

ANEXO TÉCNICO

NORMA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA



RED
PROTIERRA
ARGENTINA

JULIO 2021

Propuesta de creación colectiva.

En caso de utilizar parcial o totalmente los textos mencione la fuente.

Aportes y comentarios a: normativa@redprotierra.com.ar

Miembros de la Comisión Normativa Red Protierra Argentina que participaron en la redacción del presente documento

Virginia Arruti
María Gabriela Culasso
Carolina De Greef
Alejandra Dubos
Daniel García Gei (Coordinador)
Martín Giardina
María Rosa Mandrini
Ana Sofía Resio
Guillermo Rolón
Rodolfo Rotondaro
Jorge Tomasi
Leandro Vélez
María Gabriela Watkins
Jorge Czajkowski
Juan Matías Ricardo Luques
Guido Elgueta
Laura Giovino

INDICE

0.- GLOSARIO	6
ANEXO TÉCNICO	10
NORMA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA	10
1.- OBJETO	10
2.- OBJETIVOS y ALCANCE	10
2.1.- Alcance.....	10
2.2.- Construcciones sismorresistentes	11
2.3.- Sistemas admitidos.....	11
2.4.- Aplicación según el riesgo sísmico del sitio de emplazamiento.....	11
2.5.- Materiales y sistemas no contemplados.....	12
2.6.- Elementos ejecutados con otros materiales de construcción.....	12
3.- RESPONSABLES DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA	13
3.1.- Responsabilidad de la persona propietaria del edificio	13
3.2.- Responsabilidad de la persona profesional y constructora.....	13
3.3.- Responsabilidad de la autoridad de aplicación	14
4.- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	14
5.- SISTEMAS DE TÉCNICAS MIXTAS	14
5.1.- Estructura principal.....	14
5.2.- Estructura secundaria	15
5.3.- Rellenos.....	15
6.- SISTEMAS DE MAMPUESTOS	15
6.1.- Mampostería de Adobe	15
6.2.- Mampostería de BTC	15
7.- SISTEMAS MONOLÍTICOS	16
8.- APLICACIÓN DE LA NORMA E.080 "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA" DE PERÚ - AJUSTES PARA APLICACIÓN EN REPÚBLICA ARGENTINA .	16
8.1.- Generalidades.....	16
8.2.- NE.080 - Artículo 1.- Alcance	16
8.3.- NE.080 - Artículo 3.- Definiciones	17
8.4.- NE.080 - Artículo 4.- Consideraciones básicas.....	17
8.5.- NE.080 -Artículo 6.- Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada.....	20
8.6.- NE.080 -Artículo 7.3.1. Criterios para el diseño de muros basado en la resistencia	21
8.7.- NE.080 -Artículo 9. Esfuerzos admisibles.	22
8.8.- Norma E 0.80. Artículo 10. Requisitos para las instalaciones eléctricas en edificaciones con tierra reforzada.	22

8.9.- Norma E 0.80. Artículo 11. Requisitos para las instalaciones sanitarias en edificaciones con tierra reforzada.	22
8.10.- (Adicional) – Requisitos para instalaciones técnicas en construcciones con tierra	23
8.11. Norma E 0.80. Capítulo V, Artículo 21. Obras patrimoniales de tierra.....	23
REFERENCIAS GENERALES	24
REFERENCIAS SOBRE NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES	25
DOCUMENTOS ELABORADOS POR LA RED PROTIERRA ARGENTINA	26

0.- GLOSARIO

Para efectos de la aplicación de la presente Norma se tiene en cuenta las definiciones siguientes:

Aditivos naturales. Materiales naturales como fibras vegetales y áridos, que disminuyen el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado.

Aditivos artificiales. Materiales artificiales, orgánicos o inorgánicos, que se agregan a la tierra para mejorar características de resistencia o durabilidad.

Adobe (componente básico). Mampuesto de tierra, secado al aire, con suficiente resistencia y durabilidad para la construcción.

Adobe (Técnica). Técnica de construcción con tierra que utiliza albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro u otros materiales.

Altura libre de muro. Distancia vertical exclusiva entre elementos de arriostre horizontales.

Arcilla. Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm).

Arena fina. Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm como el limo puede contribuir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias.

Arena gruesa. Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm y/o las mallas N°30 y N° 4 ASTM, que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado.

Arriostre. Componente que impide significativamente el libre desplazamiento del borde de muro, considerándose un apoyo. El arriostre puede ser vertical (muro transversal o contrafuerte) u horizontal.

Bloque de tierra comprimida (BTC). Mampuesto de tierra, macizo, con huecos o machihombres; con o sin aditivos estabilizantes, fabricados en prensa mecánica o manual.

Bloques de tierra aligerada (BTA). Mampuesto de tierra, macizo o hueco, de baja densidad compuesto por suelo arcillo-arenoso, agregado de fibras y agua. Su fabricación se realiza por vertido de la mezcla en moldes.

Colapso. Derrumbe de muros o techos. Puede ser un derrumbe parcial o total.

Compatible. Los materiales y elementos de la construcción, realizados con otros materiales, que presentan rigidez y resistencia del mismo orden que los componentes del material tierra.

Contrafuerte. Es un arriostre vertical construido con este único fin, preferentemente del mismo material que el muro que arriestra o de materiales y elementos compatibles.

Chorizo. Técnica mixta de construcción con tierra para ejecución de muros, que se elabora a partir de un sistema de entramado de maderas, ramas, cañas u otros materiales de permitan formar elementos lineales y chorizos de paja o pasto embarrado. El entramado se arma mediante al menos dos pies derechos y son vinculados por travesaños separados entre sí a una distancia regular cuya separación depende del largo de los chorizos. Luego de disponer los chorizos se revoca con tierra.

Densidad de muros. Cociente entre la suma de áreas transversales de los muros paralelos a cada eje principal de la planta de la construcción y el área total techada.

Dormido. Tiempo de espera de dos o más días, de la tierra ya zarandeada (cernida o tamizada para eliminar piedras y terrones) y humedecida, con o sin fibra, para activar la hidratación de la mayor cantidad de partículas de arcilla, antes de ser utilizada para la construcción.

Edificación de Tierra Reforzada. Edificación compuesta de los siguientes componentes estructurales: cimentación (cimiento y sobrecimiento), muros, entresijos y techos, arriostres (verticales y horizontales), refuerzos y conexiones. Cada uno de los componentes debe diseñarse cumpliendo lo desarrollado en la presente Norma, para evitar el colapso parcial o total de sus muros y techos, logrando el objetivo fundamental de conceder seguridad de vida a los y las ocupantes.

Encadenado horizontal. Componente estructural de uso obligatorio, que generalmente conecta todos los muros al mismo nivel y los entresijos o la cubierta, usualmente materializados con madera u hormigón armado.

Erosión. Los procesos físicos y químicos por los cuales el material de construcción de la tierra se desgasta. Incluye los procesos de desgaste natural, y mecánico.

Esbeltez. Relación entre las dimensiones del muro y su máximo espesor. Hay dos tipos de esbeltez de muros: i) La esbeltez vertical (λ_v), que es la relación entre la altura libre del muro y su máximo espesor, y ii) La esbeltez horizontal (λ_h), que es la relación entre el largo efectivo del muro y su espesor.

Estanteo. Técnica mixta de construcción con tierra para ejecución de muros, que se elabora a partir de un sistema de entramado de maderas, ramas, cañas u otros materiales que permitan formar elementos lineales. El entramado se arma con dos pies derechos y son vinculados por travesaños denominados estantes muy próximos unos de otros. El espacio vacío del entramado es rellenado y revocado con tierra. Esta técnica también se la conoce como Pared francesa y estaqueo.

Extremo libre de muro. Es el borde vertical u horizontal no arriestrado de un muro.

Fisura o grieta estructural. Rajadura que se presenta en los muros de tierra producidas por cargas mayores a las que puede resistir el material, por gravedad, terremotos, accidentes u otros. Atravesan los muros de lado a lado y pueden ser de espesores variables o invisibles al

ojo humano. Grieta: Abertura mayor a un milímetro. Fisura: Abertura igual o menor de un milímetro.

Grava. Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 4,75 mm y 13 mm y/o las mallas N°4 y 1/2" ASTM, que conforman la estructura granular, en construcciones monolíticas de tapial, suelo vertido o tierra apilada amasada.

Junta fría. En la construcción de tapial, tierra amasada apilada y tierra vertida, es la unión que ocurre cuando la construcción se ha interrumpido lo suficiente como para que se produzca algún grado de secado o curado antes de colocar la siguiente porción de material fresco.

Junta de control. Una junta necesaria para permitir que un muro de tierra se expanda y se contraiga o se mueva.

Largo efectivo. Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.

Limo. Es un material componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos entre 0.002 mm y 0.08 mm.

Mazo o pisón. Dispositivo o herramienta de madera, metal u otro material, utilizado en la técnica del tapial para compactar la tierra húmeda colocada entre los tableros (moldes o encofrados). Puede haber varios tipos de mazos: para los bordes, para el centro y para la superficie final de las capas. Su peso es de alrededor de 10 kg.

Mortero. Material de unión de una mampostería, normalmente elaborado con suelo arcilloso-arenoso y agregado de fibras. Puede contener aglomerantes artificiales.

Muro. Es una pared cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos.

Prueba de campo. Ensayo realizado con o sin herramientas a pie de obra o en laboratorio, basados en conocimientos empíricos, que permite tomar decisiones de selección de materiales y dosificaciones.

Prueba de laboratorio. Ensayo de laboratorio basado en protocolos normalizados que permite conocer las características físicas, químicas y/o mecánicas de la tierra. Se utiliza para diseñar, tomar decisiones tecnológicas y verificar el cumplimiento de especificaciones técnicas.

Quincha. Técnica mixta de construcción con tierra para ejecución de muros, que se elabora a partir de un sistema de entramado de maderas, ramas, cañas u otros materiales de permitan formar elementos lineales. La estructura del muro se arma mediante al menos dos pies derechos y son vinculados generalmente por unos travesaños; a la estructura se fija un entramado de cañas, ramas o maderas muy próximos entre sí, habitualmente dispuestos en forma vertical que luego se embarra y revoca con tierra.

Refuerzos. Cualquier forma de varilla o de malla que, actuando simultáneamente con la tierra, sea capaz de proveer resistencia a tracción a la construcción con tierra. Deben ser

compatibles con el material tierra, es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo, incluso durante las aceleraciones que producen los sismos.

Secado. Proceso de evaporación del agua que existe en la tierra, los morteros y los elementos húmedos. El proceso debe controlarse para producir una evaporación muy lenta del agua, mientras la tierra se contrae y adquiere resistencia. Si la contracción es muy rápida, se producen fisuras.

Tableros o encofrados para tapial. Moldes suficientemente rígidos y arriostrados, que se colocan paralelos y sujetos entre sí para moldear la pared y resistir las fuerzas laterales propias de la compactación de la tierra.

Tierra apisonada en encofrado (técnica de tapial). Técnica monolítica de construcción con tierra que utiliza suelo arcillo-arenoso húmedo vertido en encofrados, por capas y compactado manual o mecánicamente utilizando mazos o pisones.

Técnica mixta. Utiliza uno o más materiales y técnicas constructivas, además de la tierra.

Tierra. Material de construcción obtenido del suelo natural, compuesto de cantidades variables de arcilla, limo, arena fina y arena gruesa, que se utiliza cruda, es decir, sin ser sometida a procesos de cocción.

Tierra aligerada o fibra prensada. Técnica mixta de construcción con tierra, compuesta por una estructura principal de madera o acero y un entramado secundario u osamenta con relleno de mortero de fibras embebidas en mortero de tierra y apisonadas.

Tierra embolsada. Técnica de construcción con tierra, popularmente conocido en Argentina como superadobe.

Tierra amasada apilada. Técnica monolítica de construcción con tierra, popularmente conocido como COB, permite que el conjunto se construya apilando la mezcla de tierra, conformando un muro de un sólo bloque.

Tierra reforzada. Material compuesto de suelos naturales y refuerzos que le otorgan cualidades de resistencia, rigidez y plasticidad requeridas para conseguir construcciones seguras, permanentes y confortables.

Tierra vertida en encofrado. Técnica monolítica de construcción con tierra que utiliza suelo arcillo-arenoso con agregado de fibras, áridos gruesos y aglomerantes industriales, vertida en moldes (encofrados) firmes.

ANEXO TÉCNICO

NORMA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

1.- OBJETO

Esta Norma Técnica para la Arquitectura y Construcción con Tierra establece los requisitos básicos a cumplir en el proyecto, ejecución, reparación y refuerzo de las edificaciones y sus partes, sean nuevas o existentes, en las que se utiliza la tierra como material de construcción. La tierra puede ser utilizada en estructuras, cerramientos o rellenos.

Esta Norma Técnica se aplicará subsidiaria y provisionalmente hasta que se tenga un Reglamento Argentino de Construcciones con Tierra. Hasta ese entonces el proyecto arquitectónico y estructural, la ejecución y los detalles se ajustarán conforme las prescripciones de la edición vigente de la Norma Técnica E.080 – Diseño y construcción con tierra reforzada, de la República del Perú, correspondiente al año 2017, con los arreglos y modificaciones que se disponen en esta Norma Técnica.

Los elementos y sistemas de la construcción con tierra deben ser capaces de resistir las acciones durante la construcción y las de servicio, ofreciendo la seguridad adecuada al uso para la que se la destina durante su vida útil.

C.1.- Atendiendo la necesidad y oportunidad de permitir y promover la construcción con tierra, en tanto no se cuenta con un Reglamento Argentino de Construcción con Tierra, se prescribe el uso de Normas y Reglamentos internacionales de los que se conocen estudios, investigaciones y aplicaciones en las últimas décadas. A la Norma peruana E.080 puede accederse desde:

<https://drive.google.com/file/d/0B92C5XjmcLdhWHZVVHAXbEQ5MVE/view>

https://procurement-notice.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376

<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

2.- OBJETIVOS y ALCANCE

2.1.- Alcance

Esta Norma se aplicará a las construcciones con tierra, nuevas o existentes, sean de carácter público o privado, ubicadas o a ubicarse en el ejido municipal. Alcanza a toda la edificación,

a las partes componentes, a la estructura, a las instalaciones y a los equipamientos incorporados o vinculados a esas construcciones.

C.2.1.- *Las construcciones con tierra son susceptibles a acciones dinámicas, como el terremoto, y también a la acción de agentes atmosféricos, intervenciones del usuario, humedad del suelo, inclusión de redes de instalaciones, pérdidas de agua o acumulación de humedad. Por esto la Norma alcanza instalaciones y equipamiento.*

2.2.- Construcciones sismorresistentes

En este Anexo Técnico se establecen los requerimientos mínimos para el diseño y la ejecución de construcciones con tierra emplazadas en cualquier zona sísmica.

Estos requerimientos complementan o modifican las prescripciones contenidas en el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 – Parte I “CONSTRUCCIONES EN GENERAL”, edición vigente, cuyos principios y requerimientos deberán aplicarse con carácter general, excepto aquéllos que resulten específicamente modificados por alguna disposición de este Anexo Técnico.

C.2.2.- *En las disposiciones de esta Norma se prevé diferentes exigencias para el proyecto y la construcción según el riesgo sísmico donde se ubique el edificio y las características de las construcciones con tierra.*

2.3.- Sistemas admitidos

Es de aplicación a:

- (a) Sistemas de entramados / técnica mixta.
- (b) Sistemas de mampuestos: adobe, Bloque de Tierra Comprimida (BTC).
- (c) Sistemas monolíticos: tapial, tierra amasada apilada, tierra vertida.

C.2.3.- *La Norma es aplicable a aquellas técnicas de construcción con tierra más conocidas y de las que se tengan protocolos y normas de control de calidad de materiales y de técnicas de ejecución, sean de laboratorio o de campo.*

2.4.- Aplicación según el riesgo sísmico del sitio de emplazamiento.

En la Tabla AT1, se establecen las limitaciones a las construcciones según la zona sísmica donde se ubiquen.

Las construcciones que exceden los límites de la Tabla AT1 quedan fuera del alcance de esta Ordenanza y Anexo Técnico.

Tabla AT1.- Límites de altura y número de pisos de las construcciones según zona sísmica

Sistema	ZS 0	ZS 1	ZS 2	ZS 3	ZS 4
Mixtos	12 m - 4 pisos	12 m - 4 pisos	9 m - 3 pisos	9 m - 3 pisos	9 m - 3 pisos
Mampuestos (*)	9 m - 3 pisos	6 m - 2 pisos	6 m - 2 piso	3 m - 1 piso	3 m - 1 piso
Monolíticos (*)	9 m - 3 pisos	6 m - 2 pisos	6 m - 2 piso	3 m - 1 piso	3 m - 1 piso

(*) Por encima del último piso se permite otro piso con construcción liviana y estructura mixta. En zonas sísmicas 2, 3 y 4 los muros serán totalmente reforzados, conforme al art. 8.5 que se corresponde al art. 6 de la N.080/2017.

C-2.4.- Se limita la altura y el número de pisos considerando las aceleraciones que el sismo impone a la edificación en altura y la baja capacidad de respuesta demostrada por las construcciones de adobe y tapial. Por encima se pueden construir otros pisos con otros sistemas y técnicas que aporten poca masa al movimiento.

La experiencia indica que con sismos leves los encuentros de paredes se abren o agrietan, por esto se especifica para zonas de mayor riesgo sísmico la construcción de muros con refuerzos en toda su extensión y encuentros.

Los sistemas de técnicas mixtas transfieren las acciones de todo tipo por elementos estructurales de madera, hormigón armado o acero, a los que se aplican los reglamentos pertinentes. Desde las construcciones con tierra las limitaciones se imponen para cubrir fallas y desprendimientos locales de material de relleno.

2.5.- Materiales y sistemas no contemplados

Materiales, elementos y sistemas no contemplados en esta Norma serán respaldados por estudio técnico minucioso y requieren la autorización expresa de la Autoridad de Aplicación.

C.2.5.- Son numerosas las técnicas y opciones de aplicación de la construcción con tierra, sin embargo la norma se refiere a aquellas más utilizadas y que son posibles de regular.

2.6.- Elementos ejecutados con otros materiales de construcción

Los elementos realizados con otros materiales serán diseñados, verificados y ejecutados conforme las reglas y prescripciones particulares a cada uno. En cualquier caso, se verificará la compatibilidad de rigidez y resistencia entre esos elementos y los realizados con tierra, incluyendo comportamiento reológico y vinculación relativa.

C.2.6.- *Las particularidades relativas a proyecto, estructura, ejecución, reparación o refuerzo de las construcciones y sus partes que no están incluidas en esta Norma, se regirán por los Reglamentos CIRSOC propios de cada material y las Normas IRAM referidas a materiales y confortabilidad de la construcción. Se prescribe la compatibilidad de rigidez y resistencia atendiendo el comportamiento mecánico de cada material.*

3.- RESPONSABLES DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA

3.1.- Responsabilidad de la persona propietaria del edificio

Por la aplicación de esta Norma Técnica, el propietario es responsable: de la ubicación del edificio, del uso y destino de la construcción, de la conservación de la aptitud sismorresistente del edificio y de sus partes, del mantenimiento de los elementos constructivos y de la reparación de patologías que surgieren durante la vida útil de la construcción.

C3.1.- *El propietario es el principal responsable del uso, destino, conservación y mantenimiento del edificio. En particular en lo que se refiere a modificaciones y reparaciones, que deben hacerse con materiales y técnicas compatibles con las propiedades y características de la construcción en tierra. Al efecto resultará de buena práctica que exija a los profesionales les faciliten un manual de mantenimiento y procedimientos para cuidar la edificación.*

3.2.- Responsabilidad de la persona profesional y constructora

Los profesionales y constructores son responsables, en el área que les corresponda, de la aplicación y contralor de las disposiciones pertinentes de esta Norma Técnica, con los alcances civiles dispuestos en el Código Civil y Comercial de la Nación.

C3.2.- *Cada profesional interviniente en el proyecto y en la obra debe conocer, interiorizarse e informarse cabalmente de los beneficios y complicaciones que tienen las construcciones con tierra. Muy particularmente en cuanto se refiere a conformación, estructuración, protección contra el exceso de humedad, detalles y formas de aislamiento. La responsabilidad alcanza lo dispuesto en el Código Civil y Comercial de la Nación, Título IV, capítulo 6 – Obras y Servicios – Secciones 1ª y 2ª.*

Atento que en el medio socio-cultural, por falta de reglamentos, práctica y construcciones nuevas, se han perdido conocimientos y prácticas en el uso de tierra como material de construcción, se hace necesario que los profesionales y constructores capaciten al personal obrero, a contratistas y proveedores de materiales y elementos de la construcción, respecto de las tecnología requerida para hacer obras de tierra.

3.3.- Responsabilidad de la autoridad de aplicación

La Autoridad de Aplicación es responsable de la fiscalización de la aplicación de este Reglamento y del Código de Edificación de la Municipalidad o Comuna.

4.- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

La documentación técnica de proyecto contendrá: dibujos de plantas, cortes y fachadas, disposición de la estructura y las instalaciones, detalles de protección contra la humedad, detalles constructivos de vinculación de elementos de tierra con elementos de otros materiales, especificaciones técnicas respecto de la preparación de materiales, conformación de elementos y de partes de la construcción y memoria técnica del proyecto estructural.

Las modificaciones al proyecto y ajustes de detalles hechos en obra quedarán documentados en el Libro de Obra.

C4.- *La documentación de construcciones con tierra requiere información detallada de proyecto, conexiones, vinculaciones y de las técnicas de ejecución.*

5.- SISTEMAS DE TÉCNICAS MIXTAS

Los sistemas de técnicas mixtas constan de una estructura principal, elementos de estructura secundarios y rellenos que completan el cerramiento y el acondicionamiento higrotérmico.

5.1.- Estructura principal

La estructura principal, de madera, acero u hormigón armado, tendrá suficiente capacidad y rigidez para transmitir las acciones sobre la construcción hasta los cimientos y el suelo.

Las estructuras de madera se regirán por el reglamento CIRSOC 601, serán cuidadosamente detalladas para evitar contacto con la humedad ascendente del suelo o por estar embebidas con otros materiales impermeables. Además se protegerán para controlar el daño debido a insectos y agentes xilófagos.

Las estructuras de acero se regirán por el conjunto de reglamentos CIRSOC 300, tendrán protección contra la corrosión en todas las secciones expuestas o no.

Las estructuras de hormigón armado se regirán por el conjunto de reglamentos CIRSOC 200 en todo lo que correspondiere.

C5.1.- *La estructura principal puede ejecutarse con materiales que son hoy de uso habitual. Las construcciones de madera son susceptibles a la humedad y, sobre todo, al cambio en las condiciones higrométricas. En cuanto sea posible, pies derechos, pilares y columnas deben*

elevarse y ubicarse en zócalos o pedestales que los separen del suelo. En caso de empotrarse en cimentaciones de hormigón (impermeables) se sugiere ejecutar detalles para permitir el escurrimiento del agua evitando la estanqueidad. Las estructuras de acero se corroen con herrumbre, los puntos más delicados son los que quedarán cubiertos por el relleno y los revestimientos, por lo que se hace necesario advertir sobre la protección.

5.2.- Estructura secundaria

Son todos los elementos que, sin transmitir las acciones al suelo, requieren ser colocados para mantener en posición y forma los rellenos, revestimientos y otros elementos de la construcción. Se utilizarán entramados de materiales y conexiones capaces de soportar el peso y empuje del relleno, y las acciones locales normales al plano del muro.

5.3.- Rellenos

Los rellenos conforman el cuerpo final de las paredes, se pueden materializar en forma húmeda (mezcla de tierra, fibra y agua) o seca (fibra comprimida, fardo inerte o productos aislantes).

6.- SISTEMAS DE MAMPUESTOS

6.1.- Mampostería de Adobe

Las construcciones proyectadas, ejecutadas o intervenidas de adobe se regirán por las prescripciones de la NE.080 y por este Anexo Técnico.

6.2.- Mampostería de BTC

No se admiten paredes de mampostería de bloques conectados sin mortero en las juntas.

Las construcciones proyectadas, ejecutadas o intervenidas de BTC se regirán por los Reglamentos CIRSOC 501, CIRSOC 501-E e INPRES-CIRSOC 103 Parte III en tanto cumplan esas prescripciones.

Las construcciones proyectadas, ejecutadas o intervenidas de BTC, que no cumplen los Reglamentos CIRSOC 501, CIRSOC 501-E e INPRES-CIRSOC 103 Parte III se regirán por este Anexo Técnico.

7.- SISTEMAS MONOLÍTICOS

Las construcciones proyectadas, ejecutadas o intervenidas de tapial y suelo amasado apilado se registrarán por las prescripciones de la NE.080 y por este Anexo Técnico.

Adicionalmente, en zonas sísmicas 3 y 4, los encuentros de muros de los sistemas monolíticos serán continuos. Un único encofrado para encuentros en "cruz" (+), en "te" (T) o en "ele" (L), que se extiende por lo menos dos veces el espesor de las paredes concurrentes, medido desde el paramento inmediato.

C7.- *Se prescribe la continuidad en los encuentros de muros para minimizar la posibilidad de desmembramiento entre ellos. Al conformar el encuentro se tendrá en cuenta la necesidad de solapar las sucesivas hiladas con que avanza la obra.*

8.- APLICACIÓN DE LA NORMA E.080 "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA" DE PERÚ - AJUSTES PARA APLICACIÓN EN REPÚBLICA ARGENTINA

Este Anexo Técnico adopta para su aplicación la Norma E.080 peruana, con los ajustes que se definen en este documento.

En lo que sigue, se indican los apartados de la norma E.080 que se modifican o ajustan para aplicarlos en la República Argentina.

C8.- *En este capítulo se indican las modificaciones y ajustes que se hacen a la norma peruana para aplicarla en el territorio argentino. Los ajustes se hacen para poder aplicar reglamentos y procedimientos utilizados por profesionales argentinos. La norma peruana se aplicará en toda su letra, salvo lo que se modifica en este apartado.*

8.1.- Generalidades

- a) Todo cuanto se especifica para construcciones con tierra reforzada vale también para construcciones con tierra sin refuerzos.

C8.1.- *La norma peruana refiere a la construcción con tierra reforzada. En Argentina la zonificación sísmica alcanza otras dimensiones. Por esto se hace necesario permitir y regular las construcciones con tierra sin refuerzos.*

8.2.- NE.080 - Artículo 1.- Alcance

- 1.1.- La Norma se aplica en el ejido municipal. Su aplicación es obligatoria para la elaboración de materiales y la construcción de edificaciones con tierra sea reforzada o no.

1.4.- Los proyectos elaborados con alcances distintos a los considerados en la presente Norma, deben estar respaldados por un estudio técnico avalado por profesional habilitado.

8.3.- NE.080 - Artículo 3.- Definiciones

C8.3.- *Al inicio del presente Anexo Técnico, correspondiente al apartado N° 0, se incluye una adaptación del glosario correspondiente a la norma peruana, atendiendo las acepciones diversas que los vocablos y expresiones tienen en nuestro territorio.*

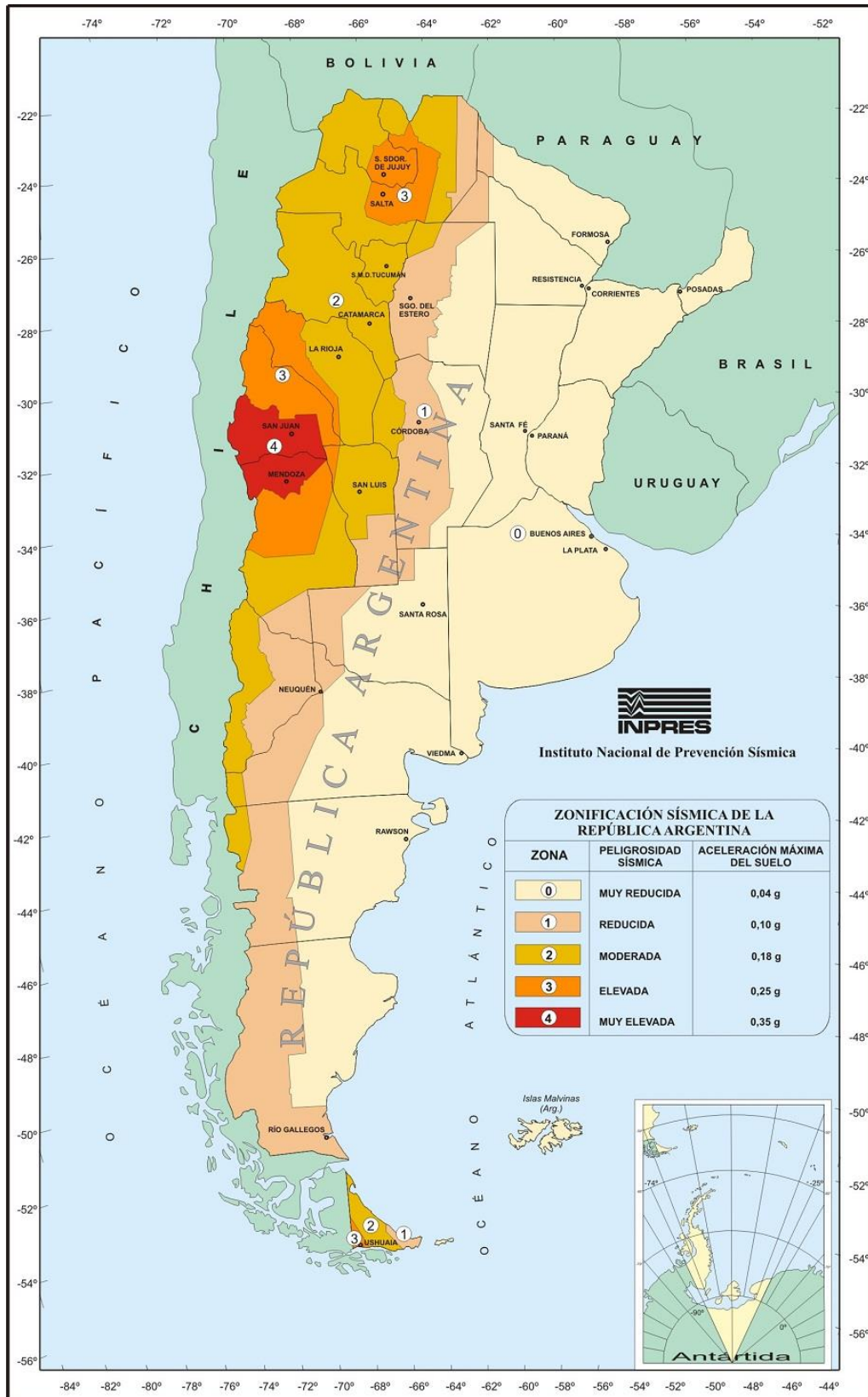
Se define lo que se entiende por construcciones con tierra reforzada. Conociendo las características resistentes de la tierra y atendiendo su incapacidad frente a esfuerzos de tracción y fragilidad ante acciones dinámicas, la ingeniería propone reforzarla convenientemente para otorgarle esas propiedades que le faltan.

8.4.- NE.080 - Artículo 4.- Consideraciones básicas

4.2.- La redacción del apartado 4.2 se reemplaza por la Tabla AT2. Límites geométricos de muros según zona sísmica conforme INPRES-CIRSOC 103.

4.3.- Las edificaciones con tierra deben cimentarse sobre suelos firmes. Se aplica INPRES-CIRSOC 103 – Parte I, apartado 2.3.2. Suelos que requieren evaluación específica (SF).

C8.4.- *Vale la aplicación del Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103 Parte I. También se requiere disponer límites para la construcción con tierra conforme el riesgo representado por la zonificación sísmica.*



Mapa de zonificación sísmica. INPRES 2012.

<http://contenidos.inpres.gob.ar/acelerografos/Reglamentos#Zonificaci%C3%B3n%20S%C3%ADsmica>

Tabla AT2. Límites geométricos de muros según zona sísmica.

Zona sísmica	Esbeltez $\lambda_v = h/e$	Relación de aspecto $\lambda_h = L/e$	Reforzamiento	Espesor mínimo (m)	Altura máxima (m)
0	≤ 10	≤ 15	Encadenado fundación, entrepiso y techo	0,25	4,00
1	≤ 8	≤ 12	Encadenado fundación, entrepiso y techo	0,25	3,60
2	≤ 8	≤ 12	Encadenado fundación, entrepiso y techo Refuerzo horizontal y vertical en toda la pared y en encuentros de muros y contrafuertes	0,30	2,40
3 y 4	≤ 6	≤ 10	Encadenado fundación, entrepiso y techo Refuerzo horizontal y vertical en toda la pared y en encuentros de muros y contrafuertes	0,40	2,40

h: altura de la pared con tierra entre encadenados inferior y superior.

e: espesor real del muro (sin considerar los revoques y revestimientos).

L: longitud de la pared entre contrafuertes, encadenados verticales o paredes perpendiculares.

En caso que la esbeltez o la relación de aspecto resulten diferentes a los valores indicados, cada paño debe cumplir con la relación:

$$\lambda_h + 1,25\lambda_v \leq 17,5$$

Si aún esto no fuere posible, el proyecto será respaldado por un estudio técnico que considere refuerzos que garanticen la integridad y estabilidad del sistema estructural. No se colocará encadenado vertical, columna ni pilar en el plano del muro en paredes con espesor mayor que 0,25m. En paredes de hasta 0,25 m. de espesor se reforzará el encuentro con malla o tejido entre el muro y el encadenado vertical hasta dos (2) veces el espesor del muro y en ambas caras.

C.AT2.- Se prescribe la colocación de encadenados en cualquier zona del territorio nacional. Estos encadenados mantienen la vinculación entre todas las paredes a nivel de entrepiso y techo, asegurando un comportamiento seguro frente a acciones estáticas y dinámicas. En zona sísmica 0, se prevé el uso de encadenado de fundación atendiendo la probabilidad que se presenten suelo de fundación inundables, napas de agua altas, suelos colapsables, arcillas expansivas, etc.

Conforme la Norma E080 los paños de muros que cumplen la relación prescrita, responden a las acciones fuera de su plano en forma estática. En los casos que la combinación de esbeltez y la relación de aspecto sea mayor que los límites establecidos, el proyectista estructural debe presentar un estudio técnico respaldatorio que verifique resistencia, integridad y estabilidad de las partes y del conjunto.

Los encadenados verticales y pilares tienen rigidez axial muy superior que la de las secciones de tierra, además, ésta se compacta más con el paso del tiempo. El encadenado horizontal queda "colgado" del pilar y el paño de pared queda en situación inestable, por esto se prescribe vincular el paño de tierra y el pilar en forma continua. Un revestimiento con geomalla puede resultar suficiente.

El espesor mínimo de 0.25 m. se prescribe atendiendo razones de confort higrotérmico, según diseño bioclimático.

8.5.- NE.080 -Artículo 6.- Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada

6.1 a 6.6 y Figura 2.- En cuanto corresponda, las dimensiones, esbeltez y espesores de muros de tierra se ajustarán a lo indicado en la Tabla AT2.- Límites geométricos de muros según zona sísmica.

6.8. En reemplazo de lo dispuesto en este apartado y las Tablas 1,2 y 3 se aplicará lo siguiente:

En la evaluación de fuerzas sísmicas y los desplazamientos que provocan se aplicará el Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103 Parte I. Se asume que las construcciones con tierra no pueden desarrollar deformaciones plásticas, por lo que se considerará sólo comportamiento lineal, con el factor de reducción $R=1,5$.

6.9. Inciso c) Los paramentos exteriores de los muros se deben proteger del contacto con la lluvia, incluyendo los efectos del agua impulsada por el viento. Del mismo modo debe protegerse de la erosión cualquier paramento o coronamiento de paredes expuestas a la intemperie.

C8.5.- *En cuanto corresponda al profesional y autoridad de aplicación, deben comprender los artículos 6.1 a 6.6 y la Figura 2 de la Norma peruana, considerando los límites establecidos en la Tabla AT2.*

Se considera que las construcciones de tierra regladas por esta Norma Técnica no tienen capacidad de desarrollar deformaciones plásticas. Por esto se asume que responden a la acción sísmica sólo en forma lineal.

Las protecciones de los paramentos pueden hacerse con elementos constructivos o con revestimientos. Los revestimientos (como revoques, enlucidos, pinturas, etc.) deben ser permeables al vapor de agua. Debe considerarse que un alero no impide que la lluvia moje la superficie, sobre todo cuando viene acompañada de fuertes vientos; en estos casos el o la proyectista debe adoptar soluciones compatibles con estas exigencias. Los aleros deben verificarse a la presión de levantamiento del viento conforme al CIRSOC 102.

8.6.- NE.080 -Artículo 7.3.1. Criterios para el diseño de muros basado en la resistencia

- a) El diseño de muros basado en la resistencia, debe considerar el área resistente de muros frente a la fuerza sísmica horizontal en su plano, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes:
- i. En construcciones de tierra con diafragmas horizontales flexibles a nivel de entresijos y techos los desplazamientos de los muros paralelos son independientes.
 - ii. Calculadas las áreas tributarias asociadas a cada muro, en cada nivel si es el caso, es posible calcular fuerzas horizontales de diseño, paralelas a la dirección del muro. Estas no deben sobrepasar los esfuerzos límites (artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio) multiplicados por el factor de resistencia (Φ).
 - iii. Para estos efectos, al área transversal del muro (largo por espesor), se puede añadir una fracción de los muros transversales o de arriostre, se trate de encuentros en "T" o en "L", en ambos extremos del muro. Esta área adicional no debe ser mayor al 20 % del área del muro en análisis.
- b) El diseño sísmico de muros en la dirección perpendicular a su plano.
- i) De acuerdo al número de apoyos de cada muro, que es función de los arriostres verticales, se calcula el esfuerzo de flexión del muro producido por fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano, considerando las paredes como placas apoyadas en el contorno y el comportamiento lineal de la tierra. Dichos esfuerzos no deben sobrepasar los esfuerzos límites a tracción por flexión (artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio) multiplicados por el factor de resistencia (Φ).
 - ii. Las vigas de encadenados proveen continuidad entre el conjunto de paredes y controlan los desplazamientos de cada muro fuera de su plano. Pueden considerarse apoyos laterales si se demuestra que tienen suficiente rigidez lateral respecto del mismo muro. Por tanto, en general los muros deben tener dos o tres apoyos, considerando también el piso.
- c) Entresijos y techos conformados como diafragmas rígidos o sistemas estructurales horizontales que transmiten acciones a todos los planos verticales.
- En estos casos las acciones laterales y torsiones (sismo o viento), se distribuirán considerando la rigidez de los elementos verticales resistentes. Los esfuerzos calculados no superarán la capacidad de los elementos resistentes. También se debe verificar la flexibilidad y capacidad resistente del diafragma y las conexiones entre los sistemas.

C8.6.- *Se ajusta la redacción de estos apartados al método de factores de carga y resistencia. Se tiene en cuenta la posibilidad de contar con un diafragma con rigidez adecuada, como resultan ser estructuras de contraviento o emplacados con madera compensada y equivalentes.*

8.7.- NE.080 -Artículo 9. Esfuerzos admisibles.

Se utilizan los esfuerzos admisibles según N.080-artículo 9, cuando las estructuras se verifican para Estados Límites de Servicio (sin considerar efecto sísmico).

Cuando las estructuras se verifican considerando el efecto sísmico, se admitirán como esfuerzos límites los esfuerzos de rotura indicados en N.080-artículo 8, con los factores de reducción de resistencia dados en la Tabla AT3.

Tabla AT3.- Factores de reducción de resistencia

Esfuerzo	Φ
Compresión y compresión localizada	0,6
Flexión	0,8
Cortante	0,7

C8.7.- *Salvo el reglamento de construcciones de madera (CIRSOC 601), los reglamentos argentinos prescriben la verificación de capacidad de los elementos estructurales en estado límite último, con el método de factores de carga y resistencia. Dado que INPRES-CIRSOC 103 indica la comprobación por estados límites últimos, en esta Norma Técnica se acepta verificar por estados de servicio las combinaciones de acciones gravitatorias y viento, en tanto se aplica la verificación por estados límites últimos por factores de carga y resistencia a las combinaciones que incluyen sismo. En este caso, los esfuerzos se tomarán directamente como los esfuerzos mínimos indicados en el artículo 8, con los factores de resistencia dados en la Tabla AT3.*

8.8.- Norma E 0.80. Artículo 10. Requisitos para las instalaciones eléctricas en edificaciones con tierra reforzada.

Estas exigencias no se aplican en zona sísmica 0, 1 y 2. Las canaletas para instalaciones no tendrán una profundidad mayor que 1/6 del espesor del muro.

8.9.- Norma E 0.80. Artículo 11. Requisitos para las instalaciones sanitarias en edificaciones con tierra reforzada.

Estas exigencias no se aplican en zona sísmica 0, 1 y 2. Las canaletas para instalaciones no tendrán una profundidad mayor que 1/6 del espesor del muro.

8.10.- (Adicional) – Requisitos para instalaciones técnicas en construcciones con tierra

Para cualquier instalación técnica incorporada a la construcción con tierra se aplica lo siguiente:

a) Las tuberías, ductos y conductos se colocarán aplicados, no se ubicarán en canaletas ni embutirán ni incrustarán, en zonas sísmicas 3 y 4. En zonas sísmicas 0, 1 y 2 sólo se permiten embutirlas en los paramentos hasta una profundidad de un sexto (1/6) del espesor del muro.

b) No se permite fijar tuberías, ductos, conductos y otros elementos a la masa de tierra. Serán fijados a elementos de vinculación y marcos de madera.

C8.10.- *La norma de referencia E080 no considera la presencia de otras instalaciones técnicas como gas, calefacción, acondicionamiento térmico, etc., dado que la resistencia y respuesta estructural de la construcción con tierra es susceptible a concentración de esfuerzos y debilitamientos en las secciones de los muros es necesario expresar y resaltar las limitaciones a hacer canalizaciones en muros de tierra. Lo mismo se limita respecto de la fijación de cañerías en la masa de tierra.*

8.11. Norma E 0.80. Capítulo V, Artículo 21. Obras patrimoniales de tierra

Para el proyecto y ejecución de intervenciones a construcciones patrimoniales y existentes se aplicará íntegramente este capítulo.

C8.11.- *Cuando se trata de intervenir en construcciones existentes, esta Norma Técnica se aplica en los mismos términos que a construcciones patrimoniales. Independientemente deben aplicarse las prescripciones de INPRES-CIRSOC 103, capítulo 11, en cualquier caso.*

REFERENCIAS GENERALES

CID, J., MAZARRÓN, F. R., CAÑAS, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Revista Informes de la Construcción. Disponible en:
[http://oa.upm.es/10611/2/INVE MEM_2011_95320.pdf](http://oa.upm.es/10611/2/INVE_MEM_2011_95320.pdf)

CYTED (1995). Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC, Programa CYTED (Ciencia y Técnica para el Desarrollo en Iberoamérica).

CYTED-HABITERRA-PROTERRA (2003). Proyecto XVI.6. Técnicas mixtas de construcción con tierra.

Department of housing and urban development office of international affairs. EEUU. (1998). A handbook for building homes of earth.

HABITERRA (1994). Arquitecturas de tierra en Iberoamérica. Graciela María Viñuales (comp.). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED.

MANUAL DE REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN ADOBE Y TAPIA PISADA - Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Disponible en:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Adobe_sistema_constructivo.pdf

MINKE, G. (2008). Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual (Tercera edición en castellano). Uruguay: Editorial Fin de Siglo.

NEVES, C. y BORGES FARIAS, O. (2011). Técnicas de construcción con tierra. RED IBEROAMERICANA PROTERRA.

Normas y Reglamentos INPRES CIRSOC. Disponible en:
<https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos>

RED IBEROAMERICANA PROTERRA (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra. Prácticas de campo. Disponible en:
[https://www.academia.edu/35702152/Selecci%C3%B3n de suelos y m%C3%A9todos de control en la construcci%C3%B3n con tierra Pr%C3%A1cticas de campo](https://www.academia.edu/35702152/Selecci%C3%B3n_de_suelos_y_m%C3%A9todos_de_control_en_la_construcci%C3%B3n_con_tierra_Pr%C3%A1cticas_de_campo)

THOMAS BOWEN (2017). A Best Practices Manual for Using Compressed Earth Blocks in Sustainable Home Construction in Indian Country. U.S. Department of Housing and Urban Development.

REFERENCIAS SOBRE NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES

- ABNT-NBR 8491: 2012. Brasil. Tijolo de solo-cemento-Requisitos.
- AFNOR: 2001. France. Compressed earth blocks for walls and partitions: definitions. Specifications. Test methods. Delivery acceptance conditions. XP P13-901, Saint-Denis La Plaine Cedex.
- AS 4678: 2002. Australian Standard. Earth-retaining structures.
- CID: 2004. New Mexico. Administrative Code 14.7.4. 2003 New Mexico Earthen Building Materials Code. Santa Fe, New Mexico: Construction Industries Division of the Regulation and Licensing Department.
- IS 13827: 2004 - Indian Standard - Improving Earthquake Resistance Of Earthen Buildings — Guidelines – Bureau of Indian Standards
- NCH 3332: 2013. Chile. Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra
- NTC 5324: 2004. Colombia. Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega. ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004.
- NTE.080: 1996, 2017, 2020. Perú. "Diseño y construcción con tierra reforzada".
- NZS 4297: 1998. New Zealand. Engineering design of earth buildings. Wellington: Standards New Zealand.
- NZS 4298: 1998. New Zealand. Materials and Workmanship for Earth Buildings. Wellington: Standards New Zealand.
- NZS 4299: 1999. New Zealand. Earth buildings not requiring specific design. Wellington: Standards New Zealand.
- RTS 91: 2014. El Salvador. Urbanismo y construcción en lo relativo al uso del sistema constructivo de adobe para viviendas de un nivel. Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica. San Salvador, El Salvador.
- UNE 41410:2008. España. Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

DOCUMENTOS ELABORADOS POR LA RED PROTIERRA ARGENTINA

Comisión Normativa (2020). Relevamiento y análisis de normas jurídicas y técnicas referidas a la construcción con tierra, vigentes en la República Argentina. Red Protierra Argentina.

Disponible en:

http://redprotierra.com.ar/wp-content/uploads/2020/07/ANALISIS-NORMAS-JUR%C3%8DDICAS-Y-T%C3%89CNICAS-CONSTRUCCION-CON-TIERRA-ARGENTINA_Completo.pdf

Comisión Materiales (2020). Nuevos protocolos de ensayo para la construcción con tierra: Elementos constructivos. Red Protierra Argentina. Disponible en:

<http://redprotierra.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/Protocolo-de-ensayos-sobre-elementos-constructivos-para-la-construcción-con-tierra.pdf>

Comisión Materiales (2020). Nuevos protocolos de ensayo para la construcción con tierra: Suelos en laboratorio. Red Protierra Argentina. Disponible en:

<http://redprotierra.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/Protocolo-de-ensayos-de-laboratorio-para-la-identificación-de-suelos.pdf>

Comisión Materiales (2020). Nuevos protocolos de ensayo para la construcción con tierra: Suelos en campo. Red Protierra Argentina. Disponible en:

<http://redprotierra.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/Protocolo-de-ensayos-de-campo-para-la-identificación-de-suelos.pdf>