

# **Integrated Seismic Risk Assessment in South America (SARA): the hazard component**

## **Topic 3:**

**Modeling the subduction process along the western coast and creation of a source model to be used for hazard calculations**

## **REPORT OF THE FOCAL MECHANISMS DATABASE**

**By:**

Elkin De Jesús Salcedo Hurtado, Ph. D

*Department of Geography, Universidad del Valle - Cali, Colombia*

Carlos Alberto Vargas Jiménez, Ph. D

*Department of Geosciences, Universidad Nacional de Colombia - Bogotá, Colombia*

Marily Triviño Abella, M. Sc.Candidate

*Department of Geosciences, Universidad Nacional de Colombia - Bogotá, Colombia*

**With the administrative assistance of the**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DEL VALLE**

**Project: “Generate a comprehensive model of Subduction which harmonize existing national models and incorporate the latest knowledge about seismotectonics of subducting”**

# Catálogos de sismicidad utilizado

## Catálogo Instrumental de sismicidad

Con el objetivo de construir un modelo integral de la geometría de la zona de subducción del occidente del continente suramericano, se ha realizado un análisis integral de diferentes variables soportadas a partir de información de tipo espacial, la cual ha sido previamente especificada para este trabajo. La base de datos sismológicos incluye una revisión de tres catálogos sísmicos (Tabla 1) y la selección del mejor de estos considerando el alcancé de los registros más representativos para la configuración sismotectónica de la región.

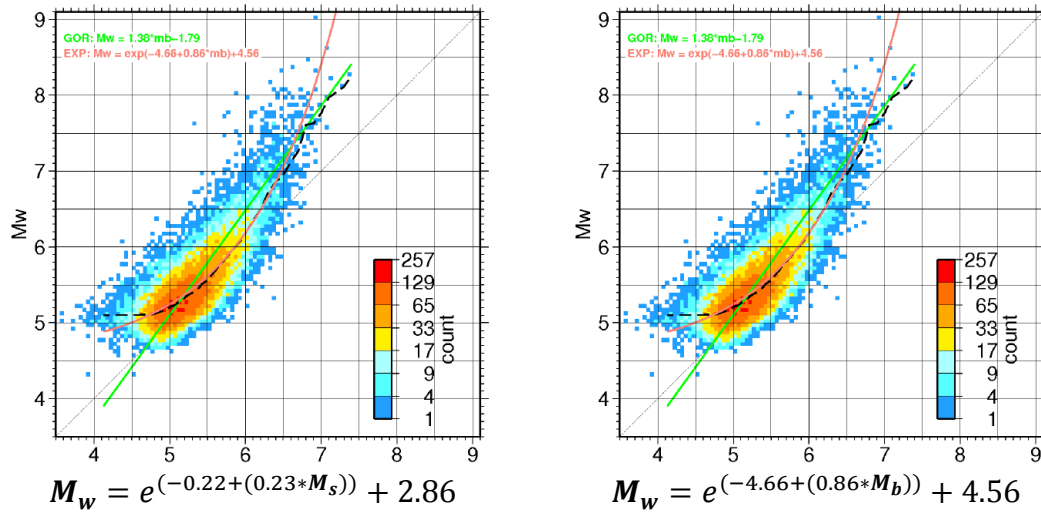
**Tabla 1.** Characteristics of the catalogues reviewed in this work

Catálogo	No. de Eventos	Período	Tipo de Magnitudes	Análisis aplicado
USGS	119581	1905 – 2015	Mw, Ms, Mb, MI	Evaluación de los datos
ISC EHB Bulletin	13586	1960 – 2008	Mw	Evaluación de los datos
ISC – GEM Bulletin	190518	1905 - 2012	Mw, Ms, Mb, MI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selection of events into preview delimitation of subduction zone</li> <li>• Selection of events with magnitude type: Mw, Mb, Ms</li> <li>• Conversion to Magnitude Moment (Mw) from Global expressions proposed by ISC-GEM Catalogue.</li> <li>• Select events with Depth <math>\geq</math> 35 km</li> <li>• Reject of events with fixed depth and depth major to 35 km.</li> </ul>

### *Análisis de Sismicidad:*

Luego de la selección de los datos incluidos en el Boletín reportado por ISC, se procedió a elaborar un filtro de acuerdo con los siguientes criterios:

- Selección de eventos incluidos en la delimitación previa del proceso de subducción.
- Selección de eventos con profundidad mayor de 35 km.
- Eliminación de eventos con tipos de magnitud: Mw, Mb y Ms
- Conversión de magnitud del evento a magnitud de momento (Mw). Para esto fueron usadas las expresiones globales propuestas por Fundación GEM en el catálogo ISC-GEM (Storchak *et al.*, 2012; International Seismological Center, 2010) (Figure 1).

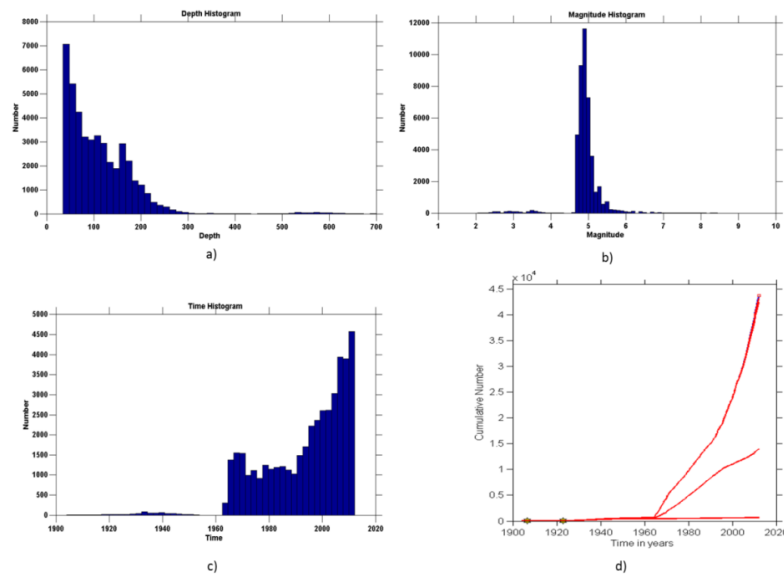


**Figure 1.** Formulas derived from global ISC-GEM studies and used in this work.

De esta manera se obtuvo un catálogo con 43727 eventos sísmicos para América Central y Sur América en el período entre 1904 y 2012, con magnitudes entre 2.1 y 8.4, y profundidades entre 35 y 700 km, los cuales han sido analizados a través de diferentes herramientas estadísticas (Zuñiga *et al.*, 2005) mediante los procedimientos descritos a continuación:

1. *Datos del catálogo a través del tiempo:*

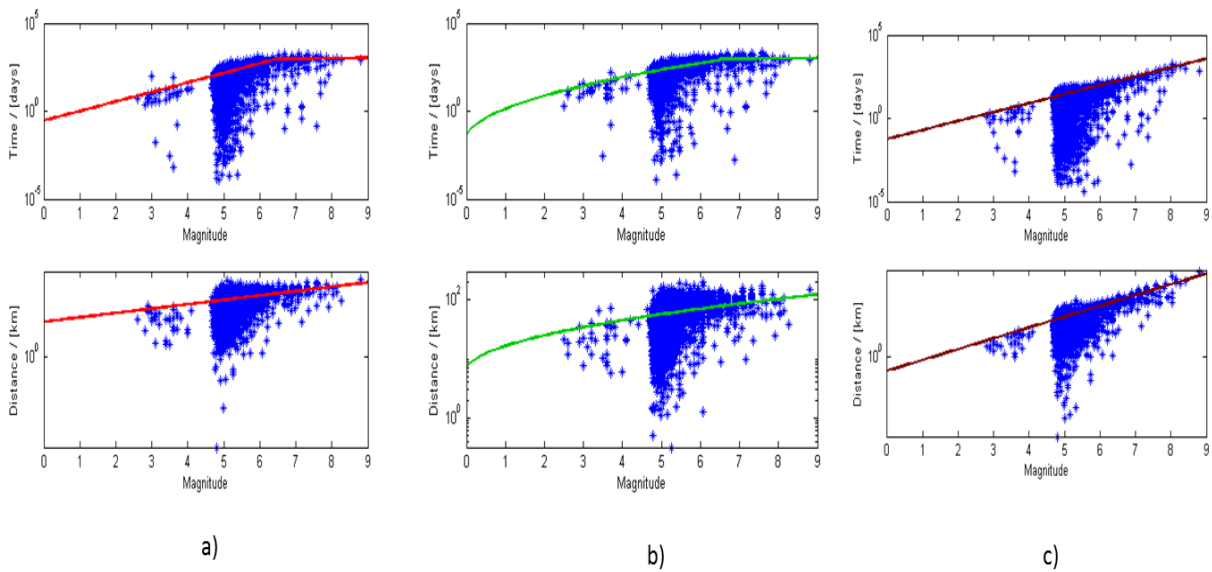
Se elaboraron gráficos de número acumulado de eventos respecto al tiempo. En la Figura 2, se evidencia un cambio en la actividad sísmica a partir de 1970, y consecuentemente con esto, dichas variaciones impactan los gráficos de frecuencia de eventos.



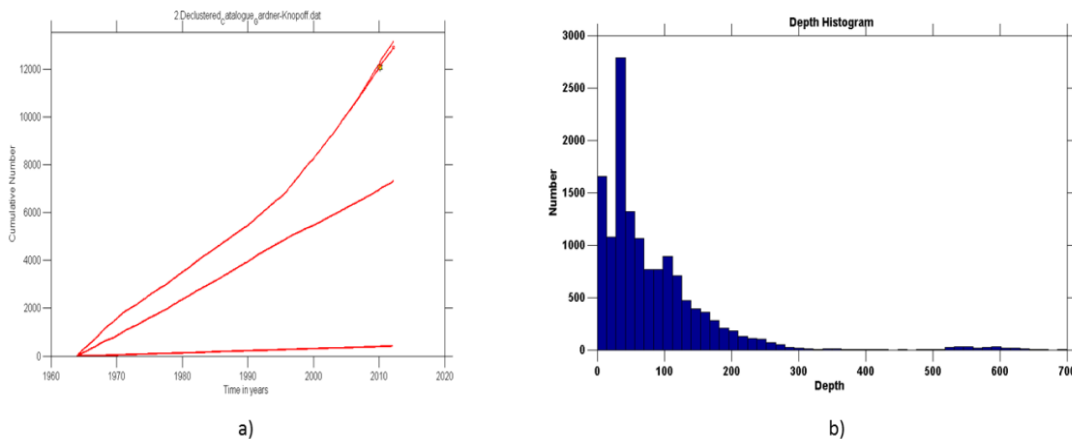
**Figure 1.** Characteristics Catalogue at time. a) Depth Histogram. b) Magnitude Histogram. c) Time Histogram. d) Cumulative Number Curve.

## 2. Declustering

Separación de la sismicidad dependiente e independiente. Este proceso se realizó a partir de la identificación de los sismos principales mediante diversos algoritmos (Van Stiphout et al., 2012), los cuales fueron evaluados con el mismo conjunto de datos, siendo seleccionado el método Gardner & Knopoff (1974, en Van Stiphout et al., 2012), que en este trabajo se aplicó utilizando ventanas de espacio y tiempo previamente definidas, obteniéndose un catálogo con 13651 eventos sísmicos. Las Figuras 3a-c y 4a-b, muestran gráficos comparativos que relacionan el análisis de tiempo, distancia y magnitud del catálogo luego de la aplicación de cada uno de los algoritmos.



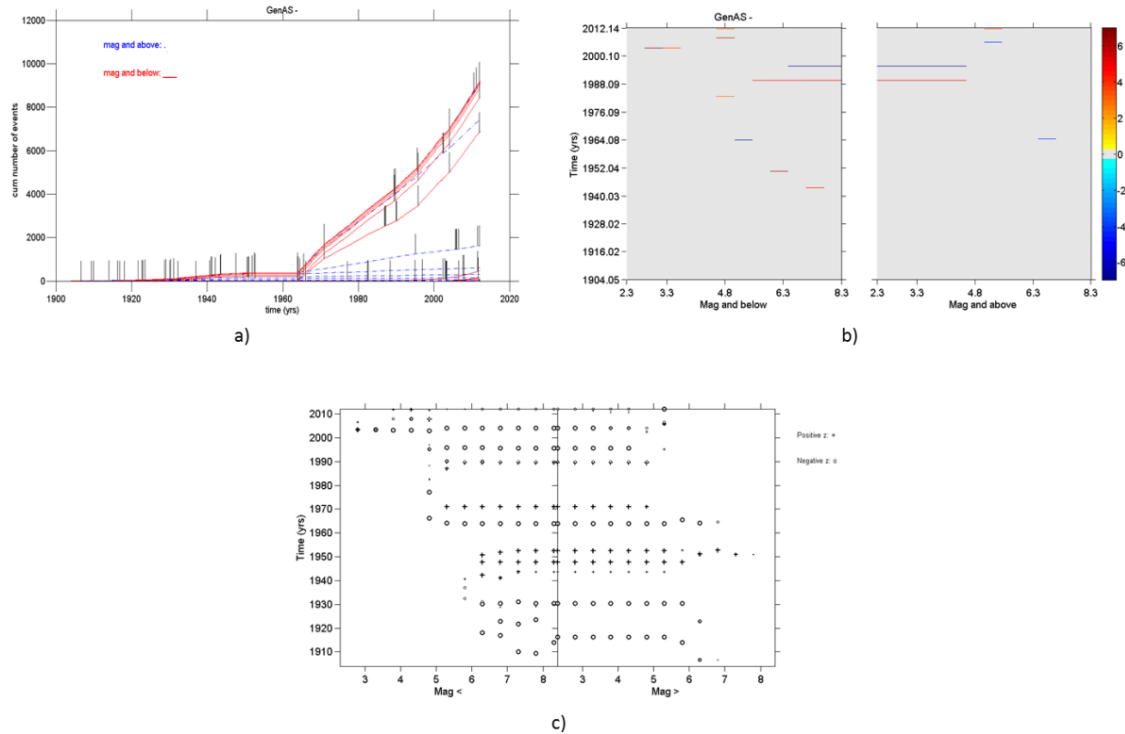
**Figure 2.** Declustering process based on time, space and magnitude parameters. Methods applied were: a) Gardner Knopoff Method b) Gruenthal Method c) Hurhammer Method



**Figure 3.** a) Cumulative Number Curve of events for: All, >3, >4, >5, >6 based on Gardner-Knopoff method. b) Depth Histogram based on Gardner Knopff method.

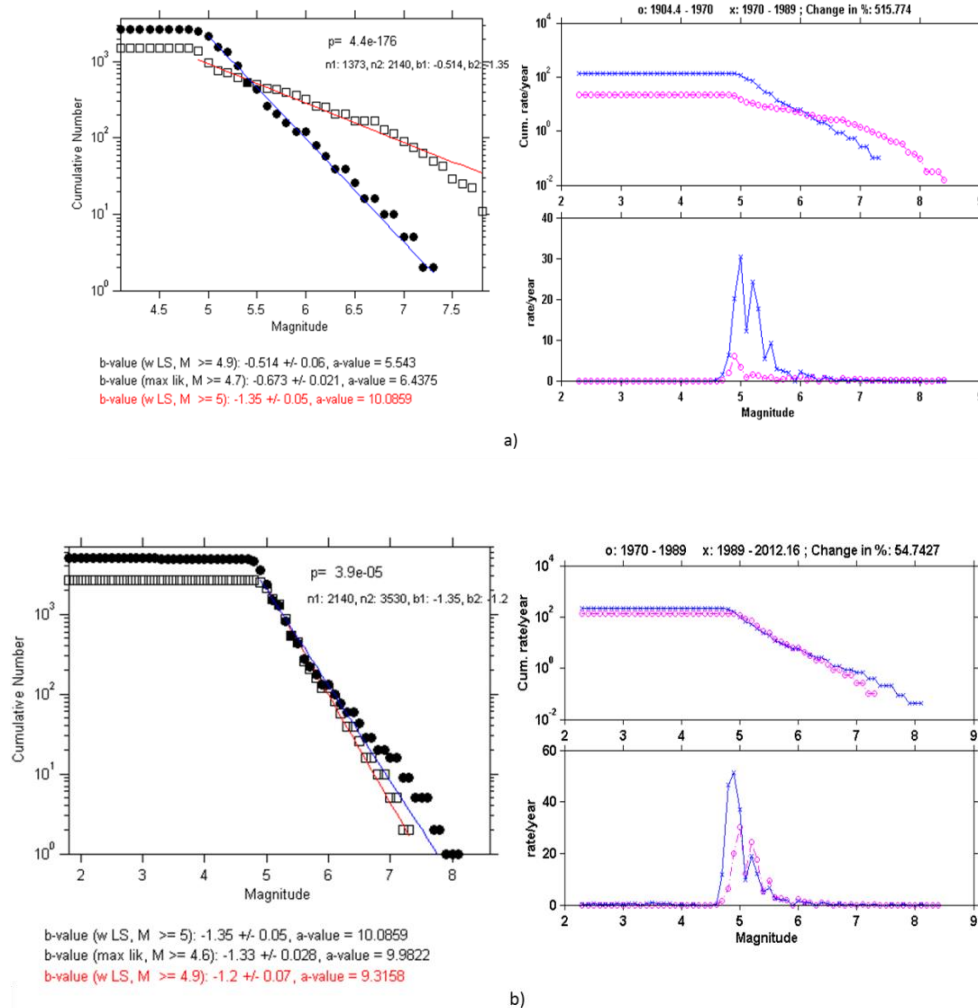
### 3. Cálculo de la magnitud de completitud

- a) *Tasa de cambio de magnitud:* En este paso, se calculan las curvas de número acumulado de sismos para diferentes intervalos de magnitud con un incremento de 0.5. Así, se encontraron cambios significativos de magnitud a través de un registro histórico en el catálogo como se muestra en las Figuras 5a-c.



**Figure 4.** Change rates of magnitude of catalogue Data

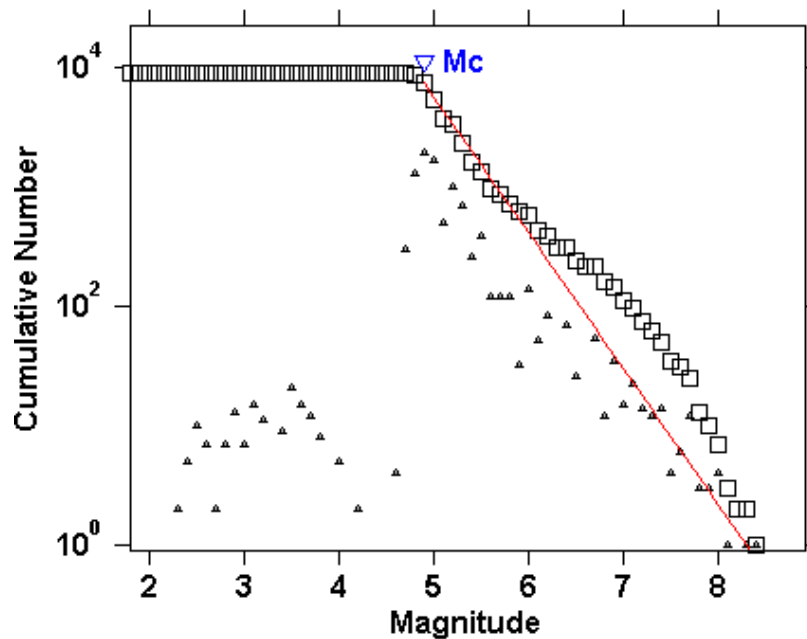
- b) *Comparación de tasas de sismicidad a través de diferentes intervalos de tiempo:* Basados en los rangos de magnitud definidos en el paso anterior, se realizó una comparación de los valores de magnitud de completitud del catálogo, con el fin de definir la capacidad de detección de sismos locales y regionales. (Figuras 6a-b).



**Figure 5.** Comparison of seismicity rates throughout different intervals of time. a) 1904-1970 b) 1970-1987, and c) 1987-2012

De esta manera, para el presente trabajo se asumió el valor de magnitud de completitud ( $M_c$ ) para todos los períodos que comprenden el conjunto de datos (1904 y 2012) debido a que no existe un amplio contraste entre dichos valores.

Con base en lo anterior, se calculó el mejor ajuste de la relación Gutenberg – Richter que describe la distribución Frecuencia – Magnitud (FMD) de los sismos. La Figura 7 muestra los resultados de la función FMD, obteniendo así los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $M_c$  estimados para el catálogo completo por el método de máxima verosimilitud.



Maximum Likelihood Solution  
b-value =  $1.14 \pm 0.02$ , a value = 9.46, a value (annual) = 7.42  
Magnitude of Completeness = 4.9

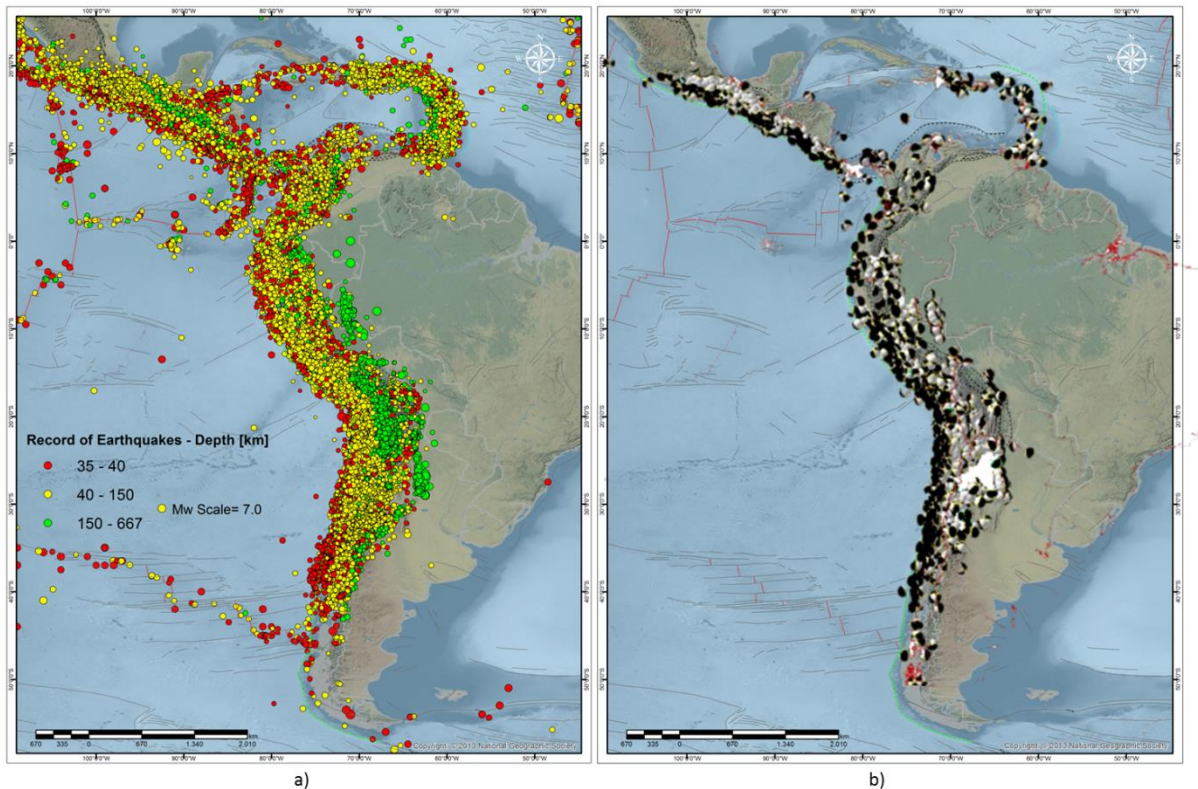
**Figure 6.** Frequency - Magnitude plot for all earthquakes with depth higher than 35km. Squares indicate cumulative curve for the number of earthquakes per year and triangles show incremental values. Red line is a trace of the logarithm of the numbers of earthquakes in function of magnitude given (Mw), where b-value corresponds to slope and a-value is the cut point associated to maximum magnitude expected.

## Catálogo de Mecanismos Focales

### Información Contemporánea

Las soluciones de los mecanismos focales fueron obtenidas de un conjunto de datos almacenados por ISC (2010), los cuales incluyen 8165 registros de eventos sucedidos entre 1977 y 2012 (Figura 8). El catálogo incluye información acerca de los siguientes parámetros: Azimut de la traza de falla (*Strike*), buzamiento del plano (*Dip*) y ángulo de desplazamiento (*Rake*), Magnitud, Profundidad, latitud y longitud. Estos datos han sido utilizados para la determinación de la velocidad de deformación sismotectónica en la zona de subducción.





**Figure 7.** a) Seismic events characterized by depth in the study area; b) Beach balls symbol corresponds to focal mechanism solution of the seismic events with Depth major to 35 km.

## Datos Históricos

Una vez recolectados los datos del catálogo global de sismos *Bulletin ISC – GEM* de acuerdo con las características arriba mencionadas, se procedió a realizar una búsqueda de eventos reportados de fechas anterior a 1976, así como de la solución de mecanismos focales de eventos con magnitud menor de 3.5. En este sentido, se realizó la búsqueda bajo los siguientes criterios:

- Catálogo de sismos global del proyecto *Global Earthquake History (GEH)* puestos a disposición por la Fundación Global Earthquake Model – GEM. De esta base de datos, han sido seleccionados 179 eventos con epicentro en la región de Sur América y el Caribe.
- Revisión de bases de datos y reportes almacenados por diferentes instituciones y centros sismológicos de las naciones comprendidas en el área de estudio, la Tabla 2 presenta los contactos en cada país, según la información disponible.



**Tabla 2.** Bases de datos de instituciones y centros sismológicos

Países	Institución	Red Sismológica		
		Página Web	Contacto	
Argentina	Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES	<a href="http://www.inpres.gov.ar/buscar_sismo.html">http://www.inpres.gov.ar/buscar_sismo.html</a>	Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES	info@inpres.gov.ar
Bolivia	Observatorio San Calixto	<a href="http://www.observatoriosancalixto.com/bdboletin/consulta.php">http://www.observatoriosancalixto.com/bdboletin/consulta.php</a>	Observatorio San Calixto	osc@observatoriosancalixto.com
Chile	Centro Sismológico Nacional Universidad de Chile	<a href="http://www.sismologia.cl/">http://www.sismologia.cl/</a> En consultar Bajar Datos	Centro Sismológico Nacional Universidad de Chile	sismoguc@dgf.uchile.cl
Colombia	Red Sismologica Nacional de Colombia (RSNC) Servicio Geológico de Colombia (SGC)	<a href="http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/consultas">http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/consultas</a> <a href="http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/tm">http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/tm</a>	Patricia Pedraza	ppedraza@sgc.gov.co
Costa Rica	Universidad de Costa Rica	<a href="http://www.rsn.ucr.ac.cr/#">http://www.rsn.ucr.ac.cr/#</a>	Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica, Escuela Centroamericana de Geología	mariacristina.araya@ucr.ac.cr
Ecuador	Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional	<a href="http://www.igepn.edu.ec/ultimos-sismos">http://www.igepn.edu.ec/ultimos-sismos</a>	Alexandra Alvarado Jefe Científico Centro Terras. Jefe Area de Sismología.  Ing. Mario Ruiz, PhD. Jefe del Departamento de Geofísica – Instituto Geofísico	aalvarado@igepn.edu.ec  mruiz@igepn.edu.ec
El Salvador	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	<a href="http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/registro/enjambres+sismicos/">http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/registro/enjambres+sismicos/</a>	Gerencia de Comunicaciones Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	comunicaciones@marn.gob.sv

Guatemala	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	<a href="http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica.html">http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica.html</a>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	indireccion@insivumeh.gob.gt
México	Servicio Sismológico Nacional (SSN México) Instituto de Geofísica - UNAM	<a href="http://www2.ssn.unam.mx:8080/web/site/jsp/catalogo1.jsp">http://www2.ssn.unam.mx:8080/web/site/jsp/catalogo1.jsp</a>	webmaster@ssn.ssn.unam.mx xyolipc@sismologico.unam.mx	Servicio Sismológico Nacional - Geofísica UNAL Jefa del Servicio Sismológico Nacional Xyoli Pérez Campos
Nicaragua	Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER)	<a href="http://www.ineter.gob.ni/articulos/comunicaciones/boletines/boletin-sismologico.html">http://www.ineter.gob.ni/articulos/comunicaciones/boletines/boletin-sismologico.html</a>	Virginia Tenorio, Emilio Talavera	virginia.tenorio@gf.ineter.gob.ni emilio.talavera@gf.ineter.gob.ni
Panamá	Instituto de Geociencias Red Sismológica de la Universidad de Panamá (UPA)	<a href="http://www.panamagc-up.com/">http://www.panamagc-up.com/</a>	Red Sismológica de la Universidad de Panamá (UPA)	igcupa@gmail.com
Perú	Instituto Geofísico del Perú - Servicio Sismológico	<a href="http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=161&amp;Itemid=164&amp;lang=es">http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=161&amp;Itemid=164&amp;lang=es</a>	Hernando Tavera Director de Sismología - Instituto de Geofísica del Perú	hernando.tavera@igp.gob.pe hjtavera@gmail.com
Venezuela	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas	<a href="http://www.funvisis.gob.ve/mecanismos_focales.php?pag=2">http://www.funvisis.gob.ve/mecanismos_focales.php?pag=2</a>	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas	info@funvisis.gob.ve
Puerto Rico	Red Sísmica de Puerto Rico	<a href="http://redsismica.uprm.edu/Spanish/php/CatalogS/Felts.php">http://redsismica.uprm.edu/Spanish/php/CatalogS/Felts.php</a> <a href="http://redsismica.uprm.edu/Spanish/php/CatalogS/Felts.php">http://redsismica.uprm.edu/Spanish/php/CatalogS/Felts.php</a>	Formato de solicitud de informe de sismicidad: <a href="http://redsismica.uprm.edu/Spanish/sismos/SolicitudInfoSismica.pdf">http://redsismica.uprm.edu/Spanish/sismos/SolicitudInfoSismica.pdf</a> Procedimiento para solicitud	staff@prsn.uprm.edu

			<a href="http://redsismica.uprm.edu/Spanish/sismos/serv.php">http://redsismica.uprm.edu/Spanish/sismos/serv.php</a>	
--	--	--	---	--

- Adicionalmente, se adelantó búsqueda selectiva de trabajos publicados por diferentes autores, con el fin de complementar la información colectada con registro de eventos de magnitudes menores y solución de tipo de falla para los mismos. El número de eventos seleccionados por fuente y autor se describen en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Fuentes revisadas donde han sido reportados los eventos

<b>Fuentes</b>	<b>No. de eventos</b>
Franco et al., 2013	5
Assumpcao, 1998	5
Astiz et al., 1987	40
Moreiras et al., 2014	5
Tavera, 2001	27
Bernal & Tavera, 2002	27
Tavera, 1993	83
Centro Sismológico Nacional – Universidad de Chile, 2015	87
GEM Foundation, 2013	179

**Tabla 4.** Reporte de soluciones de mecanismos focales para eventos antes de 1976.

Referencia	No. Eventos	Referencia	No. Eventos
Alvarado et al. (2005)	1	Mendiguren, 1973	1
Alvarez et al., 1999	9	Mocquet, 2007	1
AMTD	4	Moreiras et al., 2014	2
Assumpcao & Suárez (1988)	1	Molnar and Sykes, 1969	1
Assumpcao, 1992	1	Astiz et al., 1987	7
Assumpcao, 1998	3	Nacif, 2006	2
Beauval et al., 2010	5	Oike, 1971	1
Beauval et al., 2013	2	Ocola et al., 1967	1
Beck & Nishenko, 1990	2	Nishenko and Singh, 1987	1
Beck & Ruff, 1989	3	Ocola et al., 1979	16
Benito et al., 2012	33	Okal & Bina, 1994	3
Bernal & Tavera, 2002	27	Pelayo & Wiens, 1990	1
Blum, 1993	1	Palme et al., 2005	5
CERESIS, 1995	16	Pennington, 1981	2
Chinn & Isacks, 1983	1	Petersen, 1976	3
Chuy and Alvarez, 1988	1	Peraldo and Montero, 1999	6
Choy et al., 2010	2	Stauder, 1973	11
Centro Sismológico Nacional – Universidad de Chile, 2015	87	Stauder and Bollinger, 1966	1
Dimate et al., 2005	4	Stauder, 1975	7
Engdahl and Villaseñor, 2002	7	SisFrance, 2010	15
F75	1	Sismología Histórica de Venezuela, 2011	1
Forsyth, 1975	1	Stauder, 1973	2
Flores et al., 2012	9	Stauder, 1975	4
GCMT	1	Stein, et al., 1982	1
IM	4	Suárez et al., 1983	10
Huaco, 1976	6	Swenson & Beck, 1996	1
Huaco, 1977	3	Tanner and Shepherd, 1997	4
INPRES, 2012	1	Tavera, 2001	27
Isacks & Molnar, 1971	7	Isacks and Molnar, 1969	4
Jimenez et al. 1989	1	Torres-Vera, 2010	1
Lay et al., 1989	1	Viotti et al., 1997	1
Lejsek, 1971	4	Wagner, 1972	9
Malgrange, Deschamps and Madariaga, 1981	1	White et al., 2004	43
		Zúñiga et al., 1997	13

Una vez recopilados los registros, se procedió a elaborar un análisis comparativo entre las diferentes fuentes, análisis de completitud de las bases de datos, nivel de confiabilidad y extracción de estadísticas. Los procesos llevados a cabo comprenden:

- Homologación de magnitudes de acuerdo con las formulaciones definidas por GEM Foundation, 2012.

Finalmente, un total de 458 eventos han sido recopilados con fecha entre 1471 y 2009 y magnitudes entre 1 y 9.8, de los cuales 136 cuentan con datos de solución de mecanismo focal. Un reporte de las características de los eventos recopilados se relaciona en la Tabla 5.

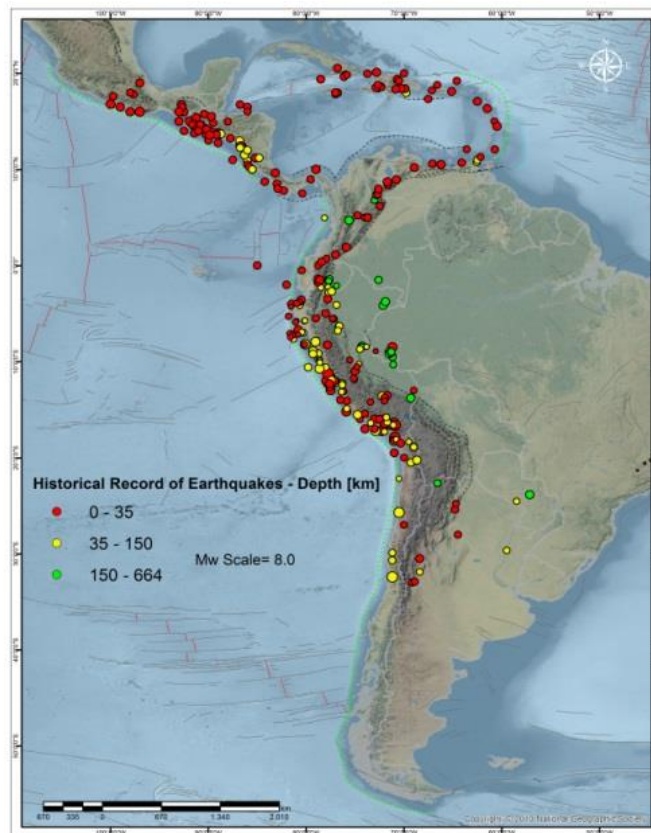
**Tabla 5.** Reporte de catálogo histórico

Descripción	No. Eventos	Período	Rango en Magnitud
Catalogo Inicial Mecanismos Focales: ISC	8165	1976 – 2012	3,4 – 8,8 Mw
Catalogo Inicial de sismos: ISC	190518	1904 – 2012	2,0 – 8,6 (Diferente tipo)
Catalogo Depurado de sismos: ISC	66904	1904 – 2012	2,0 – 8,8 Mw
Catalogo Declusterizado de sismos: ISC	13651	1904 – 2013	2,1 – 8,8
Total catálogo de mecanismos focales Hist.	136	1911 – 2009	1,0 – 9,8
Total catálogo de sismos: Revisión Histórica	458	1471 – 2009	1,0 – 9,8
1400-1500	1		
1500-1600	24		
1600-1700	54		
1700-1800	66		
1800-1900	147		
1900-2000	156		
2000-2015	10		
Con Mw	406		
Mecanismos focales con Mw<3,5	9		1,0 – 3,2
Con Hora	197		
Con Depth	229		
Con Depth >=35km	127		

En la Tabla 6 y Figura 9 se muestra la distribución geográfica por países en la región de Sur América y el Caribe de los eventos sísmicos con solución de mecanismo focal reportados en el periodo antes de 1976.

**Tabla 6.** Reporte de soluciones de mecanismos focales por país en el periodo antes de 1976 para la región de Sur América y el Caribe, recopilados para el proyecto SARA.

País	No. de eventos	País	No. de eventos
Argentina	14	Haití	3
Bolivia	1	Honduras	2
Brasil	12	Jamaica	2
Chile	10	México	9
Colombia	12	Nicaragua	11
Costa Rica	9	Offshore	222
República Dominicana	6	Panamá	2
Ecuador	15	Paraguay	2
El Salvador	21	Perú	69
Guadeloupe	1	Puerto Rico	1
Guatemala	28	Venezuela	6



**Figura 9.** Localización de los eventos con solución de mecanismo focal por país en el periodo antes de 1976 para la región de Sur América y el Caribe, recopilados para el proyecto SARA.

## Catálogo general de mecanismos focales

Basados en la revisión descrita anteriormente, el catálogo de mecanismos focales comprende 8165 eventos reportados por el Boletín de ISC para un período entre 1977 y 2012, con magnitudes en el rango de 3,4 hasta 8,8 y profundidad hasta 610 km; además incluye las soluciones de 136 eventos sísmicos ocurridos entre 1911 y 2009 que con magnitud hasta 9.8 y profundidad hasta 664 km, recopiladas a partir de diferentes fuentes (Tabla 7). De estos eventos 9 corresponden a sismos pequeños ( $M_w \leq 3.5$ ).

**Tabla 7.** Fuentes revisadas donde han sido reportados los eventos

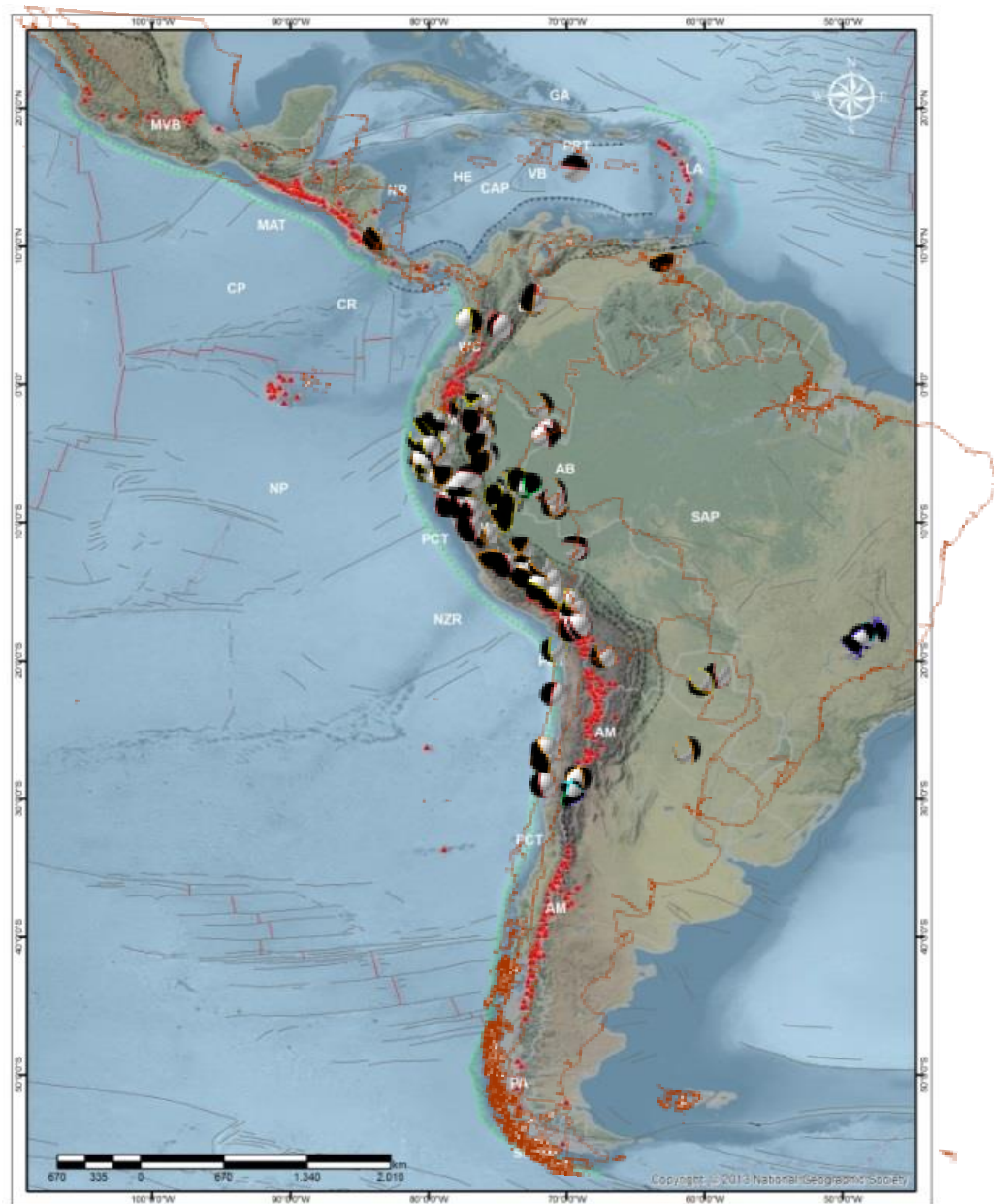
Fuentes	No. de eventos
Franco <i>et al.</i> , 2013	5
Assumpcao, 1998	5
Astiz <i>et al.</i> , 1987	40
Moreiras <i>et al.</i> , 2014	5
Tavera, 1993	81
Reviewed ISC Bulletin, 2010	8165

Así, el catálogo general de mecanismos focales recopilados para el proyecto SARA para la zona de subducción del occidente de Sur América comprende 8301 registros, distribuidos como se muestra en la Tabla 8 y las Figuras 10 y 11. En catálogo general de mecanismos focales se presenta en este reporte como anexo en formato Excel.

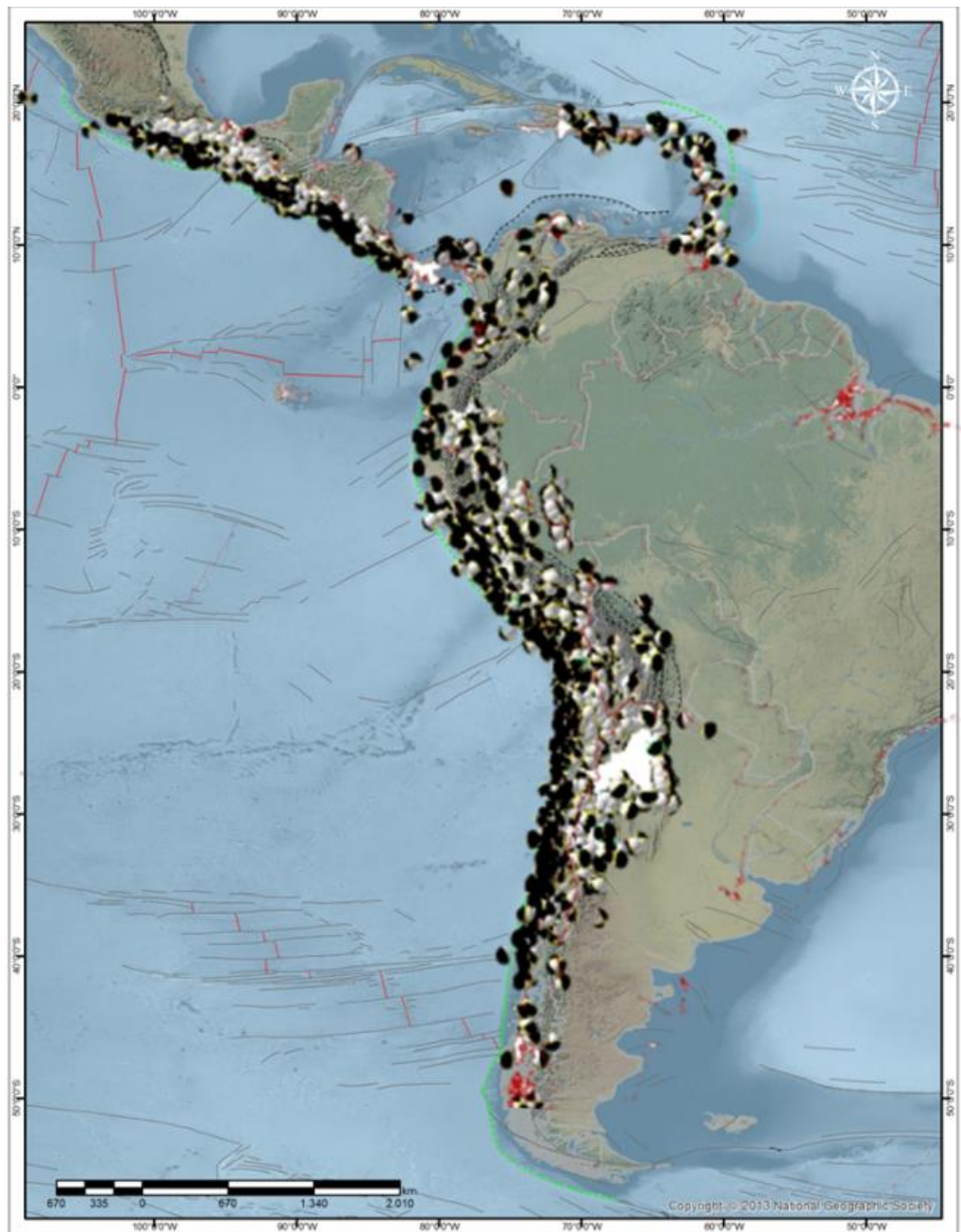
**Tabla 8.** Registro de eventos con soluciones de mecanismos focales por país

País	No. de eventos	País	No. de eventos
Argentina	401	Honduras	10
Bolivia	110	Jamaica	9
Brasil	55	México	513
Chile	626	Nicaragua	43
Colombia	123	Offshore	5509
Costa Rica	91	Panamá	52
República Dominicana	22	Paraguay	4
Ecuador	118	Perú	461
El Salvador	14	Puerto Rico	4
Guatemala	77	Trinidad y Tobago	4
Haití	10	Venezuela	45





**Figura 10.** Localización de los eventos con solución de mecanismo focal por país en el periodo antes de 1976 para la región del occidente de Sur América recopilados para el proyecto SARA a partir de diferentes fuentes (ver texto).



**Figura 11.** Localización de los eventos con solución de mecanismo focal en la zona de subducción de la región del occidente de Sur América, publicados por *ISC-Bulletin Reviewed*, recopilados para el proyecto SARA.

### *Descripción de los campos del catálogo de mecanismos focales<sup>1</sup>*

El catálogo presentado en el anexo, contiene 37 campos con información referente a la solución del mecanismo focal de los eventos recopilados a partir de una revisión de catálogos históricos e instrumentales. A continuación se presenta la descripción de cada uno de los atributos de la tabla separados en siete secciones:

Los primeros dos campos hacen referencia a un número o código identificador del evento:

EVENT: Consecutive id number, assigned for this report

EVENT\_ID: Unique id number specific to each ISC event

Los siguientes siete campos contienen información con respecto al sitio donde fue reportado el evento originalmente y su respectivo autor:

AUTHOR: Author of the origin linked to the focal mechanism solution.

DATE: Origin date.

TIME: Origin time.

LAT: Latitude according with geographic location

LON: Longitude according with geographic location.

DEPTH: Origin depth (km)

CENTROID: Flag set to TRUE if the origin is reported as a centroid. Note: if the flag is not set to true, there is still a possibility that the origin is a centroid but was not reported as such.

El siguiente campo hace referencia al autor (institución o investigador) que reportó la solución actualizada de mecanismo de falla del evento.

FM\_AUTHOR: Author of the focal mechanism solution - often but not always the same as the author of the origin.

Los siguientes campos contienen información en relación con el tamaño del evento reportado:

EX: Exponent used to convert the scalar moment to units of Nm.

MO: Scalar moment.

MW: Moment magnitude.

Los campos que contienen información sobre los componentes de la matriz de tensor de momento, son descritos a continuación:

EX: Exponent used to convert the moment tensor components to units of Nm.

---

<sup>1</sup> International Seismological Centre, Reference Event Bulletin, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2010.

MRR: One of six independent moment tensor components.  
MTT: One of six independent moment tensor components.  
MPP: One of six independent moment tensor components.  
MRT: One of six independent moment tensor components.  
MTP: One of six independent moment tensor components.  
MPR: One of six independent moment tensor components.

A continuación se describen los parámetros de los planos nodales (principal: 1 y secundario: 2) de acuerdo con la solución de mecanismo focal reportada:

STRIKE\_NP1: Strike of 1st nodal plane.  
DIP\_NP1: Dip of 1st nodal plane.  
RAKE\_NP1: Rake of 1st nodal plane.  
STRIKE\_NP2: Strike of the 2nd nodal plane.  
DIP\_NP2: Dip of the 2nd nodal plane.  
RAKE\_NP2: Rake of the 2nd nodal plane.

Los últimos 10 campos describen los ejes principales de la solución:

EX: Exponent used to convert the eigenvalues of the principal axes to units of Nm.  
T\_VAL: Eigenvalue of the T-axis.  
T\_PL: Plunge of the T-axis.  
T\_AZM: Azimuth of the T-axis.  
P\_VAL: Eigenvalue of the P-axis.  
P\_PL: Plunge of the P-axis.  
P\_AZM: Azimuth of the P-axis.  
N\_VAL: Eigenvalue of the N-axis.  
N\_PL: Plunge of the N-axis.  
N\_AZM: Azimuth of the N-axis.

## Referencias

- International Seismological Center (ISC). 2010. Online Bulletin. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>.r. Thatcham, UK. Vol. 4 Issue 1-6.
- Storchak, D. A., Giacomo, D. D., Bondár, I., Harris, J., Engdahl, E. R., Lee, W. H. K., Villaseñor, A., Bormann, P. and Ferrari, G. 2012. ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900-2009), GEM Technical Report 2012-01 v1.0.0, 128 PP., GEM Foundation, Pavia, doi: 10.13117/GEM.GEGD.TR2012.01.
- Van Stiphout, T., Zhuang, J. and Marsan, D. 2012. Seismicity declustering, Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis, doi: 10.5078/corssa-52382934. Available at <http://www.corssa.org>, p. 9–12.
- Zuñiga, F.R., Reyners, M. and Villamor, P. 2005. Temporal variations of the earthquake data in the catalogue of seismicity of New Zealand. Bulletin of the New Zealand Society for earthquake Engineering, vol. 38, No. 2.