



TIPOLOGÍAS Y PATOLOGÍAS DE LA TÉCNICA DEL EMBARRADO EN CUBA

Fernando Sánchez Rodríguez¹, Belkis Saroza Horta², Idamnis Monteagudo Rodríguez³, Yami Castro Conrado⁴, María del Rosario González Moradas⁵, Duznel Zerquera Amador⁶, Fernando Sánchez García⁷

^{1,2} Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba (UCLV)
Tel. (53) (42) 281561

³ Empresa de Proyectos y Servicios a la Cultura – ATRIO, Cuba

⁴ Instituto de Meteorología, Villa Clara, Cuba

⁵ Escuela de Minas, Universidad de Oviedo, España

⁶ Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad, Cuba

⁷ Falcudades FANOR, Fortaleza, Brasil

¹fsanchez@uclv.edu.cu; ²belkiss@uclv.edu.cu; ³ida@atrio.cult.cu; ⁴yami.castro@vcl.insmet.cu;
⁵mrgmoradas@uniovi.es; ⁶duznel@restauro.co.cu; ⁷fernando.sanchezgarcia@yahoo.es

Palabras claves: Tecnología de construcción, patrimonio, conservación, patologías

Resumen

Como sucedió en el resto del mundo, en Cuba la tierra también fue uno de los primeros materiales utilizados. En los primeros años de la colonia se construyeron numerosas edificaciones, sobre todo viviendas, utilizando la tierra en forma de tapia, adobe, pero sobre todo a través de la variante denominada embarrado, que fue traída por los conquistadores por sus numerosas ventajas, pero en particular por su buen comportamiento ante acciones como las que generan los sismos y los huracanes.

Lamentablemente, con la introducción de otras tecnologías, la pérdida de oficios que permitían su construcción y sobre todo, la falta de conservación y el acelerado deterioro de esas edificaciones, han provocado una considerable disminución de este patrimonio, siendo en la actualidad muy pocas las viviendas que se construyen utilizando la tierra en cualquiera de sus variantes, y las existentes se encuentran en grave peligro de desaparecer.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados de investigaciones realizadas por los autores en cuanto a las tipologías constructivas y las patologías que se manifiestan en viviendas construidas con la técnica del embarrado, ubicadas en ciudades cubanas cuyos centros históricos tienen grandes valores, algunos declarados Patrimonio de la Humanidad, y en los que la preservación de su patrimonio, en particular el de tierra, tiene connotaciones nacionales e internacionales.

1. ANTECEDENTES

La conservación y rescate de la arquitectura, como parte fundamental de las tradiciones y cultura de una nación, resulta impostergable frente al reto de lograr un desarrollo sostenible en sus múltiples ámbitos: social, cultural, ambiental, económico, etc. Una parte de los edificios históricos que posee Cuba son construcciones que tienen alto contenido de tierra dentro de sus materiales, siendo el embarrado la tecnología que más la emplea. Estas edificaciones datan del período colonial, entre los siglos XVII y XIX, y alrededor de la mitad tienen estado de conservación regular o malo, lo que las hace más susceptibles a fenómenos naturales tan comunes en la isla. En la actualidad este legado de construcciones con tierra es prácticamente ignorado, como consecuencia, entre otros factores, de la introducción de materiales contemporáneos ocurrida a inicios del siglo XX. El embarrado es una de las tecnologías de construcción con tierra más antiguas del país, se utiliza desde los inicios de la colonia (Guía de arquitectura, 2002), pero en la actualidad son muy pocas las viviendas que se construyen con ella y las existentes se encuentran en muy mal estado. La identificación y catalogación de este patrimonio, seriamente amenazado, resulta clave para la conservación.

Este trabajo es parte de una investigación realizada por profesores de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, y la Universidad de Oviedo, España, así como investigadores de Instituciones interesadas y beneficiarias, como el Ministerio de Ciencia y Tecnología, Las Oficinas de Patrimonio de varias ciudades y la Empresa de Proyectos y Servicios a la Cultura – ATRIO, también de Cuba. Contó con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo (AECID) y el Ministerio de Educación Superior de Cuba.

2. MATERIALES, MÉTODOS E INSTRUMENTOS

A partir de que el objetivo de la investigación era caracterizar las tipologías de construcción de viviendas que emplearan la tierra como material principal, y en particular las construidas con la tecnología del embarrado, se realizó un levantamiento en las edificaciones comprendidas en ese universo; se establecieron variables de caracterización definidas en cuatro grupos: rasgos generales del objeto de investigación, nivel de conservación de los tipos, rasgos tipológicos y aspectos tecnológicos, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Grupos Variables que se distribuyeron en cada grupo

Grupos que caracterizan al objeto de investigación	Variables
Rasgos generales	localización, evolución, valores patrimoniales y funcionalidad
Nivel de conservación	integridad, estado de conservación y patología
Rasgos tipológicos	forma urbana, arquitectónica, dimensiones y tipología constructiva
Aspectos tecnológicos	materiales y técnica constructiva

Establecidas estas variables es que se definen los métodos de investigación a aplicar, se hace todo el trabajo de campo y el análisis de los resultados.

Objeto de estudio. Rasgos generales de la muestra

El estudio se realizó a edificaciones construidas con tierra, que tuvieran valores históricos, patrimoniales y ubicadas en la región central en las ciudades de Remedios, Trinidad y el poblado de San Pedro, así como en las ciudades de Holguín, Bayamo y Santiago de Cuba, ubicadas en el oriente del país. La selección de las edificaciones se realizó de forma aleatoria, teniendo en cuenta que fueran construidas con tierra en sus partes estructurales fundamentales y que contaran con su grado de protección patrimonial oficial. Se estudiaron un total de 233 edificaciones. Del total de la población muestra que el 52% posee grado de protección (GP) y de éste, el 30% tiene asignado un GP II.

Con respecto a los usos originales y actuales, se comprobó que se mantiene la función original como vivienda en el 84% de la población, y actualmente el 90% del total tiene esa función. Otros usos son como instituciones culturales y educativas, y en menor medida este tipo de edificaciones alojó y sigue alojando iglesias.

Caracterización de la tipología constructiva

La tipología constructiva se clasificó atendiendo a los siguientes parámetros: tipo estructural, forma de utilización de la tierra en el muro (masiva o formando una estructura monolítica, por piezas; relleno, recubriendo paños de muro y/o asiento), y también por la técnica constructiva.

Para el análisis de los tipos constructivos se partió de la hipótesis de que en cada región existen elementos que caracterizan la construcción con tierra y le aportan rasgos distintivos, lo que permite afirmar que existe lo que se ha denominado *tipos constructivos*. Estos guardan estrecha relación, pues se mantienen los principales elementos, pero cambia la forma en que se prepara el entramado para recibir la tierra, excepto en el caso del tipo 4,

como se verá más adelante, el único que no es de la técnica de embarrado, en que la tierra se usa como asiento y aglomerante de la mampostería.

Para el análisis de los tipos constructivos se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Principales elementos componentes de la tecnología
- Características de la estructura de madera que recibirá la tierra (esto para la tecnología del embarrado)
- Características del elemento de cubierta, por el hecho de que es uno de los más vulnerables en el contexto del país y que más cantidad de deterioros puede presentar
- Las formas en planta y elevación de prototipos que se obtiene con cada tipo constructivo
- El porcentaje de tierra que puede estar presente en las viviendas de cada zona estudiada

Cálculo del estado de conservación

La metodología aplicada para evaluar el estado de conservación (EC) de las edificaciones fue tomada de la investigación realizada por Monteagudo (2001), que considera la identificación de indicadores de alteración o deterioro, y a partir de la evaluación de los mismos, se realiza un cálculo aritmético para determinar el grado porcentual del deterioro existente en cada edificación. Este estudio se realiza a partir de los registros de campo. La metodología inicial fue ajustada en los dos aspectos siguientes: los criterios y argumentos para asignar evaluación a los indicadores macroscópicos de alteración y el rango de valoración y clasificación del estado de conservación (EC) de la fábrica térrea. En la tabla 2 se muestran estos últimos.

Tabla 2. Rango de valoración y clasificación del estado de conservación de la fábrica térrea

Rango de valoración	Muros en relativo estado de conservación
$0\% \leq EC \leq 15\%$	Crítico
$16\% \leq EC \leq 30\%$	Malo
$31\% \leq EC \leq 50\%$	Regular - Malo
$51\% \leq EC \leq 70\%$	Regular
$71\% \leq EC \leq 85\%$	Bien - Regular
$86\% \leq EC \leq 95\%$	Bien
$96\% \leq EC \leq 100\%$	Excelente

Recomendaciones técnicas para el tratamiento de las lesiones

Las intervenciones para rehabilitar el fondo edificado parten de estudios como los realizados y posteriormente se ejecuta un proyecto específico de intervención. Para estos casos se ofrecen recomendaciones técnicas que establecen los principios que deben seguirse en la intervención, teniendo en cuenta las características de las lesiones, tanto desde el punto de vista de su magnitud, las exigencias técnicas que demandan y la urgencia con que deben realizarse.

Como principios para elaborar las recomendaciones se han definido los siguientes:

- Las recomendaciones son una orientación al proyecto de intervención que se realice, no pretenden sustituirlo, estas solo persiguen un mínimo de racionalidad técnica para evitar mayores daños en la edificación
- Las soluciones que se den en cuanto a materiales y tecnologías deben ser las mismas que las originales. Con esto se pretende garantizar la integridad y los valores patrimoniales, así como que no se produzcan acciones desafortunadas sobre los inmuebles

- Que las soluciones técnicas a cada lesión estén lo más cercanas a las posibilidades económicas y técnicas de los actores a quienes van dirigidas las recomendaciones, pero no se deja de reconocer las distintas posibilidades que existen para tratar las lesiones, y que pueda discriminarse según los recursos de que se disponen y el contexto en que se intervendrá

Mediciones de temperatura y humedad en los muros

El trabajo se realizó siguiendo un proceso metodológico sobre la base de las etapas y contenidos siguientes:

Etapla I: Búsqueda de información y caracterización del objeto de investigación. Caracterización climática de las localidades. Selección de variables climáticas y diseño del estudio en cada localidad

Etapla II: Trabajo de campo para realizar las mediciones de las variables climáticas de temperatura húmeda y seca en ambas caras del muro. Se realiza empleando el Psicrómetro Assmann como instrumento de medición

Etapla III: Trabajo de gabinete. Es donde se determina el comportamiento térmico de los muros. Se aplica el método de cálculo establecido en la NC 053-105, 1983 y los datos referidos en la NC: 053-103, 1983. Se determina el valor de la humedad relativa con el empleo de la Tabla Psicrométrica.

Etapla IV: Correlación entre variables climáticas y el proceso patológico

Se han creado las herramientas necesarias para que el sistema calcule automáticamente el estado de conservación (EC), así como el cálculo del riesgo a partir del índice de vulnerabilidad y el peligro según terremotos o huracanes. El índice de vulnerabilidad se calcula a partir de la vulnerabilidad estructural, vulnerabilidad según el tipo constructivo y el estado de conservación.

Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad se determina sobre la base de las cualidades y propiedades de las edificaciones objeto de estudio y su relación con los peligros que podrían incidir sobre las mismas. Se consideró para este estudio solo la vulnerabilidad física, a partir del análisis del tipo estructural y de elementos referidos a la resistencia física de las construcciones con tierra, lo que conllevó a tener como variables de entrada la tipología constructiva y el estado de conservación. Dentro de los aspectos de la tipología constructiva se definió si la estructura es por apoyos puntuales, los muros, techos, entrepisos, características del material y la técnica constructiva empleada.

La vulnerabilidad (**V**) se expresará desde el punto de vista matemático como un número acotado entre cero (0) y uno (1). Siendo $V=0$, cuando los daños son nulos y es $V=1$, cuando los daños son generales.

En el análisis cualitativo de los tipos constructivos, que se describen más adelante, se tienen en cuenta los factores de vulnerabilidad siguientes: desprotección de la fachada ante la lluvia (no poseer aleros, portales u otros elementos de protección), ascensión de humedad por capilaridad en muros, acción del viento sobre la cubierta y las características de los cierres de vanos.

Los criterios de evaluación varían de acuerdo a los factores de vulnerabilidad y se ofrecen en los intervalos siguientes: Muy Alta $7 > V \leq 10$; Alta $5 > V \leq 7$; Media $3 > V \leq 5$ y Baja $1 \geq V \leq 3$.

El procedimiento para calcular el índice de vulnerabilidad sigue los siguientes pasos.

Primero: se realiza la evaluación para cada edificación de los factores de vulnerabilidad según el tipo constructivo (*Vtipo*), a través de la sumatoria de todos los factores de vulnerabilidad (*FV*) que forman parte de la tipología constructiva:

$$V_{tipo} = FV_a + FV_b + FV_c + FV_d$$

Donde: **FV_a** : Factor de vulnerabilidad según nivel de protección, **FV_b** : Factor de vulnerabilidad debido a la ascensión capilar en muros, **FV_c** : Factor de vulnerabilidad por acción del viento sobre la cubierta y **FV_d** : Factor de vulnerabilidad por las características de los vanos y sus cierres.

Segundo: se determina el valor de la Vulnerabilidad normalizada ($V_{\text{tipo normalizado}}$), donde a partir de una regresión lineal se acotan los valores entre 0 a 1. El procedimiento establece el valor máximo y mínimo del rango entre la mejor y la peor evaluación teórica.

Tercero: se determina el valor del Estado de Conservación (EC) y se calcula el Estado de Conservación normalizado ($EC_{\text{normalizado}}$) a partir de la regresión lineal de los valores y contraponiendo el valor real contra el valor teórico, por lo que se acotan entre 0 a 1.

Cuarto: se determina el Índice de Vulnerabilidad (**IV**) que refleja la vulnerabilidad estructural de la edificación y expresa los factores de exposición. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$IV = V_{\text{tipo normalizado}} + EC_{\text{normalizado}}$$

Donde: **IV** : Índice de Vulnerabilidad, **$V_{\text{tipo normalizado}}$** : Vulnerabilidad tipo normalizado y **$EC_{\text{normalizado}}$** : Estado de Conservación normalizado.

La tierra cruda en las construcciones no es un material susceptible de mediciones matemáticas y fórmulas que sean útiles para definir medidas de conservación y/o restauración. Según nuestra experiencia, son tantas las variables que influyen en cada lugar, época de año, tipo de tierra y sus componentes, clima etc., por lo que aún no se han podido establecer variables constantes que sirvan de ayuda.

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Los estudios se completaron desarrollando un Sistema de Información Geográfica (SIG), herramienta que permite obtener resultados para la toma de decisiones de forma rápida ante cualquier eventualidad climática o sísmica. La herramienta contiene una amplia base cartográfica con mapas a diferentes escalas, así como la siguiente información:

1. Catalogación de los edificios de tierra (fotos, planos, tipos de deterioros)
2. Funciones para el cálculo del estado de conservación de los edificios
3. Funciones para el cálculo de la vulnerabilidad de cada edificación
4. Frecuencia de huracanes por provincias según la categoría del huracán, riesgo ante huracanes y sismos
5. Análisis estadísticos
6. Conjunto de mapas con la representación gráfica de los resultados

Los datos obtenidos han sido incluidos en hojas de cálculo a partir de las cuales se generan tablas. La información está vinculada de tal forma que toda actualización queda reflejada en la base de datos. Dentro de las tablas están: Localización, Evolución, Valores, Funcionalidad, Integridad, Estado técnico, Forma urbana, Forma arquitectónica, Dimensiones, Tipo constructivo, Materiales, Técnica constructiva, Deterioros, Patologías y Vulnerabilidad según tipo constructivo.

3. RESULTADOS

Rasgos tipológicos

Para el Nivel de Conservación se analizaron las variables de Integridad constructiva y Habitabilidad. Con respecto a la primera debe señalarse el predominio de un nivel regular de integridad, al que corresponde el 49% de la muestra. En la muestra son habitables el 85%

de los inmuebles, y se declararon inhabitables las viviendas que presentan un avanzado estado de deterioro y su conservación no es posible desde el punto de vista técnico o económico.

En cuanto a los Rasgos Tipológicos se consideraron las variables siguientes: Forma de la manzana, del lote, vínculo a calle, tipología de la vivienda y Forma Arquitectónica, así como presencia del patio, niveles de la edificación y tipo constructivo.

Caracterización de los tipos constructivos

Realizado el análisis de las viviendas que conforman las muestras por cada ciudad, se obtuvieron los tipos constructivos que son los representativos de la forma en que se construyen las edificaciones objeto de investigación. En la tabla 3 se muestra un resumen de los cuatro tipos obtenidos.

Tabla 3. Nombre, definición y contexto de los tipos constructivos estudiados

Tipo constructivo	Definición	Contexto en que se presenta	Imagen representativa del tipo constructivo
Tipo 1 Embarrado. Variante del encestado	Entramado de horcones, parales y cujes entretejidos entre aquellos. Relleno con tierra y cascajos	Ciudad de Santiago de Cuba	
Tipo 2 Embarrado o embarro	Contenedor formado por horcones, parales y cujes atados o clavados a aquellos. Relleno con bobinas o rolos de tierra y hierba picada	Ciudad de Trinidad	
Tipo 3 Embarrado o embarro	Contenedor formado por horcones, parales y cujes (o alambres) atados a aquellos. Relleno con bobinas o rolos de tierra y hierba picada	Poblado de San Pedro	
Tipo 4 Mampostería	Muros de carga, cierre o divisorios de mampuestos, cascajos y tierra	Ciudades de Trinidad y Remedios	

En el caso del tipo constructivo 1, el contenido de tierra de ordinario puede abarcar más del 50% de la masa del muro y la otra mitad la ocupa el entramado de madera y el encestado¹ o tejido de cujes². Los muros se conforman a partir de un entramado de madera y cujes entrelazados, relleno con barro y cascajos, y terminación con mortero también de barro y cal (figuras 1 y 2).

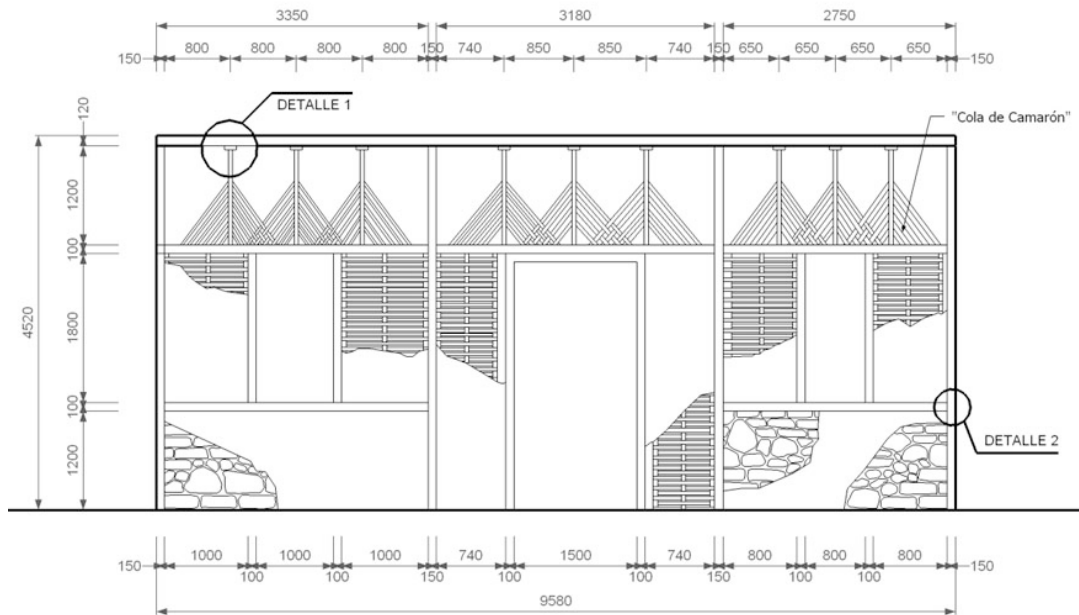


Figura 1. Esquema del tipo constructivo 1



Figura 2. Fachada que muestra los elementos componentes de la tecnología en el tipo constructivo 1

La organización estructural contempla horcones separados entre 2,50 m y 2,60 m que se hincan en el suelo una profundidad de entre 1,00 m y 1,20 m, actúan como los elementos soportantes principales y tienen sección cuadrada de unos 15-20 cm. Entre horcones, y hasta una altura de 1,20 m, se construía un murete o zócalo de mampuestos asentados con mortero de cal. Sobre este zócalo es que se construía el embarrado propiamente dicho, que consiste en una estructura de palos verticales denominados "horconcetes" que se separaban entre 0,50 m y 0,70 m, y los cujes que se entrelazaban formando el entramado que recibía posteriormente el barro. La unión de los horconcetes a las vigas horizontales era mediante corte con trincheta o barreno, y se termina colocando una tabla en forma de zabaleta, llamada también guardapolvo. El entramado de madera para el embarrado se colocaba por lo general a cara interior o a eje. Los tipos de madera utilizadas eran por lo general "Jiquí" o "Caguairán" para los horcones y soleras, y "marabú espinado, mangle rojo o guaniquiqui" para los cujes. El embarrado que cubría el entramado de cujes era conformado con una mezcla de suelo arcillo-limoso y agua. En su desarrollo a esta mezcla

se le adicionaban restos de tejas, piedras pequeñas y en general cascajos que estabilizaban la misma y le conferían mayor resistencia y durabilidad. La terminación del paramento se hacía con mortero de cal.

La casi totalidad de las cubiertas son de madera y tejas criollas, del tipo colgadizo o par hilera, con fuertes pendientes y canales metálicas en las lima hoyas. En los casos de cubiertas en colgadizo se generan a partir de viguetas adosadas a los muros de fachada en las fogonaduras para cubrir la primera crujía, y también la segunda, pero en ésta con una disminución de la pendiente.

Los tipos de plantas más comunes son las cuadradas y rectangulares, y sin portal o corredor al frente, estos resultan la excepción dentro del prototipo. Existe predominio de los patios incorporados dentro de la planta, tanto central como en una de las esquinas posteriores de la parcela (figura 3).

Ejemplos de plantas sin portal o corredor.

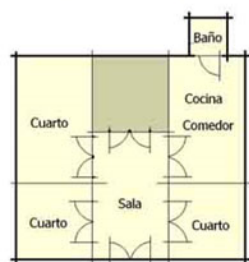


Figura 2. Esquema de planta cuadrada y patio central.

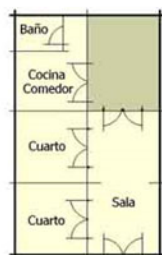


Figura 3. Esquema de planta rectangular y patio en esquina.

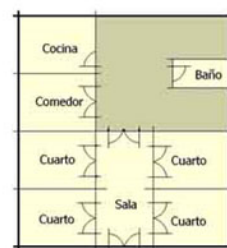


Figura 4. Esquema de cuadrada con patio en esquina.



Plantas de cubiertas que se corresponden a las anteriores.

Figura 3. Organización en planta y cubierta del tipo 1

El estudio realizado fue similar para los otros tres tipos constructivos, demostrándose que pese a ser una tecnología con elementos invariantes, también existen rasgos distintivos según la región en que se utilice.

Análisis de la patología constructiva y el estado de conservación

El análisis patológico se realizó en 202 edificaciones para un 87% de la población. En las mismas se clasificaron y estudiaron 18 patologías como las más representativas: ocho de tipo estructurales y 10 que tienen como causa la humedad. Se realizó la identificación de los deterioros y se evaluaron en una escala de 0-6 (0-Critico, 1-Mal, 2-Regular-Mal, 3-Regular, 4-Bien-Regular, 5-Bien y 6-Excelente). La figura 4 muestra el promedio de cada indicador de alteración evaluado en las edificaciones.

A partir de la evaluación de las lesiones se realiza un cálculo aritmético para determinar el Estado de Conservación (EC), según la metodología mencionada anteriormente, calculando el grado porcentual del deterioro existente en cada edificación.

Los resultados estadísticos arrojan que el EC se comporta con un valor promedio de 55,61% que corresponde con una evaluación cualitativa de Regular, pero siendo de 25 el valor de Desviación Estándar no se debe concluir que todas las edificaciones se encuentran en ese rango. El valor más repetido de las evaluaciones está por debajo de esta media aritmética y que según la clasificación por rangos del EC se corresponde con un estado de Regular – Mal.

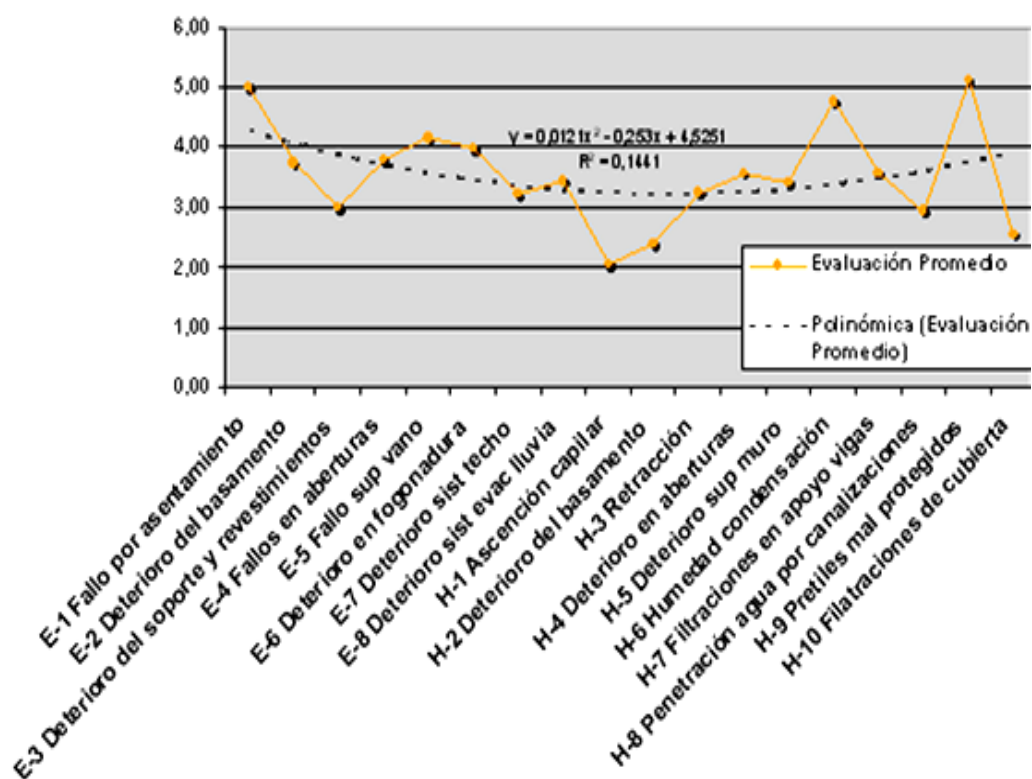


Figura 4. Promedio de cada indicador de alteración evaluado en el total de la muestra

La muestra de la ciudad de Trinidad, declarada Patrimonio de la Humanidad, arroja un EC promedio de 75,48 %, para una evaluación cualitativa de Bueno-Regular, lo que es consecuente con el proceso de gestión de conservación que realiza la Oficina del Conservador en dicha ciudad. Sin embargo, las edificaciones del poblado San Pedro son las que se encuentran en peor EC, con promedio de 39,16, para una evaluación cualitativa de Regular-Malo. En eso influye las características del tipo constructivo y la total ausencia de un programa de conservación por parte de los organismos e instituciones locales.

Dentro de las lesiones que más se manifiestan están las que generan la humedad en la base de los paramentos, afectando el zócalo de mampostería, pero también el resto de la estructura leñosa (figura 5).



Figura 5. Lesiones en el tipo constructivo 1

Recomendaciones técnicas para la reparación y tratamiento a las lesiones

Los resultados en este aspecto se presentan en un grupo de fichas técnicas con recomendaciones para el tratamiento de las lesiones identificadas. Estas recomendaciones técnicas ofrecen elementos orientadores para la realización del proyecto de intervención, teniendo en cuenta la racionalidad técnica y el enfoque sustentable de las soluciones de reparación o conservación que se necesiten aplicar. Las mismas se ofrecen en el *Reporte de Investigación 2008-2011 Arquitectura y construcción con tierra en Cuba. Caracterización de tipos constructivos y estados de conservación*, presentado a la AECID por la Universidad Central de Las Villas, Cuba, y la Universidad de Oviedo, España (Rodríguez, 2011).

Aplicación y valuación de parámetros de humedad y temperatura en los muros de tierra

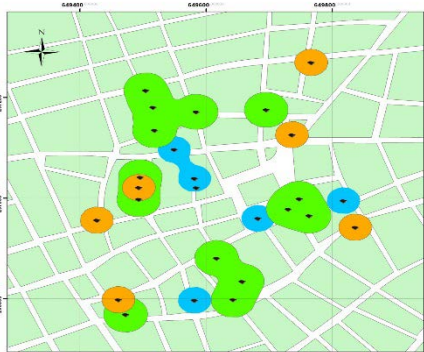
Una vez aplicada la metodología propuesta en la NC 053-105: 1983, se determina la resistencia térmica del material (R) y la transmitancia térmica (U), a partir de los valores del coeficiente de conductividad térmica y los espesores de muros, datos tomados del estudio de casos en el terreno. Al analizar los resultados se observa que los valores de transmitancia térmica decrecen a mayor espesor de muro, para un mismo valor del coeficiente de conductividad térmica (0.95 y 0.25). El espesor del muro influye en la resistencia térmica del elemento, contribuyendo a la reducción del flujo de calor a través del mismo.

Estudio de peligro y vulnerabilidad

La muestra para realizar el estudio de vulnerabilidad fue de 125 inmuebles, que representan el 54% de la población total perteneciente a las ciudades de Remedios, Trinidad, Santiago de Cuba y el poblado de San Pedro. El índice de Vulnerabilidad más alto pertenece al poblado de San Pedro y en menor medida las edificaciones de Trinidad. Un elemento a señalar es que los valores de vulnerabilidad promedio son similares en las ciudades de Remedios y Santiago de Cuba, aun cuando tienen diferentes tipologías constructivas: Remedios pertenece al tipo constructivo IV (mampostería), y Santiago de Cuba al tipo I (embarrado, variante del encestado). Para estos estudios fue aplicada la Guía de estudios rápidos para la gestión de riesgos de desastres de la Agencia de Medio Ambiente (2005).

Aplicación del SIG

Tabla 4 Clasificación y rango con escala del estado de conservación

Estado de conservación	Rango de valores		Delimitación de zonas según el estado de conservación en Remedios
Excelente	100-96		Zonificación de Remedios según el estado de conservación 
Bueno	95-86		
Bueno-Regular	85-71		
Regular	70-51		
Regular-Malo	50-31		
Malo	30-16		
Crítico	15-0		

El Sistema de Información Geográfica se ha empleado como el almacén de datos, tanto cartográficos como temáticos (alfanuméricos) y como la herramienta que maneja este almacén, por tanto no se puede hablar de unos resultados propiamente del SIG. Todos los mapas generados, gran parte de las estadísticas y todos los análisis espaciales se han

generado con esta herramienta. Incluso los análisis llevados a cabo para realizar propuestas para el establecimiento del orden de actuación, se ha realizado con esta herramienta. En la tabla 4 se puede observar una de las aplicaciones de la herramienta. En este caso la zonificación según estado de conservación de las edificaciones estudiadas en la ciudad de Remedios.

CONCLUSIONES

La investigación realizada permitió caracterizar esta tecnología constructiva, que aunque es muy poco usada en la actualidad, constituye un valioso patrimonio en cuanto a las tecnologías constructivas desde la etapa colonial, por lo que es una obligación estudiarla y contribuir a su salvaguarda.

Se clasificaron y estudiaron 18 patologías como las más representativas para el universo estudiado, 8 Estructurales y 10 de Humedad. La acción de la humedad en la base de los paramentos, la ascensión capilar, la disgregación de la masa térrea y la destrucción de la estructura leñosa por acción de los xilófagos, clasifican como las más frecuentes.

Se pudo comprobar que existen diferencias en cuanto a los componentes de la tecnología y la forma en que se conforma el muro como tal, pero también en cuanto a la configuración planimétrica, altimétrica y aspectos espaciales, los que definen una respetuosa y solidaria adecuación al contexto, lo que sin lugar a dudas es la clave de la permanencia de muchas de estas edificaciones a través de varios siglos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Guía de Arquitectura (2002). Oriente de Cuba. Editorial Junta de Andalucía, p. 106

Guía de estudios rápidos para la gestión de riesgos de desastres (2005). Versión preliminar. Centro de estudios para la gestión de riesgos de desastres. Agencia de Medio Ambiente. CITMA. Cuba.

Monteagudo, R. I. (2001). *Caracterización y evaluación técnica constructiva de mamposterías y tapias de tierra de los siglos XVII, XVIII y XIX. Estudio en La Habana Intramuros*. Tesis Doctoral. Facultad de Arquitectura de La Habana, ISPJAE. La Habana.

Rodríguez, M. A.; Monteagudo, I; Saroza, B; Ruiz, P. N; Castro, Y. (2011). Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención. *Revista Informes de la Construcción*. No 523 (julio-Septiembre 2011). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.

Notas

¹ Tejido que se forma al entretelar los cujes por los palos de la estructura, que es similar al utilizado para hacer canastas o cestos con materiales fibrosos de origen orgánico

² Piezas de material leñoso de entre tres y cinco centímetros de espesor que conforma el contenedor que se rellenará con tierra

Currículos

Fernando Sánchez Rodríguez, Arquitecto, Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular y jefe de la Disciplina Tecnología de la Construcción de la Facultad de Construcciones en la UCLV. Coordinador del Maestrado Edificaciones Sustentables, Miembro de la Cátedra de Arquitectura Vernácula de la Oficina del Conservador de La Habana y otras organizaciones profesionales. Investiga e imparte docencia de pre y postgrado en las temáticas de las tecnologías de construcción, la sustentabilidad, las patologías y la conservación y rehabilitación de edificaciones.

Belkis Saroza Horta, Arquitecta, Doctora en Ciencias Técnicas. Investigadora del Centro de Investigación de las Estructuras y los Materiales (CIDEM), en la Facultad de Construcciones de la UCLV. Imparte asignaturas sobre materiales y tecnologías de construcción y ha dirigido varios proyectos internacionales y nacionales sobre las construcciones con tierra.

Idamnis Monteagudo Rodríguez, Arquitecta, Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular de la Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Especialista de la Empresa de Proyectos y Servicios a la Cultura – ATRIO, Cuba. Investiga e imparte docencia de pre y postgrado en las temáticas de las tecnologías de construcción, las patologías y la conservación y rehabilitación de edificaciones.

Yami Castro Conrado, Arquitecta, Máster. Especialista del Instituto de Meteorología, Villa Clara, Cuba.

María del Rosario González Morada, Ingeniera, Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular de la Escuela de Minas de la Universidad de Oviedo, España. Dirige grupos de investigación en proyectos internacionales y publicado numerosos artículos en revistas especializadas.

Duznel Zerquera Amador, Licenciado en Construcción, Máster. Especialista de la Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad, Cuba. Participa en proyectos de investigación sobre el uso de la tierra en las construcciones.

Fernando Sánchez García, Estudiante de arquitectura en Falcudades FANOR, Fortaleza, Brasil.