

DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ACOPLAMIENTO SÍSMICO INTERPLACA EN EL BORDE OCCIDENTAL DEL PERÚ

Patricia Guardia y Hernando Tavera

Dirección de Sismología/Instituto Geofísico del Perú

patricia.guardia@igp.gob.pe; hernando.tavera@igp.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Sudamericana, genera una constante acumulación de energía que se libera con la ocurrencia de grandes terremotos, en comparación con los que se dan en continente (Cahill y Isack, 1992; Tavera y Buforn, 1998; Bernal, 2002), esto ha motivado a muchos investigadores a realizar diversos estudios para conocer la geometría de subducción y zonificar las áreas de mayor deformación superficial en el interior del continente. En este estudio se realiza una contribución al conocimiento de la geometría de la principal fuente sismogénica generadora de terremotos en el Perú (superficie de fricción de placas) y para ello, se usa el catálogo sísmico del IGP y de la Universidad de Harvard (CMT). Se pretende determinar los niveles de profundidad en la cual las placas estarían acopladas a lo largo del borde occidental del Perú.

2. SUPERFICIE DE ACOPLAMIENTO SÍSMICO (SAS)

Para conocer la geometría de la SAS, se hace uso de dos métodos:

- a Frecuencia Sísmica
- b Distribución de Esfuerzos, ambos métodos consideran la profundidad del foco.

2.1 Frecuencia Sísmica

En la Figura 1, se muestra como hipótesis, un esquema para el proceso de subducción presente en el borde occidental del Perú y en él se observa la presencia de una zona en la cual se inicia el contacto de placas y la formación de los prismas de acreción (zona 1), aquí el número de sismos es menor debido a la poca resistencia de la corteza a la ruptura; la zona 2, (línea roja), corresponde a la superficie de mayor fricción de placas (SAS) y se considera que da origen al mayor número de sismos, sobre todo los de mayor magnitud como los ocurridos en el 2001 (Arequipa) y 2007 (Pisco); la zona 3, es similar a la zona 1, el número de sismos disminuye porque a este nivel de profundidad las placas no estarían acopladas y se espera que los sismos estén asociados a la deformación interna de ambas placas. De acuerdo a esta hipótesis, la SAS se estimará a partir de la Frecuencia de Sismos y la profundidad de sus focos.

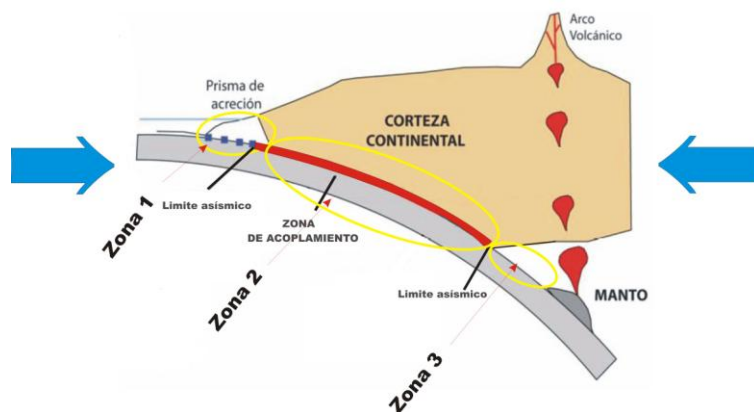


Figura 1 Proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana

Para determinar la SAS en el borde occidental del Perú, se hace uso de los catálogos del Instituto Geofísico del Perú (IGP) con un período de datos de 1964-2010, y del National Earthquake Information Center (NEIC), (1973 – 2010; ambos con magnitudes mayores a 4.0 y una profundidad hasta 300 km. De acuerdo al mapa de sismicidad (Figura 2) el borde occidental del Perú se divide en tres regiones (Sur, Centro y Norte) y con la información contenida en cada región se construyen

gráficas de frecuencia sísmica en función de la profundidad de los focos sísmicos a fin de identificar los niveles de profundidad máxima y mínima en los cuales se tienen la mayor ocurrencia de sismos.

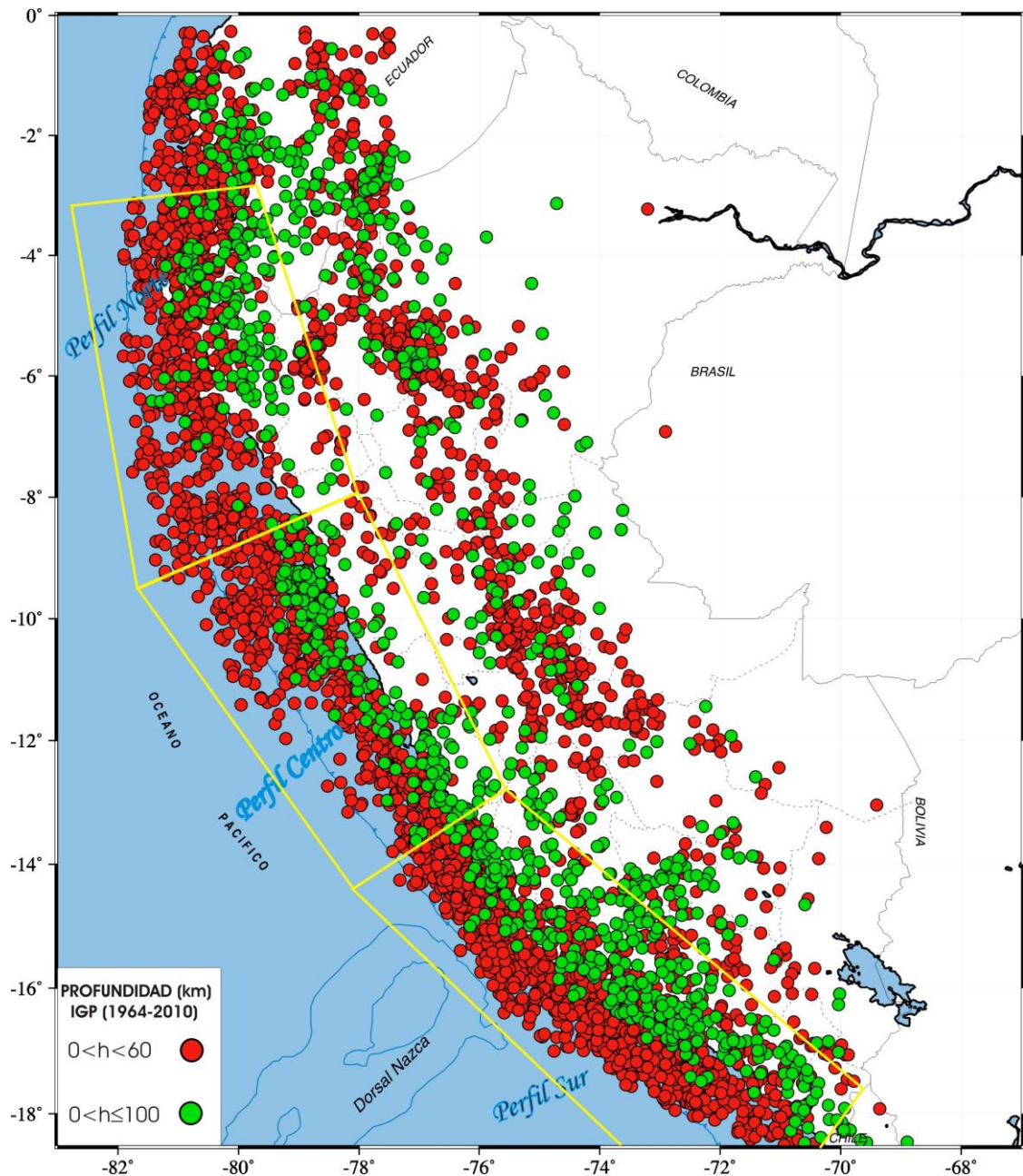


Figura 2 Mapa de sismicidad del Perú (1964–2010, $M \geq 4.25$). Los recuadros indican los perfiles

En la Figura 3 se muestran las secciones verticales del número de sismos en función a la profundidad de sus focos, tanto para el catálogo del IGP como para el NEIC. El análisis de la distribución del IGP muestra lo siguiente:

Región Norte: el mayor número de sismos se han producido entre 10 y 65 km. de profundidad

Región Centro: similar a la región Norte, el mayor número de sismos ocurren entre los niveles de profundidad de 10 y 65 km.

Región Sur: el mayor número de sismos se han producido entre los 5 y 70 km. de profundidad.

Haciendo uso de la información del NEIC, no es posible evaluar la distribución de sismos en profundidad, debido a la cobertura azimutal de estaciones, el mayor número de sismos superficiales se dan a una profundidad de 33 Km.

DATOS IGP

DATOS NEIC

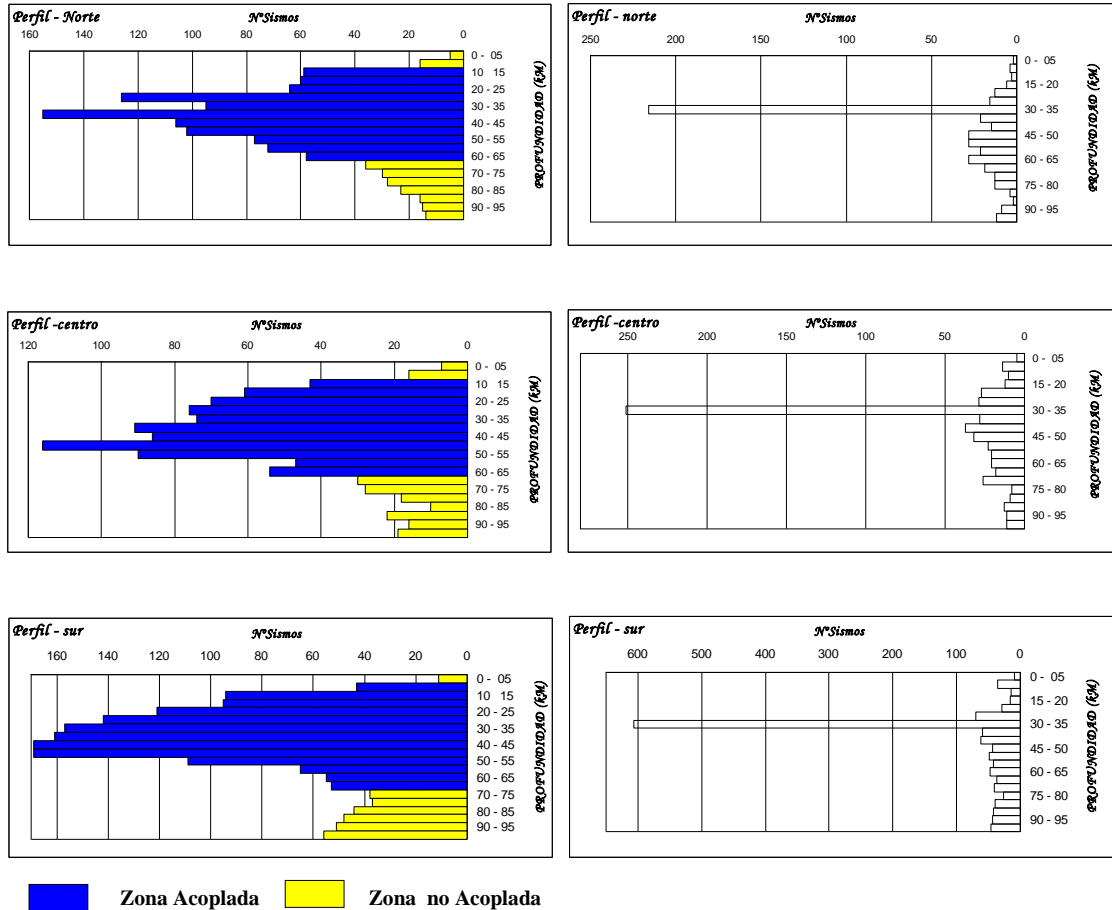


Figura 3 Perfiles de frecuencia sísmica vs profundidad de foco, catálogo del IGP y NEIC.

De acuerdo a estos resultados, la SAS alcanzaría profundidades entre 10-65-70 km.

2.2 Distribución de Esfuerzos P y T (DPT)

La sismotectónica del Perú se caracteriza por la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana; por lo tanto, al producirse dicho proceso se tiene el desarrollo de diferentes modos de deformación sean por compresión (eje P) y extensión (eje T) (Tavera y Buforn, 2001). La orientación de estos ejes pueden ser utilizados para tipificar el tipo de deformación presente en el borde occidental el Perú.

Para analizar la distribución de los esfuerzos, se hace uso de los datos de mecanismos focales reportados por la Universidad de Harvard (CMT) para el período 1976-2011 utilizando el método de inversión de los elementos que integran el Tensor Momento Sísmico para sismos con $M \geq 5.0$. Esta base de datos homogénea para los parámetros focales de los sismos, permite conocer la orientación de la fuente, el momento sísmico (M_0) la magnitud momento (M_w) y la orientación de los principales ejes de esfuerzos (Presión, P; Tensión, T). En este estudio se ha considerado los sismos y sus mecanismos focales asociados al proceso de subducción y a la deformación interna de la placa de Nazca bajo la Sudamericana.

En la Figura 4A se presenta la base de datos utilizada. En la Figura 4B el tipo de mecanismos focales correspondiente a cada evento sísmico (esferas rojas=compresión, esferas azules=extensión). La Figura 4C muestra la distribución de los esfuerzos derivados de los mecanismos focales y según su distribución los correspondientes a la convergencia de placas son de tipo compresional (líneas rojas) con una orientación aproximada de NE-SO en las regiones sur y centro, hasta E-O en la región norte. La deformación por extensión, asociada a la deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente (líneas blancas), muestra una orientación más heterogénea, pero en promedio se acepta una dirección NE-SO.

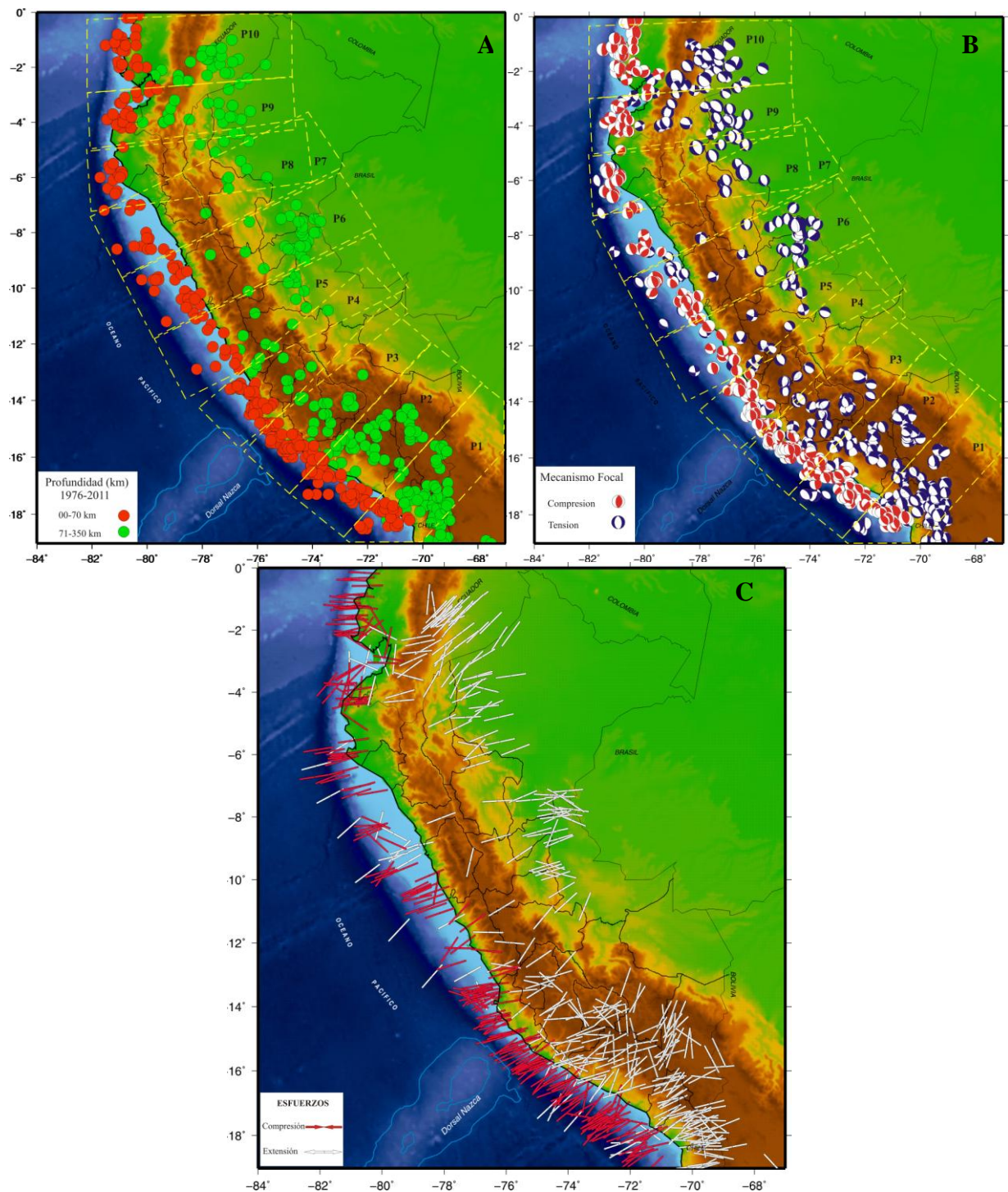


Figura 4 Base de datos CMT (1976-2011, $M \geq 5.0$), para Mecanismos Focales y Distribución de Esfuerzos

Las Figuras 4A-B, muestran la orientación de 10 secciones verticales perpendiculares a la fosa, todas enumeradas del 1 al 10 y de sur a norte. Cada sección vertical considera el mayor número de sismos a fin de identificar de manera correcta, la distribución de esfuerzos o tipos de esfuerzos a diferentes niveles de profundidad (Figura 4C). Cada perfil tiene una longitud de 1200 km y un ancho de 1250 km.

La Figura 5 muestra un esquema típico de la génesis de terremotos en zonas de subducción y en ella se observa que cerca de la fosa se desarrollan estructuras escalonadas producto de la deformación superficial asociada a una corteza de poco espesor llamada prismas de acreción, las cuales generan sismos de magnitud moderada y diversidad de esfuerzos; la zona amarilla define la superficie de mayor fricción entre las dos placas (SAS) y aquí prevalece la deformación asociada a fallas inversas y/o esfuerzos de compresión, siendo más notoria cuando se hace uso de datos de sismos de magnitudes mayores. Por debajo de esta zona, las placas se separan quedando la sismicidad limitada a la deformación interna de las placas, lo cual provoca una notable disminución de la sismicidad y la presencia de diversidad de esfuerzos.

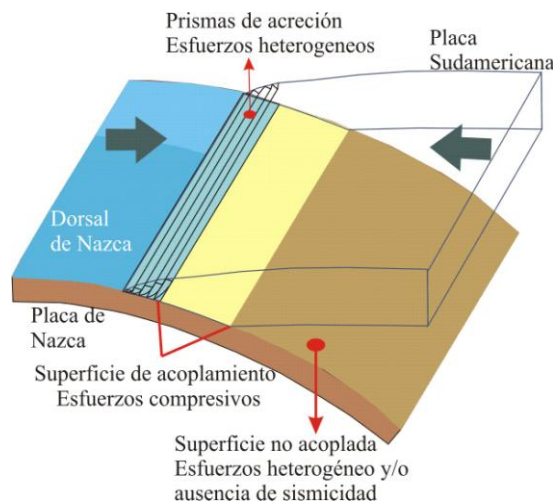
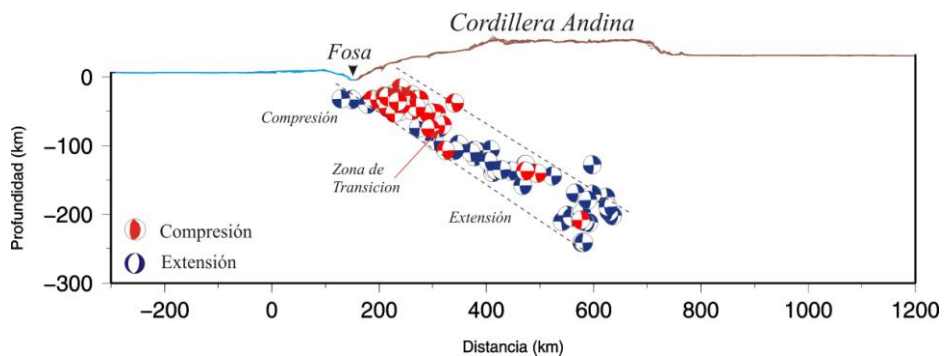


Figura 5 Esquema típico de la génesis de terremotos en zonas de subducción y tipos de esfuerzos.

A continuación, del total de las secciones verticales elaboradas se procede a analizar tres de ellas, siendo representativas de las zonas Sur Centro y Norte del Perú.

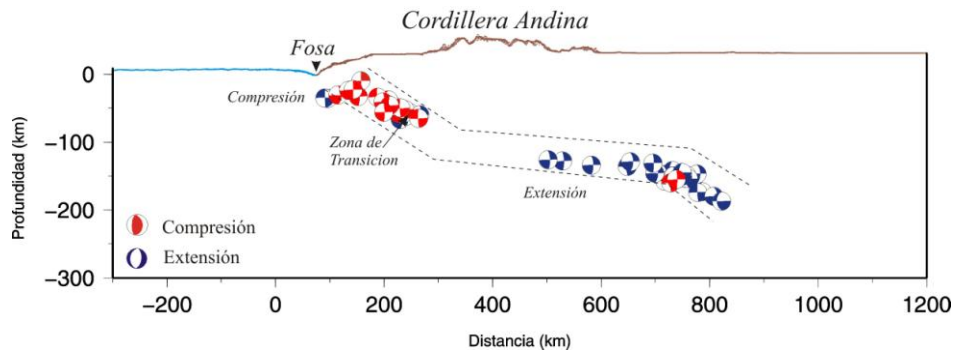
PERFIL 2

Corresponde a la región sur del Perú. La distribución de los mecanismos focales en profundidad muestra el típico modo de subducción normal definido por autores anteriores (Tavera y Buforn, 1998), hasta una profundidad de 10 km, se aprecian mecanismos focales del tipo normal e inverso que proponemos estarían asociados a los prismas de acreción. Entre los 10 y 70 km de profundidad, todos los mecanismos focales son inversos, los consideramos inter-placa y los elementos que definen la geometría de la SAS. Por debajo de 70 km, los mecanismos focales son menos uniformes: hay de extensión y de compresión, los interpretamos como rupturas intra-slab y probablemente a esta profundidad, las placas no estarían sísmicamente acopladas.



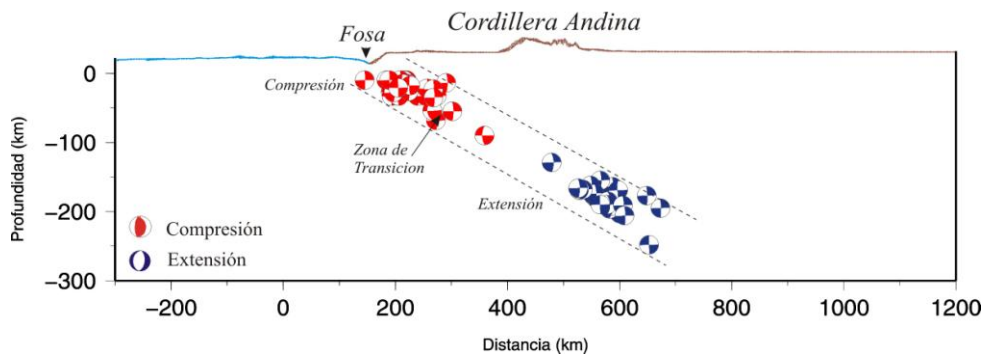
PERFIL 6

Representa a la región central del Perú. La distribución de los mecanismos focales define el típico modo de subducción subhorizontal, aunque a una distancia de 750 km de la fosa se observa un cambio en la tendencia y que según Schneider y Sacks (1987) correspondería a una resubducción de la litósfera oceánica. Los mecanismos focales sugieren el desarrollo de procesos compresivos entre 10 y 70 km de profundidad. A estos niveles de profundidad ($h < 10$ y $h > 70$), se nota ausencia de sismicidad o presencia de eventos asociados a deformación por extensión, lo cual sugiere que no que existe acoplamiento sísmico.



PERFIL 10

Corresponde al extremo norte de Perú y sur del Ecuador. Este perfil es similar al perfil 2; es decir, la distribución de los mecanismos focales en profundidad muestra la típica subducción normal. Los mecanismos focales del tipo compresional se concentran cerca de la superficie hasta una profundidad de 70 km, mientras que a mayor profundidad, se observa la presencia de deformación por extensión hasta una profundidad de 180 km. En este caso se deduce que la SAS está presente en un rango de profundidad de 10 a 70 km, y a partir de esta, las placas estarían sísmicamente desacopladas. A menor profundidad no existe deformación.



5 CONCLUSIONES

- El análisis de la frecuencia sísmica y la distribución de esfuerzos en función de la profundidad de los focos sísmicos, permite obtener resultados similares, concluyendo que la máxima profundidad de la SAS está en función del tipo de subducción presente en el borde occidental del Perú; es decir, hasta los 70 km en la región sur y norte del Perú donde prevalece la subducción inclinada normal, y hasta 65 km en la región central donde se produce la subducción subhorizontal.
- En todo el borde occidental del Perú y hasta una profundidad de 10 km las deformaciones son heterogéneas (compresión y/o tensión) y tendrían su origen en la formación de los prismas de acreción.
- Los resultados obtenidos para la región sur del Perú, son similares a los obtenidos por Comte et al (1994) para la zona norte de Chile utilizando datos de una red local.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, I. (2002). Aproximación a un modelo detallado de la Sismicidad en el Perú y características de la energía sísmica liberada, Tesis de Ingeniero Geofísico, UNSA, 169pp.
- Cahill, T. y Isacks, B. (1992). Seismicity and shape of the subducted Nazca Plate *J. Geophys Res.*, 97, 17503 – 17529.
- Catálogo Sísmico de la Universidad de Harvard www.globalcmt.org/CMTsearch.html)
- Catálogo sísmico del NEIC (National Earthquake Information Center) http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic_rect.php (NEIC) 1
- D. Comte, M. Pardo, L. Dorbath, H. Haessler, L. Rivera, A. Cisternas y L. Ponce3 (1994) Determination of seismogenic interplate contact zone and crustal seismicity around Antofagasta, northern Chile using local data. *Geophys. J. Int.*, 116, 553-561.
- Schneider J. Sacks S. (1987). Stress in the contorned Nazca plate Veneta souuther Peru form local Earthquake. *J Geophys. Res.*,92, 13887-13902.
- Tavera, H. y Buforn, E. (1998). Sismicidad y sismotectonica de Peru. Sismicidad y sismotectonica de centro y Sudamerica.
- Tavera H. and Buforn E. Source mechanism of earthquakes in Perú. *Journal of seismology*, 5:519–539, 2001.