

SERIE
CONTRIBUCIONES
TÉCNICAS

*Peligrosidad
Geológica*

9

Evaluación de Peligrosidad Geológica en el Barrio Divina Providencia

*Comodoro Rivadavia
Provincia de Chubut*

Pablo Tchilinguirian



AUTORIDADES

**Presidente del Servicio Geológico Minero Argentino
Ing. JORGE MAYORAL**

**Secretario Ejecutivo del Servicio Geológico Minero Argentino
Lic. PEDRO ALCÁNTARA**

**Director del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Lic. ROBERTO PAGE**

**Director de Geología Ambiental y Aplicada
Lic. OMAR LAPIDO**

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES
SEGEMAR**

Av. Julio A. Roca 651 – 10° piso
1322 Buenos Aires
República Argentina

Es propiedad del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Prohibida su reproducción

Evaluación de peligrosidad geológica en el barrio Divina Providencia, Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut.

Autor: Lic. Pablo Tchilinguirian

Índice

Introducción.....	1
Método de trabajo	2
Características constructivas.....	2
Antecedentes y relevamiento actual	3
Características geológico-geotécnicas y geomorfológicas	6
Riesgo geológico	13
Asentamientos por piping	14
Deslizamiento y asentamiento de suelos en fondo de lotes	18
Drenaje pluvial y asentamientos de suelos en calles	19
Conclusión.....	19
Pronóstico	20
Recomendaciones	21
Estudios sugeridos	21
Medidas de mitigación.....	22
Agradecimientos	24
Bibliografía	24

INTRODUCCIÓN

El siguiente informe trata sobre el diagnóstico preliminar de la peligrosidad que afecta el barrio Divina Providencia ubicado en Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut.

El objetivo del trabajo es determinar el tipo de riesgo, las posibles causas y recomendar medidas para profundizar los estudios como así también plantear medidas correctivas o de mitigación.

El barrio presenta dos conjuntos habitacionales, uno denominado "90 viviendas" terminado en 1993 y el restante "50 viviendas" finalizado en 1996. Las viviendas del barrio son simples, constan de dos o tres dormitorios y son de una planta. El tipo de fundación utilizado son plateas de hormigón.

Desde mediados de 1997 se han presentado una serie de problemas en las viviendas como ser fisuras en tabiques internos y externos y grietas en encuentro de muros y pisos. En la calle hay deformaciones en cunetas, evidenciado por asentamientos diferenciales. En la parte trasera de las viviendas, donde hay un talud de relleno, se presentan deformaciones del muro de contención.

MÉTODO DE TRABAJO

El método de trabajo consta en evaluar las características geológicas y geomorfológicas sobre la cual se instaló el barrio. El diagnóstico del terreno se realiza interpretando fotos aéreas escala 1:20.000 y 1:5.000 que fueron adquiridas previas a la construcción del barrio. Asimismo, se efectúa un recorrido visual de los terrenos naturales aledaños al barrio para evaluar con mayor detalle los tipos de sedimentos y los procesos naturales, como ser erosión hídrica, colapsos y asentamientos naturales.

En el barrio se realizó una inspección visual de las viviendas más comprometidas, analizando caso por caso a) el tipo de explanada sobre la que se construyó la vivienda, tipo de geología, b) acumulación de agua en calle, c) deformaciones en vivienda y lote, e) las condiciones previas del terreno antes a la construcción a partir de fotos aéreas escala 1: 5.000.

Por último se analizó el historial de los problemas, aspectos constructivos averiguados a partir de entrevistas y expedientes.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Las viviendas del barrio están agrupadas de a dos formando unidades simétricas y fundadas sobre plateas comunes de 12 cm de espesor y que presentan mallas en la parte inferior (UNP, 2000). Tienen en su mayoría dos o tres dormitorios, constan de una sola planta, techos de chapa y paredes portantes reforzadas con encadenados horizontales y verticales de hormigón armado.

Durante la construcción del barrio se han ejecutado tareas de movimiento de suelos y a tal efecto se han realizado taludes de relleno y de corte con el fin de perfilar y nivelar el terreno natural. En consecuencia, el barrio quedó escalonado, con explanadas construidas básicamente a partir de rellenos. No quedó registro sobre el tipo de compactación utilizado durante el relleno, pero queda claro que los taludes resultantes no se los contuvo con muros o tablestacados durante un tiempo prolongado.

El barrio cuenta con suministro de agua corriente y con red cloacal. Toda la red de infraestructura está bajo tierra.

Posteriormente, se construyó un canal de hormigón pendiente arriba del barrio con el fin de captar el drenaje pluvial proveniente del cerro Viteau. Cabe destacar, que previamente a la construcción del canal el agua provocaba deslizamientos en los taludes de corte y relleno e inundaciones en las calles.

Las calles no están pavimentadas y poseen suelos compactados. Aunque en el proyecto contaban con pendiente y drenaje, actualmente a causa de los asentamientos y deformaciones del suelo hay sectores que se inundan parcialmente.

Por último, entre 1998 y 1999 se realizan obras complementarias para captar el drenaje pluvial de techos y evitar que el agua de lluvia se infiltre debajo de la platea.

ANTECEDENTES Y RELEVAMIENTO ACTUAL

Los problemas más serios están relacionados con el desarrollo de fisuras y fallas que afectan a los muros de las casas. Estas fisuras comienzan a aparecer generalmente en los vértices de ventanas y puertas, para luego progresivamente ir creciendo y afectando a todos los muros. Generalmente hay deformaciones de puertas y ventanas y en raras ocasiones se observa fisuras en el piso, sin embargo la cerámica no permite evaluar bien visualmente este tipo de rupturas.

Según los vecinos los problemas comenzaron en 1997, luego de 6 meses de habilitado el barrio. Sin embargo, según el expediente, la mayor cantidad de reclamos por fisuramientos se asocia con una gran lluvia ocurrida a mediados de 1997. Los casos se centran específicamente en el barrio de 90 viviendas y especialmente en la manzana 24 (Figura N° 1). Solo uno o dos casos de pequeñas proporciones se presentan en la manzana 31, más cercana al cerro Viteau.

Los casos más graves están relacionados con el desarrollo de fisuras en las casas 23 y 24 (manzana 24). En estos casos se había comprobado que las plateas no presentaban apoyo total debido a la presencia de un hueco de 1 m de ancho y 0,6 m de altura. El suelo debajo de la platea se encontraba húmedo y con barro. Al mismo tiempo, se ubicó la presencia de una pérdida de agua en la cañería bajo platea (Nota IPV 07/12/99). Otras pérdidas de agua asociadas a un rápido fisuramiento de las paredes también se registraron en las viviendas 33 y 34. (Nota IPV 9 May 99)

Otro caso similar se presentó en la casa 30 (manzana 28) y casa 11 (manzana 27) donde se encontraron huecos debajo de la platea. Estos espacios ocupaban el 20 y 10% de la superficie total de la platea. Los huecos tenían alturas de 7 cm y 1 cm respectivamente (Nota IPV 24 Nov/98). Situación parecida se presentó en la casa 29 (manzana 28) donde la falta de apoyo cubrió un 15% de la platea y una altura de 10 cm (nota IPV 6/01/99).

Otro caso donde las fisuras fueron importantes se presentó en la casa 34 (manzana 28). En este caso, al mismo tiempo el talud de relleno del fondo del lote se desliza hacia la casa vecina. Situación similar se presentó en la casa 6 (nota IPV 02/03/98).

Afloramientos de agua de red se detectaron en el límite norte casa N° 2, manzana 17 o eje de calle Toussaint frente a casa 17. En dichas viviendas, coincidente con la presencia de agua, se ha detectado un creciente fisuramiento de la vivienda y hundimiento del suelo en la parte trasera del lote.

Asimismo existen varias viviendas con micro fisuras y fisuras de menor porte pero no se pudo comprobar si esta asociado a pérdidas de agua de la red y/ se asocia a la presencia de huecos u espacios libres por debajo de la platea. De allí que surge la necesidad de evaluar con algún método no destructivo, si las plateas tienen el apoyo suficiente en toda su superficie. Para ello se sugiere que se podría utilizar algún tipo de registro indirecto (registro geofísico).

Figura N° 1. Viviendas con problemas (1997)

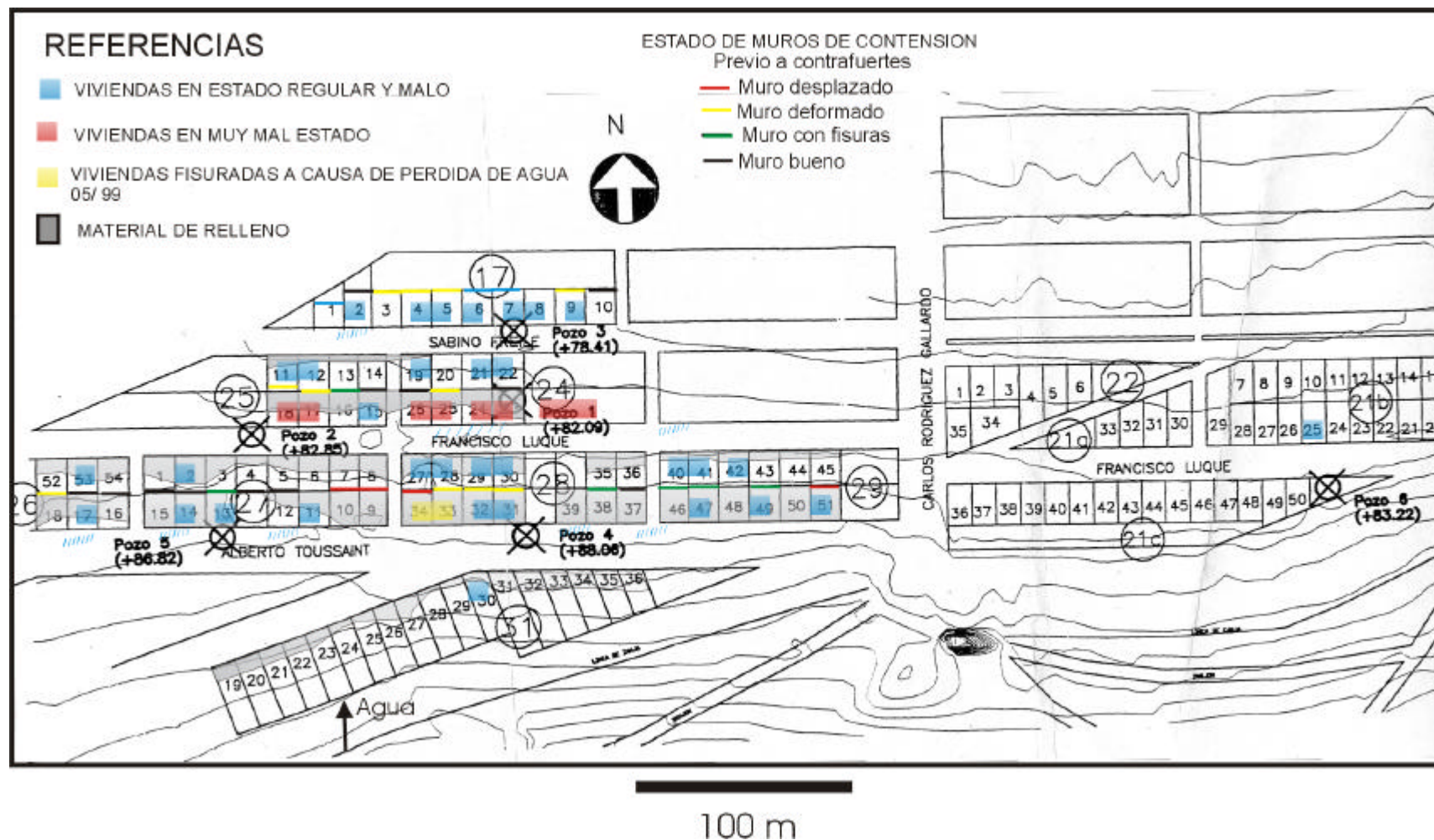
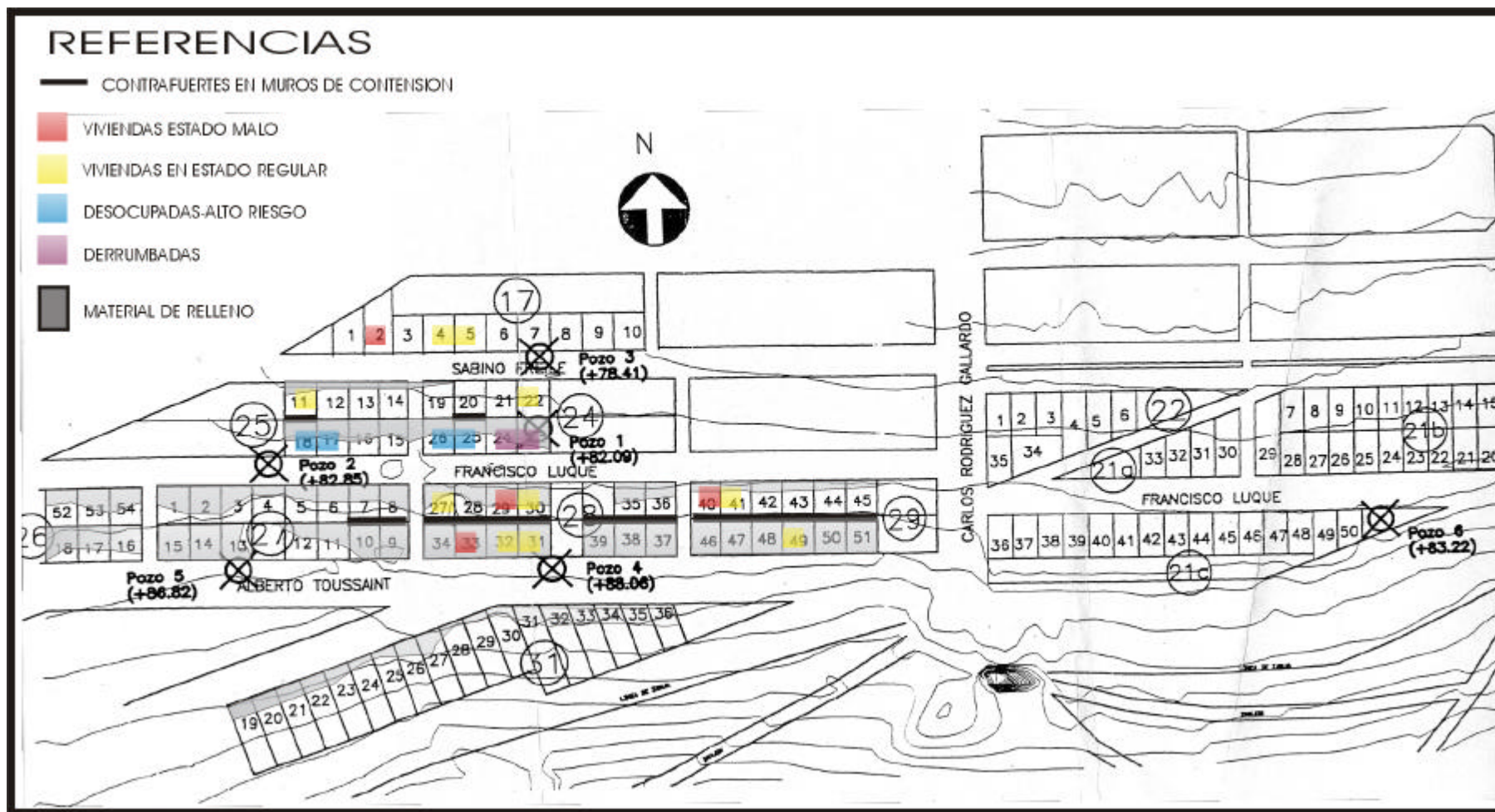


Figura N° 2. Estado actual de viviendas con problemas (año 2003)



En el año 2002 y 2003 los problemas y anomalías siguen persistiendo (Figura N° 2).

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

El barrio de 90 viviendas se asentó sobre litologías aptas desde el punto de vista de la plasticidad, número de golpes y granulometría. Es decir, que desde el punto de vista de la mecánica de suelos, las viviendas del barrio de 90 viviendas se asentaron sobre suelos tipo SC y CL con número de golpes entre 10 a 20 (UNP, 2000 y Estudio de Ingeniería Florentino Ameghino, 1987). Estos suelos corresponden a las arcillitas y areniscas arcillosas de la F. Patagonia o F. Chenque (Figura N° 3 y Figura N° 4).

Sin embargo estas propiedades geotécnicas no son los únicos criterios físicos para clasificar la aptitud de un suelo a la fundación, aunque si los principales. Cabe destacar que existen otras propiedades físicas, como ser el grado potencial de consolidación (sedimento saturado) del sedimento superficial como la presencia de túneles o oquedades en el suelo que pueden ser importantes a la hora de evaluar la aptitud fundacional. Por ejemplo cabe aclarar que las oquedades en el terreno natural, previo al desmonte o al relleno pueden no ser fácilmente detectadas mediante perforaciones.

Los sedimentos superficiales, ubicados sobre el Patagoniano (F. Chenque) denotan ser de textura areno franca y de origen aluvio-coluvial. Son friables, posiblemente del tipo SC, y con una estructura sedimentaria muy susceptible a la disgregación y al asentamiento bajo condiciones de saturación. Se observa que estos sedimentos tienen generalmente 1,2 m de espesor (oscilan entre 0,5 a 2 m), tienen una porosidad macroscópica evidente y están débilmente cementados por sales. En seco son algo mas duros que en húmedo, donde fácilmente se desmenuzan y pierden consistencia. Asimismo, sobre estos sedimentos es donde generalmente se desarrollan las oquedades. Puede existir la posibilidad que esta capa de sedimento halla sido cubierta durante las tareas de movimientos de suelos y tapada con el material de las explanadas de relleno de las viviendas.

Otro aspecto importante a destacar es que el suelo sobre las que se construyen muchas de las viviendas es un material sedimentario que no fue evaluado desde el punto de vista geotécnico. Es decir que el material de relleno de las explanadas no fue evaluado para la aptitud fundacional. Este material surge de la mezcla de los sedimentos superficiales tipo SC y los sedimentos de la F. Patagonia o F. Chenque (Bellosi, 1990) tipo CL o CH. En consecuencia la granulometría, consistencia, compactación, potencialidad de asentamiento, agrietamiento y densidad no están definidas y por lo tanto se desconoce si son aptos para la fundación.

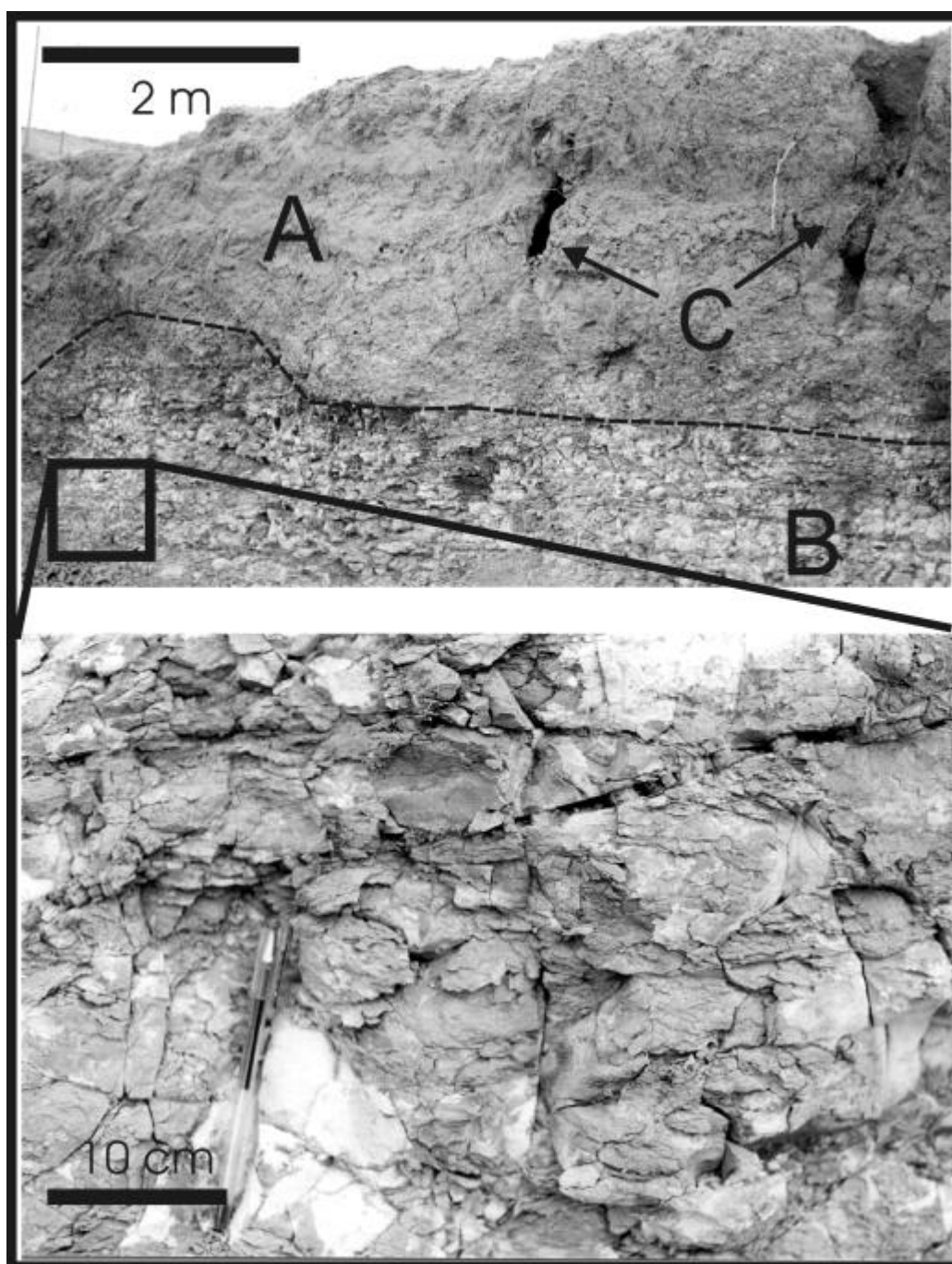
Sobre la base de estos argumentos se sugiere realizar un estudio para evaluar el comportamiento geotécnico del material de relleno de las explanadas de las viviendas y los sedimentos superficiales ante el humedecimiento con el fin de analizar y comprobar la susceptibilidad del material a los asentamientos por consolidación o pérdida de la capacidad portante cuando el material está saturado o con cierto grado de humedad (ver medidas de mitigación).

En las manzanas 1,2,3,4,5,9,8,7 y 15 afloran otro tipo de litologías mas problemáticas para la fundación. En estos casos aparecen arcillas verdes y verde amarillentas muy

fisuradas, con evidencias de cizallamiento, fallamiento y con venas de yeso. Estos suelos se clasifican como suelos de alta plasticidad, es decir del tipo CH o MH (Perforación 6; UNP, 2000). Sin embargo, las viviendas presentes sobre este tipo de suelos no presentan hasta la fecha problemas serios.

En el caso de la manzana 31, las viviendas fueron fundadas sobre terreno natural, y sobre suelos que en los estudios de suelos mostraban densidades altas y materiales tipo CL de buena consistencia. Se piensa que por estas causas, las viviendas de la manzana 31 denotan pocos fisuramientos y problemas de asentamientos diferenciales.

Figura N° 3. Perfil geológico del área



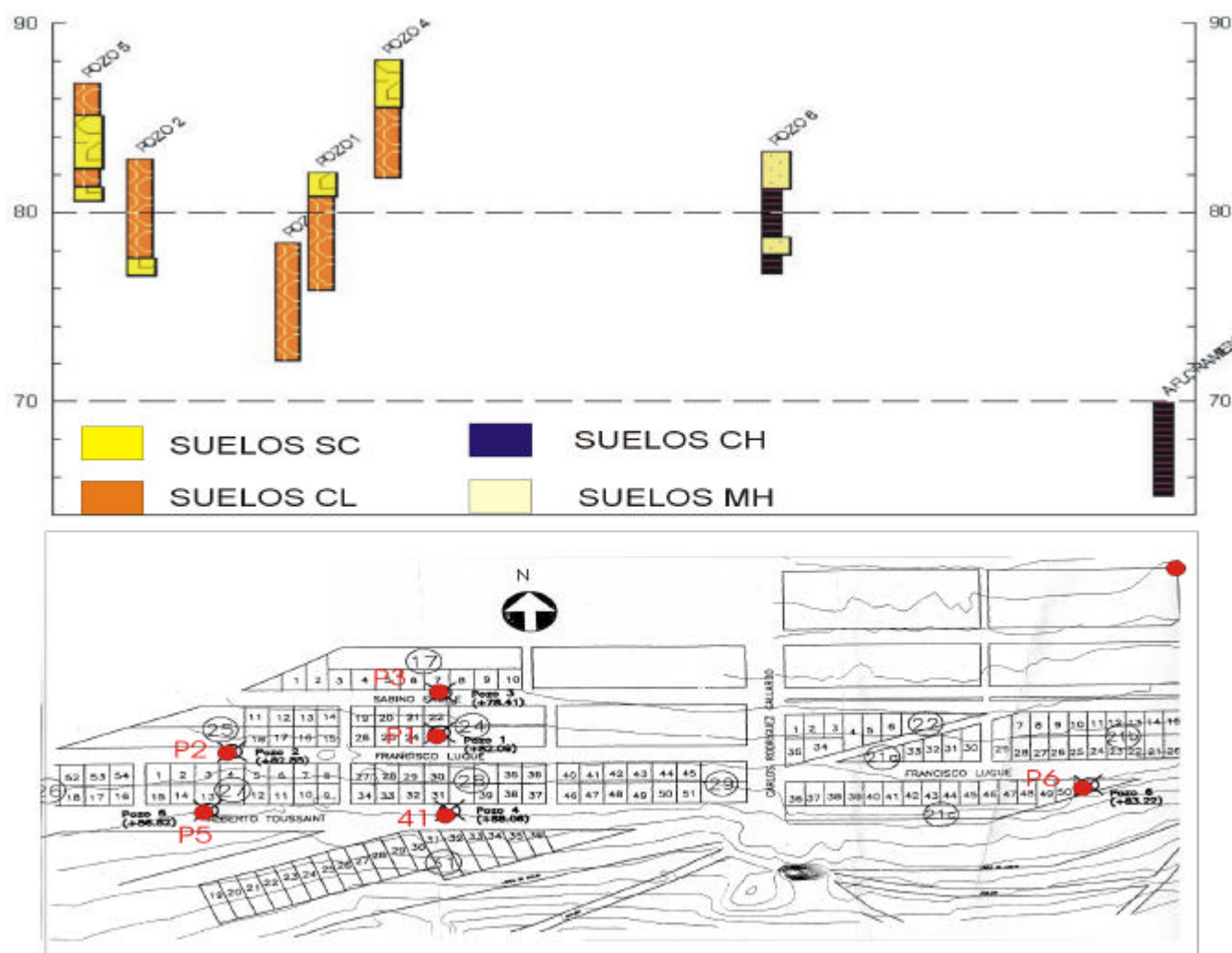
Referencias: **A**: sedimentos coluviales arenosos tipo SC, **B**: Arcillas fracturadas con yeso, suelos tipo CH y CL. **C**: Oquedades y túneles formados por piping.

Según Feruglio (1950) la falla A, la cual se detecto hace mas de 50 años queda fuera del barrio Providencia. Sin embargo queda la duda de su traza. Esta falla, aunque no presenta movimientos actuales, puede en cierta forma, inestabilizar los suelos. Es reconocida la existencia de fallas que fisuran fuertemente todos los suelos que se encuentran en forma aledaña. Este elevado fisuramiento determina que la capacidad portante del suelo disminuya considerablemente, y al mismo tiempo incrementa enormemente la porosidad secundaria y la capacidad de asentamiento del suelo. Por ello es necesario realizar un estudio detallado de la traza y posición cartográfica de la falla con respecto al barrio.

El barrio, desde el punto de vista geomorfológico, se construyó en el coluvio al pie de la ladera de un cerro que tiene una altura de 150 m y esta formado básicamente por sedimentos marinos de la F. Patagonia o F. Chenque (Bellosi, 1990). A su pie se depositó el material coluvial proveniente de la erosión de su ladera. De esta forma, el barrio esta ubicado sobre un plano inclinando al norte que posee 3-4% de gradiente.

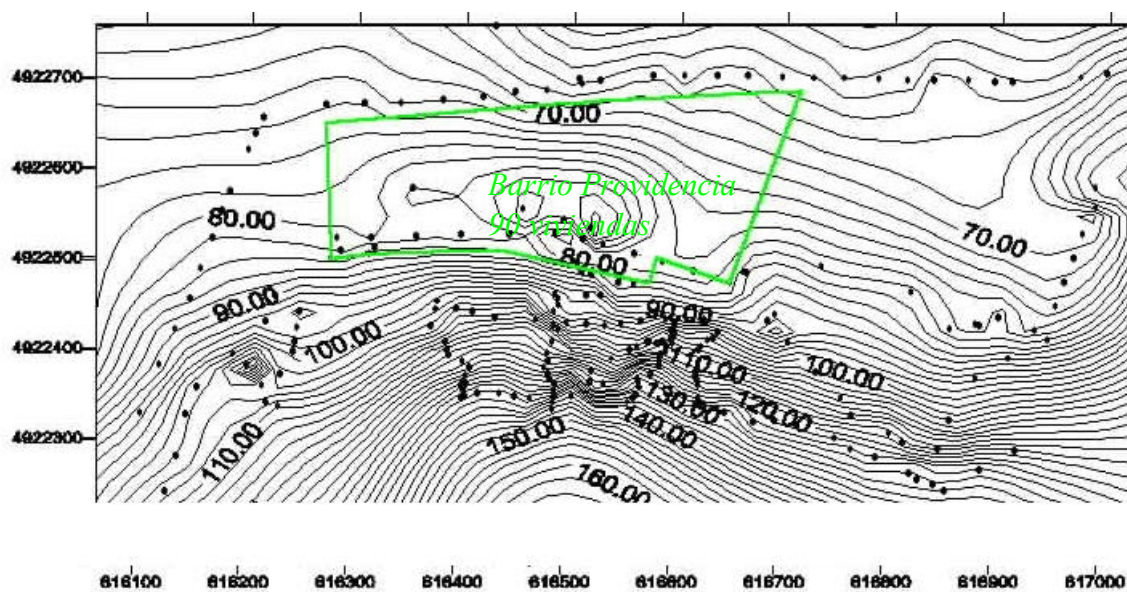
Aunque en la ladera se identificaron condiciones de inestabilidad y pequeños deslizamientos o reptaje de suelos, dichos movimientos a juicio del autor, no alcanzan a afectar el barrio. Asimismo, la configuración de la ladera tampoco muestra la presencia de anomalías topográficas significativas que sean indicadoras de depósitos de remoción en masa que lleguen a afectar a todo el barrio (Figura N° 5).

Figura N° 4. Perforaciones y litología presente en el barrio



Los procesos de reptaje de suelos (movimiento lento de los suelos pendiente abajo por efecto de la gravedad) son mas intensos al pie de la ladera solamente. Hacia el barrio este proceso no se presenta. Evidencia de ello, es la estabilidad estructural de la zanja de guardia construida en 1997 y que se dispone en forma transversal a la inclinación de la pendiente. Es decir, si el proceso de reptaje fuera muy activo, el canal de guardia debería presentar serias deformaciones.

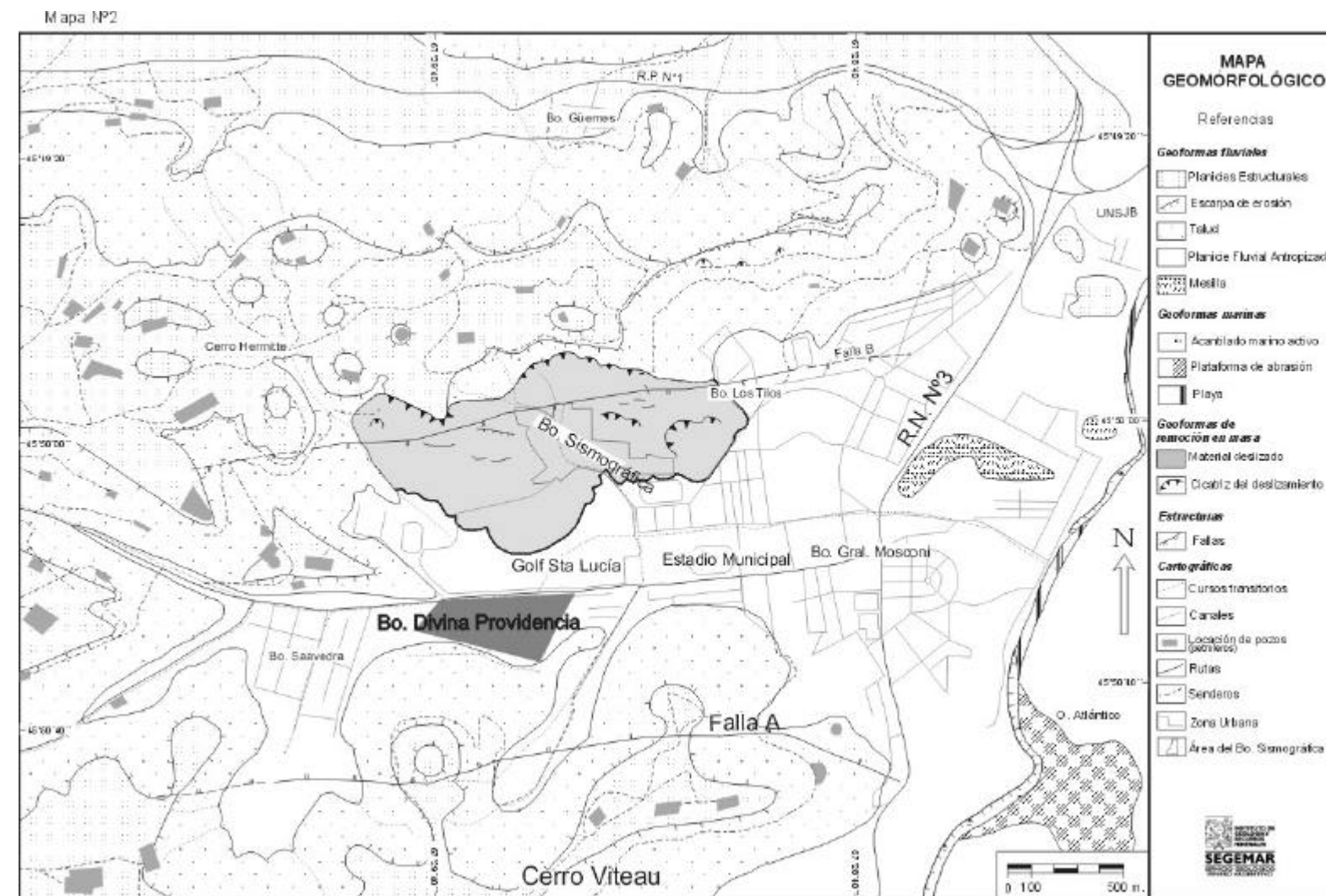
Figura N° 5. Mapa topográfico del barrio



En la ladera opuesta al valle, específicamente en la ladera y al pie del cerro Hermite se desarrollan varios deslizamientos y movimientos de terreno que han sido estudiados recientemente (González y otros, 2002). Estos grandes deslizamientos no llegan a afectar al barrio Divina Providencia (Figura N° 6)

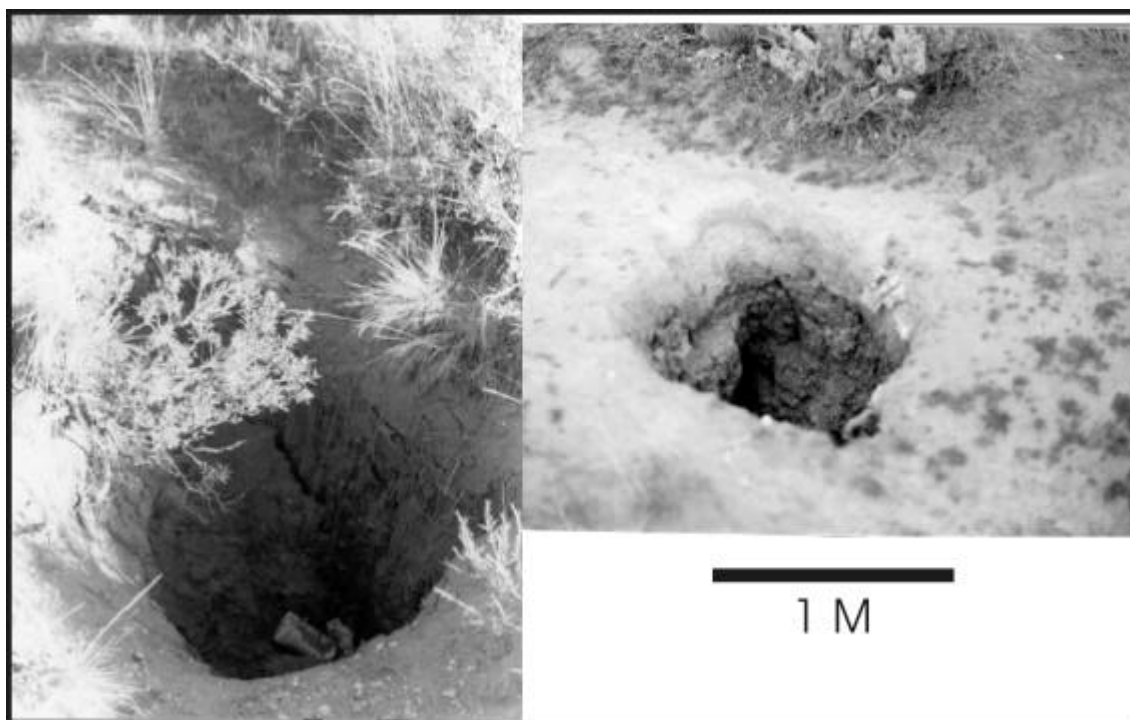
En el terreno natural y no construido que se ubica aledaño al barrio Divina Providencia, existen otros procesos geomorfológicos que son de especial interés a la hora de evaluar la aptitud fundacional de los suelos. En las recorridas se ha observado la presencia de hoyos de colapso (Figura N° 7) y formación de túneles donde el agua pluvial escurre.

Figura N° 6. Geomorfología de la zona (SEGEMAR 2002)



Fuente: SEGEMAR 2002-(González, Roverano y Fauqué, 2002)

Figura N° 7. Hoyos de colapso de suelos



Estos túneles y hoyos generalmente coinciden con zonas de drenaje como ser cárcavas o surcos de erosión hídrica (Figura N° 8)

Estos procesos naturales están íntimamente asociados al tipo de sedimentos que aparecen en la zona del barrio. A continuación se detallara en forma mas específica este tipo de proceso y como pueden o podrían afectar las fundaciones o estructuras de las viviendas.

Figura N° 8. Cárcavas pendiente arriba del barrio



PELIGROSIDAD GEOLÓGICA

El proceso de asentamiento del suelo es el principal problema que presenta el barrio. Su origen puede ser debido a varios procesos que pueden actuar juntos o por separado. Estos procesos a juicio del autor pueden ser tres:

- a) Asentamiento por piping
- b) Asentamiento por deslizamientos del talud de relleno de las explanadas.

- c) Asentamiento por consolidación del sedimento o material de relleno de explanadas cuando esta saturado o con cierto grado de humedad.

a) Asentamientos por piping

El piping es un proceso natural que origina el agua y que ocurre en el suelo. El piping origina "túneles subterráneos" u oquedades dentro del suelo que se forman como consecuencia del lavado de sedimentos deleznales en forma subsuperficial. Su desarrollo se presenta donde el agua se insume o infiltra y circula erosionando el suelo en forma subterránea.

El piping también es conocido como tubificación (Badillo Juárez y Rico Rodríguez, 1992) o tunnelling (Parker, 1963). El desarrollo del piping resulta de una compleja combinación entre numerosos factores. (Stocking, 1976; Bryan y Yair, 1982 y Gutiérrez et al. 1977 en Gutiérrez 2001).

En los terrenos aledaños al barrio, se ha detectado la presencia de túneles o pequeñas galerías ubicados entre 0.5 a 2 m de profundidad. Estos túneles tienen diámetro variable entre 0.2 a 1,5 m de diámetro y entre 1 a 4 m de largo. Cuando los túneles aumentan mucho su diámetro el suelo que se encuentra por encima colapsa abruptamente formando un hoyo.

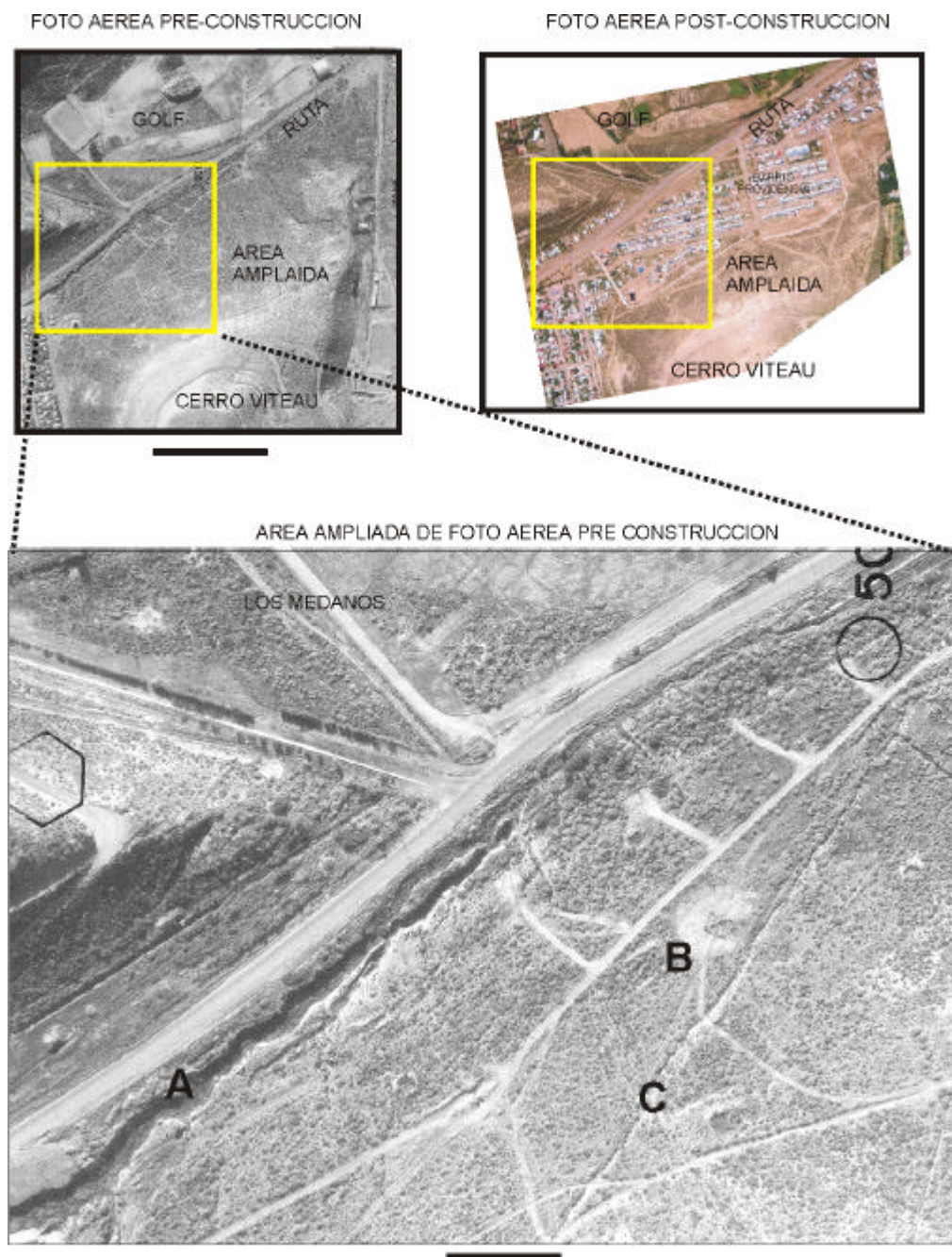
Generalmente, el piping y los hoyos de colapso se ubican coincidentes con las zonas de drenaje, como ser cárcavas y surcos de erosión hídrica. Asimismo muchas veces estos hoyos y túneles se van interconectando en profundidad llegando a formar una cárcava.

En las fotos aéreas previas a la construcción del barrio se observan cárcavas, cauces, surcos de erosión y picadas sísmicas erosionadas que seguramente presentaban este tipo de fenómenos (Figura N° 9 Y Figura N° 10)). Una suposición, es que posiblemente en las tareas de movimientos de suelos no se hallan percatado de la existencia de estas oquedades y hallan tapado los hoyos de colapso, sin los recaudos necesarios de compactación.

Por ejemplo, las viviendas N° 2, 4 y 5 de la manzana 17 se encontraban cerca de un cauce con piping y hoyos de colapso. Las viviendas 26, 25, 24, y 23 (manzana 24) junto con la 27 de la manzana 28 se ubican sobre antiguas explanadas petroleras y picadas sísmicas erosionadas (Figura N° 10).

Estos procesos naturales están íntimamente asociados al tipo de sedimentos que aparecen en la zona del barrio. Según Badillo Juárez y Rico Rodríguez (1992) la tubificación o piping es mas susceptible en suelos no plásticos bien graduados y deficientemente compactados y con índices de plasticidad menores a 6 ($I_p < 6$). Comparando estos valores con los presentes en los suelos aflorantes se puede verificar, en primera instancia que los suelos superficiales son de baja resistencia a la tubificación.

Figura N° 9. Fotos aéreas previas al barrio



Referencias: A: antiguo cauce con hoyos de piping aledaños, B: explanadas petroleras (material de relleno), C: Picadas sísmicas con hoyos y erosionada.

El desarrollo del piping también se presenta en explanadas y taludes de relleno indebidamente compactados. Un ejemplo de ello se observa en la explanada de la Iglesia del barrio Divina Providencia. En este caso, el agua que en la explanada no

drena superficialmente se infiltra por zonas de debilidad y al llegar a una capa de sedimento menos compactado, progresivamente se va erosionado en forma subsuperficial (Figura N° 11). Sobre el talud de relleno se suelen observar las oquedades o túneles, por donde sale el agua y el sedimento. A medida que pasa el tiempo, las oquedades se van agrandando progresivamente con cada lluvia y van produciendo asentamientos por pequeños colapsos. Finalmente ocurre el colapso general del terreno por encima del túnel. Cabría esperar, que todas las explanadas de relleno del barrio, que no hubieran tenido su correspondiente muro de contención y hubieran estado expuestas a lluvias, podrían haber sido afectadas por dichos procesos y por ende ir perdiendo las condiciones de estabilidad.

Figura N° 10. Zonas con posibles piping y áreas deslizadas. (previo al barrio)

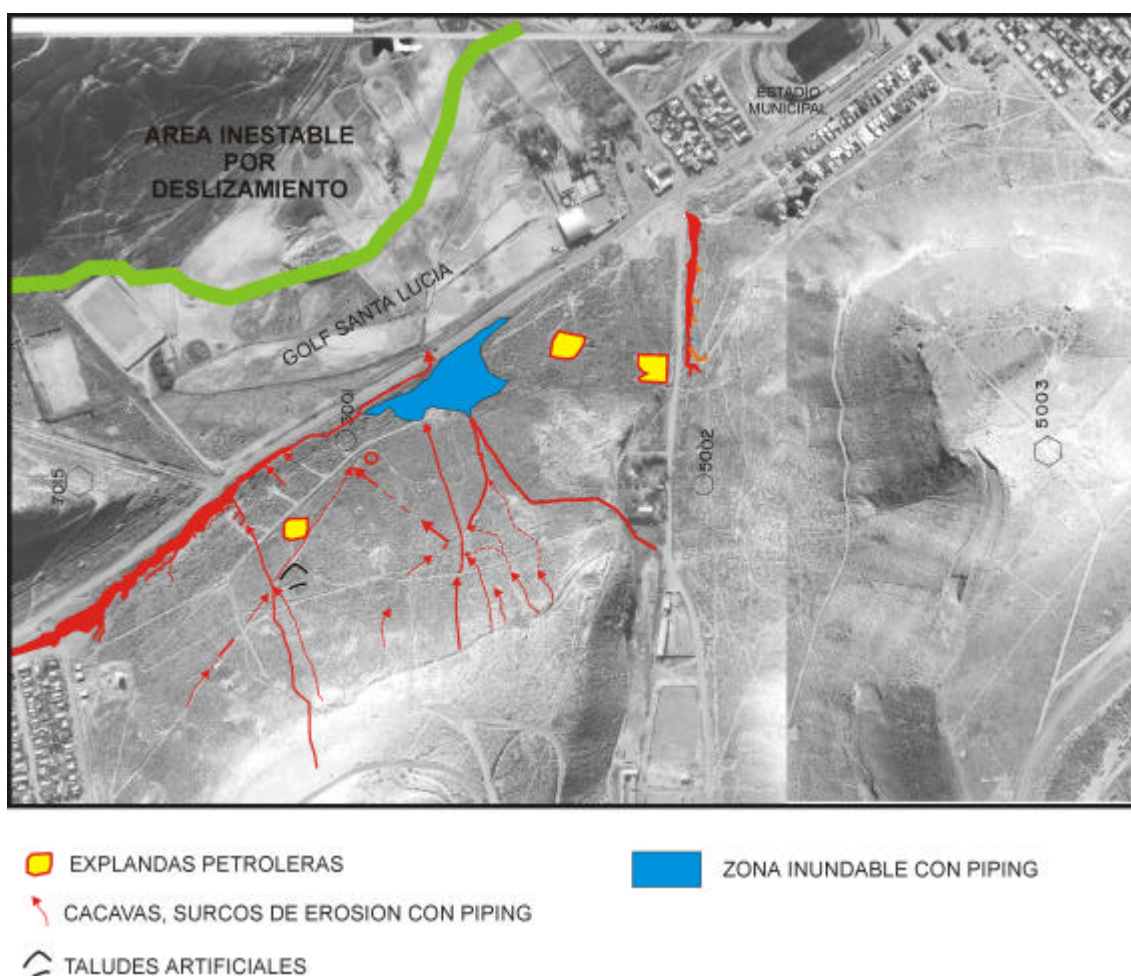
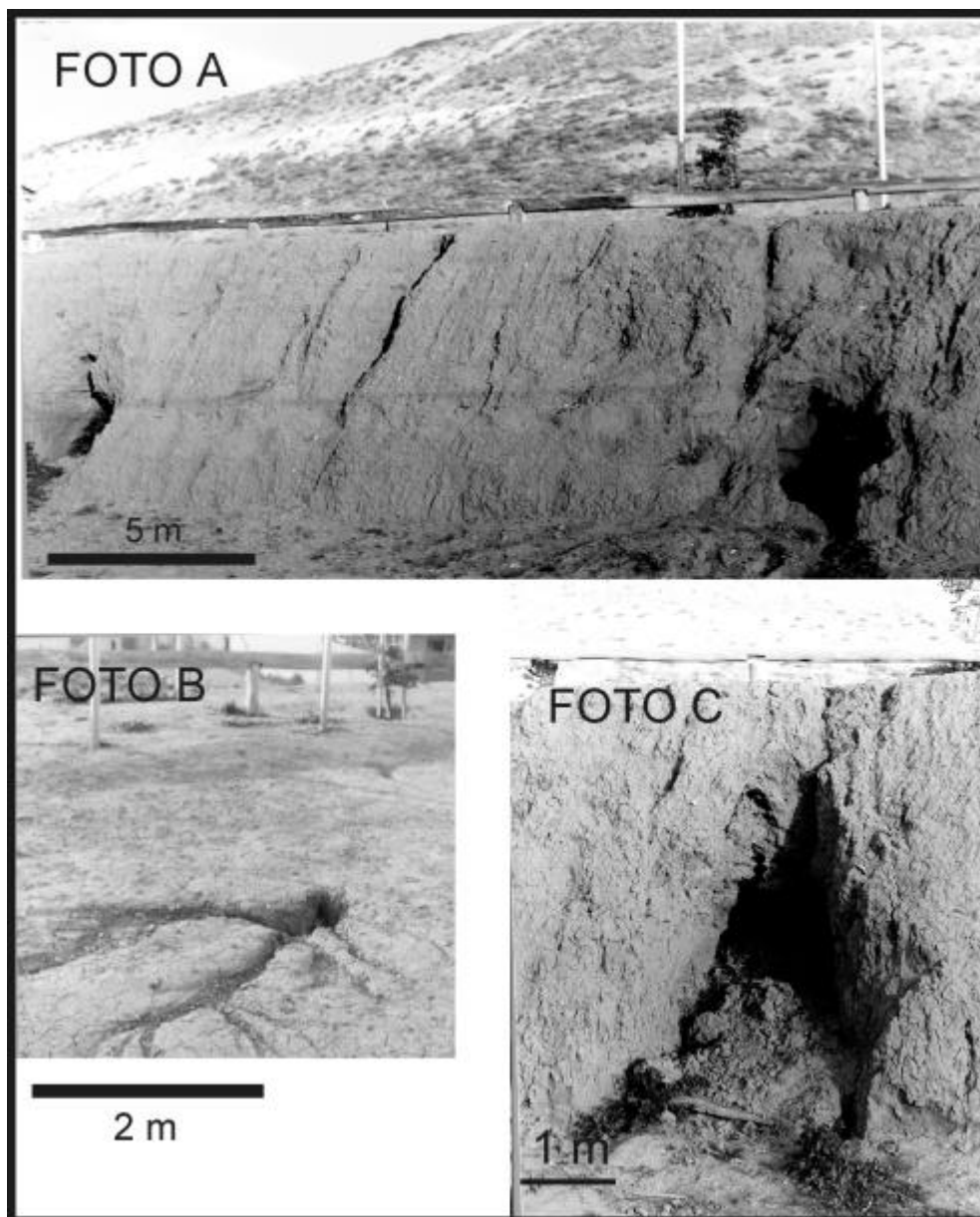


Figura N° 11. Procesos de Piping (Explanada de la iglesia del barrio)



Referencias: Foto A: Explanada de relleno de la Iglesia, Foto B: Hoyos sumideros sobre la explanada, Foto C: Túneles formados por Piping en el talud de relleno.

En las fotos áreas previas a la construcción del barrio, también se observan explanadas y taludes de relleno de antiguas locaciones petroleras cuyos materiales de relleno posiblemente también fueran afectados por piping. De esta manera, otra posibilidad, es que en las tareas de movimientos de suelos, dichas explanadas no habrían sido desmontadas totalmente y las oquedades presentes en los materiales de relleno de las antiguas explanadas habrían colapsado tiempo después de construido el barrio ya sea por el ingreso de agua de riego, lluvia o pérdidas del sistema de drenaje.

En conclusión, se supone, que las tareas de movimientos de suelos pudieron no haber desmontado correctamente las oquedades o los túneles por piping y estos habrían colapsado o provocado asentamientos cuando el suelo fue sujeto a riego, pérdidas de cañerías de ingreso de agua o pérdidas del sistema cloacal, o debido al agua infiltrada de las cunetas de la calle.

Asimismo, el material de relleno de las explanadas sobre las que se construyeron las viviendas, también pudieron estar afectadas por el proceso de piping si no fueron debidamente compactadas en forma sucesiva durante las tareas de movimientos de suelos.

Cabe destacar que en el estudio realizado por el SEGEMAR (González y otros, 2002) indicó la presencia del Piping en el Barrio Sismografica, es decir que el proceso de piping también se presenta en otras zonas aledañas de Comodoro Rivadavia.

b) Deslizamiento y asentamiento de suelos en fondo de lotes

Durante la etapa de desmonte y movimiento de suelos (1991) se debió perfilar y nivelar el terreno y en consecuencia el barrio quedo escalonado. No hay registros de cómo se compacto el material de relleno. Lo correcto habría sido compactar el material de relleno en capas sucesivas de 0,2-0.4 m con humedad óptima (Proctor). Cabe destacar, que en algunos sectores el material de relleno tiene hasta 2,5 m de espesor y gran parte de las viviendas presentan mas del 80% de las plateas sobre este tipo de suelo.

Durante la construcción del barrio (1991-1996) no se construyeron inmediatamente los muros de contención en los taludes de relleno de las explanadas sobre las que se construyeron las casas. Hay testimonios que en el talud de relleno se desarrollaron movimientos de tierra lo que indica que los rellenos fallaron y perdieron estabilidad. En consecuencia se desarrollan planos de deslizamiento que llegaron a la superficie del suelo del patio y el terreno de relleno perdió su estructura primaria. Esta situación favoreció que el agua de riego o de lluvia pudiera con mayor facilidad abrirse paso en profundidad y debilitar aún mas la cuña deslizante.

Con la finalización de la construcción del barrio (1995) se colocaron los muros de contención del talud de relleno según el proyecto original. Posteriormente a lo largo de 1995 y 1996 algunos vecinos progresivamente continuaron elevando los muros contruidos sin seguir los requerimientos del proyecto original (UNP, 2000). Todas estas medidas sin embargo no logran eliminar los movimientos del suelo. Ello se deduce ya que en 1997-1998 se detectan la deformación de 21 muros de contención y desmoronamientos en taludes de relleno (Casa 6, manzana 17: nota IPV 2/03/98). Por último se decide construir refuerzos de contención en los muros deformados como medida mitigadora.

Varias son las causas que podrían originar la deformación de los contrafuertes:

1-Falta de compactación con humedad óptima del material de relleno de las explanadas de las casas según capas de 20 cm. Es decir que el material de relleno no habría sido debidamente compactado.

2-Pérdida de la cohesión del material de la explanada de relleno por la presencia de planos de deslizamientos que se desarrollaron previos a la construcción de los muros de contención y sus sucesivos alteos.

3-Falta de drenaje de humedad excesiva a través de los muros y el consecuente aumento de la presión de poros.

4-Progresiva colocación de tierra y nivelación de patio trasero (Nota IPV, 10/08/98) que provoca el aumento del peso de la potencial cuña deslizante.

c) Pérdida de la capacidad portante del material por incremento de humedad

El material de relleno de las explanadas pierde la capacidad portante al estar saturado de agua. Las lluvias, las pérdidas de la red cloacal y de ingreso de agua saturan el sedimento y decrecen el valor de la cohesión y la fricción. Asimismo la falta de una correcta compactación sucesiva del relleno favorece la pérdida de la capacidad portante.

Años atrás el agua proveniente las lluvias in situ y del cerro inundaba las calles y el agua de los techos se infiltraba al pie de los muros. Esta falta del control del drenaje pluvial determino que los sedimentos se saturen y se consoliden y pierdan la capacidad portante.

Se ha construido una canal de drenaje pluvial (canal de guardia) al sur del barrio, es decir entre este y el cerro Viteau, con el objeto de captar todo el escurrimiento superficial y evitar que el agua superficial proveniente del cerro penetre al barrio. Sin embargo, las lluvias que acontecen sobre el barrio son drenadas por las calles las cuales son de suelo compactado con cordones de hormigón armado. Las calles transversales a la pendiente (Calles Sabino Freile, F. Luque y Toussant) tienen escasa pendiente y denotan anegamientos donde el agua se infiltra (Figura N° 1. Asimismo, los asentamientos (deformaciones de cordón cuneta) ya existentes que se reconocen en las calles incrementan el estancamiento del agua de lluvia y en consecuencia aumenta el proceso de asentamiento. De esta manera el efecto se potencia con cada lluvia, debido a que la cantidad de agua acumulada aumenta al ir, progresivamente aumentando la depresión en el suelo.

CONCLUSIÓN

Según las evidencias geológicas y geomorfológicas se descarta la presencia de un deslizamiento o proceso geológico de remoción en masa que afecte a todo el barrio.

Se plantea que los problemas de asentamiento y fisuramiento de las viviendas se asocian a tres posibles procesos. a) Procesos de piping, b) deslizamientos de taludes de relleno de fondos de lote y c) pérdida de capacidad portante del material (de relleno o naturales) ante el incremento de humedad. Es dificultoso, a partir de los datos recabados, discernir cual de los procesos generadores de riesgo descriptos afecta a cada vivienda en particular, sin embargo en todos los procesos causantes la presencia y la acción del agua infiltrada es crucial. Es decir que el agua actúa como agente disparador del proceso. Ello queda en evidencia por que existen varios casos donde el rol del agua se asocia con la

presencia de fisuramientos y asentamientos. Cabe aclarar que el rol del agua en el sedimento provoca la disolución de sales y baja el valor de la cohesión o fricción de las partículas del suelo, especialmente en aquellos indebidamente compactados o sin compactación.

Aunque no existen registros de las tareas de movimientos de suelos en la etapa de obra, se supone que la falta de compactaciones sucesivas (a la humedad óptima) del material de relleno de las explanadas es tal vez la causa principal del problema. El estudio de la UNP (2000) aclara que la compactación en los suelos aledaños a las plateas la compactación es solamente superficial y en profundidad es mucho menor. Cabe destacar que se desconoce específicamente las propiedades geotécnicas del material de relleno, pero sus propiedades macroscópicas muestran una muy elevada susceptibilidad a la consolidación, el asentamiento diferencial y al desarrollo de procesos de piping. Se aclara que en algunos casos, el espesor del relleno llega a tener 2,5 m y muchas de las viviendas con problemas se asientan sobre este tipo de suelos.

Es indudable pensar que dichos movimientos diferenciales del terreno terminen por provocar deformaciones en la red de infraestructura bajo tierra. De esta forma, se producen roturas y pérdidas y en consecuencia el efecto se potencia, debido que el agua es el agente principal que provoca el asentamiento.

PRONÓSTICO

Se prevé que los problemas de asentamiento y fisuramiento seguirán existiendo mientras que la acción del agua continúe. Mientras con mayor intensidad se controle la acción del agua proveniente del drenaje pluvial, el agua de riego y las pérdidas del sistema de red se disminuirá la acción de los asentamientos. Cabe destacar, que el sistema de fundación por platea no soporta las cargas si esta se encuentra parcialmente sin apoyo. De esta forma, si continúan existiendo casos de espacios libres debajo de platea seguramente continuaran formándose fisuras en las pa redes y muros.

Bajo las actuales condiciones, las depresiones y asentamientos en las calles son focos puntuales de infiltración del agua que seguirían provocando y potenciando el fisuramiento y la deformación del suelo.

RECOMENDACIONES

Estudios sugeridos

RECOMENDACION	
Nº 1	
Prioridad:	Media
Carácter:	Informativo
Efectividad esperada	Alta
Costo estimado:	Bajo
Descripción:	<p>Cabe destacar que el suelo sobre las que se construyen muchas de las viviendas es un material de relleno que no fue evaluado desde el punto de vista geotécnico, es decir para la aptitud fundacional.. Este material surge de la mezcla de los sedimentos superficiales tipo SC y los sedimentos del Patagoniano (F. Chenque) tipo CL o CH. En consecuencia la granulometría, consistencia, compactación, potencialidad de asentamiento, agrietamiento y densidad no están definidas y por lo tanto se desconoce si son aptos para la fundación.</p> <p>Con el fin de estudiar, analizar y comprobar las causas del asentamiento de los suelos por debajo de las plateas, se sugiere realizar estudios sobre la consolidación (en material saturado y no saturado) del sedimento ante cargas. Este estudio permitirá determinar si las pérdidas de agua de la red, realmente originan asentamientos diferenciales importantes del sedimento por debajo de la platea.</p> <p>Por otro lado, se sugiere estudiar el grado de compactación de los rellenos realizados y sus propiedades geotécnicas como ser índices de plasticidad y textura.</p>

RECOMENDACION	
Nº 2	
Prioridad:	Alta
Carácter:	Informativo
Efectividad esperada	Muy Alta
Costo estimado:	Alto
Descripción:	<p>Debido a que la presencia de huecos y espacios vacíos debajo de platea es una de las principales causas del fisuramiento, se sugiere realizar un estudio mediante geofísica (geoeléctrica, ecosonda, georadar, electromagnetometro) para evaluar si las plateas se apoyan en toda la superficie del suelo.</p>

RECOMENDACION		ESTUDIO GEOLÓGICO
Nº 3		
Prioridad:	Alta	
Carácter:	Informativo	
Efectividad esperada	Muy alta	
Costo estimado:	Muy Bajo	
Descripción:	No queda claro la posición de la falla A de Ferugulio (1950), el cual detecto hace mas de 50 años. Esta falla, aunque no presenta movimientos actuales, puede en cierta forma, desestabilizador los suelos. Es reconocida la existencia de fallas que fisuran fuertemente todos los suelos que se encuentran en forma aledaña. Este elevado fisuramiento determina que la capacidad portante del suelo disminuya considerablemente, y al mismo tiempo incrementa enormemente la porosidad secundaria y la susceptibilidad al asentamiento del suelo en húmedo o saturado bajo cargas. Por ello se sugiere realizar un relevamiento de campo de la falla y a partir de la información geofísica publicada o entregada a la Secretaría de Energía por parte de las empresas petroleras.	

Medidas de mitigación

RECOMENDACION		MEJORAR EL ESCURRIMIENTO PLUVIAL DE LAS CALLES TOUSSAINT, LUQUE Y FREILE
Nº 4		
Efecto a mitigar:	Infiltración del agua en el suelo	
Prioridad:	Alta	
Carácter:	Correctivo-Preventivo	
Efectividad esperada	Alta	
Costo estimado:	Alto	
Descripción:	El cordón, junto con la vereda no permite que el drenaje pluvial de las cunetas en las calles Toussaint, Luque y Fraile escurra. En consecuencia ocurren anegamientos en la calle, cuya agua se infiltra en el subsuelo. Para ello se debería perfilar toda la calle, compactar los suelos colocados y nivelar la calle para que el cordón no obstruya o endique el drenaje.	

RECOMENDACION		NIVELAR Y PERFILAR LOS ASENTAMIENTOS DE LAS CALLES
Nº 5		
Efecto a mitigar:	Infiltración del agua en el suelo	
Prioridad:	Alta	
Carácter:	Preventivo-Correctivo	
Efectividad esperada	Alta	
Costo estimado:	Bajo	
Descripción:	Los asentamientos diferenciales ya existentes que se reconocen en las calles incrementan el estancamiento del agua de lluvia y en consecuencia aumenta el asentamiento. De esta manera el efecto se potencia con cada lluvia, debido a que la cantidad de agua acumulada aumenta al ir, progresivamente aumentando la depresión en el suelo. Por ello se recomienda nivelar con suelo compactado los hoyos y perfilar las calles con asentamientos con el fin de poder drenar las aguas pluviales y evitar que se infiltren.	

RECOMENDACIÓN	
PERDIDAS DE AGUA DE LA RED DE INFRAESTRUCTURA	
N° 6	
Efecto a mitigar:	Pérdidas de agua al subsuelo
Prioridad:	Alta
Carácter:	Preventivo-correctivo
Efectividad esperada	Muy alta
Costo estimado:	Medio
Descripción:	<p>Realizar un estudio de la deficiencia de servicios de drenaje cloacal y de ingreso de agua a la vivienda.</p> <p>-Pruebas hidráulicas del sistema de desagüe cloacal.</p> <p>-Cambiar el ingreso de agua de red en forma superficial y a la vista con el fin de poder detectar pérdidas y que los movimientos de asentamiento diferencial no fisuren o provoquen roturas en las cañerías enterradas.</p> <p>En especial en lo referente a los afloramientos de agua al norte casa N° 2, manzana 17 o eje de calle Toussaint frente a casa 17. En dichas viviendas, coincidente con la presencia de agua, se ha detectado un creciente fisuramiento de la vivienda.</p>

RECOMENDACIÓN	
CONTROL DE DRENAJE PLUVIAL EN VIVIENDAS	
N° 6	
Efecto a mitigar:	Infiltración del agua en el suelo
Prioridad:	Muy Alta
Carácter:	Preventivo-Correctivo
Efectividad esperada	Alta
Costo estimado:	Bajo
Descripción:	<p>El agua proveniente de los techos y del riego en sectores aledaños a los muros de las viviendas (menor a 3 m de distancia) pueden provocar condiciones inestables en el perímetro de la base de la platea. Por ello se sugiere colocar veredas perimetrales a la vivienda de 2 a 3 m de ancho, (carpetas asfálticas) con el fin de evitar que el agua de lluvia, del techo o del riego no ejerza una acción desestabilizadora en el suelo ubicado por debajo de la platea. Asimismo, se han observado varias veredas perimetrales de hormigón agrietadas por donde penetra el agua. En este caso se sugiere rellenar los espacios libres con asfalto.</p>

Carácter	
Preventivo	Recaudos para que un efecto se minimice
Correctivo	Repara consecuencias de efectos
Mitigador	Recupera recursos

Efectividad esperada	
Alta	> 75 %
Media	50 - 75 %
Baja	25 - 50 %
Muy baja	< 25 %

Costo estimado (\$)	
Alto	> 50.000
Medio	20.000 - 50.000
Bajo	5.000 - 20.000
Muy bajo	< 5.000

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la cooperación y predisposición del personal del Instituto provincial de la Vivienda de la provincia de Chubut, en especial al Arq. Osvaldo G. Cilio y al Arq. Jodor por el apoyo técnico de campo.

También se agradece al Lic. Omar Lapido y Lic. Diego Roverano por los aportes a la temática en cuestión y al personal de la delegación Patagonia del SEGEMAR en especial a las Lic. Andrea Gómez y Lic. Marta Jones.

BIBLIOGRAFÍA

Bellosi E.S., 1990. Formación Cheque, registro de la Trasgresión Patagoniana en la cuenca del Golfo de San Jorge. XI Congreso Geológico Argentino. XI Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 57-70.

Badillo Juárez y Rico Rodriguez, 1992. Mecánica de suelos. Tomo II. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. Editorial Noriega Limusa. 702. pag. México.

Estudio de Ingeniería Florentino Ameghino, 1987. Estudio de Suelos para fundaciones. Inédito.

Feruglio E., 1950. Descripción geológica de la Patagonia. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Volumen 3: 238-239

González M.A; Roverano D. y Fauque L., 2000. Estudio de Peligrosidad Geológica en el Barrio Sismografica, Comodoro Rivadavia, Chubut. SEGEMAR-IRGM. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada. Serie Contribuciones Técnicas N° 4. Buenos Aires..

Gutiérrez Elorza M., 2001. Geomorfología Climática. Editorial Omega S.A. 640 pag. Barcelona. España.

Parker, G.G. 1963. Piping, a geomorphic agent in landform development of the dryland. International Association of Scientific Hydrologists Publication, 65, 103-113.

Tejedo, A., F. X. Pereyra, C. Anielli de Clavijo, y M. Jones, 2000. Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III, Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Boletín N° 305 45 p.

UNP, 2000. Informe Final de peritaje realizado por anomalías detectadas. Barrio de viviendas Nuestra Señora de la Divina Providencia. General Moscón, Comodoro Rivadavia. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Comodoro Rivadavia. Chubut. Inédito.