

Laboratorio de Sísmica y Sismología - Informe 4^{a)}

Daniel Felipe Forero Sánchez^{1, b)}

201415069

(Dated: 8 de mayo de 2016)

El presente informe muestra la solución del cuarto laboratorio de Sísmica y Sismología, donde se requiere localizar un terremoto de dos formas posible, usando el algoritmo HYPO71 y triangulando la posición del epicentro usando la diferencia entre tiempos de arribo de onda S y P. Posteriormente se debió calcular la magnitud de local de tres sismos y finalmente, se generó el mecanismo focal para un terremoto, teniendo en cuenta la polaridad del primer arribo de ondas P en distintas estaciones. En los tres casos se lograron resultados satisfactorios, localizando de manera correcta los terremotos de ambas forma, calculando las magnitudes y generando el mecanismo focal.

Keywords: Mecanismo focal, triangulación, terremoto, magnitud

I. INTRODUCCIÓN

La localización de los terremotos ha sido uno de los problemas más comunes en sismología y, por lo tanto, han surgido distintos métodos. En primer lugar se puede calcular, con un cierto margen de error, la localización del epicentro (proyección en superficie de la posición real de la fuente, o hipocentro) triangulandola haciendo uso de la diferencia entre tiempos de llegada de las ondas P y S en, por lo menos, tres estaciones distintas que estén lo mejor distribuidas posible angularmente.

$$D_i = \frac{v_p v_s}{v_p - v_s} (t_p - t_s) \quad (1)$$

La anterior ecuación asume que la Tierra es homogénea, dado que asume una sola velocidad constante v_s , v_p para la distancia D_i entre la estación i y el epicentro.

Por otra parte el algoritmo HYPO71 usa el método de *steepest gradient descent* en el cual iterativamente se corrige la posición del hipocentro mediante la comparación entre tiempos calculados y medidos de arribo hasta minimizar el error en estos.

La magnitud local de un terremoto es calculada según la ecuación 2.

$$M_L = \log(A) + a \log(r) + br + c \quad (2)$$

Donde $a = 1,11$, $b = 0,00189$, $c = -2,09$ son parámetros calibrados para un sismograma tipo Wood-Anderson de donde debe medirse también la amplitud máxima A .

El mecanismo focal de un terremoto da ideas sobre la geometría del tectonismo o movimiento que causó el terremoto y es generado a través de la polaridad del primer arribo de onda P en cada una de las estaciones que registran el terremoto.

II. PROCEDIMIENTO

A. Localización de Eventos

1. Se corre el algoritmo HYPO71 desde su ejecutable y haciendo uso de los datos de prueba proveídos.
2. Se toman los tiempos de arribo de onda P y S para cada estación y se calcula la distancia al epicentro haciendo uso de la relación 1.
3. En Google Earth se dibujan círculos de radio D_i centrados en la posición de las estaciones (i) en conjunto con la posición de los epicentros obtenidas en HYPO71.

B. Magnitud

Tomando los datos entregados en la figura 1 se calcula la magnitud local según la relación 2.

C. Mecanismo Focal

1. Tomando los datos de la tabla I se grafica cada estación sobre el stereonet teniendo en cuenta la polaridad del arribo en cada una.
2. Se busca un plano apropiado, es decir que separe las estaciones con arribo de polaridad positiva de los de polaridad negativa.
3. Se grafica un segundo plano perpendicular al primero que separe los puntos bajo el mismo criterio.

III. RESULTADOS

A. Localización de eventos

Tras correr el algoritmo se obtienen los resultados reportados en la tabla II

^{a)}Cuarto informe del Laboratorio de Sísmica y Sismología

^{b)}Departamento de Geociencias/Departamento de Física, Universidad de Los Andes; Electronic mail: df.forero10@uniandes.edu.co

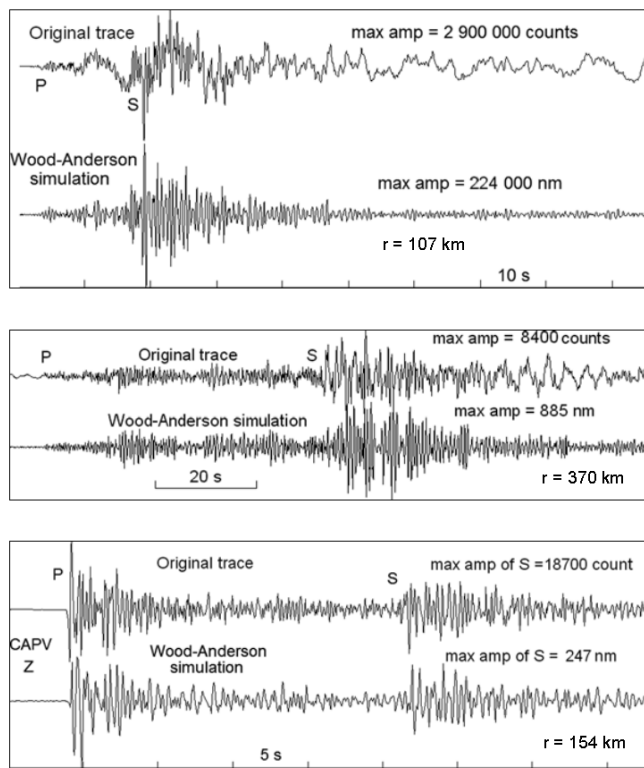


Figura 1: Figuras dadas para la parte B.

Cuadro I: Datos entregados para la parte C

Estación	Polaridad	Dirección Buz	Buz
SR01	D	136	61
SR02	U	86	61
SR03	D	27	61
SR04	U	325	61
SR05	U	266	61
SR06	D	209	61
SR07	D	352	65
SR09	U	97	61
SR10	U	143	69
SR11	D	202	61
SR12	D	149	61
SR13	D	92	22
SR14	D	46	61
SR15	U	80	71
SR16	U	105	61
SR18	D	10	61
SR19	D	188	61
SRBA	U	141	61

Por otro lado, el método descrito en la introducción que utiliza la relación 1 da los siguientes resultados reportados para cada uno de los sismos.

Luego se grafican en Google Earth ambos resultados con fines de comparación.

Cuadro II: Resultados del algoritmo HYPO71

LAT N	LONG W	DEPTH (km)
38°28.59'	122°41.94'	8.41
38°28.53'	122°42.09'	3.85
38°28.40'	122°40.88'	7.82

Cuadro III: Sismo 1

Estación	Lat(°)	Lon	$t_p(s)$	$t_s(s)$	D (km)
SR04	38.2866667	122.517	58.05	62.45	28
SR06	38.7096667	122.537	58.53	62.59	25.8363636

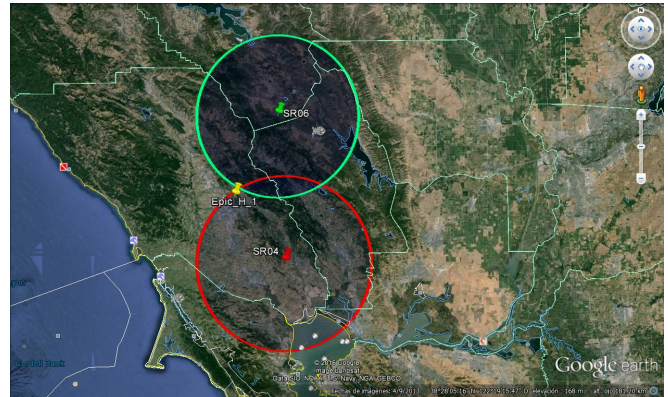


Figura 2: Mapa del epicentro del sismo 1 localizado de dos formas distintas.

En la figura 2 se ve que la localización obtenida con HYPO71 es cercana al área de intersección entre los círculos generados por el otro método. El uso del segundo método no es, en general, muy confiable, dado que influyen mucho errores dados por la aproximación de "Tierra homogénea" y posibles errores en el picado de los tiempos, pero en este caso, es además poco confiable porque se utilizan solo dos estaciones, las cuales intersectan en un gran área, dando un margen de error muy grande.

En la figura 3 al igual que en la 2 se tienen solo dos estaciones, por lo que el error es igual o más grande, dado que las estaciones están más próximas y el área de intersección es entonces mucho mayor. Nuevamente, el epicentro calculado por HYPO71 queda en el borde de la área intersectada, lo que es de esperarse, dado que de haber una tercera estación con la apropiada distribución angular (al este del epicentro), se podría obtener un

Cuadro IV: Sismo 2

Estación	Lat(°)	Lon	$t_p(s)$	$t_s(s)$	D (km)
SR05	38.4925	122.4055	49.72	53.7	25.3272727
SR06	38.7096667	122.537	50.1	54.2	26.0909091

Cuadro V: Sismo 3

Estación	Lat(°)	Lon	$t_p(s)$	$t_s(s)$	D (km)
SR04	38.2866667	122.517	10.4	14.3	24.8181818
SR06	38.7096667	122.537	9.75	13.94	26.6636364
SR19	38.6708333	122.668	8.61	12	21.5727273

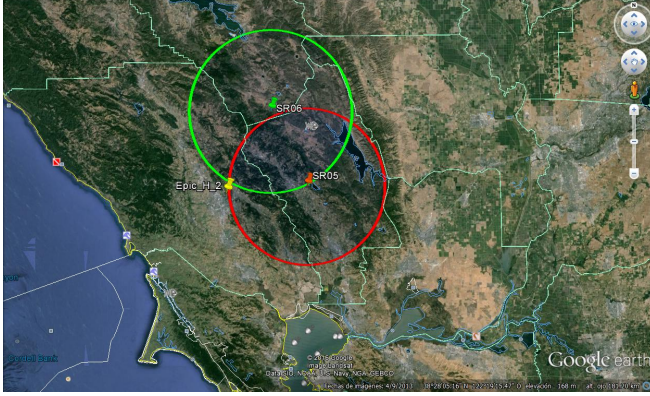


Figura 3: Mapa del epicentro del sismo 2 localizado de dos formas distintas.

tercer círculo que debería intersectar con los otros dos en un lugar muy cercano a la localización correcta según HYPO71.

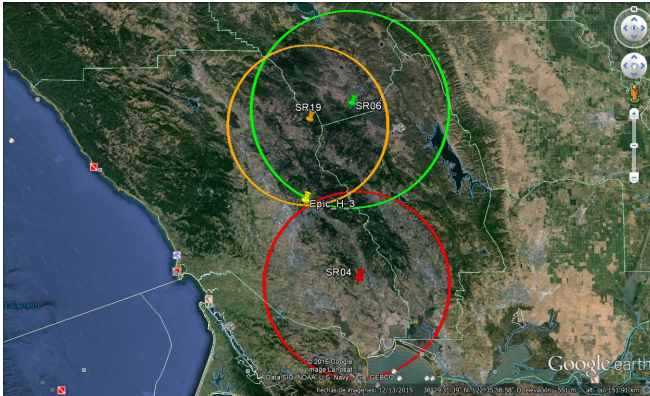


Figura 4: Mapa del epicentro del sismo 3 localizado de dos formas distintas.

Finalmente, en la figura 4 se tienen 3 estaciones, cuya intersección se encuentra muy próxima al epicentro entregado por HYPO71. Es importante resaltar que la distribución angular de las estaciones deja algo que desear, sería ideal contar con una estación al este del mapa que permita una mayor precisión, aunque los resultados con estas tres ya son bastante aceptables.

B. Magnitud

Cuadro VI: Resultados del cálculo de magnitudes

$A(nm)$	$r(Km)$	M_L
224000	107	5.72
885	370	4.41
247	154	3.02

en la tabla VI se ve que las magnitudes de los tres sismos son similares (solo separadas una unidad) pero no hay que olvidar que esto significa que uno fue por lo menos 10 veces más fuerte que el anterior.

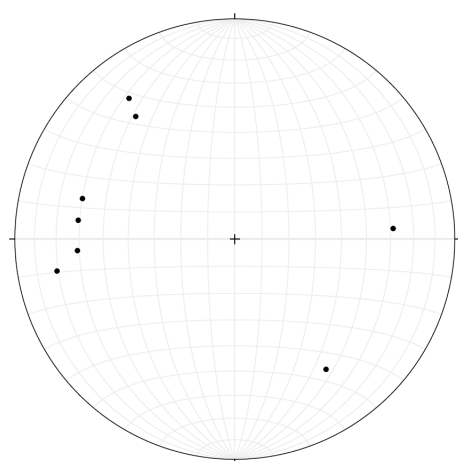
C. Mecanismo Focal

Haciendo uso del software Stereonet de Rick Allmendinger y Nestor Cardozo¹ se grafican los datos de la tabla I (lastimosamente sin poder diferenciar color. Figura 5) y se grafica el mecanismo focal en la figura 6.

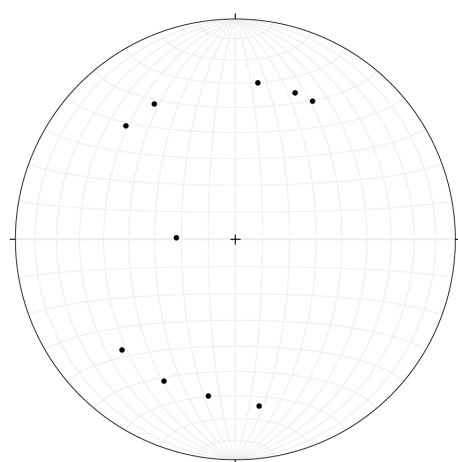
En la figura 6 se puede ver que el mecanismo focal corresponde a un ambiente de falla normal oblicua.

IV. CONCLUSIONES

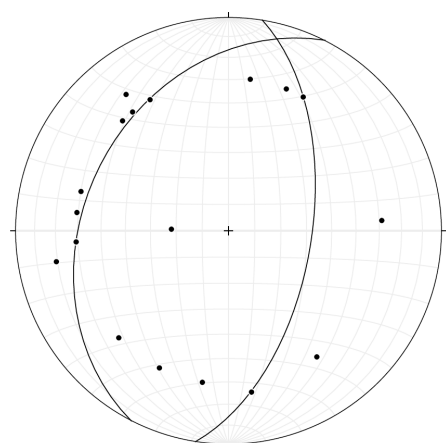
1. Se puede concluir que la estimación de la localización del epicentro con la ecuación 1 usando dos estaciones es bastante inexacta, generando un área de incertidumbre muy grande.
2. No obstante, dicha gran área de incertidumbre está próxima a las estimaciones del epicentro dadas por HYPO71, por lo que se puede decir que con una tercera estación se podría registrar mucho mejor la localización del sismo.
3. Cuando se tienen tres estaciones, es conveniente que estén angularmente distribuidas, dado que puede dar resultados mucho mejores. En la figura 4 no hay una distribución angular muy buena, pero aún así la intersección se encuentra cerca al epicentro dado por HYPO71.
4. El cálculo de magnitudes locales es siempre una estimación y es, en general un problema complicado. En este informe eran conocidos todos los parámetros necesarios, lo cual simplifica los cálculos.
5. La generación de los mecanismos focales es también una búsqueda de la solución más probable, si bien se obtuvieron resultados satisfactorios, es necesario profundizar en el conocimiento y manejo de herramientas computacionales tanto como para automatizar la generación de estos o para dibujarlos.



(a) Polaridad positiva



(b) Polaridad negativa



(c) Ambas polaridades y planos nodales

Figura 5: Se ven los puntos graficados para las distintas polaridades y planos nodales

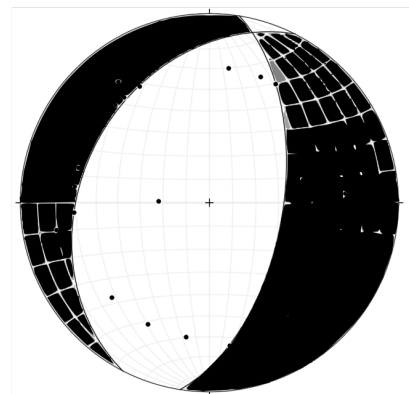


Figura 6: Mecanismo focal generado.

REFERENCIAS

¹2016. Rick allmendinger's stuff, 2006.