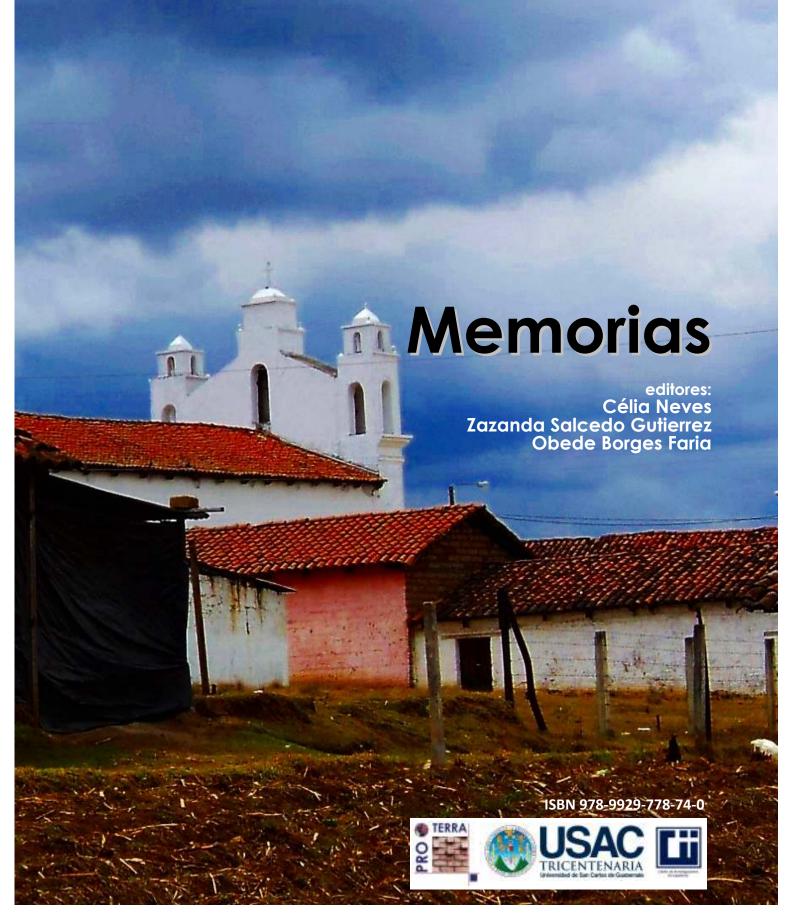


Seminario Iberoamericano

de Arquitectura y Construcción con Tierra

Tierra, Cultura, Hábitat Resiliente y Desarrollo Sostenible

La Antigua Guatemala - Guatemala 22 al 25 de octubre de 2018



Célia Neves Zazanda Salcedo Gutierrez Obede Borges Faria

(Editores)

18º SIACOT

Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra "Tierra, cultura, hábitat resiliente e desarrollo sostenible"

Memorias

La Antigua Guatemala - Guatemala USAC-CII / PROTERRA 2018

Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con
Tierra (18. : 2018 : La Antigua Guatemala, Guatemala).

Memorias [recurso electrónico] del 18º Seminario
Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra,
realizado en La Antigua Guatemala, en el año de 2018 ;
editadas por Célia Neves, Zazanda Salcedo Gutierrez y Obede
Borges Faria. -- La Antigua Guatemala : USAC-CII / PROTERRA,
2018
796 p.

ISBN 978-9929-778-74-0

1. Arquitectura y construcción con tierra. 2. Técnicas
constructivas. I. Neves, Célia. II. Salcedo Gutierrez,
Zazanda. III. Faria, Obede Borges. IV. Título.

ISBN 978-9929-778-74-0

Nº Radicación: 20038

Extendida por: Gremial de Editores de Guatemala, mediante la Agencia Guatemalteca ISBN

Los criterios y opiniones expresados en los artículos de esta publicación son de exclusiva responsabilidad de cada uno de sus autores.

Sugestión para hacer referencia a estas memorias

a) Memorias como un todo:

Neves, C.; Salcedo, Z; Faria, O. B. (Eds.) (2018). Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 18. *Memorias...* La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA. 796 p.

b) Articulo específico (un ejemplo):

Daneels, A.; Love, M.; Beltrán, E. Á. (2018). Control de presión interna de rellenos en basamentos de la Mesoamérica Prehispánica. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 18 *Memorias...* La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA. p. 36-45.

Diagramación del libro: Obede Borges Faria (PPGARQ-UNESP-Bauru / PROTERRA / TerraBrasil)

Foto de portada: Aldea Lemoa, El Quiché, Guatemala (detalle de foto tomada por Javier Quiñónez, 2012)

Foto de las guías: Arco de Santa Catalina, La Antigua Guatemala (foto de dominio publico, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Arco_de_Santa_Catalina, detalle editado por Obede B. Faria)



Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra

Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra



Coordinación 2017 – 2020: Ing. Rosa Delmy Núñez

(FUNDASAL – El Salvador)

Coordinación 2014 – 2017: Arq. Hugo Pereira Gigogne

(UTM - Chile)

Coordinación 2011 - 2014: Dra. Arq. Mariana Correia

(ESG - Portugal)

Coordinación 2008 – 2011: Dr. Arq. Luis Fernando Guerrero Baca

(UAM-Xochimilco – México)

Coordinación 2001 - 2008: M. Sc. Ing. Célia Neves

(CEPED - Brasil)

Consejo M. Sc. Ing. Célia Neves (Rede TerraBrasil – Brasil)

Consultivo: Dr. Arq. Luis Fernando G. Baca (UAM – México) (2015 – 2018) Dra. Arq. Mariana Correia (ESG – Portugal)

Arg. Hugo Pereira Gigogne (UTM – Chile)

Arg. Silvio Rios Cabrera(CEDES/Habitat – Paraguay)

Consejo Dr. Ing. Julio Vargas Newmann (PUCP – Perú)

Científico: Dra. Arqa. Graciela María Viñuales (CEDODAL – Argentina)

(2015 – 2018) Dra. Hist. Juana Font Arellano (Fund. Antonio Font de Bedoya – España)

Dr. Ing. Koenraad Van Balen (Univ. of Leuven – Belgica)

M. Sc. Arq. Francisco Uviña (UNM- USA)

Breve historia de PROTERRA



a Red Iberoamericana PROTERRA es un organismo internacional dedicado a la cooperación técnica y científica en el ámbito iberoamericano, que reúne especialistas de diferentes países, los cuales, voluntariamente, promueven, de modo integrado con las comunidades, diversas acciones tendientes al desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra en América Latina. La generación y difusión del conocimiento, así como la práctica constructiva y la preservación de la diversidad cultural y del patrimonio material e inmaterial son objetivos asumidos por PROTERRA.

La Red Iberoamericana PROTERRA surgió en 2006, y fue creada por la conclusión del proyecto de investigación temporal de cuatro años auspiciado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). El proyecto de investigación tenía el objetivo de incentivar el uso de la tierra como material de construcción en la producción masiva de habitaciones de interés social, a través de la transferencia de la tecnología de arquitectura y construcción con tierra a los sectores productivos, así como su posible inserción en las políticas sociales de los países iberoamericanos. Para cumplir sus objetivos, fueron también incorporados profesionales del área de conservación, a fin de rescatar y mantener viva la tradición y memoria del conocimiento. Al finalizar el proyecto de investigación, se contaba con un acervo de ocho libros impresos y diez publicaciones digitales.

Con el fin de uniformizar un lenguaje internacional, se preparó la terminología sobre técnicas de construcción con tierra, bajo la coordinación del Centro de Investigación de la *Escola Superior Gallaecia* (Ci-ESG). Además de las Memorias publicadas en los seminarios anuales que realiza, PROTERRA elabora manuales e instructivos para talleres de sensibilización y, recién, en pacería con el editorial ARGUMENTUM, publicó el libro Arquitectura de Tierra en América Latina, que muestra la variedad y singularidad de la arquitectura y construcción con tierra en esta Región, compuesto con casi 100 artículos, la mayoría de autoría de miembros de PROTERRA.

Actualmente, PROTERRA tiene 128 especialistas y 14 instituciones asociadas, teniendo al español y portugués como idiomas oficiales. El establecimiento de Estatutos formaliza su estructura, misión, objetivos, organización y procedimientos. PROTERRA es un organismo sin personalidad jurídica, que opera sin recursos financieros formales, contando con el esfuerzo de cada miembro para la búsqueda de recursos para organizar y participar de los eventos, desarrollar investigaciones y cooperación, intercambios de especialistas y demás actividades.

A diferencia de la mayoría de las redes, PROTERRA cuenta con el liderazgo de un Coordinador, asesorado por un Consejo Consultivo (que se compone por cinco miembros de la Red) y un Consejo Científico (compuesto por tres miembros de la Rede y dos especialistas no miembros). Estos Consejos apoyan la definición de la estrategia y de actividades, especialmente aquellas de carácter científico. El crecimiento constante de la Red, en los últimos diez años, tornó necesaria la creación del Consejo de Coordinación, constituido por todos los antiguos coordinadores. Este Consejo contribuye activamente, para la gestión y visión de la Red Iberoamericana.

Objetivos de PROTERRA

Desde su creación, PROTERRA buscó, a través de diversos eventos, relacionar y potenciar a profesionales dedicados a la arquitectura y construcción con tierra, promoviendo su integración y estimulando el intercambio de conocimiento y asociación en diversos trabajos.

En su principio, el foco era la vivienda de interés social con tierra y la propuesta era disponer de un grupo de especialistas iberoamericanos que pudieran dar suporte técnico a los programas de construcción desarrollados en los diversos países. Luego se percibió que el uso de la tierra en programas de habitación de interés social no se materializaría solamente con la formación de un equipo internacional de profesionales, pues en cada país ya existían profesionales competentes para

dar el apoyo técnico necesario. Sin embargo, era necesario estimular y difundir el uso de la tierra a través de otras acciones, de modo que se diera el soporte científico a la "Arquitectura y Construcción con Tierra" a través de la elaboración de un acervo bibliográfico actualizado, adecuado a las circunstancias actuales de cada país y región.

No obstante su carácter original orientado a la construcción contemporánea, PROTERRA incorporó actividades y profesionales dedicados a la preservación del patrimonio, por comprender el fuerte nexo existente entre el conocimiento producido, la construcción actual de vivienda y la restauración y rehabilitación de edificaciones. Es imperativo para todo ello disponer de la base tecnológica desarrollada que permita construir, rescatar y mantener viva la tradición y la memoria del uso de la tierra en construcción.

PROTERRA, como equipo de profesionales con distintas especialidades, funciona en forma horizontal, sin jerarquías por títulos: todos los miembros tienen siempre mucho que aportar y mucho que aprender. Las ideas creativas de los jóvenes profesionales y los desafíos de las condiciones de producción cuestionan directa y saludablemente a los especialistas, obligándoles a reflexionar, argumentar y desarrollar soluciones. Para cada miembro de PROTERRA, el intercambio posibilita el estímulo en la forma de pensar, en la evolución de sus investigaciones, en sus actividades y conocimiento.

La integración de profesionales a una red como PROTERRA busca promover la integración de los mismos en el campo de las ciencias y de la tecnología. Además de esto, PROTERRA incentiva la formación de redes regionales y de temas específicos de modo que se incremente el número de personas interesadas en aprender y construir con tierra.

Sobre los SIACOTs

Los Seminarios Iberoamericanos de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) tienen como finalidad reunir a los científicos, tecnólogos y profesionales que trabajan en torno al tema de la arquitectura y de la construcción con tierra, desde su desarrollo histórico hasta el uso actual de este material. Se trata de un espacio de discusión académica, pero abierto a la ciudadanía en general, donde se evalúa el desarrollo de los programas científicos y proyectos en marcha, así como los avances a escala global de la difusión de esta temática.

La recuperación en la práctica del uso de estas antiguas tecnologías, por medio del conocimiento de la conservación y restauración de las construcciones de tierra, es útil tanto para la conservación del patrimonio edificado como para el desarrollo futuro. El mejoramiento técnico en la construcción con tierra estabilizada así como la búsqueda de una respuesta eficaz frente a los sismos, tienen un impacto tanto sobre el campo de la restauración como de las construcciones nuevas.

Este espacio también permite apoyar la formación de recursos humanos técnicos, tanto a nivel profesional como artesanal, mediante una aplicación práctica de dichas técnicas que permita la reinserción de estas técnicas en el diseño y edificación actual del espacio humano.



y Tie La

18º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra

Tierra, Cultura, Hábitat Resiliente y Desarrollo Sostenible La Antigua Guatemala - Guatemala 22 al 25 de octubre de 2018

COMITÉ ORGANIZADOR

Rosa Delmy Nuñez de Hércules – FUNDASAL – El Salvador - Coordinadora de PROTERRA

Virgilio Ayala - CII-USAC / PROTERRA - Coordinador General del 18º SIACOT

Javier Quiñónez - CII-USAC - Coordinador de Conferencias

Mario Ceballos - FARUSAC-USAC - Coordinador de Talleres

Moisés Méndez - CII-USAC - Coordinador Administrativo

Javier Quiñónez Guzmán - FARUSAC-USAC - Coordinador de Visita Técnica en La Antigua Guatemala

Bárbara Arroyo; Josué Álvarez - Centro Ceremonial Kaminaljuyú - Coord. de Vis. Téc. a Kaminaljuyú

Noé García - CIIO - ASOSEPRODI - Coordinador de Comunicación con Comunidades

Alvaro Ramírez - CII-USAC - Coordinador de Logistica

COMITÉ CIENTÍFICO

MSc. Inga. Célia Neves – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil (coordinadora)

Arq. Alejandro Ferreiro – FADU/UDELAR – Uruguay (responsable por Tema 3)

Dr. Arq. Alexandre Mascarenhas – IFMG – Ouro Preto – Brasil

Dra. Arqueol. Annick Daneels – UNAM – México

MSc. Arqa. Cecília López Pérez – Pontificia Universidad Javeriana – Colombia

MSc. Arg. Dulce María Guillen – Investigadora independiente – Nicaragua

MSc. Arq. Fernando Cardoso – UFV – Brasil

Dra. Arqa. Graciela María Viñuales – Centro Barro/CEDODAL – Argentina

Dr. Arq. Guillermo Rolón – CONICET/CRIATIC/UNT – Argentina (responsable por Tema 2)

Ing. Henry Eduardo Torres – Universidad Ricardo Palma – Perú

Dr. Arq. Jorge Tomasi – CONICET – Argentina

Dra. Hist. del Arte Juana Font – Fundación Antonio Font de Bedoya – España

Dra. Arq. Karim Chew Gutiérrez- Escuela de Estudios de Postgrados/Farusac - Guatemala

Prof. Dr. Arg. Luis Fernando Guerrero – UAX – México

PhD. Arqa. Maria Fernandes - CEAACP/DGPC - CdT - Portugal

Dra. Arga. Maria Isabel Kanan – ICOMOS-ISCEAH – Brasil

Arq. Mariano Pautasso – Cooperativa de Trabajo TEKO – Argentina

Dr. Arq. Mario Raúl Ramírez – Facultad de Arquitectura/USAC – Guatemala

MSc. Arqa. Mirta E. Sosa – CRIATIC/UNT – Argentina

Inga. Mónica Bahamóndez – Servicio Nacional del Patrimonio Cultural – Chile

MSc. Arq. Mónica Pesantes – ICOMOS – Ecuador

Dra. Arq. Natalia Jorquera Silva – UCHILE – Chile (responsable por Tema 5)

MSc. Arga. Natália Lelis – UFMG – Brasil

MA. Arq. Natalia Rey - Arquitecta independiente - Colombia

Prof. Dr. Ing. Obede Borges Faria – UNESP/PPGARQ/FEB – Brasil (responsable por Tema 4)

Dra. Inga. Paulina Faria – Universidade NOVA de Lisboa – Portugal (responsable por Tema 1)

Dr. Arq. Rodolfo Rotondaro – UBA/CONICET – Argentina

MSc. Inga. Rosa Delmy Nuñez – FUNDASAL – El Salvador

Arq. Sofía Rodriguez Larrain - Centro Tierra PUCP – Perú

COMITÉ DE EXPOSICIÓN (responsable por la evaluación de pósteres y memorias de diseño y obra)

MSc. Arq. Zazanda Salcedo Gutierrez - UMSA/ICOMOS - Bolivia (coordinadora)

MSc. Arq. Adriana Durán – Consultora independiente – Francia/Colombia

Arqa. Bernadette Esquivel – ICOMOS ISCHEA/Universidad de Costa Rica (UCR) – Costa Rica

Arq. Camilo Giribas – Escuela de Construcción en Tierra ECoT – Chile

Inga. Ligia María Vélez Moreno – Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) – Colombia

MSc. Arq. María Cecilia Achig – Facultad de Arquitectura y Urbanismo/ UCuenca – Ecuador

Dr. Arq. Rubén Roux – Facultad de Arquitectura/UAdeC – México

MSc. Arqa. Sandra Selma Saraiva – Universidad Federal do Piauí (UFPI) – Brasil

MSc. Arq. Tulio Mateo – CRS – República Dominicana

Arq. Wilfredo Carazas Aedo – CRAterre-ENSAG – Francia/Perú

COORDINACIÓN GENERAL DE TALLERES

MSc. Arq. Fernando Cardoso – UFV – Brasil (por PROTERRA)

Dr. Arq. Mario Francisco Ceballos Espigares - FARUSAC (por los organizadores locales)

INSTITUCIONES ORGANIZADORAS



PROTERRA - Rede Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra www.redproterra.org





USAC - Universidad de San Carlos de Guatemala http://www.usac.edu.gt/

CII - Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/

APOYO INSTITUCIONAL



CONCYT - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología http://senacyt.concyt.gob.gt/portal/



DIGI- USAC - Dirección General de Investigación http://digi.usac.edu.gt/





FARUSAC - Facultad de Arquitectura de la USAC https://farusac.edu.gt/



Facultad de Ingeniería de la USAC https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/



Fundación para la Superación de la Ingeniería https://es-la.facebook.com/funsini



UNESCO - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura https://en.unesco.org/



Asociación Servicios a Programas de Desarrollo e Investigación - ONG http://asoseprodi.org/







Centro de Formación de la **Cooperación Española** https://www.aecid-cf.org.gt/



Centro de Investigaciones Regionales de Mesoamerica http://cirma.org.gt





Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala http://cnpag.com/

Contenido

Presentación Rosa Delmy Nuñez de Hércules	18
Mensaje del Decano de la Facultad de Ingeniería de la USAC Pedro Antonio Aguilar Polanco	19
Palabras de la organización Edgar Virgilio Ayala Zapata, Mario Francisco Ceballos Espigares, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz	21
Talleres y pre-talleres	23
Programa de los días 21 al 23/10 y talleres	31
Exposición de pósteres y memorias de diseño y obra (22 al 26/10)	32
Programa de las sesiones técnicas y actividades del 26 y 27/10	33
Detalles de visitas técnicas	34
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS e INFORMES TÉCNICOS	
Tema 1 MATERIALES Y CULTURAS CONSTRUCTIVAS	35
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	33
Control de presión interna de rellenos en basamentos de la Mesoamérica Prehispánica Annick Daneels, Michael Love, Esteban Ávalos Beltrán	36
Micromorfología: un recurso para la identificación de rasgos tecnológicos en la arquitectura de La Joya, Veracruz, México Juan Salvador Piña Guido, Héctor Víctor Cabadas Báez	46
Estudios de resistencia de la tapia tradicional de la región de Tepeyahualco, México María de los Ángeles Vizcarra de los Reyes	55

Efecto de dosis y largos de fibras de yute en desempeño mecánico y de fractura de tierra reforzada Gerardo Araya-Letelier, Federico C. Antico, José Concha-Riedel, Úrsula Reidel, Andrés Glade	75
Influencia de fibras de polipropileno en tenacidad y control de fisuración de mezclas de tierra Gerardo Araya-Letelier, José Concha-Riedel, Federico C. Antico, Andrés Glade, María J. Wiener	85
Comparación de la capacidad resistente de adobes y adobes reforzado con fibra de vidrio Xavier Cárdenas, Eva Chuya, Fernanda Ayala	95
Uso de geopolímeros obtenidos a partir de residuos en la estabilización de suelos Juan Cosa, María Victoria Borrachero, Jordi Payá, Lourdes Soriano, José María Monzó	107
El mucílago de <i>Opuntia ficus</i> como estabilizante en recubrimientos de tierra Esmeralda Ávila Boyas, Luis Fernando Guerrero Baca	115
Estudio de revestimientos de tierra elaborados con caseína Cecilia López Pérez	127
A influência da adição de cal hidratada sobre o poder de cobertura de tintas produzidas com pigmentos de solos Fernando de Paula Cardoso, Matheus Tolentino Lauar, AnôrFiorini de Carvalho, Rita de Cássia Silva Sant'Ana Alvarenga	137
Una alternativa constructiva: pisos de tierra con fibra de cabuya y cascarilla de arroz José Francisco Pesántez Pesántez, Carlos Miguel Tapia Vera	148
El uso de juntas constructivas oblicuas en la construcción de tapia José Gómez Voltan, Silvia A. Cirvini	158
Evaluación de ensayos de erosión acelerada aplicados a bloques de tierra comprimida Jesús Manuel Meza López	172
Métodos de evaluación del nivel de resistencia a la erosión húmeda en bloques de tierra Ariel González, Santiago Cabrera, Pablo Costamagna, Juan Pablo Sosa	182
Resistencia mecánica y conductividad térmica de suelo cemento plástico con adición de fibra vegetal Edgardo J. Suárez-Domínguez, Yolanda G. Aranda-Jiménez, Carlos Zúñiga-Leal	192
Conductividad térmica de la tierra alivianada con fibras naturales en paneles de quincha Martin Wieser, Silvia Onnis, Giuseppina Meli	199
Paneles prefabricados termo-acústico a partir de paja de cereal y tierra estabilizada Carlos Cobreros, José Luis Reyes-Araiza, Alejandro Manzano-Ramírez	209

Desempenho térmico e eficiência energética: análise comparativa entre habitação convencional e de taipa de mão Raphael Pinto Brandão, Carol Cardoso Moura Cordeiro, Stefany Hoffmann Martins Jorge, Emeli Lalesca Aparecida da Guarda, Luciane Cleonice Durante, Ivan Júlio Apolônio Callejas	225
Informes Técnicos	
Pruebas al recubrimiento con fibra de ixtle sobre prototipo Yolanda Aranda, Natacha Hugón, Ariel Gonzalez	234
Análisis de la forma, textura y color en los revestimientos de tierra para personas con discapacidad visual José F. Pesántez Pesántez, Daniela E. Cabrera Torres	242
Tema 2 PATRIMONIO Y CONSERVACIÓN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	250
Las construcciones de tierra en Kaminaljuyu, Guatemala: características constructivas y desafíos para su conservación Josué Alvarez, Barbara Arroyo	251
Arquitectura en tierra: costa sur y altiplano de Guatemala María Andrea Rojas Montes	263
La arquitectura ancestral: muruqu-taru utapatrimonio del altiplano boliviano Pacha Yampara	275
El suelo como materia prima en la arquitectura de tierra en La Joya, Veracruz, México Thania Alejandra García Zeferino, Sergei Sedov, Jaime Díaz Ortega	286
La tradición de la arquitectura de tierra en Zacateca, México Gerardo Fernández Martínez	296
Materiales edáficos en la arquitectura de tierra: registro de ambiente y actividad humana antígua Sergey Sedov, Alexandr Alexandrovskiy	307
Transformación de la vivienda vernácula de Chichihualco, Guerrero, México Francisco Rafael Lanche Espinoza	316
Procesos participativos para la valoración de la arquitectura con tierra en Susudel, Ecuador Fausto Cardoso, Alicia Tenze, Isabel Gárate, Sebastián Cardoso	323
Pinturas murais em edificações históricas de Ouro Preto, Brasil Alexandre Mascarenhas, Ivani Walendy Ramos, Paola de Macedo Gomes Dias Villas Bôas, Sandra Godoy da Silva	333
Arquitetura vernácula na Lapinha da Serra, Brasil: motivos e perspectivas de sua preservação Mariana Maia Klimkievicz Moreira, Marco Antônio Penido Rezende	345

INFORMES TÉCNICOS

357	La herencia ancestral de las técnicas y los materiales constructivos Henrry Rodríguez, Javier Estrada, Gloria Ajú
367	Sistema de arquitectura de tierra durante la colonización española en Guatemala Mario Ceballos
373	Mapeamento da construção com terra na Meseta Ibérica Ana Perdigão Antunes, Raphaela Christina Costa Gomes , Jorge Tiago Pinto, Ricardo Bento
386	El "pajarete" en la vivienda rural de Colima, México: caracterización tipológica y constructiva Antonio Flores Calvario, Miguel Fernando Elizondo Mata, Minerva Rodríguez Licea
394	Identificación y puesta en valor de los rasgos arquitectónicos que dan identidad a la arquitectura de tierra Aída Oviedo, Natalia María Suarez Quiroga
401	Posta en valor del patrimonio vernáculo de tierra para uso social, el caso del Centro Cultural la Antigua Estafeta Sanagasta, Argentina Eduardo Enrique Brizuela, Verónica Mariana Vargas, Luis Alfredo Orecchia
412	Valoración de la arquitectura de tierra en Cuenca, Ecuador, como herramienta para su conservación Fausto Cardoso Martínez, María Augusta Quizhpe Marín, María Cecilia Achig-Balarezo
422	Criterios para intervenir en las edificaciones de tierra en la calle las Herrerías, Cuenca, Ecuador María Cecilia Achig-Balarezo, Camila Muñoz Vanegas, Juan David Castro, Fausto Cardoso Martínez
432	Tema 3 ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA
	ARTÍCULOS CIENTÍFICOS
433	La arquitectura vernácula construida con tierra en Nicaragua: una alternativa futura Dulce María Guillén Valenzuela
116	
446	Legitimação da precariedade da taipa de mão no Brasil por políticas públicas de habitação rural, entre outros Carolina Nascimento Vieira
459	por políticas públicas de habitação rural, entre outros

			_ /		
INF	$\cap RN$	/FS	TFC	NIC	റ

El bahareque: una expresión de resiliencia en la arquitectura colombiana Lucia Esperanza Garzón	470
Proceso constructivo de la quincha en la ecovillaTunduqueral, Argentina Laura Marín Carrillo	479
Taipa de mão em Barra do Bugres, Brasil: aspectos culturais e construtivos em habitação remanescente de quilombo Carol Cardoso Moura Cordeiro, Raphael Pinto Brandão, Douglas Queiroz Brandão, Luciane Cleonice Durante, Ivan Júlio Apolônio Callejas, Emeli Aparecida da Guarda	488
Análisis de una experiencia constructiva en base a prototipo modular, híbrido y autoportante en la zona central de Chile Felipe Mateo López	497
Educación, construcción y tierra: el caso de Zacatecoluca, El Salvador Paola Marrone, Pier Luigi Ortolani, Ilaria Picilli	506
Formas de convívio e moradia no povoado São Miguel dos Correias, Brasil Andrea Garcez de Farias, Frederico Lago Burnett	517
Viviendas en alta pendiente de la ciudad de La Paz Esdenka Araoz Acosta	527
Modelo para la caracterización de construcciones con tierra en zonas rurales de Guatemala Alvaro Francisco Ramírez Vásquez, Edgar Virgilio Ayala Zapata	531
Método para evaluar temperatura, humedad y velocidad del viento en las construcciones con tierra Bertha Yolanda Solís Villagrán, Mario Rodolfo Corzo Ávila	539
Tema 4 FORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	548
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS Mujeres de arcilla: hábitat popular de tierra bajo una perspectiva de género mesoamericana Elena Carrillo Palacios	549
Informes Técnicos	
A importância de publicar sobre terra Filipe Jorge	560
Enquadramento legal e normativo da construção com terra em Portugal Ana Antunes, Ana Velosa, Luís Mateus, Maria Idália Gomes, Vasco Rato	567

Programa de capacitación para la reconstrucción con tierra en México Jon de la Rica Extremiana	576
Conservación de bienes patrimoniales de tierra: capacitación de la comunidad Ricardo Flavio Gómez, Cristina Natalia Aballay, María Rosa Plana	588
Saberes da terra: resgate de técnicas tradicionais construídas por meio da educação patrimonial Mateus de Carvalho Martins, Maria Emília Barros Rezende, Sophia Jales Lima	598
Modelo de transferencia tecnológica para la vivienda altoandina Silvia Onnis, Sofía Rodríguez-Larraín, GiuseppinaMeli, Silvana Loayza León	606
Mujeres a la obra: género y construcción con tierra en Senegal María Brown Birabén, Soguy Ndiaye	616
Formación técnica para la construcción con tierra en el norte de Nicaragua Fátima Sánchez Medina, Kathya Reyes Rivera, Julieth Gutiérrez Cárcamo	628
Transferencia de conocimiento en adobe reforzado y mejoramiento de vivienda en El Salvador y Guatemala Magda Nohemy Castellanos Ochoa, Carmen Elena Rivera Garcia, Rosa Delmy Núñez Treminio	639
La minga: modelo participativo ancestral aplicado en las edificaciones de tierra del sur del Ecuador Lorena Vázquez Torres, Fausto Cardoso Martínez, Marissa Pogo Ruiz, Tania Tenén Quito, Gabriela Barsallo, María Cecilia Achig-Balarezo	650
Revestimientos naturales para paredes de adobe en La Palma, Chalatenango, El Salvador Magda Nohemy Castellanos Ochoa, Jackeline Tatiana Juarez Ascencio, Rosa Delmy Núñez Treminio	662
A tradição do adobe em Santa Maria de Guaxenduba: prática de extensão em uma comunidade brasileira Ingrid Braga, Izabel Nascimento	668
Tema 5 INVESTIGACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIÓN EN ZONAS SÍSMICAS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	677
Comportamiento dinámico experimental de una edificación histórica a escala: Iglesia de San Raimundo Rolando Torres, Janeth De Paz,Jorge Campo, Alberto Blanco	678
Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la tapia en zona sur de alta sismicidad en Colombia William A. Castillo Valencia	685

INFORMES TÉCNICOS

697	Reutilización y restauración con mejoramiento sísmico de la Casa Barrientos en Izalco, Sonsonate, El Salvador Michele Zampilli, Erick Orellana Paz, Maria Pastor Altaba
712	Factores que influyen en la construcción de viviendas con tierra considerando condiciones sísmicas EsvinObaldo Mayor López, Edgar Virgilio Ayala Zapata, Saulo Moisés Méndez Garza
718	Análisis de fenómenos patológicos ocasionados en viviendas de tierra en la Provincia de San Juan, Argentina, por los terremotos de 1944 y 1977 María Pía Castilla, Leonardo Jesús Funes, Vanesa Torres Atencio
728	Bahareque con guadua como alternativa para la reconstrucción post terremoto en la costa ecuatoriana: caso de estudio Casa de Meche Patricio Cevallos Salas, Enrique Villacís, María Lorena Rodríguez, Cynthia Ayarza
735	MEMORIAS DE DISEÑO Y OBRA
736	La Casona "Villa de Paris": restauración de un inmueble histórico del siglo XVIII, La Paz, Bolivia Luis Arellano López
744	Icono Andino: Chullpares de Uypaca Achocalla, Bolivia Jose Sergio Castillo Ossio, Luis Arellano López
752	Restauración Casa Baltodano Briceño: Liberia, Guanacaste, Costa Rica María Bernadette Esquivel Morales
762	Huaca Bellavista: conservación de un sitio Prehispánico hecho en tierra en Lima, Peru Roxana Gómez Torres, Henry Torres Peceros
772	CASA ABALOS. arcaico moderno en la Precordillera de Peñalolen, Santiago de Chile Patricia Marchante, Pilar Silva
781	Promoviendo la arquitectura y construcción con tierra: I CONACOT, Perú 2017 María Teresa Méndez Landa, Henry Torres Peceros
788	PÓSTERES
789	Obras comunitarias en la Sierra Gorda en El Ejido "El Roble" (comunidades Loma y Palma): Tierra Blanca, Guanajuato, México Daniela del Carmen Rodríguez Ortega
790	La vivienda de tapia y su estado de conservación en Calpulalpan,Tlaxcala. México Blas Antonio Tepale Gamboa, Yoloxochitl Lucio Orizaga, Minerva Rodriguez Licea

791	Resultados de la restauración de la arquitectura de tierra de Costa Rica María Bernadette Esquivel Morales
792	Arquitectura colonial salteña: el cabildo y la vivienda Amalita Fernández, Camila Gea Salim
793	Conservación y contexto del patrimonio construido con tierra del Barrio Santo Domingo, Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México Amalia ParraMariona Genis
794	Conservación de emergencia en el santuario arqueológico de Pachacamac, Peru Denise Pozzi-Escot, Jorge Aching, Hernan Chipana, Jorge Abad
795	Muro-museo de las telecomunicaciones, bancas-jardineras y muros señalética en el Instituto Federal de Telecomunicaciones Ift Iztapalapa, Cdmx, México Diana Carbajal, Jorge Calderon, Nubia Valles
796	Aplicación Test Carazas al patrimonio construido en tierra: Chullpares de Uypaca, Achocalla, Bolivia Pacha Yampara Blanco, Zazanda Salcedo Gutierrez





Tierra, cultura, hábitat resiliente y desarrollo sostenible

18º Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra La Antigua Guatemala (Guatemala), 22 al 25 octubre 2018 http://siacot.ingenieria.usac.edu.gt/

COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE ADOBES Y ADOBES REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

Xavier Cárdenas¹; Eva Chuya²; Fernanda Ayala³

¹Universidad de Cuenca / Universidad Politécnica de Madrid, xavier,cardenas@ucuenca.edu.ec

Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca; Cuenca, Ecuador, ²ecatalina.chuyas@ucuenca.ec; ³fernanda.ayalaz@ucuenca.ec

Palabras clave: compresión, físicas, mecánicas, refuerzo, tierra

Resumen

El último censo realizado en Ecuador en 2010 indica que existen 212934 viviendas de adobe y por la ubicación geográfica del país con respecto al Cinturón de Fuego del Pacífico, le caracteriza en un territorio de alta sismicidad, siendo una oportunidad para desarrollar investigaciones de los adobes tradicionales y posibles mejoras, para la conservación y mantenimiento de estructuras patrimoniales. La investigación se centra en comparar adobes tradicionales y adobes reforzados interiormente con varillas de fibra de vidrio, para ello se seleccionó una adobera situada en Cuenca -Ecuador - sector San José de Balzay, la misma que proveyó todo el material para el estudio. Mediante ensayos físicos se estudió la tierra como principal constituyente de los adobes, sometiendo a 10 ensayos de campo y los resultados se concatenaron con 4 ensayos de laboratorio; luego de caracterizada la tierra se confeccionaron 510 adobes que sirvieron para hacer 150 muestras, realizando ensayos mecánicos de: adobes a compresión, adobes a flexión, pilas de adobes a compresión y muros de adobes a compresión diagonal, se adoptó la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC y la Norma Peruana E.080 para los ensayos. En los resultados, siempre se comparó el adobe tradicional contra el adobe reforzado interiormente con fibra de vidrio, obteniendo que: los adobes con inclusión de fibra de vidrio son: 25 % más resistentes a compresión, tienen un 514 % más capacidad a flexión, son 30 % más resistentes las pilas de adobes a compresión y son un 68 % más resistentes los muros de adobes a compresión diagonal, es decir, se presenta un aumento en la carga de ruptura del adobe reforzado respecto al adobe tradicional, siendo importante destacar las diferentes formas de colocación de las varillas de fibra de vidrio en busca de las mejoras en la capacidad resistente del material.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales sistemas de construcción para edificaciones de tierra, es el adobe, debido a las cualidades que este brinda. Sin embargo, son altas las exigencias técnicas presentadas por el material en cuestión de normas y estándares, pues se trata de una combinación de la arquitectura misma, la carga cultural que éste presenta y su autoconstrucción, convirtiéndola en una técnica constructiva difícil de recuperar (Antelo et al., 2012)

Gran parte de los problemas patológicos presentes en las edificaciones de tierra son debido a agentes climáticos, por lo que según Rufino, "para la construcción de nuevas viviendas es necesario incorporar y mejorar las técnicas y tecnologías de producción de adobes para aumentar su resistencia" (Rufino, 2013, p.36).

Se vuelve indispensable recuperar los valores arquitectónicos de las construcciones en tierra puesto que son parte de la cultura de cada pueblo, dejando de lado el rechazo social presentado hacia este material. Además, es importante desarrollar y aplicar métodos de construcción acorde con las exigencias actuales y las particularidades de cada localidad y región, consiguiendo así, recuperar esta técnica constructiva.

La composición del adobe está dado por la unión de arcillas, limos, arenas, gravas y agua, en diferentes proporciones, y generalmente para reforzar o estabilizar los adobes se usan aditivos, como "fibras vegetales o animales", las cuales constituyen unos de sus principales componentes, por ejemplo: en Ecuador y Perú se utiliza una gramínea, en Trinidad se utiliza

una fibra vegetal durable y resistente, en África la cascarilla de millo, en México agujas de pino, fibras que representan del 20 % al 30 % del volumen de los adobes (Doat et al., 1990, p.145). Además de fibras se pueden utilizar refuerzos convencionales tales como "cemento, cal o asfalto".

La experimentación con las técnicas tradicionales ha sido impulsada en gran medida por los frecuentes terremotos (Torres; Jorquera, 2018). En la actualidad, la utilización de nuevos elementos que en su combinación con materiales tradicionales pueden mejorar la respuesta ante ciertas solicitaciones de la estructura es un hecho, producto de ello surgen compuestos hechos de fibras en una resina polimérica, también conocidos como polímeros reforzados con fibra (FRP), siendo una alternativa para reparación y rehabilitación de estructuras.

El creciente interés en los sistemas de FRP para el fortalecimiento y la adaptación se puede atribuir a muchos factores, pues dichos materiales de FRP son ligeros, no corrosivos, tienen buenas propiedades de aislamiento térmico, bajo mantenimiento, durabilidad satisfactoria y exhiben una alta resistencia a la tracción. Estos materiales están disponibles de varias formas, desde laminados elaborados en fábrica hasta hojas de fibra seca que pueden envolverse para ajustarse a la geometría de una estructura antes de agregar la resina polimérica. Los perfiles relativamente finos de los sistemas FRP curados, son a menudo deseables en aplicaciones donde la estética se vuelve una preocupación. Los principales tipos de fibra sintética son: carbono, vidrio y aramida.

Hoy en día, los compuestos reforzados con fibra son ampliamente utilizados de diversas maneras y en diferentes ramas de la ingeniería tales como la estructural, aeroespacial, aeronáutica, mecánica, entre otras, y sobre todo en aplicaciones navales, debido a que las fibras presentan alta resistencia a la rigidez (Suresh; Jayakumari, 2015). Razón por la cual, en los últimos tiempos las fibras han sido sometidas a intensos e importantes estudios para obtener un material que sea altamente resistente, es más, se considera a estos materiales como reemplazo para el acero y el aluminio.

Por lo tanto, el refuerzo en las piezas de adobe que conforma la mampostería de edificaciones se vuelve de gran importancia en la rehabilitación y seguridad estructural de las construcciones, más aún en ciudades con influencia sísmica. En función de ello, es importante asegurar un adecuado comportamiento del adobe y es posible definir acerca de la conveniencia de la recuperación de este material en la construcción y proponer el refuerzo de la misma de forma interna para garantizar la estética en congruencia con la seguridad y confiabilidad.

El presente trabajo de investigación aborda específicamente la determinación de parámetros físicos y mecánicos con fines de análisis y diseño estructural de unidades de adobe y paredes que serán sometidos a pruebas para evaluar sus propiedades. El estudio contempla la comparación siempre del adobe tradicional versus un adobe con adición de varillas de fibra de vidrio (GFRP) y así poder obtener conclusiones que aporten la viabilidad de dicha aplicación.

2 METODOLOGÍA Y MATERIALES

2.1 Metodología

a) Enfoque de la investigación

Es de carácter cuantitativo, la investigación radica en comparar adobes tradicionales con adobes reforzados interiormente con varillas de fibra de vidrio, determinando parámetros que puedan servir para la etapa de análisis y diseño estructural.

b) Tipo de estudio

Observacional, para marcar la fisuración de la muestra conforme se sometió a estados de esfuerzo, denotando el fenómeno espontáneo de cada muestra de adobe y posteriormente realizar la autopsia de cada muestra para poder determinar la causa de fallo.

Experimental, se controló la maniobra en cada ensayo, sometiendo a lo expuesto por la normativa.

Del stock disponible de adobes, se tomó muestras para cada ensayo al azar.

c) Lugar y período

Los diferentes ensayos fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Arquitectura y de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, teniendo como período para fabricación de muestras, ensayos y recolección de datos, de septiembre a diciembre de 2017.

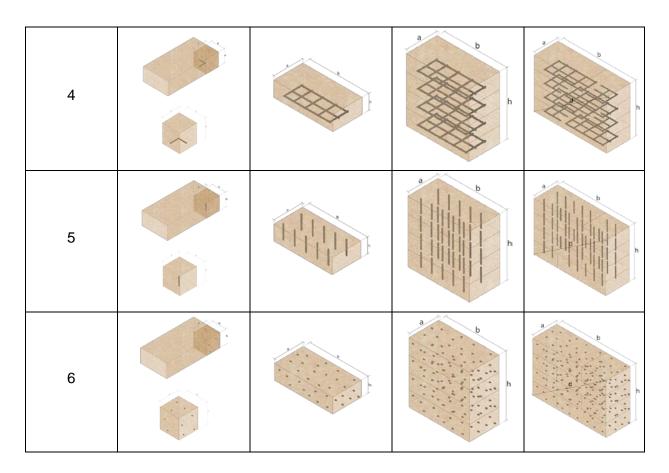
d) Casos de estudio

La determinación de parámetros físicos, se realizó sobre la tierra utilizada para la fabricación de adobes; los ensayos mecánicos se ejecutaron en adobes tradicionales y posteriormente en adobes con inclusión de fibra de vidrio en la parte interior.

Los casos de estudio determinados por Chuya e Ayala (2018) se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Muestras para el estudio de adobe e adobe reforzado con GFRP

Tabla 1. Muestras para el estudio de adobe e adobe reforzado com GFNF				
Caso	cubo de adobe (10x10x10 cm)	adobe (40x 20x10 cm)	pila de adobe (40x20x46 cm)	muro de adobe (60x20x46 cm)
1_fabricado			h	8
1_cortado				
2			a b	
3			a b	



e) Tamaño de la muestra

Según lo establecido en la norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-VIVENDA (2015) y la norma peruana E.080 (2017), se tomaron seis muestras para cada ensayo, descartando los dos peores valores fueran descartados para los resultados. Fueran ensayados 150 muestras en total y se utilizó 510 adobes en total considerando el desperdicio.

f) Ensayos

- Para caracterizar físicamente a la tierra se utilizó ensayos de campo tales como: prueba de rollo, de olfato, de la bola, de lavado de manos, de corte con cuchillo, de la botella, del disco, de la mordedura, del color, de exudación y ensayos de laboratorio tales como: contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico.
- Para caracterización mecánica de la fibra de vidrio se realizó el ensayo de tracción.
- Para los adobes y sus variantes, se realizó ensayos de compresión, flexión compresión en pilas y compresión diagonal en muros.

g) Normas

Cid, Marazón y Cañas (2011), en su estudio de las normativas de construcción con tierra en el mundo, analizan 55 normas y reglamentos de países de los cinco continentes, afirman que pese a que la tierra es utilizada desde hace siglos, en varios países se encuentran problemas técnicos para llevar a cabo una construcción con este material.

Para la caracterización física de la tierra de los adobes en laboratorio, se adoptó lo dispuesto en el ASTM E 2392 (2016) y la normativa ecuatoriana según el detalle presentado en la tabla 2.

Para la caracterización mecánica de los materiales se utilizó: lo dispuesto en el Sub-Committee 440F (ACI, 2008) para determinar la tracción de la varilla de fibra de vidrio, y, para el adobe, se utilizó normativa ecuatoriana y peruana, supliendo el déficit normativo de cada país y según la tabla 3.

Tabla 2. Procedimientos adoptados para caracterización física de la tierra

País	Norma	Ensayos
Ecuador	NTE INEN 0690 (1982)	Contenido de humedad
	NTE INEN 0691 (1982)	Límite líquido
	NTE INEN 0692 (1982)	Límite plástico
	NTE INEN 0696 (2011)	Granulometría

Tabla 3. Procedimientos adoptados para caracterización mecánica de los adobes

País	Norma	Ensayos
		Resistencia a la compresión
Perú	E.080 (2017)	Resistencia de muretes a la compresión
		Resistencia de muretes a compresión diagonal
Ecuador	NTE INEN 0295 (1977) NTE INEN 2554 (2011)	Resistencia a la flexión

2.2 Materiales

a) Adobe

El censo de vivienda del Ecuador (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010) afirma que existen 212934 viviendas de adobe en el país, que representan el 5,68 %, de las cuales el 38250 están en la provincia del Azuay, y de estas aproximadamente el 51% están concentradas en el Cantón Cuenca, ciudad que se encuentra dividida en 21 parroquias, entre las cuales se encuentra Sinincay, sector San José de Balzay, con un área de aproximadamente 30 km², que es el territorio donde se fabrican la mayoría de adobes para las edificaciones de la ciudad.

Actualmente en la parroquia Sinincay existen cinco fábricas de adobe. Se optó escoger una ubicada en la latitud 2°51'58.17"S y longitud 79° 2'46.65"O como proveedor de los adobes del estudio, debido a la amplia disponibilidad del material (stock). Además son los de esta fábrica la mayoría de los adobes usados en la remodelación de viviendas pertenecientes al centro histórico de la urbe.

b) Fibra de vidrio

Las especificaciones de fibra de vidrio utilizada son presentadas en la tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones de la varilla fibra de vidrio

Propiedad	Unidad	Especificación
Resistencia a la flexión	MPa	> 240
Resistencia a la tracción	MPa	> 400
Resistencia al impacto	MPa	38,9
Dureza barcol	unidad	> 40
Contenido de fibra de vidrio	% en peso	≥ 70
Rigidez dieléctrica	V/mm	> 8000
Termodistorción		> 100
Absorción de agua	%	< 0,6

Fuente: Equisplast S.A. (http://www.equisplast.com/descargas)

La fibra de vidrio se clasifica en dos categorías: la fibra de uso general de bajo costo y fibra de uso especial. Se estima que más del 90% de la fibra de vidrio existente son productos de uso general sujetos a especificaciones de la ASTM International, las mismas que son conocidas como clase E; mientras que las fibras de vidrio restantes son productos de uso especial. La varilla de fibra de vidrio utilizada está recubierta de sílice de color negro, tienen un diámetro de 12 mm, con un peso aproximado de 0,218 kg/m.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización física de la tierra

Tabla 5. Caracterización física de la tierra en el campo y el laboratorio

Determinación	Lugar	Resultado	Indicador
Prueba de elasticidad (prueba del rollo)	Testes de campo	Rotura 12 cm	Presenta una adecuada proporción de arcilla/ agua
Prueba de olfato		No presenta olor importante	Cantidad de materia inorgánica baja
Prueba de impacto (caída de la bolita)		Rotura 4 pedazos grandes	Sugiere humedad correcta
Prueba de lavado de manos		Tierra se pega en la mano	La tierra tiene característica de arcilla
Prueba de corte con cuchillo		La muestra mostro brillo	Buen contenido de arcilla
Prueba de sedimentación (prueba de la botella)		70 % arcilla/limo y 30 % arena	La arena está alrededor de 2,3 veces la cantidad de arcilla y limos
Prueba de resistencia seca (prueba del disco)		El disco se aplasta con dificultad	Es una tierra de media o alta resistencia
Prueba de la mordedura		No rechina con mordedura	Característica de suelo arcilloso
Prueba del color		Tierra tiende a un color pardo amarillento	Suelo apropiado para la construcción, baja presencia de materia inorgánica
Prueba de exudación		Muestra fue sometida a más de 30 golpes	Característica de suelo arcilloso
Contenido de humedad	Ensayo de laboratorio	10%	
Granulometría			Clasificación:
Límite líquido		55%	SUCS ¹ = SC
Límite plástico		30%	$AASHTO^2 = Suelo$ $A-2-7$
Índice de plasticidad		25%	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,

100

¹ S.U.C.S, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

² AASHTO, Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes

La caracterización física según los ensayos de campo y de laboratorio está en estricta congruencia, denotando un suelo con una cantidad importante de finos plásticos, cuyas arcillas inorgánicas son de alta compresibilidad, pero tienen un comportamiento de excelente a bueno para la elaboración de adobes, resaltando por ser granular con gravas y arenas arcillosas y limosas.

3.2. Caracterización mecánica

a) Determinación de la resistencia a la tracción de varilla de fibra de vidrio

El ensayo de tracción se realizó sobre cinco muestras (figura 1). En el mismo se midió el alargamiento que presentó la muestra. La figura 2 muestra el comportamiento que las varillas experimentaron, las cuales dieron como resultado 191,6 MPa, sin embargo, hay que considerar que el resultado obtenido ocurrió en la zona de agarre (mordazas) y no en la parte central de la muestra como ocurre normalmente en el acero.



Figura 1. Ensayo a tracción de varillas de fibra de vidrio (Crédito: los autores)

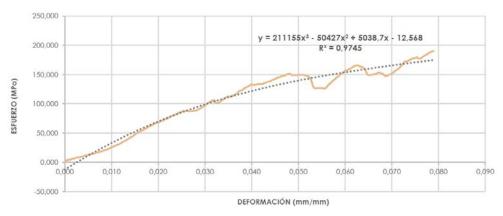


Figura 2. Comportamiento a tracción de varilla de fibra de vidrio

b) Determinación de la resistencia a la compresión de adobes

La figura 3 presenta los resultados de resistencia a la compresión en muestras de adobe de 10x10x10 cm.

Entre las muestras de adobe cortado y no cortado existe una diferencia del 14%, obteniendo mayor resultado la muestra de adobe sin cortar (elaborado o fabricado de 10x10x10 cm), con un promedio de 1,4 MPa para su esfuerzo máximo. Mientras que de los cinco casos de estudio de adobes reforzados, cuatro de ellos sobrepasan hasta un valor máximo de 25% con respecto a la muestra de adobe tradicional y una muestra se encuentra por debajo de éste con un 6% de diferencia.

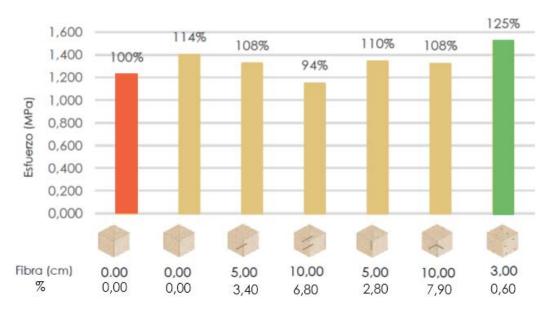


Figura 3. Ensayo a compresión en adobes de 10x10x10 cm

Siendo el caso 6 el que adquiere mayor resistencia de todas las muestras ensayadas, cuya esfuerzo máximo promedio es de 1,5 Mpa, es decir, 1,5 veces mayor al establecido por la norma E.080 (1,00 MPa).

En tanto que, el caso 3 es el que adquiere la menor resistencia, cuyo esfuerzo máximo promedio es de 1,1 MPa, es decir, 1,15 veces mayor a lo establecido en la norma E.080.

Por lo que, tanto en los adobes tradicionales como en los cinco casos de estudio lo valores obtenidos por compresión en unidad están por encima de lo dispuesto en la normativa.

c) Determinación de la resistencia a la flexión de adobes

La figura 4 presenta los resultados de la resistencia a la flexión en muestras de adobes de 40x20x10 cm.

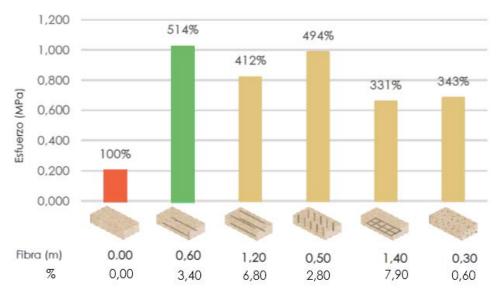


Figura 4. Ensayo a flexión en adobes de 40x20x10 cm

La NEC-SE-VIVENDA (2015) y la E.080 (2017) no especifican parámetros para realizar ensayos a flexión del adobe, tampoco adoptan valores referenciales mínimos, razón por la

cual se ha tomado como referencia el valor de la resistencia obtenida por el adobe tradicional.

En el ensayo a flexión de las muestras de adobe tradicional en comparación con los casos de estudio del adobe reforzado, las muestras superan en un porcentaje de 231% a 414% por encima del adobe tradicional.

En este caso, el valor promedio del esfuerzo a flexión del adobe tradicional fue de 0,2 MPa mientras que el valor más alto obtenido de los cinco de adobe reforzado fue el caso 2, cuyo valor promedio de resistencia fue de 0,8 MPa, es decir, 5 veces más que el adobe tradicional.

d) Determinación de la resistencia a compresión de pilas de adobe

La composición para el ensayo contemplo 4 adobes de 40x20x10 cm apilados con un mortero de aproximadamente 2 cm de espesor. La figura 5 presenta los resultados del ensayo de compresión de pilas de adobe.

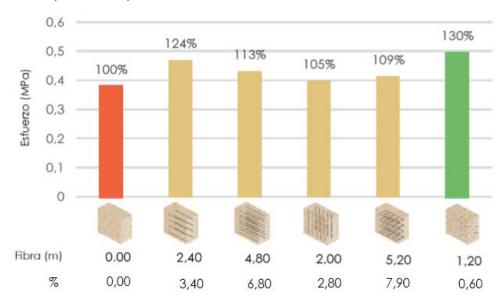


Figura 5. Ensayo de pilas de adobes a compresión

Las pilas ensayadas a compresión de adobes reforzados obtuvieron valores superiores al promedio del murete de adobe tradicional, incremento que varía de 5% a 30%.

La pila conformada por adobe tradicional dio como resultado un valor promedio de 0,4 MPa, mientras que el caso 6, cuyo valor registrado fue el mayor a todas las demás muestras dio un resultado promedio de 0,5 MPa, es decir, 1,30 veces más a Il pila de adobe tradicional, sin embargo, la norma para estos ensayos establece una resistencia última de 0,6 MPa.

Por lo tanto, a pesar del incremento de los casos ensayados en comparación con la muestra de adobe tradicional, ninguno satisface los valores establecidos por la norma.

e) Ensayo de muros a compresión diagonal

Las muestras fueron elaboradas con 4 hiladas de adobes de 40x20x10 cm, dispuestos en cada hilada aproximadamente un adobe y medio, con juntas de mortero de barro de 2cm aproximadamente. Los resultados son presentados en la figura 6.

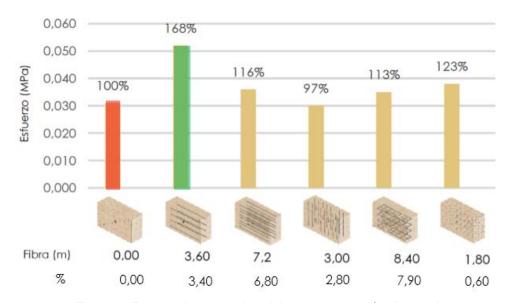


Figura 6. Ensayo de muros de adobes a compresión diagonal

De las muestras ensayadas a compresión diagonal, uno de los casos de ensayo con adobe reforzado es inferior al murete de adobe tradicional, mientras que los otros cuatro superan a este murete con porcentajes que varían del 13 % al 68 %.

Así, el valor más bajo corresponde al murete del caso 4, cuyo valor promedio es de 0,03 MPa y el valor más alto obtenido es el del caso 2, con un valor promedio de 0,05 MPa, es decir, 1,7 veces superior al murete de adobe tradicional, cuyo valor es de 0,03 MPa.

Para este ensayo, la norma establece una resistencia última de 0,03 MPa, por lo que todas las muestras cumplen con el valor establecido; siendo el valor del caso 1 igual a 2 veces a lo requerido según la normativa.

4 CONCLUSIONES

La importancia de realizar este tipo de investigaciones recae en el rescate de la arquitectura de tierra que ha trascendido al paso del tiempo hasta hoy, sin embargo, debido a la necesidad de superar los límites sobre su comportamiento mecánico, son importantes las investigaciones enfocadas en volverlo un sistema constructivo acorde a las exigencias sísmicas de la región; pues la arquitectura en tierra sigue vigente y forma parte de las técnicas más usadas en el mundo.

Los resultados sobre el comportamiento mecánico de los adobes reforzados con fibra de vidrio fueron excelentes en los distintos casos de estudio realizados, por lo que, la fibra de vidrio, es un buen material de refuerzo en las piezas de adobe.

La resistencia obtenida en los distintos ensayos realizados fue:

- Compresión: Uno de los casos de muestras ensayadas incremento su valor hasta un 25% con respecto al adobe tradicional. Siendo el caso 5 el que presenta la mejor resistencia, con tan solo un 0,60% de fibra de vidrio en relación al volumen total del adobe.
- Flexión: Uno de los casos de muestras ensayadas indica un incremento de 5 veces, con respecto al adobe tradicional. Siendo el caso 2 el que presentó la mejor capacidad a flexión, con un porcentaje de fibra de vidrio de 3,40 % del volumen total de adobe.
- Pilas de adobes a compresión: Una de las muestras ensayadas tuvo un incremento del 30% con respecto al adobe tradicional. Siendo el caso 5 el que muestra los mejores resultados, con un porcentaje de fibra de vidrio de 0,60 % del volumen total de adobes.

• Muros a compresión diagonal: Una de las muestras ensayadas incremento su valor un 68% con respecto al muro de adobe tradicional. Siendo el caso 2, el cual obtuvo los mejores resultados de los ensayos, sin embargo, hay que considerar que las fallas de los muretes ensayados corresponden a fallas por deslizamiento y tensión diagonal por juntas.

Los resultados de los adobes reforzados con fibra de vidrio han demostrado un incremento significativo en las propiedades mecánicas en comparación con el adobe tradicional.

Los casos de estudio cuentan con una disposición de varillas distintas, los cuales fueron estudiados y analizados, con el fin de analizar el impacto de éstas en las piezas de adobe.

Como resultado se obtuve distintas formas de comportamiento frente a los ensayos mecánicos, todos ellos con buenos resultados frente a las muestras del adobe tradicional. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el incremento de la resistencia en los resultados de los ensayos no está relacionado con la cantidad de fibra de vidrio colocada, sino más bien, con la disposición de las varillas en los adobes.

El incremento en costo de una unidad de adobe reforzado es evidente en unos casos más que en otros, los cuales varían desde 1,8 a 4,8 veces más al valor del precio del adobe tradicional.

La cantidad de fibra de vidrio produce microfisuras (las cuales no comprometen su resistencia) en los adobes, sin embargo éstas disminuyen con la forma de la pieza. Es decir, mientras la proporción entre su largo (a) y profundidad (b) es más cercano a 1 el adobe presentará menos fisuras.

En relación a la densidad de los cubos (10x10x10 cm) ensayados, la variación de peso del adobe con inclusión de fibra decreció del 15 % al 20 % con respecto al adobe sin inclusión de fibra y la resistencia a compresión se incrementó hasta un 25 %.

Ahora bien, es evidente que el adobe tradicional es de menor costo que el adobe reforzado planteado en el presente trabajo y las mejoras en capacidad soportante en todos los ensayos también es indiscutible, sin embargo la mejora versus el costo, no es representativo, por lo que el reforzamiento interior con varillas de fibra de vidrio no es un alternativa viable en la actualidad por el alto costo de la fibra de vidrio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI (2008). Sub-Committee 440F - FRP Strengthening. USA: American Concrete Institute.

Antelo Tudela, E.; Sánchez Iglesias, S.; Crespo González, C.; Raya de Blas, A (2012). Construir con tapial: piscina en Toro. Boletín Académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea, v2, 27-35.

ASTM E2392 (2016). Standard guide for design of earthen wall building systems. USA: ASTM International

Chuya, E.; Ayala, M. (2018). Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio. Tesis de pregrado. Cuenca: Universidad de Cuenca

Cid, J.; Marazón, F. R.; Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Informes de la Construcción, v.63, n.523, 159-169

Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux , F. (1990). Construir con tierra. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). Estadística de vivienda en Ecuador. Nacional: INEC.

NEC – SE – VIVIENDA (2015). Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NTE INEN 0295 (1977). Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0690 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del contenido de agua. Método del secado al horno. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0691 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido método de casa grande. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0692 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del límite plástico. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normailzación.

NTE INEN 0696 (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 2554 (2011). Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón (Utilizando una viga simple con carga en los tercios). Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normailzación.

Rufino, J. (2013). Determinación de los problemas técnico-constructivos actuales que afectan la calidad y durabilidad de las viviendas de tierra en la provincia de Uige, Angola. Arquitectura y Urbanismo, v.34 n.2, 27-36.

Suresh, G.; Jayakumari, L. S. (2015). Evaluating the mechanical properties of e-glass fiber/carbon fiber reinforced interpenetrating polymer networks. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 25, n. 1, 49-57.

Torres G., C.; Jorquera S., N.. (2018). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. Informes de la Construcción, 70(550): e252. https://doi.org/10.3989/ic.16.128

AUTORES

Xavier Cárdenas, doctorando en la Universidad Politécnica de Madrid, Master en Dirección y Administración de Proyectos (Universidad de Valencia – España), Magister en Métodos Numéricos para Diseño en Ingeniería (Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador), Ingeniero Civil (Universidad de Cuenca – Ecuador), profesor – investigador en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca – Ecuador.

Eva Chuya, Arquitecta (Universidad de Cuenca - Ecuador), investigadora en caracterización física de materiales.

Fernanda Ayala, Arquitecta (Universidad de Cuenca - Ecuador), investigadora en caracterización física de materiales.

