

Peligro de Ruptura Superficial de Falla en el norte del Gran Mendoza

Francisco Mingorance⁽¹⁾

(1) IMERIS-AGTPS, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, fmingorance@uncu.edu.ar

Resumen

La ruptura superficial de falla es un peligro geológico primario asociado a terremotos, que representa la migración hacia la superficie del fallamiento causal ocurrido en profundidad. En general, la recurrencia del fallamiento superficial es esperada principalmente a lo largo del trazo de fallas preexistentes, y la misma dependerá del tipo genético de falla y de la mecánica de su deformación superficial. Patrones de deformación superficial observados durante terremotos compresivos muestran que extensiva deformación primaria y secundaria ocurre en el bloque levantado de la falla causal, mientras que escasa o inexistente deformación tiene lugar en su bloque descendido. Evidencias geomorfológicas y estratigráficas, junto con indicadores morfométricos, sugieren que la recurrencia del fallamiento más reciente en el tramo central de las fallas de corrimiento La Cal y Las Peñas, tomó lugar principalmente a lo largo del trazo de falla principal. Se aplicaron los criterios vigentes en California y en Nueva Zelanda para evaluar el Peligro de Ruptura Superficial de Falla en sectores periurbanos del Departamento Las Heras. Los resultados preliminares sugieren que es necesaria una adaptación local de los coeficientes propuestos en dichos criterios internacionales, a los efectos de lograr una delimitación consistente y efectiva de la Zona de Exclusión.

Palabras-clave: *Ruptura Superficial, Fallas Compresivas, Peligro Geológico, Gran Mendoza*

1. INTRODUCCIÓN

El movimiento sísmico del terreno y la deformación tectónica cosísmica de la superficie terrestre (ruptura superficial de falla, RSF) son manifestaciones del movimiento de falla en profundidad. De estos efectos sísmicos primarios, el primero típicamente conduce a una mayor pérdida de vida y significativos daños a las estructuras, mientras que el segundo pone un serio peligro geológico local (asociado a terremotos) en muchos sitios simultáneamente, aún en aquellos separados por grandes distancias.

En zonas tectónicas compresivas similares al norte de Mendoza, la ruptura cosísmica asociada a fallas activas inversas y a corrimientos de bajo ángulo puede producir importantes cambios topográficos verticales (y en menor medida horizontales) permanentes, generando localmente relieve y pudiendo afectar tanto a estructuras para uso humano como a líneas vitales, y aún a emplazamientos de estructuras e instalaciones críticas.

Los grandes terremotos compresivos de Chi-Chi (Mw 7.6), Taiwán (1999) y Wenchuan (Mw 8.0), China (2008), fueron recordatorios de los devastadores efectos de la RSF sobre diversos tipos de estructuras ingenieriles e instalaciones, en regiones urbanizadas sin medidas de mitigación previas. En el primero, más de 80 km de RSF produjeron cantidades de desplazamiento cosísmico vertical variable entre 2 m y 9 m ([Bilham y Yu, 2000](#); [Lin et al., 2003](#)), mientras que en el segundo, dos zonas de RSF de 240 km y 90 km de longitud, generaron cantidades máximas de desplazamiento vertical entre 6.2 m y 3.5 m, respectivamente ([Du et al., 2012](#)).

Las fallas compresivas, en las cuales el bloque levantado se mueve relativamente (y se impone) sobre el bloque descendido, muestran un complejo arreglo de expresiones geomorfológicas, que se resuelve generalmente en trazos de falla sinuosos, cortos e irregulares (Yeats *et al.*, 1997),

Patrones de deformación superficial observados durante terremotos compresivos (Fig. 1), muestran que extensiva deformación primaria y secundaria ocurre en el bloque elevado de la falla causal, mientras que escasa (o ninguna) deformación tiene lugar en su bloque descendido (Lettis y Kelson, 2000).

La mayoría de estos patrones, con algunas variaciones menores y posibles combinaciones entre ellos, fueron reconocidos en el tramo de falla que experimentó deformación superficial en 1861 (Mingorance, 2006; 2010), sobre el sector septentrional de la falla de corrimiento La Cal, en el Departamento Las Heras, Provincia de Mendoza.

El importante daño a zonas urbanizadas, debido a RSF, durante el terremoto de San Fernando, California de 1971, motivó la promulgación del decreto Alquist-Priolo de 1972 (Bryant y Hart, 2007), con el objeto de evitar la construcción de viviendas a través de fallas activas.

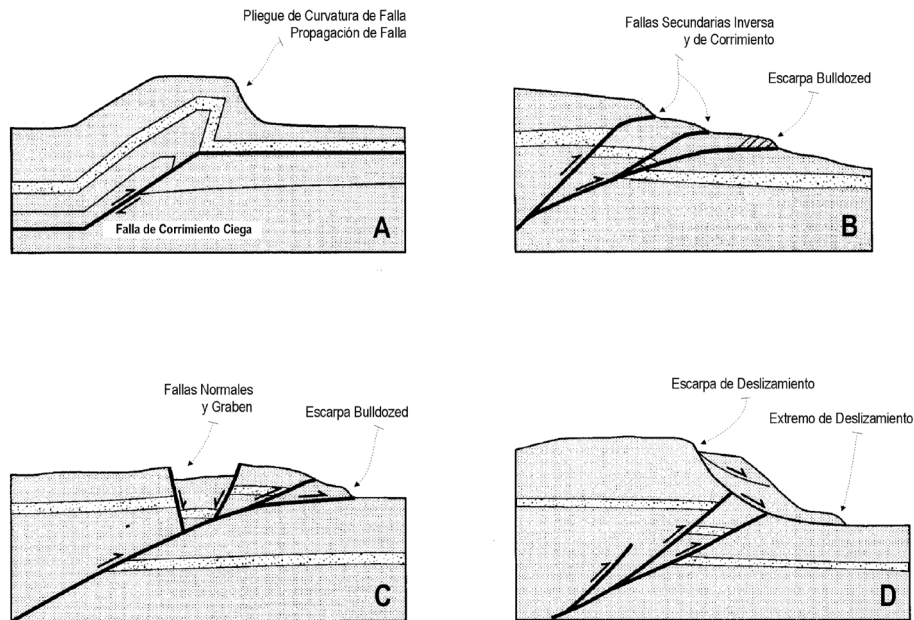


Figura 1. Patrones de deformación superficial característicos de fallas activas compresivas (simplificado de Lettis y Kelson, 2000).

En el norte de Mendoza, dos sectores con parámetros del fallamiento conocidos (Tabla 1) fueron seleccionados en la porción central del corrimiento La Cal y en la porción centro-sur del corrimiento Las Peñas (Fig. 2), con el objeto de evaluar cuantitativamente el *Peligro de Ruptura Superficial de Falla*, aplicando criterios de alcance internacional.

Detallada información geomorfológico-tectónica y paleosismológica reciente (Schmidt *et al.*, 2011; Salomon *et al.*, 2013), junto con evidencias geomorfológicas, estratigráficas e indicadores morfométricos, sugieren fuertemente que la recurrencia del fallamiento superficial más reciente tomó lugar aproximadamente a lo largo del trazo de falla principal en los dos sectores evaluados (Mingorance, 2010; Mingorance y Reta, 2014).

Análisis geomorfológico – tectónico e inspecciones paleosismológicas fueron conducidos recientemente en los dos sectores bajo estudio (y en otros sectores adicionales de la falla La Cal), las cuales se apoyaron con la interpretación de fotografías de bajo ángulo de inclinación solar e imágenes satelitales digitales de alta resolución, además de tecnología GPS. Como resultado, se identificaron y posicionaron evidencias geomorfológicas y estratigráficas de fallamiento normal e inverso en el bloque elevado de la falla La Cal a diferentes distancias del trazo de falla principal. En el sector asociado al corrimiento Las Peñas, por otro lado, se identificaron principalmente evidencias estratigráficas de fallamiento normal con componente de rumbo, fallamiento inverso con vergencia oriental y occidental, y posible fallamiento de rumbo con componente normal en el interior del bloque elevado, a diferentes e importantes distancias desde el trazo de falla principal (*Mingorance y Reta, 2014*).

La relación espacial y geométrica entre el trazo de la falla principal y el fallamiento (interpretado como secundario) identificado en el bloque elevado de ambas estructuras activas, fue comparada con el criterio aplicado en California (*Bryant y Hart, 2007*) y en Nueva Zelanda (*Langridge y Ries, 2009*) para definir la dimensión (ancho) de la Zona de Peligro de Ruptura de Falla (Zona de Exclusión).

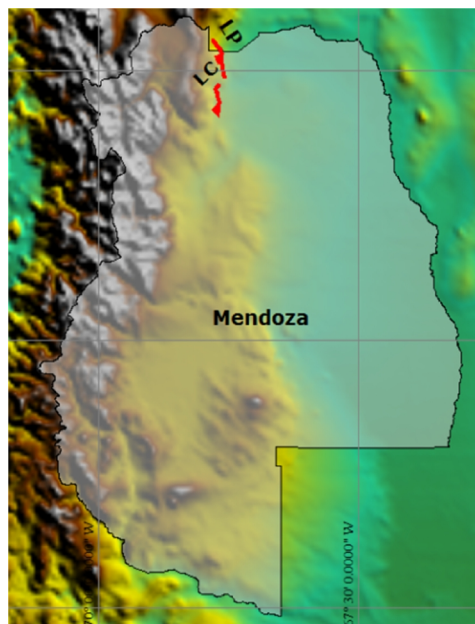


Figura 2. Localización de las fallas activas compresivas La Cal (LC) y Las Peñas (LP) en el norte de Mendoza (*Mingorance y Reta, 2014*).

Tabla 1. Parámetros generales del fallamiento para las fallas activas estudiadas (*Mingorance y Reta, 2014*)

| Falla | Tipo Genético | Tasa de Movimiento (Vertical) | Deformación Progresiva | Edad de la Deformación | Intervalo de Recurrencia Promedio (para DIP) | Desplazamiento Individual Promedio (DIP) |
|-----------|---------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--|--|
| La Cal | Corrimiento | 3.4 mm/año | Si | Histórica - Holocena | < 500 años | 1.05 m |
| Las Peñas | Corrimiento | 0.9 mm/año | Si | Holocena | ~1000 años | 0.92 m |

2. CONCLUSIONES GENERALES

El criterio californiano, basado en los conceptos “suficientemente activa” y “bien definida”, define una Zona de Exclusión simétrica (ejemplo en Fig. 3), que es muy ajustada para contener la deformación secundaria en el bloque elevado del sector La Cal, y verdaderamente insuficiente para el bloque elevado del sector Las Peñas.

El criterio neozelandés, por otro lado, se basa en los conceptos “complejidad de falla” (incertidumbre en la localización) y “recurrencia promedio del fallamiento”; y define una Zona de Exclusión asimétrica, con mayor extensión lateral (ancho) para el bloque elevado. Si bien este criterio (zona asimétrica) parece más adecuado para fallas activas compresivas, la dimensión propuesta de la Zona de Exclusión es peligrosamente ajustada para el bloque elevado del sector La Cal, y también insuficiente para contener la deformación en el bloque elevado del sector Las Peñas.

Se propone un criterio alternativo (adaptado localmente) para aplicar con relativa efectividad en el norte de Mendoza, eventualmente en el Gran Mendoza (*Mingorance y Reta, 2014*).

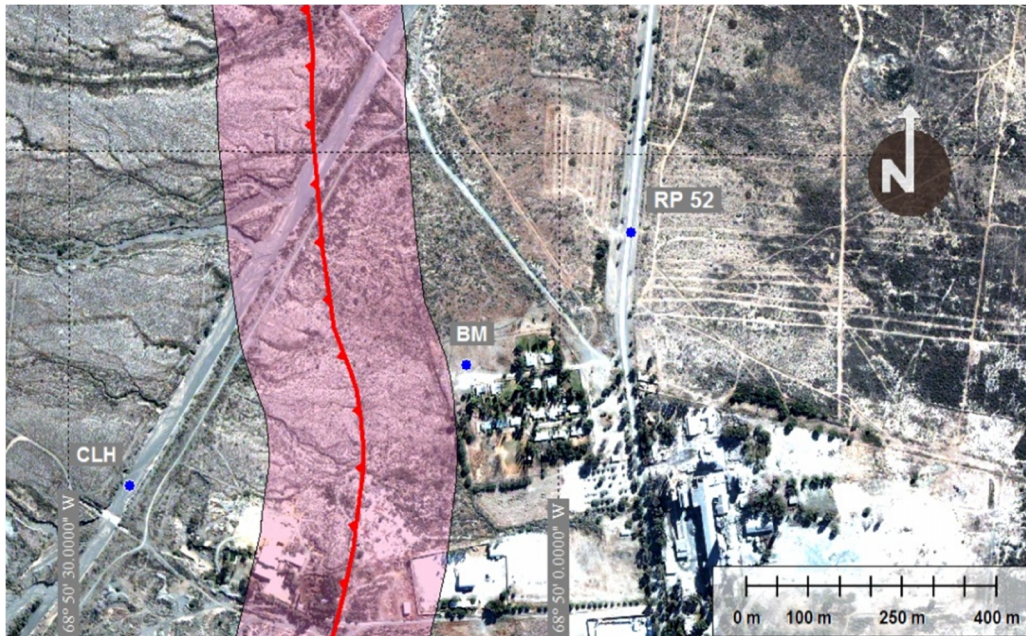


Figura 3. Delineación de la Zona de Peligro de Ruptura de Falla (franja rosada) en un tramo periurbano del corrimiento La Cal, según el criterio californiano (CGS, SP 42). CLH: Colector Aluvional Las Heras, BM: Barrio Minetti (*Mingorance y Reta, 2014*).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a la Empresa HOLCIM y al Municipio de Las Heras por su colaboración logística con la presente investigación. La presente investigación es llevada a cabo en el marco del Programa 06/P23 (2015 – 2019) financiado por la SCTyP de la UNCuyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bilham, R., Yu, T., (2000). *The morphology of the thrust faulting in the 21 September 1999, Chi-Chi, Taiwan earthquake*. Journal of Asian Earth Sciences, 18, 351-367.

Bryant, W., Hart, E., (2007). *Fault-rupture hazard zones in California*. California Geological Survey, Special Publication 42: 42 p (interim revision 2007).

Du, Y., Xie, F., Wang, Z., (2012). *Wenchuan earthquake surface fault rupture and disaster: A lesson on seismic hazard assessment and mitigation*. International Journal of Geophysics, volume 2012, article ID 974763, 06 p.

Langridge, R., Ries, W., (2009). *Mapping and fault rupture avoidance zonation for the Alpine fault in the West Coast region*. Consultancy report 2009/18, Institute of Geological and Nuclear Sciences Limited, New Zealand, 47 p.

Lettis, W., Kelson, K., (2000). *Applying geochronology in paleoseismology*. In Stratton Noler, J., Sowers, J. y Lettis, W (eds.) Quaternary Geochronology-Methods and applications, AGU reference shelf 4, 479-496.

Lin, C., Lee, Y., Huang, M., Lai, W., Yuan, B., Huang, C., (2003). *Characteristics of surface ruptures associated with the Chi-Chi earthquake of September 2, 1999*. Engineering Geology, 71, 13-30.

Mingorance, F., (2006). *Morfometría de la escarpa de falla histórica identificada al norte del Cerro La Cal, zona de falla La Cal, Mendoza, Argentina*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61, 4, 620–638.

Mingorance, F., (2010). *Peligro de ruptura superficial de falla en el sector norte del Gran Mendoza*. XXXIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, ASAAE, San Juan, Argentina, 1, 19 p.

Mingorance, F., Reta, G., (2014). *Evaluación preliminar del peligro de ruptura de falla en dos corrimientos activos migrando hacia el valle, norte de Mendoza*. XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba, S18-14, 2 p.

Schmidt, S., Hetzel, R., Mingorance, F., Ramos, V., (2011). *Coseismic displacements and Holocene slip rates for two active thrust faults at the mountain front of the Andean Precordillera (~33°S)*. Tectonics, Vol. 30, TC5011, 15 p.

Salomon, E., Schmidt, S., Hetzel, R., Mingorance, F., Hampel, A., (2013). *Repeated folding during Late Holocene earthquakes on the La Cal thrust fault near Mendoza city (Argentina)*. Bulletin of the Seismological Society of America, 103, 2A, 936-949.

Yeats, R., Sieh, K., Allen, C., (1997). *The geology of earthquakes*. Oxford University Press, 568 p., New York.