

IDENTIFICACIÓN DE NORMAS Y CÓDIGOS INTERNACIONALES  
RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y ANÁLISIS  
COMPARATIVO DE PARÁMETROS FRENTE A LA NSR10 COLOMBIANA

TRABAJO DE GRADO

INTEGRANTE(S)

CRISTIAN ORLANDO GALVIS CARDENAS ID: 000298284

DIEGO FERNANDO CABANZO CEPEDA ID: 000324065

DIRECTOR

ING. ELKIN MAURICIO LOPEZ MORANTES

ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

BUCARAMANGA

2021

IDENTIFICACIÓN DE NORMAS Y CÓDIGOS INTERNACIONALES  
RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y ANÁLISIS  
COMPARATIVO DE PARÁMETROS FRENTE A LA NSR10 COLOMBIANA

INTEGRANTE(S)

CRISTIAN ORLANDO GALVIS CARDENAS ID: 000298284

DIEGO FERNANDO CABANZO CEPEDA ID: 000324065

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERIO CIVIL

DIRECTOR

ING. ELKIN MAURICIO LOPEZ MORANTES

ESCUELA DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
BUCARAMANGA

2021

## Contenido

1. OBJETIVOS	1
2.1 Objetivo General	1
2.2 Objetivos específicos	1
2. DELIMITACION DEL PROBLEMA	2
3. ANTECEDENTES	4
5. MARCO TEORICO	9
5.1 La tierra como material de construcción.	9
5.1.1 Ventajas y Desventajas	10
5.1.2 Propiedades de la tierra como material de construcción	10
5.2 Mejoras en el Material Tierra	13
5.3 Construcciones en tierra:	13
5.3.1 Tapia pisada	14
5.3.2 Adobe	15
5.3.3 Bahareque	16
5.3.4 Bloque de tierra comprimida	17
5.4 Normativas para la Construcción	18
5.5 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)	19
6. METODOLOGIA	20
7. NORMAS Y CÓDIGOS RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA EN EL MUNDO	

8. PARÁMETROS RELEVANTES DE DISEÑO QUE SE RIGEN PARA LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA	39
	39
Normativas Aplicables a los Sistemas Constructivos	39
8.1 Normativa y Parámetros Aplicables al Adobe	44
8.2 Normativa y Parámetros Aplicables al BTC	45
8.3 Normativa y Parámetros Aplicables a la Tapia Pisada	48
8.4 Parámetros Relevantes a las Normativas	49
8.4.1 Estabilización	50
8.4.2 Selección de Suelos	51
8.4.3 Requisitos de calidad	51
8.4.4 Ensayos	53
8.4.5 Rehabilitación, Conservación y/o Mejora	55
8.4.6 Propiedades Mecánicas	56
9. COMPARACION DE LOS PARAMETROS RELEVANTES CON EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMORESISTENTE NSR10	
59	
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
11. BIBLIOGRAFÍA	67

**RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** IDENTIFICACIÓN DE NORMAS Y CÓDIGOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PARÁMETROS FRENTE A LA NSR10 COLOMBIANA

**AUTOR(ES):** CRISTIAN ORLANDO GALVIS CARDENAS DIEGO  
FERNANDO CABANZO CEPEDA

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Ing. Civil Elkin Mauricio López Morantes

**RESUMEN**

Las normativas internacionales que rigen las construcciones con tierra describen los procesos que se deben realizar al momento de implementar la tierra como material de construcción. En este trabajo de grado se realiza un análisis comparativo de las normas y/o reglamentos que rigen las construcciones con tierra. Adicionalmente se lleva a cabo un cuadro comparativo de los parámetros sustraídos de la normativa internacional con los diferentes parámetros que contiene el reglamento colombiano de construcción sismorresistente (NSR10) esto, con el finde sentar una base que sirva para futuras adaptaciones al caso colombiano. Se observó que a la fecha internacionalmente existen 51 normas que describen el proceso de las construcciones con tierra, las cuales un 54% de estas normas centran su contenido para tecnologías de construcción individualmente, como adobe, bloque de tierra comprimida (BTC) o tapia pisada, las demás es decir un 46% tienen en cuenta las construcciones con tierra en general.

**PALABRAS CLAVE:**

Normativa, Parámetros, Regulaciones, Construcciones con tierra, Sistemas constructivos con tierra.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

**GENERAL SUMMARY OF DEGREE WORK**

**TITLE:** IDENTIFICATION OF INTERNATIONAL STANDARDS AND CODES RELATED TO EARTH CONSTRUCTION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF PARAMETERS AGAINST THE COLOMBIAN NSR10

**AUTHOR (S):** CRISTIAN ORLANDO GALVIS CARDENAS  
DIEGO FERNANDO CABANZO CEPEDA

**PROGRAM:** Faculty of Civil Engineering

**DIRECTOR:** Civil Engineer Elkin Mauricio Lopez Morantes

**ABSTRACT**

The international regulations that govern constructions with earth describe the processes that must be carried out when implementing earth as a construction material. In this work of degree, a comparative analysis of the norms and / or regulations that govern the constructions with earth is carried out. Additionally, a comparative table of the parameters subtracted from international regulations is carried out with the different parameters contained in the Colombian earthquake-resistant construction regulation (NSR10), in order to establish a basis that will serve for future adaptations to the Colombian case. It was observed that to date internationally there are 51 standards that describe the process of constructions with earth, of which 54% of these standards focus their content for individual construction technologies.

**KEYWORDS:**

Regulations, Parameters, Regulations, Constructions with earth, Construction systems with earth.

**V ° B ° DIRECTOR OF DEGREE WORK**

## **INTRODUCCIÓN**

En este trabajo se realizó una recopilación de normativa internacional que exponga todo lo relacionado con las construcciones con tierra, para llevar a cabo, un análisis comparativo de las diferentes normas y/o reglamentos que rigen las construcciones con tierra internacionalmente, ya que el estudio e implementación de estas normativas es escaso y en algunas ocasiones nulo. Ante este criterio se planteó identificar los parámetros relevantes en cada una de estas normas para posteriormente relacionar estos parámetros con los encontrados en el reglamento colombiano de construcción sismorresistente (NSR10), con el fin de desarrollar un análisis que conlleve a generar un avance normativo colombiano, con respecto, a diferentes países con la clara intención de tender al mejoramiento constante de las normativas que asegure el éxito de las construcciones con tierra.

# 1. OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo General

Elaborar un análisis comparativo sobre las normas y códigos que sean referentes a las construcciones con tierra internacionalmente para sentar una base que sirva para futuros trabajos dirigidos a adaptarlos al caso colombiano.

## 2.2 Objetivos específicos

- Identificar normas y códigos relacionados con la construcción con tierra elaborados o implementados internacionalmente.
- Reconocer los parámetros relevantes de diseño que sustentan la norma o código que se rige para las construcciones con tierra, en donde se tienen implementados para así, llevar a cabo un listado y clasificación de los parámetros de diseño con el fin de tener una amplia base de comparación con respecto a la norma colombiana.
- Realizar una comparación con los parámetros de diseño relevantes en la NSR10 para realizar una conclusión que nos facilite futuros trabajos, dirigidos a una posible adaptación de las normas y códigos identificados al caso colombiano.

## 2. DELIMITACION DEL PROBLEMA

En el presente trabajo de grado se estudiarán las diferentes normas y códigos relacionados con las construcciones con tierra internacionalmente. La información se obtendrá de diferentes bases de datos todas referenciadas en el presente documento.

El hecho de que las construcciones con tierra no hagan parte de la norma NSR10 colombiana, hace que no se genere interés y también genera una enorme dificultad para que se desarrolle la construcción con tierra en todos sus campos de acción. Al no existir un marco normativo los sistemas constructivos relacionados con tierra no se enseñan en las universidades, por lo tanto, no hay profesionales capacitados o que conozcan del tema. Debido a esto, no hay demanda, y si todo el sistema anteriormente mencionado no existe, tampoco se generará una política que nos conduzca a crear un marco normativo para las construcciones con tierra.

A continuación, se muestran los diferentes campos de acción vigentes que justifican su normalización.

1. **Construcción de bajo impacto ambiental**, considerando aspectos importantes como: la producción del material, el procesamiento del material durante la construcción y el comportamiento de la edificación durante su vida útil y después de ella. De lo anteriormente mencionado se hace visible la gran brecha ambiental que existe comparando los tipos de construcciones más comunes con la construcción en tierra.
2. **Preservación del patrimonio cultural**, en Colombia y en la mayor parte del mundo el patrimonio cultural declarado por la UNESCO se encuentra construido en tierra, de lo

cual parte la necesidad de presévalos de una manera adecuada por parte de profesionales competentes en el tema.

3. **Vivienda de bajo costo**, existen contextos donde los materiales industriales no han sido la respuesta a las necesidades habitacionales. En las zonas rurales, en las poblaciones apartadas de los centros de producción y venta de materiales industriales, la tierra como material representa una opción viable, de fácil apropiación y económica para la generación de vivienda digna.
4. **Arquitectura de bienestar**, una tendencia mundial está expandiendo más, la vivienda al concepto de hábitat sostenible, al hábitat saludable y al bienestar. La construcción con tierra representa una coherencia hacia un tipo de vida simple en el que el individuo se reconoce como parte de un ecosistema y no como un manipulador - explotador de ese ecosistema.

### 3. ANTECEDENTES

En diferentes países en los últimos años se han analizado diferentes investigaciones relacionadas con el objetivo de la investigación, así como también el establecimiento de normas y códigos aplicables para los sistemas constructivos con tierra. A continuación, se citan datos bibliográficos encontrados después de una amplia investigación en diferentes tipos de bases de datos incluyendo normativas, artículos y trabajos de grado. En la **Tabla 1** se especifica el título del documento, un breve resumen introductorio, su autor y el tipo de documento.

**Tabla 1.** Antecedentes Investigativos

<b>Título</b>	<b>Resumen</b>	<b>Autor</b>	<b>Tipo de documento</b>
Bloques de suelo cemento para muros y divisiones (NTC 5324).	Define las características que se deben cumplir a rigor para la realización eficaz de los bloques de suelo cemento para los muros y divisiones.	Norma experimental francesa XP P13-901, 2001(24) de AFNOR sobre BTC.	Normativo.
Estructuras, intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda, requisitos del proyecto estructural.	Los requerimientos mínimos que se deben tener en cuenta al momento de elaborar un proyecto estructural de las diferentes construcciones de tierra que tengan un valor patrimonial.	Instituto nacional de normalización (Chile).	Normativo.

<p>Sistema de Bloque de Tierra Comprimida frente a la normatividad mexicana.</p>	<p>Para la elaboración este trabajo de investigación, se realizó previamente un análisis de las diferentes normas que existen en varios países con el propósito de determinar qué tan completa y legal era la ley, lo cual se hizo mediante ensayos en laboratorios que pudieran determinar las características estructurales del sistema constructivo y ambiental.</p>	<p>Eiled Paola Albarrán Franco</p>	<p>Trabajo de grado para maestría en Proyectos y Edificaciones Sustentables.</p>
<p>Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y</p>	<p>Documento elaborado para profesionales de obras civiles y carreras afines los cuales deseen más en los sistemas de edificaciones de tierra cruda.</p>	<p>Documento preparado por el comité AIS 600.</p>	<p>Normativo.</p>
<p>Maps, actors &amp; local policies around earth buildings in auvergne rhône-alpes</p>	<p>El artículo presenta y analiza las actividades desarrolladas durante la primera parte del proyecto de investigación en curso, que tuvo como objetivo un mejor conocimiento del patrimonio arquitectónico de tierra apisonada en la región de Auvernia-Ródano-Alpes.</p>	<p>Por G. Paccoud, M. Chamodot, L. Génis, F. Gutiérrez, E. Mille, B. Rakotomamonjy, J. Avons-Bariot, D. Studer</p>	<p>Artículo de Investigación.</p>

<p>Recommendations for the construction with adobe brick based on Norm NTE E.080:2000 from Peru and the technique currently used in the State of Bahia - Brazil</p>	<p>Presenta recomendaciones de edificación que utilizan adobe, basadas en la Norma NTE E.080: 2000 - Adobe de Perú y en base a las técnicas de construcción que adoptan los constructores que utilizan este material en el Estado de Bahía – Brasil.</p>	<p>José Aguiar, Aires Camões, Raul Fanguero, Rute Eires, Sandra Cunha and Mohammad Kheradmand</p>	<p>Artículo de Investigación.</p>
<p>Edificación con tierra cruda, de AENOR.</p>	<p>En el año 2008 se estableció la primera norma europea no experimental para bloques de tierra comprimida.</p>	<p>Creada por el subcomité AEN/CTN 41 SC 10, (España).</p>	<p>Normativo.</p>
<p>Norma técnica ASTM E2392 M-10 (22).</p>	<p>La organización internacional American Society for Testing and Materials desarrollo la esta norma aprobada en enero del 2010</p>	<p>“American Society for Testing and Materials” Norma técnica ASTM E2392 M-10 (EE. UU.).</p>	<p>Normativo.</p>
<p>Norma experimental XP P13-901, 2001(24).</p>	<p>Es un documento temporal de fácil acceso, el cual se desarrolló por el organismo nacional AFNOR cuyo fin era poder obtener la experiencia en su práctica.</p>	<p>Norma experimental XP P13-901, 2001 de AFNOR sobre BTC (Francia).</p>	<p>Normativo.</p>

<p>Norma peruana NTE E 080 del 2000.</p>	<p>Esta norma aún no se ha dado por terminada ya que está en la segunda fase pre- revisión para su adecuada aprobación.</p>	<p>Las normas NTP Emitidas por el sistema peruano de Normalización INDECOPI (Perú).</p>	<p>Normativo.</p>
<p>Normas IS 2110</p>	<p>Las entidades reguladoras de la india fue el encargado de dar a conocer las normas anteriormente mencionadas.</p>	<p>BIS (Bureau of Indian Standars) Normas IS 2110 revisadas en mayo del 2007, las normas IS 1725 y la norma IS 13827 (India).</p>	<p>Normativo.</p>
<p>Estado del arte de la normatividad a regir en las construcciones de edificaciones en tierra armada y su aplicabilidad en la zona andina del departamento de Santander</p>	<p>Los resultados de las normas sísmicas globales y los ensayos de laboratorio existentes y necesarias utilizadas en la construcción de tapia pisada se recopilaron como soporte técnico a esta arquitectura Vernácular en Santander, Colombia.</p>	<p>Cristian Gil y Sergio Gil (Gil &amp; Gil, 2018)</p>	<p>Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.</p>

Fuente: Elaboración Propia

## **5. MARCO TEORICO**

Para el caso colombiano, las técnicas de construcción con tierra se han utilizado en su mayoría para la construcción de viviendas. En la mitad del siglo XX se crean las facultades de arquitectura e ingeniería cuyo enfoque responde más a la construcción con materiales estandarizados e industriales que procuran responder de manera efectiva a la demanda de vivienda en las ciudades que estaban creciendo (Abonando Franco, 2018, p. 13). Los métodos de construcción con tierra no responden a esta lógica. La construcción con tierra desde la colonia hasta nuestros días responde a la apropiación de los materiales del entorno.

A lo largo del tiempo y a medida que avanzó la tecnología se empezó a implementar la explotación de los recursos naturales, uso desmedido de energía para la producción de los materiales de construcción, la industrialización fue la encargada de crear nuevas estrategias para la producción de estos materiales pero, a medida que el tiempo paso el daño de la naturaleza por este tipo de producciones fue creciendo y siendo notable, razón por la cual estas técnicas han venido cambiando y en muchas regiones han optado por volver a la versión contemporánea e industrializada (Ramírez Hernández, 2014, p. 2).

### **5.1 La tierra como material de construcción.**

Ya que el suelo se adapta correctamente a las condiciones climáticas y que este resulta siendo un material reciclable su uso se ha incrementado como material de construcción debido a los altos beneficios que se pueden obtener combinándolo con los demás materiales a usar en la construcción.

El suelo de construcción correcto es un suelo con un contenido reducido de materiales orgánicos y arcilla expansiva, porque a medida que el agua penetra y se seca, la arcilla cambia de calidad y no se puede restaurar. En cuanto a la composición granulométrica de la tierra, contiene arena, limo y arcilla, y en su composición general contiene agua y aire. Debido a la composición, se puede usar porque se puede estabilizar de una manera adecuada para mejorar en consideración del rango de cohesión. Según el sistema de construcción a utilizar, el tipo de arcilla a utilizar se determina teniendo en cuenta la suficiente humedad de compactación. (Barrera & Buitrago, 2014, p.25).

### **5.1.1 Ventajas y Desventajas**

- Ajustar la temperatura del edificio con el fin de ahorrar energía en el edificio y disminuir la contaminación ambiental.
- Implementar el uso de materiales que puedan tener un segundo uso y así mismo que la construcción sea mucho más rápida.
- Contracción, agrietamiento y permeabilidad al secar.

### **5.1.2 Propiedades de la tierra como material de construcción**

#### **5.1.2.1 Componentes**

La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena y, a veces, su contenido incluye agregados más grandes llamados grava. En ingeniería, sus partículas dependen del diámetro:

- Arcillas: partículas con diámetros menores a 0,002 mm
- Arenas: entre 0,06 y 2 mm
- Limos: entre 0,002 y 0,06 mm.

- Gravas: Partículas mayores a 2 mm

Para mezclar las partículas de suelo más grandes, la arcilla actúa como un aglutinante natural. Los rellenos de la tierra están compuestos de limo, arena y otros agregados. Según las ventajas de cualquiera de estos tres componentes, el suelo puede denominarse suelo arcilloso, limoso o arenoso (Alvarado, 2015, p.5).

### **5.1.2.2 Distribución granulométrica**

La relación de tamaño de partículas de la tierra está representada por una curva de tamaño de partículas, que muestra los resultados obtenidos al probar el tamaño de cada una de las partículas que forman la tierra en el laboratorio al estudiar la distribución de la tierra. Para el análisis del tamaño de partícula, se utilizan dos procedimientos combinados, donde las partículas más grandes se separan mediante un tamiz con aberturas de malla estándar, y luego se pesa la cantidad retenida en cada tamiz. En cuanto a las partículas más pequeñas, se separan mediante presión hidráulica (Alvarado, 2015, p.5).

### **5.1.2.3 Agua**

La humedad se utiliza para activar la adherencia del material del piso. Para agregarle humedad a la mezcla además de usar agua libre, también se deben usar tres tipos diferentes de agua en el material: i) Agua cristalina que forma la estructura del material, unida químicamente, solo de 400 a Prueba 900 ° C: ii) Agua absorbida: Se combina eléctricamente con minerales arcillosos y se separa del material cuando se calienta a 100 ° C, y finalmente iii) Agua capilar: Ingresa a los siguientes materiales: poros y poros. (Alvarado, 2015, p.6).

#### **5.1.2.4 Porosidad**

El volumen de todos los poros del suelo determina la porosidad. El tamaño del agujero es aún más importante que el volumen. Cuando la porosidad es igualmente mayor o mayor, cuanto más sea la difusión del vapor, más fuerte es la resistencia al congelamiento-descongelamiento del material (Alvarado, 2015, p.6).

#### **5.1.2.5 Superficie específica**

Alvarado (2015) determinó que la superficie específica del suelo es la suma de todas las superficies de la partícula. Cuanto mucho más sea la superficie específica de la arcilla, la solides de unión interna también será importante en términos de resistencia a la compresión, tensión del material y capacidad de unión. (Alvarado, 2015, p.7).

#### **5.1.2.6 Densidad**

La relación de masa seca a volumen define la densidad del material, incluyendo los poros. La densidad del suelo recién excavado es de 1.200 a 1.500 Kg / m<sup>3</sup>. Cuando se utilizan técnicas como paredes de rodadura o bloques de tierra para compactar el suelo, la densidad del suelo varía entre 1.700 a 2.200 Kg / m<sup>3</sup>, y esta variación aumentará si la mezcla tiene una gran cantidad de agregado grueso (Alvarado, 2015, p.7).

#### **5.1.2.7 Compactibilidad**

La capacidad de compactación se denomina la capacidad de la tierra para comprimir su volumen mediante presión estática o compresión dinámica. Si desea obtener el mayor grado de compactación, el suelo en su contenido debe contener la cantidad óptima de agua, lo que le dará al material la mayor densidad (Alvarado, 2015, p.7).

## 5.2 Mejoras en el Material Tierra

Con el fin de mejorar este material, se pueden utilizar diferentes agregados para la estabilización, estos agregados se pueden dividir en:

- **Proceso de homogeneización:** Estos procesos implican combinar los materiales ausentes, que se sujetan de la naturaleza de la tierra, si la viscosidad no es demasiado fuerte se agrega arcilla y si la viscosidad es muy fuerte se agrega arena. Estos materiales deben agregarse secos y deben ser similares a los materiales estables.
- **Proceso heterogéneo:** El proceso heterogéneo se divide en tres tipos: i) **Consolidación:** Estos estabilizadores se mezclan con limo y arena para preservarlos unidos; ii) **Fibra:** Al agregar fibras se puede controlar el proceso de coagulación Comportamiento de expansión y contracción. iii) **Impermeable:** Tiene la función de sellar la abundancia de agua por capilaridad y / o agua de lluvia (Arteaga, Medina, & Gutiérrez, 2011).

## 5.3 Construcciones en tierra:

Este tipo de construcción en la historia del mundo ha tenido mucha importancia ya que se ha usado para construir grandes obras en los diferentes países y una tercera parte de la población mundial vive en viviendas de tierra (Burgos, 2020). Nuestros antepasados se dieron cuenta que la tierra podría ser un material idóneo con el cual podían construir las viviendas, porque se convertía en un material de construcción económico, auto construible y fácil de conseguir, el hecho de que no se necesitaba energía para su uso de producción y que podían sacar de su uso ventajas como que eran resistentes y cambiantes de acuerdo con el tiempo llamó mucho más su atención (Rivera Bolaños, 2007, págs. 354-363).

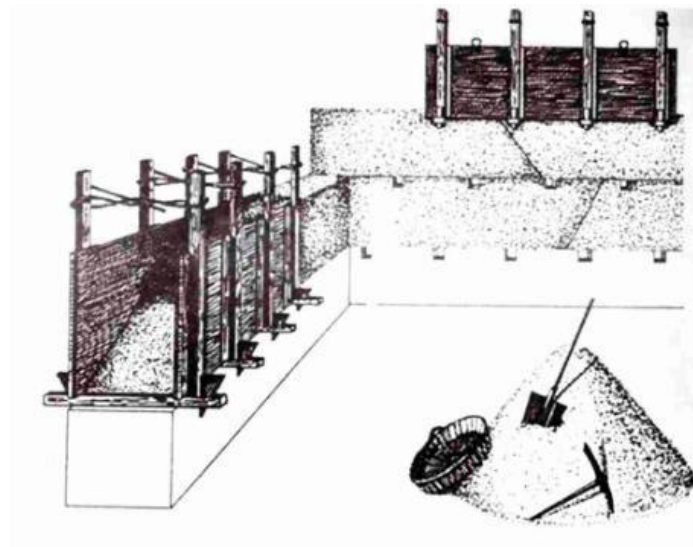
En Colombia se han implementado tres sistemas constructivos desde la colonia: tapia pisada, adobe y bahareque.

### 5.3.1 Tapia pisada

Es el tipo de construcción en el que los muros se compactan a golpes con un pisón con la tierra arcillosa en un encofrado de madera se llamó en Iberoamérica tapia y tapial en España.

La tapia pisada se origina en Mesopotamia, luego para al norte de África, y de ahí a España, gracias a los 8 siglos de ocupación mora. La tapia pisada cruzó el Atlántico en los barcos de los conquistadores, al igual que el Adobe. Juntos, adobe y tapia pisada se encontraron con la técnica indígena del bahareque (Millán Millán, 2015).

Tapia Pisada es un sistema constructivo mediante el cual se pueden construir edificaciones en el suelo sin utilizar madera u otros materiales como soporte. El método radica en apisonar el suelo preparado capa por capa de espesor normal de un muro de piedra entre dos tablas. Después de apisonar de esta manera, el suelo se adherirá, permanecerá denso y formará una masa uniforme, que puede elevarse a la altura requerida por la casa o edificio. El procedimiento implica compactar el suelo húmedo dentro de encofrados deslizantes. Esto forma las paredes del edificio, ver proceso en la Figura 1.



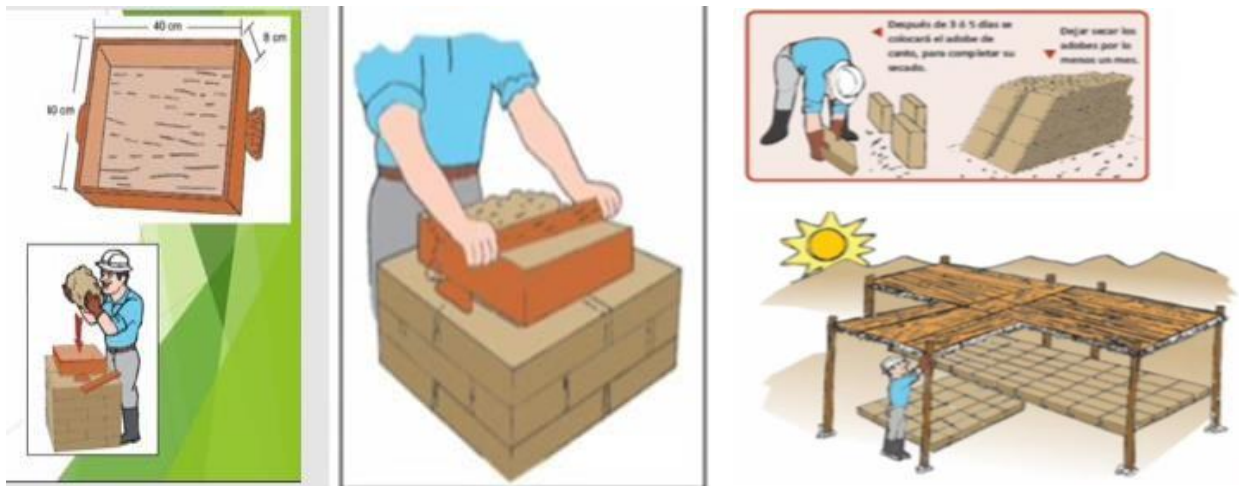
**Figura 1.** Proceso para la Elaboración de Muros de Tapia Pisada  
Fuente: Tomado de “Construcción de muros en tapia y bahareque”, SENA, (2010)

### 5.3.2 Adobe

Es una pieza de construcción elaborada con barro la cual queda en forma de ladrillo y se seca con el rayo de sol, convirtiéndose en un material de construcción de poco costo y de los materiales de construcción más viejo de la historia que aún está en uso. Se puede conseguir fácilmente ya que es producido por comunidades locales, en todo el mundo han implementado este material para las diferentes construcciones las cuales son autoconstruidas debido a su técnica constructiva (Sevillano & Elena, 2017).

El adobe necesita contenido adecuado de arena gruesa, que proporciona porosidad y una resistencia a la compresión. Debido a la abundante agua utilizada durante el amasado, un porcentaje de las fibras naturales se suma a la mezcla, generalmente la paja, para reducir la retracción y evitar la aparición de fisuras (Medina, Vargas, Bustos, & Zúñiga, 2013), en la

**Figura 2** se observa el proceso de fabricación de estos.



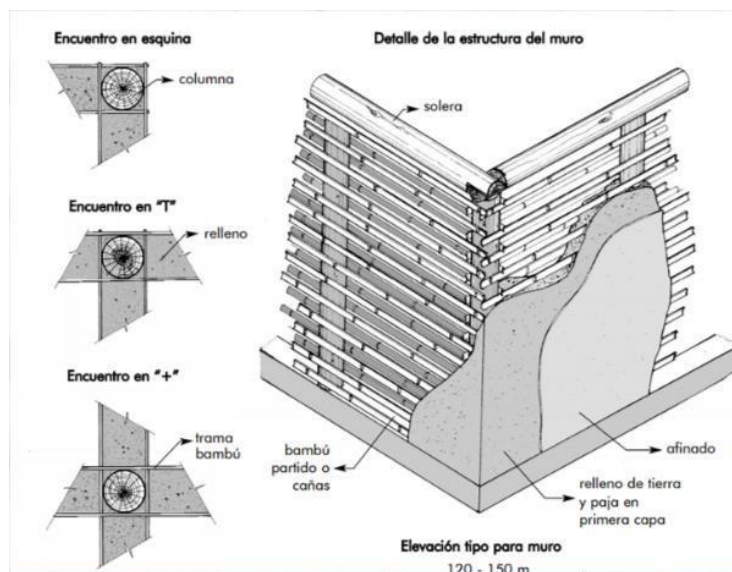
**Figura 2.** Proceso de Fabricación de Adobes

Fuente: Tomado de “Sistemas Constructivos Tradicionales”, Medina, Vargas, Bustos, & Zúñiga,

### 5.3.3 Bahareque

Esta técnica precolombina, fue utilizada por los indígenas antes del arribo de los españoles a América, se encuentra con la tapia pisada y el adobe traídos por éstos. Desde la conformación de las primeras poblaciones en la colonia, la tapia pisada y el adobe fue utilizada por las familias prestantes mientras que el bahareque quedó relegado a los lugares más bajos de la escala social. Es de destacar que como sistema constructivo se trata de una tecnología constructiva sismo resistente. A mediados del siglo XIX en bastantes poblaciones de Sudamérica esta construcción tenía un gran auge, gracias a la resistencia que aportaba, a la rapidez y bajos costos en su fabricación (Robledo Castillo, 1993, p. 90).

El Bahareque es una de las técnicas de construcción en tierra en las que se intervienen a parte de la tierra elementos que trabajan en conjunto como es la madera, la caña y la guadua, gracias a esto se denomina una técnica mixta en este tipo de construcciones. Este sistema se basa en el conjunto de elementos los cuales se colocan entre tejidas y después se hace un recubrimiento en tierra (Cid, 2011).



**Figura 3.** Técnica Constructiva Bahareque

Fuente: Tomado de “Bahareque, una técnica constructiva sismorresistente en Colombia”, Rivera, (2018)

Basados en la tipología de los antepasados, la mayoría de las casas construidas en el estilo Bahareque hoy en día utilizan diferentes métodos de aplicación de materiales, como se muestra en la Figura 3 (Rivera, 2018):

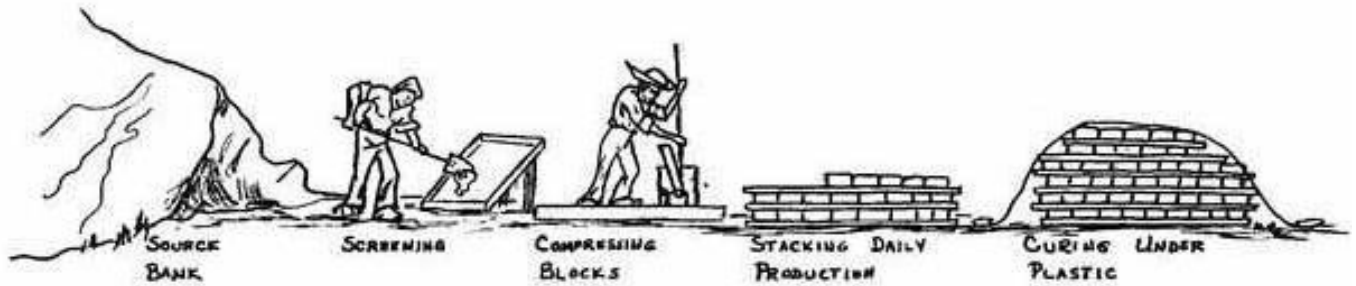
- Cubierta: Está compuesta por tejas (cocidas, cerámicas o zinc) u otros componentes como guadua.
- Muro: En Guadua, puede ser lata de Guadua y suelo empotrado, o puede ser barro pardo, pañetado, mezclado con barro amarillo, arena, cagajon o mortero. En la actualidad también se utilizan ladrillos o bloques estructurales, y en algunas edificaciones se suele utilizar cercas de caña tejida para generar marcos o celosías.

#### **5.3.4 Bloque de tierra comprimida**

También conocido como el BTC son bloques de construcción uniformes y crudos de tierra de arcilla comprimida, muchas veces el ladrillo convencional es reemplazado por el BTC las construcciones elaboradas con este tipo de ladrillo regulan la humedad y acumulan el calor. Es importante resaltar que tanto su elaboración como el uso de los BTC es totalmente sostenible el gasto de energía en su producción es del 1% de la que se usa para elaborar un ladrillo convencional, las emisiones de CO<sub>2</sub> son mínimas, este tipo de ladrillo no lanzan gases ni sustancias peligrosas a la atmósfera. Se deben usar para construcción en un terreno de buena calidad (Mompo García, 2015).

La tecnología estable de bloques de tierra comprimida proporciona un sistema de mampostería económico y ecológico. Estas piezas se fabrican con máquinas manuales que compactan el suelo para obtener mampostería densa de igual tamaño. Luego se colocan los ladrillos al sol para que se sequen sin necesidad de fuego, ver proceso de fabricación en la Figura 4. Algunos ladrillos BTC son del tipo machihembrado, un mortero que puede ahorrar agarre.

Construir casas con BTC es una buena forma de conseguir aislamiento, además son baratas, no están cocidas y no significa mayores costos de transporte.



**Figura 4.** Proceso de Fabricación de BTC  
Fuente: Tomado de “Construir una casa con BTC”.

#### 5.4 Normativas para la Construcción

Los reglamentos o normas de construcción son documentos legales que protegen a la sociedad de fallas o mal desarrollo de las edificaciones. El grado de protección que se puede lograr no es total, pero debe ser óptimo en el sentido de que sea consistente con las posibles consecuencias de fallas y mayores costos de seguridad. Los reglamentos suelen ser formulados por comités compuestos por grupos de expertos en el campo y revisados por el personal y las instituciones pertinentes, así como por las autoridades competentes (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2020).

Para desarrollar una construcción, es necesario conocer las diferentes normas que se deben considerar. En 2015, el gobierno de Colombia promulgó muchas leyes y regulaciones para unificar diferentes aspectos en una sola norma.

## 6. METODOLOGIA

Para el desarrollo de este trabajo de grado se llevará a cabo una metodología cualitativa e investigativa.

**FASE I:** Clasificación y recopilación de la información a estudiar, normas y códigos relacionados con la construcción con tierra internacionalmente, extraídos principalmente de bases de datos y normativas vigentes que se rigen para cada país.

**FASE II:** Identificación de los parámetros relevantes de diseño en cada país, enfocándose principalmente en los parámetros compatibles con el caso de estudio.

**FASE III:** Comparación de los parámetros relevantes en la NSR10 con respecto a los demás países mediante un gráfico que evidencie parámetros puntuales para, realizar una conclusión que nos conduzca a sentar un precedente que sirva de base para una posible adaptación de estas normas al caso colombiano.

Con este trabajo de grado se quiere llegar a tener un análisis comparativo de las normas y códigos que se rigen en cada país con respecto al tema de la construcción en tierra, para que se pueda realizar una conclusión que sirva de base para futuros trabajos dirigidos a adaptaciones al caso colombiano.

Cabe resaltar que el fin primordial del presente trabajo de grado es realizar una comparación pertinente que permita inferir el avance normativo colombiano, con respecto, a países desarrollados y subdesarrollados con la firme intención de propender al mejoramiento constante que garantice el éxito anteriormente expuesto de las construcciones con tierra.

## **7. NORMAS Y CÓDIGOS RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA EN EL MUNDO**

El utilizar tierra como material constructivo ha sido una técnica desarrollada en diversidad de países, ha sido muy popular y cuenta con una gran historia. Entre los principales exponentes de construcciones derivadas de la tierra encontramos África, Oceanía, China y Europa, las cuales cuentan con normativas vigentes las cuales permiten la construcción de viviendas nuevas o la rehabilitación de estructuras fabricadas con este material o similar (Mesa Sánchez & León Becerra, 2018). En la parte de Sur América encontramos a Colombia y Perú como los países andinos que también han desarrollados normativas en pro de las construcciones tradicionales, así como Brasil y Chile.

De acuerdo a la documentación analizada sobre las normas y regulaciones para la construcción con tierra se hace necesario mencionar los tres principales tipos o sistemas de construcción con tierra ya que estos son los más estudiados y los que posiblemente tendrán una normatización oficial los cuales son;

1. Bloque de tierra comprimida (**BTC**)
2. Tapia pisada
3. Adobe

En el transcurso de búsqueda e investigación de normas y regulaciones internacionales conforme a las construcciones con tierra, se encuentran **51** documentos vigentes. En La **Tabla 2** se enumera las normas o regulaciones encontradas, que indican: Norma y/o reglamento, país / región, año de emisión, Organismo emisor; si el documento se refiere únicamente a suelos estabilizados (EST), y considera alguna de las tres principales técnicas o sistemas constructivos objeto de la investigación: adobe, tapia pisada o bloque de tierra comprimido (BTC).

**Tabla 2.** Normas y Reglamentos aplicados para Construcción con Tierra

Norma	País	Año	Organización	Est.	Sistema constructivo			Generalidades
					Adobe	BTC	Tapia	
NZS 4299: (Standards New Zealand)	Nueva Zelanda	2020	SNZ		X	X	X	Instaura condiciones de construcción para edificios con paredes de tierra que no conllevan un diseño de ingeniería específico. Facilitar un recurso principal para las entidades encargadas de la construcción que determinan el debido proceso del Código de Construcción de Nueva Zelanda (NZBC) y brinda guía a diseñadores, constructores, propietarios-constructores y demás personas involucradas en la construcción de edificios exitosos con paredes de tierra en Nueva Zelanda (Standards New Zealand, 2020b).
NZS 4298 (Standards New Zealand)		2020	SNZ		X	X	X	Materiales y construcción para edificios de tierra. Los materiales de tierra se transforman mínimamente, tienen poca toxicidad y están disponibles localmente. Esto fomentará y permitirá la absorción de materiales de tierra locales con muy poca energía incorporada dentro de una industria de la construcción descarbonizada (Standards New Zealand, 2020a).
NZS 4297 (Standards New Zealand)		2020	SNZ		X	X	X	Diseño de ingeniería de edificios de tierra. Es el que suministra el diseño estructural y de durabilidad que tendrán estos edificios construidos con muros de tierra sin cocer. El alcance se limita a adobe, ladrillo prensado, tierra

							colada y tierra apisonada y que contienen arcilla y limo y que dependen de las partículas de arcilla y limo presentes para lograr un desempeño satisfactorio con o sin estabilización química. Dichos materiales deberán cumplir con NZS 4298 (Standard New Zealand, 2020).	
ASTM E2392 M-10 (American Society for Testing and Materials: Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems)	USA	2016	ASTM		X	X	X	Guía estándar para el diseño de sistemas de construcción de muros de tierra. Proporciona una guía para los sistemas de construcción de tierra, y aborda tanto los requisitos técnicos como las consideraciones para el desarrollo sostenible. Los sistemas de construcción de tierra incluyen adobe, tierra apisonada, tierra fundida y otras tecnologías de construcción de tierra utilizadas como sistemas de muros estructurales y no estructurales (ASTM, 2016).
NMAC 1474 (The New Mexico Administrative Code: 2015 NEW MEXICO EARTHEN BUILDING MATERIALS CODE)		2015	División de Industrias de la Construcción del Departamento de Regulación y Licencias.		X	X	X	El reglamento de materiales de construcción de la tierra de nuevo México. El propósito de esta norma es establecer estándares mínimos para la construcción de materiales de construcción de tierra (2015).
SADC ZW HS 983 (Southern African Development	Zimbabue	2014	Organización Africana de Normalización				X	Estructuras de tierra apisonada - Código de prácticas. Este código de prácticas brinda orientación sobre el diseño, la construcción y los métodos de prueba para estructuras de tierra

Community Cooperation: Rammed earth structures – Code of practice)								apisonada (ARSO, 2014).
HB 195 (THE AUSTRALIAN EARTH BUILDING HANDBOOK)	Australia	2002	Estándares Australia		X	X	X	El manual australiano de construcción de tierra. Establece principios de buenas prácticas aceptadas y pautas de diseño recomendadas para edificios con cargas ligeras construidos con paredes y pisos de tierra sin hornear. Las disposiciones establecidas en este manual están destinadas principalmente, pero no exclusivamente, a la construcción de muros de tierra de una o dos plantas (Walker & Standards Australia, 2002).
NTE E.30 (Norma Técnica de Edificación: Diseño Sismo resistente)	Perú	2003	SENCICO		X	X	X	Diseño Sismo resistente., Especifica las condiciones mínimas para que las construcciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico relacionado con los principios de cada sistema (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2003).
NTE E.80 (Norma Técnica de Edificación: Diseño y construcción con tierra reforzada)	Perú	2017	SENCICO		X			Diseño y construcción con tierra reforzada. El objetivo de esta norma es inspirarse en el crecimiento de la cultura de advertencia de desastres y la indagación de soluciones económicas, seguras, duraderas, cómodas y muy fáciles de promover, para diseñar, construir, reparar y reforzar edificios de tierra (2017).

Documento Básico SE Seguridad Estructural, Código Técnico de la Edificación		2019	Ministerio de Fomento		X	X	X	Instaurar normas y tratamientos que permitan realizar los requerimientos básicos de seguridad estructural. Se basa en cumplir con que el edificio tenga un comportamiento estructural adecuado con relación a las acciones previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto (Ministerio de Fomento, 2019).
NCSE-02 (Normas de Construcción Sismo resistente: Parte General y Edificación (NCSE-02))	España	2009	Ministerio de Fomento		X	X	X	Norma de Construcción Sismorresistente. Suministrar la perspectiva que han de guiarse dentro del territorio español para la atención de la acción sísmica en el proyecto, construcción, renovación y preservación de edificaciones (Ministerio de Fomento, 2009).
UNE 41410:2008 (Normalización Española: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.)		2008	UNE Normalización Española			X		Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. La definición de los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado en diferentes tipos de fábricas, por ejemplo, frentes vistas y revestidas, estructuras de carga y no portantes, muros y particiones interiores (AENOR, 2008).
AFNOR - XP P13-901 (Asociación Francesa de Normalización (AFNOR))	Francia	2001	AFNOR			X		Bloques de tierra comprimida para paredes y tabiques y consigo especifica las respectivas definiciones con sus Especificaciones, establece los procedimientos de prueba y las condiciones de Aprobación de entrega. Esta norma se

							aplica a los bloques de tierra comprimida, fabricados en un taller y llevados a la construcción de muros y tabiques de edificios, sean visibles o no. Esta norma solo se lleva a cabo a los bloques destinados a su uso en estructuras no sujetas a tensiones de congelación-descongelación. Esta norma no se aplica a los bloques obtenidos por extrusión, así como a los productos aglomerados donde el aglomerante hidráulico juega un papel fundamental para asegurar la cohesión en seco (AFNOR, 2001).	
Euro código 8, NP EN 1998-1 2018 (euro código 8 – Proyecto de estructuras para resistências aos sismos Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edificios)	Portugal	2018	LNEC		X	X	X	Diseño de estructuras para resistencia sísmica. Esta Norma se lleva a cabo en el diseño de edificios y otras obras de ingeniería civil en zonas sísmicas. Está dividido en 10 secciones, algunas de las cuales están específicamente dedicadas al diseño de edificios (CEN, 2010).
WWT/T0039: 2012 (Norma de la industria de protección de reliquias culturales de la República Popular	China	2012	Administración Estatal del Patrimonio Cultural de la República Popular China		X	X	X	Especificaciones técnicas de prueba para la preservación de sitios de tierra. Esta norma especifica el contenido, los procedimientos y los métodos de las pruebas relacionadas para la protección de las reliquias de tierra. Esta norma es aplicable a las pruebas del suelo en sí, la tecnología de refuerzo y la

China WW / T)							evaluación de efectos en las pruebas relacionadas de protección de sitios de tierra (2012).	
WWT/T0038: 2012 (Norma de la industria de protección de reliquias culturales de la República Popular China WW / T)		2012	Administración Estatal del Patrimonio Cultural de la República Popular China		X	X	X	Especificación de diseño para la ingeniería de preservación y refuerzo de sitios de tierra árida. Esta norma especifica los términos, definiciones, regulaciones básicas y la tecnología de refuerzo del cuerpo principal y el portador para el diseño de ingeniería de refuerzo y protección de sitios de suelo árido. Esta norma es aplicable al diseño de proyectos de protección y refuerzo para sitios de suelo (Administración Estatal del Patrimonio Cultural de la República Popular China, 2012a).
TSE - TS 2515 (TÜRK STANDARDI)	Turquía	1985	TSE		X			Edificios y métodos de construcción de Adobe. Esta norma trata sobre las reglas a seguir en el diseño y construcción de edificios construidos con bloques de adobe (TSE, 1985).
NCH 3332	Chile	2014	Comisión de Construcción Patrimonial		X	X	X	Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda. Decreta las condiciones mínimas que debe ejecutaren un proyecto o construcción estructural para la intervención, renovación, reforzamiento, restauración, rehabilitación o consolidación estructural de las construcciones de tierra con valor patrimonial (Comisión de Construcción Patrimonial, 2014).
NEC-SE-VIVIENDA (Norma	Ecuador	2014	NEC		X	X	X	Normas ecuatorianas de la construcción (NEC). Establece condiciones mínimas para la investigación,

Ecuatoriana de la Construcción (NEC): VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m)							diseño y construcción de viviendas sismo resistentes de hasta 2 pisos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).
NBR 10833: 2012 versión corregida: 2013 (Normas Brasileñas)	Brasil	2013	ABNT Asociación Brasileña de Normas Técnicas	X		X	Esta Norma da condiciones para la fabricación de ladrillos y bloques de suelo-cemento en una prensa manual o hidráulica.
NBR 8491: 2012 (Normas Brasileñas)		2012	ABNT	X		X	Ladrillo de suelo y cemento Requisitos. Establece los requisitos para recibir ladrillos de suelo-cemento. Esta Norma se debe aplicar a los ladrillos de suelo-cemento destinados a la ejecución de mampostería sin función estructural en obras de construcción civil.
NBR 8492: 2012 (Normas Brasileñas)		2012	ABNT	X		X	Ladrillo suelo cemento Análisis dimensional, definición de la resistencia a la compresión y absorción que el agua debe tener, método de ensayo. Establece el método de análisis dimensional, determinación de la resistencia a la compresión y absorción de agua en ladrillos suelo-cemento para mampostería sin función estructural.
NBR 10834: 2012 versión corregida: 2013		2013	ABNT	X		X	Bloque de suelo-cemento sin función estructural – Requisitos. Esta Norma da condiciones para la recepción de bloques de suelo-

(Normas Brasileras)							cemento, destinados a la ejecución de mampostería sin función estructural.
NBR 10836: 2013 (Normas Brasileras)		2013	ABNT	X		X	Bloque de suelo-cemento sin función estructural - Análisis dimensional, hallazgo de la resistencia a la compresión y absorción de agua - Método de ensayo. Esta Norma da el método de análisis dimensional, valor de la resistencia a la compresión y absorción de agua en bloques de suelo-cemento para mampostería sin ninguna función estructural.
NBR 12023: 2012 (Normas Brasileras)		2012	ABNT	X			Suelo-cemento - Ensayo de compactación. Esta Norma establece los métodos para hallar el valor de la relación con el contenido de humedad y la densidad aparente seca de mezclas de suelo y cemento, sin reutilizar el material, cuando se compacta con energía normal.
NBR 12024: 2012 (Normas Brasileras)		2012	ABNT	X			Suelo-cemento - Moldeado y curado de probetas cilíndricas – Procedimiento. Establece los métodos para dar forma y curar probetas cilíndricas de suelo-cemento. Esta Norma contiene dos procedimientos, aplicables según la granulometría del suelo: método A, para suelos con 100% de partículas con un diámetro inferior a 4,75 mm; método B, para suelos con hasta un 30% de partículas mayores de 19 mm de diámetro.
NBR 12025: 2012 (Normas		2012	ABNT	X			Suelo-cemento - Ensayo de compresión simple de muestras cilíndricas – El procedimiento de ensayo. Esta Norma establece el

Brasileras)							método de ensayo de la resistencia a la compresión simple de probetas cilíndricas de suelo-cemento. Este procedimiento se lleva a cabo tanto a la determinación en laboratorio del contenido de cemento para la estabilización del suelo como al control de calidad del suelo-cemento en la obra.
NBR 13554: 2012 (Normas Brasileras)		2012	ABNT	X			Suelo-cemento - Ensayo de durabilidad de humectación y secado - Método de ensayo. Se da el procedimiento para hallar la pérdida de masa, la variación de humedad y la variación de volumen producida por los ciclos de humectación y secado de la muestra de suelo-cemento.
NBR 13555: 2012 (Normas Brasileras)		2012	ABNT	X			Determina el método adecuado con el cual se puede analizar y elegir para la absorción del agua de probetas cilíndricas de suelo-cemento.
NBR 13553:2012 (Normas Brasileras)		2012	ABNT	X		X	Materiales suelo-cemento para muros monolíticos de suelo-cemento sin función estructural – Requisitos. Esta Norma determina las condiciones para los materiales que se utilizarán en la construcción de muros monolíticos de suelo-cemento sin función estructural.
ARS 674 (African Regional Standard)	Regional	1996	ARSO			X	Especificaciones técnicas para bloques de tierra comprimida ordinarios.
ARS 675 (African Regional Standard)	África	1996	ARSO			X	Especificaciones técnicas para el cubrimiento de bloques de tierra comprimida.

ARS 676 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Especificaciones técnicas para morteros de tierra ordinaria.
ARS 677 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Especificaciones técnicas para morteros de tierra de revestimiento.
ARS 678 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Especificaciones técnicas para mampostería ordinaria de bloques de tierra comprimida.
ARS 679 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Detalla las respectivas técnicas que se deben tener en cuenta para el revestimiento de mampostería de bloques de tierra comprimida.
ARS 680 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Código de las prácticas que se realizaran para la fabricación de bloques de tierra comprimida.
ARS 681 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Código de prácticas requeridas para la preparación de morteros de tierra.
ARS 682 (African Regional Standard)		1996	ARSO			X		Código de prácticas para el montaje de mampostería de bloques de tierra comprimida.
IS 1725 (Indian Standard: Specification for soil-based blocks used in general building construction)	India	1982	BIS			X		Esta norma cubre las condiciones y la prueba para bloques a base de suelo para uso en la construcción de edificaciones en general. Los bloques a base de suelo se producirán a partir de una mezcla de suelo adecuado y cemento Portland ordinario o una mezcla de cal y puzolanas bien mezcladas,

							preferiblemente en un mezclador mecánico (Indian Standard, 1982).	
IS 13827 Indian Standard: Improving Earthquake Resistance of Earthen Buildings – Guidelines)		1993	BIS		X	X	X	Mejora de la resistencia a los movimientos sísmicos de los edificios de tierra. Las pautas cubiertas en esta norma tratan los datos de diseño y construcción para mejorar la resistencia a los movimientos sísmicos de las casas de tierra, sin el uso de estabilizadores, como cemento, cal, asfalto, aditivos, etc. (Indian Standards, 1993).
Ley 378		2003	CEDTERRA		X	X	X	Datos para la conservación y restructuración de la arquitectura rural.
Legislatura Propuesta de Ley n. 47		2004	CEDTERRA		X	X	X	Disposiciones para la protección, recuperación y la valorización del patrimonio arquitectónico realizado con artefactos de tierra cruda y técnicas de construcción y para la promoción de nuevas producciones de construcción bioecológicas.
L.R. n. 2/2006 (Ley Regional de Piemonte, número 2 del 16 enero de 2006: Norme per la valorizzazione e e delle costruzioni in terra cruda)	Italia	2006	B.U.R. Piemonte		X	X	X	Condiciones para el mejoramiento de construcciones de tierra. Esta ley persigue la conservación y puesta en valor de las construcciones de arcilla mediante la promoción del conocimiento del patrimonio existente y el apoyo económico de intervenciones de recuperación encaminadas a asegurar las mejores condiciones de uso de las propias construcciones.
KS 1070: 1993 (Kenya	Kenia	1993	KEBS Kenya Bureau of Standards	X		X		Especificación para bloques de suelo estabilizados. Especifica los requisitos que deben tener los bloques de suelo

Standards: Specification for stabilised soil blocks)							estabilizados con cemento para uso en edificios generales (KEBS, 1993).
SLS 1382 Parte 1 (Sri Lanka Standards Institutions: Compressed stabilized earth blocks - Requirements )	Sri Lanka	2009	SLSI	X	X		Bloques de tierra estabilizada comprimida – Requisitos. Requisitos de cumplimiento y especifican materiales, tamaños y tolerancias dimensionales, niveles mínimos de rendimiento para BTC para trabajos de construcción. Cubre BTC macizo, hueco, entrelazado y liso (SLSI, 2009).
SLS 1382 Parte 2 (Sri Lanka Standards Institutions: Compressed stabilized earth blocks - Test methods)		2009	SLSI	X	X		Especifica los métodos con los que se realiza la prueba con el fin de determinar la resistencia a la compresión de los bloques, la resistencia a la flexión de los bloques, las dimensiones, la densidad seca, el volumen de las cavidades, la absorción de humedad, la durabilidad y los métodos de prueba del suelo para seleccionar el suelo adecuado como materia prima (SLSI, 2009).
SLS 1382 Parte 3 (Sri Lanka Standards Institutions: Compressed stabilized earth blocks - Guidelines on production, design and construction)		2009	SLSI	X	X		El bloque de tierra estabilizada comprimida (BTC) se ocupa de la producción, el diseño y la construcción de BTC. Esto especifica materiales, tamaños y tolerancias dimensionales, niveles mínimos de rendimiento para BTC para trabajos de construcción, etc. Cubre BTC macizo, hueco, liso y entrelazado. Una parte de la norma ofrece para el diseño estructural de mampostería BTC no reforzada (SLSI, 2009).

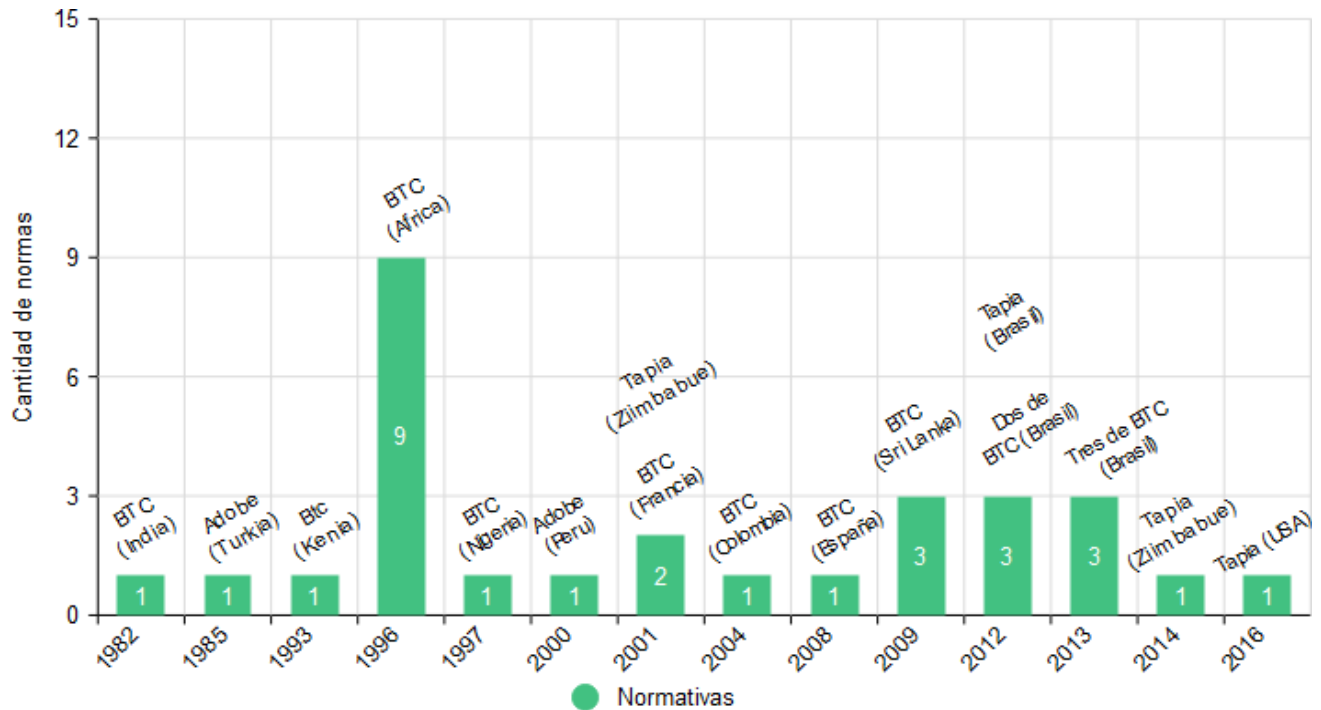
AIS-610-EP-2017 (Asociación de Ingeniería Sísmica-AIS)	Colombia	2017	AIS		X	X	valoración e intervención de Edificaciones Patrimoniales de dos pisos de Adobe y Tapia Pisada. Se dan criterios y procedimientos los cuales se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica e intervenir el sistema estructural de edificios patrimoniales de adobe y tapia pisada (AIS, 2017).
NTC 5324 Normas Técnicas Colombianas)		2004	ICONTEC	X		X	Instaura requerimientos básicos que se deben tener en cuenta a la hora de construir con bloques macizos de suelo cemento para muros y divisiones.
NIS 369 (Nigerian standards for construction materials)	Nigeria	1997	SON	X		X	Estándar para Ladrillos de tierra estabilizada.

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los documentos analizados un porcentaje de estos centra su contenido para tecnologías de construcción individualmente, como adobe, BTC o tapia pisada (**54%**). El resto de la documentación, es decir el **46%** de los documentos tienen en cuenta las construcciones con tierra en general.

A continuación, se muestra un diagrama de barras (**Grafico 1**) el cual contiene las normativas que se aplican a los sistemas constructivos con tierra individualmente, se realiza un análisis a través de los años de emisión de estas normas y se especifica qué tipo de sistema constructivo abarca.

**Gráfico 1.** Diagrama de barras sobre la actualización de normativas aplicables a un tipo de sistema constructivo con tierra específico a través del tiempo.



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta lo anterior, solo tres de las normas están relacionadas principalmente con tapia pisada:

- Zimbabwe SAZS 724 y SADC ZW HS 983 (Organización Africana de Normalización, 2001 y 2014).
- Brasil NBR 13553:2012.

Respecto al Adobe, se contemplan:

- Perú NTE E 080 de (SENCICO, 2000).
- Turquía TSE - TS 2515 (TSE, 1985).

El compilado de normas o legislaciones que conciernen a los **BTC** corresponden al **44%** del total de los documentos, entre estos documentos encontramos:

- El conjunto de normas brasileras emitidas por la ABNT (NBR 10833: 2012; NBR 8491: 2012; NBR 8492: 2012; NBR 10834: 2012; NBR 10836: 2013).
- Las de Regional África ARS (674,675,676,677,678,679,680,681, y 682) de 1996 emitidas por la ARSO.
- El estándar experimental francés XP P13-901 (AFNOR 2001).
- La norma española UNE 41410 (Normalización Española, 2008).
- India IS 1725:1982 (BIS).
- El estándar keniano KS 1070 (KEBS, 1999).
- El estándar colombiano NTC 5324 (ICONTEC 2004).
- Nigeria NIS 369: 1997 (SON).
- El conjunto de normas de Sri Lanka (SLSI: 1382-1; 1382-2 y 1382-3).

Respecto al contenido normativo de esta documentación se puede decir que los documentos que contemplan los tres métodos constructivos (**Adobe, BTC y Tapia Pisada**) en cuanto a diseño estructural, materiales, construcción, y la durabilidad de estas estructuras se encuentran las normas:

- NZS de Nueva Zelanda (SNZ 4299; SNZ 4298; SNZ 4297).

En lo que respecta a la fabricación de unidades de **BTC**, en el contenido de este grupo de normas se encuentran:

- La norma brasileña NBR 10833 (ABNT 2013).
- La norma regional africana ARS 680 (ARSO 1996).
- El estándar NMAC 1474 (División de Industrias de la Construcción del Departamento de Regulación y Licencias 2015).

- El SAZS 724 y SADC ZW HS 983 (Organización Africana de Normalización, 2001 y 2014) de Zimbabue.
- La NTE E 0.80 de Perú (SENCICO 2000).
- La ARS 682 de África (ARSO, 1996) y la HB 195 australiana (Estándares Australia 2002) especifican la construcción e implementación de las regulaciones.

En consecuencia, con las normativas antes mencionadas la **Tabla 3** hace referencia a la norma y/o reglamento vigente internacionalmente, el país y el año más actualizado las cuales especifican los lineamientos a seguir para el correcto desarrollo de cada tipo de sistema constructivo con tierra.

**Tabla 3.** Normas y reglamentos vigentes internacionalmente.

Norma y/o reglamento	País	Año
IS 1725	India	1993
TS 537, TS 2514, TS 2515	Turquía	1985
NBR 8491, NBR 8492	Brasil	1986
NBR 10832, NBR 10833	Brasil	2013
NBR 12025	Brasil	2012
NBR 12023, NBR 12024	Brasil	2012
IS 13827: 1993	India	1993
NBR 10834, NBR 10835, NBR 10836	Brasil	2013
NBR 13553, NBR 13554, NBR 13555	Brasil	1996
ARS 670-683	Regional África	
NT 21.33, 21.35	Túnez	
NIS 369	Nigeria	1997
NZS 4297, NZS 4298	Nueva Zelanda	2020
NZS 4299	Nueva Zelanda	1999
KS 02-1070	Kenya	
NTE E. 080	Perú	2003
XP P13- 901	Francia	2001
SAZS 724	Zimbabue	
<b>NTC 5324</b>	Colombia	2004
NMAC, 14.7.4	USA	
Ley #378 - 2004	Italia	
Ley #2 - 2006	Italia	2006
UNE 41410	España	2008
SLS 1382-1, SLS 1382-2, SLS 1382-3	Sri Lanka	2009
ASTM E2392 M-10	USA	2010

En el transcurso de los últimos 20 años se implementaron y actualizaron 22 de las 38 normas analizadas en la tabla anterior (**Tabla 3**). Lo cual logra evidenciar el crecimiento en el interés a nivel de estudio e investigación de la normativa internacional para los sistemas constructivos con tierra.

## **8. PARÁMETROS RELEVANTES DE DISEÑO QUE SE RIGEN PARA LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA**

En el proceso investigativo para dar cumplimiento al segundo objetivo, se identificaron los diferentes parámetros aplicables a los sistemas constructivos con tierra de acuerdo con la normativa recopilada en el objetivo anterior, se organizan los parámetros de acuerdo a si aplican a los tres sistemas constructivos en general, bloque de tierra comprimida (BTC), tapia pisada y adobe o si por el contrario la normativa abarca solo un sistema constructivo.

### **Normativas Aplicables a los Sistemas Constructivos**

En la **Tabla 4** se especifica el parámetro que aplica basado en una amplia investigación y selección de parámetros relevantes de diseño de acuerdo con la norma y el sistema constructivo, esto conlleva a tener en cuenta los siguientes parámetros más relevantes:

1. Selección de suelos: La normativa identifica este parámetro como uno de los más importantes ya que relaciona los diferentes tipos de suelo con las distintas posibilidades de su uso y trata sobre la implementación de agentes estabilizadores como la cal o el cemento.
2. Requisitos de calidad: En este parámetro se tienen en cuenta los valores mínimos según la normativa de cada tipo de construcción para dar un aval al material o al elemento constructivo que se esté analizando.
3. Ensayos: Las diferentes normativas especifican valores a cumplir los cuales se obtienen mediante pruebas de ensayo comúnmente realizadas en el laboratorio. Los procesos para realizar estos ensayos se encuentran en las normativas agrupadas en el objetivo anterior.
4. Fabricación: La fabricación se tiene en cuenta como parámetro relevante ya que las normativas mencionan que la correcta manera en la que se fabrican los diferentes elementos constructivos para las construcciones con tierra influye directamente en el

desempeño de la estructura.

5. Construcción: Para la construcción de estructuras con tierra diferentes normativas que se dan las condiciones que se deben llevar a cabo para los tres sistemas de construcción con tierra en general e individualmente.
6. Diseño: De acuerdo al extenso análisis e investigación de las normas internacionales para la construcción con tierra el primer y más importante criterio a considerar en el diseño de una construcción con tierra es en la planta de los edificios ya que generar un diseño con formas regulares aporta resistencia a la hora de un movimiento telúrico.
7. Resistencia sísmica estructural: Las construcciones con tierra se diseñan y construyen con una adecuada configuración estructural ya que estos elementos deben tolerar la acción de diferentes fuerzas y movimientos telúricos frecuentes.

Como anexo se incluye la **Rehabilitación, conservación y/o mejora** de construcciones realizadas con tierra ya que existe una amplia documentación que menciona la forma en que se debe realizar y sus requisitos dependiendo del país y su tipo de sistema constructivo.

**Tabla 4.** Normativas Aplicables a los Sistemas Constructivos

Norma	País	Año	Organización	Est.	Sistema constructivo	Campo de Aplicación	Parámetros relevantes						Rehabilitación, Conservación y/o Mejora	
							Selección de Suelos	Requisitos de calidad	Ensayos	Fabricación	Construcción	Diseño		Resistencia sísmica estructural
NZS 4299	Nueva Zelanda	2020	SNZ		Adobe, BTC y Tapia Pisada	Establece requisitos de Construcción para edificios con paredes de tierra que no tienen en cuenta un diseño de ingeniería específico.		x			x	x		
NZS 4298	Nueva Zelanda	2020	SNZ			Materiales y construcción para edificios de tierra.	x	x	x	x	x	x		
NZS 4297	Nueva Zelanda	2020	SNZ			Diseño de ingeniería de edificios de tierra.					x	x		
NMAC 1474	USA	2015	División de Industrias de la Construcción del Departamento de Regulación y Licencias.		Adobe, BTC y Tapia Pisada	Norma de materiales de construcción de la tierra de nuevo México.	x	x	x		x			
HB 195	Australia	2002	Estándares Australia		Adobe, BTC y Tapia Pisada	El manual australiano de construcción de tierra.	x	x	x	x	x	x		
NTE E.30	Perú	2003	SENCICO		Adobe, BTC y Tapia Pisada	Diseño Sismo resistente.		x			x	x	x	





L.R. n. 2/2006	Italia	2006	B.U.R. Piemonte	Adobe, BTC y Tapia Pisada	Reglas para la mejora de construcciones de tierra.													x
AIS-610- EP-2017	Colombia	2017	AIS	Adobe, BTC y Tapia Pisada	Apreciación e Intervención de Edificaciones Patrimoniales de dos pisos de Adobe y Tapia Pisada.													x

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las **23** normas analizadas para los tres tipos de sistemas constructivos, **10** tienen como principal parámetro la **construcción** es decir un **44%** de las normas analizadas para los tres tipos de sistemas constructivos con tierra hacen referencia al parámetro de la construcción.

A continuación, se presentan los parámetros antes mencionados en la (**Tabla 4**) estudiados a partir de los sistemas constructivos (adobe, bloque de tierra comprimida BTC y tapia pisada), de manera individual y sustrayendo la normativa que los menciona.

### 8.1 Normativa y Parámetros Aplicables al Adobe

Para el caso del Adobe se encontraron dos normas que aplican para la construcción de este tipo de sistemas (**Tabla 5**), estas normas corresponden a las establecidas en Perú y Turquía y establecen los lineamientos a seguir en el diseño y construcción de edificios construidos con bloques de adobe, también se tienen en cuenta los requisitos y ensayos para la correcta fabricación de estos elementos.

**Tabla 5.** Normativa y Parámetros Aplicables al Adobe

Norma	País	Año	Organización	Sistema constructivo	Campo de Aplicación	Selección de Suelos	Requisitos de calidad	Ensayos	Fabricación	Construcción	Diseño	Resistencia sísmica estructural	Rehabilitación, Conservación y/o Mejora
NTE E.80	Perú	2000	SENCICO	Adobe	Diseño y Construcción Adobe simples y estabilizado.	x	x	x	x	x	x		
TSE - TS 2515	Turquía	1985	TSE	Adobe	Edificios y métodos de construcción de Adobe.	x	x	x	x	x	x		

Fuente: Elaboración Propia

De las **27** normativas que basan su contenido en un solo tipo de sistema constructivo de construcción con tierra, se encuentra que para el adobe es muy escasa la normativa ya que existen solo **2** normas mencionadas en la tabla anterior, es decir solo el **8%** de las normas analizadas dan los lineamientos a seguir para desarrollar este tipo de sistema constructivo conocido como **adobe**.

## 8.2 Normativa y Parámetros Aplicables al BTC

En la normativa Española AENOR, (2008) definen el BTC como: “Elemento para fábrica de albañilería” (p.5). Teniendo en cuenta su definición en la **Tabla 6** se especifican las normativas aplicables al Bloque de Tierra Comprimida y sus parámetros relevantes, su campo de aplicación y si establece algún tipo de estabilización del suelo (EST). Para este sistema constructivo existen numerosas normas a nivel mundial que establecen desde cómo deben ser estabilizados, los ensayos que se deben realizar y como deben ser fabricados.

**Tabla 6.** Normativa y Parámetros Aplicables al BTC

Norma	País	Año	Organización	Est.	Técnica	Campo de Aplicación	Selección de Suelos	Requisitos de calidad	Ensayos	Fabricación	Construcción	Diseño
UNE 41410	España	2008	UNE Normalización Española		BTC	Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques.	x	x	x			
AFNOR - XP P13-901	Francia	2001	AFNOR		BTC	Bloques de tierra comprimida para paredes y tabiques: definiciones - Especificaciones - Métodos de prueba - Condiciones de aceptación de entrega.	x	x	x			
NBR 10833: 2012 Versión corregida: 2013	Brasil	2013	ABNT	X	BTC	Fabricación de ladrillos y bloques de suelo-cemento mediante prensa manual o hidráulica - Procedimiento.				x		
NBR 8491: 2012		2012	ABNT	X		Ladrillo de suelo y cemento - Requisitos.	x	x				
NBR 8492: 2012		2012	ABNT	X	BTC Macizo	Ladrillo suelo-cemento - Análisis dimensional, resultado de la resistencia a la compresión y absorción de agua - Método de ensayo.			x			
NBR 10834: 2012 Versión corregida: 2013		2013	ABNT	X		Bloque de suelo-cemento sin función estructural - Requisitos.	x	x				
NBR 10836: 2013		2013	ABNT	X	BTC sin función estructural	Bloque de suelo-cemento sin función estructural - Análisis dimensional, obtención de la resistencia a la compresión y absorción de agua - Método de ensayo.				x		
ARS 674		R. África	1996	ARSO		BTC	Especificaciones técnicas para bloques de tierra comprimida ordinarios.	x	x			

ARS 675		1996	ARSO			Especificaciones técnicas para el cubrimiento de bloques de tierra comprimida.	x	x				
ARS 676		1996	ARSO			Especificaciones técnicas para morteros de tierra ordinaria.		x	x			
ARS 677		1996	ARSO			Especificaciones técnicas para morteros de tierra de revestimiento.		x	x			
ARS 678		1996	ARSO			Especificaciones técnicas para mampostería ordinaria de bloques de tierra comprimida.					x	x
ARS 679		1996	ARSO			Especificaciones técnicas para el revestimiento de mampostería de bloques de tierra comprimida.					x	x
ARS 680		1996	ARSO			Normativa que describe las prácticas para la utilidad de bloques de tierra comprimida.	x				x	
ARS 681		1996	ARSO			Código de prácticas para la adecuación de morteros de tierra.	x				x	
ARS 682		1996	ARSO			Reglamento de prácticas para la instalación de mampostería de bloques de tierra comprimida.						x
IS 1725	India	1982	BIS	x	BTC Estabilizado	Esta norma toma todas las condiciones y la prueba para bloques a base de suelo para uso en la construcción de edificios en general.	x	x	x			
KS 1070: 1993	Kenia	1993	KEBS	X	BTC Estabilizado	Especificación para bloques de suelo estabilizados.	x	x	x			
SLS 1382 Parte 1	Sri Lanka	2009	SLSI	X	BTC Estabilizado	Bloques de tierra estabilizada comprimida – Requisitos.	x	x				
SLS 1382 Parte 2		2009	SLSI	X		Bloques de tierra estabilizada comprimida. Métodos de ensayo.				x		



SADC ZW HS 983	Zimbabue	2014	Organización Africana de Normalización		Tapia Pisada	Estructuras de tierra apisonada - Código de prácticas.	x	x	x		x	x
NBR 13553:2012	Brasil	2012	ABNT	X	Tapia Pisada	Materiales suelo- cemento para muros monolíticos de suelo- cemento sin función estructural Requisitos.	x	x				

Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de sistema constructivo con tierra es uno de los menos estudiados a nivel de normativa internacional, con dos normas que lo mencionan generalmente y solo una que da los lineamientos para la construcción y diseño de la tapia pisada, este sistema constructivo queda reducido a un **7%** de la normativa analizada como objeto de esta investigación.

A continuación, se presenta en detalle los parámetros más relevantes de acuerdo a la investigación realizada a la normativa internacional de construcciones con tierra, esto con el fin de dejar especificado los 7 parámetros que se establecen según la recopilación de normas.

#### **8.4 Parámetros Relevantes a las Normativas**

Se identificaron siete parámetros principales que establecen las normas, los cuales son: selección de suelos, requisitos, ensayos, fabricación, construcción, diseño y resistencia sísmica estructural. Se incluye rehabilitación-conservación y/o mejora de las construcciones con tierra ya que las normas y códigos mencionan sus requerimientos para un posterior desarrollo de este.

### 8.4.1 Estabilización

Dentro de las normas estudiadas se recomienda el estabilizante tales como la cal o el cemento, con el fin de dar una mejora a algunas propiedades de la tierra, su durabilidad y la estabilidad de este material. Entre la selección de normas se encuentran:

- ARSO 675
- SAZS 724
- NTC5324 y NMAC 1474 de material tierra estabilizado con cemento
- SAZS 724
- NZS 4298 estabilizada con cal

Las normas NZS (4297,4298 y 4299) de Nueva Zelanda, la norma española UNE 41410:2008 y la NMAC 1474 de Estados Unidos establecen que para el uso correcto de estabilizantes se debe fijar un límite de contenido de estos dentro de las mezclas o fabricación de materiales. Para las normas españolas, el contenido total de estabilizadores debe ser menor o igual al **15%** del peso seco del bloque.

Además de la norma de Estados Unidos que estipula que el valor de absorción de agua se excede en el caso del adobe, y la tapia pisada contiene al menos un **6%** en peso de cemento Portland, pasando la prueba de resistencia a la compresión en condiciones húmedas.

Algunas normas apuntan específicamente a tierras estabilizadas, entre estas encontramos para la Tapia pisada:

- Brasil NBR 13555: 2012

Para el **BTC** aplican el marco normativo brasilero a excepción de la anteriormente mencionada, la de India IS1725, las tres de Sri Lanka y por último la keniana KS 1070: 1993.

### 8.4.2 Selección de Suelos

Es fundamental conocer las características propias del suelo que se va a usar para los diferentes sistemas constructivos con tierra, ya que a partir de ahí se establecerán las necesidades y requerimientos propios de este material. Las características, propiedades y ensayos a realizar al suelo que constituyen los **tres sistemas** constructivos se establecen en la **Tabla 8** con la respectiva norma que los describe.

**Tabla 8.** Selección de Suelos para los Sistemas Constructivos

<b>Practica</b>	<b>Norma</b>
Selección del Suelo	IS 1725:1982 y KS 1070: 1993
Establecen Propiedades del Suelo	UNE 41410:2008; AFNOR - XP P13-901; NTE E.80; NTC 5324; NBR 8491: 2012; NBR 13553:2012; SAZS 724
Comprobación del Suelo	NZS 4297 y NZS 4299
Valoración del Suelo	NMAC 1474; NZS 4297 y NZS 4299

Fuente: Elaboración Propia

Dentro del compilado de documentos se encuentra con frecuencia las sugerencias dadas en los resultados de algunos ensayos, los cuales determinan la viabilidad del suelo para el tipo de sistema constructivo con tierra que se esté analizando, no se encuentra información relacionada a otras propiedades como especificaciones de la composición química del suelo o su pH.

### 8.4.3 Requisitos de calidad

En este parámetro se tienen en cuenta las especificaciones mínimas de este tipo de construcciones o los materiales. En la norma, el valor requerido o recomendado se obtiene mediante pruebas, que estipula el procedimiento y se convierte en el estándar de prueba. La razón de esto es que no se han estandarizado antes o pueden ser una variación de una versión existente

(NBR 8492; NMAC 1474; AFNOR - XP P13-901; IS 1725 y KS 1070).

En cuanto a las condiciones de aceptabilidad de los **BTC** y los **adobes**, así como los requisitos necesarios para esto y el muestreo a realizar se establecen las normas AFNOR - XP P13-901, IS 1975, ARS 680 y UNE 41410:2008.

Estas normas especifican los requisitos y estándares que deben cumplirse para establecer la aplicabilidad de la tierra como material de construcción:

- Brasil: NBR 8491: 2012, NBR 10834: 2012 Versión corregida: 2013, NBR 10836: 2013 y NBR 13553:2012
- Colombia: NTC 5324
- España: UNE 41410:2008
- Francia: AFNOR - XP P13-901
- India: IS 1725
- Kenia: KS 1070: 1993
- Nueva Zelanda: NZS 4298
- Perú: NTE E.80

Se encuentra que los estándares de análisis que involucran **BTC** tienen una amplia clasificación, una clasificación muy común de tipos de **BTC** se basa en restricciones mecánicas como lo estipula la IS 1725, establecen valores de comprensión la de Colombia (NTC 5324), España (UNE 41410:2008) y los estándares ARSO; permiten grietas y perforaciones en estos bloques (NBR 8491: 2012) limitaciones a estas perforaciones (NZS 4298) o según la necesidad (IS 1725).

Al tener en cuenta la normativa, las dimensiones comúnmente aceptadas son **14cm x 9.5cm x 29.5cm** (Espesor, altura y longitud).

#### 8.4.4 Ensayos

Algunas de las normas establecen los valores específicos y/o recomendados para las construcciones con tierra los cuales se obtienen a través de ensayos y donde su proceso se muestra en las mismas, cada norma establece diferentes valores de ensayo los cuales dependen del tipo de sistema constructivo y del país de origen de la norma, estas son la NZS 4298 de Nueva Zelanda, NMAC 1474 de Estados Unidos, HB 195 de Australia, las Normas ecuatorianas de la construcción (NEC), NTE E.80 de Perú, TSE - TS 2515 de Turquía, UNE 41410:2008 de España, NTC 5324 de Colombia y AFNOR - XP P13-901 de Francia.

Los ensayos que se realizan para las diferentes construcciones con tierra se especifican en la **Tabla 9**, la cual contiene el tipo de ensayo y la norma vigente que describe como se debe realizar este proceso.

**Tabla 9.** Normas para Ensayos

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>
Erosión	SLS 1382 Parte 2 de Sri Lanka
Textura y Plasticidad	NBR 8492: 2012 y NBR 10836: 2013 brasileras SAZS 724 y SADC ZW HS 983 de Zimbabue NZS 4298 de Nueva Zelanda UNE 41410:2008 de España AFNOR - XP P13-901 de Francia
Resistencia a la compresión	NBR 8492: 2012, NBR 10836: 2013 y NBR 12025: 2012 brasileras UNE 41410:2008 de España AFNOR - XP P13-901 de Francia
Absorción del agua	UNE 41410:2008 de España AFNOR - XP P13-901 de Francia IS 1725 de India
Determinación del contenido de materia orgánica	UNE 41410:2008 de España
Caída de agua o pulverizado	UNE 41410:2008 de España IS 1725 de India

	NZS 4298 de Nueva Zelanda SAZS 724 y SADC ZW HS 983de Zimbabue
Esfuerzo cortante mediante compresión diagonal	NBR 12025: 2012 de Brasil NTE E.80 de Perú
Resistencia a tracción con módulo de rotura o a la tracción por flexión	Código de materiales de construcción de la tierra de nuevo México (NMAC 1474-USA) NZS 4297 de Nueva Zelanda KS 1070: 1993 de Kenia NTE E.80 de Perú

Los ensayos más comúnmente encontrados en la ardua investigación y lectura de las normas anteriormente mencionadas son:

- Erosión
- Textura y Plasticidad
- Resistencia a la compresión
- Absorción del agua
- Determinación del contenido de materia orgánica
- Caída de agua o pulverizado
- Esfuerzo cortante mediante compresión diagonal
- Resistencia a tracción con módulo de rotura o a la tracción por flexión

Los ensayos mencionados anteriormente fueron seleccionados después del análisis de la normativa internacional estudiada, estos ensayos son los comúnmente encontrados en las normas y los que rigen en su mayoría el buen desempeño de la estructura construida con tierra.

#### **8.4.5 Rehabilitación, Conservación y/o Mejora**

A nivel mundial existen diferentes estructuras o edificaciones elaboradas con sistemas constructivos con tierra y que hacen parte del patrimonio cultural inmueble de cada región de la cual estas construcciones hacen parte, es por esto por lo que se han establecido normas, leyes y/o requisitos que establecen cuales deben ser las medidas adecuadas para su intervención en pro de su conservación y/o mejora.

Entre estas normas se encuentran:

- La Administración Estatal del Patrimonio Cultural de la República Popular China establece dos normas para la preservación y refuerzo de sitios de tierra (WWT/T0038:2012 y WWT/T0039:2012).
- La Comisión de Construcción Patrimonial de Chile estableció un manual Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda (NCH 3332).
- El Centro de Documentación Permanente de las Casas de la Tierra (CEDTERRA) de Italia especifica dos leyes para la preservación del patrimonio arquitectónico realizado con artefactos de tierra cruda (Leyes 378 y 47).
- La norma italiana para la valorización de la tierra cruda (PIEMONTE, L.R. n. 2/2006) establece las reglas para la mejora de construcciones de tierra.
- La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica desarrollo un manual para la Valoración e Intervención de Edificaciones Patrimoniales de uno y dos pisos de Adobe y Tapia Pisada.

#### 8.4.6 Propiedades Mecánicas

Como los elementos básicos de cualquier estructura (vigas, pilares, losas, muros de hormigón armado), así como todos los componentes que generalmente se requieren para soportar cargas estáticas, verticales (horizontales y dinámicas) y cargas dinámicas (cargas de viento y sísmicas) básicamente tienen un impacto directo en el diseño y las mismas propiedades mecánicas importantes de procesamiento y comportamiento del sistema. La resistencia a la compresión es la tensión máxima que un elemento de mampostería puede soportar bajo la carga de compresión aplicada al sistema vertical y gradualmente. Esto se mide de acuerdo con métodos estandarizados y condiciones determinadas por el laboratorio y establecidas en cada norma.

Para cada sistema, existen ciertas características para evaluar el contenido máximo de humedad recomendado ya que la absorción es la cantidad de agua que puede absorber una pieza seca bajo circunstancias determinadas y este nivel es especificado en algunas de las normas.

En la **Tabla 10** se establece el tipo de sistema constructivo, la normativa y algunas de las propiedades más relevantes después de un amplio análisis realizado al conjunto de normas internacionales.

**Tabla 10.** Propiedades Mecánicas

Sistema Constructivo	Norma	Propiedades
Adobe	NTE E.80 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017)	<b>Compresión:</b> La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm <sup>2</sup> .
	NZS 4297	Resistencia a la compresión de la construcción del muro de tierra 0.5 Mpa.
Tapia Pisada	SADC ZW HS 983 (ARSO, 2014)	<b>Compresión:</b> mínima a los 7

		días de 1,5 Mpa a paredes con alturas por debajo a 3 metros y para alturas entre 3 y 6 metros una resistencia mínima a la compresión de 2,0 Mpa.
	NMAC 1474 (Construction Industries Division of the Regulation and Licensing Department., 2015)	Resistencia mínima a la compresión de 300 psi. El suelo estabilizado con más de 6 % de cemento portland, una resistencia mínima de 200 psi después de 7 días.
	NTE E.80 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017)	La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm <sup>2</sup> .
	NZS 4297	Resistencia a la compresión de la construcción del muro de tierra 0.5 Mpa.
<b>BTC</b>	IS 1725	Resistencia a la compresión media mínima de no menos de 20 kgf / cm <sup>2</sup> para la clase 20 y 30 kgf / cm <sup>2</sup> para la clase 30.
	IS 13827	La resistencia a la compresión se puede determinar probando cubos de arcilla de 100 mm después de secarlos completamente. Será deseable un valor mínimo de 1.2 N / mm <sup>2</sup> .
	AFNOR - XP P13-901	<b>Compresión:</b> Resistencia mínima de 0.05 MPa <b>Absorción:</b> Dependiendo del tipo de bloque (20, 30,40) La norma establece que el nivel de absorción mínima es medido en

		Ca-cm <sup>2</sup> /g y los valores correspondientes son 2,5 y 7 respectivamente.
	NTC 5324 (Para bloques de tierra comprimida o bloques de suelo cemento)	<b>Ensayo de compresión seca:</b> Su objetivo es medir la resistencia de los bloques a la compresión.

En la búsqueda de propiedades específicas en las normas se puede concluir que el poco estudio de los sistemas constructivos como (Adobe y Tapia pisada) conlleva a que no se precise un valor específico para cada tipo de ensayo. La falta de aplicación y de estudio de las normas vigentes para las construcciones con tierra genera poco interés debido a que no se encuentran normativas que se decidan por algún valor específico en los ensayos y estos quedan entre diferentes intervalos de los cuales se podrá extraer el valor.

**9. COMPARACION DE LOS PARAMETROS RELEVANTES CON EL  
REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMORESISTENTE  
NSR10**

La NSR10 cuenta con once capítulos donde en alrededor de 1625 páginas se aborda los requisitos y técnicas para una adecuada construcción sismo resistente igualmente pretende asegurar bienestar, estabilidad y calidad de las construcciones para proteger el patrimonio y la vida de los residentes. En esta norma se puede encontrar 11 títulos los cuales describen lo siguiente:

- **Título A** – Requerimientos generales de diseño y construcción sismorresistente
- **Título B** – Cargas
- **Título C** – Concreto estructural
- **Título D** – Mampostería estructural
- **Título E** – Casas de uno y dos pisos
- **Título F** – Estructuras metálicas
- **Título G** – Estructuras de madera y estructuras de guadua
- **Título H** – Estudios geotécnicos
- **Título I** – Supervisión técnica
- **Título J** – Requisitos de protección contra el fuego en edificaciones
- **Título K** – Otros requisitos complementarios

Sin embargo, para el caso solo compete el título A que corresponde a los Requisitos generales de diseño y construcción sísmo resistente, donde no hace mención específica a las construcciones con tierra sino a las construcciones en general, el diseño y construcción de edificaciones dobladas a este reglamento debe cumplirse como se dice dentro del mismo basado en la legislación colombiana y las normas NTC (AIS, 2010).

Partiendo de lo anterior, para el comparativo se tomaron los parámetros antes establecidos y recopilados del estudio de diferentes normas internacionales (**Tabla 10**), y se constataron con el contenido de la norma NSR10 (Reglamento colombiano de construcciones sismorresistentes). En la siguiente tabla (**Tabla 11**) se realizó el comparativo de cada parámetro relevante teniendo en cuenta la documentación encontrada para las construcciones con tierra.

**Tabla 11.** Comparativo Normas

Parámetro	Norma	
	NSR10	NORMATIVAS
<b>Estabilización</b>	No hace referencia a estabilizantes para la fabricación de materiales constructivos con tierra.	Uso de estabilizadores tales como la cal o el cemento. (ARSO-675), (NTC5324 y NMAC 1474).
<b>Selección de Suelos</b>	No hace referencia a suelos para la fabricación de materiales constructivos con tierra.	Especifica las características, propiedades y ensayos a realizar al suelo. (IS 1725), (NTC5324), (NBR 8491), (NZS 4297) Y (NMAC 1474).
<b>Requisitos</b>	La norma establece solo los requisitos más pequeños para la construcción de todo tipo, en cuanto a propios del sistema	Especificaciones mínimas de este tipo de construcciones o los materiales, el valor requerido o

	de resistencia a eventos sísmicos y del material estructural utilizado Título A (Requerimientos generales de diseño y construcción sismorresistente), la exploración del subsuelo en el lugar en que se va a construir las edificaciones y debe cumplir la reglamentación urbana vigente, los requisitos especificados en el Título J (Requisitos de protección contra incendios en edificaciones) y en el Título K (Requisitos complementarios). En él también se establecen las disposiciones para la intervención de este tipo de estructuras de tierra.	recomendado (NTC5324).  Condiciones de aceptabilidad de los BTC y los adobes (UNE 41410:2008) (AFNOR – XP P13-901) Y (IS 1725).  Requisitos y estándares que deben cumplirse para establecer la aplicabilidad de la tierra como material de construcción (NBR 10836) Y (NZS 4298).
<b>Ensayos</b>	Establece ensayos para materiales y/o construcciones con tierra, como fin dar las recomendaciones para la realización de ensayos sobre materiales y elementos estructurales cuando sea requerido.	Establecen los valores específicos y/o recomendados según diferentes propiedades para las construcciones con tierra los cuales se obtienen a través de ensayos y donde su proceso se muestra en las mismas (UNE 41410:2008) (NTC5324) (AFNOR – XP P13-901) Y (IS 1725).
<b>Diseño</b>	Establece el diseño arquitectónico, estructural y cimentación en este segundo considera tanto las construcciones existentes como las nuevas, y en él se especifica todo el procedimiento de diseño estructural.	El diseño en las normas y manuales se basa dependiendo del tipo de material a utilizar y según su fabricación, establecen diseños de ingeniería y los parámetros para la construcción adecuada de estos.
<b>Construcción</b>	El llevado a cabo de la construcción de la estructura, y de los elementos no estructurales, de la edificación se desarrolla de acuerdo con los requisitos propios del material.	Las normativas mencionan los procedimientos y especificaciones mínimas de acuerdo al tipo de material para la construcción de las edificaciones. (UNE 41410:2008) (NTC5324).

<p><b>Rehabilitación</b></p>	<p>La rehabilitación de estos sistemas constructivos dentro de la norma se contempla en la parte de diseño estructural de edificaciones que ya existían. <b>Título A (Capítulo A.10)</b> Edificaciones construidas antes de la vigencia de la versión actual del reglamento, donde se especifica el paso a paso del proceso de diseño estructural.</p>	<p>Establecen normativas para la intervención, preservación, refuerzos y/o mejoras de construcciones existentes de tierra (NCH 3332) Y CEDTERRA (Leyes 378 y 47).</p>
<p><b>Resistencia Sísmica Estructural</b></p>	<p>Consta de 7 pasos esenciales para su desarrollo: i) Estudios geotécnicos; ii) Diseño Arquitectónico; iii) Diseño Estructural; iv) Diseño de la Cimentación; v) Diseño sísmico de los elementos no estructurales; vi) Revisión de los diseños y vii) Construcción.</p>	<p>De igual manera que la norma colombiana establece los pasos esenciales para la construcción de edificaciones sismos resistentes UNE 41410:2008) (NTC5324) (AFNOR – XP P13-901) Y (IS 1725).</p>

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a las construcciones con tierra en Colombia se puede evidenciar el gran problema que existe actualmente por la falta de documentación propia para realizar este tipo de construcciones, se encuentra poca o nula información lo cual hace que la comparación de parámetros se dificulte. Algunas de las dificultades en el uso de estándares internacionales son el uso de términos distintos y la introducción de otros factores, en otros términos, lo que dificulta su uso de manera común. Sin embargo, las diferentes normas se remiten y se basan a las establecidas de manera inicial en estos sistemas constructivos como es el caso de las de Nueva Zelanda que son tomadas como referencia en las diversas normas posteriormente establecidas.

Para ello se inicia con una relación de los parámetros y/o condiciones con similitud que proponen estos reglamentos para los ensayos y propiedades mecánicas que deben poseer este tipo de estructuras, A continuación, se hace énfasis en los ensayos más comúnmente realizados según la normativa antes investigada y algunos valores que contemplan dichas normas:

- ✓ La normativa colombiana establece que deben ser **3** ensayos (resistencia a la compresión), (esfuerzo cortante mediante compresión diagonal) y (resistencia a tracción con módulo de rotura o a la tracción por flexión) por realizar con el fin de una caracterización física y mecánica en los términos definidos, alrededor del mundo la normativa establece que son de entre **5 y 6** ensayos (resistencia a la compresión), (textura y plasticidad), (absorción de agua), (caída de agua o pulverizado), (esfuerzo cortante mediante compresión diagonal) y (resistencia a tracción con módulo de rotura o a la tracción por flexión) para poder hallar una media que sea fiable.
- ✓ El límite de la resistencia a la compresión mínimo para los sistemas varía de acuerdo a cada país y no existe un número estándar, este varía de entre **0.05 y 2.0 MPa**, dependiendo si el material ha sido previamente estabilizado. Para el caso colombiano este valor lo establece la norma **NTC 3495**.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la recopilación de normas y/o reglamentos analizados se evidencia que un amplio porcentaje (**54%**) de dicha normativa basa su contenido para sistemas individuales de construcción con tierra tales como, tapia pisada, adobe y bloque de tierra comprimida (BTC). La normativa restante es decir el **46%** de la reglamentación tiene en cuenta las construcciones con tierra en general.

Actualmente se está generando más observación sobre estos tipos de sistemas constructivos, esto lo demuestran las constantes actualizaciones a las normativas de construcción con tierra internacionalmente. Con base en los últimos años veinte años el **57%** de las normas estudiadas en el presente documento fueron actualizadas o mejoradas con el fin de adaptarse a los nuevos requerimientos de las construcciones con tierra.

En la mayoría de las normas o regulaciones, el marco regulatorio es prescriptivo más que basado en el desempeño. De hecho, son exclusivos y en algunos casos incompletos. Los materiales y sistemas constructivos como la tapia pisada, y el adobe no son parte de la práctica contemporánea y por ende las normativas son muy mínimas con un total del **15%** de la normativa analizada anteriormente. La falta de estándares aprobados significa que existe poca investigación y que se han dejado atrás las prácticas constructivas de los ancestros ya que se tiene una idea poco objetiva y realista sobre materiales o prácticas no convencionales de construcción.

Con base en la información recopilada se identificaron **7** parámetros relevantes (selección de suelos, requisitos, ensayos, fabricación, construcción, diseño y resistencia sísmica estructural), debido a su gran importancia para el correcto desarrollo de la estructura construida con tierra., siendo estos los más estudiados y mencionados en las diferentes normativas.

La comparación realizada de las normativas con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 infiere que en Colombia se deben realizar solo **3** (resistencia a la compresión), (esfuerzo cortante mediante compresión diagonal) y (resistencia a tracción con módulo de rotura o a la tracción por flexión) para la caracterización y viabilidad de las propiedades físicas y mecánicas del material tierra, por el contrario, en el resto del mundo se requieren entre **5 y 6** ensayos (resistencia a la compresión), (textura y plasticidad), (absorción de agua), (caída de agua o pulverizado), (esfuerzo cortante mediante compresión diagonal) y (resistencia a tracción con módulo de rotura o a la tracción por flexión) para llegar a una mejor fiabilidad.

El sistema constructivo con tierra a destacar es el de bloques de tierra comprimida (BTC), en este caso abunda la documentación y normatividad con un **85%** del total de la normativa investigada para un solo sistema constructivo con tierra, estas normas basan su contenido en lo que se refiere a características geométricas, especificación del bloque, requisitos para su fabricación y ensayos a realizar.

En el caso de la NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente) no se encuentra información para la construcción de estructuras netamente realizadas con tierra, abarca diferentes parámetros como la selección de suelos, requisitos de calidad, diseño, construcción y fabricación, pero en lo que respecta al uso de la tierra como material de construcción solo para bloques de suelo cemento.

### **Recomendaciones**

Es importante estandarizar los ensayos aplicados a las construcciones con tierra en general e individualmente, para tener la posibilidad de analizar y comparar las diferentes técnicas de construcción con tierra que existen actualmente.

Se debe fomentar el interés por usar la tierra como material estructural ya que este material es de fácil hallazgo, sus características o propiedades son aceptables y su bajo costo hacen que sea más asequible que otros materiales.

Promover el uso de los materiales propios de Colombia generará un mayor estudio y por ende una posible normatización para todo lo que concierne a construcción con tierra ya que actualmente se observa un auge en el interés por adquirir una vivienda con alguno de los tres tipos de sistemas constructivos estudiados en este documento.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Administración Estatal del Patrimonio Cultural de la República Popular China. (2012a). Design specification for preservation and reinforcement engineering of arid earthen sites WW/T 0038 — 2012.

Administración Estatal del Patrimonio Cultural de la República Popular China. (2012b). Testing techniques specifications for preservation of earthen sites.

AENOR. (2008). Norma Española UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

AFNOR. (2001). Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons XP P 13-901. Asociación Francesa de Normalización.

AIS. (2010). NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

AIS. (2017). AIS 610-EP-17: EVALUACIÓN E Intervención DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES DE UNO Y DOS PISOS DE ADOBE Y TAPIA PISADA, 62.

Alvarado, M. (2015). BLOQUES DE TIERRA COMPACTADA ESTABILIZADOS CON AGLOMERANTE NATURAL CP. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD.

ARSO. (2014). Rammed Earth Structures. Code of Practice. Southern African Development Community Cooperation in Standardization, 39.

Arteaga, K., Medina, Ó., & Gutiérrez, O. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo, 20(31), 55–68.

ASTM. (2016). ASTM E2392 / E2392M - 10(2016) Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems. ASTM International, 1–10. <https://doi.org/10.1520/E2392-10E01.2>

Barrera, L., & Buitrago, F. (2014). FABRICACIÓN Y REFORZAMIENTO DE BLOQUES DE TIERRA COMPACTADA (BTC) EN BOGOTA BAJO LA REUTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS DE LA POLI SOMBRA.

Bolaños, S. R. (2007). El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia. Apuntes. Revista de estudios sobre patrimonio cultural, 20(2).

CEN. (2010). NP EN 1998-1: euro código 8 - Projecto de Estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edificios. Instituto português Da Qualidade.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2020). ¿Qué es un reglamento de construcción? Retrieved from <https://www.gob.mx/cenapred/es/articulos/que-es-un-reglamento-de-construccion?idiom=es>

Comisión de Construcción Patrimonial. (2014). NCh 3332 Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructura. Instituto de La Construcción de Chile, 1–4.

Gil, C., & Gil, S. (2018). ESTADO DEL ARTE DE LA NORMATIVIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN TIERRA ARMADA Y SU APLICABILIDAD EN LA ZONA ANDINA DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

Indian Standards. (1993). Indian Standard: Improving Earthquake Resistance of Earthen Buildings – Guidelines IS 13827. Bureau of Indian Standards.

Indian Standard. (1982). IS 1725: Specification for soil-based blocks used in general building constructuion. Indian Standard Institution, 13.

Medina, D., Vargas, E., Bustos, E., & Zúñiga, F. (2013). Sistemas Constructivos Tradicionales. Universidad de Guadalajara. Retrieved from <https://app.emaze.com/@AZTOFQRO#1>

Mesa Sánchez, D. Y., & León Becerra, J. D. (2018). Revisión Bibliográfica sobre las Técnicas de Intervención para la Conservación de las Construcciones Existentes en Tapia Pisada. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m (NEC-SE-VIVIENDA).

Ministerio de Fomento. (2009). Normas de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02). Ministerio de Fomento, 68–70.

Ministerio de Fomento. (2019). Documento Básico SE. Seguridad estructural. Código Técnico de La Edificación, 1–39. Retrieved from <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2003). Diseño Sismorresistente E.30. Norma técnica de Edificación, 1–45.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada NORMA E. 080. Resolución Ministerial, El Peruano., 24.

Rivera, Y. (2018). Bahareque, una técnica constructiva sismorresistente en Colombia. ArchDaily. Retrieved from <https://www.archdaily.co/co/892994/bahareque-una-tecnica-constructiva-sismoresistente-en-colombia>

Standard New Zealand. (2020). Engineering design of earth buildings - NZS 4297:1998. Standard New Zealand, 4297, 63.

Standards New Zealand. (2020a). NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings. Standards New Zealand, 4298.

Standards New Zealand. (2020b). NZS 4299 (1998): Earth buildings not requiring specific design, 4299, 131.

TSE. (1985). ESTÁNDAR TURCO TS 2515 / abril de 1985. TÜRK STANDARDI. Retrieved from <https://docplayer.biz.tr/7700557-Udk-693-2-691-41-turk-standardi-ts-2515-nisan-1985-icindekiler.html>

Walker, P., & Standards Australia. (2002). HB 195: Australian Earth Building Handbook. Standards Australia International.