

INFORME

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN UN SECTOR DE LA BARDA DE VILLA REGINA Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD GEOLÓGICA



Dr. Fernando X. Pereyra
Geólogo

Dirección de Geología Ambiental y Aplicada
Instituto de Geología y Recursos Minerales
Servicio Geológico-minero Argentino (SEGEMAR)

Mayo 2015

INTRODUCCIÓN

En el mes de abril del 2015 en un sector de la barda ubicada al norte de la localidad de Villa Regina (Río Negro) se observó la presencia de una serie de grietas, especialmente una de separación considerable, en el sector superior de la pendiente constituyendo una situación de potencial peligrosidad para los pobladores localizados inmediatamente al pie de la barda y diferentes instalaciones e infraestructura allí presente.

Esta situación motivo la pronta acción de la Municipalidad de Villa Regina y la toma de una serie de medidas preventivas. Complementando las acciones, autoridades municipales solicitaron al SEGEMAR el estudio del sector, la evaluación del riesgo geológico y la formulación de propuestas concretas de acción.

Consecuentemente, el autor de este informe, fue enviado por el SEGEMAR a hacer un estudio de campo de la zona en cuestión, tomando además contacto con las autoridades y el personal municipal, entre los días 7 y 8 de mayo del 2015. En el presente informe se vuelcan los resultados obtenidos a partir de las observaciones de campo y se sintetizan las principales medidas que se sugiere tomar.

RESULTADOS

Caracterización del sector

La localidad de Villa Regina se localiza en las coordenadas de 39° 08'S y 67° 00'W, en la provincia de Río Negro, Departamento de Gral. Roca en una cota cercana a los 210 msnm. Esta ciudad se ubica entre el río Negro y la Barda Norte que margina el ambiente fluvial.

El sector considerado se ubica en la zona céntrica de la población, inmediatamente al norte de la estación de FFCC. Al pie de la barda se ha localizado un pequeño barrio informal con aproximadamente 30 casas. Se trata de casas precarias, con deficiencias en los servicios y constituidas en los últimos años. Asimismo, en este sector se localiza un camino de ripio que asciende a la parte alta de la barda. Este camino fue el primero realizado para salvar este desnivel y fue construido en los primeros años de la consolidación de la localidad.

Desde el punto de vista geológico, la zona considerada se ubica en el ambiente de Patagonia extraandina. Geomorfológicamente, la localidad se ubica en el ambiente de terrazas fluviales del río Negro. La terraza más alta, sobre la cual se ubica en el centro de Villa Regina, está marginada por el norte por una barda. Esta barda corresponde originariamente a una escarpa de erosión de extensión regional y actualmente se encuentra modificada esencialmente por procesos de remoción en masa. En la parte superior de la barda se encuentra el típico ambiente "mesetiforme" de Patagonia Extraandina, constituido por planicies estructurales labradas por erosión en sedimentitas terciarias y controladas estructuralmente por bancos subhorizontales conformados por rodados fluviales cementados (por carbonatos y sílice).

En la barda afloran dos formaciones geológicas diferentes. En la parte inferior se encuentra la Fm. Chichinales y en la superior la Fm. El Palo. Ambas unidades son de edades terciarias y

están compuestas por sedimentitas continentales. Las características geológicas de las unidades observadas han sido tomadas de Hugo y Leanza (2001).

La Formación Chichinales está compuesta por una sucesión de fangolitas, argilitas, areniscas, tobas y tufitas de coloraciones amarillentas, blanquecinas y rosadas en bancos generalmente inferiores al metro de potencia. Son frecuentes los niveles de paleosuelos y también se observan algunos niveles cementados por carbonato de calcio. Las sedimentitas son continentales de origen fluvial. En este sector el espesor máximo observado supera los 50 m, encontrándose su base cubierta. Esta unidad muestra una gran heterogeneidad en lo referente al comportamiento mecánico de sus litologías integrantes. Muestra un importante contenido faunístico. La edad de esta formación, basada en criterios paleontológicos y estratigráficos sería oligocena superior a miocena media. Se correlaciona parcialmente con la Fm. Collón Cura de amplia distribución en la zona andina y subandina de Neuquén y Río Negro.

Por encima y en discordancia erosiva se encuentra la Fm. El Palo que ocupa la parte superior de la barda y conforma la planicie estructural. Esta unidad está integrada por areniscas y areniscas conglomerádicas de coloraciones grisáceas, con intercalaciones de niveles tobáceos y diferentes niveles cementados por carbonatos (calcretes) y sílice (silcretes), que conforman bancos duros que sobresalen en la pendiente. Los niveles de areniscas conglomerádicas y gravillosas muestran, por el contrario, escasa consolidación, siendo fácilmente deleznable. En la zona estudiada, el espesor observado es del orden de los 18-20 m de potencia. Corresponden a un ambiente fluvial de media a alta energía. El contenido fosilífero es importante. La edad de esta unidad sería miocena superior-pliocena inferior y se correlaciona con la Fm. Río Negro, aflorante al este.

Tal como se dijera previamente, el área considerada corresponde a una escarpa de erosión labrada originariamente por la migración lateral del río Negro. Con posterioridad, esta escarpa comenzó a experimentar procesos de remoción en masa y erosión fluvial, bajo la forma de cárcavas y cañadones que descendían de la planicie estructural superior.

Consecuentemente, esta geoforma de extensión regional se fue modificando hasta convertirse en un talud de caída de rocas (rock fall talus). Los procesos de remoción dominantes son precisamente los vuelcos y las caídas de roca. Toda la pendiente está conformada esencialmente por la acumulación de numerosos eventos de caídas, la mayor parte de dimensiones más bien modestas, si bien ocasionalmente es posible distinguir caídas mayores. La tipología de los movimientos de remoción en masa está basada en Varnes (1979), Goudie (2004) y Hungr y otros (2013)

Tanto las caídas como los vuelcos son movimientos gravitacionales verticales, de material rocoso de variadas dimensiones, sin participación en la masa movilizadora de agua. Son rápidos, y se producen a favor de la existencia de planos de debilidad en la roca aflorante a la que se suman otros procesos que actúan como disparadores o aumentando la inestabilidad intrínseca de la pendiente. En el caso de los vuelcos, el material desplazado presenta un basculamiento en la base en el momento del movimiento. Por lo tanto, a la presencia de un plano subvertical de corte se suma, en la base, una línea de giro. El material caído va acumulándose en la pendiente, disminuyendo con el tiempo su inclinación. En todo el sector estudiado es notoria la recurrencia de estos eventos, encontrándose la pendiente

tapizada de bloques de variadas dimensiones, siendo los mayores de más de 3 m de diámetro y constituidos por los niveles más coherentes de las areniscas de la Fm. El Palo.

En algunos casos las caídas conforman en su parte distal movimientos complejos, en los cuales la masa caída se moviliza en su tramo inferior como un deslizamiento. Acumulaciones debidas a estos fenómenos se observan en la parte inferior y media de la pendiente en numerosos sectores de la barda y, en particular, al pie del sector considerado en este Informe.

Es posible observar números cañadones y cárcavas en la pendiente, modificándola parcialmente. Por ejemplo, inmediatamente al oeste de la zona considerada se encuentra un importante cañadón de elevada pendiente que desemboca en la zona urbanizada. Asimismo, en partes de la barda se observan sectores de surgencia de agua, conformando pequeñas vertientes evidenciadas por desarrollo de vegetación. Estas vertientes aparecen en el sector medio de la pendiente, coincidiendo parcialmente con el contacto entre ambas formaciones geológicas, o por encima de niveles coherentes de mayor cementación. Estas vertientes se asocian al fenómeno de piping o sublavado que será tratado más adelante.

En el resto del talud es posible observar evidencias de reptaje, que tiende a suavizar las pendientes, especialmente en la zona distal.

Evaluación de la peligrosidad y el riesgo geológico en sector

En el sector considerado es posible observar numerosas evidencias de inestabilidad en la pendiente. En primer lugar se observan, tanto en la barda como en la zona superior de la planicie estructural numerosas grietas y fracturas activas de variada extensión, separación y relación con la cara libre. Todas estas estructuras constituyen planos de debilidad que se suman a la heterogeneidad litológica y a la estratificación y diaclasamiento de las rocas aflorantes. En particular en la zona superior, destaca una gran grieta que presenta una separación que supera en algunos casos los 30 cm, parcialmente rellena de material detrítico o directamente de espacio libre. Esta estructura ha estado activa en los últimos meses, ensanchándose considerablemente en el último mes (más de 10 cm por lo menos). Como la parte superior de la barda se encuentra en voladizo, esta grieta casi vertical, prácticamente corta el material de la pendiente en la parte inferior.

La heterogeneidad litológica de las unidades aflorantes, materializada por la alternancia de bancos de diferentes composición, grado de consolidación, solubilidad, diaclasamiento, etc., determina la existencia de numerosos planos de debilidad potencial. En particular es notorio el dispar comportamientos de estratos de areniscas cementadas y tobas silicificadas por un lado y de areniscas conglomerádicas muy friables, argilitas y tufitas por el otro.

Estas características litológicas se plasman en la existencia generalizada de un fenómeno conocido como piping o sublavado. Este fenómeno es la erosión subterránea realizada por agua percolada que remueve partículas sólidas de rocas clásticas generando conductos tubulares subterráneas. Afecta tanto materiales finos (arcillosos) como grueso (graviloso) en depósitos aluvio-fluviales, loessicos, tobáceos, tuffíticos y pelíticos. Es más frecuente en áreas áridas y semiáridas, como la zona en cuestión.

El piping es frecuente en la región y, en particular en el sector de la barda estudiada. Se evidencia por la presencia de estratos aflorantes en la barda totalmente agujereados. Estas cavidades corresponden a los tubos subterráneos por los cuales circula el agua. En las numerosas grietas y poros de las rocas aflorantes en la superficie de la planicie estructural se infiltra el agua que desciende hasta encontrar una capa permeable en contacto (por debajo) con un estrato impermeable. Por lo tanto el agua circula en este contacto generando la erosión diferencial de la capa suprayacente. Al irse erosionando los materiales extraídos quitan sustentación a las rocas superiores que se fracturan y facilitan la expansión de las grietas y diaclasas del material de las pendientes.

En la zona en que los tubos aparecen en la superficie se generan zonas de surgencia y de vertientes ya señaladas. En la barda, en el sector considerado, es notoria la presencia de al menos dos niveles de surgencia de aguas, visibles por la alineación de cavidades, en particular en un nivel de areniscas conglomerádicas muy friables cerca de la base de la Fm. El Palo, en el contacto con tobas silicificadas muy coherentes.

Por lo tanto, el fenómeno de piping constituye uno de los principales factores de inestabilidad de pendientes en la zona en cuestión que se suma a las características litológicas y estructurales de las rocas aflorantes.

En la parte superior se observan numerosas grietas y fracturas con claras evidencias de desplazamiento reciente. Estas fracturas son predominantemente paralelas al frente de la barda por lo que constituyen potenciales planos de desplazamiento de futuros movimientos gravitacionales. Incluso, los bloques columnares limitados por juegos de estas fracturas se encuentran, en las caras libres como por ejemplo la relacionada al camino, desplazados y apilados hacia el frente de la barda.

La presencia de arcillas expansivas en algunos estratos también resulta en mayor inestabilidad de las pendientes lo que se suma a las altas inclinaciones que exhiben, superando claramente los ángulos de reposo de los diferentes materiales aflorantes.

La presencia de bloques en el pie de la pendiente, algunos de grandes dimensiones, señala claramente la recurrencia de los procesos de remoción en masa. En particular, es notoria la aparición de grandes bloques entre las casas construidas al pie de la pendiente. Es claro que si estos bloques cayeron en ese lugar (y algunos claramente no hace mucho tiempo) pueden volver a ocurrir lo que presupone un riesgo no sostenible para las viviendas y sus ocupantes del sector. Los bloques litológicamente son semejantes a los que aparecen en la zona más elevadas de la barda, lo que indica la distancia que pueden recorrer al caer desde esta zona superior.

Dentro de los factores geológicos intrínsecos (litología y geomorfología), aparece la presencia de una pendiente litológicamente compleja, pendiente inestable naturalmente ya que se supera en ángulo de reposo de los materiales en las pendientes, importante grado de fracturación y diaclasamiento de las rocas y fenómenos de piping, entre otros.

Los procesos de remoción en masa generalmente se asocian a la presencia de factores disparadores que inician los movimientos gravitacionales, "rompiendo" las condiciones de equilibrio inestable preexistentes. Dentro de los factores disparadores en la zona estudiada es posible diferenciar dos grandes conjuntos, la acción antrópica y fenómenos naturales. Dentro de los factores antrópicos se encuentran la presencia de un camino en la escarpa que

por un lado ha implicado la generación de una pendiente artificial vertical y por el otro, la propia circulación vehicular que produce vibraciones que inestabilizan a los materiales. La construcción de viviendas al pie, la circulación de trenes y vehículos en la parte inferior y el tránsito en la parte superior, también actúan en este sentido.

Dentro de los factores disparadores naturales destacan la ocurrencia ocasional de grandes lluvias como las que tuvieron lugar en el año 2014 y en los primeros meses del año 2015. Estas lluvias muy probablemente hayan aumentado las condiciones de inestabilidad. Las grietas se expanden como resultado de la infiltración del agua en ellas la que va arrastrando los fragmentos más menos sueltos presentes en las mismas.

En los dos últimos meses se ha producido la caída de algunos bloques sueltos y en un sector se produjo un pequeño deslizamiento claramente visible desde el camino, ya que algunos bloques cayeron en él.

En consecuencia, por lo antedicho se considera la peligrosidad geológica debida a procesos de remoción en masa en este sector como muy alta, pudiéndose decir que la ocurrencia de fenómenos de caídas y vuelcos de variadas dimensiones es inminente en todo el sector considerado y no solamente en relación a la estructura mayor ya descrita.

En relación al Riesgo geológico, este es resultado de la confluencia de tres aspectos: 1) la peligrosidad geológica (o amenaza), 2) la exposición frente a esa amenaza y 3) la vulnerabilidad frente a la misma. En el caso en cuestión, las condiciones de peligrosidad son, tal como ya se dijera, muy altas. En segundo lugar, la exposición está dada, en este caso por la presencia de casas al pie y del camino y el tránsito vehicular y a pie que por este circula. Por lo tanto la exposición es alta y muy cercana. Finalmente, teniendo en cuenta las características naturales de la pendiente y los fenómenos que pueden ocurrir, no es posible, mediante medidas de tipo estructural, reducir la vulnerabilidad. Consecuentemente, el riesgo geológico es alto, no solo por lo dicho precedentemente, sino también por la recurrencia de los fenómenos (Riesgo=AmenazaXRecurrencia).

Por lo tanto y a modo de conclusión parcial, la única posibilidad de disminuir el riesgo es reducir la exposición, ya que no es posible mitigar estructuralmente la peligrosidad natural alta de la zona.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los aspectos estudiados y la consideración de los fenómenos activos en la zona, es posible arribar a una serie de conclusiones y plantear algunas acciones concretas frente a la presencia de una amenaza alta.

- Las condiciones litológicas, estructurales y geomorfológicas implican una elevada actividad de los procesos de remoción en masa, principalmente vuelcos y caídas.
- La presencia de grietas importantes en superficie, tanto en la pendiente como en la zona cumbral, indican la gran inestabilidad del sector.

- Otro aspecto que apunta en el mismo sentido, es la amplia distribución de bloques, algunos de grandes dimensiones en toda la pendiente, y, particularmente en la parte distal o pie de la misma.
- Se ha verificado en el último mes un aumento en el ancho de las fracturas que pueden anunciar un inminente movimiento en la barda.
- La exposición de varias familias en distintas viviendas al pie de la pendiente, a lo que suma el camino que asciende precisamente en este sector y la presencia de instalaciones relacionadas a un gasoducto inmediatamente al pie de la barda muestran los posibles impactos sobre la población en la zona si se produjeran fenómenos de magnitud.
- Las características de la pendiente y la tipología de fenómenos hacen imposible la realización de medidas estructurales de estabilización de la pendiente que pudieran reducir la ocurrencia de procesos de remoción en masa.
- Las precipitaciones extraordinarias de gran magnitud pueden actuar como factores disparadores de caídas y vuelcos.
- La generalizada presencia del fenómeno de piping constituye uno de los principales factores de inestabilidad de la pendiente del sector considerado.
- La posibilidad de ocurrencia de caídas, vuelcos y deslizamientos, excede el sector caracterizado por la curva del camino donde se encuentra la grieta mayor y se extiende por todo el sector de la barda, alcanzando la zona donde está instalada la antena de telefonía, la subida a la capilla y el monumento al indio Comahue.

En consecuencia se considera que la peligrosidad geológica y el riesgo geológico son muy altos, siendo altamente probable la ocurrencia de movimientos de remoción en masa de magnitud considerable en tiempos cercanos.

Las medidas propuestas, en consecuencia, tienden esencialmente a reducir la exposición de la gente frente a la ocurrencia de movimientos de remoción en masa.

- Es necesario clausurar definitivamente el camino que se encuentra en este sector de la pendiente. En tal sentido, debería acumularse material (con palas mecánicas) en la parte superior e inferior del camino de forma tal de impedir el acceso, tanto de vehículos como de gente. Asimismo, debe señalizarse adecuadamente la existencia de condiciones de alto peligro de caídas mediante cartelería desarrollada a tal efecto en el camino.
- Deben abandonarse definitivamente las viviendas ubicadas inmediatamente al pie de la pendiente. En tal sentido al menos 7 núcleos familiares deberían ser reubicados en otros sectores de la ciudad. Por lo tanto, en primer lugar deberá proveerse los medios y condiciones necesarias para que los pobladores del sector puedan establecerse adecuada y seguramente en otra zona del ejido municipal.
- Las viviendas deberán ser destruidas e impedida la reocupación por otras personas del mismo sector.

- Se propone la construcción de un talud de protección ubicado precisamente sobre la calle ubicada al frente de estas viviendas y en el propio sector dónde se encuentran actualmente las viviendas.
- Este talud de protección deberá ser construido con material detrítico traído de otro sector y debería extenderse desde el actual acceso al camino, siguiendo el mismo nivel topográfico y curvarse hacia el norte siguiendo la forma del talud natural. En tal sentido, el nivel deberá ser indicado adecuadamente mediante el trabajo de topógrafos.
- Bajo ningún punto de vista deberá tomarse material de la pendiente para levantar el talud ya que puede crear condiciones de mayor inestabilidad aun.
- El talud propuesto debería tener al menos 4 m de alto y laterales con una inclinación del orden de los 30°. El sector cuspidal debería ser agudo, de forma tal de que no se pueda localizar nada en su cumbre ni transitar por la misma. Entre el talud y la pendiente debe haber un espacio libre en el que pueda acumularse los bloques caídos. Cada un tiempo determinado deberá procederse a la limpieza de este sector de forma tal de se vaya colmatando.
- En el talud construido deberán situarse una serie de drenes que permitan el paso del agua que circule por la pendiente. En tal sentido deberán analizarse adecuadamente las vías de drenaje natural y aprovecharse las mismas. El agua deberá colectarse del otro lado del talud y dirigirse adecuadamente de forma tal de que no constituya un problema.
- Es posible que la construcción de talud implique alguna vivienda más que las 7 ya interesadas.
- El tanque ubicado en la pendiente puede ser afectado por procesos de remoción en masa. Habrá que considerar alternativas.
- Las instalaciones relacionadas al gasoducto, ubicadas próximas al camino de subida, pueden sufrir consecuencias de producirse caídas de magnitud. Por lo tanto el talud debería protegerlas. No obstante, hacia el futuro, sería deseable la relocalización de estas instalaciones en zonas seguras.
- La antena de telefonía también se encuentra en una zona que potencialmente puede verse afectada por movimientos gravitacionales. En la zona aledaña a la misma, en superficie, se han observada numerosas grietas de pequeñas dimensiones, algunas claramente activas. Debe destacarse que la antena se encuentra innecesariamente próxima a la barda y su propia presencia genera condiciones de inestabilidad. Parte de las rocas de la barda por debajo de la antena se encuentra en voladizo y se observan numerosas grietas y niveles de alta actividad del fenómeno de piping por debajo.
- Debe impedirse la ocupación del sector distal de la pendiente desde la zona ubicada al pie de la antena hasta el anfiteatro. Este se encuentra sobre una potencial vía de drenaje por lo que su localización no sería la más adecuada.

- Se analizaron diferentes alternativas sobre la posibilidad de provocar la caída del material de la pendiente en la zona de la grieta mayor observada. En tal sentido, en primer lugar se descarta la posibilidad de producirla mediante el uso de explosivos, ya que es prácticamente imposible garantizar la extensión real de la caída, especialmente si se tiene en cuenta la presencia de numerosas viviendas al pie y las instalaciones de gas.
- La posibilidad de utilizar maquinaria en la parte superior para provocar mecánicamente el desprendimiento también ha sido descartada dado el peligro que esto implicaría para el personal abocado a la tarea (se estaría trabajando sobre lo que se quiere hacer caer).
- Se consideró la posibilidad de forzar la caída inyectando agua por los grietas de forma tal de aumentar la presión de poros y facilitar el corte. Esta posibilidad puede ser interesante pero debería estudiarse antes en profundidad y analizarse posibles experiencias previas en otros sitios del Mundo.
- Sin embargo, en principio, si la pendiente es aislada y construido el talud perimetral de protección, sería preferible dejar que la pendiente se fuera ajustando naturalmente, ya que es altamente probable que los movimientos naturales no fueran tan grandes como si se los provocara, por lo que su alcance potencial debería ser menor.

Finalmente, hacia el futuro debería encararse un plan integral de estudio de la barda en el ejido municipal, que permita realizar una zonificación de la peligrosidad geológica de forma tal que luego se pueda incorporar a planes de ordenamiento territorial. En este aspecto el SEGEMAR puede ser considerado para su participación en su elaboración.

BIBLIOGRAFÍA

Goudie, A. (ed.), 2004. Encyclopedia of Geomorphology. Two Volumes. Routledge-IAG, 900 pp.

Hugo, C. y H. Leanza, 2001. Hoja Geológica 3966-III, Villa Regina. Boletín 309, IGRM-SEGEMAR, 53 págs.

Hungr, O., S. Leroueil y L. Picarelli, 2013. The Varnes classification of landslides types, an update. Landslides. Springer Verlag.

Varnes, D., 1978. Slope movements types and processes. Schuster & Krizek (ed.) Landslides analysis and control Special Report 176. National Academy of Sciences, 11-33, Washington DC.

ANEXO FOTOS



Vista general del area estudiada



Detalle del sector conflictivo



Vista de detalle del sector de la barda estudiado. Nótese viviendas al pie. En ese sector deberá construirse un talud de protección desde la instalación del gasoducto curvándose en el sentido del talud natural



Grieta en el sector de la curva del camino



Otra vista de la grieta activa. En segundo plano, la antena de telefonía



Vista del sector más comprometido. Se observan las cavidades debidas al proceso de piping



Caída de bloques reciente aldaño al sector más comprometido



Se observa la heterogeneidad litológica, en la parte superior los bancos más coherentes y por debajo las cavidades debidas al proceso de piping.



Bloques caídos recientemente



Cavidades debidas al piping



Bloques basculados



Sector cuspidal



Grieta activa en el sector cuspidal



Otra vista del sector cuspidal, obsérvese viviendas al pie



Detalle de la grieta



Vista de la grieta principal



Instalaciones de gas y viviendas al pie de la pendiente



Cavidades



Vertiente, en zona de surgencia



Bloques de grandes dimensiones al pie



Otra vista de los bloques al pie



Pequeñas grietas activas en la zona cuspidal