



## Rampa oblicua en el frente orogénico sur-peruano: El ejemplo de Camisea (estructura Saniri)

Edwing Rolindo Tejada<sup>1</sup>, Martín Iribarne<sup>2</sup>, Santiago Grosso<sup>1</sup>, y Alfredo Disalvo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pluspetrol Peru ([etejada@pluspetrol.net](mailto:etejada@pluspetrol.net), [sgrosso@pluspetrol.net](mailto:sgrosso@pluspetrol.net))

<sup>2</sup> Pluspetrol Argentina ([miribarne@pluspetrol.net](mailto:miribarne@pluspetrol.net), [adisalvo@pluspetrol.net](mailto:adisalvo@pluspetrol.net))

### RESUMEN

El borde este de la Cordillera de los Andes (*fault thrust belt frontal zone*) en la región de Camisea, sur de Perú, presenta un sistema de pliegues y cabalgamientos (*thrust system*) neógenos antitéticos a la subducción, con vergencia hacia el norte y noreste, originados por la tectónica compresiva que afectó el antepaís andino. Las estructuras están controladas por fallas inversas de sobre-escurrimiento regional y local así como también por fallas fuera de secuencia, fallas de acomodación, retro-corrimientos, rampas laterales y oblicuas.

El análisis del corrimiento principal y fallas

secundarias de las estructuras Mipaya, Saniri, Pagoreni Oeste y Pagoreni principal, en los cubos sísmicos 3D por PSTM y PSDM, aporta nueva información para mejorar la comprensión de estructuras frontales complejas de configuración múltiple (estructuras imbricantes, dúplex, estructuras con ejes tangenciales a la vergencia de las fallas principales, etc.) desarrolladas por rampas laterales u oblicuas del corrimiento principal, zonas de transferencia de acortamiento, o una combinación de ambas.

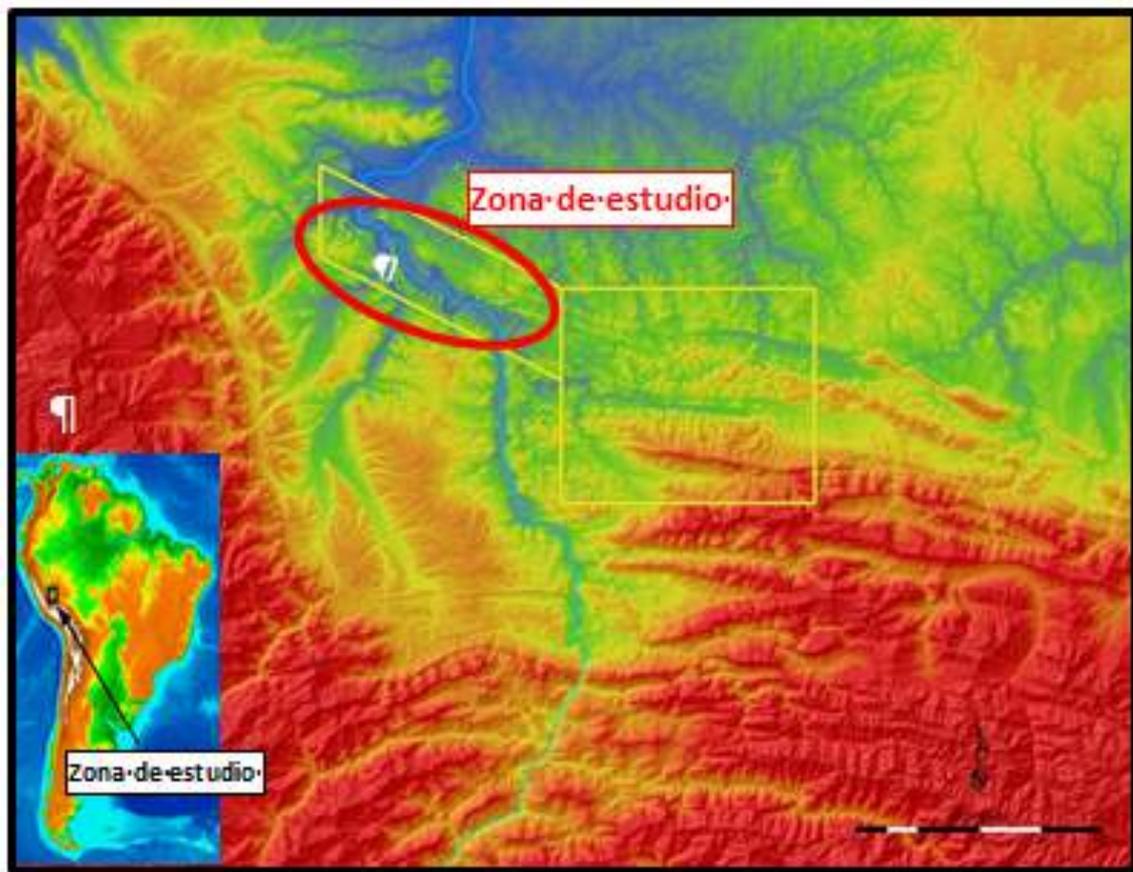
### 1. Introducción

El acortamiento de la cadena de los Andes se desarrolló hacia el este en la cuenca de antepaís bajo la forma de estructuras imbricadas, anticlinales de rampa, o pliegues de propagación de falla. Las estructuras del área de Camisea constituyen el frente de deformación subandino mejor explorado del Perú. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de estructuras con geometrías diferentes a las perpendiculares a la orientación de transporte o de deformación de la zona. Por lo tanto este trabajo intenta comprender mejor la evolución lateral de este tipo de estructuras frontales complejas.

La zona de estudio se ubica en el área de Camisea, más

precisamente en el bloque 56 operado por Pluspetrol, que está ubicado aproximadamente a 430 km al sureste de Lima en la provincia de la Convención de la región Cusco (Fig. 1). Este área tiene una longitud aproximada de 40 km y un ancho de 10 km.

Las estructuras involucradas en este estudio (Figs. 1, 5) se ubican en la zona externa de la faja plegada y fallada (*fault and thrust belt*) de la zona subandina del sur de Perú. Se analizaron por medio de sísmica 3D - 2D y datos de pozos. Ellas corresponden de oeste a este a los anticlinales de Mipaya, Saniri, Pagoreni Oeste y Pagoreni Principal (Fig. 5).



**Figura 1.** Imagen DEM (SRTM – Gtopo 30 – NASA) con la localización de la zona de estudio. Los bloques 56 y 88 operados por Pluspetrol están delineados en amarillo.

## 2. Estratigrafía

Esta sección presenta las series sedimentarias implicadas en la deformación subandina. Se reconocen 6 ciclos sedimentarios (Fig. 2), que además de ser episodios distintos en la historia geológica de la cuenca, tienen diferentes comportamientos con respecto a la deformación (Disalvo et al., 2003):

1. Ciclo Ordovícico: Limolitas y areniscas muy finas. Estas rocas son rígidas y se comportan de manera solidaria con el basamento granítico.

2. Ciclo pre-Silúrico: Areniscas de color castaño rojizo, depositadas en una cuenca distensiva. Presentan espesores irregulares.

3. Ciclo Silúrico-Devónico: Dominado por sedimentos finos. Su sección basal constituye el nivel de despegue inferior del área, desde donde se originaron la mayoría de las fallas de corrimiento (Fig. 2).

4. Ciclo Carbónico-Pérmico: Se trata de un intervalo importante por contener reservorios, areniscas, calizas y pelitas calcáreas que se caracterizan por su alta rigidez. Cercano a su base existe otro importante nivel de discordancia.

5. Ciclo Cretácico: Es también un intervalo importante por contener reservorios. Consiste de areniscas y pelitas de aproximadamente 500 m de espesor. En general son rocas competentes con un nivel plástico cercano a su techo, donde la trayectoria de las fallas puede modificarse.

6. Ciclo Terciario: Moladas producidas por el levantamiento de la Cordillera de los Andes. Los sedimentos de este ciclo pueden estar vinculados al crecimiento de las estructuras.

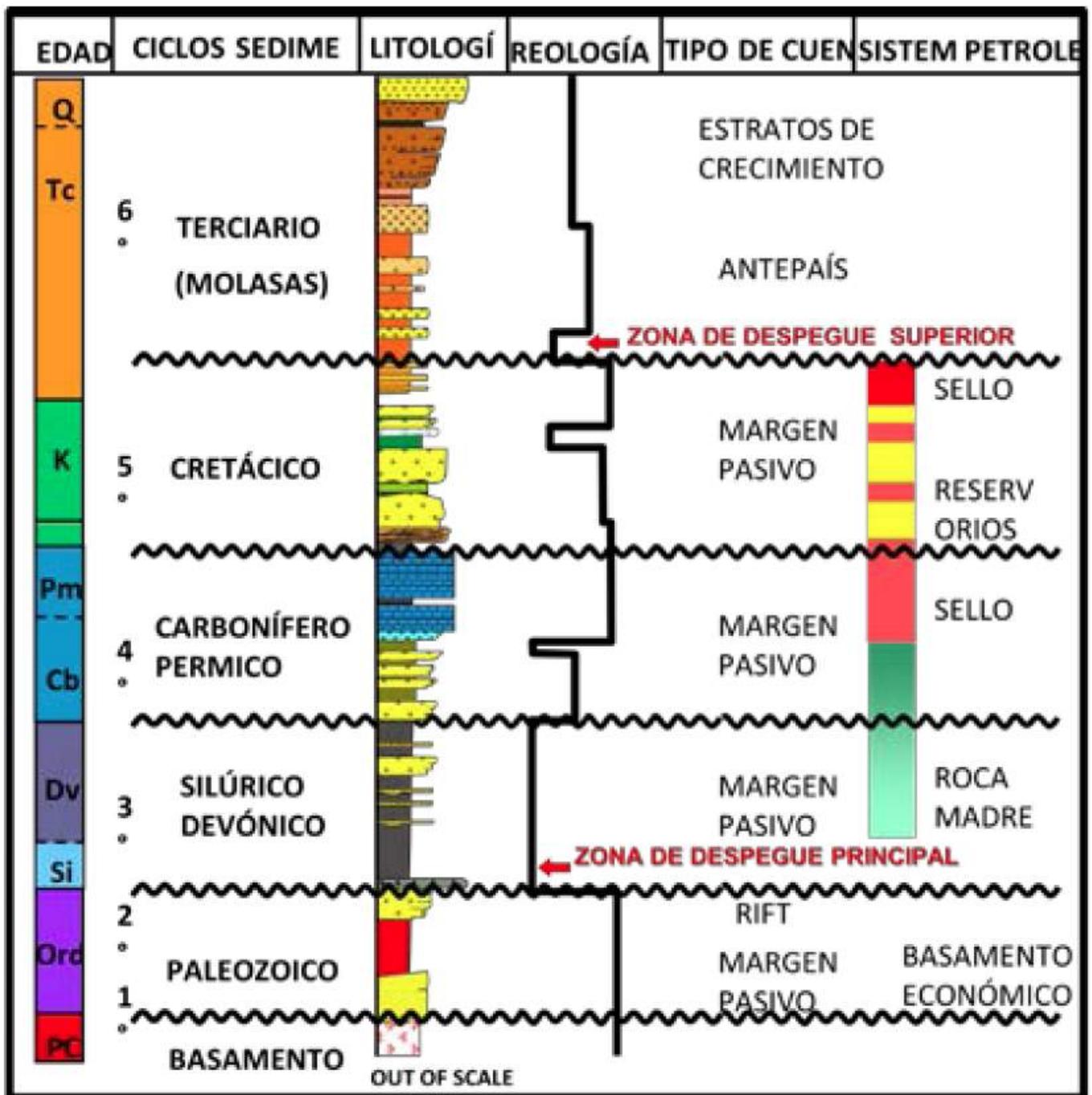


Figura 2. Columna estratigráfica de la zona de Camisea, incluyendo análisis de fragilidad y ductibilidad de las diferentes formaciones (modificado de Disalvo et al., 2002).

### 3. Estructura Saniri

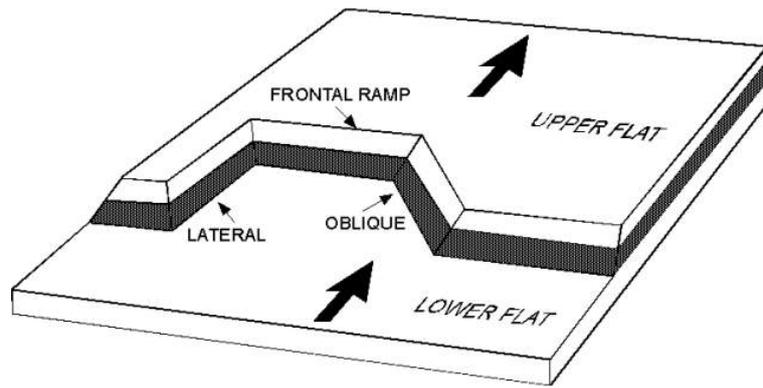
Esta estructura se desarrolló por una rampa oblicua. Los términos rampa lateral y rampa oblicua fueron usados por Boyer and Elliot (1982), Butler (1982), and Hossack (1983) para describir una rampa tectónica que es paralela u oblicua a la dirección de transporte del corrimiento regional (Fig. 3).

Las rampas laterales y oblicuas pueden estar relacionadas a cambios estratigráficos (A) y/o zonas de transferencia de acortamiento (B) (Howard et al., 2001).

A: Las rampas laterales se pueden localizar en zonas donde existen cambios estratigráficos en el nivel de

despegue de una falla inversa a lo largo del rumbo (cambios laterales). Esto difiere de las rampas frontales que son zonas donde el cambio estratigráfico en el nivel de despegue es perpendicular al rumbo (cambios frontales) (Fig. 3).

B: Las rampas laterales y oblicuas también podrían estar relacionadas a la disminución del desplazamiento de una falla en alguno de sus límites, o en el caso de que exista transferencia de acortamiento a otra falla y ésta se efectue vía una rampa lateral u oblicua. Esta definición se ajusta mejor al origen de la estructura Saniri.

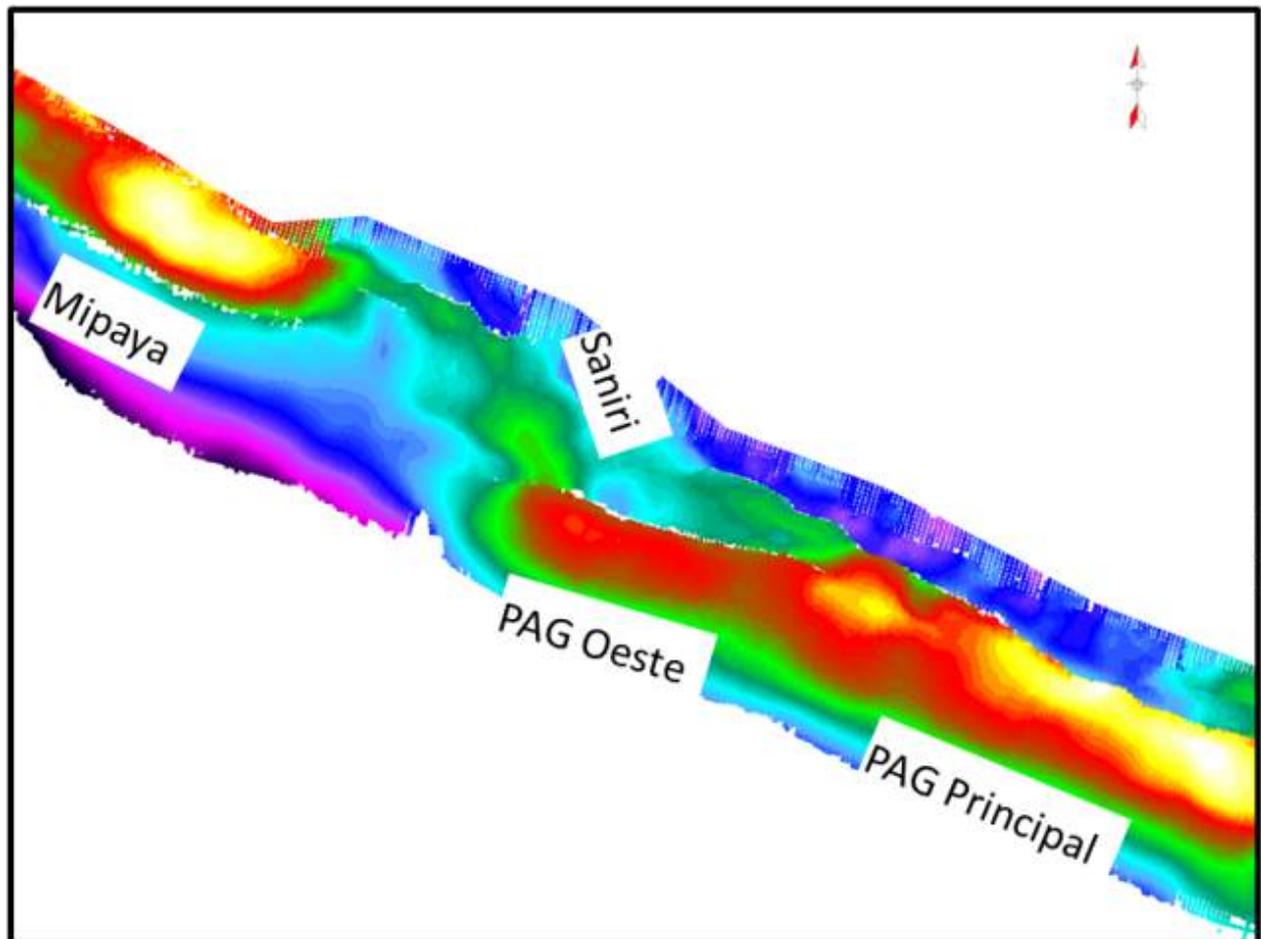


**Figura 3.** Diagrama de una rampa frontal, lateral y oblicua (Dixon et al., 2004).

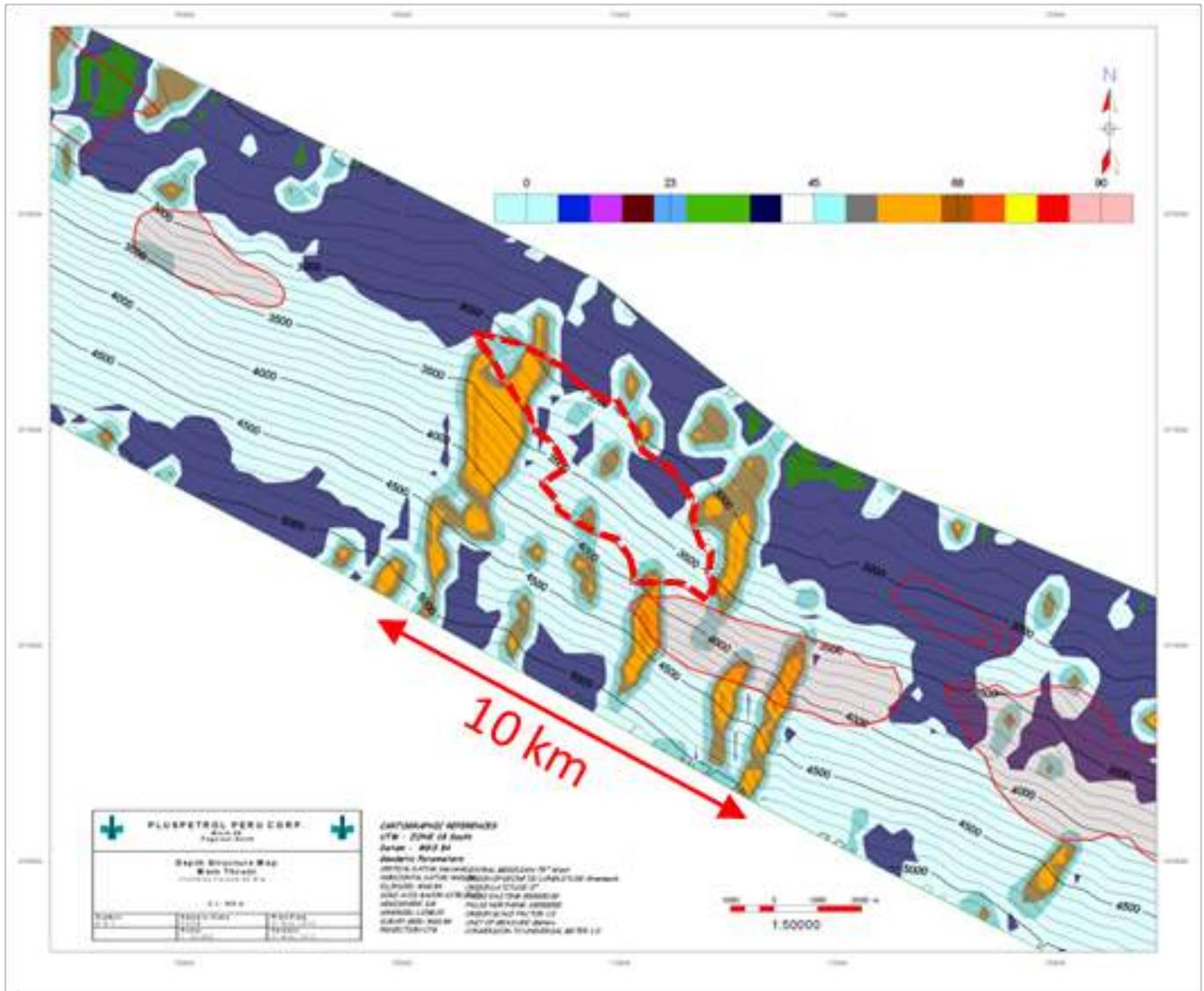
Las estructuras en el bloque alto son un reflejo de la geometría del sistema de rampa. La parte cabalgante genera prominentes estructuras en sus culminaciones, en asociación con rampas frontales laterales y oblicuas.

Las rampas laterales y también las rampas oblicuas generan complejos patrones de juxtaposición de unidades entre el bloque alto y el bloque bajo. La evolución estructural, estratigráfica, y sus relaciones, afecta las vías de migración de fluidos y el potencial de entrapamiento (Dixon et al., 2004).

La metodología que se utilizó para reconocer la rampa oblicua que pudo haber generado la estructura Saniri consistió en mapear el corrimiento principal y comparar su geometría con las geometrías observadas en las estructuras anticlinales. Se identificó una estructura con orientación oblicua a la dirección de transporte regional (Figs. 4, 5), como queda evidenciado por los cubos sísmicos PSTM Y PSDM que se utilizaron en este análisis.



**Figura 4.** Mapa estructural del corrimiento principal de Camisea (contornos) en el área del bloque 56 (área de estudio), subyaciendo un mapa de buzamiento y orientación del corrimiento principal (colores). Las estructuras Pagoreni principal, Pagoreni Oeste y Mipaya están representadas en polígonos rojos, la estructura Saniri en líneas punteadas negras.



**Figura 5.** Mapa estructural en profundidad al tope de la Formación Noi. Este mapa muestra claramente la orientación de las estructuras involucradas en este estudio.

En el bloque 56, de este a oeste, encontramos las estructuras Pagoreni Principal con una orientación ONO-ESE, Pagoreni Oeste con una orientación ONO-ESE, Saniri con una orientación NO-SE, y Mipaya con una orientación ONO-ESE (Figs. 4, 5).

#### 4. Evidencia sísmica

Se usó sísmica 3D en tiempo y en profundidad para evaluar la naturaleza de la rampa oblicua de Saniri. En este trabajo se muestran dos perfiles: una *inline* NNE-SSO (Fig. 6), y una *crossline* ONO-ESE (Fig. 7).

En el *inline* (Fig. 6) se puede identificar fácilmente el corrimiento principal (en azul) que fue mapeado en la Figura 4 y 8. También se aprecia otra falla (en rosado) que

podría ser una falla conjugada que se muestra como un caballo my localizado con extensión horizontal similar a la amplitud de la rampa oblicua.

El *crossline* (Fig. 7) probablemente sea la imagen donde se puede identificar mejor la rampa oblicua en azul, que involucra una longitud horizontal en la dirección del *crossline* de 10 km aproximadamente y una diferencia en la vertical (es decir la diferencia de la intersección de la rampa frontal con la *crossline* de análisis) de 1150 m aproximadamente (Fig. 7).

Al mapear el corrimiento principal de Camisea en la zona de estudio, se puede observar que éste sufre una dislocación notoria (rampa oblicua) en el área de Saniri. Si tomamos como referencia la cota 3400 m en la rampa frontal de Mipaya, ésta se encuentra 2100 m al norte de la misma cota en la rampa frontal de Pagoreni Oeste (Fig. 8).

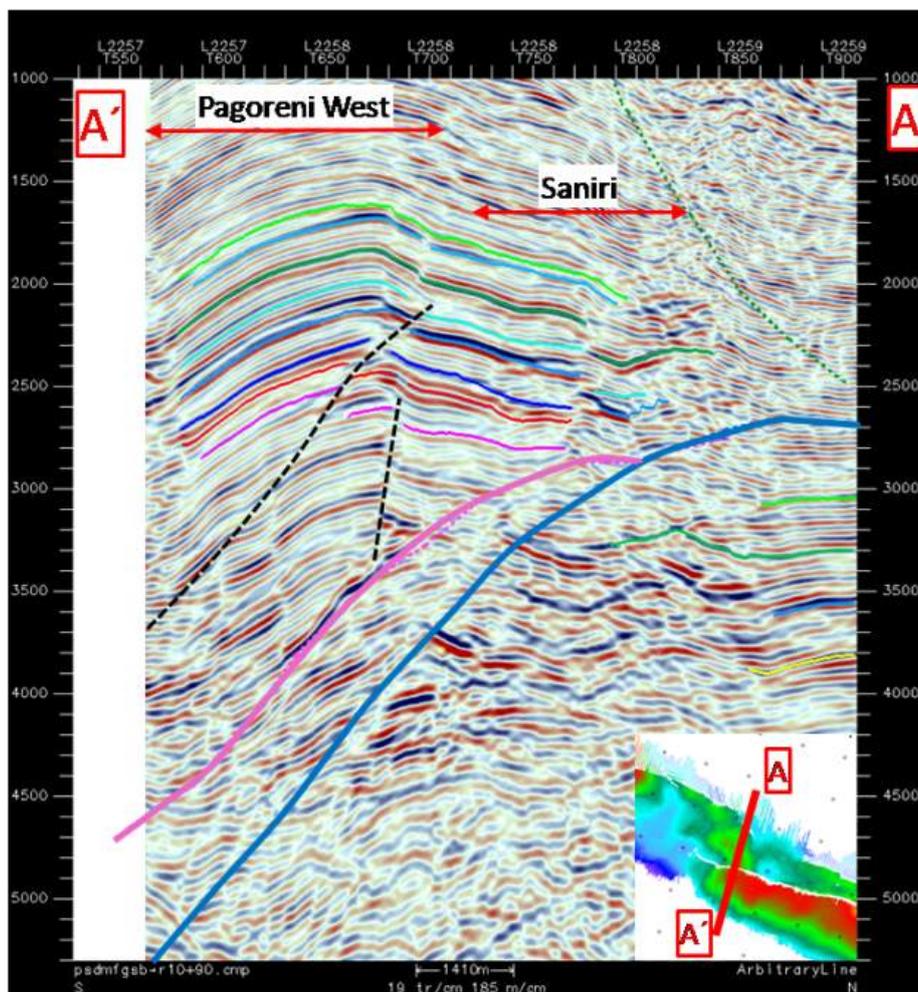


Figura 6. Inline de la zona de estudio que muestra el *main thrust* en azul y las fallas conjugadas en rosado.

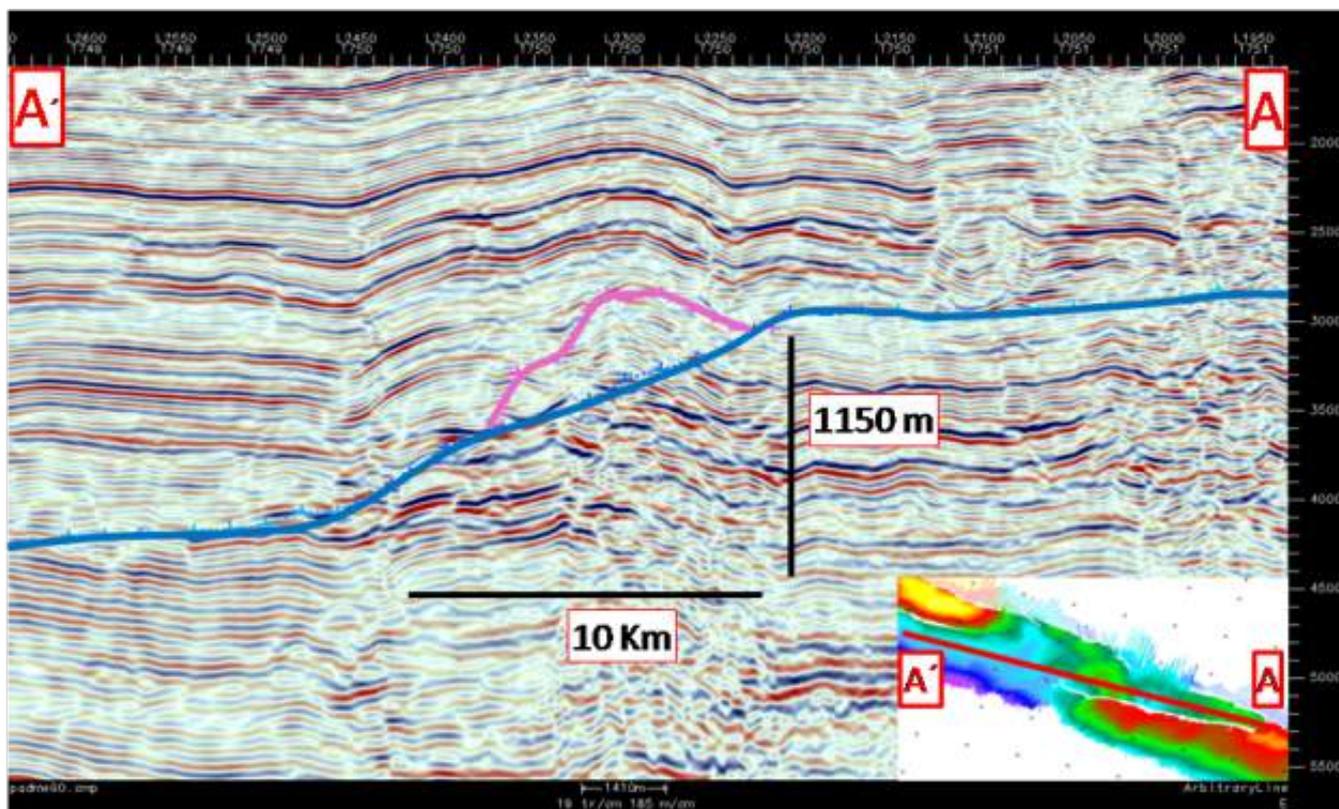


Figura 7. Crossline de la zona de estudio, en el cual se puede apreciar la influencia horizontal de la rampa oblicua de Saniri, y el salto vertical de la rampa frontal que se intersecta con este *crossline*.

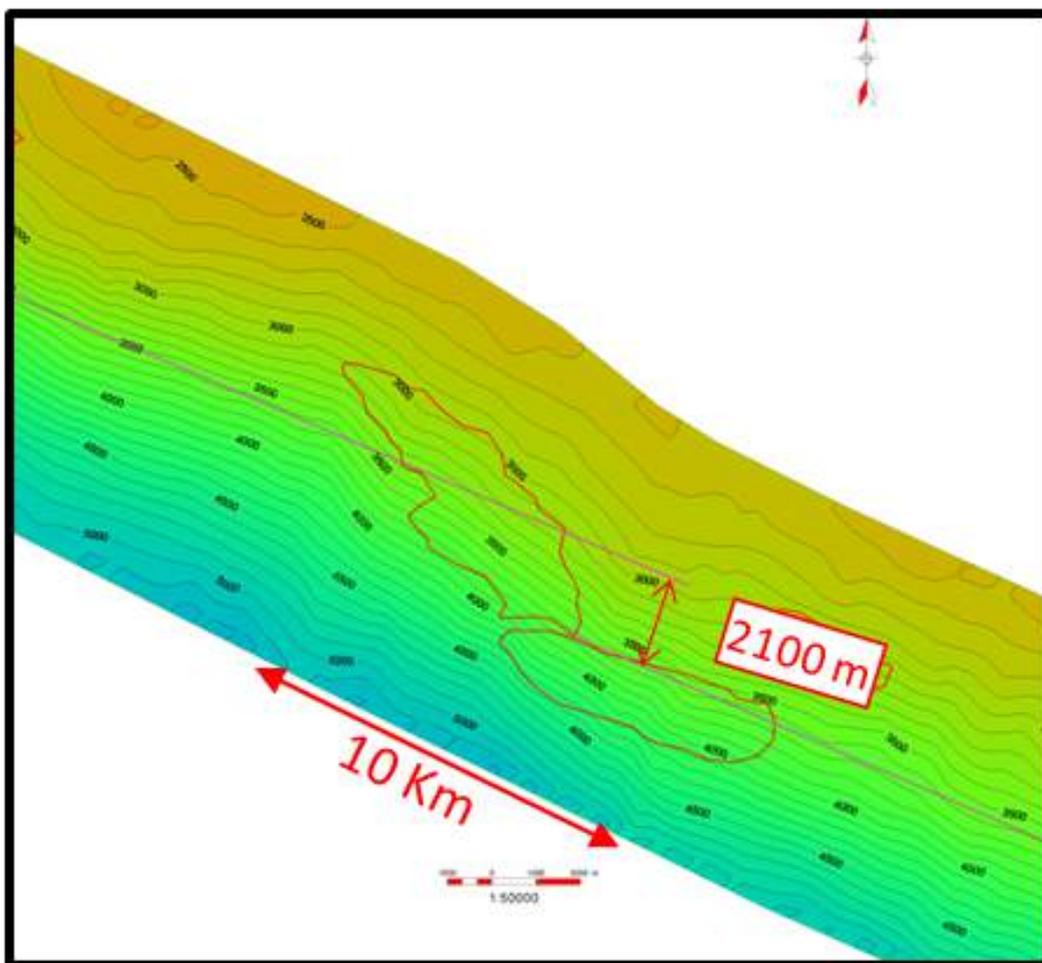


Figura 8. Mapa estructural en profundidad del corrimiento principal, con las estructuras Saniri y Pagoreni Oeste en rojo.

## 5. Conclusiones

Una rampa lateral u oblicua es una parte normal de la arquitectura de la faja plegada y fallada de Camisea. Una rampa lateral u oblicua puede traer consigo fallas conjugadas que operan en el área de la rampa. La rampa oblicua que dió origen a la estructura Saniri probablemente se desarrolló por la disminución del desplazamiento de una falla (Pagoreni Oeste) y la transferencia del acortamiento a otra falla (Mipayá-Saniri).

El sentido del fallamiento (en secuencia o inversa) puede cambiar a lo largo de la faja fallada y plegada relacionada a asperezas u orientación de rampas presentes en la zona frontal.

La evidencia de una rampa lateral en sísmica puede ser simple si vemos perfiles a lo largo del *strike* del fallamiento principal.

## Agradecimientos

Agradecemos a Pluspetrol por permitir usar la información sísmica mostrada en esta publicación.

## Referencias

Disalvo, A., Arteaga, M., Chung, J. 2002. Geometrías de las trampas y análisis estructural en el área de Camisea y sus alrededores. Cuenca Ucayali, Oriente de Perú. Documento Pluspetrol.