONTEXTO

CONTEXT

# Revestimientos en tierra en edificaciones patrimoniales en Colombia

## Ground coverings in heritage buildings in Colombia

Cecilia López Pérez\*

---

Citar este artículo como: López Pérez, Cecilia. (2017). Revestimientos en tierra en edificaciones patrimoniales en Colombia. *Revista Nodo*, 12(23), 8-19

---

### Resumen

Los revestimientos cumplen la función de proteger al muro de soporte de los agentes exógenos que lo puedan afectar y degradar. En el ámbito del patrimonio uno de los morteros más usados hasta finales del siglo XVIII en Colombia, era el revestimiento con base a tierra. Este revestimiento servía de protección para muros construidos en la misma tierra como la tapia, el adobe o el bahareque con el que se considera están construidos por lo menos el 90% de los centros históricos de nuestro país. Para su desarrollo se debe tener en cuenta el comportamiento de los diferentes componentes como tierra, estabilizantes, aditivos, aglutinantes y agua. Sin embargo, en Colombia son pocos los estudios que permiten determinar las características de estos acabados en construcciones patrimoniales. Es por esto que se propone en el presente artículo indagar por el estado del arte sobre el estudio de los morteros en tierra, que permita aproximarnos y tener las bases teóricas para realizar los estudios de caracterización y comportamiento de éstos, de manera que respondan no solo a las necesidades de los restauradores, sino a aquellos que están interesados en su aplicación en edificaciones actuales.

**Palabras clave:** revestimientos, tierra, patrimonio, dosificaciones, patología

### Abstract

The coatings have the function of protecting the support wall from exogenous agents that may affect and degrade it. In the field of heritage, one of the most used mortars until the end of the 18th century in Colombia was the earth-based coating. This coating served as protection for walls built on the same land as the wall, the adobe or the bahareque with which it is considered to be built at least 90% of the historic centers of our country. For its development, the behavior of the different components such as soil, stabilizers, additives, binders and water must be taken into account. However, in Colombia there are few studies that determine the characteristics of these finishes in heritage buildings. That is why it is proposed in this article to inquire about the state of the art about the study of mortars on land, which allows us to approach and have the theoretical basis to carry out the characterization and behavior studies of these, so that they respond not only to the needs of restaurateurs, but to those who are interested in its application in current buildings.

**Keywords:** Coatings, earth, heritage, dosages, pathology

---

Fecha de recepción: 15-05-2017 • Fecha de aceptación: 4-10-2017

\* Arquitecta, maestra en Restauración de monumentos arquitectónicos. Profesora Universidad Javeriana Bogotá. Correo electrónico: lopez.c@javeriana.edu.co

## Introducción

Los revestimientos de tierra se encuentran relacionados con la arquitectura patrimonial y vernácula. A nivel internacional UNESCO recomendó desde mediados de los años 70 el empleo de técnicas tradicionales para la restauración de los monumentos y la vivienda cultural, incluyendo los revestimientos; a raíz de los serios deterioros causados a los mismos por las intervenciones con nuevas técnicas y materiales. En este mismo sentido, a partir de 1985 el Consejo de Europa adoptó entre sus países miembros esta recomendación.

Pero varios han sido los factores que han impedido que las recomendaciones de UNESCO hayan sido implementadas en nuestras edificaciones. El primero, es la compatibilidad del elemento de soporte con el revestimiento; el segundo, es el desconocimiento sobre la elaboración de las mezclas aplicadas en muros de soporte en tierra (dosificaciones); el tercero, estudios que determinen en forma precisa las características de las patologías que los revestimientos presentan; el cuarto, es la limitada capacidad de resistencia a los agentes atmosféricos; el quinto, la pérdida de la mano de obra que trabaja estos materiales; y finalmente, la carencia de una normativa que se aplique a revestimientos ecológicos en tierra en Colombia. Esta situación ha traído como resultado que se apliquen morteros de cemento sobre soportes de tierra generando unos deterioros acelerados de las edificaciones no sólo patrimoniales sino vernáculas.

Por otra parte, se ha documentado que estas mezclas eran desarrolladas con una gran variedad de componentes como: extractos vegetales, queso, vino, albumina, requesón, goma animal, estiércol, engrudo, manteca, miel y jugos de frutas entre otros (Adam, 1996) (Useche, 1993). Para darle color a la mezcla se empleaban tintes naturales de origen mineral, vegetal y con tierras de colores (Arendt, 2009; Garate Rojas, 1998).

Es por esto que se propone en el presente artículo indagar por el estado del arte sobre el estudio de los morteros en tierra que permita aproximarnos

y tener las bases teóricas para realizar los estudios de caracterización y comportamiento de morteros ecológicos en tierra que respondan a las necesidades actuales que tiene tanto el gremio de restauradores, como las comunidades que buscan preservar de forma adecuada, económica y segura los inmuebles que poseen a su cargo.

## Los revestimientos

### Los revestimientos en construcción

Los revestimientos cumplen la función de proteger al muro de soporte de los agentes exógenos que lo puedan afectar y degradar; posee distintas denominaciones dependiendo de la región donde se aplique: revestimiento, enlucido, acabado, pañete, repello o revoque (Bails, 1802).

En construcción se clasifican de distintas formas. Por sus componentes (cal, cemento, tierra); por su textura (lisos, rugosos); esgrafiados (grabados), estarcidos (plantilla) y estucados, etc. De acuerdo con su lugar de aplicación pueden ser externos o internos y de acuerdo con su uso pueden ser industriales, de vivienda y de aplicación en patrimonio teniendo para cada uno de los usos características particulares.

### Revestimientos en tierra

En el ámbito del patrimonio uno de los morteros más usados hasta finales del siglo XVIII en Colombia, era el revestimiento con base a tierra o barro; el cual está formado por tierra, y componentes de origen orgánico e inorgánico. Estos revestimientos servían de protección para muros construidos en la misma tierra como la tapia, el adobe o el bahareque, con el que se considera están construidos por lo menos el 90% de los centros históricos de nuestro país (López & Ruiz Valencia, 2015).

Actualmente a este tipo de morteros se le reconocen distintas propiedades. A nivel ambiental los revestimientos aportan al medio ambiente y se ven

afectados por él; son hechos con materias primas renovables, totalmente biodegradables, con un consumo bajo de energía para su producción dando como resultado acabados óptimos a nivel de confort, térmico y acústico. Igualmente, se consideran inocuos para personas, animales y plantas, incluso, cuando se encuentran en contacto directo con el material. Una vez finalizada su aplicación no producen alergias e hipersensibilidad en el ser humano, armonizan el clima interior y son anties-táticos (McHenry, 2000; Bozzano Ciavaglia, 2017; Gónzalez Serrano, 2015; Díaz-Ramos, 2015). Pero también se ven afectados por el medio ambiente ya que las condiciones climatológicas, de orientación, grado de exposición del muro y las condiciones de ejecución pueden afectar las características finales y desencadenar patologías particulares en los revestimientos.

En el ámbito económico estudios como los realizados por Salas (1987) y corroborados después a nivel latinoamericano evidencian que los costos se reducen en cerca de un 30% frente a revestimientos hechos con cemento. Sin embargo, este porcentaje puede variar de acuerdo con la calidad de la tierra, los estabilizantes, aditivos, colorantes y mano de obra que se requieran en la edificación y a la frecuencia necesaria de mantenimiento.

En cuanto a los aspectos técnicos los enlucidos de barro pertenecen al grupo de revestimientos ecológicos y se enmarcan dentro de las tecnologías apropiadas que hacen referencia a las formas de generar construcción con el uso de materiales disponibles en el entorno inmediato, con el uso intensivo de mano de obra ( con un valor social añadido), que no requieren formación técnica especializada ni de cualificación para su elaboración por lo que es fácilmente asumido por la población; no requiere instalaciones o maquinaria particular para su producción y comercialización.

A nivel funcional, sirven como protección del muro, lo salvaguarda de los agentes atmosféricos que afectan la durabilidad de los mismos. Para que cumpla este fin, es necesario que la dosificación sea controlada y debe procurarse que la superficie

sea lisa y poco porosa. De igual manera, se debe procurar aplicar a los revestimientos aditivos que les permita tener una mayor resistencia, impermeabilidad y un adecuado acabado estético.

A nivel estético, son el acabado y la presentación final de una edificación patrimonial bien sea con relieves, lisos o imitando otros materiales. Pueden ser monocromáticos o policromos elaborados con plantillas o poseer pintura mural que le aportaba un valor agregado a la construcción, por la riqueza visual particular que adquiere.

## Usos

En patrimonio los revestimientos se clasifican en uso interno y externo. En el uso externo sirven de protección frente a agentes como la lluvia, viento, luz y todos aquellos factores exógenos que pueden afectarlos, por lo que requiere aditivos que permitan un mejor comportamiento. A nivel interno, igualmente sirven como protección del muro de soporte y frente a agentes como productos de limpieza, químicos, desgaste, abrasión e impactos. Su uso más generalizado en las viviendas se da no sólo en los muros de las áreas sociales, descanso y servicio sino como acabado en los cielos rasos.

## Características de los revestimientos

### Componentes

Tradicionalmente el mortero de tierra empleado en patrimonio está formado por tierra, estabilizantes, aditivos y agua. Éstos se cubrían luego con pintura de tierra o componentes de origen natural.

### La tierra

La tierra es el material más abundante en el planeta; sin embargo, no todas las tierras son aptas para su uso en construcción y como revestimiento, por lo que es importante realizar un estudio previo de la materia prima antes de iniciar la aplicación.

Los suelos más apropiados son aquellos que contienen partículas menores a 5 mm, que no posean más de 50 % de su peso en suelos finos. Aquellos suelos con más de 50% de finos no se recomiendan porque presentan grandes retracciones al secarse, tampoco se recomiendan aquellos que no poseen arcillas (menos del 15 %) pues carecen de materiales aglomerantes (CINVA, 1959).

González (1996) indica que de acuerdo con los estudios experimentales realizados por distintos organismos las características del material idóneo de trabajo son los que se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características de la tierra

Características físicas	
Densidad seca	15 a 19 KN/m <sup>2</sup>
Volumen de huecos	30-40% ( Poros abiertos) Diámetro 10 a 100mm
Dilatación térmica	0,012 mm/m por °C
Conductividad térmica	0,8 W/(K·m)
Calor específico	0,2 Kcal/Kg
Amortiguamiento del sonido	Muro de 40 cm=500Hz es de 56 dB
Permeabilidad	1.10 <sup>-6</sup> cm/s
Características mecánicas	
Resistencia a la tracción	1/5 de la resistencia a la compresión
Módulo de elasticidad	300 a 1000 MPa- Material seco
	700 a 3000MPa- Material Húmedo
Tensiones de trabajo	Compresión: 0,2 Mpa
	Tracción: 0 MPa
	Cizallamiento: 0,03 Mpa

Fuente: basado en González (1996)

Asimismo es importante resaltar que debido a la porosidad abierta de la tierra es un material que respira, permitiendo un cambio de vapor de agua entre el interior y el exterior de la construcción, contribuyendo al confort térmico de las edificaciones. Cuando la tierra no posee estas

características se procede a estabilizarla. El procedimiento general para ello consiste en extraer el suelo, secarlo, pulverizarlo, adicionarle el estabilizante y humedecerlo hasta obtener un nivel óptimo para su adecuada trabajabilidad (Neves & Borges, 2011).

## Estabilizantes

Como se mencionó anteriormente, a veces el suelo o tierra necesita de procesos de estabilización que buscan que el material sea más durable disminuyendo sus deficiencias, especialmente la estabilidad volumétrica la cual se ve afectada por la humedad produciendo fisuras, deformaciones, pérdida de resistencia y durabilidad (Minke, 1994; Barbeta, Janer y Bjorn, 2014; CRAterre, 2012; Higuera Reyes, 2007)

Los sistemas básicos de estabilización del suelo son: consolidación, impermeabilización, tratamiento químico y adición de un aglomerante. En la consolidación se compactan las partículas que conforman el suelo aumentando su fricción interna. En la impermeabilización, se le agregan elementos bituminosos (alquitrán y asfalto); sin embargo, los materiales bituminosos son susceptibles a las bacterias del suelo aumentando la absorción del agua e inestabilidad del material. Los tratamientos químicos, consisten en la aplicación de aditivos que mejoran las propiedades físicas de los suelos con sustancias como la cal, silicato de sodio y cloruro de calcio. En este caso, es importante realizar un estudio del comportamiento químico del suelo ya que el nuevo elemento añadido puede modificar sus propiedades (CINVA, 1959).

Con el aglomerante se busca que las partículas se cohesionen, sin que las afecte la humedad mejorando su resistencia y durabilidad; éste puede ser aéreo (endurece con el aire) e hidráulico (endurece en agua o aire) y el hidrocarburo que endurece por la evaporación de sus disolventes. El aglomerante más empleado es el cemento; sin embargo, en proporciones inadecuadas (más del 4.75-10%) provoca la degradación acelerada del muro de soporte y el revestimiento ya que se produce una

retracción mayor por la diferencia del coeficiente de expansión térmica generando disgregación y desprendimiento del muro de soporte en tierra (CINVA, 1959).

### Los aditivos

Los aditivos tienen como función potenciar y mejorar las propiedades del suelo natural haciéndolo más apto para ser empleado como material de construcción. Los aditivos le permiten aprovechar sus mejores propiedades y le da otras que por sí solas no posee. Como ya se ha mencionado, los aditivos que se añadían a los revestimientos patrimoniales

podían ser de origen orgánico e inorgánico. En cuanto a los primeros, hasta el siglo XVIII los que con mayor frecuencia se empleaban eran de origen vegetal y animal, debido a que cada comunidad elaboraba las edificaciones con los materiales que encontraba en su entorno y en muchos casos se tenía como medio de subsistencia las actividades agropastoriles siendo los subproductos de éstas incorporados en las construcciones, incluyendo los acabados. Como se muestra el cuadro 2, existía un predominio de aditivos derivados de la leche (caseína, requesón, queso), el huevo, los azúcares (vástago de la caña, melaza) y subproductos de origen vegetal (jugos vegetales).

**Cuadro 2.** Aditivos usados en morteros

Material	Año									
	150 a.c	46 a.c	23 d.c.	1200	1500	1653	1703	1750	1837	1850
Hierbas				X			X			
Jugos vegetales								X		
Vino			X							
Albumina	X									
Goma animal	X						X			X
Cebada			X					X		
Miel				X	X			X		
Cera de abejas				X	X		X	X		X
Sangre	X	X	X		X	X	X	X		X
Manteca									X	
Mantequilla								X		
Caseína	X									
Queso							X	X	X	X
Algodón										X
Requesón		X						X	X	
Estiércol		X			X	X	X	X	X	X
Clara de huevo	X	X		X	X	X	X		X	X
Huevo	X			X	X		X	X		X
Corteza de olmo		X								
Fibras		X			X	X	X	X	X	X
Jugo de higo	X	X	X							
Engrudo				X	X		X			
Goma arábiga	X				X	X				X
Pelos de animal			X		X					X

Fuente: Basado en Useche (1993), Arendt (2009) y Garate Rojas (1998)

En la actualidad, para su análisis, los aditivos se agrupan en cuatro grandes grupos: polisacáridos,

lípidos, proteínas y otras moléculas como lo muestra el cuadro 3:

**Cuadro 3.** Grupos de aditivos

Grupo	Subgrupo	Producto
<b>Polisacáridos</b>	Celulosa y ligninas	Estiércol de vaca, cascarilla de arroz, otras fibras fermentadas, papel wash, metilcelulosa, tierra de termita
	Jugos de vegetales	Tallos y hojas de plátano, cactus, agave, aloe vera, algas, melaza
	Almidón	Harina de trigo, fécula de papa, engrudo de arroz, residuos de destilación de yuca y maíz fermentado
	Gomas naturales	Goma arábica
<b>Lípidos</b>	Aceites y grasas	Aceite de pescado, linaza, uvas silvestres, lino, grasas animales
	Ceras	Cera de carnauba
<b>Proteínas</b>	Proteínas globulares	Caseína, albumina
	Proteínas fibrosas	Colágeno
<b>Otras moléculas</b>	Taninos	Cocción de cascara de Uva, frutos de Acacia
	Resinas	Látex

Fuente: basado en CRAterre (2012)

En cuanto a los aditivos inorgánicos, son generalmente de origen químico. Su uso se implementó desde mediados del siglo XIX, siendo los más usados el PVA, la soda cáustica, los silicatos de sodio, compuestos plásticos y sulfonato de lignina de sodio (McHenry, 2000).

## El agua

Respecto al agua requerida para obtener una trabajabilidad aceptable del revestimiento, la cantidad que se debe emplear en la mezcla depende del uso que se le va a dar, pero en general no se debe agregar más del 30 % de la mezcla en estado seco (CINVA, 1959).

## Dosificaciones y mezclas

Sobre las mezclas y sus dosificaciones existen diversos escritos que han documentado el conocimiento sobre el tema, con dos fuentes principales. La primera, obtenida a través de la transferencia de saberes de padres a hijos o de maestro a alumno (aprendiz). La segunda, se da a partir del siglo XV

con la aparición de la imprenta, los tratados de construcción y los relatos de cronistas quienes registran sus componentes, uso, aplicación y herramientas.

Tratados de construcción del siglo XV al XIX como los de Vitrubio (año 15 a.c.); Fray Lorenzo de San Nicolás (1639); De Torija (1661) y Fornés y Gurrea (1841) mencionan el uso de revestimientos en las edificaciones con mezclas de cal, arena de peña y arena de río en proporciones 1:2 a 1:5.

En el siglo XX investigaciones realizadas a nivel iberoamericano, proponen mezclas de tierra, arena y cal en proporciones 1:5 y 1:2. Estos estudios mencionan el uso de componentes adicionales para mejorar sus características como paja picada, cascarilla, cemento y excremento de vaca o caballo (Proterra, 2003; Nitskin Rikki y Termens Maren, 2010; Minke, 1994; Higuera Reyes, 2007; Rotondaro & Patrone, 2006; Garate Rojas, 1998; Díaz-Ramos, 2015; Beas, 1991; Neves, Farias y otros, 2009; González Serrano, 2015; Sánchez, 2012; Román Reyes, 2005; Cayetano y Ghazal, 2014; Romeral, Guinea y Salas, 1986; López, Celis y Sequeda, 2010).

Un estudio realizado por la Universidad de Buenos Aires en el año 1999, mostró que sobre 12 diferentes tipos de mezclas (suelo-cemento y suelo-cemento y cal) con porcentajes donde la tierra era del 40, 60 y 90 %; las que obtuvieron los mejores resultados con poca fisuración y buena adherencia eran aquellas donde la tierra ocupaba entre el 40% y 60 % de la mezcla (Rotondaro, Cecere y otros, 1999).

Otros trabajos mencionan varios parámetros para la realización de la mezcla para revestimientos. Primero, la tierra debe estar cernida, que haya pasado por la malla No. 40 (aproximadamente 0.5 mm); segundo debe estar seca antes de realizar la mezcla con los otros componentes; tercero, una vez se realice la mezcla se debe dejar reposar para que los componentes se humecten de manera adecuada mejorando su adherencia. Se sugiere que el tiempo mínimo de reposo sea de 72 horas. Finalmente, se recomienda que las proporciones de fibra debe ser entre 15 y 20 % del volumen (Neves, Farias y otros, 2009; Neves y Borges, 2011; Proterra, 2003).

Viñuales (1981) hace unas recomendaciones específicas para el caso de argamasas de tierra aplicadas en construcciones patrimoniales. Menciona que es común que se reemplace los revestimientos de barro con morteros de cal y arena, resinas e incluso reforzados con cemento. Como lo menciona González (1996) la tierra forma un muro de porosidad abierta, mientras las capas de revoque sólido forman una cáscara que se encuentra aislada del muro de soporte que con el tiempo suenan a hueco y luego se desprende por su propio peso o ante cualquier movimiento leve, llevándose consigo parte del muro de soporte. En estos casos el equilibrio entre el vapor de agua del interior y el exterior se pierde generando cristalización de sales y patologías en la superficie.

Para el caso colombiano, se realizó un análisis sobre 20 edificaciones patrimoniales y los revestimientos usados en las últimas intervenciones en la zona cundiboyacense; encontrando el predominio de mezclas de cal y arena en una relación 1: 3 a la

cual se le añadía fibra (fique, esparto), cemento en diferentes proporciones (  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{8}$ , 1) y Sika. En ninguna se encontró registro del empleo de tierra dentro de la mezcla. Para el caso colombiano Sika, es el nombre comercial que se le da a una resina o adhesivo tipo látex de dispersión acuosa de resinas sintéticas de naturaleza acrílica, usada para mejorar las características de manejabilidad, permeabilidad y retracción de los morteros.

En los documentos revisados no se encontró una explicación válida para determinar la proporción mencionada, ni pruebas de laboratorio que caractericen el revestimiento, ni respalden el uso de las distintas proporciones de cemento en estos revestimientos.<sup>1</sup> Vale la pena aclarar, que todas las edificaciones analizadas tienen declaratoria como Bien de Interés cultural de orden nacional.

Sin embargo, estudios realizados en la Universidad Javeriana en edificaciones antiguas de arquitectura no monumental y bóvedas de bahareque se ha encontrado el uso reiterado de revestimientos en tierra (López y Ruíz Valencia, 2014; López & Ruiz Valencia, 2010)

## Las capas

La literatura actual recomienda la aplicación de por lo menos dos capas. La primera con un espesor de 2 a 3 cm y componentes de grano grueso y la segunda capa de un espesor en milímetros con dimensiones granulares más finas (Neves y Borges, 2011; Garate Rojas, 1998) A nivel latinoamericano igualmente, se referencia el uso de madera y piedrecillas en la primera capa que contribuyen a dar adherencia (Proterra, 2003).

.....

1 Las edificaciones revisadas en el Centro de documentación del Ministerio de Cultura de Colombia son: Iglesias de San Agustín (Villa de Leyva), San Laureano, Turmequé, Templo mayor Villa de Leyva, Hacienda Hatogrande, Casa histórica de Ventaquemada, Casa Vargas, Universidad Colegio Mayor del Rosario, Ermita San Lázaro, Capillas doctrineras de Chiquiza, Oicatá, Toca, Beltrán, Topagá, Tocaima, Beteitiva, Sora, Sutatausa, Tausa, San Bernardino Bosa (Bogotá)

Un estudio realizado en el 2010 demostró que no sólo es importante el número de capas que se le aplican al muro de soporte, sino el espesor. Las pruebas se realizaron sobre morteros de cal (López, Celis y Sequeda, 2010) ya que tienen el inconveniente de ser de fraguado lento, especialmente si son aplicados en tiempo lluvioso o zonas húmedas. La desecación rápida en climas cálidos endurece la capa superficial dejando fresco el revestimiento internamente, haciendo que no exista homogeneidad en la masa, por lo que se agrieta la superficie y al secarse la capa externa se desmorona (Avallone, 1995).

Un comportamiento similar se observa en morteros aplicados en capas gruesas. La red iberoamericana PROTERRA (Proterra, 2003) recomienda espesores entre 0,5 y 1 cm para morteros de tierra aplicados sobre muros en el mismo material. El manual de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2001) recomienda un espesor de 2 cm.

Los resultados del 2010 mostraron que no se deben aplicar morteros de cal gruesos y en condiciones de alta humedad ya que en ellos se presenta un fraguado prematuro. Sin embargo, para los casos en que se requiera su aplicación se recomienda, dar un mayor tiempo de fraguado entre capa y capa y con espesores que no superen los 2 cm. La misma recomendación se hace para los revestimientos internos (López, Celis y Sequeda, 2010)

## Las patologías

Las causas de deterioro de revestimientos se clasifican igual que para el sistema constructivo en tierra en causas naturales y las causadas por el ser humano. En cuanto a las primeras se encuentran: el agua, el viento, los microorganismos, los animales y los sismos. Sin embargo, la patología que más afecta y causa daños no sólo al mortero sino a la estructura son las producidas por el agua, especialmente cuando es abundante y en forma líquida (lluvia, pozos de agua). Las partículas de arcilla en contacto con el agua incrementan su volumen; se vuelven menos pesadas (alta plasticidad) y se dispersan en

agua suspendida, obteniendo degradación del material y pérdida de superficie. Los vientos producen fisuras y disgregan el material; los microorganismos, fomentan la aparición de musgos, líquenes y plantas enraizándose dentro de la superficie y al intentar retirarla se presenta pérdida de superficie. Respecto a los animales, usualmente son arácnidos e insectos, pero también se ven afectados por aves y roedores. Finalmente, los sismos producen fuerzas horizontales y movimientos ondulatorios que se encuentran con fuerzas verticales por el peso de cubiertas o pisos superiores, produciendo deformaciones en el muro de soporte presentando fisuras, grietas y asentamientos (Broto, 2006; Viñuales, 1981; Corradine, 1976).

En cuanto a los deterioros causados por el ser humano se evidencian dos tipos: falta de mantenimiento y malas intervenciones. La primera por desidia, indolencia y dejadez de los propietarios o personas que tienen a su cargo la vigilancia y uso de las edificaciones produciendo aparición de humedades, deformaciones y pérdidas de superficies de muros de soporte y revestimientos. En relación con las malas intervenciones, varias son causadas por la pérdida del conocimiento de los revestimientos ya que se aplican productos que no son apropiados o incompatibles (cemento, productos químicos) con el barro, generando las patologías anteriormente mencionadas (Viñuales, 1981).

## Ensayos

Para determinar si un suelo es apto para su uso como revestimiento, se requiere conocer su composición y características. Para ello se realizan ensayos de campo y de laboratorio en dos estados: fresco y endurecido. Además de identificar las características de los estabilizantes, aditivos y fibras de origen animal, vegetal, mineral o químico. En el cuadro 4 se muestran los estudios revisados y el tipo de ensayo o estudio realizado. Para el estudio de morteros en Colombia se toman estos referentes internacionales como base de trabajo ya que no se encuentra reglamentación específica sobre el tema.



**Cuadro 4.** Ensayos para morteros de tierra

	Análisis	Documento de citación	Tipo de ensayo	
Resistencia físico-mecánica	Aditivos naturales	Díaz-Ramos (2015); G. Beas (1991)	Consolidantes orgánicos	
			Origen vegetal	
			Origen animal	
			Origen mineral	
			Productos químicos	
	Pruebas de campo	Neves (2009); González (2015); Díaz-Ramos (2015); Gonzalo Sánchez (2012); Minke (1994)	Bola, rodillo, vidrio, cordón, exuadación, resistencia seca, rollo, caja	
	Pruebas en estado fresco	González (2015); Roman Reyes (2005)	Consistencia	
			Densidad	
			Adherencia	
	Pruebas en estado endurecido	Román Reyes (2005); González (2015); Gonzalo Sánchez (2012); cayetano (2014); Minke (1994); Romeral (1986)	Abrasión	
			Absorción	
			Adherencia	
			Capilaridad	
			Compacidad	
			Comprensión	
			Conducta térmica	
			Consistencia	
			Contenido de Humedad	
			Ciclo de humedad-sequedad	
			Estabilidad dimensional	
Expansión				
Durabilidad				
Flexotracción				
Retracción				
Resistencia a la abrasión				
Frente al agua	Absorción por capilaridad			
	Capilaridad			
	Intemperismo			
	Permeabilidad al vapor de agua			
	Transmisión de vapor			
	Resistencia al escurrimiento			
	Erosión por lluvia y congelamiento			
	Prueba de goteo			
Otros estudios	Romeral (1986); López (2010)	Espectroscopia, difracción de rayos X, Microscopia; presencia de sulfatos y cloruros		

Fuente: Basado en Cid, Mazarrón y Cañas (2011)

## Normativa

Es importante aclarar que en Colombia no hay normas particulares para el estudio de morteros de tierra. En los capítulos B, C y D de la norma sismo resistente se mencionan las características que

deben cumplir los morteros de pega de cemento usados en mampostería estructural, pero no hay un desarrollo específico para morteros de tierra.

La carencia de normas hace que no exista claridad sobre los materiales, dosificaciones, control de calidad y rasgos de exigencia en obras de restau-

ración, ni para la comercialización de los mismos. Usualmente, para solucionar este inconveniente se adaptan las normas NTC (Normas Técnicas Colombianas) o normas ASTM para el estudio de suelos, morteros de concreto o de estudios previos.

El documento de Cid, Mazarrón y Cañas (2011) referencia las normas, reglamentos y organismos a nivel internacional que hay para el estudio de la tierra. Determina que hay 15 países en el mundo que tienen algún tipo de norma. De éstas solo dos normas emitidas en el continente africano son específicas para morteros: clasificación de morteros de tierra, requisitos de morteros ordinarios (ARS 672 Y ARS 676- Regional de África).

El mismo estudio determina que los estabilizantes más comunes son el cemento, la cal hidráulica, la cal aérea hidratada y las emulsiones asfálticas. Las normas neozelandesas (NZS 4297 Y NZS 4299) y la norma española (UNE 41410) fijan y limitan el contenido de estabilizante (cemento, cal y yesos) el cual debe ser menor o igual al 15% de la masa en seco.

## Conclusiones

El estado del arte sobre revestimientos de tierra usados en construcciones patrimoniales muestra que son varios los factores que inciden en el buen comportamiento del mortero como las características de la tierra a usar, las mezclas, aditivos, estabilizantes y espesor de las capas de aplicación en la edificación.

Esta diversidad de factores exige que se realice un estudio de forma sistémica y controlada que permita tener resultados certeros y comprobables en diferentes ámbitos. Igualmente, es relevante, generar metodologías de análisis válidas para estudios físico- mecánicos, físico- químicos y físico- biológicos; así como, estudios que permitan determinar el comportamiento y la aparición de patologías en el tiempo. Éstos harán posible que se preserve de la mejor manera las edificaciones que poseen un valor patrimonial o con algún valor particular para la comunidad.

## Referencias bibliográficas

- Adam, P. (1996). *La construcción romana, materiales y técnicas*. León, España: Editorial de los Oficios.
- Arendt, H. (2009). Producción de pinturas naturales y su aplicación (Traducción autora del estudio). Munich, Alemania: Vogt-Schild Druck Derendingen.
- Avallone, E. y. (1995). *Manual del ingeniero mecánico*. México: Ed. McGraw Hill.
- Bails, B. (1802). *Diccionario de arquitectura civil*. Madrid: Imprenta de la viuda de Ibarra.
- Barbeta Solá; Janer Adrian Francesc; Bjorn-Erik. (2014). Estabilización hidrofugante para revocos de tierra con extractos naturales. *XI CIATTI*. Girona: España.
- Bozzano Ciavaglia, B. (Octubre de 2017). *Acabados y revestimientos en el diseño de arquitectura de tierra*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de la República.
- Broto, C. (2006). Patologías de los materiales. En *Estructuras de tierra* (pp. 177-189). Barcelona: Editorial Pilar Chueca.
- Cayetano, Sergi y Ghazal, Karim. (2014). Estudio de revestimientos de tierra con fibras vegetales de cebada. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Cid, J; Mazarrón F:R; Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la Construcción*, Vol.63,523,159-169.
- CINVA. (1959). *Asismicidad en viviendas económicas*. Santiago de Chile: s.n.
- Corradine, A. (1976). La humedad en las construcciones. *II seminario interamericano de conservación y restauración de patrimonio*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Craterre. (2012). *Recettes traditionnelles & classification des stabilisants d'origine animale ou végétale*. Grenoble, Francia: CRAterre.

- De Torija, J. (1661). *Ordenanzas de la Villa de Madrid*. Madrid: Ed. José García Lanza.
- Díaz-Ramos, I. (2015). *La piel de la arquitectura de tierra*. Gran Canaria, España: Universidad de Las Palmas, Gran Canaria.
- Fornés y Gurrea, M. (1841). *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. Valencia, España: Imprenta de Cabrerizo.
- Fray Lorenzo de San Nicolás. (1639). *Arte y uso de la arquitectura*. Madrid: s.f.
- G. Beas, M. (1991). *Traditional architectural renders on earthen surfaces*. EE.UU: Universidad de Pensilvania.
- Gárate Rojas, I. (1998). *Artes de la Cal*. Madrid, España: Ed. Munilla-Lería.
- González Serrano, A. M. (2015). *Revocos de tierra cruda. Especificaciones técnicas para el empleo de morteros preparados de arcillas en construcción*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- González, M. (1996). *Adobes y tapias tomado de Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico*. Madrid, España: Universidad Complutense.
- Gonzalo Sánchez, V. (2012). *Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Higuera Reyes, J. (2007). *Arquitectura de tierra. Sustentabilidad y cultura*. Cali: Grupo Sasa S.A.
- López, C., & Ruiz Valencia, D. (2010). La bóveda central de la iglesia de San Ignacio Bogotá. Nuevos estudios. En *Anuario de estudios de Arquitectura* (pp. 137-148). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- López, Cecilia y Ruiz Valencia, Daniel. (2015). Seismic rehabilitation of sixteenth-and seventeenth-century rammed earth-built chueches in the andean highlands: field and laboratory study. *Journal of performance of constructed facilities*, 1-17.
- López, C.; Ruíz Valencia, D. (2014). Casas consistoriales en Cundinamarca. Estudio de caso de la casa del municipio de Cogua. *Revista Apuntes*, Vol. 27, Enero 2014, 124-141.
- López, C.; Celis, Crispin y Sequeda, G. (2010). *Determinación de fraguado de morteros de cal mediante fenolftaleína*. Campo Grande, Brasil: Universidad Federal de Matto Grosso do Soul.
- McHenry, P. (2000). *El adobe como construir fácilmente*. México: Editorial Trillas.
- Minke, G. (1994). *Manual de construcción con tierra*. Kassel, Alemania: Editorial fin de siglo.
- Moulligne, Stephane; Deliniere Rémi y otros. (2012). Caracterisation en laboratoire des enduits en terre crue. *Journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur*, 411-418.
- Neves Celia; Farias Obede y otros. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra-prácticas de campo*. PROTERRA.
- Neves, Celia y Borges, Obede. (2011). *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: FEBUNESP: Proterra.
- Nitskin Rikki y Termens Maren. (2010). *Casa de paja*. Teruel, España: Ediciones Ecohabitar.
- Parrilla Bou, M. (2009). *El arte de los pigmentos. Análisis histórico artístico de su evolución*. España: Universidad de Valencia.
- Pigmentos Naturales*. (10 de Julio de 2017). Obtenido de La naturaleza nos inspira: <http://www.pigments-terres-couleurs.com/gamme.php?lang=sp&id=Pigments%20Naturels>
- Proterra. (2003). *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Proterra.
- Román Reyes, F. (2005). Evaluación sobre adherencia entre mortero fresco y endurecido con diferentes productos adhesivos. Guatemala: Universidad de San Carlos.
- Romeral, J. D; Guinea, M. D; Salas, J. (1986). Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción, en el IETcc. *Informes de la construcción Vol. 37, No. 377, 5-22*.

- Rotondaro, R., & Patrone, J. C. (2006). Diseño de pisos y revoques con empleo de tierra tosca estabilizada. Buenos Aires, Argentina. *Construcción con tierra. Centro de investigación hábitat y energía*, 45-55.
- Rotondaro, Rodolfo; Cecere, María Carla y otros. (1999). Propuesta para mejorar la vivienda rural en zonas afectadas por el mal de chagas. *Estudios del Hábitat*, Vol II, No. 6, 5-16.
- Salas, J. (1987). Aspectos económicos de las construcciones en tierra. *Informes de la construcción*, 77-82.
- Useche, L. (1993). Tesis: Estudio de morteros y pañetes antiguos para la conservación de monumentos históricos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Varios autores. (1999). *Tratado de rehabilitación. Vol. 4 Patología y técnicas de intervención: fachadas y cubiertas*. Leira, España: Murilla.
- Viñuales, M. (1981). *Restauración de arquitecturas de tierra*. Buenos Aires, Argentina: CEDODAL.
- Vitrubio, M. (15 a.c.). *De Architectura*. Roma.