



DIAGNÓSTICO DE DAÑOS EN VIVIENDAS DE ADOBE CAUSADOS POR EL TERREMOTO 2021 SAN JUAN, ARGENTINA

Vanesa Torres Atencio¹, Leonardo Jesús Funes², Mariano Matar Arturo³

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat -Facultad de Arquitectura-, Universidad Nacional de San Juan-Argentina,

¹arqveta04@gmail.com; ²despachodpdu@gmail.com; ³marianomatararturo@gmail.com

Palabras clave: Construcción con tierra, evento sísmico, casa rural, daños constructivos

Resumen

La Provincia de San Juan se localiza en la República Argentina, ubicada en el centro-oeste del país, en la región de mayor riesgo sísmico. En este contexto, en las zonas rurales y semirurales de la provincia se continúa construyendo y auto-construyendo con tierra, dado que es un material de bajo costo y de fácil accesibilidad para la población. El objetivo de este informe es desarrollar un diagnóstico para evaluar las características de los daños observados por el evento sísmico ocurrido en enero del 2021. Se analizan las muestras de forma individual según indicadores de estudio: ubicación, distancia al epicentro, características morfológicas. Se comparan las muestras, evaluando el grado de daño existente generado por el sismo, diferenciando daños severos con riesgo de colapso, y daños reparables. Con la información obtenida se puede determinar un gran número de viviendas perjudicadas, por falencias constructivas principalmente por ejecución técnica inapropiada y/ o falta de mantenimiento, lo que deja en evidencia la necesidad urgente de una ley que regularice esta técnica constructiva en esta región con alto grado de sismicidad.

1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Juan se localiza en la porción centro-oeste de la República Argentina, se ubica en la región de mayor riesgo sísmico; esto se debe a la cercanía respecto al punto de convergencia entre la placa tectónica Nazca y la placa tectónica Sudamericana (Ortiz, 2021). Según el Instituto Nacional de Prevención Sísmica de la República Argentina (INPRES), algunos de los antecedentes más importantes que se conocen en la provincia son: 1894, con una intensidad máxima de IX en la escala Mercalli; 1944 con una intensidad máxima de IX grados Mercalli; 1952, se estimó una intensidad de VIII grados Mercalli; 1977, con una intensidad máxima de IX grados Mercalli.

Luego de 44 años del último terremoto destructivo que afectó la región, el 18 de Enero del 2021, un fuerte sismo azotó la provincia de San Juan, aproximadamente a unos 40 km al suroeste de la ciudad (31,81° S / 68,74° O), con una magnitud de 6,46 Mw en la escala de Richter y 8 km de profundidad, con características de ondas sísmicas superficiales, el epicentro se localizó en la Precordillera Sanjuanina. Un antecedente importante que tiene esta región es que el terremoto de 1952 con una magnitud de 6,8 Mw, tuvo su epicentro en la misma zona en la que ocurrió el sismo de enero de 2021.

Según estudios del grupo de sismotectónica CIGEOBIO, la mayor liberación de energía tuvo una duración de 5 segundos, la intensidad máxima en la escala Mercalli Modificada fue de grado VII. En las 72 horas posteriores al evento sísmico principal se registraron 154 réplicas de magnitudes entre 2,5 y 5,3 Mw. En zonas cercanas al epicentro se identifican un gran número de construcciones que presentan daños considerables, riesgo de colapso y otras que se encuentran con daños reparables.

A pesar de los antecedentes sísmicos, en zonas rurales se continúa construyendo y autoconstruyendo con tierra, por la disponibilidad de los materiales y su fácil acceso. Pero esta práctica constructiva se encuentra excluida de control dado que no existe una normativa que regule esta técnica constructiva en San Juan, dado que el código de Edificación (LP/3769-1973) considera como estructura resistente a las constituidas por muros de ladrillos macizos o bloques huecos cerámicos o bloques de hormigón, quedando

la construcción con tierra fuera de cualquier normativa¹, motivo por lo cual las técnicas constructivas vernáculas se fueron perdiendo paulatinamente. Debido a estos factores se observan construcciones técnicamente inestables que aumentan la vulnerabilidad frente al riesgo sísmico.

2. OBJETIVO

Diagnosticar las características y daños más comunes provocados en construcciones de adobe a partir del relevamiento de los edificios damnificados por el reciente terremoto de enero de 2021 en la provincia de San Juan.

Analizar las fallas y problemas provocados por un evento sísmico en casas de adobe, para constatar deterioros severos, riesgo de colapso o daños reparables.

Identificar daños en viviendas de adobe, comparar y verificar con recomendaciones establecidas en la Ley provincial 6541 vetada en 1994.

3. METODOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO

El relevamiento se realiza por investigadores dependientes del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de San Juan, sin acompañamiento gubernamental. Se analiza un sector acotado al suroeste del departamento Pocito, el área de muestreo es el distrito denominado Carpintería de características rurales con una población de 1135 habitantes (580 hombre y 554 mujeres), (INDEC, 2010). Se ubica a 32 km de la ciudad de San Juan y a unos 23 km del epicentro, del evento sísmico de enero del 2021 (figura 1).

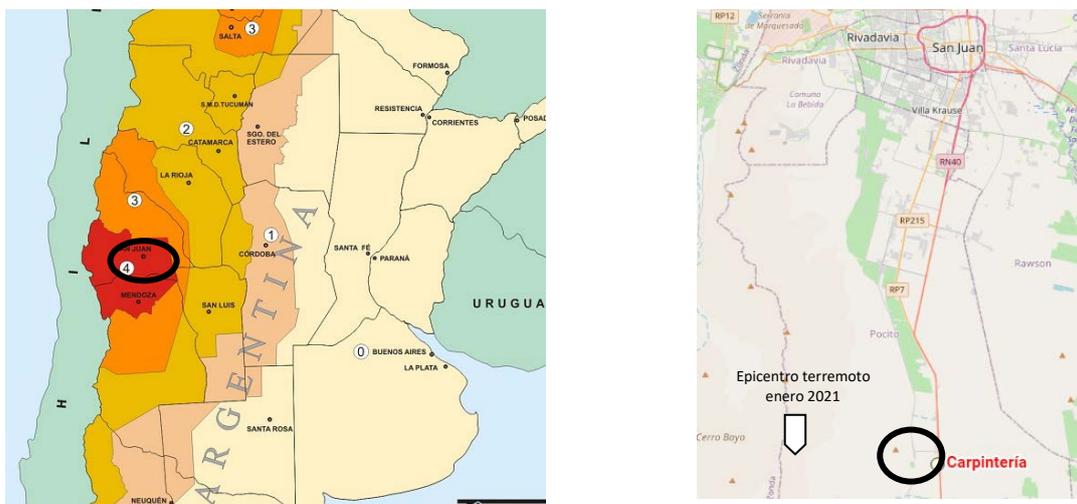


Figura 1: Mapa INPRES zonificación sísmica Argentina- zonas de muestreo y epicentro del terremoto de enero del 2021 en San Juan

Los principales criterios para determinar las zonas de estudio son:

- Determinación de población más cercana al epicentro
- Relevamiento de casas rurales construidas con tierra
- Clasificación de daños y colapso
- Planteo de hipótesis y conclusiones

¹ Resolución N° 5580 del ex - Honorable Consejo de Reconstrucción de San Juan de fecha 31 de Julio de 1951, que remite a las Normas INPRES - CIRSOC 103 Anexo III regla las Construcciones de Mampostería (1983)

Se toman como referencias bibliográfica para la determinación de las variables de análisis las normativas: E.080 (2017), Reglamento de construcciones sismorresistente de tierra mejorada (2018) y las pautas o requerimientos constructivos establecidos en IDIA (1979).

Durante el diagnóstico se identifican las fallas más comunes que presentan las viviendas de adobe y se comparan las muestras evaluando daño grave, colapso, daños leves.

Para determinar los daños se elaboran planillas para la recolección de datos. Se interpusieron diferentes indicadores que se clasificaron en:

- Año aproximado de construcción
- Distancia al epicentro del sismo
- Estado de conservación y calidad de mantenimiento
- Uso del edificio
- Riesgos de pérdida de estabilidad generada por el sismo (deterioros leves con reparación, colapso)
- Diseño y distribución de la vivienda (Norma E.080, 2017)
- Estructura de la vivienda
- Grado de esbeltez
- Tipo de fallas comunes en adobe (fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos, pandeo, caídas de mampuestos)

4. RESULTADOS

Las construcciones rurales relevadas representan una pequeña parte de los edificios damnificados, siendo un total de 100 viviendas de adobe el número de muestras analizado detalladamente. Este número acotado se debe a la baja densidad poblacional del sector que va de 25 a 120 habitantes por km², según INDEC (2010), y a que la zona con mayor cantidad de daños constructivos identificada no representa una muestra fidedigna debido a que muchas casas de adobe que no colapsaron se demolieron inmediatamente por los habitantes de la comunidad. Dentro de las muestras analizadas que cumplen con las variantes de análisis se puede detectar:

- a) En un 60% de las muestras representan construcciones anteriores al año 1977 se detectan fisuras y grietas, al igual que desprendimientos de revoques, daños en cubiertas superiores.
- b) En un 15 % se observan derrumbes parciales de muros. Se identifican patologías constructivas por mal o inadecuado mantenimiento y presencia de humedad.
- c) El 40% de las muestras corresponde a construcciones menores a 30 años de edificación con plantas irregular, vanos de ventanas y puertas descentradas, falta de viga collar, tirantes de techos de rollizos de madera de álamo con sección irregular apoyados sobre muro de adobe, sobrepeso de tierra sobre cubiertas superiores, sin cimientos ni sobrecimientos, sumado a esto el deficiente mantenimiento.
- d) Un 10% de estas muestras poseen revoques cementicio tanto en interior como exterior.
- e) Un 80% de las muestras analizadas presentan fisuras de forma longitudinal, horizontal y en diagonal, las cuales se presentan en un solo lado del muro. Se observan en la parte superior de puertas, ventanas y en encuentros de muro con coronamiento superior (figura 2). Las grietas longitudinales afectan a elementos constructivos principalmente encuentros de muros perpendiculares. Las grietas verticales en la intersección de muros, se detectan en un 50% de las muestras (figura 3)
- f) En el 50 % de los casos donde se observa desprendimiento de revoques corresponde al excesivo grosor de la capa y la incompatibilidad entre los materiales (figura 4)

- g) Se detectan en algunas muestras desplazamiento lateral de muro por la presencia de ampliaciones que modifican la geometría de la planta original. Las grietas diagonales producidas por desgarre en las esquinas (figura 5a) tienen su punto inicial hacia la parte superior de los paramentos desarrollándose hacia el vértice inferior. Se observa desplazamiento horizontal a lo largo del muro, generando rotura escalonada con aberturas de juntas de 6 mm (figura 5b)
- h) Se identifica daños en cubiertas superiores en el 100% de las muestras relevadas techo de rollizos de madera de álamo con sección irregular, caña de castilla con tierra como aislante térmico. En un 40% las fallas graves se presentan por desvinculación de tirantes (rollizos) de madera con muro, inexistencia de coronamiento superior, además de mantenimiento inexistente y exceso de peso por grandes cantidades de capas de tierra (figura 6a). En un 60% se visualizan fallas en rollizos de madera de álamo por sección irregular e insuficiente y roturas en forma longitudinal en el sentido de las fibras (figura 6b)
- i) Un 20% es el porcentaje de colapsos generados por este evento sísmico, particularmente en áreas próximas al epicentro, pudiendo determinar que los casos de destrucción y desplome de muros y cubiertas se debe a la falta de elementos de refuerzo como vigas de encadenado superior (viga collar), contrafuertes, sobrecimientos, esto sumado al mal mantenimiento de los edificios (figura 7)



Figura 2. Fisuras y grietas. Departamento Pocito a 28 km del epicentro del terremoto:
a) viviendas al Noroeste; b) edificio industrial al Sureste



Figura 3. Fisuras y grietas. Departamento Pocito a 25 km del epicentro del terremoto:
a) área Suroeste; b) área Noroeste



Figura 4. Desprendimientos y fisuras de revestimientos. Departamento Pocito. a) viviendas al Noroeste a 28 km del epicentro del terremoto; b) área Suroeste a 25 km del epicentro del terremoto



Figura 5. Deformaciones y fisuras de muros. Área Suroeste del Departamento Pocito. a) a 25 km del epicentro del terremoto; b) a 24 km del epicentro del terremoto



Figura 6. Daños en cubiertas superiores. Departamento Pocito: a) área Suroeste a 27 km del epicentro del terremoto (crédito: Municipio de Pocito); b) viviendas al Noroeste a 28 km del epicentro del terremoto



Figura 7. Colapso de edificaciones a Suroeste del departamento Pocito (crédito: Municipio de Pocito)

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El diagnóstico realizado sirve para exponer de qué manera la incidencia de fuertes eventos sísmicos deriva en daños constructivos graves los cuales se potencian en construcciones rurales por la falta de asesoramiento y capacitación, incrementando aún más la vulnerabilidad de las comunidades más desvalidas. Las problemáticas constructivas observadas en las viviendas rurales damnificadas por el evento sísmico de enero del 2021, construidas con adobe, se presentan principalmente por desconocimiento de la técnica constructiva e inadecuada o nulo mantenimiento. Los daños más comunes observados son:

- 90% - Fisuras mayores a 3mm.
- 15% - Grietas y desplazamiento en zona crítica de encuentro de muros y aberturas.
- 30% - Desplazamiento en vinculación entre los muros y los rollizos de la cubierta.
- 20% - Derrumbe y deformación parcial de muros en esquinas y centro.
- 30% - Rollizos con deformaciones (descensos) y agrietamientos en la sección.
- 80% - Desprendimiento de revoques, agrietamiento de revoques y cielorrasos.
- 20% - Daños graves por desplazamiento y derrumbe de muros.

En 1994 la Cámara de Diputados aprueba la Ley 6541, la cual regulaba todas las construcciones nuevas de adobe en las zonas rurales y suburbanas, dentro del territorio de la Provincia de San Juan. Además facultaba a los municipios como entes de control en la aplicación de la misma. La Ley fue aprobada en noviembre y vetada en diciembre del 1994, por parte del Poder Ejecutivo Provincial, dando lugar a un vacío normativo que se mantiene hasta la actualidad. Los requerimientos planteados en esta ley son:

Capítulo I	Capítulo II
I.1 Módulos de elasticidad	II.1 Requerimientos para el diseño formal de la vivienda
I.2 Refuerzos de cañas	II.2 Requerimientos constructivos
I.3 Estabilidad de los muros	
I.4 Coeficiente sísmico	

La plena aplicación y el control de la Ley vetada en la provincia permitirían un contexto más seguro para este tipo de construcciones, mediante la formulación de planes y programas provinciales destinados a la ejecución y mantenimiento de las construcciones de adobe; los daños graves detectados se podrían minimizar. Las condiciones relevadas en las viviendas en relación a los diferentes niveles de daños son una muestra de la falta de regulación y control sobre el tema.

Un antecedente técnico en la provincia y por lo cual se prioriza la necesidad de control es un grupo de viviendas construidas por el gobierno provincial a través del "Consejo de Reconstrucción" creado a partir del terremoto de 1944 en San Juan el que elabora una serie de recomendaciones para construcción nueva con adobe. En la década del 1950 se construyen cuatro barrios en adobe siguiendo las recomendaciones del consejo mencionado. Concretamente se tomó como ejemplo la Villa San Miguel, barrio de 86 viviendas construido en 1953 y localizado en la zona Nord-oeste a 31 km aproximadamente del epicentro del evento sísmico de enero del 2021 en departamento de Rawson (figura 8).

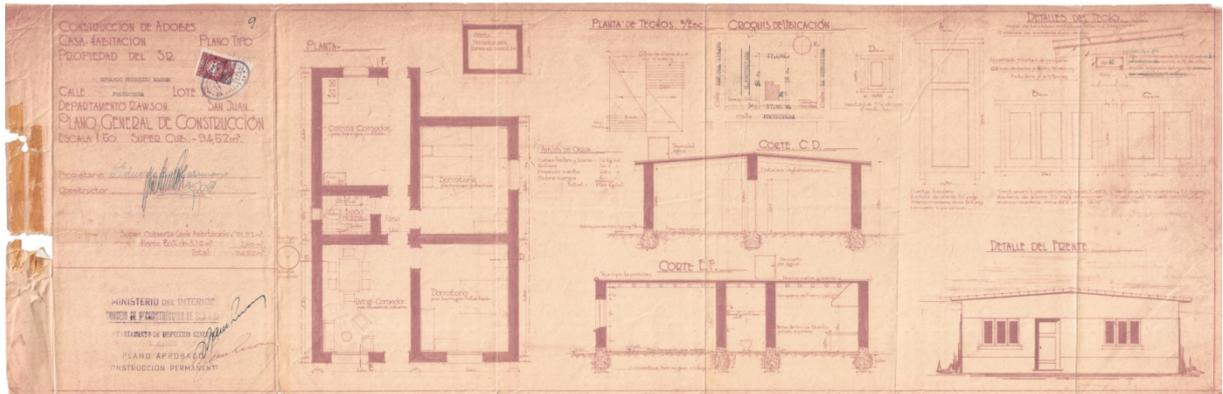


Figura 8. Plano aprobado por el Gobierno de San Juan en 1953, Villa San Miguel

Al día de la fecha las viviendas se encuentran en buen estado habiendo superado el terremoto de Cauce de 1977 y sismos de intensidad considerable con anterioridad. Un papel preponderante juega el mantenimiento que sus propietarios han ejercido en las viviendas en las sucesivas generaciones que las habitan, por otro lado, el suelo donde se emplaza el barrio no contiene sales y tiene capacidad portante. Se observan las recomendaciones principales, planta compacta, cimentación en suelo firme, sobrecimiento sobre nivel de piso terminado, esbeltez en altura no mayor de 8 veces el espesor del muro, aberturas pequeñas centradas en los paños de muro, dinteles armados y viga collar, techos de rollizos y cañas, entre otras (figura 9).



Figura 9. Viviendas Villa San Miguel

6. CONSIDERACIONES FINALES

Se observa en este diagnóstico que, en áreas rurales de la provincia de San Juan, aún se autoconstruye con tierra, habiendo perdido gran parte de las tradiciones vernáculas. Se puede detectar un gran número de viviendas perjudicadas por falencias constructivas, principalmente por técnica inapropiada lo que evidencia la necesidad urgente de planificar e intervenir desde el asesoramiento y capacitación a comunidades rurales, sumado a una norma que regularice esta técnica constructiva en una región con alto grado de sismicidad.

La realidad indica que, por su bajo costo y fácil accesibilidad, el uso del adobe continuará siendo, para sectores de la sociedad, una práctica difícil de reemplazar, situación que debe ser atendida. Otro dato a tener en cuenta es que la elección de la tierra como material de construcción está en aumento en grupos sociales de mayores recursos económicos que lo

asocian a una solución sustentable y por intermedio de profesionales demandan la realización de proyectos dentro de un marco normativo específico.

Este diagnóstico refleja la importancia de los reiterados pedidos por parte de constructores, profesionales e investigadores locales durante años en la necesidad de promover una legislación a nivel provincial que encuadre en un contexto nacional e internacional, teniendo como antecedente las ordenanzas municipales vigentes en los departamentos de Lavalle y las Heras de la provincia vecina de Mendoza, que se encuentran en la misma zona de riesgo sísmico que San Juan según la zonificación del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) a nivel nacional. Esto podría ayudar a evitar pérdidas de vidas humanas, contribuyendo a disminuir el riesgo de colapso en las edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IDIA – Instituto de investigaciones antisísmicas (1979). Diseño antisísmico (Tomos I, II y III). Argentina: Programa de investigación aplicada y desarrollo tecnológico, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de San Juan; Ministerio de salud y acción social, Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental.

INDEC – Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). Censo Nacional de población, hogares y viviendas 2010. Argentina

Ley nº 6.541 (1994). Cámara de Diputados de la provincia de San Juan. Disponible: <https://diputadosanjuan.gob.ar/leyes-sancionadas/item/2918-ley-n-6541>

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

Ortiz, G. (2021) La investigación después del temblor. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de San Juan .Disponible: <https://www.conicet.gov.ar/la-investigacion-despues-del-temblor/>

Reglamento de construcciones sismorresistente de tierra mejorada (2018). Municipalidad de Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al equipo de investigadores pertenecientes al Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa), dependiente de la Facultad de Arquitectura, urbanismo y diseño de la Universidad Nacional de San Juan bajo la dirección del Arq. Arturo Pereyra.

AUTORES

Vanesa Torres Atencio, maestrando en diseño de emprendimientos estratégicos sostenibles; diplomado en bioconstrucción, especialista en docencia universitaria, arquitecta. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, cátedras, Instalaciones II, Construcción con Tierra, Diseño Bioclimático, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa).

Leonardo Jesús Funes, diplomado en bioconstrucción, arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, profesor adjunto a cargo en la cátedra Instalaciones II, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) en la temática tecnologías constructivas con materiales regionales apropiados para zonas áridas. Asesoría arquitectónica en la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano.

Mariano Matar Arturo, diplomado en bioconstrucción, arquitecto. Docente adscripto de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, cátedra Construcción con Tierra, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) en la temática tecnologías constructivas con materiales regionales apropiados para zonas áridas.