

TESIS DE LICENCIATURA

**ESTUDIO NEOTECTÓNICO Y GEODÉSICO TENDIENTE A COMPROBAR  
MOVIMIENTOS PREHISTÓRICOS Y RECIENTES EN LA  
FALLA LAS LAGUNAS, SAMPACHO**

Autor: DIEGO VILLALBA

DIRECTOR: Dr. GUILLERMO SAGRIPANTI  
CO-DIRECTORA: Esp. MÓNICA VILLEGAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

2011

*A mis queridos Padres*

*Olga y Roberto*

## ÍNDICE

Resumen	5	
Agradecimientos	6	
CAPÍTULO I: Introducción		
1.1	Introducción	7
1.2	Fundamentación	10
1.3	Objetivo general	11
1.4	Objetivos específicos	12
1.5	Ubicación del área de estudio	12
1.6	Materiales y Métodos	14
1.6.1	Etapa de gabinete inicial	14
1.6.2	Etapa de campo	15
1.6.3	Etapa de laboratorio	15
1.6.4	Etapa de gabinete final	15
CAPÍTULO II: Marco Geológico.		
2.1	Geología Regional	18
2.2	Geología Local	21
2.2.1	Estratigrafía	21
2.2.2	Estructura	24
2.2.3	Geomorfología	24
2.2.4	Hidrología	30
CAPÍTULO III: Sismicidad.		
3.1	Sismicidad Regional	33
3.2	Sismicidad Local	35
3.2.1.	Sismicidad Prehistórica	36
3.2.2.	Sismicidad Histórica	36

3.2.3	Sismicidad Instrumental	37
CAPÍTULO IV: Movimientos Prehistóricos		
4.1	Introducción	42
4.2	Análisis Morfométrico	44
4.2.1	Relevamiento de perfiles topográficos de detalle	45
4.3	Análisis cuantitativo y cualitativo de la morfología de la escarpa	47
4.3.1	Análisis cuantitativo	47
4.3.1.1	Tratamiento topográfico geométrico	48
4.3.1.2	Tratamiento topográfico analítico	54
4.3.1.3	Estimación de edades de rupturas	55
4.3.1.4	Propuesta de curva de regresión fuertes terremotos con ruptura en superficie de edades menores a $10^2$ años	62
4.3.2	Análisis cualitativo de las deformaciones superficiales asociadas al fallamiento	63
4.3.2.1	Probable migración del plano de falla	63
4.3.2.2	Probables estructuras transpresionales y transtensionales	66
CAPÍTULO V: Movimientos Recientes.		
5.1	Introducción	69
5.2	Metodología	71
5.3	Obtención de datos	77
5.3.1	Mediciones	78
5.3.2	Resultados	82
5.4	Interpretación	85
CAPÍTULO VI: Conclusiones		
6.1	Conclusiones y consideraciones finales	00
6.1.1	Conclusiones	00
6.1.2	Consideraciones finales	00

BIBLIOGRAFÍA

00

ANEXO I: Catálogo de sismos

ANEXO II: Datos del relevamiento topográfico

## **RESUMEN**

*El presente estudio tiene como objetivos, aprovechando las características de laboratorio natural de campo que presenta la sección Chañaritos de la falla Las Lagunas, con probada actividad cuaternaria, estimar las edades de la ocurrencia de terremotos fuertes prehistóricos e históricos generados por esta estructura a través del análisis detallado de la geomorfología y topografía de las expresiones superficiales de su escarpa. También dentro del mismo se pretende medir y caracterizar, mediante la instalación de una red geodésica local, los movimientos presentes realizados por la misma para extrapolar a toda la estructura de 70km de longitud, y así acercarnos al real potencial sismogénico de la misma, para avanzar en el conocimiento tectónico y sismológico la región SO de la provincia de Córdoba.*

*El área de estudio se ubica en el sector SO del departamento de Río Cuarto, al Sur de la Provincia de Córdoba y región central de Argentina. Con una latitud  $33^{\circ} 18' 03''$  S y  $64^{\circ} 49' 17''$  de longitud O en su punto central ocupa el sector definido entre la localidad de Sampacho y las últimas estribaciones de las Sierras de Comechingones.*

*A partir del análisis detallado de la morfología superficial de la zona, como escarpas y pequeñas escarpas, se pudo reconocer evidencia de deformación mecánica que corresponde a, al menos 4, fuertes terremotos, con ruptura en superficie, asociados a la falla Las Lagunas ocurridos en los últimos 5 Ka. Se relevaron y describieron morfoestructuras generadas por mecanismos de deformación de fallamiento inverso con componente de rumbo, que se considera, son las primeras interpretadas en este sector de la intraplaca argentina a los  $33^{\circ}$  S de latitud sobre materiales cuaternarios. Se interpretó una posible migración del plano de falla, a través de fallamiento inverso, a partir, de al menos, el Mioceno Medio a Superior. Se propone un curva tipo para estimar la edad de morfoestructuras cosísmicas generadas por fuerte terremotos ocurridos en este sector de la intraplaca, hace menos de 100 años.*

*Las mediciones geodésicas repetidas de precisión permitieron determinar que la falla Las Lagunas, de cinemática inversa, posee una componente de rumbo dextral.*

*En la red geodésica emplazada en la falla Las Lagunas se registró un desplazamiento horizontal de 37mm y una inversión, transitoria, en la componente de rumbo dextral de la estructura a sinistral adjudicado al Mega Terremoto ocurrido en febrero de 2010 con epicentro en Concepción, Chile.*

*Se considera que los resultados obtenidos son un aporte para avanzar en el conocimiento del potencial simogénico asociado a la falla las Lagunas y que permitirán una mayor certidumbre sobre los estudios futuros sobre Riesgo Sísmico de la región.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mis Viejos adorados Olga y Roberto. Gracias Papá por darme todo siempre de la manera más sencilla y ayuno de cualquier reproche. Gracias Mamá por ser puntal inquebrantable, por no permitirme jamás que se me cruzara la idea de bajar los brazos. Perdoname por condenarte muchas veces al silencio, virtud de la cual no fuiste dotada. Perdoname por hacerte esperar tanto. Los quiero con toda el alma.*

*A Pablo mi hermano querido. Gracias por acompañarme y alentarme sin esperar nada. Por bancarse algún que otro mal trato en mis días difíciles. Por entregarme sin límites su confianza. Por siempre estar, por haber crecido juntos, por saber que aunque nunca nos dejaron elegir, nos elegiríamos todas las veces. Te quiero hermano.*

*A mi cuñada Melina. Gracias por la insistencia para que me recibiera y por elegir a mi hermano para juntos hacerme el regalo más lindo.*

*A mi sobrino Santiaguito. Gracias por aparecer una primavera y convertirte en el motivo, quizás más fuerte, para retomar un camino que por momentos parecía perdido. Gracias por la fuerza que me diste a través de las cosas más sencillas y tiernas. Te quiero mucho enano.*

*A mi amigo profesor, mi profesor amigo Guillermo Sagripanti. Gracias infinitas y perpetuas. Gracias por tus consejos, por tus críticas, por ayudarme a ver las cosas. Gracias por la oreja siempre dispuesta, por el hombro siempre presto, por enseñarme a cebar mates, por los viajes al campo, por hacerme conocer Sampacho nevado, por los matambres asados con limón. Por el mejor Jean Rivier Rosé. Gracias por el egoísmo tendiendo a cero, por enseñarme a dibujar. Por saber esperar, por no enojarte cuando me dormía volviendo de Salta. Y cuando ya creía que no podías darme más nada me guiaste en la tesis y me corregiste todas las hojas, todas. En el título tiene que aparecer un solo nombre, pero si se pudiera poner más de uno tendrías que estar. Sin vos Amigo, simplemente no lo hubiera logrado.*

*A la profesora Mónica Villegas. Gracias por guiarme con tus correcciones en esta tesis y por tu paciencia infinita y tus indudables muestras confianza hacia mí, gracias por insistirme y por ayudarme desde todo lo que vos podías.*

*Al profesor Osvaldo Campanella. Gracias por corregirme desinteresadamente este trabajo y brindarme siempre tu buena predisposición.*

*Al profesor Alejandro Demichelis. Gracias por bancarme y guiarme en mi primer intento de tesis frustrado.*

*A todos mis profesores Carlitos, Anita, Mónica, Adriana, Hugo Schiavo, Mario Sanabria, Analía, Mario Cantú, Gringa, Nelso, María Lidia, Juan Felicia, David, Daniel, Fernando, Marcelo, Juan Otamendi, Lucio, Jorge; Hugo Petrelli. Gracias a todos y de todos me llevo algo.*

*A mis hermanos geólogos Danilo y Marianito. Me reporto ante el 33% de la sociedad que llegó primero y quedamos a la espera con confianza y seguridad de la pronta llegada del 34% restante. Gracias amigos por las charlas de las mañanas, tardes y noches. Por los mates de las mañanas tardes y noches. Por las risas de las mañanas, tardes y noches. Por las peleas de las mañanas, tardes y noches. Por el estudio de... bueno, siempre hay tiempo para algunas cosas. Gracias por los fracasados intentos por cazar al hombre*

*rata. Gracias por el solo de bombo. Gracias por la imborrable imagen de la dormilona. Los quiero mucho muchachos.*

*A mis compañeras de cursada y queridas amigas Romi, Vir y Jime. Gracias por las charlas, las discusiones calladas, los mates debajo del Ginkgo biloba, por aprender y crecer juntos en la carrera, por respetarme como geólogo antes de tiempo, por aparecer y regalarme su amistad, por hacerme sentir parte de ustedes y saber que son parte de mi.*

*A mi amigo querido Pablo Castellarini. Gracias por aprender juntos a chocarnos contra la realidad de la Geología de campo. Por las diligencias desde la gran ciudad y las charlas eternas inundadas de mates. Por honrarme y enorgullecerme con su amistad*

*A mis compañeritos y queridos amigos nuevos Gato, Ani y Cari. Gracias por aparecer en el tiro derecho final a regalarme su amistad y darme el último empujón, cargándome las pilas con sus años jóvenes y ayudándome a pasar una puerta que durante años no me animé a golpear.*

*A Anabela Bettiol mi querida amiga. Gracias por acompañarme al campo a levantar los perfiles el día de más viento en el año 2010 arriesgando a desaparecer para siempre por los cielos de las últimas estribaciones del Comechingones y alrededores.*

*A todos los amigos que me dio la Geología. Manuel, Turco, Fer, Tancacha, Pao, Pelado, Leo, Carito, Agus, Ceci, Flaca, Tito gracias por las charlas sobre nada, por los mates, por los asados, por los viajes, por siempre alentarme a terminar, por ver cosas en mí que no creo tener.*

*A mi amiga Carito Grosso por decirme un día, sin reparos, que dejara de preocuparme y empezara a ocuparme.*

*A mis amigos del alma de toda la vida Justo y Cristián. Gracias por la paciencia de siempre creer en mí. Si uno fuese el cabal reflejo de la gente que le toca en suerte lo ilumine en la vida, mi destino por ustedes solo podría ser convertirme en una gran persona.*

*A la UNRC por brindarme su espacio y su tiempo para poder lograr mi creer, crear, crecer.*

*Al Departamento de Geología por prestarme sus paredes y sus muebles pero también su espíritu y por sobre todo su aula de Rocas a la cual necesito volver de vez en cuando.*

*A Graciela y Huguito. Gracias por siempre solucionarme lo que les pedí con buena onda.*

*A la sra. Beba Gonzalez y a la sra. Daiana Marzari, propietarias de las estancias La Colora y La Leona respectivamente, por permitirme realizar mis tareas de campo en sus tierras.*

*Al 1ro B de la Mitre al 580 por ser cuna silenciosa de una amistad para siempre. Y espero por el bienestar psicológico, jurídico y legal de "algunos" que ese silencio perdure en el tiempo hasta, al menos, la llegada del M 7,4 (Sagripanti, 2006).*



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN



## 1.1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las amenazas naturales los terremotos destructores constituyen el fenómeno más temido debido, posiblemente, a la imposibilidad de contar con elementos adecuadamente seguros que permitan predecir con certeza y con suficiente antelación la magnitud, lugar de ocurrencia y momento en el que ocurrirán.

Estos eventos destructores provocan importantes pérdidas de vidas e infraestructura paralizando todas las actividades del país o región donde tienen epicentro. A escala global los grandes terremotos más recientes registrados son el de la India (26/01/2001) de magnitud Richter M 7,9; el de Sumatra (26/12/04) de M 9,0, hasta ahora uno de más fuerte registrado; el de Perú (15/08/07) de M 7,7; el de Honduras (28/05/09) de M 7,1; el de Indonesia (03/09/09) de M 7,0, el de Samoa (01/10/09) de M 7,9 ; el de Puerto Príncipe, Haití M 7,1 (12/01/10) con más de 250.000 vidas humanas perdidas y por último el de Concepción, Chile (27/02/10) de M 8,8 que causó pérdidas económicas estimadas en 30.000 millones de dólares. Todos estos terremotos destructores se produjeron en zona de borde activo de placas y su ocurrencia se debe al constante reajuste tectónico de nuestro planeta, siendo estas áreas donde la manifestación de estos eventos naturales es mayor, tanto en número como en energía liberada.

Sin embargo las zonas de intraplaca no se encuentran exentas de la ocurrencia de terremotos y aunque se manifiestan con menor magnitud y frecuencia, pueden causar tanto daño como uno fuerte (Ambraseys, 1980). Son ejemplo, el terremoto de Agadir (Marruecos) en 1960 de M 5,5, causó alrededor de 100.000 muertos; el de Yugoslavia en 1963 alcanzó M 6,0, y produjo 1.000 muertos y pérdidas materiales del orden de 500 millones de dólares; la crisis sísmica de Tennant Creek (Australia) donde el 22 de enero de 1988 ocurrieron 3 sismos de M 6,3-6,4-6,6 en menos de 24 horas; el terremoto de Islamabad (Pakistán) de M 7,9 el 30/10/08 que causó 25.000 muertes; y en Moscú (Rusia) de M 6,4 el 18/01/08.

En Argentina, históricamente la actividad sísmica se ha concentrado en la región centro – norte occidental, abarcando principalmente las provincias de Mendoza, San Juan y Salta, y en menor grado La Rioja, Catamarca, San Luis y Córdoba, donde se han producido terremotos destructores que generaron importantes pérdidas de vidas humanas y económicas. Los terremotos destructores que han superado la M 6,0 son: Talavera, Salta de M 7,3 (1692); Mendoza de M 7,0 (1861); San Juan de M 8,2 (1894) denominado “Argentino”; Mendoza de M 7,4 (1927); San Juan de M 7,8 (1944) y Caucete, San Juan de M 7,4 (1977).

En la provincia de Córdoba pueden citarse, como ejemplos históricos de fuertes terremotos, el de Deán Funes en 1908, de magnitud M 6,5; el de Sampacho en 1934, M 6,0; el de Villa Giardino en 1947, M 5,6 y el de Cruz del Eje en 1955, M 6,7 (Sagripanti *et al.*, 2009).

En la región de intraplaca de Argentina a los 33°S, entre la Precordillera y las Sierras Pampeanas, la sismicidad se manifiesta con eventos superficiales de magnitudes moderadas a fuertes y son el producto de la horizontalización de la placa de Nazca a dicha latitud (Costa y Vita Finzi, 1996; Ramos, 1999). Dentro de este ámbito, y a longitudes entre 64° y 65°O, también se han descrito morfologías superficiales, deformaciones cosísmicas de sedimentos cuaternarios, ocurrencia de fuertes paleoterremotos y frecuente actividad sísmica superficial (Sagripanti, 2006; Sagripanti y Villalba, 2009).

En el sur de la provincia de Córdoba, a la latitud 33° 30'S, sector Sur de las Sierras Pampeanas de Córdoba, en proximidades de la localidad de Sampacho, se ubica la falla Las Lagunas. Esta estructura tiene probada actividad cuaternaria y posee importantes antecedentes sísmicos prehistóricos, históricos y actuales. Entre los prehistóricos se pueden citar varios paleoterremotos fuertes que habrían alcanzado la M 7,0 mientras que en la actualidad la actividad sísmica se pone de manifiesto con sismos de alrededor de M 3,0. Toda la información indicaría que esta actividad tiene continuidad al menos desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Sagripanti, 2006; Sagripanti *et al.*, 2009).

La falla Las Lagunas es de carácter inverso y tiene un rumbo aproximado de 037° a 055°N con plano buzante al SE. Superficialmente su expresión morfológica es una escarpa, de más de 70 km de longitud, desarrollada en sedimentos cuaternarios que enfrenta el NO (Seitz, 2009).

En zonas propensas a terremotos, las fuerzas tectónicas deforman a las rocas de la corteza de modo continuo e imperceptible. Si bien las manifestaciones más obvias de estas deformaciones son montañas producidas por movimientos verticales durante millones de años, hay movimientos de la corteza de menor magnitud que pueden detectarse y mensurarse a través de mediciones geodésicas, como por ejemplo, mediciones topográficas de precisión (Bolt, 1995).

Normalmente en el estudio de los terremotos se utilizan tres herramientas principales, el estudio de las ondas sísmicas, la geología y la geodesia. Originalmente la geodesia fue desarrollada para medir precisamente distancias y elevaciones de la superficie terrestre, posteriormente, se arribó a que las variaciones detectadas en las mediciones geodésicas podían ser usadas en el estudio de la deformación de la Tierra, como así también en las deformaciones generadas por terremotos (Yeats *et al.*, 1997).

Según Yeats *et al.* (1997) las principales técnicas de medición geodésicas con base terrestre (triangulación, trilateración, radiación y nivelación) utilizadas en estudios tectónicos, comienzan a tener mayor aplicación a partir del año 1960 y llegan a convertirse en los principales métodos geodésicos hasta alrededor del año 1980. En esta época, es cuando tiene inicio el desarrollo y la aplicación de técnicas geodésicas con base espacial, como Interferometría de Líneas de Base Largas (VLBI), Relevamiento Láser Satelital (SLR) y Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS).

Las principales técnicas de medición con base terrestre, para determinar la deformación horizontal son la triangulación, que consiste en la medición de ángulos entre estaciones y la trilateración que consiste en la medición repetida de la longitud y la rotación de líneas de base, método preferido en el presente. Para ello se instalan estaciones a ambos lados de la falla. Estas están organizadas en polígonos interconectados donde la posición de cada punto en relación a los otros es perfectamente conocida, considerándose una red sensible a cualquier movimiento a través de la falla. Repetidas mediciones de precisión de la orientación y longitud de las líneas de base entre estaciones permiten reconocer si ha tenido ocurrencia algún movimiento y su magnitud (Keller y Pinter, 1996).

La creciente necesidad de aumentar el conocimiento sobre el potencial sismogénico asociado a fallas con actividad cuaternaria y el riesgo sísmico a la que están expuestas algunas poblaciones en la actualidad depende, en su gran mayoría, de las investigaciones paleosismológicas que se puedan realizar (Mc Calpin, 1996; Costa, 2004). Estas actividades se pueden complementar con datos actualizados, como los que aportan los relevamientos geodésicos de precisión, para lograr una mejor comprensión del comportamiento de las fallas.

Las mediciones geodésicas de precisión, repetidas, para relevar deformaciones de la corteza son en el presente, la principal fuente de información en el análisis de la geología de los terremotos. Estas mediciones cuando son aplicadas en el estudio de terremotos permiten obtener datos para describir e interpretar la ruptura de falla, como así también describir la deformación entre sucesivos eventos sísmicos (Yeats *et al.*, 1997).

El estado actual de la ciencia considera como de fundamental importancia a los estudios paleosismológicos para obtener información acerca de la sismicidad prehistórica de una región mediante la reconstrucción de los fuertes eventos tectónicos que dejaron huellas apreciables en los materiales del cuaternario y, en algunos casos, es vital el apoyo aportado a través del análisis de la morfología superficial. Esta información se obtiene relevando e interpretando estructuras deformacionales fósiles, generadas por fuertes terremotos prehistóricos, por medio de la excavación y descripción de trincheras, que se complementa con el relevamiento de escarpas de fallas mediante el

levantamiento de perfiles transversales de detalle. La información obtenida con estos métodos de investigación es la base sobre la que se apoya la tectónica activa para estimar el potencial sismogénico de una falla determinando: número de paleoterremotos, paleomagnitud y recurrencia, definición de la longitud de ruptura, desplazamiento por evento y tasa de desplazamiento.

El análisis de la morfología de las escarpas es una potente herramienta para determinar su edad basada en el principio de que el volumen del material removido en la modelación del relieve, por la actuación de los procesos superficiales, es una función relacionada directamente con el tiempo. La erosión y atenuación de las mismas está controlada por factores como el clima, ángulo de talud y propiedades físicas de los materiales fallados.

En algunos casos la escarpa carece de materiales susceptibles de datar y solamente se puede hacer una evaluación cualitativa de su edad, basándose en el grado de erosión de la misma. Por ello, a partir de la información cuantitativa obtenida como ángulo de talud, ángulo de la superficie superior del talud y altura de la escarpa, se pueden definir curvas patrón que permiten estimar la edad de las mismas (Bucknam y Anderson, 1979)

Las investigaciones desarrolladas en el sector suroriental de las sierras de Comechingones, donde se ubica el área de estudio, cuyos resultados son importantes contribuciones (Olsacher, 1935; Mingorance, 1987, 1991; Aguilera *et al.*, 2002; Sagripanti *et al.*, 1998a, 1998b, 2001, 2003, 2005; Sagripanti, 2006; Sagripanti y Villalba, 2006; Sagripanti y Villalba, 2009; Sagripanti *et al.*, 2009 y Seitz, 2009), han permitido avanzar en el conocimiento de la sismicidad y neotectónica de la región. Sin embargo, no se cuenta en para la misma con antecedentes de registros de mediciones geodésicas de precisión con base terrestre.

## **1.2 FUNDAMENTACIÓN**

En el extremo suroriental de las Sierras Pampeanas de Córdoba, a unos 15 kilómetros al noroeste de la localidad Sampacho, próxima a las últimas estribaciones de la Sierra de Comechingones se ubica la falla Las Lagunas que, entre las estructuras reconocidas con actividad cuaternaria, es la que ofrece las condiciones morfológicas, litológicas y estructurales, más sobresalientes para ser abordada por un estudio paleosismológico y geodésico detallado. Los primeros permitirán definir y corroborar edades de terremotos prehistóricos e históricos ocurridos en la región, mientras que los segundos nos posibilitarán estimar los movimientos relativos de dicha estructura. Se considera que realizar las tareas para lograr estos conocimientos es muy importante, ya que serán la información base para describir y entender mejor el comportamiento de esta falla de intraplaca y avanzar en la estimación del potencial sismogénico asociado a ella. Actualmente los movimientos de la falla Las Lagunas se conocen sólo

parcialmente. Se estima que la tasa de movimiento es mayor que la de erosión-sedimentación, debido a que los rasgos morfológicos superficiales, escarpa y pequeñas escarpas, se preservan rectilíneos y con una expresión clara a pesar de encontrarse en un clima mesotermal con un régimen hídrico subhúmedo húmedo con importante actividad antrópica de laboreo. Por orientación y ubicación dentro del contexto tectónico compresivo de la región, se supone, la estructura debería tener una componente de movimiento dextral que no ha sido corroborado hasta el presente.

Es de destacar que a pesar de haber sido epicentro de dos de los terremotos más destructores ocurridos dentro de la zona de peligrosidad reducida de Argentina y la que actividad sísmica es frecuente, el potencial sismogénico del área es sólo parcialmente conocido, impidiendo de esta manera la interpretación adecuada del peligro sísmico asociado a la misma.

A nivel mundial, actualmente, la planificación, el desarrollo, la zonificación y la regulación de las actividades, tanto públicas como privadas, en regiones sísmicamente activas, están basadas en el conocimiento del peligro sísmico de la región. Es por ello que las investigaciones neotectónicas y geodésicas, tendientes a obtener información de base para lograr una correcta zonificación territorial, se consideran herramientas fundamentales para la toma de decisiones por parte de los planificadores.

En base a lo anteriormente planteado y, para avanzar en el conocimiento del potencial sismogénico de la falla Las Lagunas, se considera necesario realizar estudios paleosismológicos que aporten a la reconstrucción de los movimientos prehistóricos y recientes y así estimar la tasa de movimiento de la estructura; y mediciones geodésicas de precisión que permitan tener un conocimiento más preciso sobre los movimientos actuales de la falla y que proporcionen también los datos necesarios para comprobar si el movimiento de la estructura posee alguna componente de rumbo. Toda esta información posibilitará un abordaje más concreto sobre el peligro sísmico asociado a la falla Las Lagunas

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los movimientos prehistóricos y recientes de una sección de la falla Las Lagunas, aplicando técnicas neotectónicas y geodésicas, con el fin de obtener información que permita avanzar en el conocimiento del potencial sismogénico asociado a ésta, para efectuar un abordaje más realista en la determinación del peligro sísmico en la región.

#### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar la carta de evidencias neotectónicas correspondientes a la sección de la falla en estudio, en soporte digital y a distintas escalas.

Monitorear los desplazamientos en el bloque elevado y hundido de la falla mediante la red geodésica ya instalada.

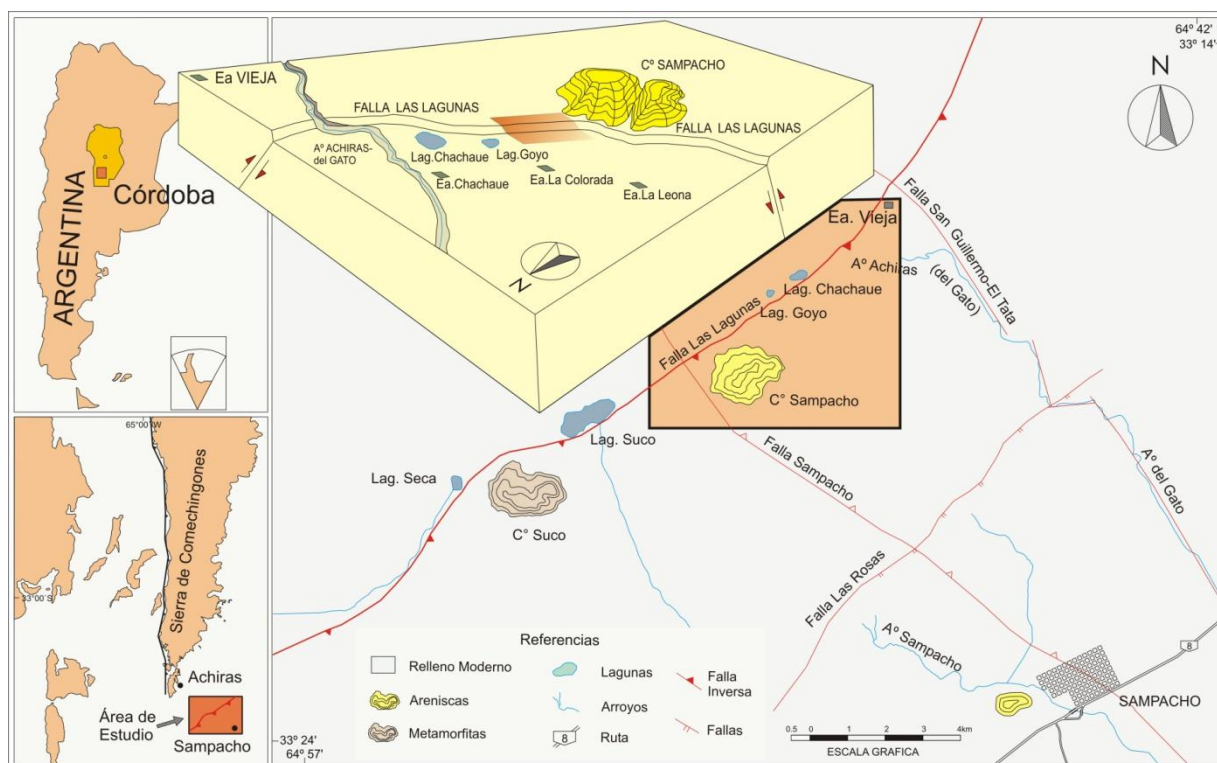
Relevar topográficamente en detalle la escarpa y pequeñas escarpas de la falla en la sección estudiada.

Actualizar el registro de sismicidad prehistórica y actualización del catálogo de la sismicidad histórica e instrumental.

#### 1.5 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el sector SO del departamento de Río Cuarto, al S de la Provincia de Córdoba y región central de Argentina. Con una latitud  $33^{\circ} 18' 03''$  S y  $64^{\circ} 49' 17''$  de longitud O en su punto central ocupa el sector SE de la Hoja Topográfica Achiras (3366-24-3) a escala 1:50.000 generadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). El valor de cota altimétrica media de la zona es de 625 m.s.n.m. Se accede desde la ciudad de Río Cuarto a través de la ruta nacional N°8 hasta la localidad de Sampacho y desde allí por medio de la ruta provincial E-86 que une a la misma con la villa serrana de Achiras (Fig. 1.1).

La zona se ubica en la región de intraplaca Argentina, dentro de un contexto tectónico de subducción subhorizontal, en el límite transicional entre las provincias geológicas de Sierras Pampeanas y Llanura Chaco-Pampeana. Presenta asomos aislados de cerros chatos (cerros Suco, Chañaritos o Sampacho y Áspero) que sobresalen en un relieve ondulado característico de una zona pedemontana distal compuesto predominantemente por materiales eólicos, fluvio eólicos y lagunares con muy bajo a nulo grado de diagénesis de edad cenozoica. Se observan suelos de pobre desarrollo en los cuales se destaca el horizonte Ap debido al uso agrícola de los mismos. La dirección de escurrimiento superficial regional es hacia el SE (Fig. 1.2).



**Figura 1.1.** Mapa de Ubicación de la zona de estudio.

A nivel regional el clima es de tipo mesotermal con un régimen hídrico que varía desde subhúmedo húmedo a subhúmedo seco. Posee un régimen térmico que se caracteriza por un invierno algo riguroso y un verano cálido, con episodios de fuertes vientos durante todas las estaciones. Las temperaturas medias son del orden de 16°C, registrándose la media máxima de 23°C en el mes de Enero y la mínima de 9°C en el mes de Julio. El 80% de las lluvias se concentra en las estaciones de primavera y verano con inviernos muy secos (Caviglia, 2002).

Como accidentes geográficos más importantes de la zona se destacan; al Norte el arroyo del Gato y lagunas Chachagüe y Goyo, hacia el Sur los cerros Sampacho y Suco, al Oeste el cerro Áspero y hacia el Este la localidad de Sampacho.

## 1.6 MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos propuestos las investigaciones se desarrollaron siguiendo la metodología tradicional utilizada en los estudios geológicos, que comprende las etapas: gabinete inicial, campo, laboratorio y gabinete final.



Dentro de las actividades realizadas se destacan los siguientes relevamientos:

geológico-estructural de evidencias neotectónicas,

topográfico de detalle de la escarpa de falla,

de precisión en la red geodésica,

de la sismicidad regional.



**Figura 1.2.** Fotografía aérea oblicua a baja altura y bajo ángulo de incidencia solar del ambiente de la zona de estudio.

#### **1.6.1 ETAPA DE GABINETE INICIAL**

Actualizar el inventario de antecedentes geológicos-estructurales, neotectónicos y sismológicos (históricos e instrumentales) de la región.

Recopilación de información cartográfica (Hojas topográficas del IGM 3366-30-1 Suco, 3366-30-2 Sampacho, Achiras (3366-24-3), fotos aéreas verticales y oblicuas e imágenes satelitales en soporte papel y digital Landsat 7 ETM+B8 229/83).

Análisis de imágenes satelitales y fotografía oblicuas, y fotointerpretación de fotos aéreas verticales.

Elaboración de cartografía preliminar de evidencias neotectónicas de la sección de la falla en estudio.

Elección de sitios potenciales para realizar los perfiles topográficos de detalle transversales a la escarpa de falla.

#### **1.6 2 ETAPA DE CAMPO**

Control de cartografía y relevamiento geológico-estructural.

Relevamiento topográfico de detalle de las morfologías superficiales (escarpa y pequeñas escarpas) de la falla.

Mediciones de precisión repetidas de los puntos de control que forman la red geodésica instalada.

De ser necesario, muestreo de materiales sedimentarios tendientes a la caracterización de las unidades litoestratigráficas aflorantes.

#### **1.6.3 ETAPA DE LABORATORIO**

Tratamiento de muestras de sedimentos recolectados en las escarpas, para su determinación.

#### **1.6.4 ETAPA DE GABINETE FINAL**

Análisis e interpretación de la información geológica - estructural, neotectónica obtenida.

Tratamiento de la información obtenida en las actividades neotectónicas (perfiles transversales de detalle a la escarpa) y estimación de algunos parámetros sobre el potencial sismogénico de la falla.

Actualización del catálogo de sismos.

Elaboración de cartografía de evidencias neotectónicas en soporte digital.

Análisis e interpretación de los datos obtenidos en las repetidas mediciones realizadas en la red geodésica.

Integración de la información obtenida, interpretación y conclusiones. Elaboración del manuscrito final.

## CAPÍTULO 2

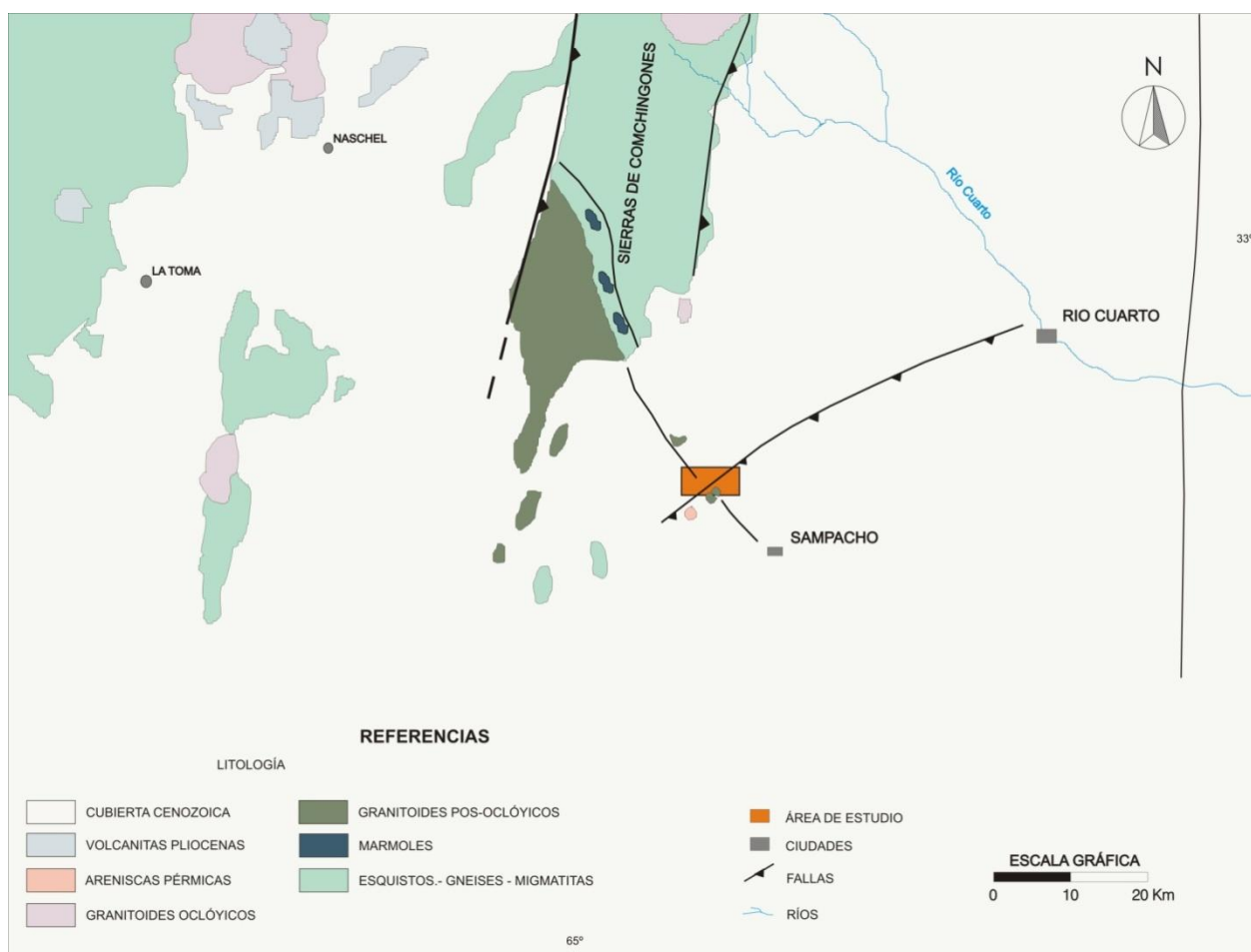
# GEOLOGIA REGIONAL



## 2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio, se encuentra ubicada al Sureste de la provincia geológica de Sierras Pampeanas en la zona de transición entre las últimas estribaciones de la Sierra de Comechingones y la provincia geológica Llanura Chaco - Pampeana. Por su ubicación la zona constituye, claramente, una región de intraplaca (Fig. 2.1).

Las Sierras Pampeanas constituyen un orógeno cuya evolución geotectónica se inicia en el límite Precámbrico - Cámbrico, dentro del ciclo Pampeano (650-570 M.a.) y es resultado de la colisión del terreno Pampia (Kraemer *et al.*, 1995) que hasta ese momento subducía hacia el Este, con el Cratón del Río de la Plata. Esto dio lugar al metamorfismo de grado bajo a medio que en algunos sectores llega hasta facies de alto grado, representado fundamentalmente por esquistos, gneises, anfibolitas, ocasionalmente migmatitas, y un magmatismo de tipo calcoalcalino (Gordillo y Lencinas, 1979).



**Figura 2.1.** Mapa geológico regional con la ubicación de la zona de estudio. Modificado de Pinotti (1998) y Sagripanti (2006).

El basamento cristalino de edad Precámbrica - Eopaleozoica, fue afectado por los eventos orogénicos de la fase Oclóyica, asociada al ciclo Famatiniano, con edades Ordovícicas y Silúricas, que

produjeron una importante deformación que levantó el basamento mediante fajas de cizalla dúctil-frágil de cinemática inversa (Martino, 1993). Posteriormente en el Devónico-Carbonífero inferior, mediante fenómenos de anatexis el basamento metamórfico fue intruido por batolitos calcoalcalinos como el de Alpa Corral - Cerro Áspero y Achala (Coniglio y Esparza, 1988; Pinotti, 1988; Pinotti *et al.*, 2002). Todo esto llevó a la consolidación tectónica de la provincia geológica Sierras Pampeanas.

En el Paleozoico superior, el basamento de Sierras Pampeanas de Córdoba se comportó como un ente frágil y un orógeno del tipo andino actuó hasta el Pérmico medio donde una posible disminución de la velocidad de convergencia condujo a un régimen extensional (Gordillo y Lencinas, 1979; Ramos, 1999).

Con anterioridad al Carbonífero se habría producido la elevación de las Sierras Pampeanas de la cual resultan los depósitos sedimentarios de la Fm. Chancaní de edad Carbónica. Estas formaciones sedimentarias poseen escasa representación areal y espesores poco importantes. En el Pérmico Inferior se depositan las secuencias clásticas que en Córdoba se denominan Formación Tasa Cuna y en San Luis, Bajo de Veliz y Agua Dorada (Flores, 1979; Hünicken y Pensa, 1981). Estas formaciones paleozoicas pueden correlacionarse con las potentes secuencias que constituyen el Grupo Paganzo en San Juan y La Rioja (Hünicken y Pensa, 1981).

Durante el límite permo-triásico se generan una serie de cuencas de rifts meridionales, que son reactivadas en el Cretácico por un régimen distensivo asociado a la apertura del océano Atlántico. Estos procesos dan lugar al desarrollo de las cuencas de General Levalle, Beazley, Mercedes, Macachín, Sierra Chica y Los Cóndores (Ramos, 1999; Rosello y Mozetic, 1999; Chebli *et al.*, 1999).

Estas cuencas intracratónicas se caracterizan por una estructura de bloques fallados (Pasotti, 1974; Zambrano, 1974; Russo *et al.*, 1979; Ramos, 1999; Chebli *et al.*, 1999) sobre las que se apoyan formaciones volcánico - sedimentarias integradas por secuencias sedimentarias continentales de tipo estratos rojos, compuesto por conglomerados, areniscas y limoareniscas laminadas; que alternan con vulcanitas de carácter traquibasálticas. Los afloramientos más importantes se observan en la Sierra de los Cóndores y la Sierra del Pajarillo - Copacabana - Masa. El vulcanismo es de naturaleza alcalina con un progresivo incremento de sílice y un contenido relativamente alto de K que se conserva en toda la serie. El paleoambiente de estos depósitos corresponde a facies de abanicos aluviales, sistemas fluviales y lago salino que se intercalan con coladas basálticas, con una disposición de relleno de una cuenca tipo rift (Gordillo y Lencinas, 1967, 1979; Poiré *et al.*, 1988; Chebli *et al.*, 1999).

Ramos (1999) plantea que la evolución del ciclo Andino se divide en dos subciclos, denominados Paleógeno y Neógeno. Estos subciclos son controlados por la variación de la velocidad de convergencia relativa entre las placas de Nazca y Sudamericana (Pardo Casas y Molnar, 1987). El subciclo Paleógeno está caracterizado por la generación de un arco volcánico que se puede dividir en tres segmentos a lo

largo del cordón andino. Este subciclo culmina con un período de baja velocidad de convergencia y que, a la vez, está asociada a una importante componente de subducción oblicua. La tectónica del subciclo Neógeno fue controlada por la segmentación de los Andes (Isack *et al.*, 1982; Jordan *et al.*, 1983), como resultado del comienzo de la subducción de la dorsal asísmica de Juan Fernández en el Mioceno medio (Pilger, 1984; Von Huene *et al.*, 1997). A los 33° de Latitud S se produce, en el Mioceno medio a superior, la expansión del arco volcánico desde Precordillera hasta alcanzar las Sierras Pampeanas, retornando el vulcanismo entre los 10 y 1,9 M.a. (Ramos *et al.*, 1991; Sruoga *et al.*, 1996), el acortamiento orogénico producido a esta latitud fue de 110 y 115 Km (Ramos *et al.*, 1996b). Durante el Mioceno-Plioceno las suturas eopaleozoicas y fallas normales paleozoicas - mesozoicas afectadas por la inversión tectónica se transforman, en su mayoría, a fallas inversas de alto ángulo con plano buzante al Este (Costa, 1999).

Los sedimentos cenozoicos, terciarios, están compuestos por depósitos clásticos continentales y marinos, apoyados en discordancia sobre el basamento cristalino o sobre los estratos rojos cretácicos. Se los reconoce en posición horizontal o ligeramente basculados y normalmente cubiertos por sedimentos cuaternarios. Entre éstos se pueden citar la Formación Chaco, Eoceno - Mioceno inferior, compuestos por niveles arenosos limolíticos y arcilíticos, la Formación Paraná, Mioceno, de arcilitas verdosas con restos de fósiles marinos y la Formación Puelches definida por areniscas de grano fino a grueso, de edad Plioceno superior-Pleistoceno inferior (Russo *et al.*, 1979; Fernández Garrasino y Vrba, 2000; Degiovanni *et al.*, 2005).

Las Sierras Pampeanas constituyen un antepaís fragmentado del orógeno andino que se encuentra asociado a un segmento de subducción subhorizontal de la placa de Nazca entre 28° y 33°S, donde la placa oceánica se horizontaliza alcanzando un ángulo aproximado de 5° (Jordan *et al.*, 1983; Jordan y Allmendinger, 1986). Las deformaciones andinas neógenas se han distribuido en un amplio sector de la intraplaca, reconociéndose sus efectos en regiones ubicadas a más de 700 km de la posición actual de la trinchera oceánica (Costa, 1999). Durante el intervalo Plioceno - Pleistoceno se produce el principal evento de deformación y levantamiento de los bloques pampeanos (Costa, 1999) como consecuencia de la fase Diaguita del Orógeno Andino (Ramos y Ramos, 1978; Yrigoyen, 1979).

Las deformaciones cuaternarias en Sierras Pampeanas son aisladas y de escasa extensión areal y expresan el estilo de la tectónica andina regional, que consiste en fallas inversas lítricas, generalmente buzantes al Este, ubicadas marginalmente a bloques levantados y basculados del basamento cristalino durante la orogenia andina. Estas estructuras parecen ser reactivaciones de fracturas preexistentes y en la mayoría de los casos están controlados por anisotropías de la estructura interna del basamento (Costa, 1999).

Las principales deformaciones cuaternarias se encuentran asociadas a las zonas pedemontanas de las Sierras de San Luis, Comechingones y Chica de Córdoba que se manifiestan como corrimientos del basamento cristalino afectando también a los sedimentos cuaternarios (Costa, 1999).

## 2.2 GEOLOGÍA LOCAL

### 2.2.1 ESTRATIGRAFÍA

Estratigráficamente la zona está conformada por un basamento ígneo-metamórfico de edad Precámbrico-Paleozoico inferior-medio. Las facies metamórficas son orto y para derivadas y están representadas por ortogneises tonalíticos - biotíticos, esquistos micáceos, dolomitas cristalinas, para y ortoanfibolitas y migmatitas (Otamendi, 1995). Posteriormente durante el Paleozoico inferior-medio estas rocas fueron intruidas por leucogranitos anatéticos o sus derivados pegmatíticos o aplíticos. En la zona el basamento está casi totalmente cubierto encontrándose asomos aislados en los cerros Áspero y Sampacho, y en algunos sectores del arroyo Achiras-del Gato (Fig. 2.2).

La formaciones reconocidas en el área son las descritas por Otamendi (1995) y corresponden al Complejo Las Lajas, constituido por metamorfitas de la Formación Loma Blanca (gneises biotíticos y cuarcíferos, anfibolitas, ortoanfibolitas y mármoles) y por la Formación Monte Guazú (tonalitas, granodioritas foliadas y milonitizadas).

El Paleozoico superior está representado, en el área, por areniscas cuarcíticas de grano fino a muy fino, compactas, con estratificación no muy marcada, expuestas en el cerro Suco y en las canteras de Sampacho (Sosic, 1964). A estos depósitos Gordillo y Lencinas (1972) los han denominado "Areniscas Sampacho" y posteriormente fueron definidas como "Formación Ranqueles" por Hünicken *et al.* (1981), esta unidad está formada por los miembros Sampacho (inferior) y Suco (superior). El primero está constituido por aproximadamente 90 m de areniscas grises a gris rosado de grano fino a mediano, depositadas en estratos alternados de hasta 2 m de potencia, mientras que el miembro Suco está formado por 270 m de areniscas finas a medianas rosadas a rojizas. Paleoambientalmente están definidas como depósitos fluviales de energía moderada. Estas sedimentitas fueron correlacionadas con las aflorantes en el Bajo de Veliz, asignadas al Pérmico por Pastore (1930, 1938). Hünicken *et al.* (1981) sostienen que el Miembro Suco tiene analogías litológicas con el Miembro El Cadillo de la Fm Chancaní, del Carbonífero medio-superior.

La cobertera sedimentaria sobreimpuesta fue descrita por Cantú (1992) y está compuesta por depósitos Cenozoicos agrupados en las siguientes formaciones:

### Formación Alpa Corral

Está constituida por cuatro metros de arenas finas con gravas dispersas, y gravas finas y gruesas intercaladas con arena media y gruesa de edad Plio-Pleistoceno. Presenta estructura en artesas. Ambientalmente es de origen fluvial correspondiente a facies de canal (Eric, 1986).

### Formación Pampeano

Está constituida por materiales limosos y limoarenosos muy finos de color pardo rojizo a amarillento. Se le asigna una edad Pleistoceno medio a superior, su origen se considera mixto, fluvial y probablemente palustre. Se encuentra expuesta en su mayoría en la Faja Eólica Periserrana (Cantú y Degiovanni, 1984).

### Formación Suelo Estancia El Cerrito

Se desarrolla sobre los materiales de la Fm. Pampeano durante el Pleistoceno superior tardío. Es un paleosuelo que se encuentra representado por un horizonte relíctico Bt, el cual posee una estructura prismática regular compuesta gruesa, que se rompe dando prismas regulares compuestos medios a finos con abundante contenido de humus y arcilla, y un horizonte BC con una estructura prismática muy gruesa con menos cutanes y menos materia orgánica (Cantú, 1992).

### Formación Chocancharava

Se compone de facies de un importante ciclo fluvial. Aflora en la mayoría de los ríos de la provincia de Córdoba. Se reconocen facies de canal granodecrecientes que pasan a secuencias de aguas tranquilas. Este ciclo sería simultáneo con el desarrollo en los interfluvios del suelo Ea. El Cerrito, de edad Pleistoceno superior tardío.

### Formación La Invernada

Se desarrolla durante el Pleistoceno superior tardío y Holoceno bajo, constituye un extenso manto loésico, limoso a limoarenoso, sin estructura, de importante extensión areal.

### Formación Suelo Las Tapias

Sobreimpuesta a la Fm. La Invernada, corresponde a un suelo de orden Molisol con algunas variaciones en el suborden que depende de la posición en el relieve. Su distribución geográfica es muy amplia, su desarrollo habría comenzado entre los 9500 y 8200 años AP.



ERA	PERIO.	ÉPOCA	AÑOS	FORMACIÓN	UNIDAD	CLIMA	PROCESO	LITOLOGÍA		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	SUPERIOR	LAGUNA OSCURA	SUELO ACTUAL	SUBHÚMEDO-HÚMEDO	PEDOGÉNESIS FLUVIO LAGUNAR			
			MEDIO			SEMIÁRIDO	EÓLICO			
		PLEISTOCENO	INFERIOR	ARROYO LAS LAJAS	SUELO LAS TAPIAS	SUBHÚMEDO	FLUVIO LAGUNAR			
			MEDIO	LA INVERNADA		HÚMEDO	PEDOGÉNESIS			
			SUPERIOR	CHOCAN-CHARAVA	SUELO Ea. EL CERRITO	ÁRIDO	EÓLICO			
	NEÓGENO	PLIOCENO	INFERIOR	ALPA CORRAL		HÚMEDO	FLUVIAL		Horizontes Bt y Bc desarrollado sobre materiales del Pampeano	
			MEDIO						PAMPEANO	ÁRIDO
	TERCIARIO	MIOCENO	MIOCENO	20 K.a.?						ARENAS FINAS CON GRAVAS DISPERSAS
				10-11 K.a.						
				8.2-9.9 K.a.						
DENUDACIÓN - DISLOCACIÓN - SEDIMENTACIÓN										
PALEOZOICO SUPERIOR	PÉRMICO		200 M.a.	ARENISCAS CERRO SUCO			SEDIMENTACIÓN	ARENISCAS CUARCÍTICAS DE GRANO FINO		
PRECÁMBRICO - PALEOZOICO INFERIOR MEDIO	CÁMBRICO - CARBONÍFERO		600 M.a.	BATOLITO ALPA CORRAL COMPLEJO ACHIRAS COMPLEJO LAS LAJAS BASAMENTO CRISTALINO			INTRUSIÓN MAGMÁTICA MIGMATIZACIÓN OROGENIA Y METAMORFISMO ORÓGENO	GRANITOS MIGMATITAS ESQUISTOS GNEISES ANFIBOLITAS APLITAS		

Figura 2.2. Cuadro estratigráfico de la región Sur de Córdoba. Actualizado de Sagripanti, 2006.

### Formación Arroyo Las Lajas

Representa un ciclo fluvial de escasa magnitud. Los depósitos que rellenan los canales son aluviales, coluviales y eólicos. Constituye una secuencia granodecreciente que va de bloques de la Formación Pampeano en la base, pasando por materiales gravillosos con rodados de tosca, para culminar con una secuencia tractivo-suspensiva. En la mayoría de los casos la colmatación se produce

por aportes eólicos correspondientes a la Fm Laguna Oscura. A esta formación se le asignan edades Holoceno inferior a medio.

### Formación Laguna Oscura

Constituye una cubierta casi continua en el Sur de la provincia de Córdoba. Está compuesta por sedimentos eólicos, arenosos finos a muy finos con menos proporción de limos y arcillas. Comprende desde el Holoceno Superior hasta la actualidad

### **2.2.2 ESTRUCTURA**

Si bien la región se encuentra dentro de los límites de la provincia geológica Llanura Chaco-Pampeana se aprecia una continuidad estructural con las últimas estribaciones de la Sierra de Comechingones lo que hace muy difícil separarla de la estructura de Sierras Pampeanas de Córdoba. La zona de estudio se caracteriza por presentar morfoestructuras, con clara expresión superficial, agrupadas en familias de rumbos azimutales y características muy similares a las descritas para toda Sierras Pampeanas de Córdoba (Fig. 2.3).

El basamento de la Sierra de Comechingones está afectado por estructuras deformacionales dúctiles representadas por pliegues de distintas escalas y fajas de cizalla. Entre las más importantes se destacan los plegamientos mesoscópicos apretados, isoclinales, subverticales con orientaciones del eje NS a NO-SE del Complejo Metamórfico Las Lajas (Otamendi, 1995). Dentro del mismo también se reconocen pliegues abiertos antiformes y sinformes con planos orientados en sentido E-O cuya clasificación varía entre verticales a recumbentes con inmersión de los ejes al E.

Otras estructuras, muy importantes, presentes en la región son las fajas de cizalla Guacha Corral y Las Lajas ambas de cinemática sinistral. La faja de Guacha Corral posee una longitud de 120 Km y una potencia de 100 a 200 metros, con rumbo NE e inclinación de 25° a 45° al E (Fagiano *et al.*, 2002). La faja de cizalla Las Lajas es de carácter inverso y de alto ángulo, con plano buzante al NE y una componente de rumbo sinistral (Otamendi, 1995). La misma posee un cambio en la orientación desde NNO al N a SE en el S donde ingresa a la llanura (Sagripanti, 2006).

La estructuración frágil está presente tanto en sectores donde se encuentra el basamento aflorante como en la zona de llanura, definiéndose familias de lineamientos y fallas cuyas orientaciones principales varían entre NO-SE y NE-SO y los cuales, por lo general, se encuentran segmentados por fallas de orientación N-S.

Para la región las fallas se presentan, mayoritariamente, con planos inversos de alto ángulo y buzantes al E-SE. El ambiente es compresivo producto de la tectónica cenozoica. A continuación se

presentan descriptas las estructuras frágiles, cizallas y lineamientos más importantes en el ámbito del área de estudio:

Falla de Frente Occidental de la Sierra de Comechingones (FSC); posee orientación submeridional, inversa de alto ángulo con plano buzante al E y escarpa enfrentada al O (Sagripanti, 2006).

Falla Monte Guazú (FMG), se ubica en el área occidental de la Sierra de Comechingones, el carácter y cinemática de esta estructura fue interpretada por Otamendi (1996) como inversa con plano buzante al E y componente de rumbo sinistral.

Falla Santa Catalina (FSC), considerada normal de orientación submeridional, se extiende desde la unión del Arroyo Santa Catalina y Las Lajas al Sur hasta las proximidades de la localidad de Gigena al N (Cantú y Degiovanni, 1982; Degiovanni y Cantú, 1997; Degiovanni *et al.*, 2005).

Falla de San Basilio (FSB), se supone inversa de plano buzante al E, constituye el límite oriental del bloque Tosquita y probablemente debido al ascenso diferencial de bloques, esta estructura tiene el labio hundido al E donde derraman los arroyos Santa Catalina, Las Lajas y del Gato y se emplazan los bañados del Tigre Muerto. Además ejerce un importante control en el arroyo Santa Catalina y el Río Cuarto. (Cantú y Degiovanni, 1982; Degiovanni *et al.*, 2005).

Falla de Tigre Muerto (FTM), definida por Degiovanni y Cantú (1993) de rumbo meridiano a submeridiano, se infiere que es inversa con plano buzante al E y bloque hundido al O.

Falla San Guillermo-El Tata (FGT), esta estructura presenta un rumbo de  $120^{\circ}\text{N}$  con una longitud de aproximadamente 10 Km. Su expresión geomorfológica superficial es muy pobre (Sagripanti, 2006). La edad de su último movimiento es, probablemente, holocena.

Falla Las Lagunas (FLL), presenta importantes evidencias de deformación mecánica reciente. Su expresión geomorfológica superficial está compuesta por una traza rectilínea reconocible tanto en campo como en imágenes satelitales por una longitud de aproximadamente 70 Km (Seitz, 2009) y acompañada, en algunos sectores, de pequeñas escarpas paralelas. Su carácter es inverso, con posible componente de rumbo dextral y plano buzante al SE con escarpa enfrentada al NO. En el bloque hundido se desarrollan varias lagunas alineadas, alimentadas por el agua subterránea. Afecta tanto al basamento cristalino como a sedimentos. A esta estructura se le asigna el terremoto con epicentro en la localidad de Sampacho de 1934 con un desplazamiento estimado en 0,30 m para este evento (Sagripanti 2006). La sismicidad asociada a esta estructura es de carácter microsísmico con un promedio de 8 a 10 eventos por año y una profundidad hipocentral media menor a los 30 km, para los mismos. Esta falla posee una tasa de movimiento estimada en 0,245 mm/año y un período de recurrencia de 1200 años.



**Figura 2.3:** Mapa estructural del sector SO del departamento Río Cuarto. Modificado de Sagripanti 2006.

Falla Las Rosas (FLR), posee una orientación paralela a la falla Las Lagunas, se ubica al SE de ésta y tiene una longitud aproximada de 14 Km. Genera un desnivel tectónico donde se emplazan humedales alineados correspondientes a las nacientes del arroyo Sampacho (Sagripanti, 2006). A esta falla se le atribuye una edad potencial holocena para su último evento generado.

Falla Sampacho (FSP), esta estructura posee una orientación aproximada de  $120^{\circ}N$ , se supone inversa con plano buzante al NE y bloque hundido al SO. Su expresión en superficie es clara principalmente en el tramo comprendido desde el NO del Cerro Áspero hasta su límite con la Falla del Tigre Muerto al E (Sagripanti, 2006). La longitud estima de esta falla se calcula superior a los 30 km y no se conocen datos sobre edad de su último movimiento, tasa de desplazamiento ni período de recurrencia.

Lineamiento Las Lajas (LLL), posee un rumbo de  $100^{\circ}N$  y una longitud de 60 Km, se supone ejerce un fuerte control sobre el arroyo homónimo (Sagripanti, 2006).

Lineamiento Las Vertientes (LLV), con orientación meridiana, posee una clara expresión entre el lineamiento Arroyo Las Lajas y la falla Sampacho. Genera modificaciones en el escurrimiento de los arroyos Las Lajas, Sampacho y del Gato (Sagripanti, 2006).

### 2.2.3 GEOMORFOLOGÍA

En el ámbito regional de la zona de estudio están presentes dos Provincias Geomorfológicas bien diferenciadas desde el punto de vista geomorfológico, la Provincia Sierras Pampeanas de escasa representación areal al NO y Llanura Chaco - Pampeana de mayor extensión, ocupando el resto de la superficie. La última ha sido definida como una amplia planicie cuyos rasgos morfológicos están condicionados por la tectónica, litología y oscilaciones climáticas cuaternarias (Cantú y Degiovanni, 1984; Degiovanni, 2005).

En la Llanura Chaco-Pampeana del Sur de Córdoba se reconocen tres regiones Geomorfológicas, la Región Fluvial Subhúmeda, la Región Eólica - Loéssica Subhúmeda y la Región Arenosa Subhúmeda Transicional (Cantú y Degiovanni, 1984).

El área de estudio se encuentra dentro de la Región Eólica-Loéssica Subhúmeda de la Provincia Geomorfológica Llanura Chaco-Pampeana. Los sedimentos de cobertera de esta zona son cuaternarios y poseen diversos orígenes tales como lagunares, palustres, aluviales y eólicos.

Las unidades geomorfológicas definidas por Degiovanni (2005) para esta zona se denominan, "Bloque Serrano Sierra de Comechingones", "Ambiente Agradacional Pedemontano", Llanura Eólica Bien Drenada" y "Fajas Fluviales" (Figs. 2.4 y 2.5)

#### **Provincia Geomorfológica Sierras Pampeanas**

##### Bloque Serrano Sierra de Comechingones

Posee un desarrollo de rumbo NNE-SSO, cuya expresión morfológica disminuye hacia el Sur quedando la escarpa sepultada por depósitos cuaternarios.

En sentido E-O, presenta la clásica asimetría de Pampeanas, con un frente escarpado enfrentado al occidente y bloque tendido al Este. Con distinto grado de preservación estos bloques exhiben, fundamentalmente en sus partes cumbreles, superficies de erosión antiguas (Cantú y Degiovanni, 1984; Degiovanni, 2005).

La red de drenaje es de alta densidad, generalmente asimétrica y muy controlada por la estructura. Se reconocen dos tipos de valles, algunos amplios y con abundante relleno y, otros, encajonados en rocas.

#### **Provincia Geomorfológica Llanura Chaco - Pampeana**

Constituida por bloques basculados y diferencialmente ascendidos que definen sectores positivos y áreas deprimidas, las cuales han influido activamente sobre las condiciones de sedimentación (Degiovanni, 2005).

Esta planicie tiene una pendiente general hacia el Este - Sudeste, y presenta un relieve suave a moderadamente ondulado, a excepción de la faja periserrana, está integrado en su mayoría por geformas eólicas y de manera subordinadas se presentan morfologías fluviales y palustres (Degiovanni, 2005).

#### Ambiente Agradacional Pedemontano

Se desarrolla bordeando el faldeo oriental de las Sierras de Comechingones, se caracteriza por el desarrollo de un denso drenaje que constituyen los afluentes de los principales ríos y arroyos de la zona, el relieve es fuertemente ondulado, con lomas alargadas en el sentido de la pendiente regional que posee gradientes de entre 5 y 10%. El relleno sedimentario está constituido por sedimentos coluviales y aluviales cubiertos por mantos loésicos del Pleistoceno superior y Holoceno (Daga y Grosso, 2004).

PROVINCIA GEOMORFOLÓGICA	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SUB - UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
1. SIERRAS PAMPEANAS	1.1. BLOQUE SERRANO SIERRA COMECHINGONES	
2. LLANURA CHACO - PAMPEANA	2.1. AMBIENTE AGRADACIONAL PEDEMONTANO	
	2.2. LLANURA EÓLICA BIEN DRENADA	2.2.1. LLANURA FUERTEMENTE ONDULADA
		2.2.2. PLANICIE INTERMEDIA
		2.2.3. ALTOS ESTRUCTURALES
		2.2.4. DEPRESIONES TECTÓNICAS MENORES
2.3. FAJAS FLUVIALES	2.3.1. FAJAS FLUVIALES DE LOS PRINCIPALES ARROYOS	

**Figura 2.4.** Tabla resumen de la caracterización geomorfológica del área de estudio.

#### Llanura Eólica Bien Drenada

Comprende las planicies ubicadas al Oeste de la falla Pampayasta-Alejandro Roca, región que ha sido denominada por Passotti y Castellano (1966) como pampa elevada o pampa pedemontana. Estos ambientes varían desde fuertemente ondulado, en proximidades de las sierras; mientras que hacia el Este el relieve es plano. A excepción de las áreas deprimidas en general la zona presenta un buen drenaje (Degiovanni, 2005).

### Llanura Fuertemente Ondulada.

Representa un relieve fuertemente ondulado, con pendientes variables entre 3-7%, en toda el área se encuentran aflorando sedimentos arenosos finos de la Formación Laguna Oscura (Cantú, 1992) en general se observan escasos espesores sedimentarios aflorando en algunos sectores el basamento en la zona de lomas (Loser, 1998).

Caracteriza a esta unidad la presencia de rasgos de erosión eólicos antiguos, con algunos sectores reactivados que consisten en una serie de dunas longitudinales discontinuas y disipadas de rumbo NNO-SSE (Degiovanni, 2005).

### Planicie Intermedia.

Caracterizada por una menor pendiente que la unidad anterior, menores a 1%, en esta área predominan los materiales loésicos, con suelos profundos, parcialmente cubiertos por la Formación Laguna Oscura, que presenta algunas formas medanosas históricas (Degiovanni, 2005).

En este sector los procesos de erosión hídrica son muy importantes debido a los materiales aflorantes, a la presencia de pendientes muy largas y a la fuerte presión de uso (Degiovanni, 2005).

### Altos Estructurales.

La planicie loessoide presenta una morfología de bloques menores, vinculados a las fallas de Santa Catalina, La Morocha, Espinillo y Las Lagunas, esta expresión topográfica se habría desarrollado al menos durante el Pleistoceno superior - Holoceno, provocando además una alta incidencia en la dinámica superficial y subterránea (Degiovanni *et al.*, 2005).

El alto asociado a la falla Las Lagunas ejerce un control importante en el arroyo Achiras - del Gato.

### Depresiones Tectónicas Menores

Se encuentran en su mayoría asociadas a los altos estructurales, generando áreas planas, con el nivel freático aflorando o muy próximo a la superficie, dando en varios casos origen a arroyos (Chico, Sampacho, Knützen, entre otros). Una de las más importantes es la depresión originada por la falla Las Lagunas denominada del mismo modo, en donde se sitúan las lagunas Chañaritos, Suco, Seca y Turnbull. En todas estas áreas deprimidas, en épocas de sequía, es común observar costras salinas y procesos de deflación (Degiovanni, 2005).

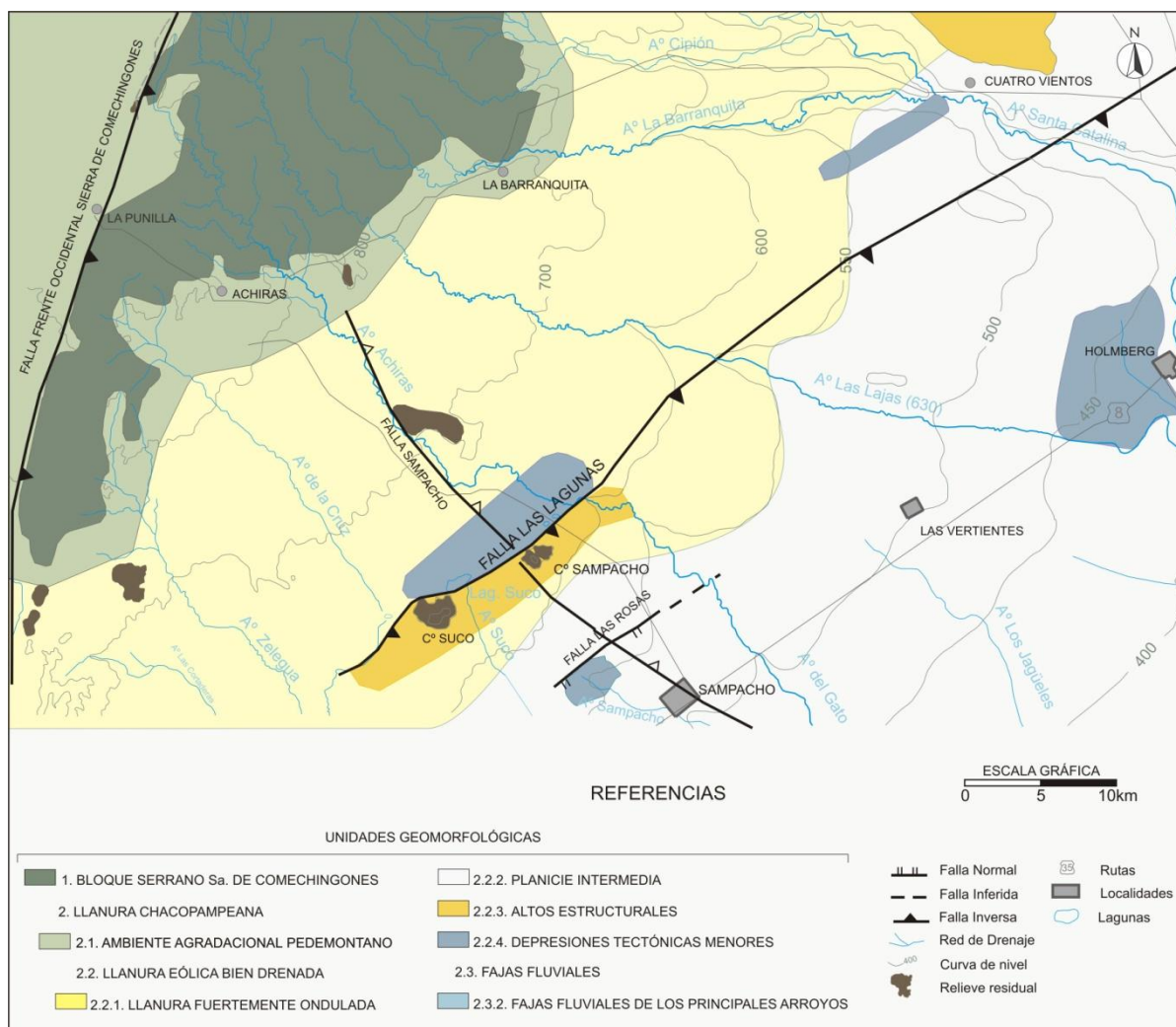


Figura 2.5: Mapa Geomorfológico de la zona de estudio

## Fajas Fluviales

### Fajas Fluviales de los Principales Arroyos

A esta unidad la conforman los principales arroyos de la zona, los cuales son el arroyo Achiras-del Gato, Las Lajas y Santa Catalina.

En general tienen sus nacientes en el ámbito serrano y una vez que ingresan a la llanura los cursos fluviales adquieren un patrón meándrico a rectilíneo, en algunos sectores, por una importante influencia estructural. Poseen además una significativa incisión vertical desarrollando paredes verticales, en algunos casos con más de un metro de altura.

### **2.2.4 HIDROLOGÍA**

La región de estudio se encuentra dentro de la cuenca de la Depresión del Saladillo, demarcada por Degiovanni (2005), ésta colecta a los sistemas de drenaje situados al Sur del río Río Cuarto: arroyos



Santa Catalina, Las Lajas, Achiras - del Gato, Jagüeles, Coralito y Sampacho. Esta importante depresión es drenada artificialmente hacia los Bañados del Saladillo a través de los canales Devoto y La Cautiva (Degiovanni y Blarasín, 2005).

El escurrimiento regional es en sentido SE, caracterizado por un drenaje de tipo subdendrítico. La mayor parte de los cursos de agua de la región tienen sus nacientes en la Sierra de Comechingones. En los tramos medios reciben aporte freático por lo que adquieren carácter permanente. Algunos cursos a la salida de la sierra infiltran aportando al sistema subterráneo. También se observan algunos sistemas que nacen en la llanura por afloramiento del acuífero freático en áreas deprimidas, en general de origen tectónico (Degiovanni y Blarasín, 2005).

Debido a que las precipitaciones dominantes en el sector son de alta intensidad todos los sistemas fluviales poseen un régimen torrencial. Los arroyos Santa Catalina, Las Lajas, Achiras- del Gato también han desarrollado algunas crecientes como resultado de lluvias acaecidas en el área pedemontana y en los tramos medios.

En el sector, colindante a la falla Las Lagunas, se observan modificaciones ocasionadas por la estructura en el escurrimiento superficial y subterráneo, destacándose en el caso del escurrimiento superficial una importante incisión vertical aguas abajo de la falla con la generación de tramos más rectilíneos y cambios en el patrón y dirección de drenaje aguas arriba.

En relación al agua subterránea, en la zona donde la escarpa posee una mayor expresión morfológica, se observa una serie de lagunas alineadas en el bloque hundido, entre las que se encuentran las de Suco, Seca, Durnbul, Goyo y Chachaué, que son el resultado de la interrupción del escurrimiento, posiblemente asociado a la presencia de la estructura.

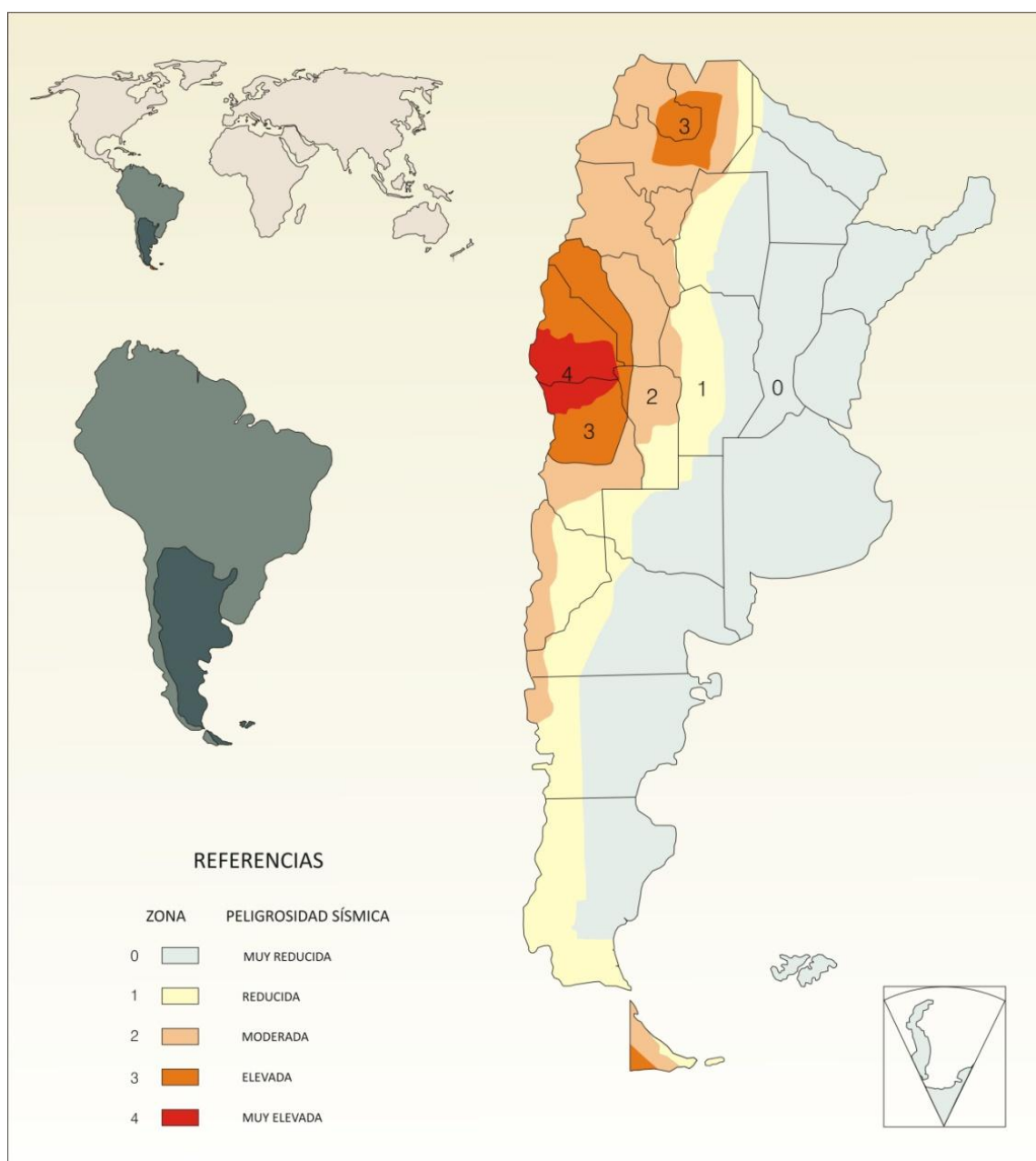
### CAPÍTULO 3

## SISMICIDAD REGIONAL



### 3.1 SISMICIDAD REGIONAL

Argentina sobre la base de datos sismológicos históricos e instrumentales únicamente se encuentra zonificada (Castano, 1977). Dicha zonificación ha sido realizada por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y divide al país en cinco regiones (Fig. 3.1) caracterizadas por peligrosidad muy reducida, reducida, moderada, elevada y muy elevada a las que se denomina 0, 1, 2, 3 y 4 respectivamente (INPRES-CIRSOC-103-1983).



**Figura 3.1.** Mapa de zonificación sísmica para la República Argentina. Modificado de INPRES.

El área de estudio, por estar ubicada en las cercanías del extremo sur oriental de Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis, se encuentra inmersa dentro de la zona de peligrosidad reducida (zona 1) donde, generalmente, la ocurrencia de fuertes terremotos implican tiempos de recurrencia mayores que los que se obtienen mediante el registro histórico. Sin embargo epicentros de importantes eventos, como los terremotos de Deán Funes de M 6,5 (1908), San Francisco del Monte de Oro de M 6,0 (1936), Villa Giardino de M 5,6 (1947) y Cruz del Eje de M 6,7 (1955) fueron registrados a muy pocos kilómetros de la misma.

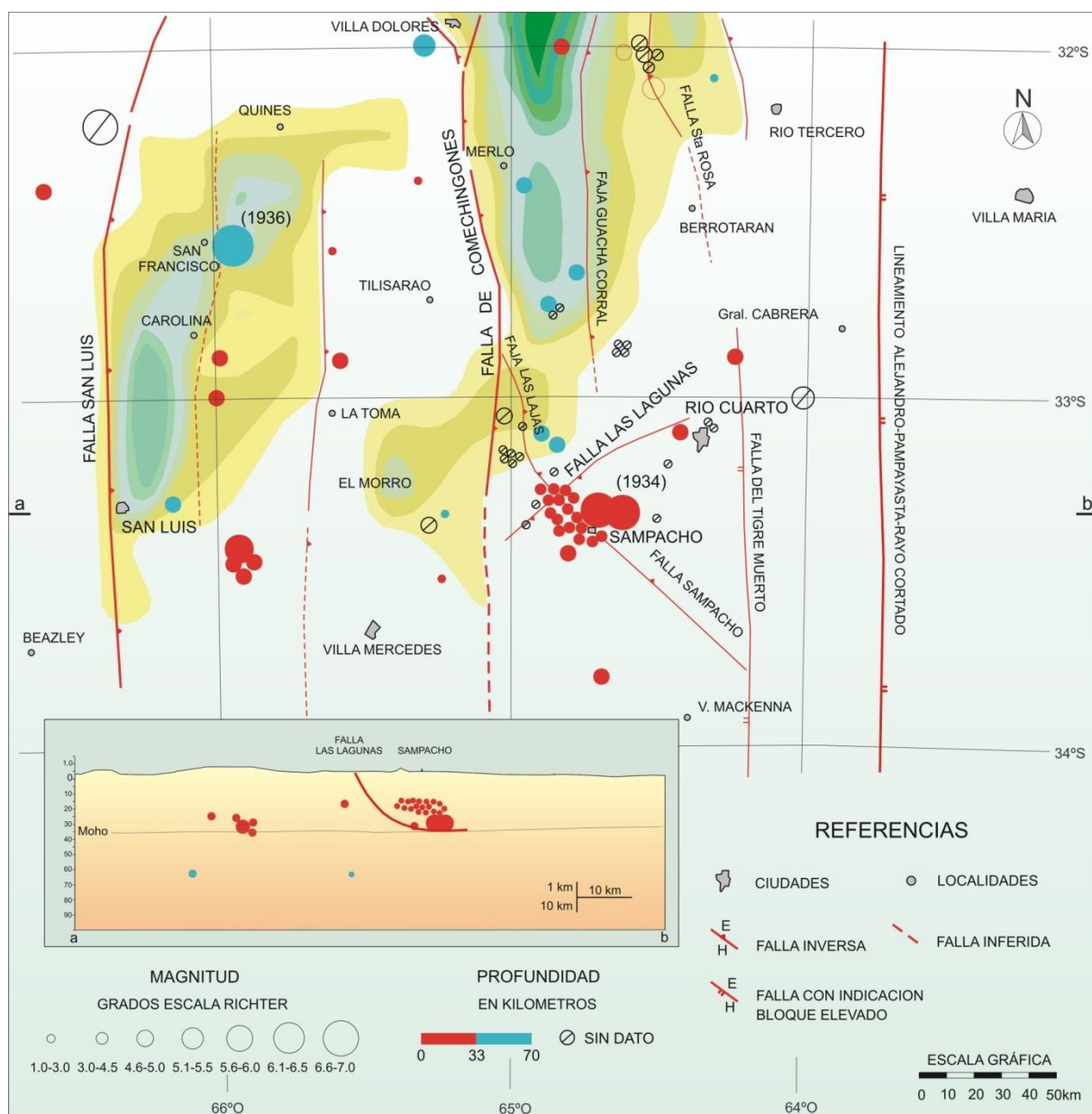
Dentro del área definida para el presente trabajo tuvo ocurrencia el Gran Terremoto de Sampacho de M 6,0 (1934), el cual es el único evento sísmico de la intraplaca argentina sobre la que se hayan descrito rupturas cosísmicas en superficie.

El mapa de distribución de epicentros de sismos de la región centro-Sur de Córdoba y centro-Noreste de San Luis (Fig. 3.2) muestra que la actividad sísmica posee, en general, un alineamiento N – S relacionada con fallas que poseen rumbos paralelos a los frentes de corrimientos reactivados por la orogenia andina y que rejuvenecieron tanto a Sierras Pampeanas de San Luis como a Sierras Pampeanas de Córdoba. También se puede observar que el extremo S de la Sierra de Comechingones está caracterizado por una importante concentración de sismos entre las localidades de Achiras y Sampacho.

Con respecto a las profundidades hipocentrales de estos eventos se observa la presencia de una importante microsismicidad que generalmente no supera los 33 Km. Esta característica permite definirlos como sismos superficiales.

Si bien el registro de eventos sísmicos en la región occidental de Córdoba y oriental de San Luis es numeroso, esta actividad es generalmente aislada. No obstante es importante resaltar períodos de agrupamiento (*clustering*) en que ésta ha sido más frecuente. Un período de mayor actividad sísmica se registró en proximidades de las localidades Fraga y Eleodoro Lobos (San Luis), con cuatro movimientos sísmicos importantes, los días 29 de Julio, 03, 05 y 06 de Agosto de 1996, alcanzando la magnitud de M 5,1, M 3,9, M 4,2 y M 4,1 respectivamente, con intensidades epicentrales que varían entre III y V grados en la escala Mercalli Modificada (MM), en ningún caso la profundidad de los hipocentros superó los 35 kilómetros (Sagripanti *et al.*, 2009).

En la región del valle de Calamuchita entre los meses de Julio y Agosto del año 1997, han tenido ocurrencia tres eventos que fueron registrados próximos a la localidad de Santa Rosa, cuyas intensidades epicentrales fueron entre III y IV (MM) y sus magnitudes entre M 3,6 y M 4,1. Posteriormente el 15 de septiembre de 2009 a 15 km de la localidad de Santa Rosa de Calamuchita se registro un sismo de II a III grados de intensidad de Mercalli Modificada, a una profundidad epicentral de 10 km (INPRES).



**Figura 3.2:** Distribución de sismos con epicentros en la región Centro-Sur de Córdoba y Centro-Noreste de San Luis. Perfil con la distribución hipocentral a la latitud de 33°20'S. Modificado Sagripanti 2006.

### 3.2 SISMICIDAD LOCAL

Si bien el área de estudio se encuentra geotectónicamente ubicada dentro de la intraplaca argentina a los 33° de latitud S, aproximadamente, en la misma tiene ocurrencia una importante actividad microsísmica con profundidad hipocentral, de los mismos, que no supera los 30 km.

El área mencionada está emplazada dentro de la Zona 1, de peligrosidad reducida determinada por el INPRES, en el Departamento Río Cuarto, región de intraplaca, se registra sismicidad superficial frecuente y presenta antecedentes de eventos destructores, prehistóricos e históricos como el Gran Terremoto de Sampacho en 1934, con epicentro en dicha localidad y que alcanzó una M 6,0 con una

intensidad Mercalli Modificada (MM) de VIII-IX grados. Al mencionado evento lo acompañaron una serie de sismos premonitores los días anteriores, dentro de los cuales, se destaca un terremoto de M 5,5. Con posterioridad se registraron más de cien réplicas durante las 24 horas siguientes. Todo esto constituye la crisis sísmica que destruyó el 90% de la población (Sagripanti, 2006). Desde el año 1826 hasta el presente el número de sismos registrados en esta región supera los ciento cincuenta, todos con magnitudes entre leves y moderadas, y al menos seis sismos han superado la M 4,0 (Sagripanti *et al.*, 2001).

### 3.2.1 SISMICIDAD PREHISTÓRICA

En la falla Las Lagunas se han realizado estudios paleosismológicos que permitieron ampliar el registro sismológico que se tenía de la zona y reconocer evidencias cosísmicas que revelan la ocurrencia de fuertes terremotos y al menos seis fuertes paleoterremotos (Sagripanti, 2006).

El primer evento, denominado E1, podría haber tenido ocurrencia con anterioridad al límite Plioceno-Pleistoceno, mientras que los eventos restantes se ubicarían entre este límite y la actualidad.

Al evento E3 se lo ubica alrededor de los 3700 y 2820 a. AP., mientras que al E4 lo supone entre los 2820 y 1780 a. AP. Posterior a los 1780 a. AP. habría ocurrido E5, siendo E6, el evento más reciente (Sagripanti, 2006).

Los eventos E4 y E5, probablemente, generaron rupturas en superficie de, al menos, 4.7 km de longitud. Para el E6 la longitud de ruptura está considerada mayor a los 13 km.

La tasa de desplazamiento vertical asociada a los eventos E3, E4, E5 y E6 se calculó en aproximadamente 0,30 m, mientras que para E2, la misma, fue de 0,53 m. (Sagripanti, 2006).

A partir de los resultados obtenidos se calculó para la falla Las Lagunas una recurrencia de aproximadamente 1200 años para magnitudes máximas probables de M 7,0 (Sagripanti, 2006).

### 3.2.2 SISMICIDAD HISTÓRICA

El día **31 de Enero de 1826**, se produjeron dos fuertes movimientos que afectaron a la población de Río Cuarto, ocasionando serios daños en la iglesia principal, construida en 1820 (Bischoff, 1970). En una carta del cura párroco de Río Cuarto de esa época (*Com. verb.* Sr. H. Amaya, diario Puntal), consta que los terremotos habrían tenido origen en Sampacho, que hasta ese momento estaba conformado solo por un caserío y el fuerte San Fernando. Este registro sismológico, hasta la actualidad, sería el más antiguo. De acuerdo a los daños causados, citados en la carta, se estima que la intensidad probablemente haya sido entre VIII y IX MM (Escala de Intensidad Mercalli Modificada).

**27 de Mayo de 1869**, un fuerte temblor de tierra conmovió a la población de la zona de Río Cuarto causando pánico pero no víctimas ni daños importante (Barrionuevo, 1986)

En **1910**, un fuerte terremoto fue percibido con claridad y causó daños de consideración y alarma en la población de la región.

### 3.2.3 SISMICIDAD INSTRUMENTAL

Los sismos con epicentro en la región, de  $M > 4,0$ , que han sido registrados en forma instrumental, se presentan resumidos a continuación:

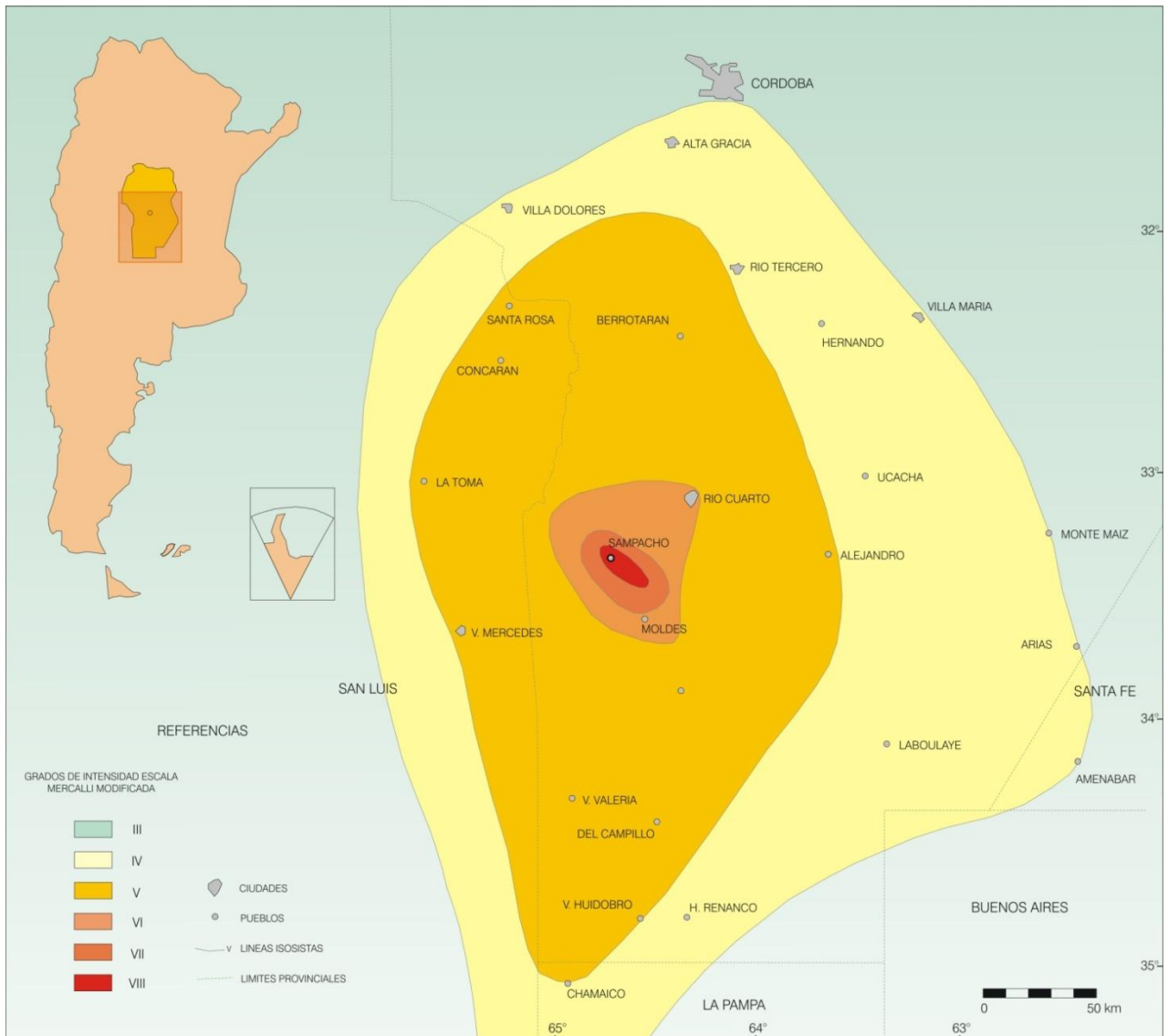
En los días **10 y 11 de Junio de 1934**, con un intervalo menor a tres horas, ocurrieron en la localidad de Sampacho dos terremotos superficiales. Las magnitudes fueron de  $M 5,5$  el primero y  $M 6,0$  el principal, cuya intensidad epicentral asignada se encuentra entre VIII-IX (MM). Esta crisis sísmica también contó con dos sismos premonitores con epicentro en la localidad de Achiras y Cerro Áspero (ubicado a 15 kilómetros al NO de Sampacho) el día anterior y más de cien réplicas (*aftershocks*) en los días siguientes.

El alto valor de intensidad alcanzado se estima que se debió a la acción de al menos tres factores. El primero se asocia a que la mayoría de las construcciones ya se encontraban fisuradas y debilitadas cuando ocurrió el segundo sismo, de mayor magnitud, según el análisis de los sismogramas de Villa Ortúzar, el segundo se debió a que la mayoría de las construcciones eran de adobe y ladrillos de primera cocción y como tercer factor el pueblo se encontraba edificado sobre arenas finas, que poseen un alto potencial de licuefacción (Olsacher, 1935).

Los daños generados por estos terremotos alcanzaron el 90% de las construcciones del pueblo, los muros más afectados fueron los transversales a la falla Sampacho que se derrumbaron, mientras que los muros paralelos a esta se agrietaron formando un ángulo de  $45^\circ$  con la horizontal. La zona de máxima conmoción se restringió a una elipse de 25 por 5 kilómetros, lo que hizo suponer que los hipocentros de los terremotos fueran de una profundidad aproximada 20 kilómetros, considerados superficiales (Olsacher, 1935).

Si bien estos terremotos son considerados superficiales, fueron percibidos con cierta intensidad en localidades de la provincia de Córdoba como Moldes, Villa Valeria, Del Campillo, Alejandro, Río Cuarto, Monte Maíz, Arias, Laboulaye y Hernando. En la provincia de La Pampa, en Chamaicó y Telén, y en las provincias de San Luis, Buenos Aires y Santa Fe. La distribución de intensidades correspondiente a este terremoto se presenta en el mapa de isosistas (Fig.3.3).

El día **19 de Junio de 1967**, a la hora 15:13:56, un sismo de  $M 4,4$ , con epicentro próximo a la localidad Paunero, produjo mucha alarma en el sur del departamento Río Cuarto.



**Figura 3.3.** Mapa de isosistas del Gran Terremoto de Sampacho del año 1934. Modificado Sagripanti 2006.

El día **4 de Noviembre de 1967**, a la hora 13:00:45, un movimiento sísmico de M 5,1, ocurrió próximo a la ciudad de Río Cuarto, cuyo epicentro fue en las inmediaciones de la localidad de Charras.

El día **14 de Febrero de 1970**, a la hora 07:51:47, ocurrió un sismo de M 4,5, cuya profundidad hipocentral fue de 30 kilómetros, con epicentro en el sur cordobés, en la zona de Washington, produciendo mucha alarma en las localidades vecinas.

El día **28 de Enero de 1975**, a la hora 02:32:00, un movimiento sísmico de M 4,1, cuya profundidad hipocentral fue de 33 kilómetros, tuvo ocurrencia en la zona de San José, distante a 15 kilómetros al Oeste de la ciudad de Río Cuarto. Si se realiza una proyección del plano en profundidad de la falla Las Lagunas, respetando su rumbo e intensidad de buzamiento medios, este sismo podría ser asignado a la misma.



El **25 de Marzo de 1987**, a la hora 22:43:00, se registró un sismo de M 4,5, cuya profundidad hipocentral fue de 33 kilómetros, con epicentro próximo a la localidad de Baigorria. Se percibió en la ciudad de Río Cuarto un ruido subterráneo acompañado por una leve vibración que causó mucha alarma en la población.

El día **06 de Julio de 1996**, a la hora 02:58:00, en Alpa Corral, localidad ubicada en la ladera oriental de las sierras de Comechingones, ocurrió un sismo de M 4,3 e intensidad entre III y V grados (MM), cuya profundidad hipocentral fue de 35 kilómetros.

El día **05 de Diciembre de 2001**, a la hora 03:27:35, en Villa Cañada del Sauce, localidad ubicada en la ladera oriental de las sierras de Comechingones, ocurrió un sismo de M 4,2 e intensidad entre III y IV grados (MM), cuya profundidad hipocentral fue de 80 kilómetros.

El día **22 de Junio de 2003**, a la hora 20:38:00, entre la localidad de Achiras y la ciudad de Río Cuarto, ocurrió un sismo de M 4,0 e intensidad entre II-III grados (MM), cuya profundidad hipocentral fue de 40 kilómetros.

Durante el primer semestre de 2010, en la región, se percibió una importante actividad microsísmica manifestada con la ocurrencia del, al menos, 12 eventos entre los meses de mayo y julio. Los mismos tuvieron epicentro en las localidades de Cuatro Vientos, Río Cuarto, Villa Mercedes y La Gilda, sus magnitudes fueron cercanas a M 3,0 por lo que algunos no fueron registrados por el INPRES pero si claramente percibidos por los habitantes. Una característica importante de estos eventos es que, por lo general, se presentaron no como un sismo único si no como dos o tres movimientos en un espacio de tiempo relativamente corto. Por su profundidad hipocentral y su ubicación epicentral, todos, pueden ser atribuibles a la actividad neotectónica de la Falla Las Lagunas.

En proximidades de la localidad de Sampacho la actividad microsísmica es muy frecuente, y se manifiesta con ruidos subterráneos y microtemblores de los que no se tiene registro instrumental, debido a que el sector cuenta con un sismógrafo calibrado para registrar eventos de  $M \geq 3,0$ .

El registro de la microsismicidad, aporta una valiosa información sobre los parámetros sísmicos de eventos de magnitud  $M < 3,0$ , permitiendo obtener un mayor conocimiento acerca de la sismicidad local.

Es por ello que a partir del año 1986 se lleva un registro de parámetros macrosísmicos en la zona rural y la localidad de Sampacho, y desde 1995 se sistematizó la adquisición de datos utilizando una planilla que se distribuyó en la zona rural y en todos los destacamentos de policía de los departamentos

Río Cuarto y Juárez Célman. El registro actualizado en el presente estudio cuenta con más de ciento treinta microsismos (Sagripanti *et al.* 2009).

Sobre la base de la información que aportan los parámetros macrosísmicos recolectados, se estima que el tamaño de los mismos es de magnitud  $M < 3,0$ . La intensidad que se les asigna, siguiendo el criterio de Bolt (1995), a estos eventos son entre II y III grados Mercalli Modificada (MM) y III grados en la escala Medvedev- Shponcheuer- Karpik (MSK).

## CAPÍTULO 4

# MOVIMIENTOS PREHISTÓRICOS

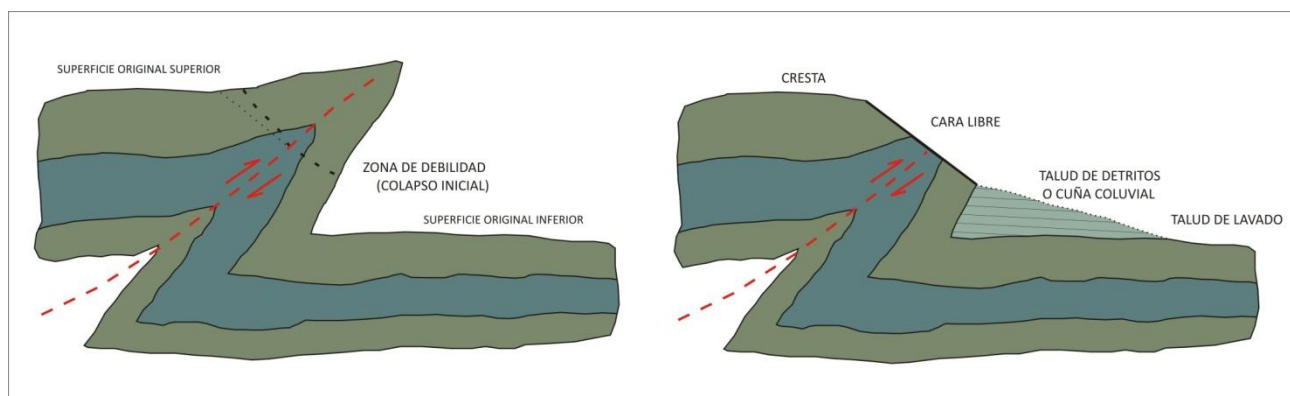


## 4. MOVIMIENTOS PREHISTÓRICOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Aun cuando el registro sismológico histórico e instrumental está compuesto por datos de un intervalo de tiempo que va desde el año 1826 hasta la actualidad, se lo considera corto para la región estudiada y, por lo tanto, insuficiente para comprender la sismicidad de fuertes terremotos que poseen períodos de recurrencia largos. Por ello se hace necesario recurrir a investigaciones paleosismológicas, como las llevadas a cabo por Sagripanti (2006), para extender el registro sismológico hacia atrás en el tiempo y a estudios morfológicos de las escarpas de las fallas para subsanar este problema.

Los estudios tendientes a caracterizar geomorfológicamente las escarpas, en particular el perfil topográfico que describen, representan un método potencialmente útil para definir las edades probables de reactivación de las fallas que las generan. Las diferentes partes que componen una escarpa son la cresta, la cara libre, el talud de detritos, el talud de lavado y la base de las mismas. Las variaciones de estos elementos se consideran para definir el grado de evolución de dichas escarpas (Wallace, 1977). Los distintos elementos constituyentes de una escarpa de falla inversa son presentados en la Figura 4.1.



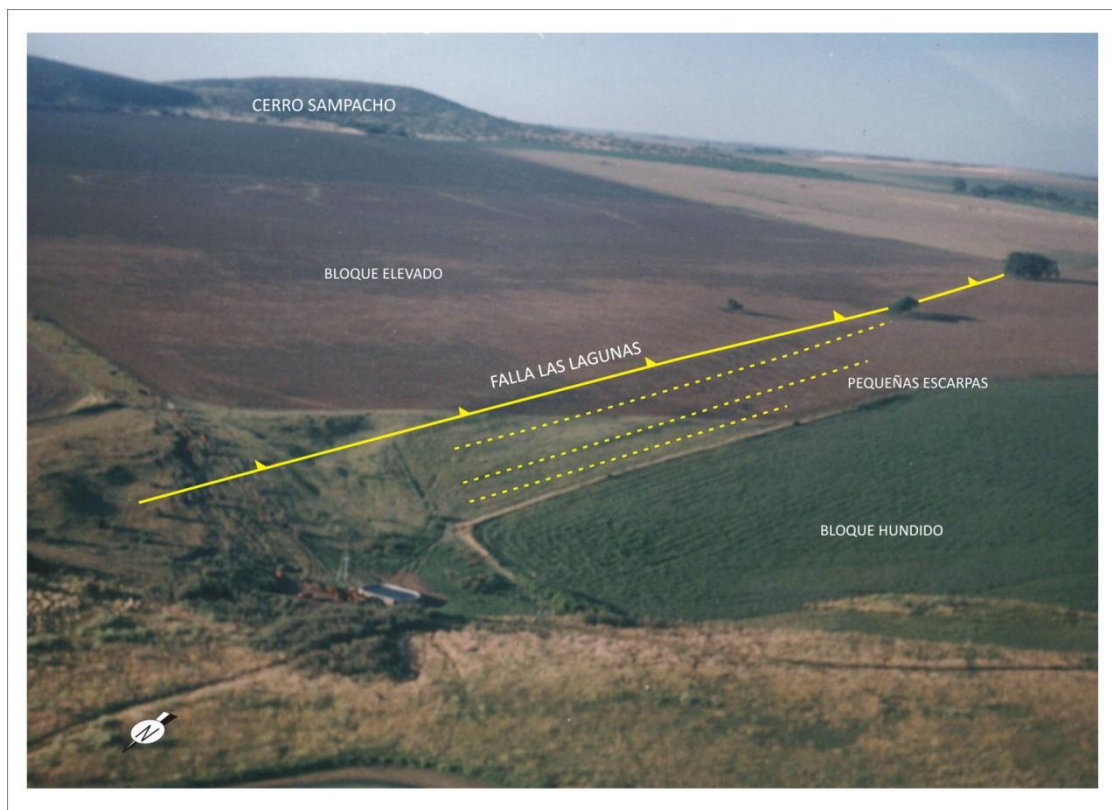
**Figura 4.1.** Elementos componentes de una escarpa de falla inversa.

La definición de la edad de los eventos sísmicos prehistóricos de alta energía que han modelado el perfil de la escarpa de una falla permite reconstruir la sismicidad promedio regional para períodos de miles de años. Cuando se carece de materiales susceptibles de datar, basándonos solo en el grado de erosión de una escarpa, se puede lograr una evaluación cualitativa de su edad (Bucknam *et al.*, 1979).

Los perfiles morfométricos levantados sobre una escarpa son de fundamental importancia para : (a) describir las características morfológicas de la geoforma, (b) cuantificar los elementos de pendiente que la componen, (c) obtener los parámetros básicos para datación morfológica, (d) identificar eventos

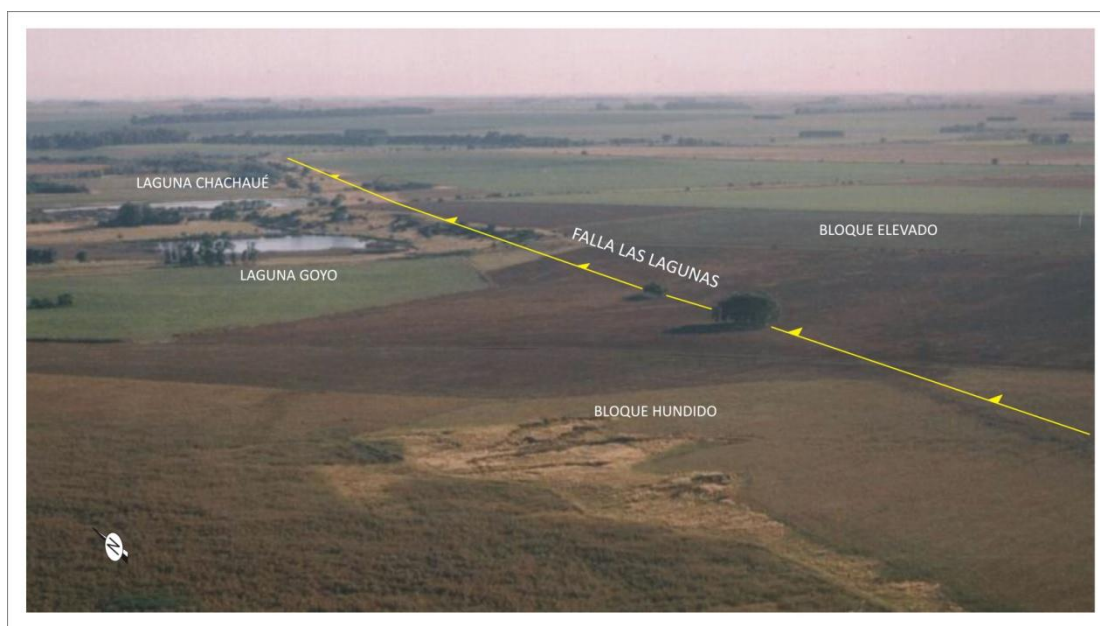
de fallamiento superficial de diferentes edades relativas almacenados en el registro geomorfológico y (e) reconstruir geoméricamente la magnitud del desplazamiento vertical cósmico asociado a terremotos históricos y prehistóricos (Wallace, 1977, 1986; Bucknam y Anderson, 1979; Mayer, 1984)

Para realizar los estudios morfológicos mencionados se eligió a la porción sección Chañaritos de la falla Las Lagunas descrita por Sagripanti (2006). La expresión morfológica de la mencionada estructura, en este sector, está compuesta por una escarpa rectilínea enfrentada al NO y de rumbo constante  $050^{\circ}\text{N}$  desarrollada en materiales no consolidados loésicos de edades Holocenas (Cantú, 1992) y con una altura que varía entre 7,5 y 12 m (Fig. 4.2).



**Figura 4.2.** Vista aérea oblicua a baja altura de la escarpa y pequeñas escarpas de la Sección Chañaritos de la Falla Las Lagunas.

La falla Las Lagunas, en la zona de estudio, presenta una escarpa de falla inversa plano buzante hacia el SE, por lo que su bloque levantado se ubica hacia el SE y su bloque hundido al NO. La misma presenta escarpas pequeñas asociadas con rumbos paralelos a la escarpa principal. A lo largo de su traza de aproximadamente 70 km de longitud ejerce un importante control al escurrimiento superficial y subterráneo definiendo, en el área de estudio, el emplazamiento de dos lagunas en su base, Laguna Goyo y Laguna Chachaué (Fig. 4.3). En ningún lugar, donde se realizó el estudio morfológico aflora el basamento, pero está compuesto por un zócalo granítico-granodiorítico intensamente fracturado y metamorfozido a ortogneises retrogradados.



**Figura 4.3.** Fotografía aérea oblicua mostrando el emplazamiento de lagunas en la base de la Falla Las Lagunas debido al control sobre el escurrimiento subterráneo regional.

El clima de la región es de tipo mesotermal con régimen hídrico que varía desde subhúmedo húmedo a subhúmedo seco con una precipitación media anual de 800 mm y la presencia de vientos importantes con direcciones predominantes N-S y NNE–SSO. Es importante destacar que la escarpa se encuentra protegida de los vientos principales en una posición de sotavento.

Dicho sector, además de las cualidades mencionadas, se caracteriza por poseer las tasas de movimiento de mayor velocidad descritas para toda la estructura (Sagripanti, 2006).

Es por todo esto que la sección Chañaritos de la Falla de Las Lagunas manifiesta inmejorables condiciones de expresión superficial, con categoría de laboratorio natural de campo, y además presenta sectores en donde la escarpa está sometida a un manejo agrícola (escarpa intervenida) y sectores libres de toda actividad antrópica (escarpa preservada), por lo que se decidió realizar, en este lugar, un análisis morfométrico detallado para determinar la edad de la última reactivación de la estructura mencionada aplicando distintas metodologías.

#### 4.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

El análisis morfométrico se realizó siguiendo la metodología desarrollada por Wallace (1977) ampliada y mejorada por Bucknam y Anderson (1979) que consiste en cuantificar características de la morfología de las escarpas (principalmente su altura y ángulo de pendiente de su cara libre) para introducir, estos datos en gráficos (ábacos) de doble entrada y así estimar la edad de la misma.

#### 4.2.1 RELEVAMIENTO DE PERFILES TOPOGRÁFICOS DE DETALLE

La metodología utilizada consistió en la interpretación y análisis de fotografías aéreas oblicuas tomadas a baja altura y con bajo ángulo de incidencia solar, como primer paso para definir la zona de la escarpa de la Falla Las Lagunas que cumpliera con las características necesarias y determinar la cantidad de perfiles topográficos de detalle a realizar.

Posteriormente se efectuó el levantamiento de los perfiles topográficos de detalle. Para ello se utilizó una estación electrónica total marca Sokkia modelo SET 610 (Fig. 4.4). La equidistancia entre puntos medidos varió desde 1 m a 0,25 m dependiendo del detalle requerido en cada tramo, para ello se extendió una cinta métrica que materializaba las distancias requeridas (Fig. 4.5). La equidistancia más pequeña correspondió, a los sectores donde se identificaban cambios en pendiente que normalmente coincidían con la presencia de las pequeñas escarpas.

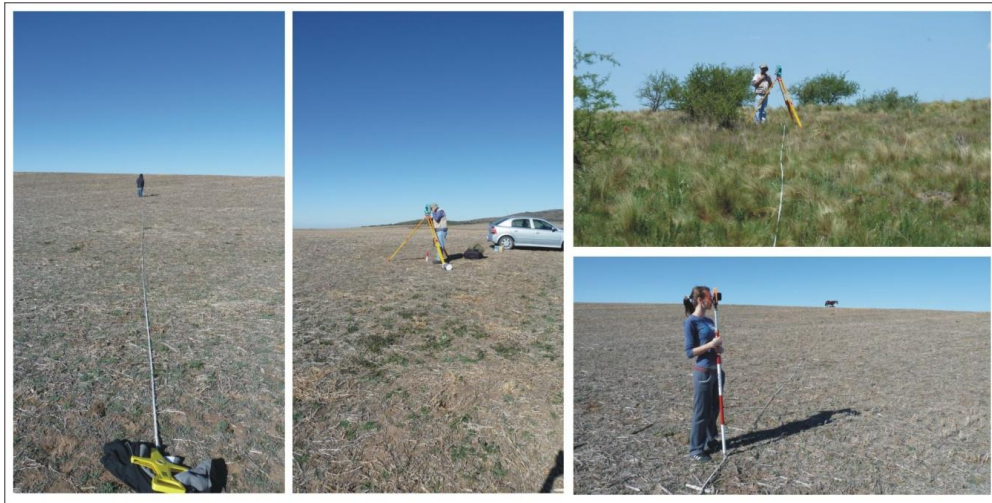


**Figura 4.4.** Estación Electrónica Total utilizada para el relevamiento de perfiles topográficos.

Se levantaron 10 perfiles topográficos de detalle de la escarpa con una equidistancia aproximada de 200 m entre cada uno de ellos. El rumbo de los mismos fue de  $320^{\circ}\text{N}$ , perpendicular a la traza de la escarpa, que en la sección Chañaritos, posee una orientación  $\text{N } 50^{\circ} \text{ E}$ .

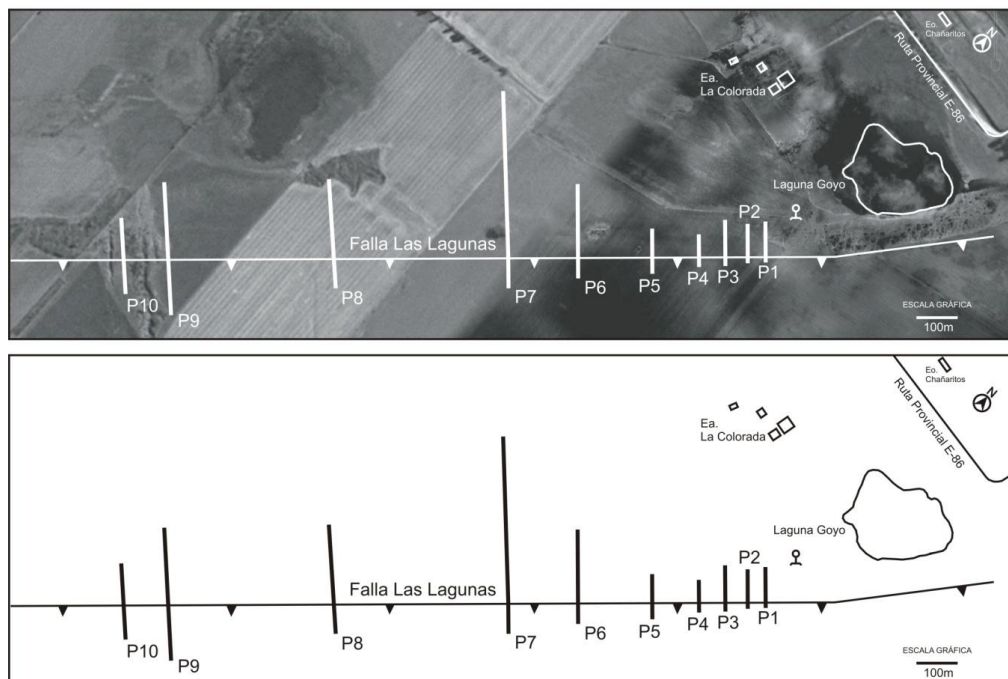
Para facilitar su ubicación fueron numerados del 1 al 10 correspondiendo el número 1 al perfil que ocupa la posición más oriental. Una vista general de la ubicación de la totalidad de los perfiles relevados sobre la escarpa de falla está presentada en la Figura 4.6.

La selección de los sitios para el relevamiento de los perfiles topográficos de detalle es crítica para evitar factores como la erosión en la base de la escarpa, la canalización efímera o el control por bioturbación, entre otros, que pudieran conducir a la obtención de información poco confiable o parcialmente errónea.



**Figura 4.5.** Fotografías de las tareas de campo del relevamiento topográfico.

Para definir la ubicación de cada uno de los perfiles topográficos de detalle transversales a la escarpa de falla se consideraron fundamentalmente dos factores. El primero de ellos responde a la necesidad de cubrir toda el área seleccionada para desarrollar el método con una equidistancia apropiada y el segundo, atiende a evitar la presencia de toda modificación del relieve que no tenga carácter tectónico o de modificaciones producidas por una erosión natural. También cabe mencionar que se evitó la ocurrencia de canales de escurrimiento paralelos a la base de la escarpa, cárcavas, rills y toda modificación producto de la intervención antrópica de control de taludes o encauzamiento artificial de filetes de escurrimiento superficiales.



**Figura 4.6.** Ubicación de los perfiles de detalle relevados sobre la traza de la Falla Las Lagunas.



### **4.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LA MORFOLOGÍA DE LA ESCARPA**

#### **4.3.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO**

A partir del trabajo de campo se lograron obtener más de 2500 puntos acotados (ANEXO II). Estos fueron los datos de base a los cuales se trató desde el punto de vista de un análisis gráfico de los perfiles obtenidos mediante el uso de Autocad Map y también para un tratamiento estadístico. El análisis fue desarrollado en particular para esta metodología y facilitó la delimitación y ubicación de estructuras tectónicas, a partir de determinar parámetros valores angulares de pendientes entre puntos próximos, sumatorias de diferencias de cotas, por ejemplo, necesarias para la posterior estimación de edades de ocurrencia de eventos sísmicos importantes asociados a la falla estudiada.

Durante el análisis, tanto desde el punto de vista de la interpretación gráfica de los perfiles de detalles como desde el tratamiento estadístico de los puntos acotados, lo que se buscó e identificó fueron el ángulo máximo de talud, la altura de la escarpa y el ángulo de la superficie superior del talud. El criterio adoptado para definir estos parámetros es el utilizado por Bucknam y Anderson (1979).

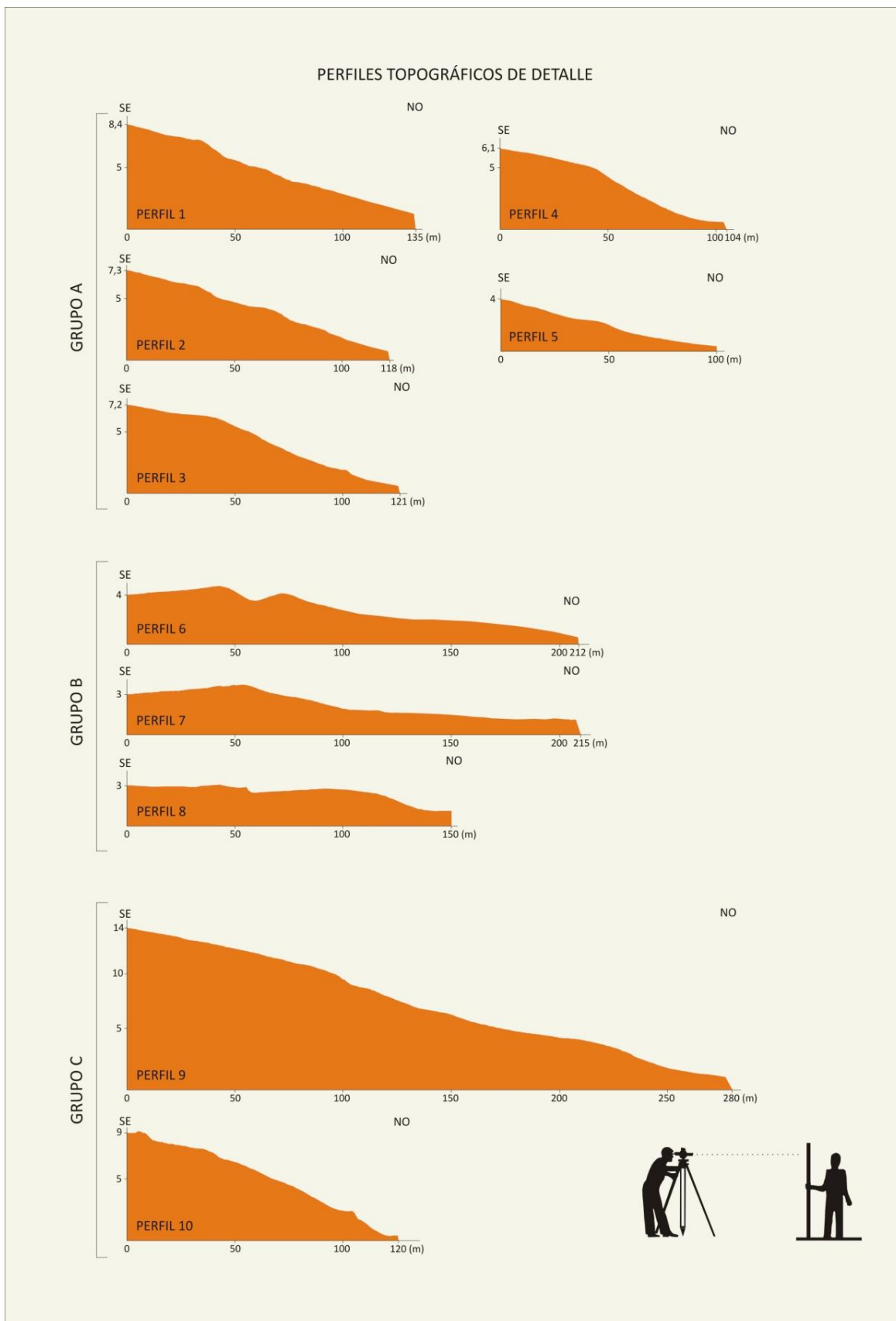
##### **4.3.1.1 TRATAMIENTO TOPOGRÁFICO GEOMÉTRICO**

A partir del análisis topográfico geométrico de los perfiles morfológicos de detalle y, según la presencia o ausencia de elementos de pendientes característicos, los mismos fueron categorizados en tres grupos diferentes. Cada una de estas divisiones posee particularidades geomorfológicas propias que permitieron tanto dicha diferenciación como así también el procesamiento e interpretación en forma grupal y el arribo a posteriores conclusiones. En la Figura 4.7 se presenta la totalidad de los perfiles relevados divididos en los distintos grupos definidos.

#### **Grupo A**

Este primer grupo lo forman los perfiles denominados 1, 2, 3, 4 y 5. Los mismos se caracterizan por presentar la escarpa principal y tres escarpas pequeñas asociadas.

La escarpa principal se manifiesta claramente definida en todos los perfiles de este grupo y tiene una particular característica topográfica distintiva, ya que muestra un pequeño descanso, en el cual, la pendiente presenta un ángulo que disminuye hasta alcanzar casi valores negativos hacia atrás de su cresta o quiebre de talud principal. Dicho rasgo es exhibido con claridad en Figura 4.8. El ángulo del talud frontal característico para la escarpa principal en este grupo es de 11°.

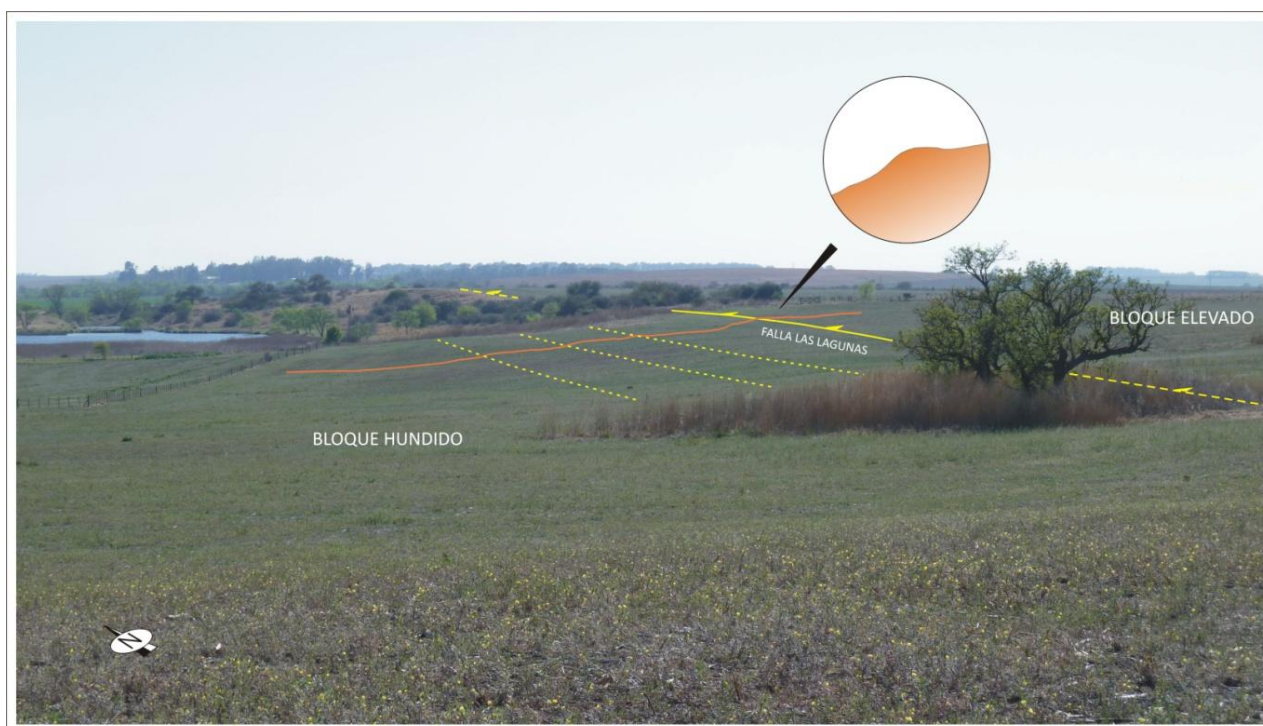


**Figura 4.7.** Perfiles topográficos de detalle de la escarpa de la falla Las Lagunas.

Las escarpas pequeñas poseen un rumbo paralelo a la escarpa principal y su expresión está bien definida en los primeros perfiles (1, 2 y 3) y se van haciendo cada vez menos perceptibles hacia el O, pero, sin embargo, son perfectamente identificables a lo largo de los cinco perfiles. En relación a sus ángulos de talud, en general, rondan los  $10^\circ$  o  $12^\circ$ , aunque se han medido valores angulares que alcanzaron los  $15^\circ$ . Las alturas de las mismas están próximas a 0,40 m. Se puede destacar que tanto la distancia entre ellas, como los ángulos de talud y sus alturas son todos parámetros que disminuyen desde el perfil 1 hacia el perfil 5 (Fig. 4.9).

La pendiente general para los cinco perfiles es de  $3^\circ$  y la diferencia topográfica entre el techo y la base de los mismos varia de 8,5 a 7,5 m, haciéndose menor la altura hacia el perfil 5.

La extensión de los mismos, desde la cresta de la escarpa hasta donde de la pendiente corresponde al de la pendiente regional, varía entre los 135 y 100 m, siendo de menor longitud hacia el perfil 5.

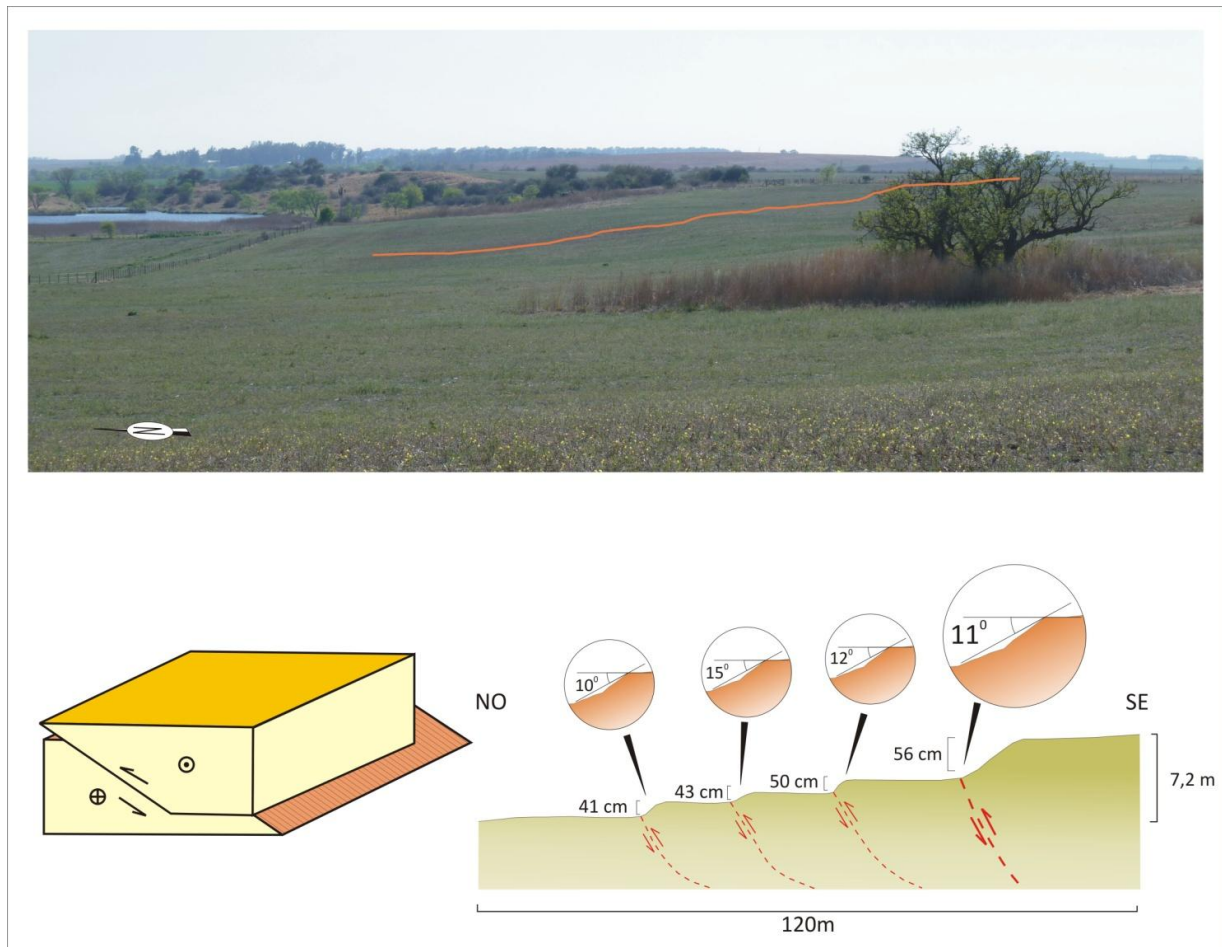


**Figura 4.8.** Vista NO-SE de la escarpa de la falla Las Lagunas mostrando el detalle donde se visualiza la depresión que se genera hacia atrás de la cresta de la escarpa principal.



**Figura 4.9.** Expresión geomorfológica de las pequeñas escarpas a lo largo de los cinco perfiles del grupo A.

Un perfil modelo que resume la información contenida en estos cinco perfiles es presentado en la Figura 4.10.



**Figura 4.10.** Perfil esquemático que resume la información base del grupo A.

## Grupo B

Este grupo está compuesto por los perfiles topográficos 6, 7 y 8 y ocupa el sector central de la sección Chañaritos.

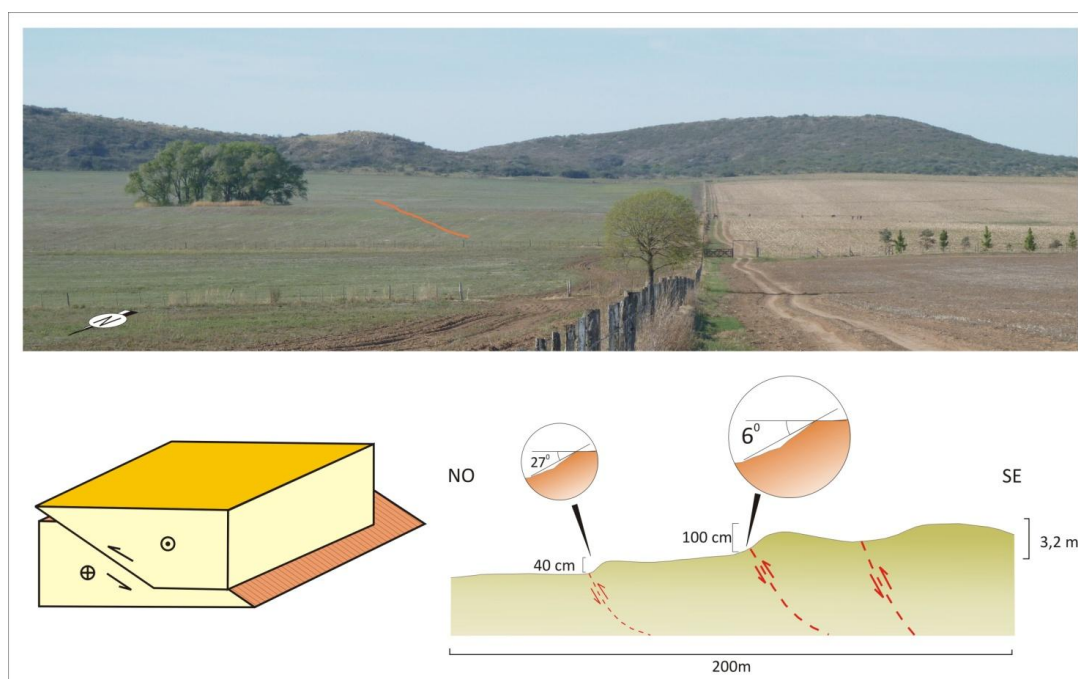
En este agrupamiento la presencia de elementos de pendiente (sectores pertenecientes al perfil que poseen pendientes que difieren claramente de la pendiente general del mismo y que le confieren entidad particular que los diferencia) no son tan regulares como en el grupo A, anteriormente descrito. En líneas generales este grupo posee un talud principal correspondiente a la escarpa principal de la falla y es muy difícil identificar la presencia de otros rasgos geomorfológicos diferenciable.

En el perfil 6 se puede observar una segunda escarpa de características similares a la principal, separada de la anterior por una importante depresión morfológica.

En el perfil 8 se observa la presencia de una escarpa pequeña con rumbo paralelo a la escarpa principal ( $050^{\circ}\text{N}$ ), la misma posee un talud de  $27^{\circ}$ , una altura de 0,34 m y se encuentra ubicada a más de 130 m de la escarpa principal.

La diferencia topográfica entre el techo y la base de este grupo de perfiles varía desde los 3 a los 4 m y la longitud media de los mismos para esta división supera los 200 m.

Un perfil modelo que resume la información contenida en estos tres perfiles es presentado en la Figura 4.11.



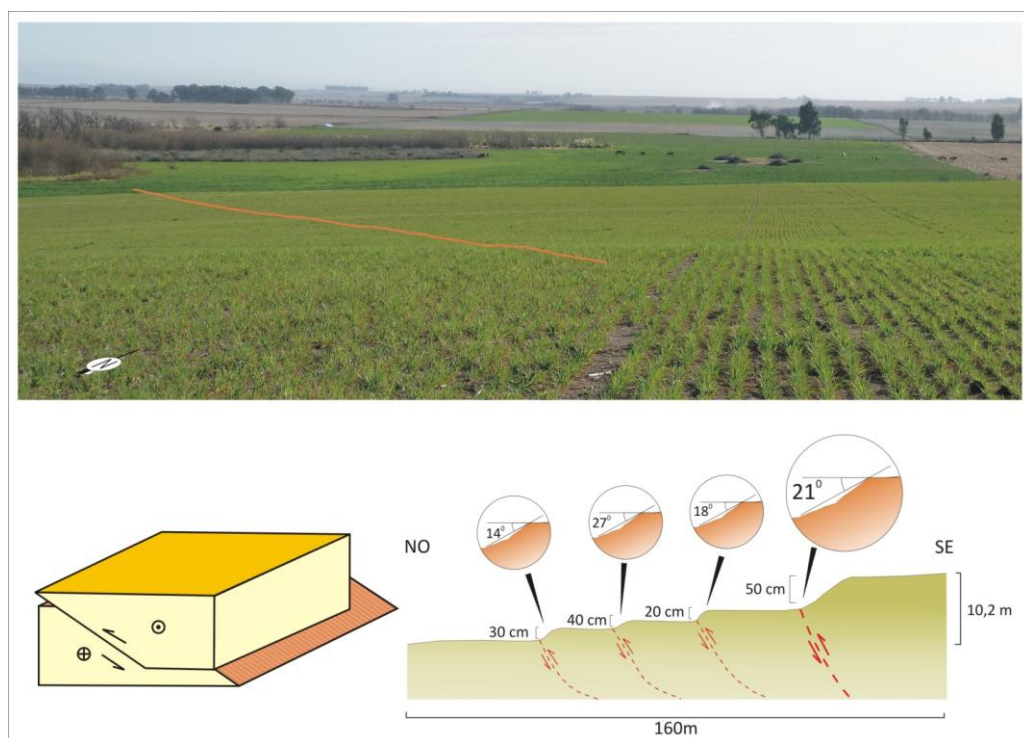
**Figura 4.11.** Perfil esquemático que resume la información base del grupo B.

### Grupo C

El tercer grupo, lo integran los perfiles 9 y 10. Son los más occidentales de la zona de estudio. En este agrupamiento se observan nuevamente, bien definidas, las unidades de pendiente descritas para los perfiles del grupo A. Los mismos están compuestos de una escarpa principal y tres escarpas pequeñas, con rumbos similares, asociadas.

Una característica importante a tener en cuenta de los perfiles de este grupo es que ambos fueron levantados sobre terrenos con distintos usos del suelo. Uno de ellos está ubicado sobre un terreno que es usado para el laboreo agrícolas desde tiempos históricos (perfil 9) y el otro fue relevado sobre un sector donde no se practica ninguna actividad antrópica y posee una vegetación de pastura y bosque natural que estabiliza el suelo (perfil 10).

A pesar del distinto uso de suelo mencionado en ambos perfiles son perfectamente identificables y correlacionables, tanto la escarpa principal como las pequeñas escarpas, pero los valores angulares en ambos terrenos varían considerablemente, siendo mucho menores en el sector sometido a laboreo anual constante. A modo de ejemplo se puede decir que una pequeña escarpa en el perfil 10 alcanza valores de talud de  $25^\circ$  y cuando la misma es medida en el perfil 9 el valor angular de su pendiente cae por debajo de los  $17^\circ$ . La diferencia topográfica entre el techo y la base de este grupo de perfiles tiene un valor medio de 10,2 m y la longitud promedio arrojó un valor de 160 m (Fig. 4.12).



**Figura 4.12.** Perfil esquemático que resume la información base del grupo C.

#### 4.3.1.2 TRATAMIENTO TOPOGRÁFICO ANALÍTICO

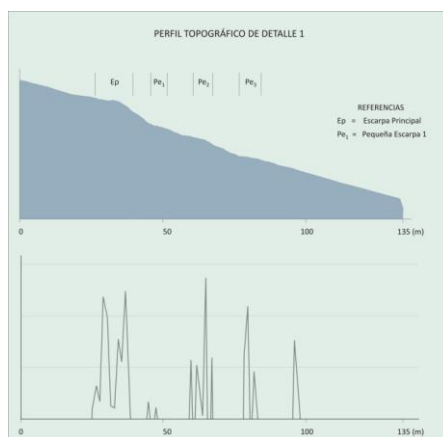
Con respecto al tratamiento analítico de los datos, el mismo se realizó en planillas Excel y se trataron por separado cada grupo de puntos acotados, correspondientes a cada uno de los perfiles topográficos de detalle levantados.

Para cada grupo se obtuvo la progresiva de la diferencia de altura de cada punto con respecto a su próximo anterior ( $\Delta H$ ), lo que permitió definir la diferencia de cota total entre el techo y la base de cada perfil y también la distancia sobre el terreno entre cada punto consecutivo ( $\Delta x$ ) para determinar longitud total de cada uno de los perfiles.

Por otra parte se definió la pendiente ( $\Delta H/\Delta x$ ) entre cada par de puntos acotados sucesivos y se calculó su valor angular. Este valor se lo contrastó con el valor de la pendiente general del perfil para definir si correspondía a la misma o si tenía entidad como una pequeña escarpa separada.

Los valores angulares que sobrepasaban los valores de pendiente media, característica para cada perfil, fueron agrupados y ploteados en un gráfico de líneas (ángulo de pendiente vs. ubicación dentro del perfil) para obtener los sectores, dentro de cada perfil, donde existiese una pequeña escarpa y además tener una estimación de su ángulo de pendiente. Este gráfico se muestra en la Figura 4.13, y corresponde al perfil 1. En él se puede observar claramente cuatro agrupaciones que pueden correlacionarse a las evidencias superficiales de la escarpa principal y a las tres escarpas pequeñas.

Es oportuno destacar que las cuatro agrupaciones mencionadas coinciden exactamente, tanto en valor angular del talud como en su ubicación relativa al perfil, con los cambios de pendientes observadas gráficamente. Esta situación permite asegurar que el tratamiento analítico de los datos acotados relevados es confiable y muestra una posibilidad de manejo de los mismos que tiene entidad tanto por sí misma como también de apoyo o corroboración del tratamiento geométrico puro.



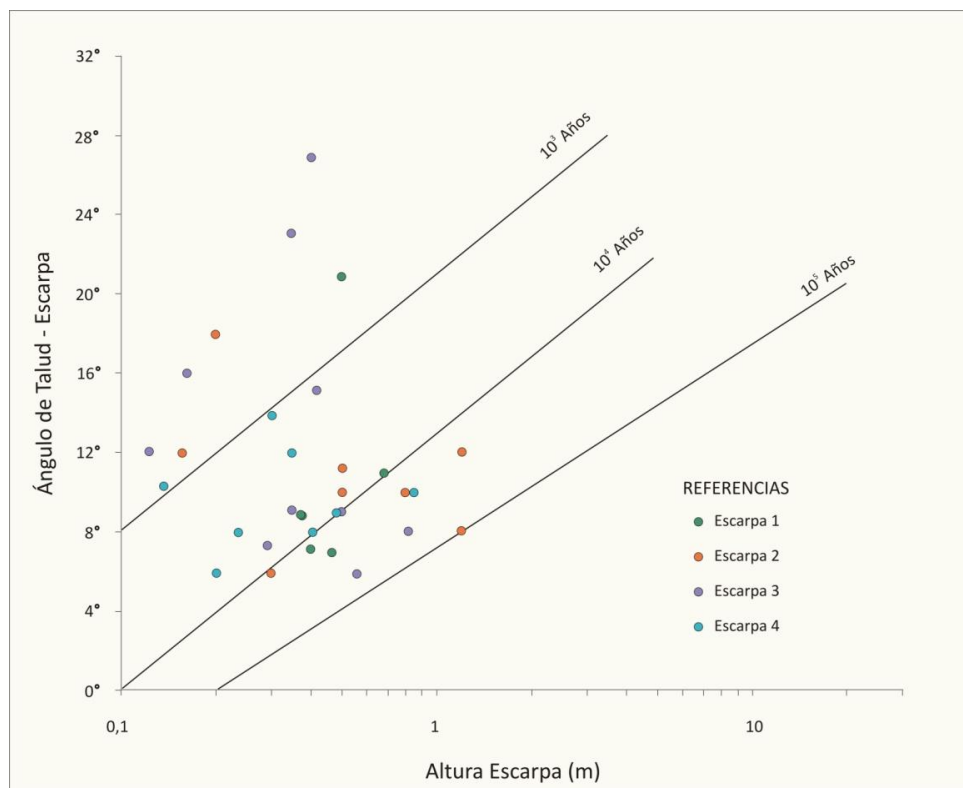
**Figura 4.13.** Gráfico obtenido por el método analítico comparado con el perfil topográfico.

#### 4.3.1.3 ESTIMACION DE EDADES DE RUPTURAS

La estimación de las edades de eventos sísmicos fuertes que hayan generado ruptura en superficie, asociados a la falla Las Lagunas, se realizó considerando algunos parámetros geométricos de la expresión morfológica de la escarpa de la mencionada estructura. Los elementos tenidos en cuenta son básicamente el ángulo de la pendiente de la cara libre y su altura, tanto de la escarpa principal, como de las pequeñas escarpas asociadas.

Posteriormente los parámetros definidos y cuantificados fueron volcados en un gráfico de doble entrada que considera el ángulo máximo de talud vs. la altura de la escarpa en una escala logarítmica. En el cuerpo de este gráfico se encuentran delineadas rectas, obtenidas por regresión lineal, que definen intervalos de tiempo. Estas líneas corresponden a las curvas patrón definidas por Bucknam y Anderson (1979).

Cuando se graficaron los datos de ángulo de cara libre y altura de todas las escarpas, de cada uno de los perfiles relevados (Fig. 4.14), se observó que, si bien la distribución de los datos de edades estimadas tiene mucha dispersión, se definió una concentración débil de edades alrededor de los  $10^4$  años con algunos datos cercanos a los  $10^3$  años y muy pocas edades de  $10^5$  años.



**Figura 4.14.** Diagrama de altura de escarpa vs ángulo de talud de escarpa propuesto por Bucknam y Anderson (1979) para estimar edades de rupturas sobre el que se han ingresado los datos obtenidos en el presente trabajo.



Las escarpas definidas fueron numeradas según su orden de aparición en el relieve de cada perfil, tomándose como primera a la escarpa principal (escarpa 1) y las demás en orden topográfico descendente hasta llegar a la culminación del mismo (escarpa 4).

Para facilitar la interpretación y la más correcta estimación de las edades, aprovechando la clara evidencia de estar siempre agrupando valores que correspondiesen a la misma pequeña escarpa, se graficó por separado cada una de ellas (Fig. 4.15). Del análisis de estos gráficos se interpretó las siguientes consideraciones:

1.- La escarpa 1 (escarpa principal), si bien muestra una agrupación importante de datos de  $10^4$  años, no presenta las edades más antiguas siendo la escarpa que, sin lugar a dudas, primero apareció como relieve positivo en todos los perfiles relevados. Una posible explicación a lo mencionado puede basarse en el proceso de rejuvenecimiento que quizás sufra ante la ocurrencia de cada evento sísmico importante generado por la estructura. Esta acción no necesariamente tiene que afectar a las demás escarpas y por ello pueden existir pequeñas escarpas asociadas con edades estimadas mayores (más viejas).

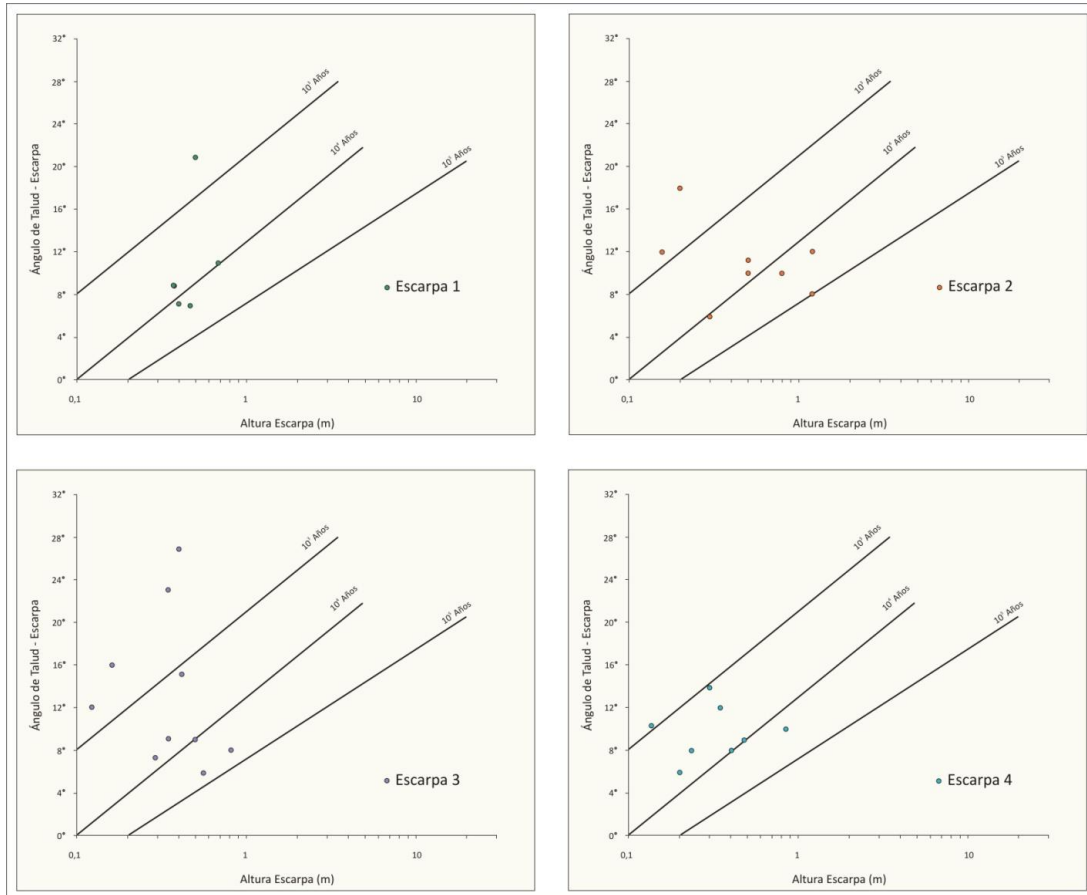
2.- La escarpa 2 (pequeña escarpa) presenta edades estimadas con la dispersión que es característica en todas las demás, pero entre ellas, muestra datos que se acercan hasta tocar el límite de  $10^5$  años. Esto hace que dicha escarpa muestre las edades estimadas más antiguas. Estas edades podrían explicarse por el hecho del continuo rejuvenecimiento de la escarpa principal favoreciendo la disminución del valor angular de la pendiente de su cara libre.

3.- La escarpa 3 (pequeña escarpa) en muchos de los perfiles muestra valores de edades estimadas muy inferiores a  $10^3$  años. Este hecho, sumado a que se la pudo identificar en todos los perfiles relevados y apoyado en datos del catálogo histórico instrumental de sismos (ANEXO II), hace que se relacione a la misma con la expresión geomorfológica producida por la ruptura en superficie atribuida al Gran Terremoto de Sompacho (1934).

4.- La escarpa 4 (pequeña escarpa) presenta casi todas sus edades estimadas en el intervalo de tiempo comprendido entre  $10^3$  y  $5 \times 10^3$  años. Esta geoforma puede pertenecer a algunos de los paleoterremotos fuertes que generaron ruptura en superficie definidos para la Falla de Las Lagunas por Sagripanti (2006).

En una interpretación más detallada se definió que la edad que es más representativa de cada escarpa es la que brinde el valor de estimación de edad más joven. Dicha afirmación se basa en que, sin que haya evidencias en el campo de que existan diferencias en los materiales sobre las que están formadas o agentes erosivos particulares que actuara sobre alguna de ellas, la que presentó menor edad es la considerada más preservada y, por lo tanto, la que posee mayor semejanza a la escarpa primitiva.

Una tabla que resume toda la información adquirida, a través de las distintas metodologías de trabajo, sobre los parámetros de la escarpa principal y pequeñas escarpas es presentada en la Figura 4.16.



**Figura 4.15.** Diagrama de altura de escarpa vs ángulo de talud de escarpa para cada escarpa individual.

Si bien las edades estimadas arrojan valores que están acotados dentro de los intervalos de tiempos esperados para las escarpas estudiadas, hay que recordar que las curvas de regresión patrón, utilizadas como referencia, fueron calculadas para un contexto de características tectónicas, litológicas y climáticas muy diferentes al ambiente en el cual se desarrolló el estudio presente. Las curvas fueron definidas para un ambiente distensivo, de materiales competentes y clima árido, lo que hace fácil interpretar que bajo las condiciones regionales de la zona de estudio las edades tienden a ser estimadas en exceso.

Por otra parte hay que tener en cuenta el tipo de materiales sobre los cuales se genera y desarrolla la escarpa y como es su mecánica de evolución. Este proceso, en este tipo de escarpa, se ve reflejado en el ángulo de la pendiente de su cara libre y en su talud remanente, luego de transcurrido un tiempo prolongado desde la formación de la misma. Su generación es a partir ruptura de la cosísmica en

superficie, y su evolución es resultado de la erosión e intervención antrópica y no necesariamente es el producto de un talud de ruptura de una caída gravitacional, como el propuesto por Wallace (1977).

Cabe recordar que la evolución típica de las escarpas consideradas en el método de Wallace (1977) corresponden a una configuración de talud de remanente de cara libre por ruptura gravitacional (ángulo de reposo) más el material colapsado gravitacionalmente desde el bloque elevado y depositado en la base de la escarpa (pendiente de colapso). Ahora en el área de estudio no es así, si no que, el talud considerado y medido de las escarpas pequeñas sufrieron solamente, luego de ser generado por tectonismo, procesos de erosión hídrica, eólica y antrópica.

Si bien por lo mencionado, y debido a las complejidades en la morfología de escarpas compresivas, la secuencia de geofomas de las mismas y los criterios generales para la evolución de fallas normales no parecería adecuado utilizar el método antes mencionado para evaluar la degradación de escarpas formadas por fallas inversas. Sin embargo, se observa que, para las alturas estimadas, que alcanzaría una escarpa de un movimiento con un rechazo vertical de 0,30 m, estimado por Sagripanti (2006), la fricción interna del material sobre el que se generó (sedimentos loésicos) mantendría estable su talud por un tiempo considerable. Esta característica hace posible que las estimaciones edades de ruptura, si bien con errores apreciables, no den resultados totalmente erróneos y descartables.

A lo anterior hay que agregar que, donde las condiciones de vegetación natural se han preservado inalteradas en el tiempo, las edades estimadas son aún más cercanas a la realidad. Pero en los lugares donde se puede contrastar donde la vegetación natural ha sido modificada, para una misma pequeña escarpa, entre los sectores protegidos y sectores no protegidos se observa una variación significativa del valor angular de la pendiente de su cara libre.

Lo anteriormente mencionado puede verse claramente reflejado en el sector comprendido entre los perfiles 9 y 10, correspondientes al grupo C, en donde la pequeña escarpa 3 se encuentra en una parte protegida por la vegetación natural y la falta de intervención antrópica de laboreo anual y en la otra, con procesos de erosión más activos y actividades de laboreo agrícola. En el sector mejor preservado los valores angulares son más altos (25°), y suponiéndose más similares a los valores originales, y disminuyendo los mismos en un 40% (15°) en el sector no protegido y con intensa actividad antrópica de laboreo (Figs. 4.17a y 4.17b.).

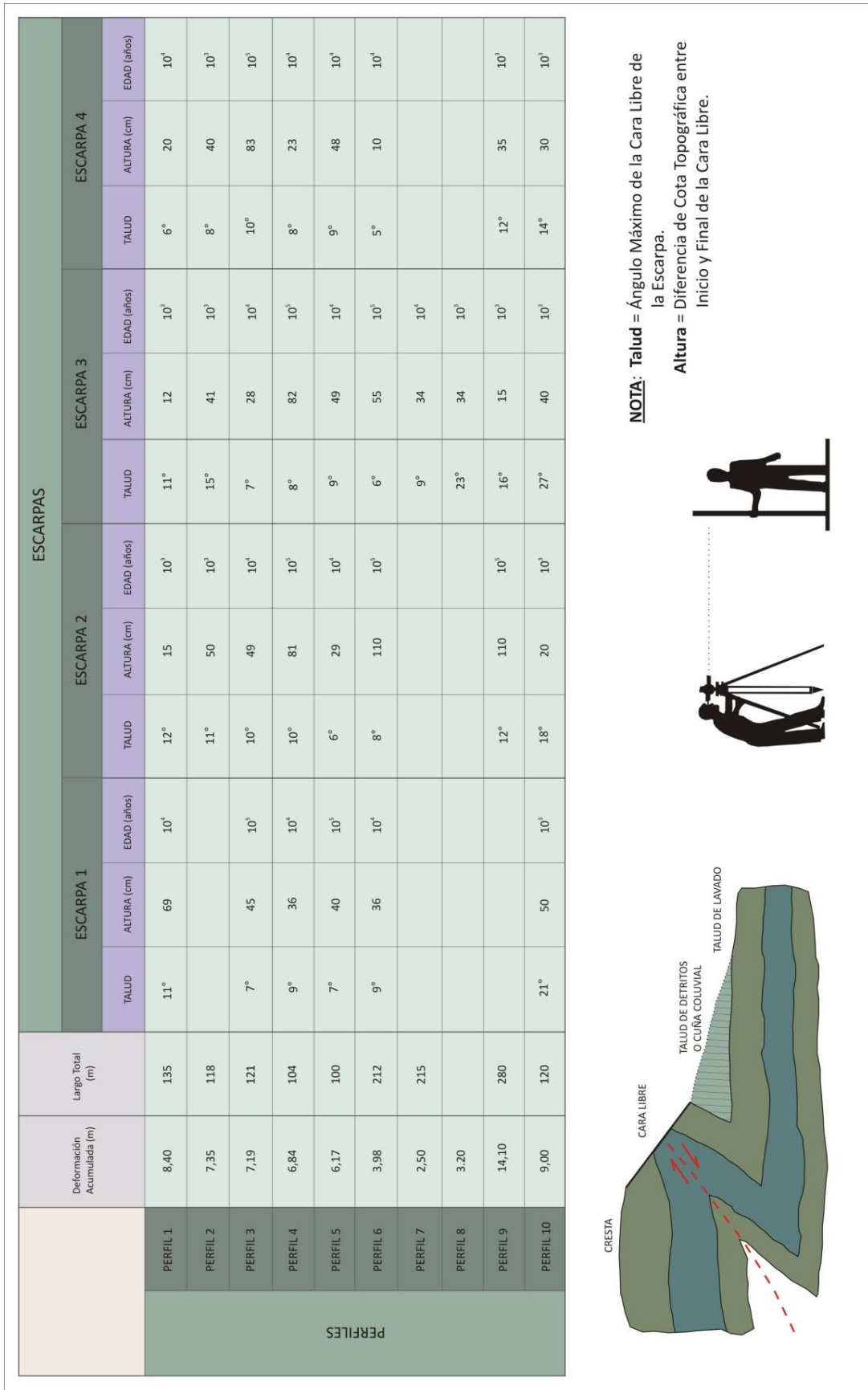


Figura 4.16. Tabla resumen de los parámetros de las escarpas.



**Figura 4.17a.** Variación en el valor angular de la pequeña escarpa dependiendo del uso del suelo sobre el que está expresada. La línea amarilla de trazos indica la ubicación de la pequeña escarpa ubicada en la Ea. La Leona.



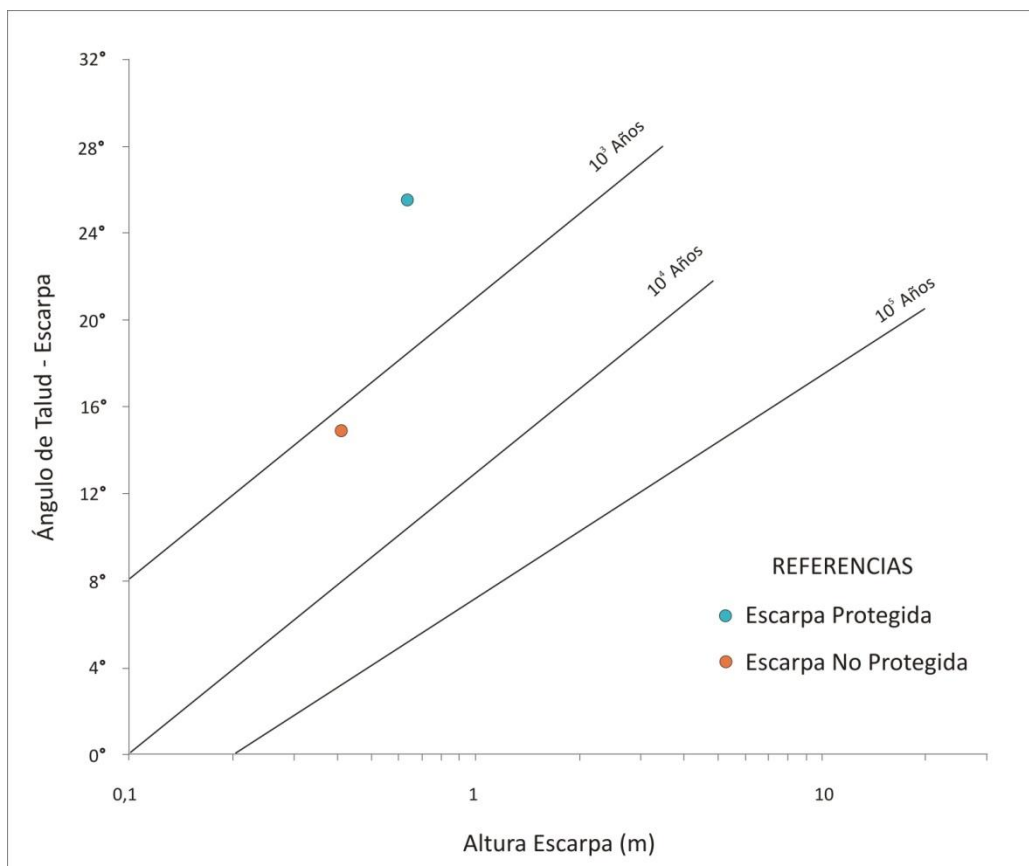
**Figura 4.17b.** Variación en el valor angular de la pequeña escarpa dependiendo del uso del suelo sobre el que está expresada.

Si se grafica en el ábaco utilizado por Bucknam y Anderson (1979) para estimar edades se puede observar que una misma pequeña escarpa arrojará valores muy diferentes dependiendo del uso del suelo en lugar donde se midan su cara libre y su altura. La Figura 4.18. permite interpretar que el valor de edades estimadas supera fácilmente el orden de magnitud a ambos lados del límite de uso de suelos. Para el sector preservado (sin laboreo agrícola) y con vegetación natural la edad es muy inferior a  $10^3$  años (posiblemente cercano a los  $10^2$  años) mientras que para el sector afectado por laboreo anual la misma está entre los  $2 \times 10^3$  y los  $5 \times 10^3$  años.

Del análisis de los gráficos obtenidos, tanto a través del tratamiento geométrico como el analítico, se puede destacar como dato más relevante la existencia de evidencia de deformación mecánica de al menos 4 eventos sísmicos fuertes, con ruptura en superficie, vinculados a la falla Las

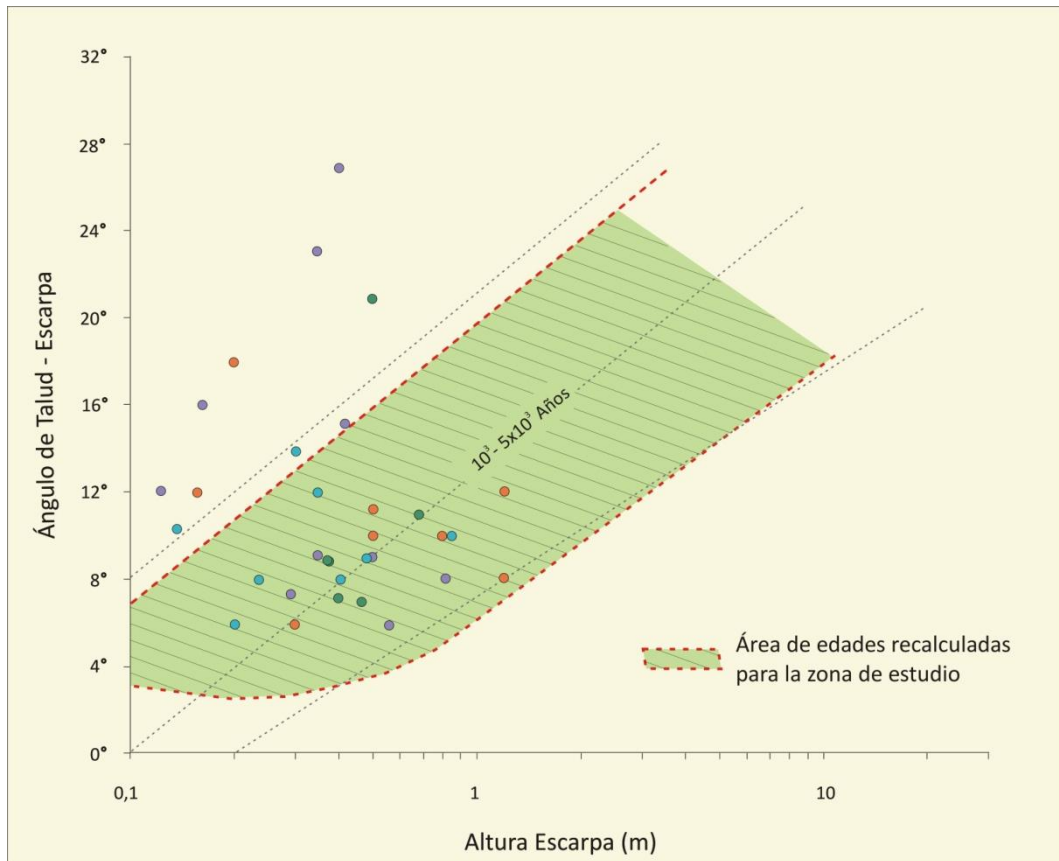
Lagunas, lo que hace a esta escarpa una escarpa multieventos, entendiéndose por este concepto a una escarpa con múltiples cambios de pendiente originado cada uno de ellos por un evento de ruptura separado (McCalpin, 1996).

Es de destacar que, si bien en la zona la expresión superficial se conserva de un modo perfectamente visible e identificable, la misma sufre desde tiempos históricos la constante intervención antrópica por laboreo para la realización de actividades agrícolas, lo que aporta a la disminución de los valores angulares de la pendiente de la cara libre y a la disminución de la altura de las escarpas y, por lo tanto, a una sobreestimación de las edades de rupturas.



**Figura 4.18.** Variación en la estimación de la edad de la pequeña escarpa dependiendo del uso del suelo sobre el que está expresada.

Es por la suma de todas las consideraciones realizadas anteriormente que se propone que, para los valores de edades de ruptura superficie de eventos sísmicos fuertes vinculados a la Falla Las Lagunas estimados entre los  $10^3$  y  $10^5$  años sería más conveniente y representativo considerar que los mismos estarían comprendidos entre los  $10^3$  y  $5 \times 10^3$  años en el sector estudiado. En la Figura 4.19 se presenta el área de tiempo que ocuparía una edad estimada por el método de Bucknam y Anderson (1979) recalculado para la zona de estudio.



**Figura 4.19.** Área de edades estimadas recalculadas para la zona de estudio a partir del método utilizado por método de Bucknam y Anderson (1979).

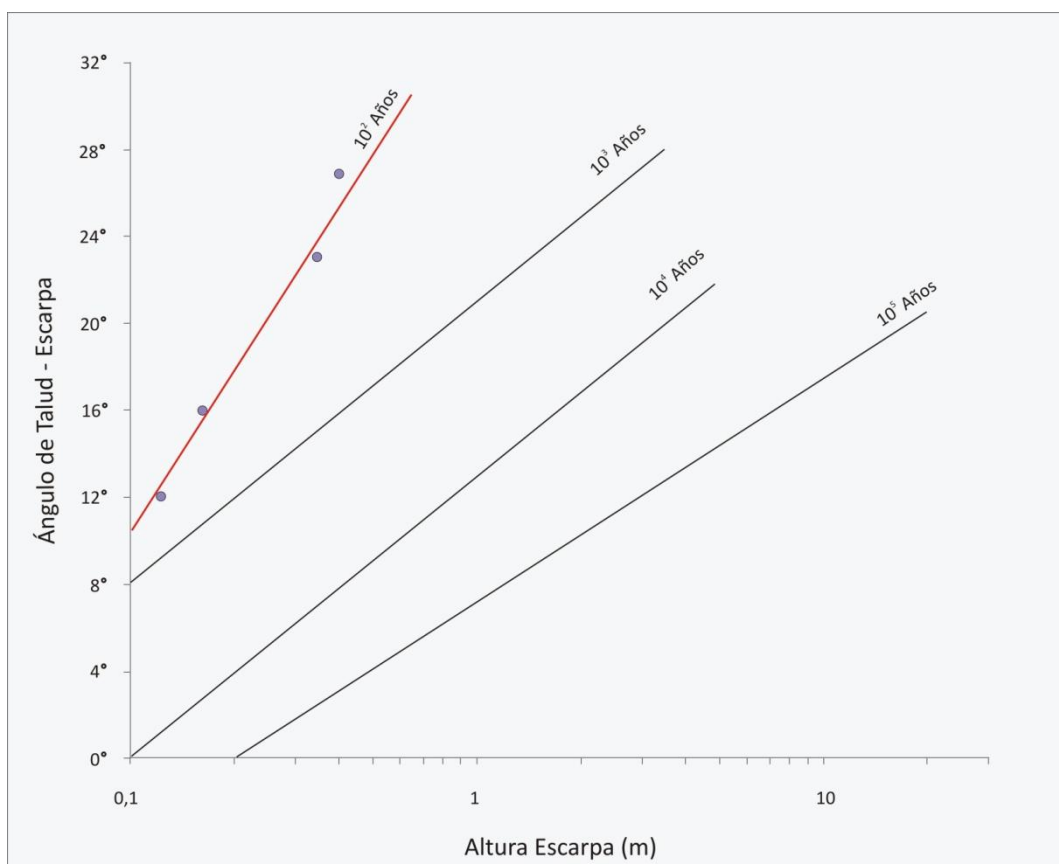
#### 4.3.1.4 PROPUESTA DE CURVA DE REGRESIÓN PARA FUERTES EVENTOS SÍSMICOS CON RUPTURA EN SUPERFICIE DE EDADES MENORES A $10^2$ AÑOS

Las fallas compresivas, muestran un complejo arreglo de expresiones geomórficas (Yeats *et al.*, 1997), que se resuelve generalmente en trazos de falla sinuosos, cortos e irregulares. La zona de deformación asociada a terremotos compresivos comúnmente varía de 10 m a 5 km de ancho, y está constituida generalmente por rupturas múltiples (Hull, 1987).

Debido a que las curvas de regresión, utilizadas para estimar edades de rupturas superficiales, son las definidas por el criterio de Bucknam y Anderson (1979) y que las mismas han sido obtenidas a partir de datos relevados en escarpas ubicada en un ambiente geotectónico, litológico y climático diferente al de la zona de trabajo, y a que en el sitio de trabajo se presentó la situación inmejorable para analizar la morfología de una escarpa, asociada al Gran Terremoto de Sampacho, que ha evolucionado bajo distintas situaciones de uso del suelo (con y sin intervención antrópica) que inciden directamente en la estimación de su edad, es que surgió la idea de proponer una curva de regresión tipo para escarpas de edades menores a  $10^2$  años desarrolladas sobre sedimentos cuaternarios.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado e integrando la información geológica y sísmológica (histórica e instrumental) se ploteó en el ábaco de estimación de edades utilizado por Bucknam y Anderson (1979) los datos de ángulo de pendiente de cara libre y altura de escarpas, con muy buen grado de preservación, que corresponderían a las generadas por las rupturas cosísmicas en superficie del Gran Terremoto de Sompacho de 1934.

La línea de regresión definida, por los datos de edades estimadas de las escarpas antes mencionadas, es propuesta como la recta tipo que contiene a los eventos cuyas edades de ruptura han sido cercanas a  $10^2$  años para el área de estudio y generadas sobre materiales loésicos (Fig. 4.20).



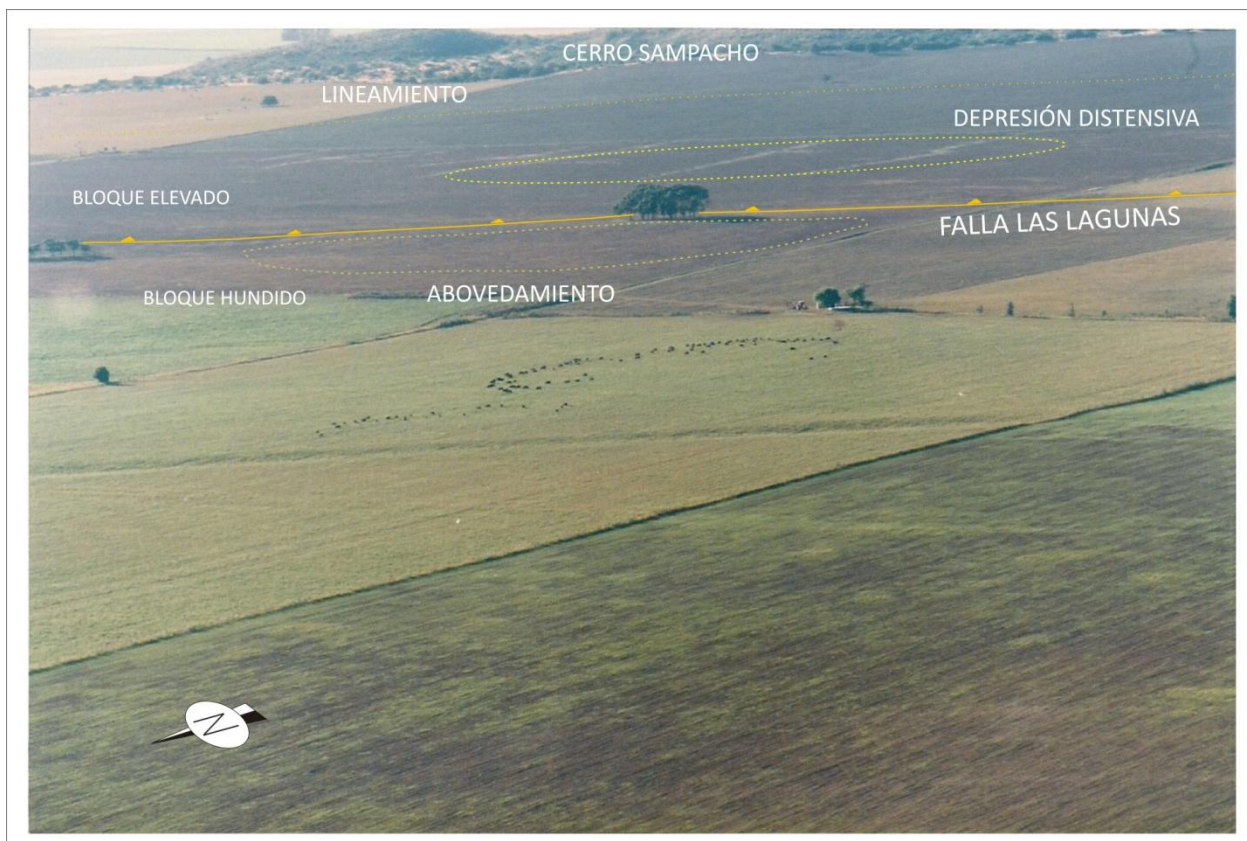
**Figura 4.20.** Curva de regresión patrón propuesta para rupturas con edades menores a  $10^2$  años.

### 4.3.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS DEFORMACIONES SUPERFICIALES ASOCIADAS AL FALLAMIENTO

#### 4.3.2.1 PROBABLE MODELO DE MIGRACION DEL PLANO DE FALLA

En la Figura 4.21 se presenta una fotografía oblicua tomada a baja altura y con bajo ángulo de inclinación solar que muestra el sector comprendido entre el borde N – NO del cerro Sompacho y el sector central de la sección Chañaritos de la Falla Las Lagunas.





**Figura 4.21** Fotografía aérea oblicua tomada a baja altura con bajo ángulo de incidencia solar del sector central de la sección Chañaritos donde se presentan los elementos sobresaliente del relieve.

La geomorfología superficial presenta como elementos sobresalientes de relieve, la traza de la escarpa principal de la falla Las Lagunas con pequeñas escarpas asociadas hacia el sector N de la misma, un lineamiento bien definido al pie del cerro Sampacho y una importante depresión, elongada en sentido NE – SO, ubicada en el sector central de la fotografía entre el lineamiento antes mencionado y la expresión en superficie de la falla.

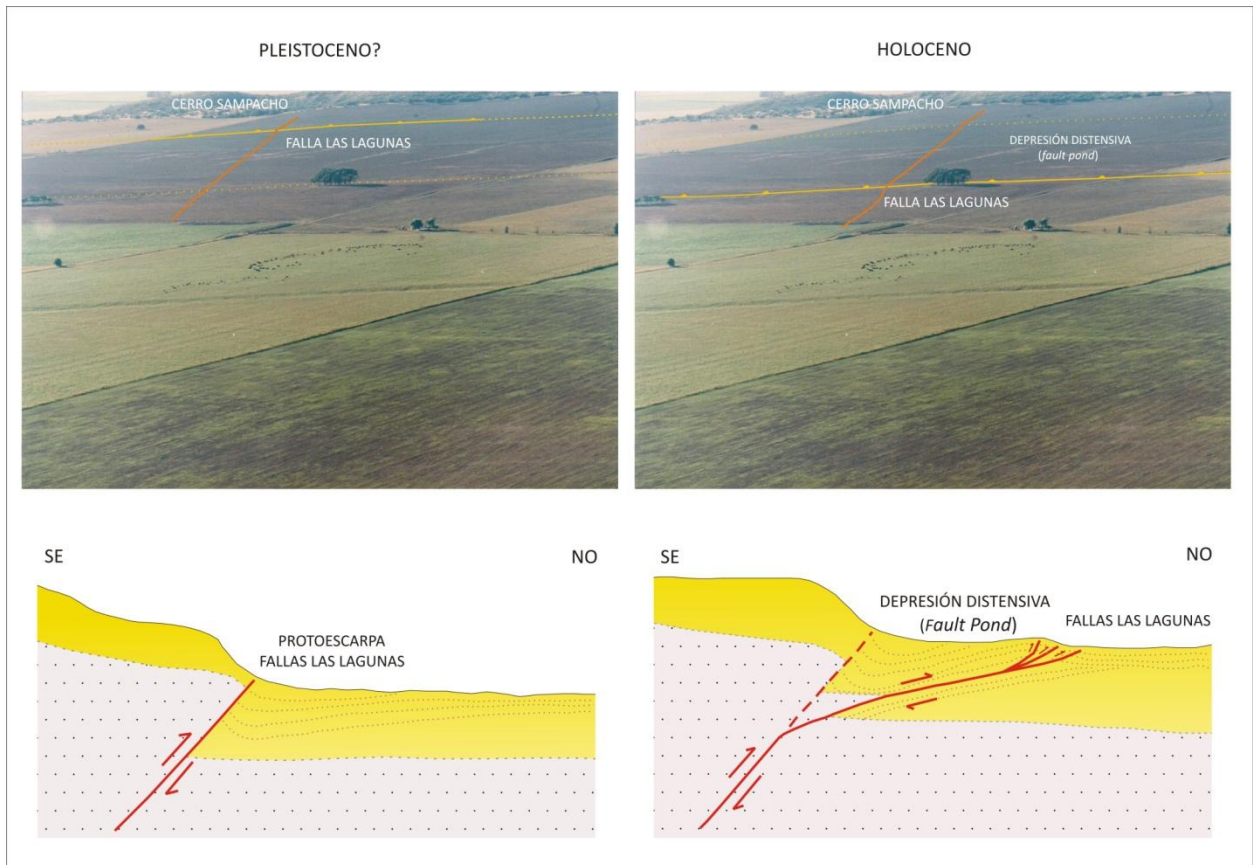
Sumado a los elementos antes descriptos es oportuno mencionar que, si bien no se aprecia claramente en la fotografía, al NO de donde la depresión topográfica presenta su máxima expresión se encuentra asociado un importante abovedamiento del relieve. Este rasgo se muestra claramente en la Figura 4.22a.

El análisis geomorfológico cualitativo permite hacer una interpretación de los mecanismos de deformación cosísmica a partir de la observación geomorfológica cualitativa superficial y asumiendo que, por los elementos de relieves presentes, en el sector se alcanza la máxima deformación primaria, la depresión topográfica ubicada entre el cerro Sampacho y la actual traza de la Falla las Lagunas es producto de la deformación distensiva secundaria. Esta es observada en el bloque levantado de la escarpa compresiva generada por la migración local hacia el NO del frente del plano de falla de la

mencionada estructura. La edad de esta migración, por las unidades estratigráficas afectadas, se supone que comienza hace  $10^4$  años y se extiende hasta la actualidad (Figura 4.23).



**Figura 4.22.** Vista O – E del sector central de la Sección Chañaritos. **a)** Abovedamiento, sector de relieve positivo **b)** Depresión (*fault pond*), sector de relieve negativo.



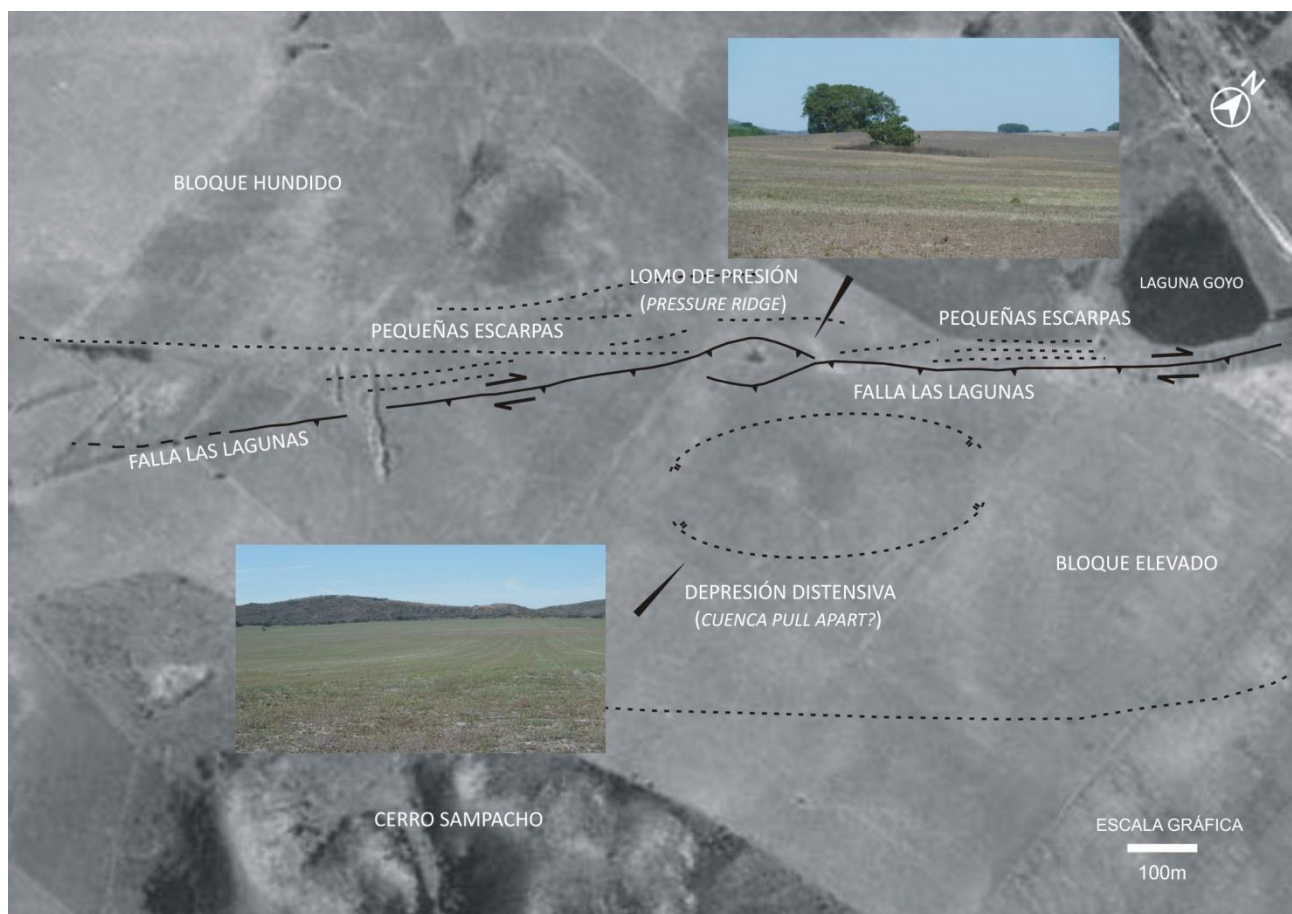
**Figura 4.23.** Etapas y edades posibles de migración del plano de falla.

#### 4.3.2.2 PROBABLES ESTRUCTURAS TRANSPRESIONALES Y TRANSTENSIONALES

Los rasgos geomorfológicos y topográficos reconocidos en la sección central del área de estudio, sector de los perfiles de detalle del grupo B, permiten suponer la posibilidad de que las deformaciones cósmicas producto de la actividad tectónica de la falla podrían tener una componente dextral de transcurrancia.

Cabe recordar que Sagripanti (2006) ya expresó esta posibilidad basado en la ubicación y actitud de la estructura analizada dentro del contexto tectónico de la región.

Teniendo en cuenta la complejidad de la mecánica de deformación superficial mostrada en el área y tratando de reconstruir los movimientos prehistóricos, en base a las interpretaciones anteriores, los rasgos encontrados (Fig. 4.24) permiten suponer que el alto topográfico (elemento de relieve positivo) al NO de la traza de la falla puede ser interpretado como el domamiento o lomo de presión (*pressure ridge*) producido, posiblemente, por una estructura en flor positiva con su contraparte en la depresión (elemento de relieve negativo), ubicada al SE del mismo, e interpretada como una pequeña cuenca transtensional (*pull-apart basin*).



**Figura 4.24.** Fotografía aérea vertical con evidencias geomorfológicas de actividad tectónica cuaternaria.

Es importante destacar que este tipo de arreglo topográfico-morfoestructural se encuentra repetido varias veces a lo largo de la traza de esta estructura en sectores externos a la zona de estudio (Sagripanti comunicación verbal).

## CAPÍTULO 5

# MOVIMIENTOS RECIENTES



## 5. MOVIMIENTOS RECIENTES

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Se ha hecho referencia en capítulos anteriores sobre la gran importancia de los estudios paleosismológicos, ya que aportan datos fundamentales de la sismicidad prehistórica con epicentros en una determinada región, tanto sea ésta que se encuentre en una zona de borde de placa como en una situación de intraplaca. Estos datos, en general, son obtenidos a través de la interpretación de eventos tectónicos importantes que dejan sus huellas en la columna estratigráfica, afectando principalmente a sedimentos del cuaternario.

Con la información que brindan estos estudios se puede determinar el potencial sísmico de una fuente, como así también importantes características de la deformación mecánica superficial generada por los paleosismos. Los parámetros más importantes que pueden determinarse son: cantidad de eventos, paleomagnitud, recurrencia, longitud de ruptura, desplazamiento por evento y tasa de desplazamiento.

Ahora bien, dentro de estos importantes parámetros, necesarios para caracterizar la sismología de una región, también se encuentra la tasa de movimiento (*slip rate*). Este dato consiste en determinar la velocidad a la cual se mueve una falla para un período de tiempo suficientemente largo. Normalmente es expresado en mm/año. El desplazamiento total puede ser debido a terremotos sucesivos o a *creep* asísmico. Si se asume que el desplazamiento es cosísmico la tasa puede ser considerada como una medición geológica de la actividad sísmica (Reiter, 1988; Mc Calpin, 1996).

La tasa de desplazamiento es uno de los parámetros fundamentales que describe la paleosismicidad de una falla y es uno de los componentes críticos en la evaluación y análisis del peligro sísmico (Mc Calpin, 1996).

De lo anterior se desprende que no basta con los estudios paleosismológicos que nos darán información de la sismicidad en el pasado, si no que, se hace necesario aplicar un método complementario para adquirir información sobre la velocidad a la que se está moviendo en el presente la estructura. Es por ello que se recurre a las mediciones geodésicas repetidas de precisión.

En la actualidad las mediciones geodésicas se constituyen como una potente herramienta para definir los poco perceptibles movimientos de deriva y deformaciones de la corteza terrestre, como así también para el estudio de la geología de los terremotos y mecanismos de deformación mecánica de una falla.

Las repetidas mediciones geodésicas de precisión para relevar deformaciones de la corteza son actualmente la principal fuente de información en el análisis de la geología de los terremotos. Estas mediciones, cuando son aplicadas en el estudio sismológico permiten obtener datos para describir e interpretar la ruptura de falla, como así también describir la deformación entre sucesivos eventos sísmicos (Yeats *et al.*, 1997).

En zonas propensas a terremotos, las fuerzas tectónicas deforman a las rocas de la corteza de modo continuo e imperceptible. Si bien las manifestaciones más obvias de estas deformaciones son montañas producidas por movimientos verticales, hay movimientos de la corteza de menor magnitud que pueden detectarse y mensurarse a través de mediciones geodésicas, como por ejemplo, mediciones topográficas de precisión (Bolt, 1995).

Tanto cuando se estudia y analiza el comportamiento de los mecanismos generadores de terremotos, como a ellos mismos, por lo general se emplean tres herramientas principales, el estudio de las ondas sísmicas, la geología y la geodesia. En un primer momento la geodesia fue desarrollada para medir distancias y elevaciones de la superficie terrestre con precisión. Posteriormente se arribó a la idea que las variaciones detectadas en las mediciones geodésicas podían ser usadas en el estudio de la deformación de la Tierra, como así también en las deformaciones generadas por terremotos (Yeats *et al.*, 1997).

La creciente necesidad de aumentar el conocimiento sobre el potencial sismogénico asociado a fallas con actividad cuaternaria y el riesgo sísmico a la que están expuestas algunas poblaciones en la actualidad depende, en su gran mayoría, de las investigaciones paleosismológicas que se puedan realizar (Mc Calpin, 1996; Costa, 2004). Estas actividades se pueden complementar con datos actualizados, como los que aportan los relevamientos geodésicos de precisión, para lograr una mejor comprensión del comportamiento de las fallas.

Hasta el momento la cinemática de la falla Las Lagunas solo es parcialmente conocida suponiéndose la tasa de levantamiento mayor que la de erosión-sedimentación, ya que su expresión morfológica en superficie muestra escarpas y pequeñas escarpas que se preservan rectilíneas y bien definidas, a pesar de que el último sismo importante generado por esta estructura lo constituye el Gran Terremoto de Sampacho del año 1934 y que, en casi la totalidad de la misma, está afectada por una significativa actividad antrópica.

Otro factor a tener en cuenta es que, analizando el contexto tectónico regional, por su orientación y ubicación, la falla potencialmente debería tener una componente de movimiento de

rumbo dextral (Sagripanti 2006). La confirmación o refutación de lo anteriormente mencionado aún no ha sido realizada.

Es por todo lo enunciado y sumado a que posee evidencias de reactivaciones recientes (Sagripanti, 2006), que la sección Chañaritos de la falla Las Lagunas presentaba condiciones inmejorables para la instalación de una red geodésica, y es por ello que se consideró necesario realizar mediciones geodésicas repetidas de precisión que permitan estimar la tasa de movimiento de la estructura y alcanzar un conocimiento más preciso y detallado de los movimientos actuales de la falla.

Con la aplicación de esta metodología lo que se pretende es lograr un avance en el conocimiento de la cinemática de la falla Las lagunas y cuantificar los movimientos recientes de dicha estructura, aplicando técnicas geodésicas, para definir la tasa de movimiento (*slip rate*) y comprobar si el movimiento de la estructura posee la componente de rumbo esperada para su ubicación dentro del marco tectónico regional.

## 5.2 METODOLOGÍA

Para concretar el estudio planteado y realizar mediciones geodésicas repetidas de precisión, se trabajó, en primer lugar, en el análisis de fotografías aéreas oblicuas, de baja altura y con bajo ángulo de incidencia solar y demás cartografía de base para poder definir la localización para la instalación de la red geodésica.

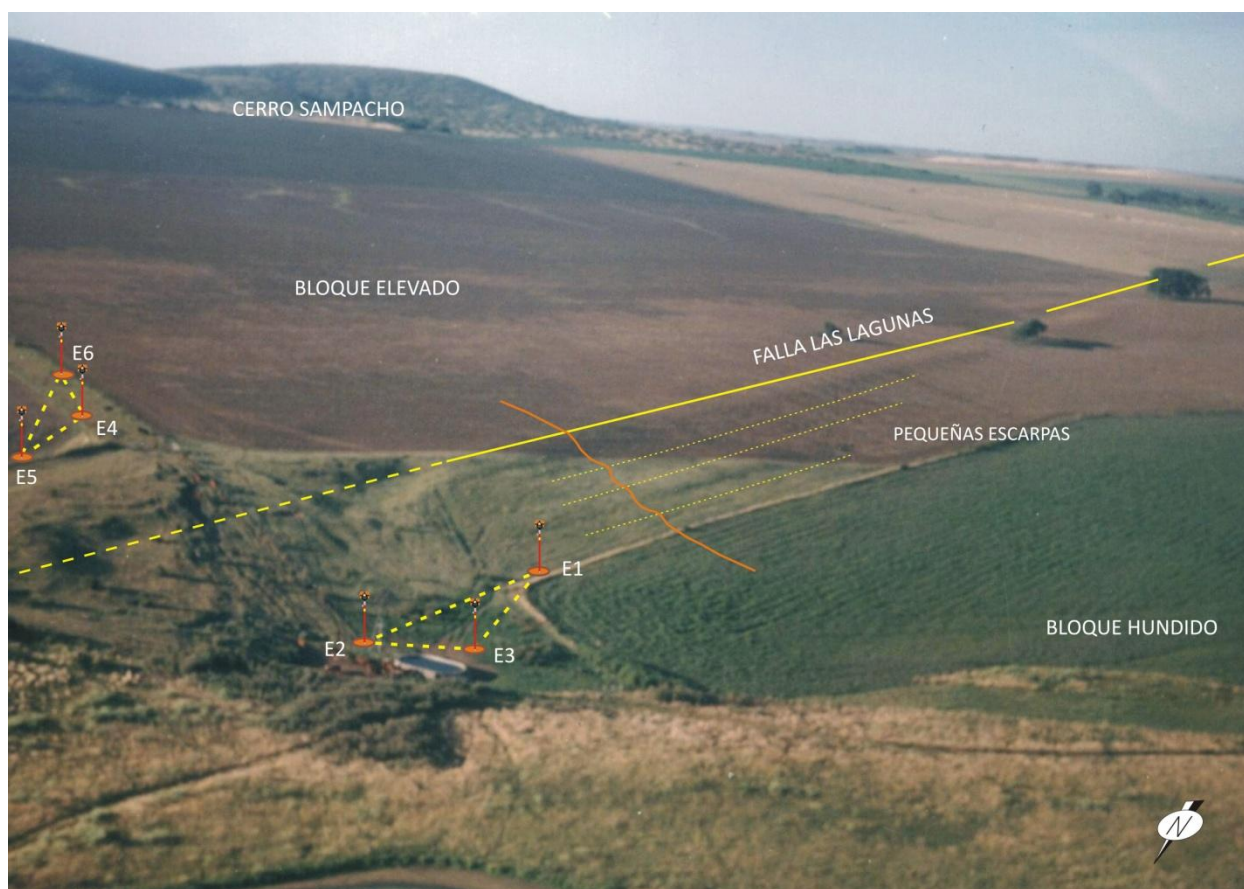
El lugar elegido está localizado en la parte central de la sección Chañaritos de la falla Las Lagunas. Se prefirió éste por sobre los demás sitios potenciales porque en él la expresión geomorfológica en superficie muestra la escarpa de falla principal y las pequeñas escarpas rectilíneas, perfectamente definidas, que permiten confirmar la ubicación inequívoca de la traza de la falla (Fig. 5.1).

Una vez establecido el lugar de instalación de la red se tuvo que definir cuál sería el sistema de mediciones que se utilizaría y qué metodología se seguiría para el tratamiento de los datos obtenidos. Ambas decisiones estuvieron influenciadas por dos factores determinantes, la necesidad de una precisión muy elevada y una tolerancia de error prácticamente nula, que no es acorde con los errores que cabe esperar de algunos de los instrumentos potenciales a utilizar, ni tampoco es compatible con algunas de las metodologías aplicables.

Con respecto a la precisión se partió de la base del dato de velocidad de movimiento de la falla Las Lagunas, determinado en 0,245 mm/año (Sagripanti, 2006) para la sección Chañaritos y que, como



ya se ha dicho anteriormente, es posiblemente el sector de mayor velocidad de desplazamiento de la estructura. Teniendo en cuenta esta velocidad media se descartó la utilización de cualquier método de medición con base espacial (como Interferometría de Líneas de Base Largas (VLBI), Relevamiento Láser Satelital (SLR) y Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), ya que no se cuenta con un instrumento con fondo de escala capaz de discretizar movimientos de esta velocidad, por lo que se decidió realizar las mediciones con un método terrestre con estación total electrónica con fondo de escala de  $10^{-3}$  m ( $\pm 2$  mm + 2 ppm) y rango de error acorde a la necesidad planteada.



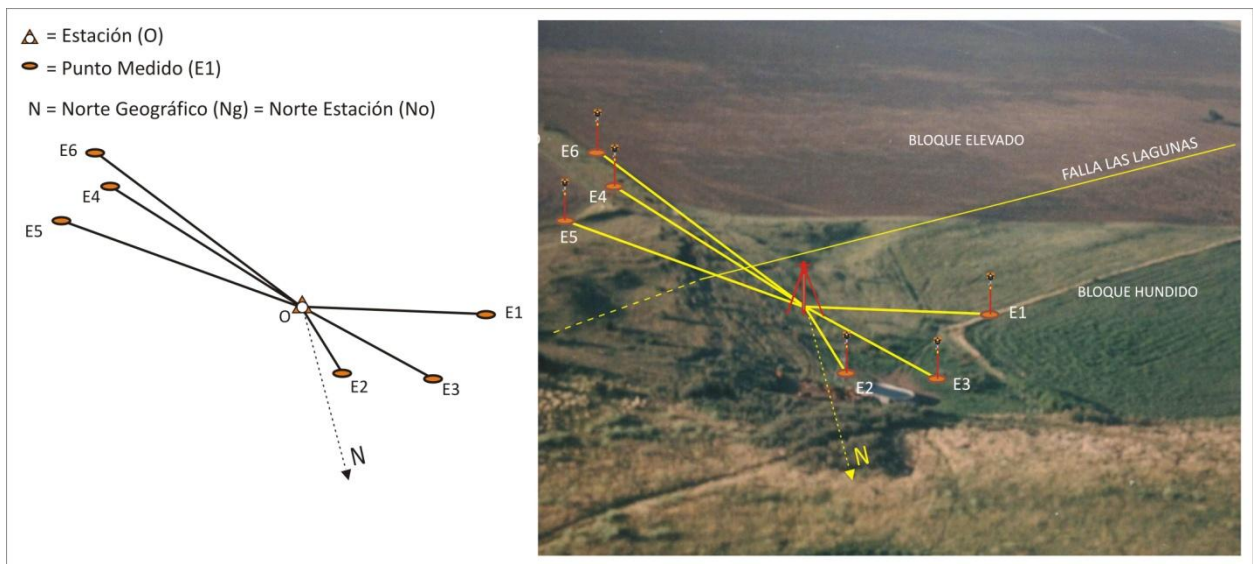
**Fig. 5.1.** Foto oblicua a baja altura y con bajo ángulo de incidencia solar donde se presenta la traza de la falla, las pequeñas escarpas y la ubicación de los puntos de control que conforman la red geodésica local.

Otro factor que se tuvo en cuenta es la distancia entre el instrumento de medición y los puntos de control ya que se sabe que ante la necesidad de precisión ésta decrece en forma directamente proporcional al aumento de las dimensiones y ante esto nos encontramos con medidas que hacen crecer los errores en forma aritmética, mientras que la tolerancia se mantiene fija. Por experimentos desarrollados en el estado federal alemán de Baden-Wurtemberg (Leica Geosystems, 2000) se estima que para distancias entre 1 y 10 Km e inclinación de la línea vertical de 20" encontraríamos diferencias entre 9 y 97 mm y para distancias de 500 m e inclinación de la línea vertical solo de 2" encontraríamos

diferencias en el orden de los 5 mm. Estos errores hicieron optar por realizar una red de puntos de control con distancias entre ellos no superiores a los 200 m.

El factor tiempo también tuvo que ser considerado, ya que hubo que sincronizar velocidades de movimiento de la estructura y fondo de escala de los instrumentos a medir, lo que se traduce en la necesidad de espaciar en el tiempo las mediciones para lograr identificar y cuantificar los movimientos esperados.

Es importante destacar que las medidas realizadas no tienen el objetivo de determinar la posición espacial absoluta de las estaciones de control si no que, dentro de sistemas de coordenadas locales, se pretende determinar el movimiento relativo entre ellas a través de mediciones realizadas en el tiempo. Posteriormente asignar estos movimientos a potenciales deformaciones de la corteza o movimientos de la estructura estudiada.



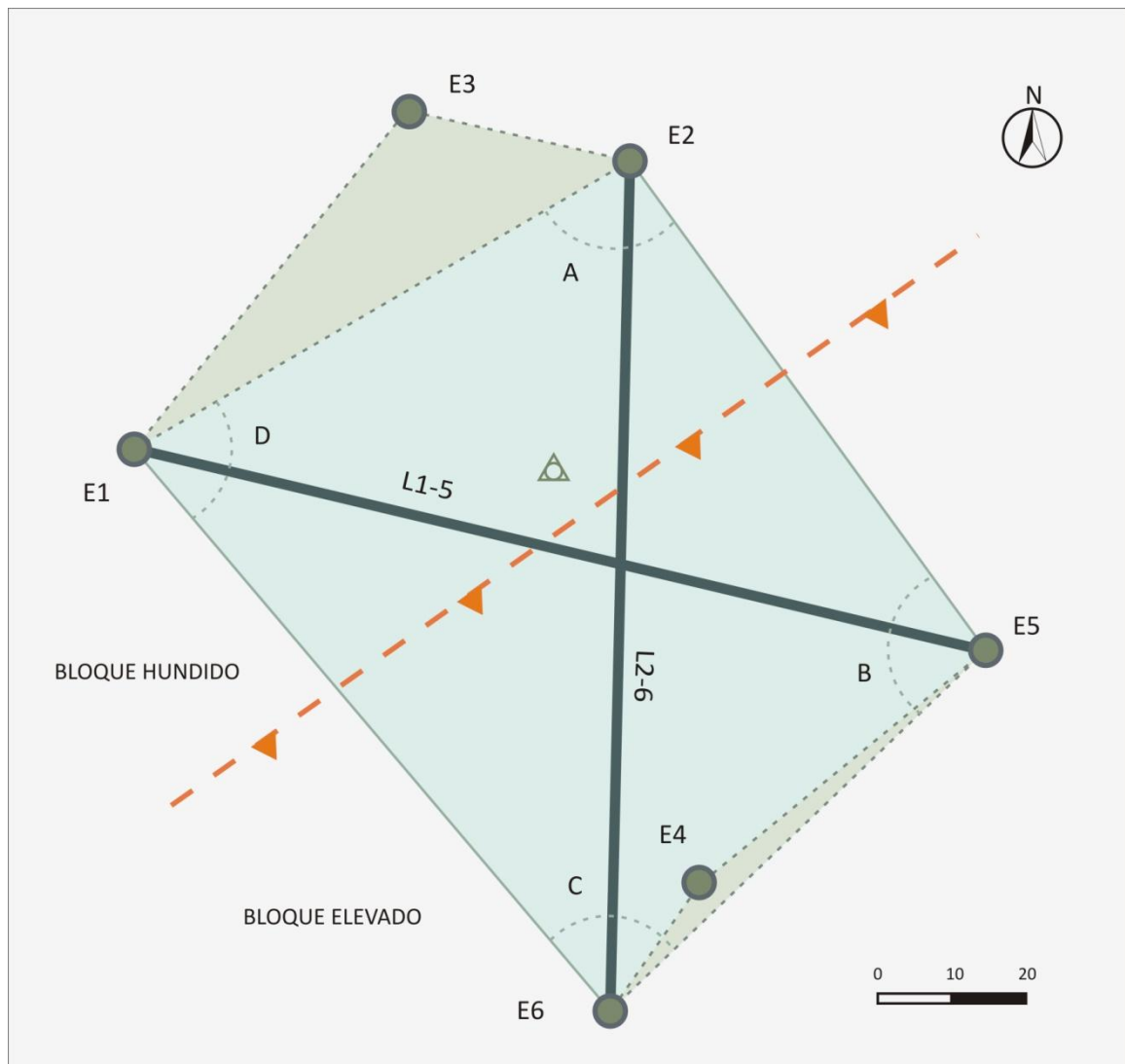
**Figura 5.2.** Diagrama método de levantamiento topográfico por radiación.

La radiación fue el método de levantamiento topográfico seleccionado para la determinación espacial de los puntos de control medidos. Esta técnica permite determinar coordenadas (X, Y, H) desde un punto fijo llamado polo de radiación. Para situar una serie de puntos E1, E2, E3,... se estaciona el instrumento en un punto O y desde el se realizan visuales a las direcciones OE1, OE2, OE3..., tomando nota de las lecturas acimutales y cenitales, así como de las distancias a los puntos y de la altura de aparato (Fig. 5.2).

Es oportuno destacar que luego de determinar la posición espacial de cada punto de control, a través de la radiación, para la implementación del método de detección de movimientos relativos entre ellos es necesario definir un polígono, sobre el que se realizan los cálculos de gabinete, que se irá

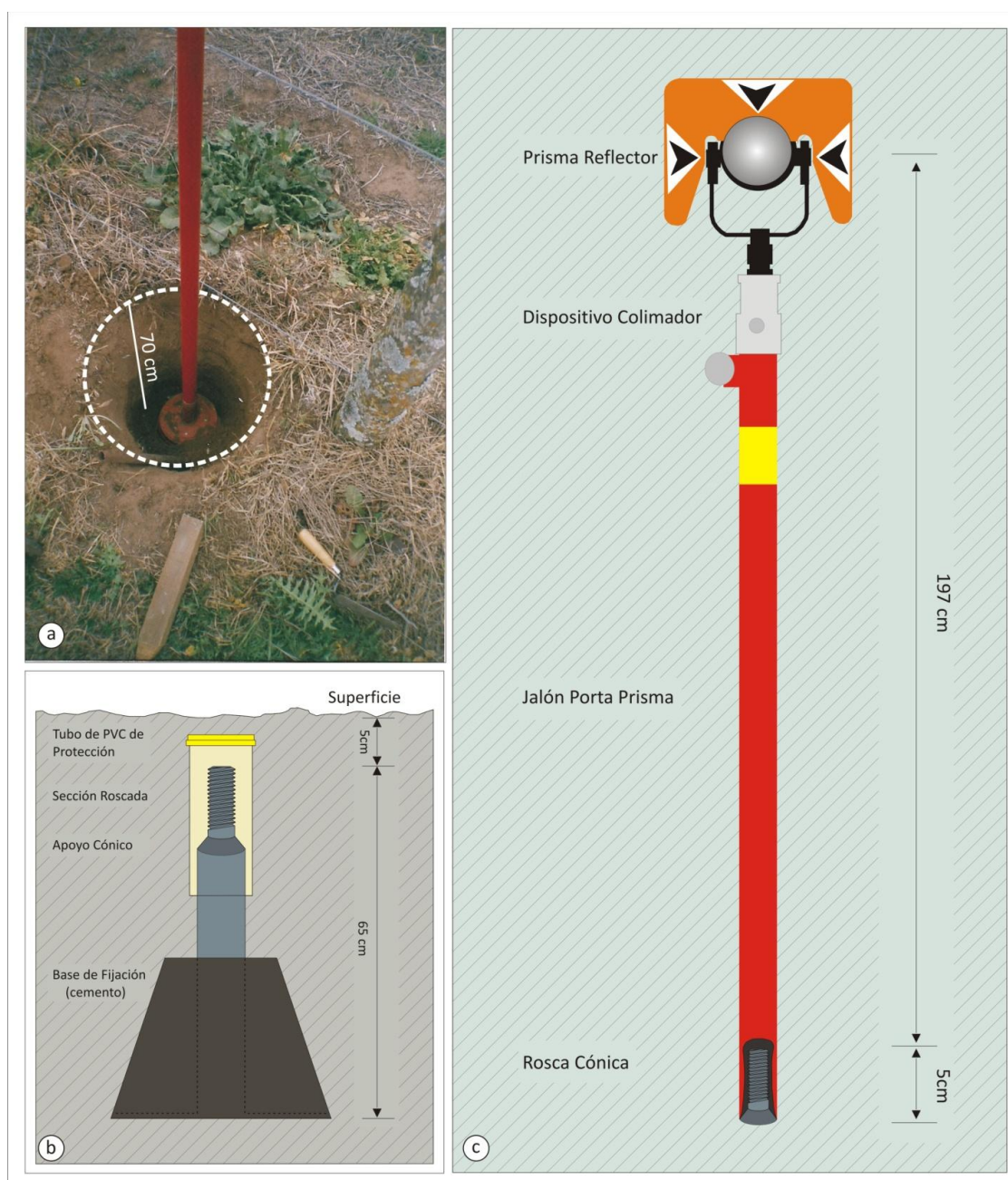
deformando ante cada etapa de medición. La deformación del polígono es consecuencia de las variaciones relativas de la posición espacial, dentro de la red local, de cada una de los puntos medidos que ocupen los vértices de dicha figura geométrica. En el presente trabajo se consideró importante controlar la variación longitudinal de las diagonales internas y variación angular de los ángulos interiores de dicho polígono (Fig 5.3).

Para lograr la materialización de la red geodésica, que permitiera realizar las medidas repetidas de precisión, se diseñaron y fabricaron elementos torneados y mecanizados, tanto para utilizar directamente como para poder adaptar los instrumentos de medición fabricados en serie. Principalmente fueron bases, que sirvieron de puntos de control fijos solidarios a los bloques de la falla Las Lagunas, y elementos de medición de precisión que garantizaran reducir al mínimo los errores que podrían resultar de no reproducir exactamente la ubicación de los instrumentos de medición en cada interacción.



**Figura 5.3.** Elementos geométricos mensurados del polígono generado por la red geodésica local instalada.

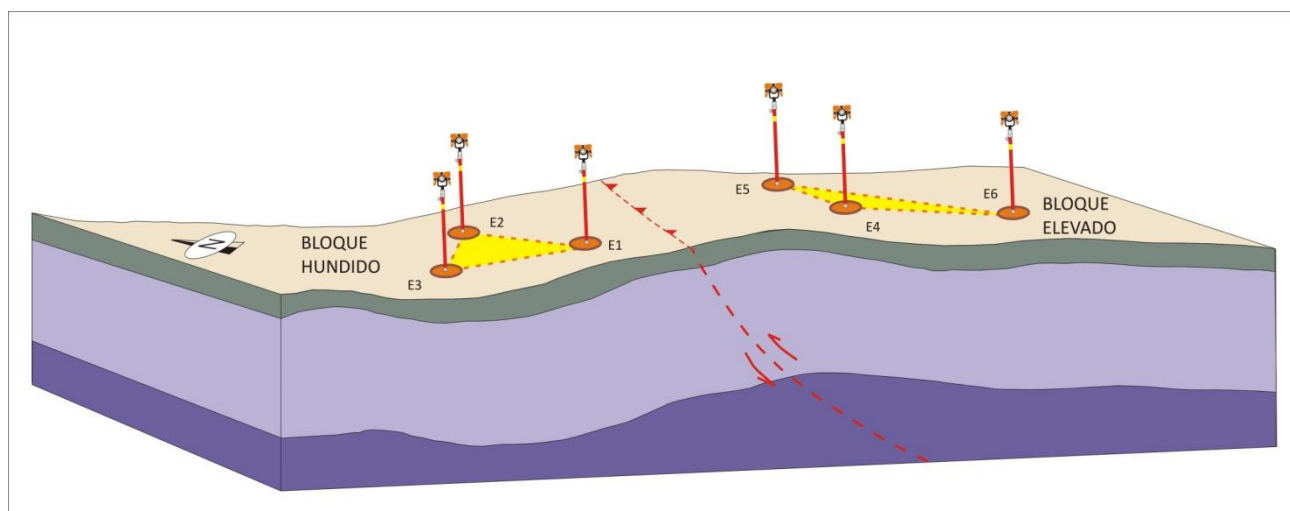
Las bases de los puntos de control de la red fueron construidas con una estructura metálica recubierta de hormigón que, en su parte superior, poseen una rosca con un tope de apoyo cónico (Fig. 5.4b) donde se coloca un jalón porta prisma reflector. El mismo cuenta, en su base, con una rosca que culmina en una superficie cónica para asegurar el perfecto ajuste con el punto de control y, en su parte superior, con un dispositivo móvil que permite girar libremente al prisma reflector para ser colimado por el sistema de puntería de la estación total electrónica utilizada (Fig.5.4c).



**Figura 5.4.** a) Instalación de punto de control a profundidad superior a los 70 cm perfectamente verticalizada, b) Esquema de base fija subterránea, c) esquema de jalón porta prisma reflector.

La estación electrónica total utilizada es de marca Sokkia modelo Set 610 con aumentos del lente de 26x, imagen directa, lectura angular mínima en pantalla de 1", distancia mínima focal de 1,0 m. Medición electrónica de distancias de 2,400 metros con 1 prisma estándar AP x 1 en condiciones atmosféricas favorables con una lectura mínima en pantalla de 1mm y precisión de  $\pm 2 \text{ mm} + 2\text{ppm}$ , corrección interna de la refracción y curvatura de la tierra, corrección atmosférica y constante de prisma con telescopio completamente rotatable.

La red geodésica está conformada por 6 puntos de control, denominados E1, E2, E3, E4, E5 y E6, fijos y solidarios a cada bloque de la estructura. Los mismos están ubicados en dos grupos de tres y, cada uno, forma un triángulo. Uno de ellos emplazado en el bloque hundido y mientras que el otro se ubicó en el bloque elevado (Fig. 5.5).



**Figura 5.5.** Block diagrama de la red geodésica local instalada en ambos bloques (bloque elevado y bloque hundido) de la falla Las Lagunas.

Para disminuir al mínimo el error en la determinación de la diferencia posición relativa entre puntos de control de una medición a otra, cada uno fue perfectamente verticalizado, con la ayuda de una plomada. Con este procedimiento se logra ubicar a todos los puntos en planos verticales paralelos y tener la seguridad que las variaciones de altura solo se resuelven como un rechazo vertical dentro de la red geodésica local definida. Vale recordar que como no se busca conocer la ubicación espacial absoluta no tiene importancia la desviación por inclinación con respecto al geoide. Para reducir la influencia potencial del proceso de reptación de suelos, las bases, fueron enterradas a una profundidad mayor a 70 cm (Fig. 5.4a) y se esperó un tiempo, considerado suficiente, antes de realizar la segunda medición para evitar que las mismas estuvieran influenciadas por desviaciones, desplazamientos y asentamiento.

La ubicación final de cada uno de los puntos de control, dentro del área definida, además de estar influenciada por la decisión de ubicar un grupo a cada lado de la traza superficial de la falla estuvo condicionada por otras dos importantes razones. La primera tiene que ver con el hecho que, al quedar cada una varios centímetros por debajo de la superficie y sin ninguna referencia visual en superficie, para evitar algún potencial hecho de vandalismo, se tuvieron que elegir sitios que aseguraran no sufrir alteraciones físicas del terreno que la rodea. Esta no alteración es fundamental para lograr una medición confiable y se consideró que los volúmenes ubicados por debajo de los alambrados presentes en el área conformaban los sitios más propicios para evitar una remoción o modificación espacial accidental de los puntos de control.

La otra razón importante que se tuvo en cuenta a la hora de definir la ubicación tiene relación con la obtención de la mayor precisión posible en cada medición, y luego de analizar las distancias mínimas útiles, los rangos de medición, fondo de escala de los instrumentos con que se cuenta y las condiciones atmosféricas medias de la zona, entre otros parámetros, se consideró que una distribución de las estaciones en un radio no mayor a 100 m era lo óptimo.

### **5.3 OBTENCIÓN DE DATOS**

Desde el año 2003 se realizaron mediciones de precisión con el objetivo de detectar variaciones en longitudes horizontales, verticales y angulares entre los puntos de control definidos. La técnica de medición aplicada fue la radiación y cualquiera de las variaciones mencionadas anteriormente se la supone asociada a movimientos de la falla Las Lagunas.

Cada etapa de obtención de datos (mediciones de precisión en el campo) consta de una serie de pasos que siempre se respetaron extremando los cuidados para lograr una estandarización de las medidas. Debido a que el fondo de escala de los instrumentos de medición está muy cerca de los rangos de movimiento de la estructura y a que la velocidad de la falla es muy baja (velocidades propias de fallas de intraplaca) es muy importante maximizar los cuidados de las condiciones de medición para poder alcanzar la mayor confiabilidad sobre los datos obtenidos.

El primer paso que se realiza durante un levantamiento de datos en el campo consta de una recorrida en la cual se hace un reconocimiento ocular de los alrededores de cada punto de control para definir que no se haya realizado ninguna tarea agrícola o de mantenimiento que pueda haber modificado la ubicación espacial del punto de medición. En el mismo recorrido se destapa cada punto de control y se limpia cuidadosamente la vaselina que se coloca para proteger a la rosca de la humedad y

se asegura que no quede ningún cuerpo pequeño que pueda alojarse en la unión entre el jalón porta prisma reflector y la parte roscada del punto de control. De esta manera se deja preparado para realizar todas las mediciones de la red en el mínimo tiempo posible, ya que esto posibilitará una mayor uniformidad en las condiciones meteorológicas y atmosféricas.

El segundo paso consta de la ubicación de la estación total electrónica en el sitio amojonado para tal motivo. Si bien no es necesario que el instrumento de medición ocupe siempre el mismo lugar físico en todas las tomas de datos, ya que lo que se busca definir es la distancia entre cada punto de control, se considera que realizarlo de este modo brinda siempre las mismas visuales y es un aporte más a la estandarización de las mediciones.

El tercer paso lo conforma la medición en sí misma. El ayudante del operador antes de realizar la primera medida anota las condiciones atmosféricas y meteorológicas presentes (temperatura, intensidad del viento) estas condiciones si variaran considerablemente durante el tiempo de trabajo serán observadas. El mirero coloca el jalón porta prisma reflector en cada punto de control imprimiéndole el torque necesario para lograr la perfecta unión entre él y la base de apoyo cónico de la parte roscada de la base fija del punto. El operador apunta siempre al centro del prisma reflector, colocado en un plano perfectamente perpendicular al eje de colimación del aparato de medición, evitando realizar una medida si el viento es lo suficientemente intenso como para hacer vibrar el jalón. El operador realiza dos o más medidas, según considere necesario, sobre cada punto de control.

El cuarto y último paso consiste en una recorrida final en donde se limpian, se le coloca nuevamente vaselina y se cierran los puntos de control tratando de ocasionar la menor disturbación posible a la zona donde están ubicados.

### **5.3.1 MEDICIONES**

Las mediciones se efectuaron para determinar: a) cambios en la longitud de las líneas entre puntos de control (L1-2, L1-3, L2-3, L4-5, L4-6 y L5-6) que forman los triángulos de control, b) cambios en la longitud de las diagonales L1-5 y L2-6 que corresponden al polígono elegido dentro de la red geodésica formado por las líneas L1-2, L2-5, L5-6 y L6-1 y c) variaciones en los valores de los ángulos denominados A, B, C y D (ver Fig. 5.3).

Todas las mediciones se realizaron bajo condiciones meteorológicas y en horarios similares para minimizar las desviaciones instrumentales.

En el período de tiempo comprendido entre los meses de Diciembre de 2003 y noviembre de 2010 se realizaron cinco mediciones que se detallan a continuación:

La primera medición se realizó el día 26 de Diciembre de 2003, los datos fueron tomados como base de comparación y punto de partida para determinar los movimientos relativos de los puntos de control durante las posteriores mediciones.

La segunda medición se efectuó el 15 de Abril del año 2004. Si bien se tenía una estimación que la velocidad de la falla, lograda por métodos paleosismológicos, es de 0,245 mm/año (Sagripanti 2006), se planificó esta medición para corroborar algún posible asentamiento de los puntos de control en los primeros meses. Los intervalos definidos para repetir la toma de datos fueron más espaciados en el tiempo con el objeto de lograr medir una acumulación de deformaciones significativas.

La tercera medición se realizó el 12 de Agosto del año 2004 debido a que hubo actividad sísmica local, ocurrieron dos sismos de  $M 3,0$  y  $M < 3,0$ . La magnitud de estos eventos es la característica para la zona de estudio. Si bien esta medida no estaba dentro de los tiempos estipulados para detectar un movimiento producido por la velocidad de la falla se efectuó para corroborar si la actividad sísmica registrada ocasionaba algún movimiento detectable.

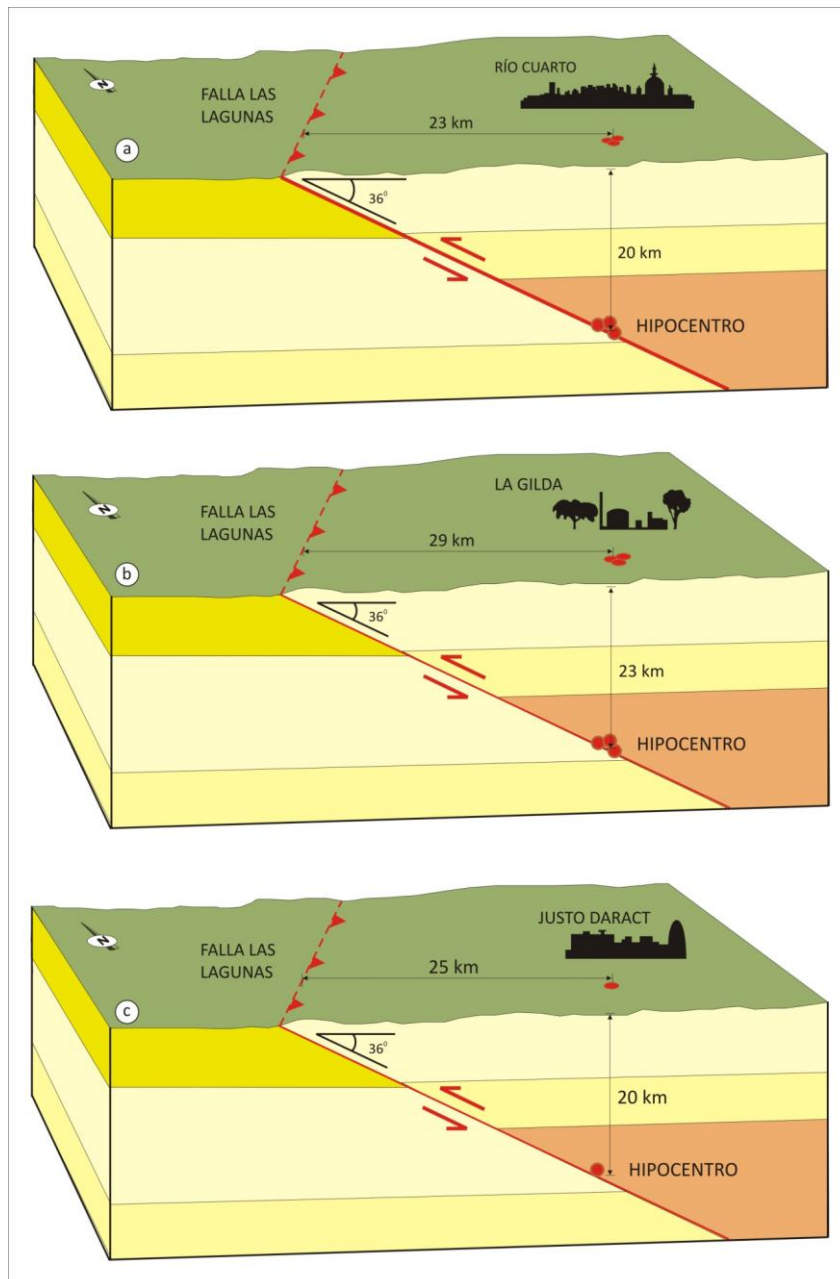
La cuarta medición se realizó el 10 de Marzo del año 2010. La actividad sísmica local de este período, comprendido entre Agosto de 2004 y Marzo de 2010, fue importante, ocurrieron un total de 10 sismos de magnitudes entre  $M 3,0$  y  $M 3,7$ . Nuevamente esta medición no estaba planificada para esta fecha pero la misma fue realizada debido a la ocurrencia del Mega Terremoto del 27 de febrero de 2010 en Concepción, Chile, que alcanzó una  $M 8,8$  y se quiso determinar y cuantificar como este evento influía en la cinemática de la estructura estudiada. La distancia de la zona de estudio al epicentro es de alrededor de 850 km, con un rumbo aproximado entre el epicentro y la falla Las Lagunas de  $060^{\circ}$ - $065^{\circ}$ N.

La quinta medición tuvo lugar el 2 de noviembre de 2010. Durante el intervalo de tiempo entre esta campaña y la anterior la actividad microsísmica fue también muy importante con la ocurrencia de más de 10 eventos de los cuales, a partir de la información hipocentral brindada de los mismos, 6 son directamente atribuibles a la actividad sismo generadora de la falla monitoreada. Esto se estima, ya que, si se plotean las coordenadas epicentrales y sus respectivas profundidades hipocentrales y se considera la actitud del plano de la falla Las Lagunas respetando los datos de rumbo y buzamiento medios de la misma ( $055^{\circ}$ N/ $36^{\circ}$ SE) se puede visualizar claramente que los mismos podrían estar vinculados a reactivaciones de esta estructura, como se presenta en la figura 5.5. Esta situación estaría en concordancia con la proposición de Seitz (2009) sobre la continuidad de la traza de la falla hacia el NE.



Por otra parte, analizando el sismo registrado por el INPRES, ocurrido en cercanías de la localidad de Justo Daract, su ubicación epicentral, su profundidad hipocentral, su concordante magnitud y relación temporal con los demás eventos referidos permitiría inferir la posible continuidad de la falla Las Lagunas hacia el SO.

Todos los datos obtenidos en las mediciones mencionadas están agrupados en la Tabla I y los parámetros de los sismos percibidos en la región durante el tiempo de las mediciones en la Tabla II.



**Figura 5.6.** Blocks diagrama presentando la posible vinculación entre la falla Las Lagunas y los eventos con epicentros en las localidades de: **a)** Río Cuarto, **b)** La Gilda y **c)** Justo Daract.

	LINEA			ESTACION			ANGULOS			OBSERVACIONES
	IDENT.	LONGITUD	DIFERENCIA CON MEDIC.ANTERIOR	IDENT.	COTA	DIFERENCIA CON MEDIC.ANTERIOR	IDENT.	DIMENSION	DIFERENCIA CON MEDIC.ANTERIOR	
26 DIC. 2003	L1-2	76,7939		E1	92,655		A	96° 12' 35"		PERIODO:
	L1-3	58,2172		E2	91,242		B	97° 29' 41"		HORA: 08:45 TEMPERAT.: 27°
	L2-3	30,3187		E3	90,336		C	86° 37' 07"		EST. TIEMPO: SOL
	L4-5	49,6730		E4	100,00		D	79° 40' 36"		VIENTO: MODER. - FUERTE, NS
	L4-6	20,7719		E5	99,426					ACTIV. SISMICA LOCAL: NO
	L5-6	69,8490		E6	100,264					
	L2-6	113,7941								
L1-5	117,6307									
15 ABRIL 2004	L1-2	76,7948	0,0009	E1	92,657	0,002	A	96° 12' 34"	-0' 01"	PERIODO: 111 DIAS. 3,7 MESES
	L1-3	58,2179	0,0007	E2	91,242	0,000	B	97° 29' 42"	0' 02"	HORA: 10:00 TEMPERAT.: 15°
	L2-3	30,3189	-0,0002	E3	90,336	0,000	C	86° 37' 10"	0' 03"	EST. TIEMPO: NUBLADO
	L4-5	49,6730	0,0000	E4	100,00	0,000	D	79° 40' 34"	-0' 02"	VIENTO: MODERADO, NE-SO
	L4-6	20,7710	-0,0009	E5	99,427	0,001				ACTIV. SISMICA LOCAL: NO
	L5-6	69,8481	-0,0009	E6	100,264	0,002				
	L2-6	113,7943	0,0002							
L1-5	117,6313	0,0006								
12 AGOSTO 2004	L1-2	76,7947	-0,0001	E1	92,655	-0,002	A	96° 12' 07"	-0' 27"	PERIODO: 119 DIAS. 3,9 MESES
	L1-3	58,2164	-0,0015	E2	91,240	-0,002	B	97° 29' 49"	0' 07"	HORA: 10:55 TEMPERAT.: 17°
	L2-3	30,3188	0,0001	E3	90,333	-0,003	C	86° 37' 07"	-0' 03"	EST. TIEMPO: SOL
	L4-5	49,6743	0,0013	E4	100,00	0,000	D	79° 40' 57"	0' 23"	VIENTO: LEVE, NE-SO
	L4-6	20,7700	-0,0019	E5	99,427	0,000				ACTIV. SISMICA LOCAL: SI
	L5-6	69,8484	-0,003	E6	100,262	-0,002				
	L2-6	113,7948	0,0005							
L1-5	117,6234	-0,0079								
13 MARZO 2010	L1-2	76,7939	-0,0008	E1	92,657	0,002	A	96° 13' 39"	1' 32"	PERIODO: 2.039 DIAS. 68 MESES
	L1-3	58,2166	0,0002	E2	91,242	0,002	B	97° 29' 00"	-0' 49"	HORA: 10:55 TEMPERAT.: 27°
	L2-3	30,3189	0,0001	E3	90,330	-0,003	C	86° 37' 50"	0' 43"	EST. TIEMPO: SOL
	L4-5	49,6730	-0,0013	E4	100,00	0,000	D	79° 39' 31"	-1' 26"	VIENTO: MODERADO, NO-SE
	L4-6	20,7676	-0,0024	E5	99,423	-0,004				ACTIV. SISMICA LOCAL: SI
	L5-6	69,8449	-0,0035	E6	100,262	0,000				
	L2-6	113,7578	-0,0370							
L1-5	117,6241	0,0007								
02 NOVIEMBRE 2010	L1-2	76,7696	-0,0243	E1	92,660	0,003	A	96° 13' 49"	0' 10"	PERIODO: 233 DIAS. 7,8 MESES
	L1-3	58,1908	-0,0258	E2	91,246	0,004	B	97° 29' 03"	0' 03"	HORA: 09:55 TEMPERAT.: 31°
	L2-3	30,3182	-0,0007	E3	90,333	0,003	C	86° 36' 50"	-1' 00"	EST. TIEMPO: SOL
	L4-5	49,6792	0,0062	E4	100,00	0,000	D	79° 40' 19"	1' 00"	VIENTO: MODERADO, NO-SE
	L4-6	20,7674	-0,0002	E5	99,425	0,002				ACTIV. SISMICA LOCAL: SI
	L5-6	69,8502	0,0053	E6	100,260	-0,002				
	L2-6	113,7571	-0,0007							
L1-5	117,8237	0,1996								

Tabla I. Datos relevados en las cinco mediciones realizadas en la red geodésica.

Nº	LUGAR	FECHA	HORA GMT	LATIT. SUR	LONG. OESTE	PROF. Km	MAGN. RICHTER	INTEN. MM	FUENTE
1	SAMPACHO	05-06-2004	06:54:11	-33.29	-64.89	33	3	II-III	INPRES
2	SAMPACHO	18-06-2004	21:47:50	-33.41	-64.44	?	<3	II	PARAMETROS MACROSISMIC
3	C. VIENTOS	27-02-2005	15:20:00	-33.11?	-64.60?	?	<3	II	PARAMETROS MACROSISMIC
4	C. VIENTOS	17-02-2006	01:20:00	-33.11?	-64.60?	?	<3	II-III	PARAMETROS MACROSISMIC
5	C. VIENTOS	15-08-2007	16:35:05	-33.15	-64.54	30	3,2	II-III	INPRES
6	SAMPACHO	12-03-2008	22:20:00	-33.41?	-64.44?	?	<3	II-III	D.PUNTAL
7	ACHIRAS	27-04-2008	17:31:22	-33.09	-64.92	41	3	II-III	INPRES
8	ACHIRAS	20-08-2008	06:25:37	-33.15	-65.00	10	3	II-III	INPRES
9	ACHIRAS	06-03-2009	12:48:00	-33.10?	-64.90?	?	3,5	II-III	INPRES
10	BARRANQUITA	23-10-2009	17:07:05	-33.16	-64.85	33	3,7	II-III	INPRES
11	CAROLINA	17-11-2009	08:50:09	-33.19	-64.75	10	3,2	II-III	INPRES
12	SUCO	04-12-2009	10:14:00	-33.42	-65.00	10	3,5	II-III	INPRES
13	RÍO CUARTO	20-06-2010	22/18/23	-33.06	-64.20	20?	<3	II-III	D.PUNTAL
14	V. MERCEDES	03-07-2010	00:16:12	-33.54	-68.50	20	3,5	II-III	INPRES
15	LA GILDA	07-07-2010	08:07:17	-33.13	-64.18	23	3,1	II-III	INPRES

Tabla II: Catálogo de parámetros macrosísmicos y registros instrumentales de sismos locales ocurridos en el período Diciembre 2003 – Noviembre 2010.

### 5.3.2 RESULTADOS

Para realizar el análisis de los datos obtenidos, a través de las mediciones de campo, se definió por convención establecer al punto de control E4 como base de la red geodésica local asignándole un valor de cota arbitrario de 100 m. Esto permitirá mantener un punto fijo en altura referido al cual se realizarán las determinaciones de variaciones relativas de los demás puntos de control con respecto a el, como así también, entre ellos.

Otro factor a tener en cuenta es que los datos obtenidos serán comparados con el dato equivalente de la medición próxima anterior, con el propósito de mensurar variaciones relativas entre valores angulares y longitudes lineales preestablecidas.

Los elementos geométricos que fueron tomados en consideración, para detectar los posibles movimientos de la estructura, fueron el valor de longitud de las líneas que unen imaginariamente a los puntos de control E1 y E5 (línea L1-5) y al E2 con el E6 (línea L2-6) y los valores de los ángulos A, B, C y D. En la Figura 5.3 están claramente representadas.

Para cuantificar cada uno de los elementos antes mencionados se utilizó el *soft* de dibujo AutoCad Map.

#### **Primera Medición**

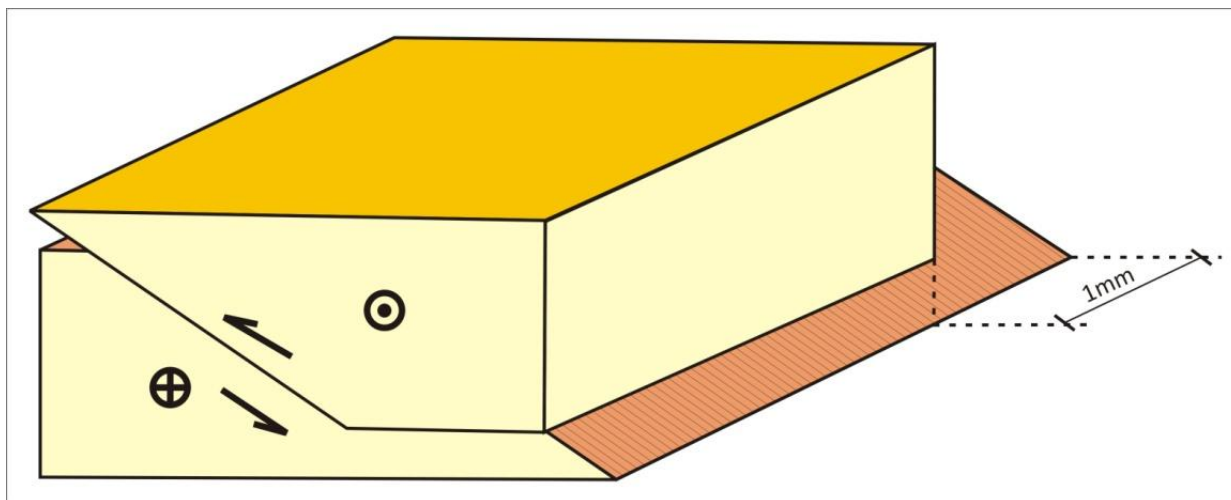
Durante la realización de la primera medición se obtuvieron los datos que posteriormente fueron definidos como base o posición de referencia para contrastar durante con la medición posterior.

#### **Segunda Medición**

La obtención de los datos de esta etapa comparados con los relevados durante la primera medición permite definir que los valores angulares de A; B; C; y D muestran una variación del orden de  $0^{\circ}00'01''$  (un segundo de grado angular) y las líneas diagonales de referencia L1-5 y L2-6, una diferencia de longitud de aproximadamente 0,1 mm.

Es importante recordar que esta segunda medición fue realizada pocos meses después de haber sido instalados los puntos de control, por lo que los datos obtenidos están dentro de los rangos esperados para una velocidad de la falla 0,245 mm/año y también brindan confianza sobre los trabajos de instalación de la red. Lo anterior brinda confianza en el aspecto que se minimiza los errores producidos por asentamientos diferenciales de las bases.

Las variaciones longitudinales y angulares revelan una potencial componente de rumbo dextral para la estructura. Para representar gráficamente la tendencia del movimiento interpretado a partir del análisis de los datos obtenidos en cada medición se elaboró un block diagrama (Fig 5.7).



**Figura 5.7.** Block diagrama que muestra una vista en perspectiva del movimiento de rumbo interpretado para la segunda medición.

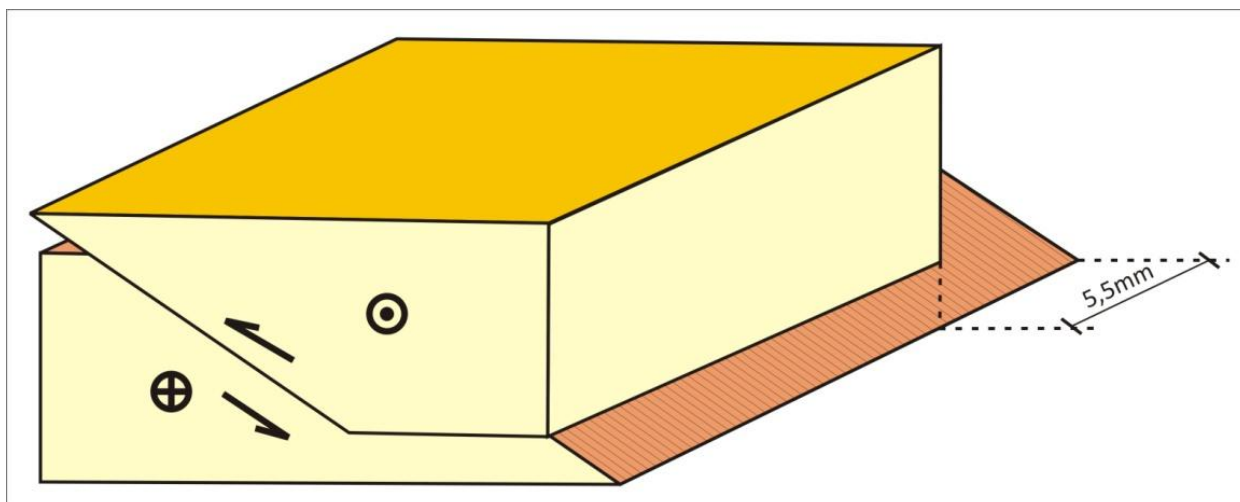
### Tercera Medición

El resultado del tratamiento de los datos mostró variaciones mayores que en el monitoreo anterior. Los valores angulares de A y C evidencian una disminución de  $0^{\circ}00'27''$  y  $0^{\circ}00'03''$  respectivamente, mientras que los ángulos B y D presentan un aumento de valor de  $0^{\circ}00'07''$  y  $0^{\circ}00'23''$ .

Por su parte la línea diagonal L1-5 muestra un acortamiento de 7,3 mm, a la vez que la L2-6 se alarga en 0,7 mm.

Los puntos de control E1 y E2, ubicados en el bloque hundido de la estructura sufrieron un movimiento relativo de descenso de 2 mm cada uno.

En un análisis integral de la información obtenida se confirma claramente una tendencia hacia una cinemática dextral de la falla Las Lagunas (Fig. 5.8)



**Figura 5.8.** Block diagrama que muestra una vista en perspectiva del movimiento de rumbo interpretado para la tercera medición.

#### **Cuarta Medición**

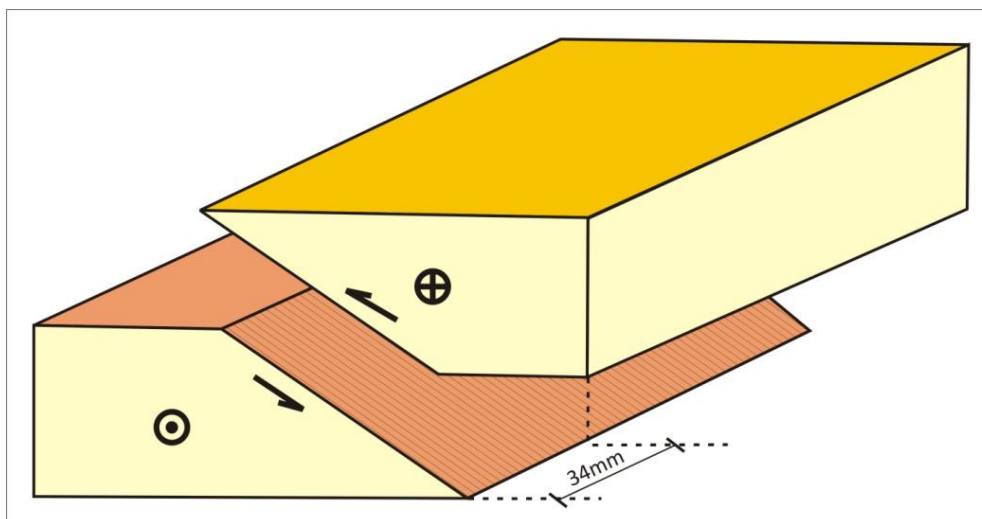
En esta etapa de medición se observaron los máximos valores de variación relativa en todo el monitoreo. Los mismos son considerados realmente altos tanto para la estructura medida como para el contexto geotectónico donde se encuentra el área de estudio (región de intraplaca).

Los ángulos A y C presentan aumentos en sus valores de  $0^{\circ}01'32''$  y  $0^{\circ}00'43''$  respectivamente y sus pares B y D, por su parte, se redujeron  $0^{\circ}00'49''$  y  $0^{\circ}01'26''$  en ese orden.

En lo que respecta a las variaciones de longitud de las diagonales internas, la línea L1-5 se alargó 0,7 mm y la L2-6 tuvo un importante acortamiento de 37 mm.

A pesar del significativo aumento en las variaciones de los demás elementos considerados, las diferencias de cota no fueron importantes presentando una elevación de 2 mm en los puntos de control del bloque hundido (E1, E2 y E3) y en el bloque elevado el punto de control E5 presentó un descenso de 4 mm en su valor de cota.

Del análisis general de los datos se interpreta que, al no evidenciar importantes variaciones en los valores de cota, todo el esfuerzo parece ser resuelto en un claro desplazamiento de rumbo sinistral (Fig. 5.9)



**Figura 5.9.** Block diagrama que muestra una vista en perspectiva del movimiento de rumbo interpretado para la cuarta medición.

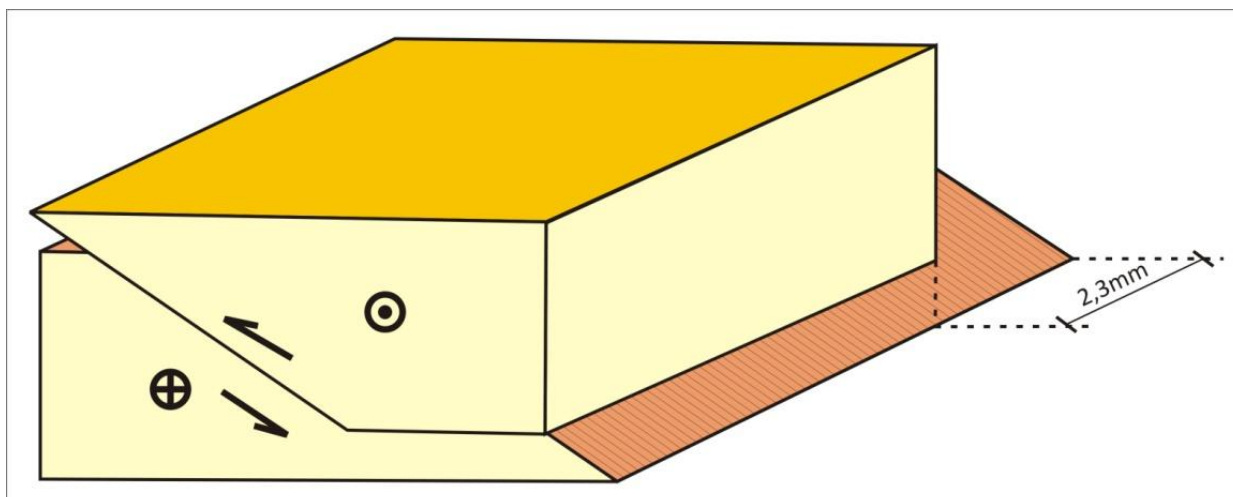
### Quinta Medición

La quinta etapa de medición arrojó valores angulares de A, B y D que evidencian un aumento de  $0^{\circ}00'10''$  y  $0^{\circ}00'03''$  respectivamente, mientras que C presenta una disminución de su valor angular de  $0^{\circ}01'00''$ .

Por su parte la diagonal L1-5 muestra un acortamiento de 18,9 mm, a la vez que la L2-6 también se acorta en 0,7 mm.

Si bien se analiza la información se puede observar que, desde el punto de vista de las variaciones de los valores de los ángulos internos del polígono, no se puede determinar con claridad una tendencia en la componente del movimiento. Cuando el análisis se basa en las diagonales se observa una tendencia de movimiento con componente de rumbo dextral, aunque ambas tengan una variación de acortamiento en sus longitudes. Esta tendencia se ajusta con el movimiento de rumbo esperado para la falla (Fig. 5.10).

El hecho de que los valores angulares no muestren una tendencia clara y que ambas diagonales se acorten a la vez se lo podría vincular a que, una vez superado el movimiento opuesto inducido por el Megaevento de Chile de febrero de 2010, la estructura se encuentra en una etapa de reacomodamiento tendiente a encontrar un nuevo punto de equilibrio dinámico con su cinemática característica inversa dextral.



**Figura 5.10.** Block diagrama que muestra una vista en perspectiva del movimiento de rumbo interpretado para la quinta medición.

#### 5.4 INTERPRETACIÓN

Si bien la tasa de desplazamiento estimada para la estructura estudiada se considera de moderada a alta, teniendo en cuenta que ocupa una posición geotectónica de intraplaca, intentar medir movimientos de velocidades de 0,245 mm/año (Sagripanti, 2006) es una tarea realmente difícil de conseguir.

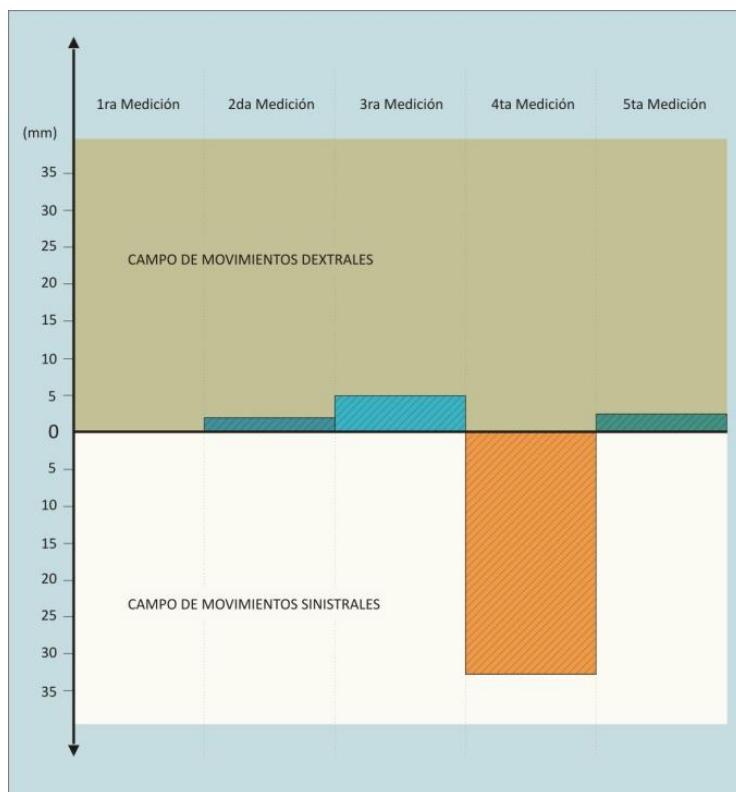
Sin embargo, tomando la mayor cantidad de precauciones posibles a la hora de medir y escogiendo los métodos de tratamiento y replanteo de datos más conveniente se logró adquirir una serie adecuada de datos que permitieron un importante avance en el conocimiento de los movimientos recientes de la falla Las Lagunas.

Utilizando el método de la radiación y observando las diferencias en los valores definidos, más la variación en las longitudes de las diagonales internas del polígono se puede observar que existe una clara tendencia hacia un movimiento con componente de rumbo dextral en la actividad normal de la falla Las Lagunas.

Este tipo de movimiento inverso con componente de rumbo dextral era el presupuesto para el marco tectónico regional compresivo donde está emplazada la estructura.

Cuando se analizaron los datos adquiridos durante la cuarta etapa de medición se observó que hubo una clara inversión en el sentido de movimiento de la componente de rumbo. Tanto las variaciones angulares como las diferencias de longitudes de las diagonales internas obedecen, sin lugar a dudas, a un movimiento importante desde lo cuantitativo, ya que muestra, por ejemplo, un acortamiento en la línea L2-6 de 37 mm, como desde lo cualitativo, por el hecho de corresponder a un

movimiento sinestral. En la Figura 5.11 se muestra gráficamente la naturaleza totalmente contraria, al comportamiento medio de la estructura, de los datos de la cuarta medición.



**Figura 5.11.** Gráfico que muestra cualitativa y cuantitativamente el desplazamiento de rumbo determinado en cada medición.

Luego de descartar que la génesis de los datos anómalos mencionados fueran producto de procesos de erosión-sedimentación y/o antrópicos, ya que la distancia original de los puntos de cada uno de los triángulos de control se mantiene constante y la verticalidad de las mismas se mantiene inalterada, y definido que la microsismicidad regional manifestada durante el tiempo transcurrido entre la tercera y cuarta etapa de medición, probablemente no posee la energía suficiente para generar esas tasas de movimiento, se supone que el desplazamiento de rumbo debe haber sido generado por un evento sísmico de muy alta energía.

Es importante destacar que además del hecho que la magnitud alcanzada por el evento sísmico mencionado (aproximadamente 9,0 M) el paralelismo que existe entre el rumbo medio de la estructura (055°N) y la línea definida entre el punto medio de la red geodésica y la zona epicentral (060°N), como así también, la coincidencia entre las tasas de distensión cortical estimadas para la longitud de la zona de estudio dentro de la placa (de 40 a 50 mm) y los valores de movimiento medidos en el polígono (34 mm). Estas son evidencias que apoyan la geometría y magnitud de los desplazamientos calculados.



Se propone también que es posible que la cuantificación de la componente de rumbo sinestral de aproximadamente 37 mm esté calculada en defecto, ya que existe un gap temporal importante entre la tercera y cuarta medición (5 años y medio) y si se supone que la actividad normal de la falla es inversa con componente de rumbo dextral si se tuviera una medición más cercana a mayo de 2010 el movimiento sinestral relativo podría haber sido mucho mayor.

Los datos obtenidos en la quinta medición (Tabla I) se consideran una importante referencia que ayuda a definir a los valores obtenidos en la cuarta medición como anómalos, como así también que, superado el movimiento generado por el Megaevento la estructura tiende a recuperar su actividad normal con cinemática inversa dextral.

## CAPÍTULO 6

# CONCLUSIONES



## 6.1 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

### 6.1.1 CONCLUSIONES

La generación, tanto de la escarpa principal como de las pequeñas escarpas asociadas, que forman la expresión en superficie de la falla Las Lagunas, son producto de la deformación mecánica cosísmica producida solo por la ocurrencia de fuertes terremotos capaces de crear rupturas en superficie.

El análisis morfométrico permitió interpretar que existe importante evidencia de deformación mecánica que corresponde a, al menos 4 fuertes terremotos, con ruptura en superficie, asociados a la falla Las Lagunas, por lo tanto se concluye que esta posee una escarpa multieventos.

Las edades estimadas para las escarpas, permiten concluir que la estructura presenta actividad desde hace, al menos 10 ka hasta la actualidad, corroborando la actividad cuaternaria de la falla.

Se concluye que, para una escarpa de edad estimada superior a 10 ka, bajo condiciones tectónicas y climáticas como las descritas para la zona de estudio y afectando a materiales loessicos, es posible que la misma esté sobreestimada y posea edades comprendidas entre los 5 ka y 1 ka.

El mantenimiento de la expresión en superficie tanto de la escarpa principal de la falla Las Lagunas, como de las pequeñas escarpas asociadas, a pesar de la intervención antrópica (laboreo agrícola), la erosión hídrica y eólica corresponde posiblemente al *input* energético generado por la actividad tectónica cuaternaria (desplazamientos, microsismicidad) que determina el constante rejuvenecimiento de las mismas. Por lo tanto se concluye que la falla ejerce un control activo sobre las escarpas.

Analizando la pequeña escarpa, atribuida al Gran Terremoto de Sampacho de 1934, en sectores donde se le sobreimpone actividad de laboreo agrícola o donde no se practica esta actividad, se detectó una rápida disminución del ángulo de la pendiente de su cara libre de la pequeña escarpa, el cual se determinó que es de un 40%.

Si se tienen en cuenta las consideraciones mencionadas para la corrección de las edades sobreestimadas de las escarpas de la falla Las Lagunas, las mismas, quedan comprendidas en un intervalo de tiempo, para los 4 terremotos fuertes interpretados, que va desde los 5 ka al presente. Esto permite determinar un período de recurrencia de aproximadamente 1,25 ka. Este valor se ajusta a los obtenidos a través de otros métodos de investigación, paleosimológica, realizado por Sagripanti (2006).

Las morfoestructuras deformacionales de transtensión y transpresión, generadas por mecanismos de deformación con componente de rumbo relevadas, se consideran que son las primeras interpretadas en este sector de la intraplaca argentina a los 33° S de latitud sobre materiales cuaternarios. Estas estructuras han permitido definir que la componente de rumbo tiene carácter dextral. Esta afirmación fue corroborada con mediciones geodésicas de las que resulta que la falla Las Lagunas posee una cinemática inversa con un movimiento con componente de rumbo dextral, medido por primera vez, de 0,4 mm/año.

Los elementos morfoestructurales relevados en la sección Chañaritos permiten suponer la migración del plano de falla original de la falla Las Lagunas, a través de fallamiento inverso, hacia el NO.

La edad determinada para el inicio de migración del plano de falla, teniendo en cuenta la edad estimada para la escarpa principal, sería igual o inferior a los 10 ka (Holoceno).

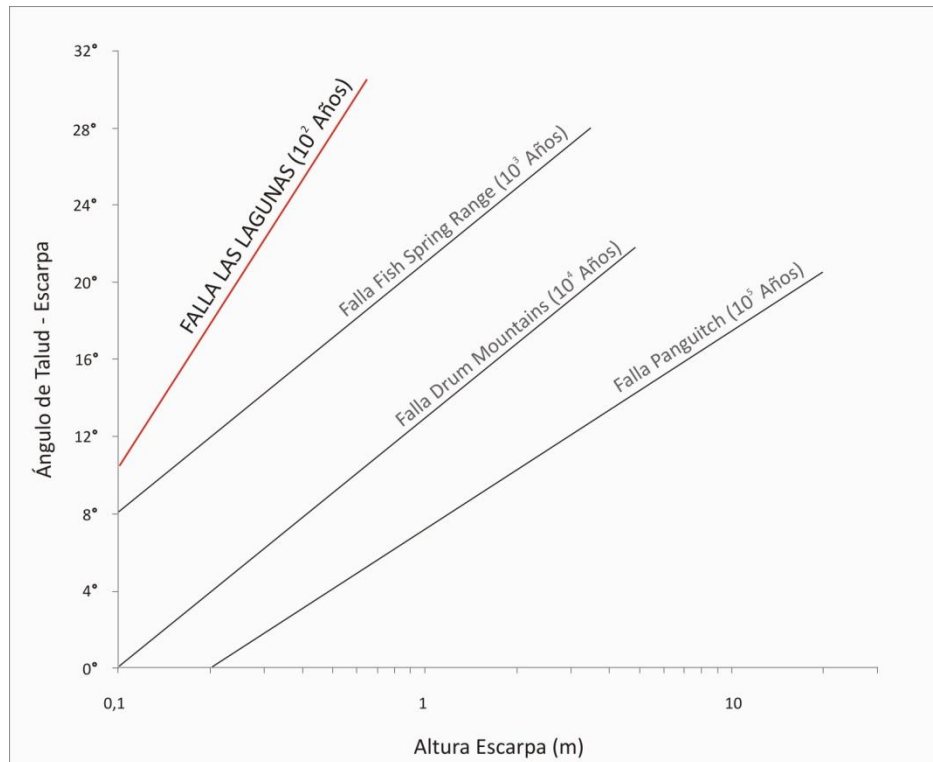
Las evidencias morfoestructurales (pequeña escarpa) asociados al Gran Terremoto de Sampacho del año 1934 relevadas en sectores de la falla no intervenidos antrópicamente permiten confirmar que el mismo generó ruptura en superficie.

Se ha interpretado que el Mega Terremoto ocurrido en la localidad de Concepción, Chile, en febrero de 2010, con epicentro en el borde activo donde la placa de Nazca subduce a la placa Sudamericana invirtió el sentido de movimiento de rumbo de la Falla Las Lagunas. Este evento modificó temporalmente el movimiento con componente de rumbo dextral característico de la estructura a un movimiento, repentino, con componente de rumbo sinistral.

Se ha verificado que la ocurrencia de un Mega Terremoto en ambientes tectónicos de borde activo de placa puede potencialmente generar importantes modificaciones en la cinemática de estructuras con actividad cuaternaria localizadas en sectores de intraplaca. Según lo calculado, un Mega evento situado a más de 800 km, es capaz de modificar el movimiento de rumbo (0,4 mm/año) de una falla de intraplaca superando, en exceso, al mismo casi 100 veces (35 mm) durante el episodio. Se considera que la perturbación generada por este evento tendrá distintos grados de intensidad dependiendo del paralelismo entre la dirección del vector de deformación y el rumbo de la estructura vinculada, como así también, la distancia epicentral a la misma.

### 6.1.2 CONSIDERACIONES FINALES

La curva tipo propuesta para fuertes terremotos (que generen ruptura en superficie), de edades estimadas menores o iguales a 100 años, se la considera útil para futuros estudios donde se procure definir edades de ruptura para escarpas ubicadas en la región de intraplaca, bajo similares condiciones (geotectónicas, litológicas, climatológicas) a las del presente trabajo (Fig. 6.1).



**Figura 6.1.** Curva tipo propuesta para estimar edades de escarpas, ( $\pm 10^2$  años) en sedimentos no consolidados.

El avance en el conocimiento de la cinemática de la falla Las Lagunas más la corroboración de la ocurrencia de fuertes paleoterremotos ( $M \geq 6,0$ ) que han generado rupturas cosísmicas en sedimentos cuaternarios presentes en la zona de estudio permitirá realizar, en el futuro, un mejor abordaje en los estudios sobre el Riesgo Sísmico de la región.

Cuando se utiliza el método de Bucknam y Anderson (1979) para estimar las edades de escarpas y pequeñas escarpas generadas por fuertes terremotos ( $M > 5,5$ ) que generan rupturas en superficie, en ambientes de intraplaca, en climas templados húmedos a subhúmedos y que sufren ciclos anuales de laboreo agrícola, es posible que se sobreestime la edad de las mismas.

De lo estudiado se considera que existe una importante necesidad de comprender mejor la relación entre fuertes terremotos y sus rupturas superficiales, generados en sedimentos no

consolidados en zonas de intraplaca, como así también la mecánica de la deformación de los materiales cuaternarios.

Se considera como muy importante a la potencialidad del método de análisis morfológico superficial de detalle como complemento de las investigaciones paleosismológicas.

Se considera necesario contar con valores de coordenadas absolutos relevados con algún método de base espacial (GPS) de al menos dos estaciones (bloque hundido, bloque elevado) con el objetivo de poder realizar un análisis de los movimientos, con valores absolutos, como así también, poder vincular o controlar estos con otra red geodésica de escala regional.

## BIBLIOGRAFÍA



**BIBLIOGRAFIA CITADA**

- AGUILERA, D., JIMÉNEZ, M., SAGRIPANTI, G., DAGA, R., GROSSO, V. y D. VILLALBA, 2002. Métodos gravimétricos aplicados en el estudio de la falla Las Lagunas, Sampacho, Córdoba. Argentina. IV Congreso de Geofísica de la Soc. Cubana de Geología. La Habana, Cuba. Actas: CD.
- AMBROSEYS, N., 1980. Estudio de los terremotos en el terreno. Terremotos, Evaluación y Mitigación de su Peligrosidad. Public. UNESCO. Ed. Blume. 360 p.
- BARRIONUEVO IMPOSTI, V., 1986. Historia de Río Cuarto, Tomo III.
- BISCHOFF, E., 1970. Historia de la Provincia de Córdoba. Tomo I.
- BOLT, B A., 1995. Earthquakes. W.H-Freeman and Co. 331 p. New York.
- BUCKNAM, R. y R. ANDERSON, 1979. Estimation of fault-scarp ages from a scarp-height-slope-angle relationship. *Geology*, v7, p. 11-14.
- CANTÚ, M. y S. DEGIOVANNI, 1982. Rasgos tectónicos de la región centro sur de la provincia de Córdoba en base a evidencia geomorfológica. II Jornadas Científicas de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Inédito.
- CANTÚ, M. y S. DEGIOVANNI, 1984. Geomorfolología de la región centro sur de la provincia de Córdoba. IX Congreso Geol. Argentino. S. C. de Bariloche. Actas, IV: 76-92 p.
- CANTÚ, M., 1992. EL Holoceno en la provincia de Córdoba. Holoceno de la República Argentina. Tomo I. Cadinqua. M. Iriondo Ed., 1-16 p. Paraná. Argentina.
- CANTU, M., SCHIAVO H., BECKER A., ZHOU L. y GRUMELLI, M. 2006. Pleistoceno superior tardío-Holoceno de la cuenca media del arroyo Santa Catalina, prov. de Córdoba, Argentina. 3º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas 2: 777-786 p.
- CASTANO, J. C., 1977. Zonificación sísmica de la República Argentina. Instituto Nacional de Prevención Sísmica. Publicación Técnica N° 5, 42 p.
- CAVIGLIA, L., 2002. Hidrología Ambiental: relación entre geología, calidad del agua superficial-subterránea y grado de antropización de la cuenca del arroyo Achiras – del Gato, prov. de Cba. Tesis de Licen. Depto de Geología, UNRC. 98 p. Inédito.



- CHEBLI, G., M. MOZETIC, E. ROSSELLO y M. BÜHLER, 1999. Cuencas sedimentarias de la llanura chacopampeana. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Anales 29 (20): 627-644 p. Bs. As.
- CONIGLO J. y A. ESPARZA, 1988. Geología del sector sur del batolito del cerro Áspero–Alpa Corral, Córdoba, Argentina: V Congreso Geológico Chileno, T II, E1-E15.
- COSTA, C. y C. VITA FINZI, 1996. Late Holocene faulting in the Southeast Sierras Pampeanas of Argentina. *Geology*, v 24, n12, 1127-1130 p.
- COSTA, C. 1999. Rasgos estructurales del territorio argentino, tectónica cuaternaria en las Sierras Pampeanas. Geología Argentina. 779-784p.
- COSTA, C, 2004. ¿Microtectónica en el Cuaternario?: Métodos y aplicaciones de la paleosismología. Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicaciones Especiales N°7: 9-19. 11 p.
- DAGA, R. y V. GROSSO, 2004. Evaluación del riesgo sísmico a escalas urbana y regional. Casos de estudio: localidad de Sampacho y entorno. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geología, UNRC. Inédito. 155 p.
- DEGIOVANNI, S. y M. CANTÚ, 1993. Carta de Restricciones de uso agrícola y ganadero del área mal drenada comprendida entre Gral. Levalle y Laboulaye, Córdoba, Argentina. Revista ASAGAI, publicación especial N° 1: p. 7-25. SIN 0326-1921.
- DEGIOVANNI, S. y M. CANTÚ, 1997. Neotectonic activity in the La Cruz Gigena depresión, Córdoba, Argentina. Fourth International Conference on Geomorphology. Suplemento III. Tomo 1: p. 142-143.
- DEGIOVANNI, S., VILLEGAS, M., BLARASIN, M. y G. SAGRIPANTI, 2005. Hoja Geológica Río Cuarto, 3363-III. Programa nacional de cartas geológicas de la República Argentina. SEGEMAR. Boletín N° 349. 95 p.
- DEGIOVANNI, S., 2005. Geomorfología Regional, Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba, una perspectiva geoambiental, UNRC, I.S.B.N 950-665-350-X, 19-20 p.
- DEGIOVANNI, S. y BLARASIN, M., 2005. Hidrología superficial y morfodinámica de sistemas fluviales, Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba, una perspectiva geoambiental, UNRC, I.S.B.N 950-665-350-X, 31-39 p.

- FAGIANO, M., L. PINOTTI, A. M. ESPARZA y R. MARTINO, 2002. La faja de cizalla Guacha Corral, Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina. XV Congreso Geológico Argentino. Actas I, 259-264 p.
- FERNÁNDEZ GARRASINO, C. y A. VRBA, 2000. La formación Paraná: aspectos estratigráficos y estructurales de la región chacoparanense. INSUGEO, Series de correlación Geológica 14: 9-27 p. Tucumán.
- FLORES, M., 1979. Cuenca de San Luis. En: Turner, J. (Ed.): 2º Simposio de Geología Regional Argentina; Academia Nacional de Ciencias (1): 745-767 p.
- GORDILLO, C. y A. LENCINAS, 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Simposio de Geología Regional Argentina, v1, 577-650 p.
- HUNICKEN, M., AZCUY, C. y M. PENSA, 1981. Sedimentitas Paleozoico. Relatorio Nº 8, Congreso Geológico Argentino, San Luis, 74-75 p.
- INPRES 1977. Zonificación Sísmica de la República Argentina. Instituto Nacional de Prevención Sísmica, Publicación Técnica 5, 38 p.
- ISACKS, B., T. JORDAN, R. ALLMENDINGER y V. RAMOS, 1982. La segmentación tectónica de los Andes Centrales y su relación con la placa de Nazca subductada. 5to. Congreso Latinoamericano de Geología. Actas 3: 587-606 p. Buenos Aires.
- JORDAN, T., B. ISACKS, R. ALLMENDINGER, J. BREMER y V. RAMOS, 1983. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca Plate: Geological Society of America Bulletin, v94, 341-361 p.
- JORDAN, T. y ALLMENDINGER, R., 1986. The Sierras Pampeanas de Argentina: a modern analogue of Rocky Mountain foreland deformation. American Journal of Science, Vol. 286, 737- 764 p.
- KELLER, E. A. y PINTER, N. 1996. Active tectonics, earthquake, uplift, and landscape. Ed. Prentice-Hall, Inc. 337 p.
- KRAEMER, P.E., ESCAYOLA, M.P. y MARTINO, R.D., 1995. Hipótesis sobre la evolución tectónica neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba (30°40'- 32°40'), Argentina. Asociación Geológica Argentina, Revista 50(1-4): 47-59, BuenosAires.
- LOSER, M., 1998. Caracterización hidrogeológica y sus condicionantes estructurales en la cuenca alta y media del arroyo Zelegua. Tesis de grado, UNRC. Inédito.

- MARTINO, R., 1993. La faja de deformación "Guamanes", petrología, estructura interna y significado tectónico, Sierra Grande de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 48: 21-32 p.
- MAYER, L. 1984. Dating Quaternary fault scarps formed in alluvium using morphologic parameters. Quaternary Research 22: 300-313.
- MC CALPIN, J., 1996. Paleoseismology, Acad Press. ISBN 0-12-481825-0.
- MINGORANCE F., 1987. Operativo sismológico móvil con motivo del sismo ocurrido el 24 de Marzo de 1987 en Sampacho, Córdoba. INPRES. Informe Técnico 14 p.
- MINGORANCE F., 1991. Análisis y evaluación del tectonismo reciente asociado a la falla Sampacho, provincia de Córdoba, Argentina Central. Instituto Panamericano de Geofísica e Historia de México. Nº 35. 13-39 p.
- OLSACHER, J., 1935. El terremoto de Sampacho, Pcia. de Córdoba. Revista del museo de ciencias naturales. Año 1 N° 1. Córdoba.
- OTAMENDI, J. E., 1995. Petrología, geoquímica y estructura del basamento Pre-Carbonífero del extremo sur de la sierra de Comechingones, Córdoba-San Luis, Argentina. Tesis Doctoral. Inédita. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- PARDO CASAS, F. y MOLNAR, P., 1987. Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American Plates since Late Cretaceous time. Tectonics 6(3): 233-248, Washington.
- PASSOTTI, P., 1974. La Neotectónica en la Llanura Pampeana. Publicaciones LVIII, Instituto de Fisiografía y Geología. Universidad Nacional de Rosario, 1-32 p.
- PASSOTTI, P. y CASTELLANOS, A., 1966. Algunos rasgos geomorfológicos generales de la llanura pampeana. Confer. Regional Latinoamericana, U.G.I., Tomo III, México.
- PASTORE, F., 1932. Hoja 20i del Mapa Geológico de la Argentina, región oriental y media de la Sierra de Córdoba. Dir. Nac. Geol. y Min. Bs As. Bol.36.
- PASTORE, F., 1938. Datos geológicos de la provincia de Córdoba. En aguas minerales de la Republica Argentina. Min. Int, Com. Nac. Climat. Ag. Min., Bs. As., 4: 1-235.
- PILGER, R.H., 1984. Cenozoic plate kinematics, subduction and magmatism: South American Andes: Journal geological Society of London, 141: 793-802.

- PINOTTI L., 1998. El batolito cerro Áspero, provincia de Córdoba. Modelo de intrusión y su relación con la evolución de Sierras Pampeanas. Tesis Doct., Inédita. UNRC, 203 p.
- PINOTTI L., CONIGLIO, J., ESPARZA, A., D'ERAMO, F. y E. LLAMBÍAS, 2002. Nearly circular plutons emplaced by stoping at shallow crustal levels. Cerro Aspero Batholith, Sierras Pampeanas de Cordoba, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, Elsevier Science, Volumen 15, issue 2, 251-265 p.
- POIRE, D., LARRIESTRA, C. y M. VILLEGAS, 1988. Análisis morfométrico de las pefitas básicas del Grupo de la sierra de Los Cóndores (Cretácico), en el área del embalse de Río Tercero, Córdoba. Segunda Reunión Argentina de Sedimentología. Tomo único, 217-221 p.
- RAMOS, V.A., MUNIZAGA, F. y KAY, S.M., 1991. El magmatismo cenozoico a los 33°S de latitud: geocronología y relaciones tectónicas. 6° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 892-896, Viña del Mar.
- RAMOS, V.A., CEGARRA, M. y CRISTALLINI, E., 1996b. Cenozoic tectonics of the High Andes of west-central Argentina, (30°- 36°S latitude). *Tectonophysics* 259: 185-200, Amsterdam.
- RAMOS, E. y RAMOS, V., 1978. Los ciclos magmáticos de la República Argentina. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 771-786.
- RAMOS, V., 1999. Rasgos estructurales del territorio argentino. *Geología Argentina. Anales* 29 (24): 715-784 p. Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- REITER, L., 1988. Earthquake hazard analysis. Columbia University Press. 241p.
- RUSSO, A., R. FERELLO y G. CHEBLI, 1979. Llanura Chaco Pampeana. *Geología Regional Argentina*, v1, 139-183 p.
- SAGRIPANTI, G., ORIGLIA, D. y O. CAMPANELLA, 1998a. Historic and present seismology of the Sampacho area, Córdoba Province, Argentina. *Environmental & Engineering Geoscience*. Summer 1998, v4, Tomo 2, p. 270-275.
- SAGRIPANTI, G., ORIGLIA, D. y O. CAMPANELLA, 1998b. Sismicidad de una región de intraplaca, departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Argentina. Actas Conferencia Internacional "Sistemas modernos de Preparación y Respuesta ante Riesgos Sísmicos, Volcánicos y Tsunamis". Santiago. Chile, p. 281-293.

- SAGRIPANTI, G., COSTA, C., ORIGLIA, D. y H. SCHIAVO, 2001. Avances en la Caracterización del Peligro Sísmico en el Dpto. Río Cuarto, Córdoba. Argentina. IV Congreso de Geol. y Min. de la sociedad Cubana de Geología, GEOMIN 2001 Cuba. CD.
- SAGRIPANTI, G. VILLALBA, D. GROSSO, V. y R. DAGA, 2003. Análisis morfológico de escarpas, aplicado a la reconstrucción de la sismicidad prehistórica de la falla Las Lagunas, Sampacho, Córdoba. II Congreso Nacional de Cuaternario y Geomorfología. Tucumán. Argentina. Tomo de Actas, p. 369-377.
- SAGRIPANTI, G., 2006. Neotectónica y Peligro Sísmico de la Región de Sampacho, Departamento Río Cuarto. Provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Inédito. UNRC. 300 p.
- SAGRIPANTI, G., VILLALBA D., BETTIOL A. y C. SEITZ. 2009. Sismicidad y paleosismicidad en la región sur de la provincia de Córdoba, análisis del peligro y riesgo sísmico asociado. Revista ASAGAIA, N° 23, 45-53p.
- SAGRIPANTI, G. L., y VILLALBA, D. 2009. Paleosismicidad y estimación del intervalo de recurrencia de fuertes terremotos asociados a fallas de intraplaca a la latitud de 33° S: Falla Las Lagunas, Sampacho, Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65 (3): 417-428.
- SEITZ, C. 2009. Relevamiento neotectónico de nuevas secciones de la falla Las Lagunas, sur de Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto Tesis de Licenciatura inédita, 102 p. Río Cuarto.
- SOSIC, M., 1964. Hoja Geológica 24h, Sierra del Morro, San Luis y Córdoba. Boletín N° 95, 53 p. Dirección Nacional de Geología y Minería, República Argentina.
- SRUOGA, P., URBINA, N. y MALVICINI, L., 1996. El volcanismo terciario y los depósitos hidrotermales (Au, Cu) asociados en La Carolina y Diente Verde, San Luis, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso Exploración de Hidrocarburos (Buenos Aires), Actas 3: 89-100, Buenos Aires.
- VON HUENE, R., CORVALÁN, J., FLUEH, E.R., HINZ, K., KORSTGARD, J., RANERO, C.R., WEINREBE, W. y THE CONDOR SCIENTISTS, 1997. Tectonic control of the subducting Juan Fernández Ridge on the Andean margin near Valparaíso, Chile. Tectonics 16(3): 474- 488, Washington.
- WALLACE, R., 1977. Profiles and ages of young fault scarps, north-central Nevada. Geological Society of America Bulletin v.88, 1267-1281 p, 20 figs.

WALLACE, R. 1984. Fault scarps formed during the earthquakes of October 2, 1915, Pleasant Valley, Nevada, and some tectonic implications. USGS, Professional Paper 1274-A: A1- A33.

WALLACE, R., 1986. Active tectonics, Nat. Acad Press, Washington.

YEATS, R., SIEH, K. y C. ALLEN, 1997. The geology of earthquakes. Oxford university press. 568p.

YRIGOYEN, M., 1979. Cordillera Principal. En: Leanza, A.F. (Ed.): Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias 1:651-694, Córdoba.

ZAMBRANO, J. J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas Adyacentes. Rev. Asoc. Geól. Arg. 29 (4): 443-469 p.

#### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.**

ADAMS, J. WETMILLER, R. J., HASEGAWA, H. S. y DRYSDALE, J., 1991. The first surface faulting from a historic intraplate earthquake in North America. Nature (London) 617- 619 p.

AKI, K., 1966. Generation and propagation of G waves from the Niigata Earthquake of June 16, 1964: Part 2. Estimation of earthquake moment, released energy, and stress-strain drop from the G waves spectrum: Bulletin of the earthquake Research Institute, v. 44, 73-88 p.

ALLEN, J., 1984. Sedimentary structures (Their character and physical basis). Elsevier Science Publishing, 662 p.

BONILLA, M. G., 1967. Historical surface faulting in continental United States and adjacent part of México: U.S. Geological Survey Open-File Report, 36 p.

BONILLA, M. G., 1970. Surface faulting and related effects, in Wiegel, R. L., ed., Earthquake engineering: Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice- Hall, 47-74 p.

BONILLA, M. G., 1980. Comment and reply on "Estimating maximum expectable magnitudes of earthquake from fault dimensions": Geology, v. 8, 162-163 p.

BONILLA, M., MARK, R. y J. LIENKAEMPER, 1984. Statistical relations among earthquake magnitude, surface rupture length, and surface fault displacement. USGS. Open-File Report 84-256 p. Version 1.1.

- BONILLA, M. G., y BUCHANAN, J. M., 1970. Interim report on worldwide historic surface faulting: U.S. Geological Survey Open-File Report, 32 p.
- CHINNERY, M. A., 1969. Earthquake magnitude and source parameters: Bulletin of the Seismological Society of America, v.59, 1969-1982 p.
- COSTA, C., 1996. Análisis neotectónico en las Sierras de San Luis y Comechingones: Problemas y Métodos. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas II: 285-300 p.
- COSTA, C., 2002. Curso de Neotectónica y Paleosismología, UNSL, 63 p.
- CRONE, A., MACHETTE, M. y BOWMAN, R., 1992. Geologic investigations of the 1988 Tennant Creek, Australia, earthquakes implications for paleoseismicity in stable continental regions. U.S. Geological Survey Bulletin 2032-A. 51 p.
- DALLA SALDA, L. ,1987. Basement tectonics of the southern Pampean Ranges, Argentina. Tectonics, v 6, 249-260 p.
- DE POLO, C. y B. SLEMMONS, 1990. Estimation of earthquake size for seismic hazards. Geological Society of America. vol. III, 1-22 p.
- HANKS, T. y H. KANAMORI. 1979. A moment magnitude scale: Journal of Geophysical Research, v. 84, 2348-2350 p.
- IIDA, K., 1965. Earthquake magnitude, earthquake fault, and source dimensions: Nagoya University Journal of Earth Sciences, v. 13, 115-132 p.
- KRAEMER, P., MARTINO, R., GIAMBASTIANI, M. y J. SFRAGULLA, 1988. Análisis dinámico cinemático preliminar de la falla Santa Rosa, Depto. de Calamuchita, Provincia de Córdoba. Actas V Reunión de Microtectónica, Tomo I: 107-114 p.
- KRINITZSKY, E. y SLEMMONS, D., 1990. Neotectonics in earthquake evaluation, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, volume VIII, ISBN 0-8137-4108-4. 160 p.
- LAJOIE, K. 1986. Coastal Tectonics. In Wallace, R. E., ed Active Tectonics. Washington, D. C.: National Academy Press, 95- 124 p.
- LOMTADZE, V. D., 1983. Geología aplicada a la Ingeniería- Geodinámica Aplicada a la Ingeniería. Moscú. Traducido del Castellano por la Editorial Pueblo y Educación ( Cuba), p.560.

- MACHETTE, M., 1989. Dating methods applicable to Quaternary geologic studies in the western United States. Utah Geological and Mineral Survey, Miscellan. publ. 89-7.
- MACHETTE, M., PERSONIUS, S., NELSON, A., SCHWARTZ, D. y W. LUND, 1991. Segmentation and history of Holocene earthquakes, Wasatch fault zone, Utah. *J. Struct. Geol.* 13, 137-149 p.
- MACHETTE, M., CRONE, A. y J. BOWMAN, 1993. Geologic investigations of the 1986 Mayrrat Creek, Australia, earthquakes-implications for paloseismicity in stable continental regions. *Geol. Surv. Bull.* 2032-B, B1-B29.
- MARK, R. and BONILLA, M., 1977. Regressin analysis of earthquake magnitude and surface fault length using the 1970 data of Bonilla and Buchanan: U.S. Geological Survey Open- File Report 77- 614, 8 p.
- MASSABIE, A., 1987. Neotectónica y sismicidad en la región de Sierras Pampeanas Orientales, Sierras de Córdoba. X Congreso Geol. Argentino, Simp.de Neotectónica. 271-274 p. Tucumán.
- MASSABIE, A. y C. SZLAFSZTEIN, 1991. Condiciones geomecánicas y edad del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales, Córdoba, Argentina. *Actas Asoc. Arg. Apl. Ing.*, v6, 23-47 p.
- MASSABIE, A., SANGUINETTI, A., LO FORTE, G. y CEGARRA, M., 2003. La actividad neotectónica en la sierra Baja de San Marcos- Cruz del Eje, flanco occidental de las Sierras Pampeanas Orientales, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 58 (4), 653-663 p.
- PANIZZA M., 1991. Geomorphology and Seismic Risk. *Earth Science Reviews*, 11-20 p.
- PANTOSTI, D., G. D'ADDEZIO y F. CINTI, 1996. Paleoseismicity of the Ovondolo-Pezza fault, central Apennines, Italy: A history including a large, previously unrecorded earthquake in the Middle Ages (860-1300 A.D.). *Journal of Geophysical Research*. vol. 101, n° B3, p. 5.937-5.959.
- PHILIP, H. y M. MEGHRAOUI, 1983. Structural analysis and interpretation of the surface deformations of the El Asnam earthquake of October 10, 1980. *Tectonics*, v2, N° 1: 17-49 p.
- SLEMMONS, 1982a. Determination of design earthquake magnitudes for microzonation in proceeding of the 3er international earthquake microzonation conference:Seattle, Washington, v, 1, p. 119-130.
- SLEMMONS, D., 1977. Faults and earthquake magnitude, in State of art for assessing earthquake hazard in the United States, Report 6: U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station Miscellaneous Papere S-73-1, 129 p.



- SLEMMONS, D. y CHUNG, D., 1982. Maximum credible earthquake magnitudes for the Calaveras and Hayward fault zones, California, in Hart, E. W., Hirschfeld, S. E. and Schulz, S. S., eds., Proceedings of a Conference on Earthquake Hazard in the Eastern San Francisco Bay Area: California Division of Mines and Geology Special Publication 62, 115- 124 p.
- WARNER MANSLAU, A. F., 1988. Estudio geológico estructural del Valle de Calamuchita entre Villa General Belgrano y Santa Rosa de Calamuchita. Provincia de Córdoba. Trabajo final de Licenciatura Univ. Nac. Bs. As. Inédito.
- WELLS, D. y K. COOPERSMITH, 1994. New empirical relationships among magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture area and surface displacement. B.S. Soc. Am. 84, 974-1002 p.
- WELLS, D., COOPERSMITH, K. ZHANG, X. and SLEMMONS, D., 1989. New earthquake magnitude and faults rupture parameters; Part 1, Surface Rupture length and rupture area relationships [abs.]: Seismological Society of America Seismological Research Letters, v. 60, 27 p.
- WESNOUSKY, S. G., 1986. Earthquake, Quaternary faults, and seismic hazard in California: Journal of Geophysical Research, v. 91, 2.587- 12.631 p.
- WYSS, M., 1979. Estimating maximum expectable magnitude of earthquakes from fault dimensions. Geology 7, 336-340p.

ANEXO I

CATÁLOGO DE SISMOS



**CATALOGO DE SISMOS DEL DEPARTAMENTO RIO CUARTO. CORDOBA**  
Dpto. Geología. Universidad Nacional de Río Cuarto

Nº	LUGAR	FECHA	HORA	LATITUD	LONG.	PROF	MAGNIT.	INTEN	FUENTE
			GMT	Sur	Oeste	Km	RICHTER	MM	
001	SAMPACHO?	31-01-1826	-----	-33.50	-64.50	--	---	VIII??	HC
002	RIO CUARTO	27-05-1869	-----	-33.12	-64.35	--	---	--	HRC
003	SAMPACHO	-----1910	-----	-33.50	-64.50	--	---	--	DP
004	ACHIRAS	09-06-1934	20-00-00	-33.11	-65.02	--	---	--	Ols
005	SAMPACHO	10-06-1934	03-07-00	-33.50	-64.50	30	5,5	IX	Ols
006	SAMPACHO	11-06-1934	06-00-00	-33.50	-64.50	30	6,0	IX	Ols
007	Cº ASPERO	18-06-1934	00-00-00	-33.16	-64.53	--	---	--	Ols
008	PAUNERO	19-06-1967	19-13-56	-34.00	-65.00	--	4,4	--	ARS
009	CHARRAS	04-11-1967	17-00-45	-33.00	-64.00	--	5,1	--	ARS
010	WASHINGTON	14-02-1970	11-51-47	-33.80	-64.70	30	4,5	--	ARS
011	Cº ASPERO	01-10-1971	21-50-00	-33.16	-64.53	--	--	IV	I
012	SAN JOSE	28-01-1975	06-32-23	-33.11	-64.42	33	4,1	--	ARS
013	SAMPACHO	23-06-1978	-----	-33.50	-64.50	--	2,0	--	IIP
014	SAMPACHO	13-08-1978	-----	-33.50	-64.50	--	2,0	--	IIP
015	RIO SECO	14-04-1979	24-20-00	-32.81	-64.60	--	--	II-III	ERS
016	RIO SECO	17-04-1979	06-45-00	-32.81	-64.60	--	--	II-III	ERS
017	RIO SECO	05-03-1983	17-10-00	-32.81	-64.60	--	--	--	ERS
018	RIO SECO	10-12-1983	07-40-00	-32.81	-64.60	--	--	--	ERS
019	Cº NEGRO	28-06-1986	05-57-44	-33.54	-65.22	11	--	--	DP
020	SAMPACHO	10-10-1986	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
021	Baigorria	25-03-1987	02-43-00	-32.21	-64.19	30	4,5	--	ARS
022	SAMPACHO	03-05-1987	01-33-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
023	SAMPACHO	25-06-1987	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
024	SAMPACHO	13-01-1988	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
025	SAMPACHO	03-02-1988	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
026	SAMPACHO	19-03-1988	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
027	SAMPACHO	21-05-1988	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA

Nº	LUGAR	FECHA	HORA GMT	LATITUD Sur	LONG. Oeste	PROF Km	MAGNIT. RICHTER	INTEN MM	FUENTE
028	SAMPACHO	20-10-1988	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
029	SAMPACHO	11-11-1988	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
030	SAMPACHO	21-02-1989	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
031	SAMPACHO	20-03-1989	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
032	SAMPACHO	05-09-1989	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
033	SAMPACHO	21-10-1989	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
034	SAMPACHO	29-10-1989	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
035	SAMPACHO	15-03-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
036	SAMPACHO	08-06-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
037	SAMPACHO	12-08-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
038	SAMPACHO	11-09-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
039	SAMPACHO	27-09-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
040	SAMPACHO	06-10-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
041	SAMPACHO	12-11-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
042	SAMPACHO	29-11-1990	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
043	SAMPACHO	05-02-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
044	SAMPACHO	21-02-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
045	SAMPACHO	06-03-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
046	SAMPACHO	08-04-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
047	SAMPACHO	04-05-1991	00-30-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
048	SAMPACHO	23-07-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
049	SAMPACHO	02-08-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
050	SAMPACHO	23-08-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
051	SAMPACHO	12-09-1991	03-43-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
052	SAMPACHO	02-10-1991	18-22-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
053	SAMPACHO	18-12-1991	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
054	SAMPACHO	05-01-1992	-----	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
055	SAMPACHO	06-06-1992	03-16-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
056	SAMPACHO	03-07-1992	12-40-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA

Nº	LUGAR	FECHA	HORA GMT	LATITUD Sur	LONG. Oeste	PROF Km	MAGNIT. RICHTER	INTEN MM	FUENTE
057	SAMPACHO	12-09-1992	04-17-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
058	SAMPACHO	14-11-1992	10-21-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
059	SAMPACHO	17-04-1993	13-33-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
060	SAMPACHO	08-08-1993	05-28-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
061	SAMPACHO	31-08-1993	08-28-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
062	SAMPACHO	02-11-1993	21-50-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
063	SAMPACHO	03-04-1994	08-24-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
064	SAMPACHO	08-06-1994	01-15-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
065	SAMPACHO	13-06-1994	00-00-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
066	SAMPACHO	28-06-1994	01-28-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
067	SAMPACHO	13-11-1994	11-10-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
068	SAMPACHO	15-11-1994	05-11-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
069	ACHIRAS	06-01-1995	04-00-00	-33.11	-65.02	--	--	II-III	C
070	SAMPACHO	15-05-1995	08-50-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
071	SAMPACHO	19-07-1995	15-33-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
072	SAMPACHO	29-07-1995	13-23-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
073	SAMPACHO	29-07-1995	15-32-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
074	SAMPACHO	11-08-1995	07-40-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
075	SAMPACHO	25-08-1995	19-33-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
076	SAMPACHO	25-09-1995	05-03-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
077	SAMPACHO	25-09-1995	06-14-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
078	SAMPACHO	05-03-1996	10-59-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
079	SAMPACHO	18-04-1996	13-15-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
080	SAMPACHO	28-06-1996	09-14-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
081	SAMPACHO	05-03-1996	10-59-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
082	ALPA CORRAL	06-07-1996	06-58-24	-32.73	-64.89	35	4,3	III-V	I
083	SAMPACHO	22-07-1996	04-56-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
084	SAMPACHO	22-07-1996	11-00-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
085	SAMPACHO	28-07-1996	06-15-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA

Nº	LUGAR	FECHA	HORA GMT	LATITUD Sur	LONG. Oeste	PROF Km	MAGNIT. RICHTER	INTEN MM	FUENTE
086	ALPA CORRAL	29-07-1996	02-00-00	-32.73	-64.89	--	--	II-III	C
087	ALPA CORRAL	30-07-1996	11-00-00	-32.73	-64.89	--	--	II-III	C
088	SAMPACHO	23-11-1996	17-30-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
089	SAMPACHO	02-02-1997	18-10-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
090	SAMPACHO	03-02-1997	06-04-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
091	SAMPACHO	01-03-1997	22-50-00	-33.23	-64.44	--	--	III-IV	C
092	RIO CUARTO	06-03-1997	09-50-00	-33.12	-64.35	--	--	III-IV	C
093	SAMPACHO	16-03-1997	05-19-00	-33.23	-64.43	--	--	III-IV	UR9
094	SAMPACHO	13-05-1997	12-20-00	-33.23	-64.44	--	--	III-IV	UR9
095	SAMPACHO	16-08-1997	03-00-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
096	SAMPACHO	17-08-1997	10-10-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
097	Cº ASPERO	10-09-1997	09-55-00	-33.16	-64.53	--	--	II-III	C
098	SAMPACHO	27-11-1997	16-16-00	-33.23	-64.43	--	--	III	C
099	SAMPACHO	15-12-1997	09-43-00	-33.23	-64.44	--	--	II	UA
100	SAMPACHO	16-12-1997	06-50-00	-33.23	-64.44	--	--	II	UA
101	SAMPACHO	17-12-1997	08-38-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
102	SAMPACHO	18-12-1997	17-22-00	-33.23	-64.44	--	--	II-III	UA
103	SAMPACHO	18-02-1998	22-43-30	-32.00	-64.30	--	--	III	I
104	SAMPACHO	10-03-1998	06-10-00	-32.00	-64.30	--	--	II	UA
105	SAMPACHO	06-09-1998	06-20-00	-33.23	-64.44	--	--	II	C
106	SAMPACHO	04-01-1999	04-32-00	-33.23	-64.44	--	--	I	UA
107	SAMPACHO	04-01-1999	08-22-30	-33.23	-64.44	--	--	II	UA
108	SAMPACHO	08-01-1999	11-33-20	-33.23	-64.44	--	--	I	UA
109	SAMPACHO	29-01-1999	08-40-00	-33.23	-64.44	--	--	II	C
110	SAMPACHO	03-03-1999	16-15-00	-33.23	-64.44	--	--	II	C
111	VERTIENTES	02-04-1999	04-00-00	-33.18	-64.34	--	--	II-III	DP
112	Cº SUCO	06-04-1999	??	-33.20	-64.53	--	--	I	UA
113	Cº SUCO	06-04-1999	??	-33.20	-64.53	--	--	I	UA
114	LOS JÁGÜELES	12-04-1999	01-03-58	-33.24	-64.32	--	--	II-III	I

Nº	LUGAR	FECHA	HORA GMT	LATITUD Sur	LONG. Oeste	PROF Km	MAGNIT. RICHTER	INTEN MM	FUENTE
115	RIO CUARTO	17-12-1999	10-01-00	-33.12	-64.35	--	--	III	UA
116	SAMPACHO	08-03-2000	06-11-00	-33.23	-64.44	--	--	II	UA
117	SAMPACHO	08-03-2000	06-31-00	-33.23	-64.44	--	--	II	UA
118	SAMPACHO	08-03-2000	06-50-00	-33.23	-64.44	--	--	II	UA
119	60km-W-Río IV			--	--				I-DP
120	SAMPACHO	31-08-2000	24-12-00	-33.23	-64.44			III	DP
121	W-RÍO IV-(CBA/SL)	25-09-2000	22-24-00	--	--	--	3,0	--	I-DP
122	40kmNWSAMPACHO	16-11-2000	05-40-00	--	--	--	--	II	I-DP
123	SAMPACHO	1°se.04-2001	02-00-00	--	--	--	--	--	--
124	SAMPACHO	1°se.04-2001	10-00-00	--	--	--	--	--	--
125	VILLA CAÑADA SAUCE	05-12-2001	03-27-35	-32.72	-64.44	80	4,2	III-IV	I
126	10 kmSW SAMPACHO	04-01-2002	04-08-31	-33.40	-64.79	25	3,1	II-III	I
127	50 KM W SAMPACHO	20-02-2002	17-26-07	----	----	----	3,2	II	DP
128	20 KM W SAMPACHO	14-07-2002	10-13-00	----	----	----	<2	----	DP
129	SAMPACHO	21-07-2002	01-51-00	-33.23	-64.44	----	<2	----	DP
130	SAMPACHO	21-07-2002	10-00-00	-33.23	-64.44	----	<2	----	DP
131	Cº Suco	09-01-2003	06-29-00	-33.20	-64.57	----	<2	III-IV	DP
132	ACHIRAS	22-01-2003	01-10-00	-33.11	-65.02	----	<2	----	DP
133	ACHIRAS	22-01-2003	08-22-00	-33.11	-65.02	----	<2	----	DP
134	ACHIRAS	22-01-2003	08-46-39	33.12	64.67	57.3	3,8	III	I
135	ACHIRAS	22-01-2003	08-49-00	-33.11	-65.02	----	<2	II	DP
136	ACHIRAS	22-01-2003	09-37-00	-33.11	-65.02	----	<2	II	DP
137	SAMPACHO	26-02-2003	10-35-00	-33.23	-64.44	----	<2	----	DP
138	ACHIRAS-RIO IV	22-06-2003	20-38-00	33.12	64.85	40	4	II-III	I
139	SAMPACHO	01-11-2003	10-20-00	-33.23	-64.44	----	<2	----	DP
140	SAMPACHO	06-11-2003	21-20-00	-33.23	-64.44	----	<2	----	DP
141	SAMPACHO	09-11-2003	09-15-00	-33.23	-64.44	----	<2	----	UA
142	Oeste SAMPACHO	05-06-2004	06:54:11	-33.29	-64.89	33	3	II-III	I
143	SAMPACHO	18-06-2004	21:47:50	-33.23	-64.44	----	<2	II	UA

Nº	LUGAR	FECHA	HORA	LATITUD	LONG.	PROF	MAGNIT.	INTEN	FUENTE
			GMT	Sur	Oeste	Km	RICHTER	MM	
144	CUATRO VIENTOS?	27-02-2005	15:20:00	---	---	----	<3	II-III	UA
146	CUATRO VIENTOS	17-02-2006	01:20:00	---	---	---	<3	II-III	UA
147	CHAÑARITOS	15-08-2007	16:35:05	-33.15	-64.54	30	3,2	II-III	I
148	LAS ACEQUIAS??	23-09-2007	05:16:00	-33.34	-63.87	78	3,7	III	I
149	SAMPACHO	12-03-2008	22:20:00HL	-33.23	-64.44	¿?	<3?	II-III	DP
150	ACHIRAS	27-04-2008	17:31:22	-33.09	-64.92	41	3,0	III	I
151	RIO IV-SAMPACHO	20-08-2008	06:25:37	-33.15	-65.00	10	3,0	II-III	I
152	SANTA ROSA CALA.	10-09-2008	04:56:32	-32.30	-64.84	70	3,3	III	I
153	50km W RÍO CUARTO	05-03-2009	12:47:00	-33.06	-65.00	10	3,5	II-III	DP
154	SAMPACHO	10-04-2009	01:20:00	-33.23	-64.44	----	----	II	DP
155	4VIENTOS-BARRAN	23-10-2009	17:07:05	-33.70	-64.85	33	3,7	III	I
156	20km NO SAMPACHO	17-11-2009	23:30:00	---	---	10	3,2	II-III	I
157	20km O SUCO	04-12-2009	10:14:40	---	---	10	3,5	II-III	I
158	15km O JUSTO DARAC	09-03-2010	23:09:06	-33.62	-65.21	20	3,1	II-III	I
159	15km SO RIO CUARTO	20-06-2010	18:37:00				1.8	II-III	DP
160	15km SO RIO CUARTO	20-06-2010	18:47:00				2.1	II-III	DP
161	15km S RIO CUARTO	20-06-2010	23:02:00					II-III	DP
162	LA GILDA	07-07-2010	08:07:00	-33.13	-64.17	23	3,1	II-III	I
163	15km SO SAMPACHO	06-12-2010	06:28:00	-33.28	-64.52	10	3,2	II-III	I
164	15km S RIO CUARTO	25-01-2011	07:03:00				2,5	II-III	DP
165	10km SO RIO CUARTO	27-02-2011	15:11:00	-33.12	-64.23	10	3,3	II-III	I

**REFERENCIAS:**

- (ERS) Registro estancia 11 de Abril. Río Seco
- (UA) Registro de la UNRC y el Sr. Domingo AMAYA.
- (UR9) Registro Unidad Regional 9 de policía.
- (C) Registro Censo Parámetros Macrosismicos



- (HRC) Registro en Libro de Historia de Río Cuarto. Tomo III
- (HC) Registro en Libro de Historia de Córdoba. Tomo I
- (I) Registro INPRES
- (Ols) Registro en Relatorio del Dr. Olsacher
- (ARS) Registro Catálogo ARSUN de Gregori y Kronrod, San Juan
- (DP) Publicación Diario Puntal
- (IIP) Informe Ingeniero Pagola. Trabajo inédito.

ANEXO II

DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



## Perfil Topográfico de Detalle N° 1

Orientación: N320°

Cota: 627 msnm

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
71	5.293.495	4.999.993	497.879	0			0			
72	5.293.365	4.997.832	497.805	2,2	2.161	-74	-74	1	52	33
73	5.293.234	4.995.964	497.687	4,0	1.868	-118	-192	1	54	56
74	5.293.114	4.993.982	497.599	6,0	1.982	-88	-280	3	12	44
75	5.293.028	4.992.082	497.497	7,9	1.900	-102	-382	3	41	18
76	5.292.994	4.990.019	497.402	10,0	2.063	-95	-477	1	59	9
77	5.292.882	4.988.063	497.263	11,9	1.956	-139	-616	0	6	58
78	5.292.868	4.986.108	497.149	13,9	1.955	-114	-730	5	45	43
79	5.292.835	4.984.081	497.016	15,9	2.027	-133	-863	3	44	48
80	5.292.808	4.982.083	496.894	17,9	1.998	-122	-985	2	18	7
81	5.292.731	4.980.082	496.832	19,9	2.001	-62	-1.047	3	39	48
82	5.292.553	4.978.083	496.776	21,9	1.999	-56	-1.103	2	35	50
83	5.292.497	4.977.088	496.744	22,9	995	-32	-1.135	2	14	12
84	5.292.376	4.976.119	496.743	23,9	969	-1	-1.136	3	17	16
85	5.292.292	4.975.117	496.708	24,9	1.002	-35	-1.171	2	32	17
86	5.292.171	4.974.080	496.665	25,9	1.037	-43	-1.214	4	59	46
87	5.292.032	4.973.095	496.616	26,9	985	-49	-1.263	3	21	11
88	5.292.032	4.972.091	496.530	27,9	1.004	-86	-1.349	2	39	4
89	5.291.972	4.971.088	496.531	28,9	1.003	1	-1.348	1	45	10
90	5.291.938	4.970.090	496.483	29,9	998	-48	-1.396	1	23	15
91	5.291.738	4.969.094	496.429	30,9	996	-54	-1.450	0	20	30
92	5.291.770	4.968.119	496.431	31,9	975	2	-1.448	2	52	8
93	5.291.749	4.967.173	496.467	32,8	946	36	-1.412	3	13	44
94	5.291.717	4.966.156	496.429	33,8	1.017	-38	-1.450	1	31	24
95	5.291.677	4.965.124	496.375	34,9	1.032	-54	-1.504	2	14	43
96	5.291.656	4.964.077	496.257	35,9	1.047	-118	-1.622	2	12	0
97	5.291.617	4.963.165	496.139	36,8	912	-118	-1.740	1	28	30
98	5.291.480	4.962.168	496.024	37,8	997	-115	-1.855	5	35	7
99	5.291.465	4.961.172	495.836	38,8	996	-188	-2.043	6	34	42
100	5.291.490	4.960.153	495.659	39,8	1.019	-177	-2.220	7	11	44
101	5.291.474	4.959.164	495.546	40,8	989	-113	-2.333	5	23	48
102	5.291.483	4.958.214	495.439	41,8	950	-107	-2.440	6	35	36
103	5.291.379	4.957.240	495.282	42,8	974	-157	-2.597	0	41	5
104	5.291.303	4.956.252	495.140	43,7	988	-142	-2.739	7	51	42
105	5.291.178	4.955.188	494.936	44,8	1.064	-204	-2.943	9	40	51
106	5.291.027	4.954.243	494.811	45,8	945	-125	-3.068	10	56	18
107	5.290.799	4.953.343	494.752	46,7	900	-59	-3.127	6	14	33
108	5.290.516	4.952.471	494.649	47,5	872	-103	-3.230	6	19	37
109	5.290.410	4.951.341	494.643	48,7	1.130	-6	-3.236	9	20	9
110	5.290.243	4.950.469	494.571	49,5	872	-72	-3.308	0	0	0
111	5.290.060	4.949.434	494.529	50,6	1.035	-42	-3.350	6	45	23

112	5.289.984	4.948.436	494.453	51,6	998	-76	-3.426	3	23	22
113	5.289.871	4.947.349	494.400	52,6	1.087	-53	-3.479	4	31	58
114	5.289.785	4.946.414	494.316	53,6	935	-84	-3.563	1	28	32
115	5.289.671	4.945.459	494.207	54,5	955	-109	-3.672	3	18	59
116	5.289.543	4.944.377	494.132	55,6	1.082	-75	-3.747	2	16	20
117	5.289.338	4.942.469	493.955	57,5	1.908	-177	-3.924	0	53	49
118	5.289.220	4.941.436	493.953	58,6	1.033	-2	-3.926	4	56	5
119	5.289.150	4.940.481	493.921	59,5	955	-32	-3.958	0	38	20
120	5.289.110	4.939.483	493.899	60,5	998	-22	-3.980	4	21	51
121	5.288.978	4.938.460	493.820	61,5	1.023	-79	-4.059	2	14	23
122	5.288.888	4.937.498	493.793	62,5	962	-27	-4.086	3	48	59
123	5.288.809	4.936.476	493.738	63,5	1.022	-55	-4.141	4	54	16
124	5.288.712	4.935.520	493.692	64,5	956	-46	-4.187	2	42	7
125	5.288.658	4.935.041	493.690	65,0	479	-2	-4.189	3	30	23
126	5.288.598	4.934.529	493.648	65,5	512	-42	-4.231	3	47	58
127	5.288.517	4.933.994	493.604	66,0	535	-44	-4.275	-1	53	48
128	5.288.471	4.933.484	493.529	66,5	510	-75	-4.350	4	4	30
129	5.288.415	4.932.985	493.496	67,0	499	-33	-4.383	2	2	16
130	5.288.440	4.932.527	493.430	67,5	458	-66	-4.449	0	56	8
131	5.288.348	4.932.026	493.369	68,0	501	-61	-4.510	1	43	7
132	5.288.336	4.931.583	493.323	68,4	443	-46	-4.556	2	18	4
133	5.288.266	4.931.082	493.222	68,9	501	-101	-4.657	0	36	1
134	5.288.187	4.930.555	493.223	69,4	527	1	-4.656	0	41	10
135	5.288.158	4.930.058	493.149	69,9	497	-74	-4.730	0	23	31
136	5.288.131	4.929.561	493.151	70,4	497	2	-4.728	0	40	9
137	5.288.074	4.929.075	493.102	70,9	486	-49	-4.777	2	2	34
138	5.288.051	4.928.575	493.052	71,4	500	-50	-4.827	3	45	46
139	5.287.963	4.928.071	493.057	71,9	504	5	-4.822	4	9	41
140	5.287.926	4.927.555	492.980	72,4	516	-77	-4.899	2	49	34
141	5.287.802	4.927.089	492.895	72,9	466	-85	-4.984	5	42	37
142	5.287.751	4.926.540	492.860	73,5	549	-35	-5.019	6	15	53
143	5.287.733	4.926.087	492.797	73,9	453	-63	-5.082	6	34	7
144	5.287.654	4.925.651	492.749	74,3	436	-48	-5.130	6	1	55
145	5.287.646	4.924.584	492.666	75,4	1.067	-83	-5.213	3	18	27
146	5.287.591	4.924.111	492.634	75,9	473	-32	-5.245	14	43	5
147	5.287.518	4.923.587	492.636	76,4	524	2	-5.243	6	5	49
148	5.287.467	4.923.084	492.556	76,9	503	-80	-5.323	7	2	11
149	5.287.426	4.922.630	492.506	77,4	454	-50	-5.373	7	25	41
150	5.287.327	4.921.634	492.479	78,4	996	-27	-5.400	8	15	46
151	5.287.261	4.920.643	492.459	79,4	991	-20	-5.420	8	0	22
152	5.287.002	4.919.631	492.439	80,4	1.012	-20	-5.440	3	56	45
153	5.286.947	4.917.674	492.348	82,3	1.957	-91	-5.531	3	5	10
154	5.286.703	4.915.691	492.310	84,3	1.983	-38	-5.569	5	45	6
155	5.286.524	4.913.701	492.163	86,3	1.990	-147	-5.716	2	32	17
156	5.286.514	4.912.729	492.104	87,3	972	-59	-5.775	4	8	34

157	5.286.366	4.911.747	492.098	88,2	982	-6	-5.781	0	42	11
158	5.286.221	4.910.745	492.014	89,2	1.002	-84	-5.865	1	44	37
159	5.286.118	4.909.766	491.975	90,2	979	-39	-5.904	3	38	12
160	5.286.054	4.908.800	491.880	91,2	966	-95	-5.999	3	35	19
161	5.285.847	4.906.736	491.781	93,3	2.064	-99	-6.098	2	53	4
162	5.285.563	4.904.803	491.703	95,2	1.933	-78	-6.176	3	44	34
163	5.285.360	4.902.788	491.594	97,2	2.015	-109	-6.285	3	39	27
164	5.285.093	4.900.857	491.472	99,1	1.931	-122	-6.407	7	32	13
165	5.285.258	4.895.911	491.184	104,1	4.946	-288	-6.695	4	10	9
166	5.284.886	4.886.824	490.652	113,2	9.087	-532	-7.227	3	38	50
167	5.282.565	4.879.251	490.232	120,7	7.573	-420	-7.647	4	43	41
168	5.282.133	4.865.088	489.473	134,9	14.163	-759	-8.406	5	21	48

**Perfil Topográfico de Detalle N° 2****Orientación: N320°****Cota: 627 msnm**

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
170	5.247.480	4.999.993	497.646	0			0			
171	5.247.577	4.997.832	497.615	2,2	2.161	-74	-74	0	49	19
172	5.247.621	4.995.964	497.579	4,0	1.868	-118	-192	1	6	15
173	5.247.764	4.993.982	497.527	6,0	1.982	-88	-280	1	30	12
174	5.247.724	4.992.082	497.461	7,9	1.900	-102	-382	1	59	26
175	5.247.730	4.990.019	497.426	10,0	2.063	-95	-477	0	58	20
176	5.247.780	4.988.063	497.424	11,9	1.956	-139	-616	0	3	31
177	5.247.735	4.986.108	497.323	13,9	1.955	-114	-730	2	57	41
178	5.247.705	4.984.081	497.257	15,9	2.027	-133	-863	1	51	57
179	5.247.680	4.982.083	497.218	17,9	1.998	-122	-985	1	7	6
180	5.247.732	4.980.082	497.152	19,9	2.001	-62	-1.047	1	53	25
181	5.247.857	4.978.083	497.019	21,9	1.999	-56	-1.103	3	48	54
182	5.247.998	4.977.088	496.942	22,9	995	-32	-1.135	4	26	18
183	5.247.974	4.976.119	496.825	23,9	969	-1	-1.136	6	56	6
184	5.248.043	4.975.117	496.782	24,9	1.002	-35	-1.171	2	27	34
185	5.248.030	4.974.080	496.695	25,9	1.037	-43	-1.214	4	48	45
186	5.248.065	4.973.095	496.633	26,9	985	-49	-1.263	3	36	32
187	5.248.088	4.972.091	496.546	27,9	1.004	-86	-1.349	4	58	16
188	5.248.123	4.971.088	496.500	28,9	1.003	1	-1.348	2	37	43
189	5.248.095	4.970.090	496.463	29,9	998	-48	-1.396	2	7	29
190	5.248.113	4.969.094	496.457	30,9	996	-54	-1.450	0	20	43
191	5.248.178	4.968.119	496.409	31,9	975	2	-1.448	2	49	19
192	5.248.206	4.967.173	496.352	32,8	946	36	-1.412	3	27	16
193	5.248.289	4.966.156	496.326	33,8	1.017	-38	-1.450	1	27	54
194	5.248.337	4.965.124	496.288	34,9	1.032	-54	-1.504	2	6	37
195	5.248.272	4.964.077	496.247	35,9	1.047	-118	-1.622	2	14	39

196	5.248.331	4.963.165	496.220	36,8	912	-118	-1.740	1	41	47
197	5.248.351	4.962.168	496.129	37,8	997	-115	-1.855	5	14	13
198	5.248.348	4.961.172	496.011	38,8	996	-188	-2.043	6	48	15
199	5.248.390	4.960.153	495.889	39,8	1.019	-177	-2.220	6	52	34
200	5.248.572	4.959.164	495.791	40,8	989	-113	-2.333	5	41	12
201	5.248.462	4.958.214	495.681	41,8	950	-107	-2.440	6	38	57
202	5.248.484	4.957.240	495.675	42,8	974	-157	-2.597	0	21	11
203	5.248.510	4.956.252	495.601	43,7	988	-142	-2.739	4	17	43
204	5.248.558	4.955.188	495.451	44,8	1.064	-204	-2.943	8	6	16
205	5.248.608	4.954.243	495.351	45,8	945	-125	-3.068	6	4	28
206	5.248.603	4.953.343	495.295	46,7	900	-59	-3.127	3	34	3
207	5.248.647	4.952.471	495.241	47,5	872	-103	-3.230	3	33	1
208	5.248.643	4.951.341	495.168	48,7	1.130	-6	-3.236	3	42	14
209	5.248.640	4.950.469	495.168	49,5	872	-72	-3.308	0	0	0
210	5.248.673	4.949.434	495.106	50,6	1.035	-42	-3.350	3	26	3
211	5.248.797	4.948.436	495.048	51,6	998	-76	-3.426	3	19	54
212	5.248.836	4.947.349	494.970	52,6	1.087	-53	-3.479	4	6	54
213	5.248.911	4.946.414	494.946	53,6	935	-84	-3.563	1	28	15
214	5.248.918	4.945.459	494.883	54,5	955	-109	-3.672	3	46	57
215	5.248.875	4.944.377	494.865	55,6	1.082	-75	-3.747	0	57	12
216	5.248.872	4.942.469	494.857	57,5	1.908	-177	-3.924	0	14	25
217	5.248.926	4.941.436	494.817	58,6	1.033	-2	-3.926	2	13	9
218	5.248.919	4.940.481	494.811	59,5	955	-32	-3.958	0	21	36
219	5.248.825	4.939.483	494.733	60,5	998	-22	-3.980	4	28	57
220	5.248.873	4.938.460	494.694	61,5	1.023	-79	-4.059	2	11	5
221	5.248.894	4.937.498	494.652	62,5	962	-27	-4.086	2	30	8
222	5.248.834	4.936.476	494.619	63,5	1.022	-55	-4.141	1	51	1
223	5.248.914	4.935.520	494.591	64,5	956	-46	-4.187	1	40	42
224	5.248.847	4.935.041	494.551	65,0	479	-2	-4.189	4	47	25
225	5.248.950	4.934.529	494.507	65,5	512	-42	-4.231	4	55	48
226	5.248.893	4.933.994	494.508	66,0	535	-44	-4.275	-1	53	34
227	5.248.889	4.933.484	494.397	66,5	510	-75	-4.350	12	34	15
228	5.248.836	4.932.985	494.364	67,0	499	-33	-4.383	3	47	31
229	5.248.823	4.932.527	494.348	67,5	458	-66	-4.449	2	0	7
230	5.248.893	4.932.026	494.319	68,0	501	-61	-4.510	3	19	6
231	5.248.932	4.931.583	494.298	68,4	443	-46	-4.556	2	43	1
232	5.248.898	4.931.082	494.291	68,9	501	-101	-4.657	0	48	2
233	5.248.925	4.930.555	494.281	69,4	527	1	-4.656	1	5	14
234	5.248.904	4.930.058	494.274	69,9	497	-74	-4.730	0	48	25
235	5.248.909	4.929.561	494.263	70,4	497	2	-4.728	1	16	6
236	5.248.892	4.929.075	494.226	70,9	486	-49	-4.777	4	21	58
237	5.248.923	4.928.575	494.163	71,4	500	-50	-4.827	7	14	19
238	5.248.892	4.928.071	494.090	71,9	504	5	-4.822	8	19	41
239	5.248.974	4.927.555	493.991	72,4	516	-77	-4.899	11	3	41
240	5.248.930	4.927.089	493.892	72,9	466	-85	-4.984	12	15	57

241	5.248.945	4.926.540	493.831	73,5	549	-35	-5.019	6	22	46
242	5.248.930	4.926.087	493.769	73,9	453	-63	-5.082	7	51	59
243	5.248.946	4.925.651	493.676	74,3	436	-48	-5.130	12	18	58
244	5.248.993	4.924.584	493.646	75,4	1.067	-83	-5.213	1	36	40
245	5.248.982	4.924.111	493.521	75,9	473	-32	-5.245	15	19	25
246	5.249.025	4.923.587	493.456	76,4	524	2	-5.243	7	7	32
247	5.248.895	4.923.084	493.358	76,9	503	-80	-5.323	11	14	5
248	5.248.803	4.922.630	493.275	77,4	454	-50	-5.373	10	32	2
249	5.248.791	4.921.634	493.203	78,4	996	-27	-5.400	4	8	44
250	5.248.819	4.920.643	493.114	79,4	991	-20	-5.420	5	9	9
251	5.248.870	4.919.631	493.052	80,4	1.012	-20	-5.440	3	30	45
252	5.248.814	4.917.674	492.998	82,3	1.957	-91	-5.531	1	34	52
253	5.248.743	4.915.691	492.905	84,3	1.983	-38	-5.569	2	41	17
254	5.248.807	4.913.701	492.862	86,3	1.990	-147	-5.716	1	14	17
255	5.248.767	4.912.729	492.786	87,3	972	-59	-5.775	4	29	4
256	5.248.714	4.911.747	492.774	88,2	982	-6	-5.781	0	42	1
257	5.248.723	4.910.745	492.744	89,2	1.002	-84	-5.865	1	42	57
258	5.248.710	4.909.766	492.620	90,2	979	-39	-5.904	7	16	36
259	5.248.719	4.908.800	492.492	91,2	966	-95	-5.999	7	36	52
260	5.248.638	4.906.736	492.390	93,3	2.064	-99	-6.098	2	49	57
261	5.248.702	4.904.803	492.271	95,2	1.933	-78	-6.176	3	31	46
262	5.248.600	4.902.788	492.203	97,2	2.015	-109	-6.285	1	56	2
263	5.248.535	4.900.857	491.945	99,1	1.931	-122	-6.407	7	40	42
264	5.248.541	4.895.911	491.802	104,1	4.946	-288	-6.695	1	39	24
265	5.248.520	4.886.824	491.670	113,2	9.087	-532	-7.227	0	49	56
266	5.248.563	4.879.251	491.511	120,7	7.573	-420	-7.647	1	12	11
267	5.248.633	4.865.088	491.322	134,9	14.163	-759	-8.406	0	45	53

**Perfil Topográfico de Detalle N° 3****Orientación: N320°****Cota: 627 msnm**

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
271	5.247.480	4.999.893	497.587	0			0			
272	5.247.577	4.998.973	497.590	0,9	920	3	3	-1	48	47
273	5.247.621	4.998.030	497.555	1,9	943	-35	-32	2	7	37
274	5.247.764	4.995.982	497.497	3,9	2.048	-58	-90	1	37	22
275	5.247.724	4.994.933	497.427	5,0	1.049	-70	-160	3	49	34
276	5.247.730	4.994.019	497.409	5,9	914	-18	-178	1	7	42
277	5.247.780	4.993.052	497.381	6,8	967	-28	-206	1	39	33
278	5.247.735	4.991.992	497.312	7,9	1.060	-69	-275	3	43	56
279	5.247.705	4.989.993	497.262	9,9	1.999	-50	-325	1	25	60
280	5.247.680	4.989.058	497.241	10,8	935	-21	-346	1	17	13
281	5.247.732	4.986.089	497.104	13,8	2.969	-137	-483	2	38	41

282	5.247.857	4.982.095	496.937	17,8	3.994	-167	-650	2	23	47
283	5.247.998	4.978.086	496.835	21,8	4.009	-102	-752	1	27	29
284	5.247.974	4.975.126	496.789	24,8	2.960	-46	-798	0	53	26
285	5.248.043	4.972.145	496.730	27,7	2.981	-59	-857	1	8	3
286	5.248.030	4.969.056	496.696	30,8	3.089	-34	-891	0	37	50
287	5.248.065	4.966.084	496.629	33,8	2.972	-67	-958	1	17	30
288	5.248.088	4.965.113	496.624	34,8	971	-5	-963	0	17	42
289	5.248.123	4.964.052	496.585	35,8	1.061	-39	-1.002	2	6	24
290	5.248.095	4.963.071	496.536	36,8	981	-49	-1.051	2	51	47
291	5.248.113	4.962.220	496.485	37,7	851	-51	-1.102	3	26	9
292	5.248.178	4.961.144	496.480	38,7	1.076	-5	-1.107	0	15	58
293	5.248.206	4.960.142	496.405	39,8	1.002	-75	-1.182	4	17	33
294	5.248.289	4.959.263	496.335	40,6	879	-70	-1.252	4	34	4
295	5.248.337	4.958.157	496.261	41,7	1.106	-74	-1.326	3	50	11
296	5.248.272	4.957.174	496.194	42,7	983	-67	-1.393	3	54	30
297	5.248.331	4.956.184	496.093	43,7	990	-101	-1.494	5	51	20
298	5.248.351	4.955.253	495.979	44,6	931	-114	-1.608	7	2	0
299	5.248.348	4.954.212	495.888	45,7	1.041	-91	-1.699	5	0	54
300	5.248.390	4.953.250	495.804	46,6	962	-84	-1.783	5	0	34
301	5.248.572	4.952.278	495.697	47,6	972	-107	-1.890	6	19	12
302	5.248.462	4.951.238	495.610	48,7	1.040	-87	-1.977	4	47	55
303	5.248.484	4.950.278	495.532	49,6	960	-78	-2.055	4	39	38
304	5.248.510	4.949.218	495.433	50,7	1.060	-99	-2.154	5	21	32
305	5.248.558	4.948.291	495.370	51,6	927	-63	-2.217	3	53	49
306	5.248.608	4.947.283	495.308	52,6	1.008	-62	-2.279	3	31	35
307	5.248.603	4.946.253	495.259	53,6	1.030	-49	-2.328	2	43	36
308	5.248.647	4.945.273	495.151	54,6	980	-108	-2.436	6	19	37
309	5.248.643	4.944.253	495.051	55,6	1.020	-100	-2.536	5	37	35
310	5.248.640	4.943.251	494.958	56,6	1.002	-93	-2.629	5	19	32
311	5.248.673	4.942.319	494.846	57,6	932	-112	-2.741	6	54	7
312	5.248.797	4.941.331	494.733	58,6	988	-113	-2.854	6	34	3
313	5.248.836	4.940.343	494.562	59,6	988	-171	-3.025	9	58	0
314	5.248.911	4.939.289	494.473	60,6	1.054	-89	-3.114	4	50	38
315	5.248.918	4.937.331	494.262	62,6	1.958	-211	-3.325	6	11	11
316	5.248.875	4.934.287	493.977	65,6	3.044	-285	-3.610	5	22	20
317	5.248.872	4.933.313	493.908	66,6	974	-69	-3.679	4	3	44
318	5.248.926	4.932.304	493.828	67,6	1.009	-80	-3.759	4	32	51
319	5.248.919	4.931.191	493.735	68,7	1.113	-93	-3.852	4	47	35
320	5.248.825	4.929.291	493.500	70,6	1.900	-235	-4.087	7	6	17
321	5.248.873	4.928.289	493.452	71,6	1.002	-48	-4.135	2	44	45
322	5.248.894	4.927.324	493.347	72,6	965	-105	-4.240	6	14	48
323	5.248.834	4.925.307	493.146	74,6	2.017	-201	-4.441	5	43	9
324	5.248.914	4.923.406	492.990	76,5	1.901	-156	-4.597	4	42	26
325	5.248.847	4.922.432	492.936	77,5	974	-54	-4.651	3	10	41
326	5.248.950	4.921.399	492.866	78,5	1.033	-70	-4.721	3	53	8



327	5.248.893	4.919.491	492.726	80,4	1.908	-140	-4.861	4	12	28
328	5.248.889	4.917.562	492.590	82,3	1.929	-136	-4.997	4	2	34
329	5.248.836	4.915.573	492.431	84,3	1.989	-159	-5.156	4	35	6
330	5.248.823	4.914.585	492.366	85,3	988	-65	-5.221	3	46	20
331	5.248.893	4.912.563	492.235	87,3	2.022	-131	-5.352	3	42	53
332	5.248.932	4.911.579	492.138	88,3	984	-97	-5.449	5	39	26
333	5.248.898	4.909.559	492.035	90,3	2.020	-103	-5.552	2	55	22
334	5.248.925	4.907.625	491.976	92,3	1.934	-59	-5.611	1	44	53
335	5.248.904	4.905.607	491.870	94,3	2.018	-106	-5.717	3	0	40
336	5.248.909	4.904.603	491.851	95,3	1.004	-19	-5.736	1	5	4
337	5.248.892	4.903.636	491.858	96,3	967	7	-5.729	-1	35	7
338	5.248.923	4.902.665	491.792	97,2	971	-66	-5.795	3	53	51
339	5.248.892	4.901.667	491.614	98,2	998	-178	-5.973	10	16	27
340	5.248.974	4.900.674	491.437	99,2	993	-177	-6.150	10	16	4
341	5.248.930	4.894.006	490.958	105,9	6.668	-479	-6.629	4	7	10
342	5.248.945	4.879.225	490.397	120,7	14.781	-561	-7.190	2	10	30

**Perfil Topográfico de Detalle N° 4****Orientación: N320°****Cota: 628 msnm**

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
344	5.247.480	4.999.966	498.489	0			0			
345	5.247.577	4.998.803	498.410	1,2	1.163	-79	-79	3	53	42
346	5.247.621	4.995.958	498.335	4,0	2.845	-75	-154	1	30	38
347	5.247.764	4.993.921	498.241	6,0	2.037	-94	-248	2	38	42
348	5.247.724	4.991.915	498.187	8,1	2.006	-54	-302	1	32	33
349	5.247.730	4.989.920	498.113	10,0	1.995	-74	-376	2	7	33
350	5.247.780	4.987.926	498.081	12,0	1.994	-32	-408	0	55	10
351	5.247.735	4.985.928	498.019	14,0	1.998	-62	-470	1	46	42
352	5.247.705	4.982.956	497.898	17,0	2.972	-121	-591	2	20	0
353	5.247.680	4.980.002	497.782	20,0	2.954	-116	-707	2	15	2
354	5.247.732	4.977.996	497.686	22,0	2.006	-96	-803	2	44	35
355	5.247.857	4.975.987	497.621	24,0	2.009	-65	-868	1	51	15
356	5.247.998	4.974.024	497.508	25,9	1.963	-113	-981	3	18	0
357	5.247.974	4.972.042	497.421	27,9	1.982	-87	-1.068	2	30	57
358	5.248.043	4.970.014	497.311	30,0	2.028	-110	-1.178	3	6	33
359	5.248.030	4.969.074	497.300	30,9	940	-11	-1.189	0	40	14
360	5.248.065	4.968.016	497.224	32,0	1.058	-76	-1.265	4	7	10
361	5.248.088	4.967.016	497.171	33,0	1.000	-53	-1.318	3	2	17
362	5.248.123	4.966.023	497.146	33,9	993	-25	-1.343	1	26	34
363	5.248.095	4.965.056	497.066	34,9	967	-80	-1.423	4	44	44
364	5.248.113	4.964.101	497.059	35,9	955	-7	-1.430	0	25	12
365	5.248.178	4.963.044	496.998	36,9	1.057	-61	-1.491	3	18	30

366	5.248.206	4.962.071	496.967	37,9	973	-31	-1.522	1	49	33
367	5.248.289	4.961.065	496.936	38,9	1.006	-31	-1.553	1	45	57
368	5.248.337	4.960.008	496.870	40,0	1.057	-66	-1.619	3	34	48
369	5.248.272	4.959.051	496.826	40,9	957	-44	-1.663	2	38	7
370	5.248.331	4.958.057	496.755	41,9	994	-71	-1.734	4	5	46
371	5.248.351	4.956.100	496.610	43,9	1.957	-145	-1.879	4	14	57
372	5.248.348	4.955.018	496.523	44,9	1.082	-87	-1.966	4	36	43
373	5.248.390	4.954.048	496.375	45,9	970	-148	-2.114	8	46	35
374	5.248.572	4.953.049	496.249	46,9	999	-126	-2.240	7	14	45
375	5.248.462	4.952.070	496.130	47,9	979	-119	-2.359	6	58	54
376	5.248.484	4.951.126	496.000	48,8	944	-130	-2.489	7	54	56
377	5.248.510	4.950.138	495.835	49,8	988	-165	-2.654	9	36	49
378	5.248.558	4.949.131	495.719	50,8	1.007	-116	-2.770	6	36	53
379	5.248.608	4.948.219	495.575	51,7	912	-144	-2.914	9	5	5
380	5.248.603	4.947.066	495.436	52,9	1.153	-139	-3.053	6	55	27
381	5.248.647	4.946.164	495.322	53,8	902	-114	-3.167	7	15	39
382	5.248.643	4.945.261	495.245	54,7	903	-77	-3.244	4	53	30
383	5.248.640	4.944.169	495.114	55,8	1.092	-131	-3.375	6	53	24
384	5.248.673	4.943.147	495.012	56,8	1.022	-102	-3.477	5	43	40
385	5.248.797	4.942.189	494.877	57,8	958	-135	-3.612	8	6	4
386	5.248.836	4.941.156	494.736	58,8	1.033	-141	-3.753	7	50	42
387	5.248.911	4.940.257	494.632	59,7	899	-104	-3.857	6	38	35
388	5.248.918	4.939.208	494.539	60,8	1.049	-93	-3.950	5	5	11
389	5.248.875	4.938.218	494.423	61,7	990	-116	-4.066	6	43	44
390	5.248.872	4.937.216	494.278	62,8	1.002	-145	-4.211	8	19	14
391	5.248.926	4.936.180	494.197	63,8	1.036	-81	-4.292	4	29	3
392	5.248.919	4.935.244	494.092	64,7	936	-105	-4.397	6	26	27
393	5.248.825	4.934.272	493.978	65,7	972	-114	-4.511	6	44	7
394	5.248.873	4.933.313	493.930	66,7	959	-48	-4.559	2	52	8
395	5.248.894	4.932.244	493.801	67,7	1.069	-129	-4.688	6	55	52
396	5.248.834	4.931.291	493.703	68,7	953	-98	-4.786	5	54	8
397	5.248.914	4.930.305	493.601	69,7	986	-102	-4.888	5	56	16
398	5.248.847	4.929.332	493.509	70,6	973	-92	-4.980	5	25	32
399	5.248.950	4.928.312	493.417	71,7	1.020	-92	-5.072	5	10	30
400	5.248.893	4.927.286	493.282	72,7	1.026	-135	-5.207	7	33	39
401	5.248.889	4.926.373	493.184	73,6	913	-98	-5.305	6	9	43
402	5.248.836	4.925.262	493.075	74,7	1.111	-109	-5.414	5	37	49
403	5.248.823	4.924.301	492.980	75,7	961	-95	-5.509	5	40	24
404	5.248.893	4.923.339	492.936	76,6	962	-44	-5.553	2	37	17
405	5.248.932	4.922.279	492.806	77,7	1.060	-130	-5.683	7	2	40
406	5.248.898	4.921.372	492.741	78,6	907	-65	-5.748	4	6	35
407	5.248.925	4.919.367	492.548	80,6	2.005	-193	-5.941	5	31	26
408	5.248.904	4.917.448	492.401	82,5	1.919	-147	-6.088	4	23	36
409	5.248.909	4.916.396	492.342	83,6	1.052	-59	-6.147	3	12	54
410	5.248.892	4.915.444	492.295	84,5	952	-47	-6.194	2	49	47

411	5.248.923	4.914.456	492.223	85,5	988	-72	-6.266	4	10	45
412	5.248.892	4.912.424	492.073	87,5	2.032	-150	-6.416	4	14	0
413	5.248.974	4.910.435	491.971	89,5	1.989	-102	-6.518	2	56	22
414	5.248.930	4.908.447	491.883	91,5	1.988	-88	-6.606	2	32	13
415	5.248.945	4.906.447	491.820	93,5	2.000	-63	-6.669	1	48	18
416	5.248.930	4.903.535	491.723	96,4	2.912	-97	-6.766	1	54	32
417	5.248.946	4.901.432	491.710	98,5	2.103	-13	-6.779	0	21	15
418	5.248.993	4.895.518	491.650	104,45	5914	-60	-6.839	0	34	52,7

**Perfil Topográfico de Detalle N° 5****Orientación: N320°****Cota: 629 msnm**

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
1	4.999.342	4.996.837	499.850	0			0			
2	4.999.649	4.991.868	499.603	5,0	4.969	-247	-247	2	50	57
3	5.000.017	4.985.945	499.038	10,9	5.923	-565	-812	5	28	26
4	5.000.332	4.982.041	498.831	14,8	3.904	-207	-1.019	3	2	22
5	5.000.407	4.981.055	498.774	15,8	986	-57	-1.076	3	18	51
6	5.000.462	4.980.074	498.720	16,8	981	-54	-1.130	3	9	20
7	5.000.522	4.979.103	498.629	17,7	971	-91	-1.221	5	22	39
8	5.000.573	4.978.103	498.539	18,7	1.000	-90	-1.311	5	9	49
9	5.000.642	4.977.170	498.476	19,7	933	-63	-1.374	3	52	18
10	5.000.677	4.976.194	498.380	20,6	976	-96	-1.470	5	38	41
11	5.000.712	4.975.214	498.282	21,6	980	-98	-1.568	5	44	21
12	5.000.684	4.974.188	498.182	22,6	1.026	-100	-1.668	5	35	36
13	5.000.742	4.973.258	498.090	23,6	930	-92	-1.760	5	40	38
14	5.000.847	4.971.290	497.918	25,5	1.968	-172	-1.932	5	0	50
15	5.000.892	4.969.329	497.776	27,5	1.961	-142	-2.074	4	9	9
16	5.000.887	4.967.342	497.599	29,5	1.987	-177	-2.251	5	6	38
17	5.000.832	4.965.346	497.453	31,5	1.996	-146	-2.397	4	11	41
18	5.000.722	4.963.357	497.337	33,5	1.989	-116	-2.513	3	20	36
19	5.000.624	4.961.359	497.238	35,5	1.998	-99	-2.612	2	50	25
20	5.000.572	4.959.371	497.181	37,5	1.988	-57	-2.669	1	38	35
21	5.000.535	4.957.345	497.133	39,5	2.026	-48	-2.717	1	21	27
22	5.000.526	4.955.368	497.079	41,5	1.977	-54	-2.771	1	33	55
23	5.000.533	4.953.361	497.013	43,5	2.007	-66	-2.837	1	53	4
24	5.000.578	4.951.348	496.938	45,5	2.013	-75	-2.912	2	8	7
25	5.000.553	4.949.406	496.785	47,4	1.942	-153	-3.065	4	31	7
26	5.000.573	4.948.377	496.698	48,5	1.029	-87	-3.152	4	51	0
27	5.000.507	4.947.411	496.586	49,4	966	-112	-3.264	6	39	29
28	5.000.418	4.946.386	496.467	50,5	1.025	-119	-3.383	6	40	1
29	5.000.335	4.945.439	496.314	51,4	947	-153	-3.536	9	17	51
30	5.000.279	4.944.429	496.207	52,4	1.010	-107	-3.643	6	4	53

31	5.000.214	4.943.441	496.059	53,4	988	-148	-3.791	8	36	55
32	5.000.187	4.942.453	495.973	54,4	988	-86	-3.877	4	59	37
33	5.000.190	4.941.476	495.846	55,4	977	-127	-4.004	7	28	8
34	5.000.173	4.940.396	495.769	56,4	1.080	-77	-4.081	4	5	18
35	5.000.237	4.939.459	495.637	57,4	937	-132	-4.213	8	5	55
36	5.000.216	4.938.501	495.581	58,3	958	-56	-4.269	3	21	4
37	5.000.198	4.936.482	495.436	60,4	2.019	-145	-4.414	4	7	6
38	5.000.178	4.935.523	495.367	61,3	959	-69	-4.483	4	7	34
39	5.000.128	4.934.454	495.290	62,4	1.069	-77	-4.560	4	7	50
40	5.000.108	4.933.456	495.240	63,4	998	-50	-4.610	2	52	18
41	5.000.088	4.932.453	495.194	64,4	1.003	-46	-4.656	2	37	43
42	5.000.067	4.931.507	495.135	65,3	946	-59	-4.715	3	34	33
43	5.000.027	4.930.508	495.064	66,3	999	-71	-4.786	4	4	32
44	5.000.006	4.929.521	495.027	67,3	987	-37	-4.823	2	8	54
45	4.999.968	4.928.536	494.973	68,3	985	-54	-4.877	3	8	34
46	4.999.920	4.927.511	494.901	69,3	1.025	-72	-4.949	4	1	41
47	4.999.887	4.926.514	494.866	70,3	997	-35	-4.984	2	0	42
48	4.999.847	4.925.520	494.797	71,3	994	-69	-5.053	3	58	50
49	4.999.840	4.924.535	494.738	72,3	985	-59	-5.112	3	26	2
50	4.999.839	4.924.026	494.731	72,8	509	-7	-5.119	0	47	17
51	4.999.849	4.923.525	494.735	73,3	501	4	-5.115	-1	32	33
52	4.999.842	4.923.029	494.723	73,8	496	-12	-5.127	1	23	11
53	4.999.807	4.922.534	494.706	74,3	495	-17	-5.144	1	58	5
54	4.999.823	4.922.037	494.673	74,8	497	-33	-5.177	3	48	26
55	4.999.792	4.921.548	494.639	75,3	489	-34	-5.211	3	59	13
56	4.999.808	4.920.983	494.601	75,9	565	-38	-5.249	3	51	23
57	4.999.777	4.920.486	494.577	76,4	497	-24	-5.273	2	46	4
58	4.999.777	4.920.008	494.562	76,8	478	-15	-5.288	1	47	54
59	4.999.762	4.919.513	494.554	77,3	495	-8	-5.296	0	55	34
60	4.999.758	4.918.545	494.502	78,3	968	-52	-5.348	3	4	46
61	4.999.709	4.917.572	494.436	79,3	973	-66	-5.414	3	53	22
62	4.999.669	4.916.556	494.405	80,3	1.016	-31	-5.445	1	44	54
63	4.999.562	4.915.542	494.336	81,3	1.014	-69	-5.514	3	54	7
64	4.999.558	4.914.566	494.306	82,3	976	-30	-5.544	1	45	41
65	4.999.628	4.913.580	494.267	83,3	986	-39	-5.583	2	16	1
66	4.999.605	4.911.589	494.183	85,2	1.991	-84	-5.667	2	25	5
67	4.999.535	4.909.577	494.127	87,3	2.012	-56	-5.723	1	35	42
68	4.999.524	4.907.563	494.030	89,3	2.014	-97	-5.820	2	45	38
69	4.999.613	4.905.554	493.955	91,3	2.009	-75	-5.895	2	8	22
70	4.999.472	4.896.364	493.682	100,5	9.190	-273	-6.168	1	42	8

Perfil Topográfico de Detalle N° 6

Orientación: N320°

Cota: 631 msnm

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
423	4.788.710	5.001.135	501.694				0			
424	4.788.645	5.000.128	501.715	1,0	1.007	21	21	-2	48	18
425	4.788.661	4.998.203	501.731	2,9	1.925	16	37	-1	31	26
426	4.788.496	4.996.195	501.751	4,9	2.008	20	57	-1	25	46
427	4.788.452	4.995.133	501.792	6,0	1.062	41	98	-3	47	15
428	4.788.503	4.993.208	501.813	7,9	1.925	21	119	-1	22	30
429	4.788.713	4.991.190	501.898	9,9	2.018	85	204	-3	35	9
430	4.788.699	4.989.229	501.916	11,9	1.961	18	222	-1	28	27
431	4.788.781	4.986.217	501.964	14,9	3.012	48	270	-1	5	13
432	4.788.968	4.983.237	501.994	17,9	2.980	30	300	-1	25	23
433	4.789.012	4.981.232	502.011	19,9	2.005	17	317	-1	30	51
434	4.789.085	4.979.243	502.052	21,9	1.989	41	358	-2	49	8
435	4.789.180	4.977.283	502.077	23,9	1.960	25	383	-1	16	9
436	4.789.257	4.975.287	502.131	25,8	1.996	54	437	-2	26	59
437	4.789.326	4.973.309	502.130	27,8	1.978	-1	436	0	1	44
438	4.789.483	4.971.329	502.195	29,8	1.980	65	501	-2	7	7
439	4.789.504	4.969.293	502.225	31,8	2.036	30	531	-1	9	21
440	4.789.704	4.966.316	502.306	34,8	2.977	81	612	-2	26	27
441	4.789.841	4.964.307	502.357	36,8	2.009	51	663	-2	32	43
442	4.789.909	4.963.319	502.381	37,8	988	24	687	-2	36	29
443	4.790.070	4.961.327	502.453	39,8	1.992	72	759	-3	55	43
444	4.790.130	4.960.367	502.482	40,8	960	29	788	-2	16	8
445	4.790.241	4.959.321	502.488	41,8	1.046	6	794	-1	40	17
446	4.790.252	4.958.301	502.523	42,8	1.020	35	829	-2	2	1
447	4.790.345	4.957.345	502.528	43,8	956	5	834	-1	42	1
448	4.790.384	4.956.316	502.463	44,8	1.029	-65	769	3	37	18
449	4.790.488	4.955.334	502.422	45,8	982	-41	728	2	23	34
450	4.790.520	4.954.267	502.367	46,9	1.067	-55	673	2	57	17
451	4.790.536	4.953.265	502.312	47,9	1.002	-55	618	3	8	48
452	4.790.565	4.952.326	502.203	48,8	939	-109	509	6	39	58
453	4.790.666	4.951.307	502.110	49,8	1.019	-93	416	5	14	11
454	4.790.724	4.950.324	501.986	50,8	983	-124	292	7	14	49
455	4.790.803	4.949.355	501.875	51,8	969	-111	181	6	34	40
456	4.790.774	4.948.373	501.758	52,8	982	-117	64	6	50	34
457	4.790.829	4.947.313	501.620	53,8	1.060	-138	-74	7	28	50
458	4.790.881	4.946.334	501.514	54,8	979	-106	-180	6	12	57
459	4.790.873	4.945.384	501.387	55,8	950	-127	-307	7	40	57
460	4.790.906	4.944.411	501.309	56,7	973	-78	-385	4	35	53
461	4.790.930	4.943.509	501.200	57,6	902	-109	-494	6	56	27
462	4.790.979	4.942.380	501.181	58,8	1.129	-19	-513	0	57	51
463	4.791.055	4.940.641	501.125	60,5	1.739	-56	-569	1	50	43
464	4.791.130	4.939.389	501.182	61,7	1.252	57	-512	-3	23	26
465	4.791.254	4.938.302	501.232	62,8	1.087	50	-462	-3	21	49

466	4.791.255	4.937.437	501.284	63,7	865	52	-410	-4	33	13
467	4.791.339	4.936.363	501.363	64,8	1.074	79	-331	-5	46	54
468	4.791.392	4.935.354	501.422	65,8	1.009	59	-272	-4	38	52
469	4.791.359	4.934.503	501.514	66,6	851	92	-180	-7	47	37
470	4.791.482	4.933.438	501.566	67,7	1.065	52	-128	-3	12	5
471	4.791.500	4.932.444	501.617	68,7	994	51	-77	-3	3	32
472	4.791.555	4.931.254	501.687	69,9	1.190	70	-7	-4	37	40
473	4.791.544	4.930.456	501.749	70,7	798	62	55	-5	32	38
474	4.791.611	4.929.438	501.794	71,7	1.018	45	100	-3	27	59
475	4.791.611	4.928.486	501.841	72,6	952	47	147	-3	10	13
476	4.791.741	4.927.435	501.814	73,7	1.051	-27	120	1	28	19
477	4.791.750	4.926.454	501.798	74,7	981	-16	104	0	56	4
478	4.791.807	4.924.382	501.699	76,8	2.072	-99	5	2	44	19
479	4.792.034	4.922.466	501.578	78,7	1.916	-121	-116	3	37	15
480	4.792.127	4.921.456	501.482	79,7	1.010	-96	-212	5	27	15
481	4.792.230	4.920.494	501.376	80,6	962	-106	-318	6	19	34
482	4.792.261	4.918.538	501.235	82,6	1.956	-141	-459	4	8	2
483	4.792.357	4.917.486	501.160	83,6	1.052	-75	-534	4	5	18
484	4.792.371	4.916.498	501.064	84,6	988	-96	-630	5	34	34
485	4.792.434	4.915.563	501.030	85,6	935	-34	-664	2	5	2
486	4.792.525	4.914.546	500.968	86,6	1.017	-62	-726	3	29	42
487	4.792.599	4.913.530	500.928	87,6	1.016	-40	-766	2	15	23
488	4.792.619	4.912.547	500.862	88,6	983	-66	-832	3	50	59
489	4.792.727	4.911.600	500.801	89,5	947	-61	-893	3	41	36
490	4.792.765	4.910.557	500.768	90,6	1.043	-33	-926	1	48	47
491	4.792.879	4.909.570	500.731	91,6	987	-37	-963	2	8	54
492	4.792.856	4.908.557	500.703	92,6	1.013	-28	-991	1	35	2
493	4.792.968	4.907.295	500.632	93,8	1.262	-71	-1.062	3	13	31
494	4.793.002	4.906.638	500.574	94,5	657	-58	-1.120	5	3	53
495	4.793.053	4.905.577	500.540	95,6	1.061	-34	-1.154	1	50	11
496	4.793.118	4.904.608	500.499	96,5	969	-41	-1.195	2	25	30
497	4.793.130	4.903.616	500.422	97,5	992	-77	-1.272	4	27	7
498	4.793.896	4.891.896	499.900	109,2	11.720	-522	-1.794	2	33	10
499	4.793.678	4.887.777	499.803	113,4	4.119	-97	-1.891	1	20	58
500	4.793.699	4.882.124	499.706	119,0	5.653	-97	-1.988	0	58	59
501	4.794.241	4.878.606	499.623	122,5	3.518	-83	-2.071	1	21	7
502	4.794.598	4.873.709	499.498	127,4	4.897	-125	-2.196	1	27	46
503	4.795.439	4.866.744	499.379	134,4	6.965	-119	-2.315	0	58	44
504	4.796.225	4.857.381	499.375	143,8	9.363	-4	-2.319	0	1	28
505	4.797.052	4.849.895	499.296	151,2	7.486	-79	-2.398	0	36	17
506	4.797.931	4.840.699	499.219	160,4	9.196	-77	-2.475	0	28	47
507	4.799.117	4.832.404	499.063	168,7	8.295	-156	-2.631	1	4	39
508	4.799.793	4.816.083	498.712	185,1	16.321	-351	-2.982	1	13	56
509	4.801.582	4.800.902	498.232	200,2	15.181	-480	-3.462	1	48	43
510	4.802.779	4.789.400	497.710	211,7	11.502	-522	-3.984	2	36	4

## Perfil Topográfico de Detalle N°7

Orientación: N320°

Cota: 632 msnm

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
563	3.811.521	4.999.965	510.610				0			
564	3.811.326	4.998.944	510.569	1,0	1.021	-41	-41	2	18	5
565	3.811.199	4.997.950	510.543	2,0	994	-26	-67	1	29	56
566	3.811.054	4.996.001	510.474	4,0	1.949	-69	-136	2	1	44
567	3.810.920	4.993.994	510.376	6,0	2.007	-98	-234	2	47	56
568	3.810.683	4.992.001	510.301	8,0	1.993	-75	-309	2	9	24
569	3.810.556	4.990.033	510.239	9,9	1.968	-62	-371	1	48	19
570	3.810.395	4.987.999	510.177	12,0	2.034	-62	-433	1	44	48
571	3.810.268	4.985.987	510.095	14,0	2.012	-82	-515	2	20	9
572	3.810.131	4.984.040	510.028	15,9	1.947	-67	-582	1	58	19
573	3.810.104	4.983.032	510.000	16,9	1.008	-28	-610	1	35	30
574	3.810.045	4.982.045	509.956	17,9	987	-44	-654	2	33	18
575	3.810.030	4.981.031	509.919	18,9	1.014	-37	-691	2	5	28
576	3.809.904	4.980.023	509.894	19,9	1.008	-25	-716	1	25	16
577	3.809.878	4.979.051	509.850	20,9	972	-44	-760	2	35	40
578	3.809.794	4.977.024	509.779	22,9	2.027	-71	-831	2	0	26
579	3.809.796	4.976.037	509.738	23,9	987	-41	-872	2	22	51
580	3.809.734	4.975.039	509.678	24,9	998	-60	-932	3	26	48
581	3.809.744	4.974.059	509.611	25,9	980	-67	-999	3	55	13
582	3.809.735	4.973.030	509.540	26,9	1.029	-71	-1.070	3	57	23
583	3.809.714	4.972.048	509.499	27,9	982	-41	-1.111	2	23	34
584	3.809.747	4.971.037	509.451	28,9	1.011	-48	-1.159	2	43	17
585	3.809.716	4.970.084	509.414	29,9	953	-37	-1.196	2	13	30
586	3.809.738	4.969.098	509.394	30,9	986	-20	-1.216	1	9	44
587	3.809.699	4.968.098	509.372	31,9	1.000	-22	-1.238	1	15	38
588	3.809.670	4.967.083	509.334	32,9	1.015	-38	-1.276	2	8	44
589	3.809.713	4.966.112	509.289	33,9	971	-45	-1.321	2	39	23
590	3.809.642	4.965.053	509.263	34,9	1.059	-26	-1.347	1	24	25
591	3.809.692	4.964.043	509.241	35,9	1.010	-22	-1.369	1	14	53
592	3.809.676	4.963.037	509.216	36,9	1.006	-25	-1.394	1	25	26
593	3.809.630	4.962.031	509.169	37,9	1.006	-47	-1.441	2	40	40
594	3.809.651	4.961.010	509.101	39,0	1.021	-68	-1.509	3	49	8
595	3.809.681	4.960.048	509.058	39,9	962	-43	-1.552	2	33	43
596	3.809.575	4.959.026	509.029	40,9	1.022	-29	-1.581	1	37	34
597	3.809.614	4.958.042	509.005	41,9	984	-24	-1.605	1	23	51
598	3.809.610	4.957.018	508.947	42,9	1.024	-58	-1.663	3	14	49
599	3.809.535	4.956.058	508.904	43,9	960	-43	-1.706	2	34	2
600	3.809.466	4.955.089	508.876	44,9	969	-28	-1.734	1	39	21

601	3.809.469	4.954.015	508.773	46,0	1.074	-103	-1.837	5	30	12
602	3.809.356	4.953.085	508.764	46,9	930	-9	-1.846	0	33	16
603	3.809.306	4.952.036	508.726	47,9	1.049	-38	-1.884	2	4	34
604	3.809.294	4.951.065	508.678	48,9	971	-48	-1.932	2	50	1
605	3.809.315	4.949.111	508.606	50,9	1.954	-72	-2.004	2	6	42
606	3.809.293	4.948.096	508.562	51,9	1.015	-44	-2.048	2	29	4
607	3.809.289	4.947.047	508.509	52,9	1.049	-53	-2.101	2	53	46
608	3.809.230	4.946.112	508.480	53,9	935	-29	-2.130	1	46	39
609	3.809.225	4.944.069	508.396	55,9	2.043	-84	-2.214	2	21	23
610	3.809.239	4.942.078	508.289	57,9	1.991	-107	-2.321	3	4	50
611	3.809.229	4.941.054	508.256	58,9	1.024	-33	-2.354	1	50	48
612	3.809.207	4.940.082	508.195	59,9	972	-61	-2.415	3	35	53
613	3.809.185	4.939.039	508.170	60,9	1.043	-25	-2.440	1	22	25
614	3.809.217	4.938.088	508.095	61,9	951	-75	-2.515	4	31	24
615	3.809.205	4.937.069	508.042	62,9	1.019	-53	-2.568	2	58	53
616	3.809.175	4.936.136	507.983	63,8	933	-59	-2.627	3	37	32
617	3.809.115	4.935.060	507.913	64,9	1.076	-70	-2.697	3	43	48
618	3.809.169	4.934.016	507.860	65,9	1.044	-53	-2.750	2	54	36
619	3.809.158	4.933.075	507.838	66,9	941	-22	-2.772	1	20	23
620	3.809.200	4.932.071	507.763	67,9	1.004	-75	-2.847	4	17	3
621	3.809.168	4.931.068	507.726	68,9	1.003	-37	-2.884	2	6	51
622	3.809.192	4.930.106	507.708	69,9	962	-18	-2.902	1	4	20
623	3.809.177	4.929.082	507.659	70,9	1.024	-49	-2.951	2	44	34
624	3.809.128	4.928.074	507.630	71,9	1.008	-29	-2.980	1	38	55
625	3.809.158	4.927.100	507.563	72,9	974	-67	-3.047	3	56	40
626	3.809.181	4.926.133	507.485	73,8	967	-78	-3.125	4	37	36
627	3.809.174	4.925.093	507.433	74,9	1.040	-52	-3.177	2	51	58
628	3.809.186	4.924.132	507.397	75,8	961	-36	-3.213	2	8	49
629	3.809.159	4.923.085	507.324	76,9	1.047	-73	-3.286	3	59	53
630	3.809.063	4.922.187	507.284	77,8	898	-40	-3.326	2	33	11
631	3.809.096	4.921.124	507.228	78,8	1.063	-56	-3.382	3	1	11
632	3.809.141	4.920.127	507.190	79,8	997	-38	-3.420	2	11	4
633	3.809.169	4.919.180	507.154	80,8	947	-36	-3.456	2	10	43
634	3.809.126	4.918.138	507.147	81,8	1.042	-7	-3.463	0	23	6
635	3.809.096	4.917.158	507.102	82,8	980	-45	-3508	2	37	55
636	3.809.116	4.916.148	507.065	83,8	1.010	-37	-3.545	2	5	58
637	3.809.123	4.915.193	507.031	84,8	955	-34	-3.579	2	2	25
638	3.809.130	4.914.147	506.964	85,8	1.046	-67	-3.646	3	40	21
639	3.809.138	4.913.212	506.906	86,8	935	-58	-3.704	3	33	23
640	3.809.070	4.911.180	506.755	88,8	2.032	-151	-3.855	4	15	42
641	3.809.091	4.909.148	506.638	90,8	2.032	-117	-3.972	3	18	3
642	3.809.118	4.908.141	506.592	91,8	1.007	-46	-4.018	2	37	6
643	3.809.166	4.907.186	506.513	92,8	955	-79	-4.097	4	44	42
644	3.809.139	4.906.195	506.422	93,8	991	-91	-4.188	5	16	7
645	3.809.143	4.904.195	506.280	95,8	2.000	-142	-4.330	4	4	17



646	3.809.181	4.903.191	506.212	96,8	1.004	-68	-4.398	3	53	1
647	3.809.198	4.902.187	506.100	97,8	1.004	-112	-4.510	6	24	18
648	3.809.202	4.901.243	505.982	98,7	944	-118	-4.628	7	10	51
649	3.809.132	4.900.261	505.781	99,7	982	-201	-4.829	11	48	40
650	3.809.196	4.899.060	505.711	100,9	1.201	-70	-4.899	3	20	29
651	3.809.229	4.898.175	505.527	101,8	885	-184	-5.083	11	59	60
652	3.809.207	4.897.093	505.392	102,9	1.082	-135	-5.218	7	10	3
653	3.809.217	4.896.197	505.253	103,8	896	-139	-5357	8	55	28
654	3.809.288	4.895.205	505.179	104,8	992	-74	-5.431	4	16	41
655	3.809.190	4.894.145	505.129	105,8	1.060	-50	-5.481	2	42	13
656	3.809.205	4.893.182	505.083	106,8	963	-46	-5.527	2	44	16
657	3.809.147	4.891.973	504.990	108,0	1.209	-93	-5.620	4	24	42
658	3.809.135	4.890.170	504.939	109,8	1.803	-51	-5.671	1	37	15
659	3.809.162	4.889.162	504.901	110,8	1.008	-38	-5.709	2	9	38
660	3.809.184	4.888.121	504.857	111,8	1.041	-44	-5.753	2	25	21
661	3.809.269	4.887.174	504.799	112,8	947	-58	-5.811	3	30	41
662	3.809.224	4.886.181	504.704	113,8	993	-95	-5.906	5	29	24
663	3.809.259	4.885.122	504.667	114,8	1.059	-37	-5.943	2	0	8
664	3.809.298	4.884.225	504.536	115,7	897	-131	-6.074	8	23	52
665	3.809.238	4.883.182	504.473	116,8	1.043	-63	-6.137	3	27	47
666	3.809.216	4.882.184	504.364	117,8	998	-109	-6.246	6	16	13
667	3.809.229	4.881.251	504.283	118,7	933	-81	-6.327	4	58	50
668	3.809.205	4.880.207	504.188	119,8	1.044	-95	-6.422	5	13	15
669	3.809.226	4.879.195	504.136	120,8	1.012	-52	-6.474	2	56	43
670	3.809.224	4.878.200	504.067	121,8	995	-69	-6.543	3	58	35
671	3.809.217	4.877.196	503.969	122,8	1.004	-98	-6.641	5	36	6
672	3.809.201	4.876.189	503.898	123,8	1.007	-71	-6.712	4	2	35
673	3.809.163	4.875.184	503.788	124,8	1.005	-110	-6.822	6	17	2
674	3.809.219	4.874.190	503.727	125,8	994	-61	-6.883	3	31	6
675	3.809.242	4.873.220	503.636	126,7	970	-91	-6.974	5	22	59
676	3.809.214	4.872.208	503.568	127,8	1.012	-68	-7.042	3	51	10
677	3.809.161	4.871.241	503.510	128,7	967	-58	-7.100	3	26	19
678	3.809.152	4.870.262	503.433	129,7	979	-77	-7.177	4	30	40
679	3.809.054	4.869.235	503.360	130,7	1.027	-73	-7.250	4	4	34
680	3.808.919	4.868.288	503.276	131,7	947	-84	-7.334	5	5	20
681	3.808.960	4.867.308	503.181	132,7	980	-95	-7.429	5	33	47
682	3.808.930	4.866.250	503.111	133,7	1.058	-70	-7.499	3	47	37
683	3.808.902	4.865.250	503.051	134,7	1.000	-60	-7.559	3	26	23
684	3.808.954	4.864.264	502.984	135,7	986	-67	-7.626	3	53	47
685	3.808.850	4.863.229	502.951	136,7	1.035	-33	-7.659	1	49	38
686	3.808.888	4.862.270	502.899	137,7	959	-52	-7.711	3	6	30
687	3.808.846	4.861.310	502.874	138,7	960	-25	-7.736	1	29	32
688	3.808.889	4.860.224	502.850	139,7	1.086	-24	-7.760	1	15	59
689	3.808.801	4.859.317	502.816	140,6	907	-34	-7.794	2	8	54
690	3.808.787	4.858.297	502.784	141,7	1.020	-32	-7.826	1	47	52

691	3.808.879	4.857.305	502.741	142,7	992	-43	-7.869	2	29	4
692	3.808.818	4.856.297	502.714	143,7	1.008	-27	-7.896	1	32	6
693	3.808.795	4.855.281	502.647	144,7	1.016	-67	-7.963	3	46	52
694	3.808.753	4.854.284	502.611	145,7	997	-36	-7.999	2	4	9
695	3.808.776	4.853.318	502.594	146,6	966	-17	-8.016	1	0	30
696	3.808.806	4.852.345	502.558	147,6	973	-36	-8.052	2	7	13
697	3.808.844	4.851.370	502.514	148,6	975	-44	-8.096	2	35	12
698	3.808.812	4.850.315	502.455	149,7	1.055	-59	-8.155	3	12	21
699	3.808.827	4.849.305	502.384	150,7	1.010	-71	-8.226	4	1	52
700	3.808.839	4.848.333	502.322	151,6	972	-62	-8.288	3	39	26
701	3.808.783	4.847.295	502.232	152,7	1.038	-90	-8.378	4	58	27
702	3.808.761	4.846.386	502.173	153,6	909	-59	-8.437	3	43	17
703	3.808.784	4.845.342	502.086	154,6	1.044	-87	-8.524	4	46	49
704	3.808.816	4.844.340	502.033	155,6	1.002	-53	-8.577	3	1	55
705	3.808.853	4.843.295	501.954	156,7	1.045	-79	-8.656	4	20	8
706	3.808.929	4.842.237	501.879	157,7	1.058	-75	-8.731	4	3	54
707	3.808.901	4.841.299	501.814	158,7	938	-65	-8.796	3	58	25
708	3.808.892	4.840.268	501.742	159,7	1.031	-72	-8.868	4	0	16
709	3.808.859	4.839.281	501.696	160,7	987	-46	-8.914	2	40	17
710	3.808.895	4.838.344	501.665	161,6	937	-31	-8.945	1	53	45
711	3.808.944	4.837.367	501.589	162,6	977	-76	-9.021	4	27	41
712	3.808.859	4.836.314	501.541	163,7	1.053	-48	-9.069	2	36	46
713	3.808.915	4.835.224	501.476	164,7	1.090	-65	-9.134	3	25	7
714	3.808.800	4.834.338	501.468	165,6	886	-8	-9.142	0	31	2
715	3.808.829	4.833.344	501.417	166,6	994	-51	-9.193	2	56	28
716	3.808.756	4.832.328	501.354	167,6	1.016	-63	-9.256	3	33	18
717	3.808.767	4.831.390	501.303	168,6	938	-51	-9.307	3	7	0
718	3.808.773	4.830.350	501.279	169,6	1.040	-24	-9.331	1	19	20
719	3.808.761	4.829.397	501.229	170,6	953	-50	-9.381	3	0	27
720	3.808.747	4.828.379	501.161	171,6	1.018	-68	-9.449	3	49	48
721	3.808.728	4.827.375	501.133	172,6	1.004	-28	-9.477	1	35	53
722	3.808.768	4.826.349	501.093	173,6	1.026	-40	-9.517	2	14	4
723	3.808.764	4.824.349	501.014	175,6	2.000	-79	-9.596	2	15	50
724	3.808.698	4.822.393	500.958	177,6	1.956	-56	-9.652	1	38	26
725	3.808.712	4.821.364	500.903	178,6	1.029	-55	-9.707	3	3	50
726	3.808.687	4.820.341	500.850	179,6	1.023	-53	-9.760	2	58	11
727	3.808.664	4.819.359	500.815	180,6	982	-35	-9.795	2	2	33
728	3.808.574	4.818.401	500.789	181,6	958	-26	-9.821	1	33	19
729	3.808.653	4.817.390	500.765	182,6	1.011	-24	-9.845	1	21	37
730	3.808.652	4.816.409	500.720	183,6	981	-45	-9.890	2	37	45
731	3.808.649	4.815.440	500.698	184,5	969	-22	-9.912	1	18	3
732	3.808.622	4.814.438	500.658	185,5	1.002	-40	-9.952	2	17	16
733	3.808.651	4.813.398	500.652	186,6	1.040	-6	-9.958	0	19	50
734	3.808.618	4.812.454	500.617	187,5	944	-35	-9.993	2	7	29
735	3.808.599	4.810.461	500.574	189,5	1.993	-43	10.036	1	14	11

736	3.808.585	4.808.412	500.517	191,6	2.049	-57	10.093	1	35	39
737	3.808.534	4.806.426	500.446	193,5	1.986	-71	10.164	2	2	56
738	3.808.537	4.805.444	500.418	194,5	982	-28	10.192	1	38	2
739	3.808.562	4.804.449	500.394	195,5	995	-24	10.216	1	22	56
740	3.808.503	4.803.433	500.372	196,5	1.016	-22	10.238	1	14	27
741	3.808.483	4.802.429	500.345	197,5	1.004	-27	10.265	1	32	28
742	3.808.514	4.801.499	500.301	198,5	930	-44	10.309	2	42	42
743	3.808.636	4.800.278	500.263	199,7	1.221	-38	10.347	1	47	0
744	3.808.719	4.799.344	500.212	200,6	934	-51	10.398	3	7	48
745	3.808.813	4.798.237	500.201	201,7	1.107	-11	10.409	0	34	10
746	3.808.685	4.797.437	500.171	202,5	800	-30	10.439	2	8	57
747	3.808.620	4.796.512	500.183	203,5	925	12	10.427	-1	15	24
748	3.808.689	4.795.586	500.174	204,4	926	-9	10.436	0	33	25
749	3.808.730	4.795.575	500.171	204,4	11	-3	10.439	15	49	36
750	3.808.699	4.794.220	500.124	205,7	1.355	-47	10.486	1	59	16
751	3.808.714	4.793.245	500.122	206,7	975	-2	10.488	0	7	3
752	3.808.779	4.792.201	500.118	207,8	1.044	-4	10.492	0	13	10
753	3.808.771	4.791.102	500.076	208,9	1.099	-42	10.534	2	11	25
754	3.808.740	4.790.158	500.065	209,8	944	-11	10.545	0	40	4
755	3.808.824	4.789.220	500.021	210,7	938	-44	10.589	2	41	19
756	3.808.812	4.788.186	499.978	211,8	1.034	-43	10.632	2	23	0
757	3.808.825	4.787.214	499.935	212,8	972	-43	10.675	2	32	8
758	3.808.824	4.786.209	499.897	213,8	1.005	-38	10.713	2	10	1
759	3.808.878	4.785.213	499.875	214,8	996	-22	10.735	1	15	56
760	3.808.917	4.784.214	499.816	215,8	999	-59	10.794	3	23	9
761	3.808.875	4.783.230	499.768	216,7	984	-48	10.842	2	47	46
762	3.808.860	4.782.181	499.719	217,8	1.049	-49	10.891	2	40	38
763	3.808.861	4.781.227	499.672	218,7	954	-47	10.938	2	49	26

764	3.808.948	4.780.212	499.626	219,8	1.015	-46	10.984	2	35	51
765	3.808.953	4.779.193	499.584	220,8	1.019	-42	11.026	2	21	44
766	3.808.880	4.778.199	499.539	221,8	994	-45	11.071	2	35	41
767	3.808.926	4.777.767	499.468	222,2	432	-71	11.142	9	27	35
768	3.808.918	4.777.273	499.444	222,7	494	-24	11.166	2	47	5
769	3.809.044	4.776.248	499.422	223,7	1.025	-22	11.188	1	13	47
770	3.809.042	4.775.762	499.371	224,2	486	-51	11.239	6	1	25
771	3.809.058	4.775.231	499.350	224,7	531	-21	11.260	2	15	59
772	3.809.061	4.774.265	499.297	225,7	966	-53	11.313	3	8	42
773	3.809.087	4.773.768	499.248	226,2	497	-49	11.362	5	39	29
774	3.809.133	4.773.224	499.243	226,7	544	-5	11.367	0	31	36
775	3.809.151	4.772.704	499.215	227,3	520	-28	11.395	3	5	12
776	3.809.124	4.772.223	499.172	227,7	481	-43	11.438	5	7	44
777	3.809.047	4.771.289	499.097	228,7	934	-75	11.513	4	36	21
778	3.809.083	4.770.805	499.054	229,2	484	-43	11.556	5	5	49
779	3.809.085	4.770.289	498.990	229,7	516	-64	11.620	7	7	29
780	3.809.075	4.769.821	498.943	230,1	468	-47	11.667	5	45	50
781	3.809.045	4.769.288	498.919	230,7	533	-24	11.691	2	34	51
782	3.808.995	4.768.774	498.895	231,2	514	-24	11.715	2	40	35
783	3.809.044	4.768.294	498.870	231,7	480	-25	11.740	2	59	8
784	3.809.039	4.767.300	498.763	232,7	994	-107	11.847	6	10	47
785	3.808.958	4.766.743	498.733	233,2	557	-30	11.877	3	5	15
786	3.808.983	4.766.301	498.680	233,7	442	-53	11.930	6	53	13
787	3.808.881	4.765.734	498.636	234,2	567	-44	11.974	4	27	3
788	3.808.947	4.765.342	498.567	234,6	392	-69	12.043	10	8	17
789	3.808.916	4.764.821	498.462	235,1	521	-105	12.148	11	37	36
790	3.808.988	4.764.335	498.439	235,6	486	-23	12.171	2	42	45
791	3.808.903	4.763.283	498.331	236,7	1.052	-108	12.279	5	53	33

792	3.808.879	4.762.359	498.282	237,6	924	-49	12.328	3	2	23
793	3.809.007	4.761.334	498.200	238,6	1.025	-82	12.410	4	35	19
794	3.809.008	4.760.383	498.132	239,6	951	-68	12.478	4	6	1
795	3.808.917	4.759.386	498.037	240,6	997	-95	12.573	5	28	4
796	3.808.894	4.758.402	497.985	241,6	984	-52	12.625	3	1	45
797	3.808.979	4.757.399	497.893	242,6	1.003	-92	12.717	5	15	46
798	3.808.985	4.756.363	497.849	243,6	1.036	-44	12.761	2	26	3
799	3.808.934	4.755.342	497.777	244,6	1.021	-72	12.833	4	2	38
800	3.808.948	4.754.387	497.684	245,6	955	-93	12.926	5	35	18
801	3.808.984	4.753.407	497.628	246,6	980	-56	12.982	3	16	33
802	3.808.952	4.752.401	497.549	247,6	1.006	-79	13.061	4	30	14
803	3.808.955	4.751.471	497.493	248,5	930	-56	13.117	3	27	8
804	3.808.885	4.749.444	497.379	250,5	2.027	-114	13.231	3	13	27
805	3.808.984	4.747.389	497.273	252,6	2.055	-106	13.337	2	57	24
806	3.808.975	4.745.414	497.207	254,6	1.975	-66	13.403	1	54	54
807	3.808.964	4.742.424	497.092	257,5	2.990	-115	13.518	2	12	15
808	3.809.060	4.740.356	497.030	259,6	2.068	-62	13.580	1	43	5
809	3.809.019	4.738.306	496.951	261,7	2.050	-79	13.659	2	12	31
810	3.809.058	4.736.345	496.876	263,6	1.961	-75	13.734	2	11	31
811	3.809.079	4.734.339	496.817	265,6	2.006	-59	13.793	1	41	7
812	3.809.181	4.732.357	496.782	267,6	1.982	-35	13.828	1	0	43
813	3.809.178	4.730.386	496.760	269,6	1.971	-22	13.850	0	38	22
814	3.809.257	4.728.423	496.711	271,5	1.963	-49	13.899	1	25	49
815	3.809.297	4.725.428	496.615	274,5	2.995	-96	13.995	1	50	13
816	3.809.148	4.722.358	496.516	277,6	3.070	-99	14.094	1	50	53
817	3.809.303	4.719.544	496.518	280,4	2.814	2	14.092	-1	57	33

Cota: 632 msnm

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
512	4.237.462	5.036.927	501.316				0			
513	4.237.798	5.035.953	501.317	1,9	1.934	6	6	-1	49	20
514	4.238.346	5.034.067	501.277	4,0	2.067	15	21	-1	35	3
515	4.238.845	5.032.101	501.290	6,0	1.988	10	31	-1	42	42
516	4.239.352	5.030.253	501.259	8,0	2.002	37	68	-2	56	28
517	4.239.868	5.028.292	501.209	10,0	2.026	69	137	-2	2	54
518	4.240.645	5.025.423	501.213	12,0	1.979	-49	88	1	25	8
519	4.241.157	5.023.513	501.095	13,9	1.927	92	180	-3	15	49
520	4.241.684	5.021.606	501.095	16,0	2.027	0	180	0	0	0
521	4.241.956	5.020.571	501.149	17,9	1.979	78	258	-3	44	28
522	4.242.578	5.018.769	501.033	20,0	2.067	-1	257	0	1	40
523	4.243.174	5.016.850	500.997	21,9	1.908	51	257	-2	28	6
524	4.243.731	5.014.956	501.008	25,6	3.650	-6	509	0	5	39
525	4.244.205	5.013.168	500.945	28,9	3.391	74	416	-2	44	58
526	4.244.906	5.011.066	500.915	32,2	3.262	19	292	-1	39	59
527	4.245.449	5.009.188	500.879	35,9	3.695	114	181	-2	13	55
528	4.246.175	5.007.309	500.880	40,9	5.015	25	64	-1	42	52
529	4.246.698	5.005.353	500.812	42,9	1.961	-6	-74	0	10	31
530	4.247.237	5.003.433	500.775	46,0	3.079	46	-180	-1	8	38
531	4.248.055	5.000.580	500.752	48,9	2.970	-37	-307	0	42	50
532	4.248.684	4.998.677	500.720	50,9	1.969	60	-385	-2	15	14
533	4.249.187	4.996.809	500.690	53,9	3.047	-45	-494	0	50	46
534	4.249.989	4.993.859	500.665	55,9	1.976	89	-513	-3	25	7
535	4.250.642	4.991.945	500.677	57,9	1.948	4	-569	-1	52	56
536	4.251.299	4.990.109	500.680	59,9	1.986	62	-512	-2	12	40
537	4.251.679	4.988.170	500.688	61,8	1.954	59	-462	-2	16	11
538	4.252.316	4.986.273	500.696	66,7	4.891	109	-410	-2	43	23
539	4.253.019	4.984.439	500.686	72,7	6.016	38	-331	-1	38	17
540	4.253.598	4.982.482	500.689	79,7	6.975	102	-272	-1	9	44
541	4.254.221	4.980.580	500.634	83,6	3.889	32	-180	-1	31	43
542	4.254.923	4.978.725	500.616	86,6	3.070	132	-128	-3	32	9
543	4.255.509	4.976.786	500.625	88,4	1.780	45	-77	-2	33	5
544	4.256.033	4.974.923	500.623	90,5	2.113	78	-7	-3	53	4
545	4.256.582	4.972.919	500.628	91,5	958	26	55	-2	26	41
546	4.257.729	4.969.117	500.582	93,6	2.073	39	100	-2	55	19
547	4.258.460	4.966.232	500.516	94,5	963	53	147	-4	50	42
548	4.259.087	4.964.312	500.475	95,5	991	-4	120	0	13	53
549	4.259.641	4.962.395	500.465	96,5	1.015	-5	104	0	16	56
550	4.260.126	4.960.455	500.469	97,6	1.028	-74	5	4	7	41
551	4.260.736	4.958.591	500.472	98,5	951	55	64	-4	41	4
552	4.261.242	4.956.601	500.462	99,5	1.022	-82	-74	4	36	7

553	4.261.776	4.954.693	500.458	103,9	4.328	656	-180	-9	16	55
554	4.262.458	4.952.813	500.484	106,7	2.803	40	-307	-1	10	56
555	4.263.023	4.950.959	500.476	108,7	2.050	20	-385	-1	26	28
556	4.263.035	4.950.955	500.487	110,8	2.028	43	-494	-2	47	6
557	4.263.553	4.949.029	500.392	112,6	1.858	79	-513	-3	33	47
558	4.264.141	4.947.080	500.323	114,7	2.064	93	-569	-3	25	3
559	4.264.718	4.945.185	500.362	116,6	1.907	-46	-512	1	22	56
560	4.265.300	4.943.307	500.361	117,6	1.000	-1	-462	0	3	26
561	4.265.801	4.941.449	500.340	118,7	1.138	-3	-410	0	9	4
1179	940	1.031	500	119,6	909	38	-331	-3	36	15
1180	954	1.024	500	120,6	1.008	-9	-272	-1	31	25
1181	968	1.017	500	121,7	1.030	2	-180	-1	57	57
1182	982	1.010	500	122,6	966	65	-128	-1	51	53
1183	996	1.003	500	123,6	1.010	-5	-77	-1	45	31
1184	1.004	999	500	124,7	1.027	10	-7	-1	57	53
1185	1.006	998	500	125,7	1.005	-13	55	-1	44	16
1186	1.007	997	500	126,7	1.061	-53	100	-3	56	20
1187	1.009	996	500	127,6	876	-2	147	0	38	52
1188	1.010	995	500	128,7	1.063	-2	120	0	22	57
1189	1.011	995	500	129,7	1.024	-80	104	4	50	33
1190	1.012	994	500	130,7	954	-6	5	1	16	33
1191	1.012	994	500	131,6	960	-76	70	-18	25	45
1192	1.013	993	500	132,7	1.065	-60	-116	-23	15	49
1193	1.013	993	500	133,7	1.025	-6	-212	-14	2	9
1194	1.014	992	499	134,7	980	-69	-318	-8	22	49
1195	1.015	992	499	135,6	958	-83	-459	-8	54	1
1196	1.016	991	499	137,6	1.959	-90	-534	-3	36	2
1197	1.017	990	499	138,6	952	-52	-630	-1	17	6
1198	1.057	1.030	500	139,6	1.054	-65	-664	0	44	37
1199	1.064	1.022	500	140,6	1.008	-81	-726	-1	37	47
1200	1.075	1.015	500	141,6	980	-95	-766	-1	5	59
1201	1.085	1.008	499	142,5	909	-22	-832	-2	17	6
1202	1.090	1.004	499	143,5	1.003	-76	-893	-2	57	13
1203	1.093	1.002	499	144,5	1.038	-18	-926	-4	1	40
1204	1.095	1.000	499	145,5	988	-89	-963	-4	37	56
1205	1.097	999	499	146,5	968	-37	-991	-6	19	43
1206	1.100	996	498	147,5	994	-50	-1.062	-5	38	16
1207	1.103	992	498	148,6	1.110	-84	-1.120	-6	24	34
1208	1.106	990	498	149,5	932	-3	-1.154	-6	29	8
1209	1.110	986	498	151,5	1.937	-111	-1.195	-5	59	22
1210	1.113	984	497	153,3	1.838	-102	-1.272	-5	40	38
1211	1.117	980	497	154,4	1.086	-7	-1.794	-3	15	32
1212	1.124	975	497	155,4	988	-49	-1.891	-2	34	16
1213	1.134	973	497	156,4	993	-6	-1.988	0	9	42

## Perfil Topográfico de Detalle N° 9

Orientación: N320°

Cota: 640 msnm

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
819	4.551.733	4.999.979	501.544				0			
820	4.551.495	4.998.045	501.550	1,9	1.934	6	6	-1	49	20
821	4.551.423	4.995.978	501.565	4,0	2.067	15	21	-1	35	3
822	4.551.440	4.993.990	501.575	6,0	1.988	10	31	-1	42	42
823	4.551.423	4.991.988	501.612	8,0	2.002	37	68	-2	56	28
824	4.551.423	4.989.962	501.681	10,0	2.026	69	137	-2	2	54
825	4.551.491	4.987.983	501.632	12,0	1.979	-49	88	1	25	8
826	4.551.485	4.986.056	501.724	13,9	1.927	92	180	-3	15	49
827	4.551.471	4.984.029	501.724	16,0	2.027	0	180	0	0	0
828	4.551.471	4.982.050	501.802	17,9	1.979	78	258	-3	44	28
829	4.551.549	4.979.983	501.801	20,0	2.067	-1	257	0	1	40
830	4.551.566	4.978.075	501.852	21,9	1.908	51	308	-2	28	6
831	4.551.642	4.974.425	501.846	25,6	3.650	-6	302	0	5	39
832	4.551.645	4.971.034	501.920	28,9	3.391	74	376	-2	44	58
833	4.551.681	4.967.772	501.939	32,2	3.262	19	395	-1	39	59
834	4.551.779	4.964.077	502.053	35,9	3.695	114	509	-2	13	55
835	4.551.784	4.959.062	502.078	40,9	5.015	25	534	-1	42	52
836	4.551.887	4.957.101	502.072	42,9	1.961	-6	528	0	10	31
837	4.551.890	4.954.022	502.118	46,0	3.079	46	574	-1	8	38
838	4.551.953	4.951.052	502.081	48,9	2.970	-37	537	0	42	50
839	4.552.007	4.949.083	502.141	50,9	1.969	60	597	-2	15	14
840	4.552.070	4.946.036	502.096	53,9	3.047	-45	552	0	50	46
841	4.552.058	4.944.060	502.185	55,9	1.976	89	641	-3	25	7
842	4.552.188	4.942.112	502.189	57,9	1.948	4	645	-1	52	56
843	4.552.308	4.940.126	502.251	59,9	1.986	62	707	-2	12	40
844	4.552.440	4.938.172	502.310	61,8	1.954	59	766	-2	16	11
845	4.552.495	4.933.281	502.419	66,7	4.891	109	875	-2	43	23
846	4.552.587	4.927.265	502.457	72,7	6.016	38	913	-1	38	17
847	4.552.729	4.920.290	502.559	79,7	6.975	102	1.015	-1	9	44
848	4.552.912	4.916.401	502.591	83,6	3.889	32	1.047	-1	31	43
849	4.552.885	4.913.331	502.723	86,6	3.070	132	1.179	-3	32	9
850	4.553.045	4.911.551	502.768	88,4	1.780	45	1.224	-2	33	5
851	4.553.004	4.909.438	502.846	90,5	2.113	78	1.302	-3	53	4
852	4.553.038	4.908.480	502.872	91,5	958	26	1.328	-2	26	41
853	4.553.100	4.906.407	502.911	93,6	2.073	39	1.367	-2	55	19
854	4.553.194	4.905.444	502.964	94,5	963	53	1.420	-4	50	42
855	4.553.123	4.904.453	502.960	95,5	991	-4	1.416	0	13	53
856	4.553.153	4.903.438	502.955	96,5	1.015	-5	1.411	0	16	56
857	4.553.096	4.902.410	502.881	97,6	1.028	-74	1.337	4	7	41



858	4.553.117	4.901.459	502.936	98,5	951	55	1.392	-4	41	4
859	4.553.132	4.900.437	502.854	99,5	1.022	-82	1.310	4	36	7
860	5.247.480	4.896.109	503.510	103,9	4.328	656	1.966	-9	16	55
861	5.247.577	4.893.306	503.550	106,7	2.803	40	2.006	-1	10	56
862	5.247.621	4.891.256	503.570	108,7	2.050	20	2.026	-1	26	28
863	5.247.764	4.889.228	503.613	110,8	2.028	43	2.069	-2	47	6
864	5.247.724	4.887.370	503.692	112,6	1.858	79	2.148	-3	33	47
865	5.247.730	4.885.306	503.785	114,7	2.064	93	2.241	-3	25	3
866	5.247.780	4.883.399	503.739	116,6	1.907	-46	2.195	1	22	56
867	5.247.735	4.882.399	503.738	117,6	1.000	-1	2.194	0	3	26
868	5.247.705	4.881.261	503.735	118,7	1.138	-3	2.191	0	9	4
869	5.247.680	4.880.352	503.773	119,6	909	38	2.229	-3	36	15
870	5.247.732	4.879.344	503.764	120,6	1.008	-9	2.220	0	30	42
871	5.247.857	4.878.314	503.766	121,7	1.030	2	2.222	-1	53	19
872	5.247.998	4.877.348	503.831	122,6	966	65	2.287	-4	8	30
873	5.247.974	4.876.338	503.826	123,6	1.010	-5	2.282	0	17	1
874	5.248.043	4.875.311	503.836	124,7	1.027	10	2.292	-1	26	32
875	5.248.030	4.874.306	503.823	125,7	1.005	-13	2.279	0	44	28
876	5.248.065	4.873.245	503.770	126,7	1.061	-53	2.226	2	51	48
877	5.248.088	4.872.369	503.768	127,6	876	-2	2.224	0	7	51
878	5.248.123	4.871.306	503.766	128,7	1.063	-2	2.222	0	6	28
879	5.248.095	4.870.282	503.686	129,7	1.024	-80	2.142	4	28	51
880	5.248.113	4.869.328	503.680	130,7	954	-6	2.136	0	21	37
881	5.248.178	4.868.368	503.604	131,6	960	-76	2.060	4	32	26
882	5.248.206	4.867.303	503.544	132,7	1.065	-60	2.000	3	13	47
883	5.248.289	4.866.278	503.538	133,7	1.025	-6	1.994	0	20	7
884	5.248.337	4.865.298	503.469	134,7	980	-69	1.925	4	2	15
885	5.248.272	4.864.340	503.386	135,6	958	-83	1.842	4	58	13
886	5.248.331	4.862.381	503.296	137,6	1.959	-90	1.752	2	37	60
887	5.248.351	4.861.429	503.244	138,6	952	-52	1.700	3	7	52
888	5.248.348	4.860.375	503.179	139,6	1.054	-65	1.635	3	32	8
889	5.248.390	4.859.367	503.098	140,6	1.008	-81	1.554	4	36	33
890	5.248.572	4.858.387	503.003	141,6	980	-95	1.459	5	33	47
891	5.248.462	4.857.478	502.981	142,5	909	-22	1.437	1	23	13
892	5.248.484	4.856.475	502.905	143,5	1.003	-76	1.361	4	20	44
893	5.248.510	4.855.437	502.887	144,5	1.038	-18	1.343	0	59	37
894	5.248.558	4.854.449	502.798	145,5	988	-89	1.254	5	10	6
895	5.248.608	4.853.481	502.761	146,5	968	-37	1.217	2	11	26
896	5.248.603	4.852.487	502.711	147,5	994	-50	1.167	2	52	60
897	5.248.647	4.851.377	502.627	148,6	1.110	-84	1.083	4	20	24
898	5.248.643	4.850.445	502.624	149,5	932	-3	1.080	0	11	4
899	5.248.640	4.848.508	502.513	151,5	1.937	-111	969	3	17	7
900	5.248.673	4.846.670	502.411	153,3	1.838	-102	867	3	10	53
901	5.248.797	4.845.584	502.404	154,4	1.086	-7	860	0	22	10
902	5.248.836	4.844.596	502.355	155,4	988	-49	811	2	50	34

903	5.248.911	4.843.603	502.349	156,4	993	-6	805	0	20	46
904	5.248.918	4.842.519	502.267	157,5	1.084	-82	723	4	20	18
905	5.248.875	4.841.577	502.261	158,4	942	-6	717	0	21	54
906	5.248.872	4.840.614	502.242	159,4	963	-19	698	1	7	50
907	5.248.926	4.839.538	502.217	160,4	1.076	-25	673	1	19	53
908	5.248.919	4.838.671	502.154	161,3	867	-63	610	4	10	1
909	5.248.825	4.837.611	502.151	162,4	1060	-3	607	0	9	44
910	5.248.873	4.836.560	502.062	163,4	1.051	-89	518	4	51	28
911	5.248.894	4.835.639	502.057	164,3	921	-5	513	0	18	40
912	5.248.834	4.834.636	502.038	165,3	1.003	-19	494	1	5	8
913	5.248.914	4.833.669	501.975	166,3	967	-63	431	3	44	8
914	5.248.847	4.832.631	501.968	167,3	1.038	-7	424	0	23	11
915	5.248.950	4.830.663	501.892	169,3	1.968	-76	348	2	12	47
916	5.248.893	4.829.631	501.890	170,3	1.032	-2	346	0	6	40
917	5.248.889	4.828.784	501.828	171,2	847	-62	284	4	11	52
918	5.248.836	4.827.722	501.820	172,3	1.062	-8	276	0	25	54
919	5.248.823	4.826.739	501.818	173,2	983	-2	274	0	6	60
920	5.248.893	4.825.686	501.784	174,3	1.053	-34	240	1	51	1
921	5.248.932	4.824.678	501.721	175,3	1.008	-63	177	3	34	60
922	5.248.898	4.823.762	501.746	176,2	916	25	202	-2	26	10
923	5.248.925	4.822.680	501.739	177,3	1.082	-7	195	0	22	14
924	5.248.904	4.820.831	501.702	179,1	1.849	-37	158	1	8	48
925	5.248.909	4.818.779	501.632	181,2	2.052	-70	88	1	57	18
926	5.248.892	4.817.780	501.574	182,2	999	-58	30	3	19	42
927	5.248.923	4.816.684	501.570	183,3	1.096	-4	26	0	12	33
928	5.248.892	4.815.751	501.520	184,2	933	-50	-24	3	4	19
929	5.248.974	4.814.681	501.469	185,3	1.070	-51	-75	2	43	55
930	5.248.930	4.813.714	501.466	186,3	967	-3	-78	0	10	40
931	5.248.945	4.812.716	501.459	187,3	998	-7	-85	0	24	7
932	5.248.930	4.811.785	501.405	188,2	931	-54	-139	3	19	31
933	5.248.946	4.810.864	501.353	189,1	921	-52	-191	3	14	12
934	5.248.993	4.809.732	501.346	190,2	1.132	-7	-198	0	21	15
935	5.248.982	4.808.819	501.264	191,2	913	-82	-280	5	9	10
936	5.249.025	4.806.735	501.256	193,2	2.084	-8	-288	0	13	12
937	5.248.895	4.805.754	501.170	194,2	981	-86	-374	5	1	46
938	5.248.803	4.804.778	501.167	195,2	976	-3	-377	0	10	34
939	5.248.791	4.803.788	501.111	196,2	990	-56	-433	3	14	34
940	5.248.819	4.801.860	501.033	198,1	1.928	-78	-511	2	19	7
941	5.248.870	4.800.670	500.977	199,3	1.190	-56	-567	2	41	50
942	5.248.814	4.799.736	500.945	200,2	934	-32	-599	1	57	48
943	5.248.743	4.798.720	500.901	201,3	1.016	-44	-643	2	28	56
944	5.248.807	4.797.724	500.846	202,3	996	-55	-698	3	9	56
945	5.248.767	4.796.928	500.815	203,1	796	-31	-729	2	13	55
946	5.248.714	4.795.964	500.729	204,0	964	-86	-815	5	7	6
947	5.248.723	4.794.756	500.674	205,2	1.208	-55	-870	2	36	34

948	5.248.710	4.793.842	500.674	206,1	914	0	-870	0	0	0
949	5.248.719	4.792.875	500.669	207,1	967	-5	-875	0	17	47
950	5.248.638	4.791.953	500.570	208,0	922	-99	-974	6	9	51
951	5.248.702	4.791.237	500.538	208,7	716	-32	-1.006	2	33	42
952	5.248.600	4.790.387	500.497	209,6	850	-41	-1.047	2	45	53
953	5.248.535	4.789.336	500.445	210,6	1.051	-52	-1.099	2	50	9
954	5.248.541	4.788.135	500.412	211,8	1.201	-33	-1.132	1	34	28
955	5.248.520	4.786.922	500.358	213,1	1.213	-54	-1.186	2	33	5
956	5.248.563	4.785.892	500.352	214,1	1.030	-6	-1.192	0	20	2
957	5.248.633	4.785.061	500.267	214,9	831	-85	-1.277	5	52	15

**Perfil Topográfico de Detalle N°10****Orientación: N320°****Cota: 636 msnm**

Punto	Y	X	Z	$\Delta X$	$X_{(n)} + X_{(n-1)}$	$\Delta Z$	$\Sigma Z$	Ángulo Pendiente		
				(m)	(mm)	(mm)	(m)	Grad	Min	Seg
967	1.045	950	503				0			
968	1.044	950	503					6	36	45
969	1.044	951	503					-4	43	1
970	1.043	952	503					-10	29	2
971	1.042	952	503					0	33	3
972	1.042	953	503					-2	24	52
973	1.041	954	503					-1	10	53
974	1.041	954	503					0	21	5
975	1.040	955	503					1	9	17
976	1.040	955	503					-2	50	19
977	1.040	955	503					0	10	8
978	1.039	956	503					8	12	48
979	1.039	956	503					10	54	50
980	1.039	956	503					3	7	18
981	1.039	957	503					4	53	30
982	1.038	957	503					-3	13	24
983	1.038	957	503					-3	12	42
984	1.038	957	503					-6	27	55
985	1.038	958	503					-3	37	48
986	1.037	958	503					-10	6	11
987	1.037	958	503					-8	46	26
988	1.037	958	503					-9	54	58
989	1.037	958	503					-3	6	36
990	1.037	959	503					-4	44	4
991	1.037	959	503					0	38	25
992	1.036	959	503					0	31	41
993	1.036	959	503					-10	29	60
994	1.036	959	503					-9	14	49

995	1.036	959	503					-17	17	12
996	1.036	960	503					-9	53	23
997	1.036	960	503					-13	25	56
998	1.035	960	503					-18	45	6
999	1.035	960	503					-20	14	50
1000	1.035	961	503					-14	42	18
1001	1.035	961	503					-21	34	35
1002	1.035	961	503					-7	14	37
1003	1.034	961	503					-16	34	47
1004	1.034	961	503					-12	13	9
1005	1.034	962	503					-13	5	59
1006	1.034	962	503					-3	35	37
1007	1.034	962	503					8	30	16
1008	1.033	962	503					-8	51	55
1009	1.033	963	503					-5	4	29
1010	1.032	964	503					-4	43	44
1011	1.032	964	503					-4	22	35
1012	1.031	965	503					0	17	36
1013	1.030	966	502					-6	19	27
1014	1.030	966	502					-2	6	18
1015	1.029	967	502					-6	47	28
1016	1.028	968	502					0	39	28
1017	1.028	969	502					-2	30	57
1018	1.027	969	502					-3	23	54
1019	1.026	970	502					-5	32	2
1020	1.026	971	502					-1	46	53
1021	1.025	972	502					-3	23	29
1022	1.024	972	502					-3	33	34
1023	1.024	973	502					-1	12	44
1024	1.023	974	502					-4	9	42
1025	1.022	975	502					-4	29	30
1026	1.022	975	502					-3	1	44
1027	1.021	976	502					-3	32	33
1028	1.020	977	502					-4	21	54
1029	1.020	977	502					1	15	39
1030	1.020	978	502					-3	2	26
1031	1.020	978	502					2	43	46
1032	1.019	978	502					-2	26	14
1033	1.019	978	502					-1	4	33
1034	1.019	978	502					0	0	0
1035	1.019	979	502					-2	8	41
1036	1.019	979	502					-1	7	23
1037	1.018	979	502					2	16	11
1038	1.018	979	502					-2	43	56
1039	1.018	980	502					-4	12	10

1040	1.018	980	502					-1	42	6
1041	1.018	980	502					-3	28	36
1042	1.017	980	502					-7	7	18
1043	1.017	980	502					-16	55	29
1044	1.017	980	502					2	50	53
1045	1.017	981	502					0	0	0
1046	1.017	981	502					-7	33	29
1047	1.017	981	502					-5	10	46
1048	1.016	981	502					-9	1	6
1049	1.016	982	502					-7	48	32
1050	1.016	982	502					-8	30	57
1051	1.016	982	502					-2	53	34
1052	1.016	982	502					-10	28	22
1053	1.015	982	502					-9	33	2
1054	1.015	983	502					-3	39	39
1055	1.015	983	502					-2	5	23
1056	1.015	983	502					-10	16	10
1057	1.015	983	502					-6	28	39
1058	1.014	984	502					-9	55	30
1059	1.014	984	502					-9	8	0
1060	1.014	984	502					-10	10	58
1061	1.014	984	501					-18	57	60
1062	1.014	984	501					-11	59	52
1063	1.014	985	501					-10	55	45
1064	1.013	985	501					-18	1	21
1065	1.013	985	501					-11	11	35
1066	1.013	985	501					-6	5	39
1067	1.012	986	501					-8	17	41
1068	1.012	986	501					-5	7	16
1069	1.012	987	501					-6	23	27
1070	1.011	987	501					-8	52	54
1071	1.011	987	501					-2	7	34
1072	1.010	988	501					-2	16	48
1073	1.010	989	501					-4	53	51
1074	1.009	990	501					-4	26	27
1075	1.008	990	501					-5	19	9
1076	1.008	991	501					-4	22	30
1077	1.007	992	501					-4	19	52
1078	1.007	993	501					-7	28	48
1079	1.006	993	501					-7	43	5
1080	1.005	994	501					-6	55	44
1081	1.004	995	501					-4	2	34
1082	1.004	995	500					-8	7	39
1083	1.003	996	500					-7	16	13
1084	1.002	997	500					-5	12	26

1085	1.002	998	500					-5	43	1
1086	997	1.004	499					-8	55	4
1087	995	1.005	499					-5	54	14
1088	994	1.007	499					-5	9	53
1089	993	1.008	499					-4	5	44
1090	993	1.008	499					-5	30	43
1091	992	1.009	499					-9	38	21
1092	991	1.010	499					-5	3	46
1093	991	1.011	499					-5	17	50
1094	990	1.011	499					-5	56	46
1095	990	1.012	499					-9	20	22
1096	989	1.013	499					-7	44	19
1097	988	1.014	499					-8	50	17
1098	988	1.014	498					-9	20	42
1099	988	1.014	498					-7	18	19
1100	987	1.015	498					-4	16	23
1101	987	1.015	498					-4	51	20
1102	987	1.015	498					-9	57	25
1103	987	1.015	498					-10	34	55
1104	987	1.016	498					-9	34	40
1105	986	1.016	498					-11	45	35
1106	986	1.016	498					-8	29	28
1107	986	1.016	498					-9	14	6
1108	986	1.017	498					-8	58	30
1109	985	1.017	498					-14	50	51
1110	985	1.017	498					-5	51	49
1111	985	1.017	498					-10	57	32
1112	985	1.018	498					-12	30	53
1113	984	1.018	498					-10	49	43
1114	984	1.018	498					-11	39	17
1115	984	1.019	498					-3	1	20
1116	984	1.019	498					-4	53	47
1117	983	1.019	498					-5	38	31
1118	983	1.020	498					-14	30	5
1119	983	1.020	498					-3	7	5
1120	983	1.020	498					-7	35	5
1121	982	1.021	498					-15	43	17
1122	982	1.021	498					-7	14	15
1123	982	1.021	498					-12	27	47
1124	981	1.022	497					-7	49	56
1125	981	1.022	497					-9	31	32
1126	981	1.022	497					-5	1	33
1127	981	1.023	497					-7	2	17
1128	980	1.023	497					-15	38	56
1129	980	1.023	497					-7	9	46

1130	980	1.024	497					-8	13	7
1131	979	1.025	497					-9	57	30
1132	979	1.025	497					-6	44	46
1133	978	1.026	497					-7	30	49
1134	977	1.027	497					-4	59	25
1135	977	1.028	497					-6	13	10
1136	976	1.028	497					-3	13	53
1137	975	1.029	497					-2	14	23
1138	975	1.030	497					-4	59	34
1139	974	1.030	497					-1	2	28
1140	974	1.031	497					-2	28	59
1141	974	1.031	497					1	0	46
1142	973	1.032	497					1	9	17
1143	973	1.032	497					-2	9	5
1144	973	1.032	497					1	12	38
1145	973	1.032	497					1	19	2
1146	973	1.032	497					3	53	49
1147	972	1.032	497					1	2	8
1148	972	1.033	497					-10	53	53
1149	972	1.033	497					-7	30	17
1150	972	1.033	497					-12	59	18
1151	972	1.033	497					-14	51	48
1152	972	1.033	497					-14	4	11
1153	971	1.034	496					-23	34	23
1154	971	1.034	496					-29	3	1
1155	971	1.034	496					-25	11	40
1156	971	1.034	496					-25	58	28
1157	971	1.034	496					-32	24	43
1158	971	1.034	496					-34	37	59
1159	971	1.034	496					-13	56	20
1160	971	1.035	496					-16	41	57
1161	970	1.035	496					-14	43	29
1162	970	1.035	496					-12	14	22
1163	970	1.035	496					-5	52	53
1164	970	1.035	496					-6	57	5
1165	970	1.036	496					-4	16	37
1166	969	1.036	496					-9	16	51
1167	969	1.036	496					-10	30	15
1168	969	1.037	496					-11	11	3
1169	968	1.038	496					-8	11	12
1170	968	1.038	495					-14	39	27
1171	967	1.039	495					-12	17	11
1172	966	1.040	495					-10	16	6
1173	965	1.041	495					-8	30	31
1174	964	1.043	495					-8	10	5

1175	962	1.044	495					-6	12	54
1176	961	1.046	495					-3	51	25
1177	960	1.047	495					1	50	55
1178	954	1.055	494					-2	12	33