

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TEMA: ANÁLISIS DE LA RED SÍSMICA DEL ECUADOR Y LA
INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA PARA EL DISEÑO SISMO
RESISTENTE DE ESTRUCTURAS.

AUTOR:

ALVARO SEBASTIAN GAVILANES TAMAYO

TUTOR:

Ing. Mg. JORGE CEVALLOS

AMBATO-ECUADOR

2014-2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: ***“ANÁLISIS DE LA RED SÍSMICA DEL ECUADOR Y LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE ESTRUCTURAS”***, del estudiante: Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, Mayo del 2015

TUTOR

Ing. Mg. Jorge Cevallos

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: "*ANÁLISIS DE LA RED SÍSMICA DEL ECUADOR Y LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE ESTRUCTURAS*"; como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Mayo del 2015

AUTOR

Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: *“ANÁLISIS DE LA RED SISMICA DEL ECUADOR Y LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE ESTRUCTURAS”*; del estudiante: Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, Mayo del 2015

Para constancia firman:

DEDICATORIA

A mí querida familia, amigos y a todos quienes estuvieron junto a mí en los diferentes momentos de mi vida, mientras me preparaba en esta profesión, que no servirá solo para fines personales sino para brindar un aporte a la sociedad.

“Vivir no es sólo existir, si no existir y crear, saber, gozar, sufrir y no dormir sin soñar”. Gregorio Marañón (1887-1960).

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento más profundo a Dios y a la Virgen María por sus bendiciones.

A la Facultad de Ingeniería Civil por haberme formado académicamente, a todos mis educadores, en especial al Ing. Mg. Jorge Cevallos por su apoyo para que este trabajo salga adelante.

Al Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, por su apertura y soporte con información valiosa. Al Ing. Juan Carlos Singaicho por su tiempo y ayudarme a comprender de mejor manera la sísmica.

A la Ph. D. Alicia Rivas por sus enseñanzas que han enriquecido de forma sustancial mis conocimientos, siendo un puntal muy importante y guiándome siempre a cumplir mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PAGINAS PRELIMINARES

Portada.....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Autoría de tesis.....	iii
Aprobación del tribunal de grado.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice general de contenidos.....	vii
Índice de cuadros y gráficos.....	x
Resumen ejecutivo.....	xi

B. TEXTO

CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico.....	3
1.2.3 Prognosis.....	4
1.2.4 Formulación del Problema.....	4
1.2.5 Interrogantes (Sub-problemas).....	4
1.2.6 Delimitación del Objeto de Investigación.....	5
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes investigativos.....	7

2.2 Fundamentación filosófica	8
2.3 Fundamentación legal	8
2.4 Categorías fundamentales	9
2.4.1 Supra ordinación de las variables	9
2.4.2 Definiciones.....	10
2.4.2.1 Ingeniería sísmica	10
2.4.2.2 Geofísica.....	10
2.4.2.2.1 Sismología.	10
Fenómeno sísmico	11
Placa tectónica.	12
Subducción de placas.	12
Ondas sísmicas.....	13
Hipocentro.	16
Epicentro.	16
Medición sísmica. Escalas	16
Red sísmica.....	21
Espectros.....	25
2.5 Hipótesis.....	28
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis.	28
2.6.1 Variable independiente	28
2.6.2 Variable dependiente	28
CAPÍTULO III.....	29
METODOLOGÍA	29
3.1 Enfoque.....	29
3.2 Modalidad básica de la investigación.	29
3.3 Nivel o tipo de investigación	29
3.3.1 Nivel Exploratorio.....	29
3.3.2 Nivel Descriptivo	30
3.3.3 Nivel Explicativo	30
3.4 Población y muestra.....	30
3.4.1 Población.....	30

3.4.2 Muestra.....	30
3.5 Operacionalización de variables.....	31
3.5.1 Variable Independiente.....	31
3.5.2 Variable Dependiente.	32
3.6 Plan de recolección de información.	33
3.7 Plan de procesamiento de la información.....	34
3.7.1 Plan de procesamiento de la información.....	34
3.7.2 Análisis e interpretación de resultados.	34
CAPÍTULO IV	35
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	35
4.1 Análisis de los resultados e interpretación de datos.	35
4.2 Verificación de la hipótesis.....	42
CAPÍTULO V	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1 Conclusiones.	43
5.2 Recomendaciones.	44
CAPÍTULO VI	45
PROPUESTA.....	45
6.1 Datos informativos.....	45
6.2 Antecedentes de la propuesta	46
6.3 Justificación.....	49
6.4 Objetivos	50
6.4.1 Objetivo general.....	50
6.4.2 Objetivos específicos.....	50
6.5 Análisis de factibilidad.....	50
6.6 Fundamentación científico técnica.	50
6.7 Metodología. Modelo operativo.	52
6.7.1 Introducción.....	52
6.7.2 Información sísmica.	53

6.7.3 Instrumentación	56
Sensor GURALP CMG 5TD EAM	56
Sensor REFTEK 130 SMA	56
6.7.5 Parámetros de fuente.	68
6.7.5 Parámetros de trayectoria.	70
6.7.6 Parámetros de sitio.	74
6.7.7 Modelos de movimiento fuerte, ecuaciones de predicción del movimiento o leyes de atenuación.	75
6.7.7.1 Introducción.	75
6.7.7.2 Nomenclatura	76
6.7.8 Abrahamson Silva Kammai GMPE NGA-W2.	78
6.7.9 Campbell Bozorgnia GMPE NGA-W2.	84
6.7.10 Idriss GMPE NGA-W2.	88
6.7.11 Boore Stewart Seyhan Atkinson GMPE NGA-W2.	89
6.7.12 Chiou Youngs NGA-W2.	92
6.7.13 Calibración espectros de los modelos con respecto a espectros reales.	94
6.7.14 Graficas comparativas de espectros reales con espectros obtenidos mediante las GMPE:	98
6.8 Administración de la propuesta	111
6.9 Previsión de evaluación	113
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....	115
Bibliografía	115
ANEXOS:	118

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Escala Richter.	18
Tabla 2. Escala de Mercalli.	19
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.	31
Tabla 4. Operacionalización de la variable dependiente.	32
Tabla 5. Recolección y explicación de la información obtenida.	33
Tabla 6. Cuantificación de valores de la encuesta.	35
Tabla 7. Cuantificación de valores de la encuesta.	36
Tabla 8. Cuantificación de valores de la encuesta.	37
Tabla 9. Cuantificación de valores de la encuesta.	38
Tabla 10. Cuantificación de valores de la encuesta.	39
Tabla 11. Cuantificación de valores de la encuesta.	40
Tabla 12. Cuantificación de valores de la encuesta.	41
Tabla 13. Presupuesto.	46
Tabla 14. Intensidades máximas Ecuador.	54
Tabla 15. Ubicación de las estaciones acelerográficas.	58
Tabla 16. Valores de azimut y buzamiento de la ruptura.	68
Tabla 17. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 1 para cada estación.	71
Tabla 18. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 2 para cada estación.	72
Tabla 19. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 3 para cada estación.	72
Tabla 20. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 4 para cada estación.	72
Tabla 21. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 5 para cada estación.	73
Tabla 22. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 6 para cada estación.	73
Tabla 23. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 7 para cada estación.	74
Tabla 24. Análisis de parámetros tomados en cuenta para cada modelo.	77
Tabla 25. Indicadores tipo de calibración.	96
Tabla 26. Valores obtenidos en la calibración para el PGA 0,01	96
Tabla 27. Resultados de la calibración para el PGA 0,01.	96
Tabla 28. Valores obtenidos en la calibración para periodos cortos 0,1.	96
Tabla 29. Resultados de la calibración para periodos cortos 0,1	97
Tabla 30. Valores obtenidos en la calibración para periodos largos 1,0	97
Tabla 31. Resultados de la calibración para periodos largos 1,0.	97
Tabla 32. Espectro sismo 1.	127
Tabla 33. Espectro sismo 2.	132
Tabla 34. Espectro sismo 3.	137
Tabla 35. Espectro sismo 4.	142
Tabla 36. Espectro sismo 5.	147
Tabla 37. Espectro sismo 6.	152
Tabla 38. Espectro sismo 7. Parte 1	158

Tabla 39. Espectro sismo 7. Parte 2	163
Tabla 40. Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.....	169
Tabla 41. Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.....	170
Tabla 42. Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.....	171
Tabla 43. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013	172
Tabla 44. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013	173
Tabla 45. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013	174
Tabla 46. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013	175
Tabla 47. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013	176
Tabla 48. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013	177
Tabla 49. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013	178
Tabla 50. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013	179
Tabla 51. Coeficientes del método Idriss, 2013	180
Fuente: (Idriss, 2013)Tabla 52. Coeficientes del método Idriss, 2013.....	180
Tabla 53. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013	182
Tabla 54. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013	183
Tabla 55. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013	184
Tabla 56. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013	185
Tabla 57. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013.....	186
Fuente: (Chiou & Youngs, 2013)Tabla 58. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013	186
Tabla 59. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013.....	188

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1. Supra Ordinación de Variables.	9
Gráfico 2. Porcentaje de respuestas de la pregunta 1.	36
Gráfico 3. Porcentaje de respuestas de la pregunta 2.	37
Gráfico 4. Porcentaje de respuestas de la pregunta 3.	38
Gráfico 5. Porcentaje de respuestas de la pregunta 4.	39
Gráfico 6. Porcentaje de respuestas de la pregunta 5.	40
Gráfico 7. Porcentaje de respuestas de la pregunta 6.	41
Gráfico 8. Porcentaje de respuestas de la pregunta 7.	42
Gráfico 9. Espectro del sismo 1 registrado por la estación BELLA y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	98
Gráfico 10. Espectro del sismo 1 registrado por la estación CIRC y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	99
Gráfico 11. Espectro del sismo 1 registrado por la estación LILI y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	100
Gráfico 12. Espectro del sismo 1 registrado por la estación SANFR y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	101
Gráfico 13. Espectro del sismo 2 registrado por la estación BELLA y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	102
Gráfico 14. Espectro del sismo 2 registrado por la estación CIRC y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	103
Gráfico 15. Espectro del sismo 2 registrado por la estación LILI y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	104
Gráfico 16. Espectro del sismo 2 registrado por la estación PRAM y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	105
Gráfico 17. Espectro del sismo 2 registrado por la estación VILL y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	106
Gráfico 18. Espectro del sismo 3 registrado por la estación AAMB1 y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	107
Gráfico 19. Espectro del sismo 4 registrado por la estación AGUAY y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	108
Gráfico 20. Espectro del sismo 5 registrado por la estación ATLULC y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	109
Gráfico 21. Espectro del sismo 5 registrado por la estación ATUNT1 y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2	110

ÍNDICE DE IMÁGENES:

Imagen 1. Ruinas Iglesia de Santa Rosa, provincia de Tungurahua	3
Imagen 2. Placas tectónicas.	12
Imagen 3. Tipos de ondas sísmicas.	14
Imagen 4. Tipos de ondas sísmicas en un sismograma.	15
Imagen 5. Falla geológica. Hipocentro y epicentro	16
Imagen 6. Estación Sísmica.	23
Imagen 7. Conformación del espectro.	27
Imagen 8. Acelerograma Guralp CMG 5TD	57
Imagen 9. Acelerograma Reftek 130 SMA	58
Imagen 10. Mapa del Ecuador con los sismos y estaciones en estudio.	61
Imagen 11. Ubicación geográfica del sismo 1 y las estaciones que registraron el evento.	62
Imagen 12. Ubicación geográfica del sismo 2 y las estaciones que registraron el evento.	63
Imagen 13. Ubicación geográfica del sismo 3 y las estaciones que registraron el evento.	64
Imagen 14. Ubicación geográfica del sismo 4 y las estaciones que registraron el evento.	65
Imagen 15. Ubicación geográfica del sismo 5 y las estaciones que registraron el evento.	66
Imagen 16. Ubicación geográfica del sismo 6 y las estaciones que registraron el evento.	67
Imagen 17. Ubicación geográfica del sismo 7 y las estaciones que registraron el evento.	68
Imagen 18. Mecanismos de fallas y su representación en esferas focales.	69
Imagen 19. Distancias del plano de ruptura.	71
Imagen 20. Sismicidad del Ecuador, año 2013.....	118

ÍNDICE DE FOTOS:

Foto 1. Fachada de la Iglesia La Matriz	119
Foto 2. Interior de la Iglesia La Matriz.....	119
Foto 3. Cuerpos siendo rescatados al Interior de la Iglesia La Matriz	120
Foto 4. Fachada de la Iglesia de Santo Domingo.....	120
Foto 5. Escombros de la Iglesia de Santo Domingo.....	121
Foto 6. Iglesia de la Providencia, con su torre destruida.....	121
Foto 7. Colegio Nacional Bolívar	122
Foto 8. Mercado Municipal actual Mercado Central	122
Foto 9. Calle Castillo entre Bolívar y Rocafuerte.	123
Foto 10. Calle Castillo y Juan Benigno Vela.	123
Foto 11. Calle Cevallos y Guayaquil, al fondo la Yahaira	124
Foto 12. Calle Bolívar y Martínez	124
Foto 13. Calle Montalvo, se observa el cruce ferroviario en la calle Olmedo	125
Foto 14. Calle Cevallos Entre Quito y Guayaquil. Escuela Luis A, Martínez	125
Foto 15. Escombros de la Iglesia de Pelileo	126
Foto 16. Ciudad de Pelileo destruida en un 95%.....	126

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: ANÁLISIS DE LA RED SÍSMICA DEL ECUADOR Y LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE DE ESTRUCTURAS.

Autor: Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo. Fecha: Mayo, 2015

En la parte inicial del proyecto se buscó determinar el nivel de conocimientos de los estudiantes del último semestre de Ingeniería Civil de la UTA respecto a la red sísmica ecuatoriana, para lo cual se realizaron encuestas, obteniéndose resultados que indican conocimientos limitados en esta área.

Por lo que en este trabajo se plantea el vincular información sísmica obtenida a base de instrumentación e investigaciones con su aplicabilidad en ingeniería civil.

Concretamente se realiza una calibración de los modelos empíricos de ecuaciones para predecir movimientos fuertes o leyes de atenuación, de la PEER NGA-W2 (Pacific Earthquake Engineering Research), con espectros de sismos reales obtenidos por la RENAC (Red Nacional de Acelerógrafos). Para lo cual se utiliza la metodología de Scherbaum et al. (2004) y una comparación gráfica.

Mediante esta calibración y estudio comparativo se determina los modelos que presentan mayor ajuste a la realidad ecuatoriana, debido a sus características geológicas.

Para obtener estos modelos empíricos es necesario conocer parámetros de fuente, trayectoria y sitio, por lo cual es útil la mayor cantidad de información de los emplazamientos en estudio.

El contar con espectros de sismos reales es sumamente importante ya que los modelos matemáticos se calibran en base a estos. Los espectros de sismos reales son proporcionados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Este tipo de estudios es de gran impacto ya que sienta precedentes académicos que literalmente afecta a todos los diseños estructurales que se realicen.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

Análisis de la red sísmica del Ecuador y la información que proporciona para el diseño sísmo resistente de estructuras.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Contextualización

Los peligros sísmicos a los que se encuentra expuesto el Ecuador pueden causar gran efecto en la población, en los proyectos de infraestructura y en el entorno natural como ya ha ocurrido anteriormente; su impacto es tremendamente negativo en el desarrollo socio económico de la nación.

Para reducir este impacto se requiere monitorear permanentemente nuestra realidad sísmica aparte de realizar investigación científica y aplicar tecnologías de punta para así conocer más del peligro que corremos al estar ubicados en un lugar sísmicamente activo. En base a este conocimiento se puede planificar de mejor manera nuestro desarrollo y mitigar la vulnerabilidad de nuestra población frente a estos acontecimientos naturales.

El monitoreo de la sismicidad en el Ecuador lo realiza el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) mediante la Red Nacional de Sismógrafos (RENSIG) y la Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC), conformada por 42 estaciones sísmicas telemétricas de una y tres componentes, localizados de manera especial en fuentes sísmicas importantes y en los volcanes activos de mayor peligro para la población. Además cuenta con 10 acelerógrafos.

La información obtenida por estos sensores sísmicos es procesada por el IG-EPN, base para investigaciones y desarrollo de códigos que regulan las obras civiles en el país. Antes de la aparición de instrumentos de medida como los que se conoce actualmente, se sabía de la ocurrencia de eventos sísmicos por archivos históricos, relatos de personas que vivieron el evento o por los efectos que dejan en la naturaleza.

El archivo más importante de la época colonial que relata eventos ocurridos en el país es el Archivo General de Indias, realizado por los españoles, este ha servido para trabajos más actuales como el realizado por José Egred quien conformó el archivo histórico sísmico y volcánico, el catálogo de intensidades sísmicas entre otras publicaciones.

La historia sísmica del Ecuador está llena de dolorosas experiencias, producto de grandes catástrofes que dejaron a su paso muerte y destrucción a lo largo y ancho de todo el territorio nacional. Un claro ejemplo es lo ocurrido el 5 de agosto de 1949 en la provincia de Tungurahua que afectó principalmente a Pelileo, Ambato y sus alrededores. La magnitud de evento fue de 6,8 escala de Richter, con un hipocentro de 40 km de profundidad. Destruyó iglesias, cuarteles militares, viviendas, puentes, redes de agua potable, canales de riego, líneas telefónicas y telegráficas, vías férreas, se abrieron grietas en el suelo que interrumpían la comunicación entre poblados. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) se registraron 5050 muertes y quedaron alrededor de 100.000 personas sin hogar.

En el país son muchos los sismos que se dan cada año, algunos de muy baja magnitud que son imperceptibles por las personas más no a los instrumentos, y otros de magnitud considerable que alertan a la ciudadanía. Sumando todos estos acontecimientos se obtiene decenas de miles lo que indica que las placas tectónicas en nuestro país se encuentran en constante movimiento.

Imagen 1. Ruinas Iglesia de Santa Rosa, provincia de Tungurahua



Fuente: United State Geological Survey. USGS

En los últimos 458 años, han ocurrido en nuestro territorio 37 terremotos de intensidad igual o mayor a VIII (Escala Internacional de Mercalli), grado a partir del cual, los efectos son de consideración. Y si se toma en cuenta los sismos a partir de la intensidad VI, (grado desde el cual se presentan daños leves), hay que añadir 96 eventos más. Ocasionando en total un aproximado de 80.000 pérdidas humanas.

Para reducir el número de vidas humanas que se ven mermadas en estos desastres naturales debemos mejorar nuestras capacidades para diseñar y construir estructuras que soporten cargas sísmicas, lo que implica conocer mejor el suelo donde estamos construyendo.

1.2.2 Análisis crítico

En ocasiones el estar acorde académica y tecnológicamente con las nuevas tendencias y exigencias mundiales ha sido un problema para países en vías de desarrollo, el Ecuador no se ha visto exento de esto, por lo que requiere de más profesionales que brinden soluciones a los problemas que enfrenta el sector de la construcción.

El requerimiento de infraestructura sismo resistente en el país es una realidad que cada vez va en aumento, por lo que tener información sísmica que nos ayude a

diseñar mejor juega un papel clave en este sector, al igual que contar con talento humano que sepa conceptos, metodologías y aplicaciones dentro de esta área.

Todos estos factores permiten el tener proyectos más seguros, sostenibles y que cumplan con los requerimientos para los que son diseñados.

1.2.3 Prognosis

En caso de no contar con estudios que profundicen y amplíen el conocimiento sísmico entre personas vinculadas a la construcción como son los objetivos de este trabajo investigativo, no se llegará a tener claro los lineamientos a seguir para juntar de manera eficaz y eficiente la información generada por institutos investigativos, académicos y el sector productivo.

Debido a que los sismos son eventos que producen gran impacto social y económico se debe mejorar estos vínculos de manera responsable, ya que el beneficiado será la ciudadanía en general que contará con obras de mejor calidad.

1.2.4 Formulación del problema

¿Conoce el estudiante de último semestre de ingeniería civil de la Universidad Técnica de Ambato acerca de la Red Sísmica Nacional, la información que maneja y la importancia de ésta para tener diseños sísmo resistentes de estructuras?

1.2.5 Interrogantes (Sub-problemas)

¿Qué importancia tiene la red sísmica nacional?

¿Qué tan vinculada se encuentra la ingeniería sísmica y civil?

¿Qué tanto se conoce acerca de los datos que proporciona la red sísmica ecuatoriana?

¿Qué uso se le da a los datos obtenidos por los equipos sísmicos?

¿Los diseños sísmo resistentes para estructuras que se desarrollan en el país ocupan información de la red sísmica?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

1.2.6.1 Delimitación de contenido

Ingeniería civil.

- Ingeniería sísmica
- Dinámica de suelos
- Dinámica de estructuras

1.2.6.2 Delimitación espacial

El proyecto se realizó en el cantón Ambato, Provincia del Tungurahua en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3 Delimitación temporal

El siguiente trabajo se realizará desde el mes de octubre del 2014 hasta mayo del 2015.

1.3 Justificación

Saber si nos encontramos preparados y determinar que se puede mejorar para reducir la vulnerabilidad de nuestras estructuras frente a un terremoto, y así influir de manera positiva en la capacidad de respuesta del país, se encuentra entre los planteamientos de este trabajo investigativo. Siempre con la finalidad de reducir el número de daños cuando se dan estos fenómenos naturales.

La necesidad de estudiantes y profesionales vinculados a la construcción con conocimiento en ingeniería sísmica capaces de establecer parámetros para el cálculo de estructuras ocurre por la peligrosidad sísmica que tiene el país. El no tener en cuenta estas particularidades ha cobrado muchas vidas humanas.

En la actualidad, hablar de diseño sismo-resistente, es hablar de estabilidad en la composición estructural. Por tanto es buscar alternativas que permitan mantener una estructura autosuficiente. A nivel internacional los países más desarrollados han estado a la vanguardia, desarrollando métodos de cálculo para entender la naturaleza y efectos de los sismos, en Ecuador nos queda mucho camino por recorrer y uno de esos pasos es fomentar este tipo de estudios.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Determinar el grado de conocimiento de los estudiantes de ingeniería civil de la UTA acerca de la red sísmica nacional manejada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y la información que proporciona.

1.4.2 Específicos

- Conocer la importancia de la red sísmica nacional.
- Analizar el grado de vinculación entre ingeniería sísmica e ingeniería civil.
- Analizar el nivel de difusión de datos proporcionados por la red sísmica ecuatoriana.
- Determinar el uso que se le da a los datos obtenidos por equipos sísmicos.
- Examinar si los diseños sismo resistentes que se realizan utilizan información de la red sísmica del país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.

En investigaciones realizadas anteriormente podemos destacar la siguiente información que aporta de manera importante a este trabajo investigativo:

Según el libro Ingeniería Sismo resistente¹ este campo de la ingeniería, es parte de la dinámica estructural, que estudia el comportamiento de las edificaciones ante la acción sísmica e investiga los métodos de cálculo estructural, que garantizan su buen comportamiento y seguridad estructural ante los sismos.

Por lo general, el dictado de los cursos de Ingeniería Sismo-Resistente, se centran en la descripción teórica y en la resolución de un escaso número de problemas, lo cual dificulta el proceso de aprendizaje, más aún, tratándose de un curso eminentemente práctico y con una diversidad de estructuras.

Mientras que en el libro Estación Sísmica Digital. Tratamiento Digital de Señales² se menciona que hasta la década de los sesenta la observación sísmica se basaba en estaciones individuales que operaban independientemente con registro fotográfico o similar. Algunas de estas estaciones operaban de forma conjunta remitiendo sus registros a un mismo centro en el que se efectuaba el análisis. En este sentido aparece el concepto de Red Sísmica, aunque el retardo desde que se producía el registro hasta que la información podía ser procesada conjuntamente era considerable.

Pero en la actualidad, el concepto de Red Sísmica se encuentra asociado al denominado “tiempo real”, es decir, la recepción y procesado de datos casi

¹ (Villareal, 2008)

² (Pazos García, 2004)

instantáneos. Los tres grandes objetivos de las redes sísmicas son: la evaluación del riesgo sísmico, la vigilancia sísmica y el conocimiento del interior de la Tierra.

El concepto de red sísmica es bastante amplio, desde las redes mundiales (como por ejemplo GEOFON, IRIS, WWSSN) dedicadas al registro de la sismicidad de forma global, hasta pequeñas redes desplegadas para estudios muy concretos.

En el Ecuador el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional desde 1983 se constituye en el principal centro de investigación para el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos, realizando un sin número de publicaciones al respecto. Las cuales pueden ser revisadas en su página web.

2.2 Fundamentación filosófica

Este trabajo de investigación se enfocó en el paradigma crítico propositivo con el fin de mejorar el aporte brindado por la Red Sísmica Nacional y el aprovechamiento por parte de las personas que se desenvuelven en el área de ingeniería civil.

La finalidad de la investigación facilitará la identificación de los cambios a futuro en el sector. El carácter de la investigación es participativo ya que utiliza técnicas y métodos que asocian a sectores que relativamente se encuentran distanciados y recoge sus criterios para dar solución a las diferentes necesidades y problemas.

2.3 Fundamentación legal

Los fundamentos legales necesarios para la elaboración de este trabajo de investigación se sujetan a los siguientes códigos:

- Código Ecuatoriano de la Construcción 2002, CEC-2002
- Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC
- American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto), ACI-318-S08
- Uniform Building Code (Código de Construcción Unificado), UBC-97

Respecto al Instituto Geofísico como ente investigador se rige según:

Registro Oficial. 20 de Enero del 2003. Suplemento N° 3593.

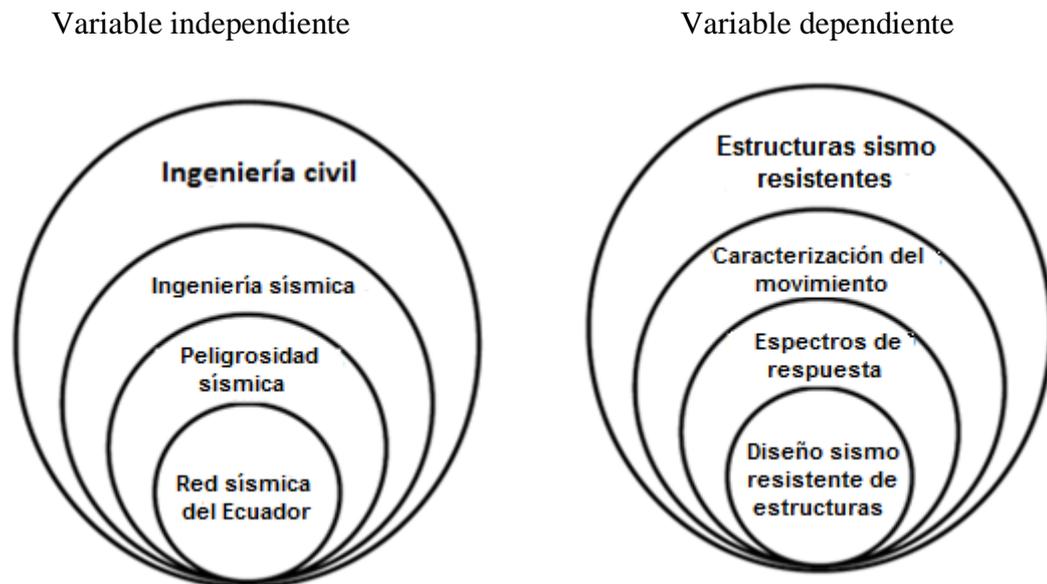
Donde Gustavo Noboa Bejarano, Presidente Constitucional de la República.

Considerando: "Que es deber del Estado adoptar medidas necesarias para prevenir y reparar los daños causados a la población y a la infraestructura básica del territorio nacional, lo cual incluye también a la acción de los fenómenos naturales." Decreta en el Art.1.-" Encargar al Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional... "

2.4 Categorías fundamentales

2.4.1 Supra ordenación de las variables

Gráfico 1. Supra Ordenación de Variables.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

2.4.2 Definiciones

2.4.2.1 Ingeniería sísmica.

Estudia como el movimiento producido por cargas sísmicas afecta a las construcciones u otras estructuras creadas por el hombre.

Los principales objetivos de la ingeniería sísmica son:

- Entender la interacción entre los edificios y la infraestructura con el subsuelo.
- Prever las potenciales consecuencias de fuertes terremotos en áreas urbanas y sus efectos en la infraestructura.
- Diseñar, construir y mantener estructuras que resistan a la exposición de un terremoto, más allá de las expectativas y en total cumplimiento de los reglamentos de construcción.

2.4.2.2 Geofísica.

Es la ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra.

Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, y de fenómenos radiactivos.

En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, tsunamis, etc.) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).

2.4.2.2.1 Sismología.

Viene del griego: seísmos (sismo); y logos (estudio). Es una rama de la geofísica que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las

ondas mecánicas (sísmicas) que se generan en el interior y la superficie de la Tierra.

Estudia el fenómeno de los temblores que ocurren en nuestro planeta Tierra.

Sus principales objetivos son:

- El estudio de la propagación de las ondas sísmicas por el interior de la Tierra a fin de conocer su estructura interna.
- El estudio de las causas que dan origen a los temblores.
- La prevención de daño.

La sismología incluye, entre otros fenómenos, el estudio de maremotos y marejadas asociadas (tsunamis) y vibraciones previas a erupciones volcánicas. En general los terremotos se originan en los límites de placas tectónicas y son producto de la acumulación de tensiones por interacciones entre dos o más placas.

Fenómeno sísmico

Es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico son re-ajustes de la corteza terrestres causados por los movimientos de grandes fragmentos.

Dicho de otra manera, un sismo o temblor es un reajuste de la corteza terrestre causado por los movimientos vibratorios de las placas tectónicas del planeta y se propaga por él en todas direcciones en forma de ondas.

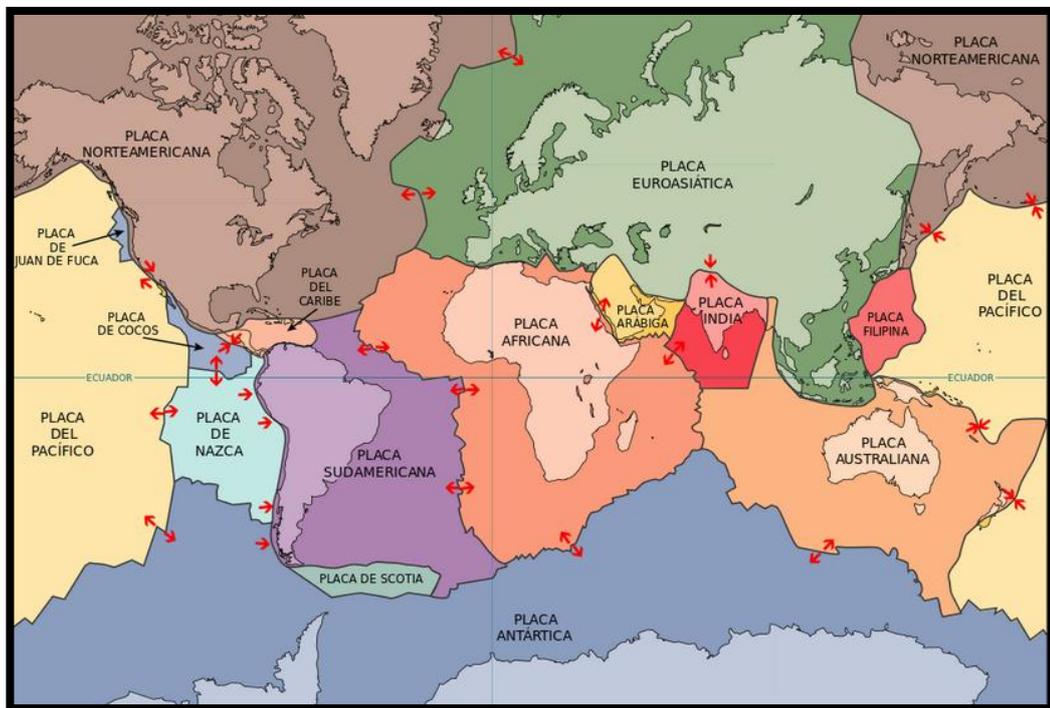
Por sí mismos, son fenómenos naturales que no afectan demasiado al hombre. El movimiento de la superficie terrestre que provoca un terremoto no representa un riesgo, salvo en casos excepcionales, pero sí nos afectan sus consecuencias, ocasionando catástrofes: caída de construcciones, incendio de ciudades, avalanchas y tsunamis.

Placa tectónica.

Es un fragmento de litosfera que se mueve como bloque rígido sin que ocurra deformación interna sobre la astenósfera (manto exterior o superior) de la Tierra.

La tectónica de placas es una teoría que explica la estructura y la dinámica de la superficie terrestre. Establece que la litosfera (la porción superior más fría y rígida de la Tierra) está fragmentada en una serie de placas que se desplazan sobre la astenósfera. Esta teoría también describe el movimiento de las placas, sus direcciones e interacciones. La litosfera terrestre está dividida en placas grandes y en placas menores o micro placas. En los bordes de las placas se concentra actividad sísmica, volcánica y tectónica. Esto da lugar a la formación de grandes cadenas y cuencas.

Imagen 2. Placas tectónicas.



Fuente: U.S. Geological Survey

Subducción de placas.

Es el proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente, según la teoría de tectónica de placas. La subducción ocurre a lo

largo de amplias zonas de subducción que en el presente se concentran en las costas del océano Pacífico en el llamado cinturón de fuego del Pacífico pero también hay zonas de subducción en partes del Mar Mediterráneo, las Antillas, las Antillas del Sur y la costa índica de Indonesia.

La subducción es causada por dos fuerzas tectónicas una que proviene del empuje de las dorsales meso-oceánicas (inglés: ridge-push) y otra que deriva del jale de bloques (inglés: slab-pull)

La subducción provoca recurrentes terremotos de gran magnitud los cuales se originan en la zona al borde de la placa. La subducción también causa la fusión parcial de parte del manto terrestre generando magma que asciende dando lugar a volcanes.

- **Ángulo de subducción.**

Es el ángulo que forma el plano de la zona al borde de la placa con la superficie terrestre, puede variar de cerca de 90° a tan solo 10° en el Ecuador

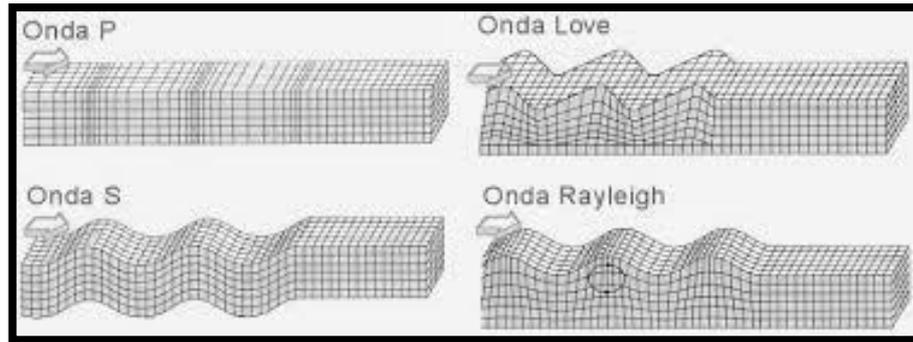
Ondas sísmicas.

Es un tipo de onda elástica fuerte que propaga perturbaciones temporales del campo de tensiones que generan pequeños movimientos en las placas tectónicas.

Las ondas sísmicas pueden ser generadas por movimientos telúricos naturales, los más grandes de los cuales pueden causar daños en zonas donde hay asentamientos urbanos, o también pueden ser generadas artificialmente como por ejemplo el uso de explosivos o camiones (vibro seis).

A continuación se presentan los diferentes tipos de ondas sísmicas:

Imagen 3. Tipos de ondas sísmicas.



Fuente: Educa Madrid. Apuntes ciencia de la Tierra

- **Ondas primarias. P**

Ondas primarias, longitudinales o compresionales; en estas el suelo es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación. Estas ondas generalmente viajan a una velocidad de 1.73 veces más que las ondas secundarias y pueden viajar a través de cualquier tipo de material líquido o sólido. Las velocidades típicas son 1450 m/s en el agua y cerca de 5000 m/s en el granito.

- **Ondas secundarias. S**

Ondas secundarias o secundae, son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias. Debido a ello, éstas aparecen en el terreno algo después que las primeras. Estas ondas son las que generan las oscilaciones durante el movimiento sísmico y las que producen la mayor parte de los daños. Solo se trasladan a través de elementos sólidos.

La velocidad de las ondas *S* en medios isótropos y homogéneos depende de:

$$V_s = \sqrt{\frac{u}{p}} \quad (2-1)$$

El módulo de corte **u** y de la densidad **p** del material.

Ondas superficiales.

Cuando las ondas internas llegan a la superficie, se propagan por la superficie de discontinuidad de la interface de la superficie terrestre (tierra-aire y tierra-agua). Son las causantes de los daños producidos por los sismos en las construcciones. Estas ondas son las que poseen menor velocidad de propagación a comparación de las otras.

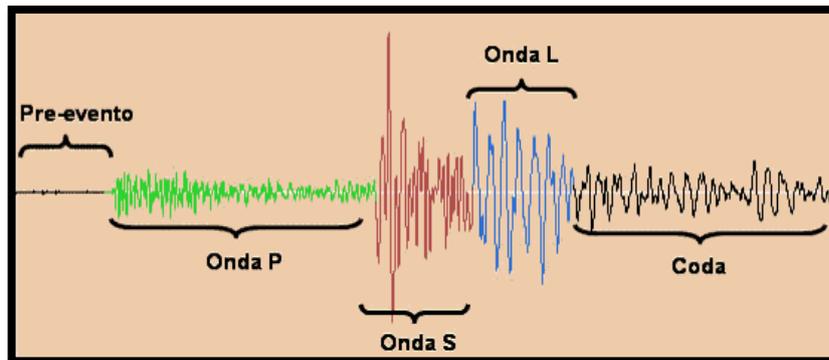
- **Ondas Love. L**

Son ondas superficiales que producen un movimiento horizontal de corte en superficie. Se denominan así en honor al matemático neozelandés Augustus Edward Hough Love, quien desarrolló el modelo matemático de estas ondas en 1911. La velocidad de las ondas Love es un 90% de la velocidad de las ondas secundarias y es ligeramente superior a la velocidad de las ondas Rayleigh.

- **Ondas Rayleigh. R**

También denominadas Ground Roll, son ondas superficiales que producen un movimiento elíptico retrógrado del suelo. La existencia de estas ondas fue predicha por John William Strutt, Lord Rayleigh, en 1885. Son ondas más lentas que las ondas internas y su velocidad de propagación es casi un 70% de la velocidad de las ondas secundarias.

Imagen 4. Tipos de ondas sísmicas en un sismograma.



Fuente: <http://proyectohumano.argentinaforo.net>

Al estudiar el sismo se identifica puntos importantes como:

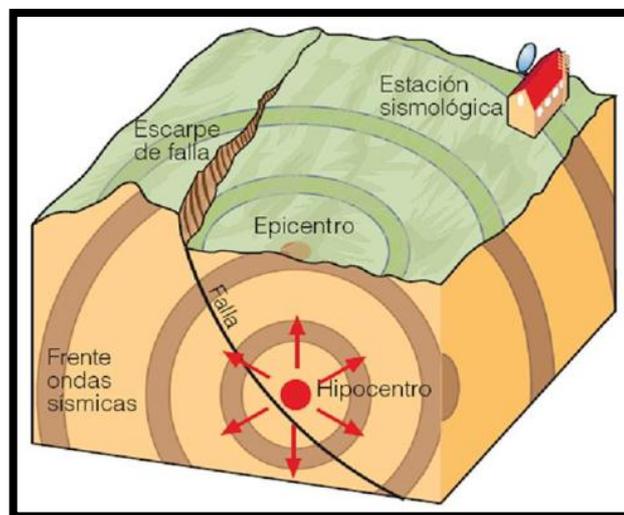
Hipocentro.

También conocido como foco sísmico, es el punto interior de la Tierra donde se inicia un movimiento sísmico o terremoto. Ver gráfico 5.

Epicentro.

Es la proyección del hipocentro sobre la superficie terrestre, la vertical del foco; que suele ser el lugar donde el sismo se siente con mayor intensidad. Como indican los correspondientes prefijos griegos, el hipocentro es un punto del interior de la litosfera, mientras que el epicentro está en la superficie de ésta. Ver gráfico 5.

Imagen 5. Falla geológica. Hipocentro y epicentro



Fuente: saraiolivares.blogspot.com

Medición sísmica. Escalas

También conocida como medición de terremotos, se realiza a través de un instrumento llamado sismógrafo, el que registra en un papel la vibración de la Tierra producida por el sismo (sismograma). Nos informa la magnitud y la duración.

Este instrumento registra dos tipos de ondas: las superficiales, y las centrales o corporales, que viajan a través de la Tierra desde su profundidad.

- **Escalas.**

Es la forma de medición de un terremoto, presenta dificultad inicial para coordinar los registros obtenidos por sismógrafos ubicados en diferentes puntos (red sísmica), de modo que no es inusual que las informaciones preliminares sean discordantes ya que fueron basadas en informes que registraron diferentes amplitudes de onda. Determinar el área total abarcada por el sismo puede tardar varias horas o días de análisis del movimiento mayor y de sus réplicas. La prontitud del diagnóstico es de importancia capital para echar a andar los mecanismos de ayuda en tales emergencias.

A cada terremoto se le asigna un valor de magnitud único, pero la evaluación se realiza, cuando no hay un número suficiente de estaciones, principalmente basada en registros que no fueron realizados forzosamente en el epicentro sino en puntos cercanos. De allí que se asigne distinto valor a cada localidad o ciudad e interpolando las cifras se consigue ubicar el epicentro.

Una vez coordinados los datos de las distintas estaciones, lo habitual es que no haya una diferencia asignada mayor a 0.2 grados para un mismo punto. Esto puede ser más difícil de efectuar si ocurren varios terremotos cercanos en tiempo o área.

Aunque cada terremoto tiene una magnitud única, su efecto variará grandemente según la distancia, la condición del terreno, los estándares de construcción y otros factores.

Resulta más útil entonces catalogar cada terremoto según su energía intrínseca. Esta clasificación debe ser un número único para cada evento, y este número no debe verse afectado por las consecuencias causadas, que varían mucho de un lugar a otro.

Magnitud de escala Richter.

Representa la energía sísmica liberada en cada terremoto y se basa en el registro sismográfico. Es una escala que crece en forma potencial o semi-logarítmica, de manera que cada punto de aumento puede significar un aumento de energía diez o más veces mayor. Una magnitud 4 no es el doble de 2, sino que 100 veces mayor.

Tabla 1. Escala Richter.

Magnitud en escala Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 – 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 – 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 – 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Fuente: Foro Salva tu Vida 2012. España

Nota: Esta escala es “abierta”, de modo que no hay un límite máximo teórico.

El gran mérito del Dr. Charles F. Richter (del California Institute for Technology, 1935) consiste en asociar la magnitud del Terremoto con la “amplitud” de la onda sísmica, lo que redundó en propagación del movimiento en un área determinada. El análisis de esta onda (llamada “S”) en un tiempo de 20 segundos en un registro sismográfico, sirvió como referencia de calibración de la escala. Teóricamente en esta escala pueden darse sismos de intensidad negativa, lo que corresponderá a leves movimientos de baja liberación de energía.

Intensidad o escala de Mercalli.

(Modificada en 1931 por Harry O. Wood y Frank Neuman)

Se expresa en números romanos. Esta escala es proporcional y nos muestra la intensidad. Es una escala subjetiva, para cuya medición se recurre a encuestas,

referencias periodísticas, etc. Permite el estudio de los terremotos históricos, así como los daños de los mismos. Cada localización tendrá una intensidad distinta para un determinado terremoto, mientras que la magnitud era única para dicho sismo.

Tabla 2. Escala de Mercalli.

I. Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.

II. Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.

III. Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un vehículo pesado. Duración estimable.

IV. Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un vehículo pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.

V. Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.

VI. Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.

VII. Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal proyectadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.

VIII. Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados.

IX. Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.

X. Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.

XI. Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.

XII. Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Fuente: Foro Salva tu Vida 2012. España

Escala Medvedev-Sponheuer-Karnik.

También conocida como escala MSK o MSK-64, es una escala de intensidad macro sísmica usada para evaluar la fuerza de los movimientos de tierra basándose en los efectos destructivos en las construcciones humanas y en el cambio de aspecto del terreno, así como en el grado de afectación entre la población. Tiene doce grados de intensidad, siendo el más bajo el número uno, y expresados en números romanos para evitar el uso de decimales.

Escala sismológica de magnitud de momento. Mw

La escala sismológica de magnitud de momento es una escala logarítmica usada para medir y comparar sismos. Está basada en la medición de la energía total que se libera en un terremoto. Fue introducida en 1979 por Thomas C. Hanks y Hiroo Kanamori como la sucesora de la escala de Richter.

Magnitud de momento:

$$M_w = 2/3 * [\log (M_0/N^*m) - 9,1] \quad (2-2)$$

$$M_0 = u * D * A \quad (2-3)$$

Dónde:

- u** Módulo de deformación de las rocas involucradas en el terremoto
- A** Es el área de ruptura a lo largo de la falla geológica donde ocurrió el sismo.
- D** Es el desplazamiento promedio de A

Red sísmica.

Es una red de equipos con sensores, que colaboran en una tarea común. Las redes presentan ciertas capacidades sensitivas y de comunicación los cuales permiten recopilar información de campo, presentan infraestructura física y una administración central.

Respecto a su funcionalidad sirven para estudiar patrones globales, regionales o nacionales de sismicidad, tectónica de placas, convección de manto y estructura de la Tierra. Normalmente las estaciones son separadas por distancias largas y no capturan el campo de ondas completo. Para el estudio de la Tierra se combina medidas (como fase y amplitud) de muchos temblores y estaciones. Se puede analizar todos los datos como una entidad.

Existen algunos tipos de redes, tales como:

- Permanente-temporal.
- Sísmica-acelerográfica-GPS
- Sismicidad-vulcanismo
- Campo libre-estructuras (edificios, presas, puentes, minas, etc.)
- General-específica.

A nivel mundial existe la Global Seismographic Network and International Monitoring System (Red Sismográfica Global y el Sistema Internacional de Monitoreo), mientras que a nivel nacional existe la **RENSIG** (Red Nacional de Sismógrafos) y la **RENAC** (Red Nacional de Acelerógrafos) que forman la Red Sísmica del Ecuador, los datos se reúnen en Quito mediante telemetría.

Red Nacional de Sismógrafos (RENSIG)

La instalación de la Red Nacional de Sismógrafos empezó a finales de la década de los 70, y está conformada por diferentes tipos de instrumentos que se han instalado paulatinamente. Actualmente existe convenios para seguir ampliando esta red.

Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)

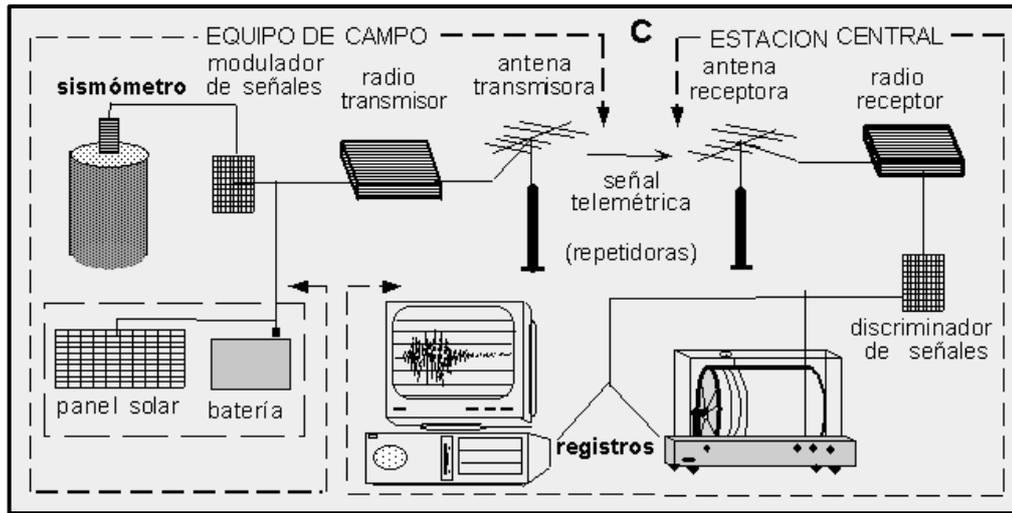
La RENAC tiene por objetivo el monitoreo permanente (24 horas al día, 365 días al año) de los movimientos del terreno que causan daños en las estructuras. Se amplía sus detalles en el capítulo 6.

Estación sísmica.

Es un local técnicamente diseñado para la instalación de sismógrafos.

Una estación puede tener uno o más instrumentos; la estación ideal tiene tres sismómetros: uno vertical y dos orientados en sentido Norte-Sur y Este-Oeste. En la actualidad son muy utilizadas las estaciones telemétricas que son aquellas cuyo sismómetro se encuentra en el campo y la señal sísmica se envía por señales de radio a la oficina central, donde se encuentra el sistema de registro.

Imagen 6. Estación Sísmica.



Fuente: Instituto Geofísico EPN.

Sismógrafo.

Es un instrumento usado para medir movimientos de la Tierra. Se basa en el principio de inercia de los cuerpos, como sabemos este principio nos dice que todos los cuerpos tienen una resistencia al movimiento o a variar su velocidad. Así, el movimiento del suelo puede ser medido con respecto a la posición de una masa suspendida por un elemento que le permita permanecer en reposo por algunos instantes con respecto al suelo. El mecanismo consiste usualmente en una masa suspendida de un resorte atado a un soporte acoplado al suelo, cuando el soporte se sacude al paso de las ondas sísmicas, la inercia de la masa hace que ésta permanezca un instante en el mismo sitio de reposo. Posteriormente cuando la masa sale del reposo, tiende a oscilar. Sin embargo, ya que esta oscilación posterior del péndulo no refleja el verdadero movimiento del suelo, es necesario amortiguarla.

El instrumento hasta aquí descrito, detecta la componente vertical del movimiento del suelo y se conoce como sismógrafo vertical. El papel donde traza el movimiento se conoce como sismograma.

Como el movimiento del suelo tiene lugar en las tres dimensiones del espacio, los movimientos del suelo también tienen dos componentes horizontales. Para medir

este movimiento se requiere de péndulos horizontales que oscilan como una puerta aunque con el eje ligeramente inclinado para lograr un punto de estabilidad. El sismógrafo da parámetros de origen de un terremoto (hora, localización epicentral, profundidad y magnitud)

Acelerógrafo.

Es un instrumento que proporciona características del movimiento del terreno en función del tiempo en el lugar donde se encuentra instalado el aparato, permite una mayor resolución para satisfacer los requerimientos de los usuarios en aplicaciones de rango dinámico alto en donde la fidelidad de la señal y la integridad de los datos son vitales.

Nos brinda datos que son plasmados en el acelerograma, puede cubrir actividades sísmicas de cadenas volcánicas, zonas de subducción, etc.

Acelerograma.

Es una representación temporal de la aceleración que experimenta el suelo en un determinado punto durante un terremoto.

Los valores de la aceleración se obtienen mediante unos instrumentos llamados acelerógrafos, que registran la aceleración del suelo según tres direcciones perpendiculares; dos horizontales y una vertical. Debido a que la variación de la aceleración es muy irregular en el tiempo, es necesario que la toma de datos se realice en intervalos muy pequeños de tiempo, utilizándose generalmente valores de 0.01 o 0.02 s.

Los acelerogramas se caracterizan por ser altamente irregulares y oscilatorios, con pequeñas amplitudes iniciales que crecen rápidamente hasta alcanzar los valores máximos y decrecer igualmente rápido hasta que se detiene el movimiento.

Espectros.

Según la guía de estudios “Espectros de respuesta y de diseño” de Francisco Crisafulli y Elbio Villafañe de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina; con fecha mayo del 2002.

El concepto de los espectros comenzó a gestarse gracias a una idea de Kyoji Suyehiro, Director del Instituto de Investigaciones de la Universidad de Tokyo, quien en 1920 ideó un instrumento de medición formado por 6 péndulos con diferentes períodos de vibración, con el objeto registrar la respuesta de los mismos ante la ocurrencia de un terremoto. Unos años después, Hugo Benioff publicó un artículo en el que proponía un instrumento similar al de Suyehiro, destinado a medir el desplazamiento registrado por diferentes péndulos con los cuales se podría determinar el valor máximo de respuesta y construir una curva (lo que hoy conocemos como espectro de desplazamiento elástico) cuya área sería un parámetro indicador de la destructividad del terremoto. Finalmente, fue Maurice Biot en el Instituto Tecnológico de California, quien propuso formalmente la idea de espectros de respuesta elástica.

Para explicar en forma conceptual el procedimiento de construcción de un espectro de respuesta consideremos una serie de estructuras de un grado de libertad u osciladores simples con diferentes periodos de vibración, T , y con igual factor de amortiguamiento. Si sometemos todos estos osciladores a la acción de un mismo terremoto (utilizando un registro de aceleraciones, $\ddot{u}(t)$), cada uno de ellos exhibirá una respuesta diferente, la cual puede representarse, por ejemplo, a través de la historia de desplazamientos, $u(t)$. Una vez que hemos calculado la respuesta de los osciladores es posible determinar el máximo (en valor absoluto, dado que el signo no tiene importancia) de cada uno de ellos y volcarlos en un gráfico en función del período de vibración, para obtener así un espectro de respuesta. Es decir, que la respuesta máxima de cada oscilador con período T representa un punto del espectro.

La importancia de los espectros en el diseño de estructuras radica en el hecho de que estos gráficos **condensan la compleja respuesta dinámica** en un parámetro

clave: los valores de respuesta máxima, que son usualmente los requeridos por el diseñador para el cálculo de estructuras.

Tipos de Espectros

El concepto de espectro ha ganado una amplia aceptación como herramienta de la dinámica estructural. Es por ello que se han desarrollado varios tipos de espectros, los cuales presentan características diferentes y se utilizan con distintos objetivos. En particular analizaremos tres de los espectros más comunes:

Espectros de respuesta elástica: representan parámetros de respuesta máxima para un terremoto determinado y usualmente incluyen varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento. Se utilizan fundamentalmente para estudiar las características del terremoto y su efecto sobre las estructuras. Las curvas de los espectros de respuesta presentan variaciones bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad del registro de aceleraciones del terremoto.

Espectros de respuesta inelástica: son similares a los anteriores pero en este caso se supone que el oscilador de un grado de libertad exhibe comportamiento no-lineal, es decir que la estructura puede experimentar deformaciones en rango plástico por acción del terremoto. Este tipo de espectros son muy importantes en el diseño sismo resistente, dado que por razones prácticas y económicas la mayoría de las construcciones se diseñan bajo la hipótesis que incursionarán en campo plástico. Como ejemplo, podemos mencionar los espectros de ductilidad (recordemos que ductilidad de desplazamientos es la relación entre el desplazamiento máximo que experimenta la estructura y el desplazamiento de fluencia).

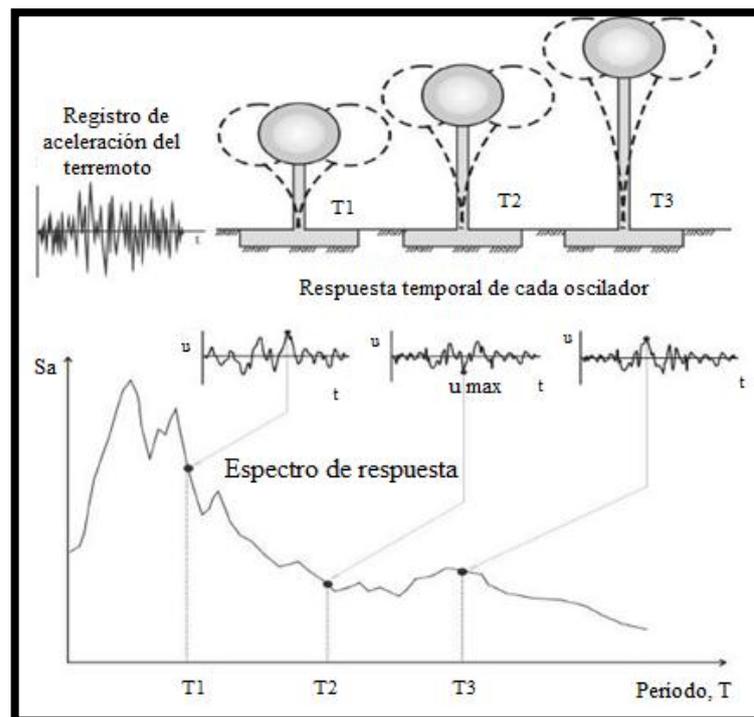
Estos espectros representan la ductilidad requerida por un terremoto dado en función del periodo de vibración de la estructura y se grafican usualmente para distintos niveles de resistencia. También, se construyen espectros de aceleración, desplazamiento de fluencia o desplazamiento último de sistemas inelásticos, en

donde se consideran distintos niveles de ductilidad o distintos tipos de comportamiento histerético de la estructura.

Espectros de diseño: las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes. Por lo tanto, los espectros de respuesta elástica o inelástica, descriptos previamente, no pueden utilizarse para el diseño sísmo resistente. Por esta razón, el diseño o verificación de las construcciones sismorresistentes se realiza a partir de espectros que son suavizados (no tienen variaciones bruscas) y que consideran el efecto de varios terremotos, es decir que representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona. Los espectros de diseño se obtienen generalmente mediante procedimientos estadísticos, cuya descripción detallada escapa al alcance de este trabajo.

Es muy importante que distingamos entre espectros de respuesta, que se obtienen para un terremoto dado, y espectros de diseño, los cuales se aplican al cálculo y verificación de estructuras y representan la sismicidad probable del lugar.

Imagen 7. Conformación del espectro.



Fuente: (Civilgeeks, 2014)

2.5 Hipótesis

El análisis de la Red Sísmica del Ecuador y la información que ésta proporciona incidirá en el diseño sismo resistente de estructuras.

2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis.

2.6.1 Variable independiente

Red Sísmica del Ecuador.

2.6.2 Variable dependiente

Diseño sismo resistente de estructuras.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque

La información que maneja la red sísmica, consiste en valores precisos, que deben ser aplicados de forma adecuada y correcta, esta atraviesa por varias instancias como:

- La excitación de los sensores del equipo sísmico.
- Transmisión telemétrica de datos geofísicos de las diferentes estaciones de la red nacional.
- Recepción en el centro de acopio la información total de la red.
- Interpretación de las gráficas de velocidades, desplazamientos y las diferentes aceleraciones ocasionadas en el movimiento telúrico.
- Zonificación del territorio según las características propias del lugar.
- Conversión de datos a fuerzas aplicables a estructuras civiles.

El enfoque de la investigación requiere identificar el grado de conocimiento de los estudiantes de ingeniería civil acerca de los puntos tratados anteriormente.

3.2 Modalidad básica de la investigación.

La investigación a realizarse será bibliográfica-documental, con la finalidad de conocer mejor la situación y plantear soluciones viables, teniendo en cuenta los resultados de las encuestas

3.3 Nivel o tipo de investigación

3.3.1 Nivel Exploratorio.

Mediante la utilización de encuestas dirigidas a estudiantes del último semestre de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato se pretende

determinar el grado conocimiento que se maneja respecto al tema que se está tratando.

3.3.2 Nivel Descriptivo

Debido a que se obtendrá datos a través de la investigación se establecerá rangos para describir el comportamiento de los resultados. Los que serán analizados posteriormente.

3.3.3 Nivel Explicativo

Una vez confrontado todas las variables en el análisis modal, se planteará la solución en el presente trabajo investigativo, buscando que sea correcta y se ajuste a la realidad del sector de la construcción.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población.

El universo o colectivo lo conforman los estudiantes de décimo semestre de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, por lo que la población es de características finitas, ya que está delimitada.

El número total de estudiantes de décimo semestre es de ciento dos personas (año 2014), distribuidos en tres paralelos.

3.4.2 Muestra.

El subconjunto de la población es representativo, adecuado y válido para ser objeto de investigación.

Se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N}{E^2(N-1)+1} \quad (3-1)$$

$$n = \frac{102}{0,05^2(102-1)+1}$$

$$n = 82 \text{ Estudiantes}$$

Dónde:

n Tamaño de la muestra de la población.

E Error de muestreo (5%)

N Población o universo.

3.5 Operacionalización de variables.

3.5.1 Variable independiente.

Red sísmica del Ecuador.

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos	
La Red Sísmica Nacional se encarga de transmitir datos sismográficos a tiempo real, de las diferentes estaciones, todos los días del año y cubre la mayor parte del territorio continental.	Estaciones sísmicas.	Equipos	¿El equipo sísmico es el adecuado?	Observación	
		Comunicación	¿El manejo de información es adecuado?		Encuesta
		Acopio	¿La recopilación de datos es adecuada?	Entrevista estructurada	
		Zonificación sísmica	¿La zonificación se apega a la realidad?		
		Accesibilidad a la información	¿Existe apertura a la ciudadanía?		

Realizado por: Álvaro Gavilanes

3.5.2 Variable dependiente.

Diseño sismo resistente de estructuras.

Tabla 4. Operacionalización de la variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Diseño sismo resistente de estructuras.	Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC	Análisis estructural	¿Qué tipo de análisis estructural será el adecuado?	Observación
		Espectro de diseño	¿Cómo se determinó el espectro de diseño?	Encuesta Entrevista estructurada
		Peligrosidad estructural	¿Puede la estructura absorber las fuerzas sísmicas determinadas?	Software

Realizado por: Álvaro Gavilanes

3.6 Plan de recolección de información.

Tabla 5. Recolección y explicación de la información obtenida.

Preguntas básicas	Explicación
1.- ¿Para Qué?	Demostrar mediante el conocimiento de los estudiantes la importancia de los datos proporcionados por la Red Sísmica Nacional
2.- ¿De qué personas u objetos?	Estudiantes de la carrera de ingeniería civil.
3.- ¿Sobre qué aspectos?	Datos proporcionados por la Red Sísmica Nacional y su vinculación con Sismo-Resistencia
4.- ¿Quién?	Investigador: Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo
5.- ¿Cuándo?	De octubre del 2014 a mayo del 2015
6.- ¿Dónde?	En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica UTA
7.- ¿Cuántas veces?	1
8.- ¿Qué técnicas de recolección?	Encuesta
9.- ¿Con qué?	Cuestionario estructurado

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Con la finalidad de alcanzar los objetivos de la investigación se empleará técnicas e instrumentos básicos de recolección de información, tales como: encuestas a estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, con lo que se obtendrá información valiosa referente a la realidad del rol desempeñado por la Red Sísmica Nacional y su utilidad en ingeniería.

La encuesta será de tipo estructurada, con respuestas de "Sí" o "No" para obtener un mejor estudio estadístico y así establecer la tendencia respecto a la hipótesis que se plantea.

3.7 Plan de procesamiento de la información.

3.7.1 Plan de procesamiento de la información

- Revisión crítica de la información recopilada.
- Tabular cuadros de acuerdo a las variables de la hipótesis
- Porcentuar y graficar los resultados a través de gráficos estadísticos
- Estudio estadístico de datos previo a la presentación de resultados.
- Análisis e interpretación de resultados teniendo como lineamiento central la hipótesis y los objetivos.

3.7.2 Análisis e interpretación de resultados.

- En cada pregunta se adjunta el análisis y la interpretación de la misma.
- Comprobación de la hipótesis (estadísticas).
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados e interpretación de datos.

La encuesta se estructura a partir de siete preguntas, sus posibles respuestas son "Si" o "No" para facilitar su desarrollo y análisis. Los datos representan con veracidad la realidad de los futuros profesionales de ingeniería civil y su vínculo con la Red Sísmica Nacional. La encuesta se realizó a ochenta y dos estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, toda la información clave se muestran a continuación mediante tablas y gráficos estadísticos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo

Pregunta No. 1: ¿Conoce que Institución se encuentra a cargo de manejar la Red Sísmica del Ecuador?

Tabla 6. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	27	33%
No	55	67%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

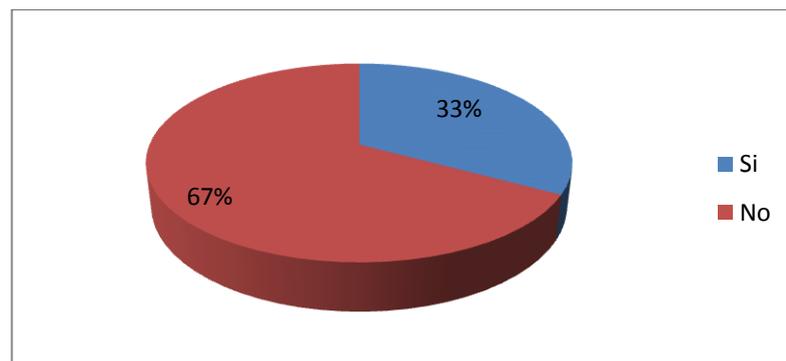
- **Análisis.**

El 67% de estudiantes encuestados respondió que no conoce que Institución se encuentra a cargo de manejar la Red Sísmica Nacional, mientras que el 33% restante a respondido que si conoce.

- **Interpretación.**

El conocimiento referente al Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional como ente a cargo de la Red Sísmica Nacional en su mayoría es limitado, por lo que requiere una mayor difusión.

Gráfico 2. Porcentaje de respuestas de la pregunta 1.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

Pregunta No. 2: ¿Conoce acerca del funcionamiento y equipos de la Red Sísmica Nacional?

Tabla 7. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	5%
No	78	95%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

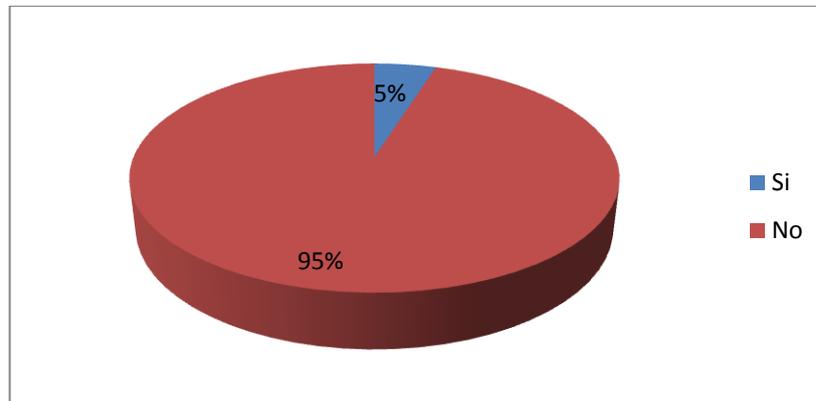
- **Análisis.**

El 5% de las personas encuestadas manifestaron conocer acerca del funcionamiento y de los equipos utilizados en la Red Sísmica Nacional, en contraste el 95% no conoce sobre este tema.

- **Interpretación.**

El funcionamiento y equipos de la Red Sísmica presentan información de mucha importancia para el sector de la construcción por lo que se debe profundizar en esta área, a causa de una gran mayoría que ha mostrado su desconocimiento.

Gráfico 3. Porcentaje de respuestas de la pregunta 2.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

Pregunta No. 3: ¿Conoce la utilidad de la información que maneja el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional?

Tabla 8. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	35	43%
No	47	57%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

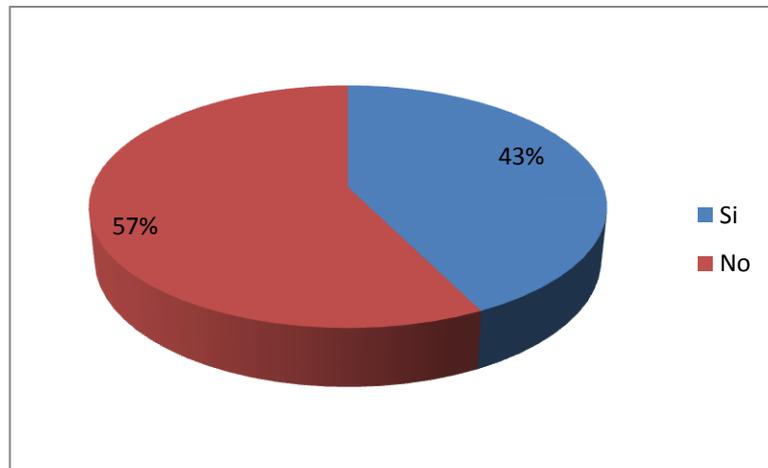
- **Análisis.**

El 57% de la muestra encuestada no conoce la utilidad de la información que maneja el Instituto Geofísico, mientras que el 43% restante dice si conocer.

- **Interpretación.**

Se presenta una mayoría que desconoce acerca de la utilidad de la información que maneja el Instituto Geofísico, utilidad que es vital para un correcto diseño sismo resistente.

Gráfico 4. Porcentaje de respuestas de la pregunta 3.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

Pregunta No. 4: ¿Alguna vez ha utilizado datos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para algún diseño sismo resistente?

Tabla 9. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	34%
No	54	66%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

- **Análisis.**

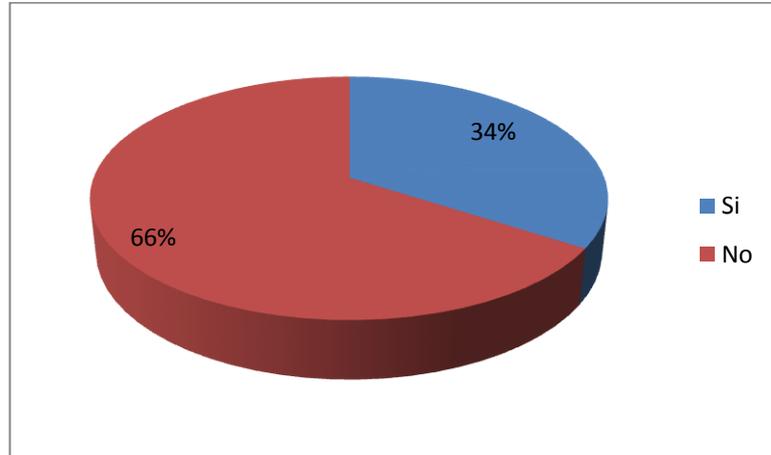
El 66% de los encuestados manifiestan no haber utilizado datos del Instituto Geofísico para diseño sismo resistente de estructuras, mientras que el 33% restante dice si haber utilizado.

- **Interpretación.**

La utilización de datos proporcionados por equipos en el territorio nacional debe ser tomada en cuenta mucho más, ya que permite el acercamiento de

simulaciones teóricas más apegadas a la realidad, y solo una minoría dice haber utilizado esta información.

Gráfico 5. Porcentaje de respuestas de la pregunta 4.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

Pregunta No. 5: ¿Conoce acerca de la accesibilidad que tiene el público a la información de las diferentes estaciones sísmicas (digitales, analógicas, acelerográficas) del país?

Tabla 10. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	9	11%
No	73	89%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

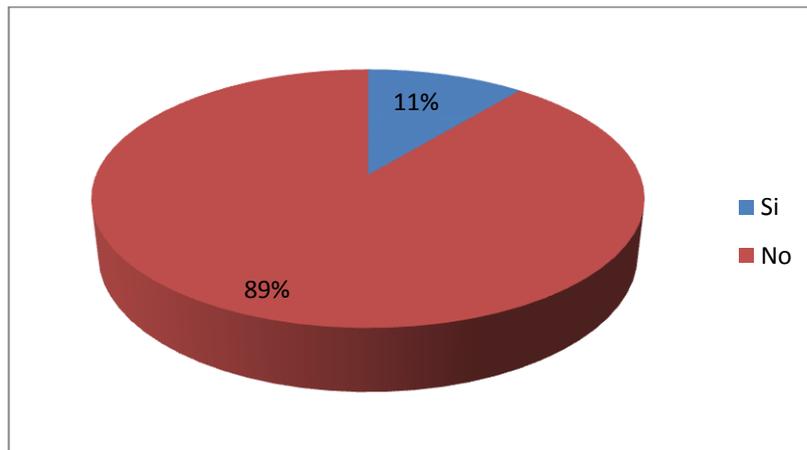
- **Análisis.**

El 11% de los encuestados dice conocer acerca de la accesibilidad que tiene el público a la información generada por las diferentes estaciones sísmicas, en contraste el 89% restante no conoce.

- **Interpretación.**

Se muestra una clara mayoría que desconoce sobre el manejo de información sísmica.

Gráfico 6. Porcentaje de respuestas de la pregunta 5.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

Pregunta No. 6: ¿Conoce el aporte del Instituto Geofísico para la conformación de la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción?

Tabla 11. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	18	22%
No	64	78%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

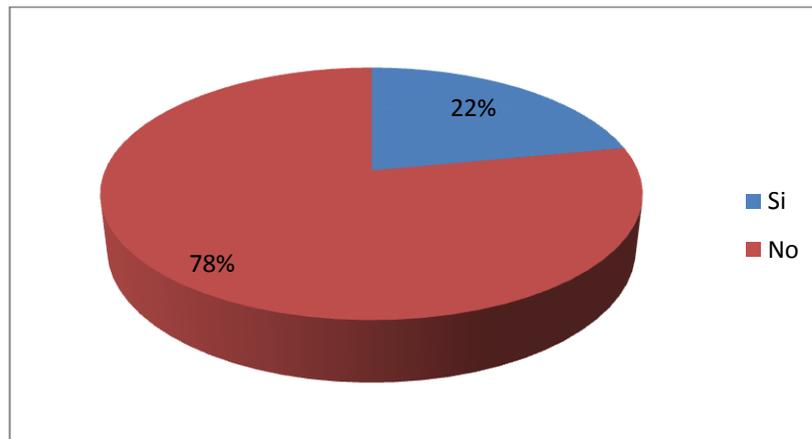
- **Análisis.**

El 22% de los encuestados dice conocer el aporte del Instituto Geofísico para la conformación de la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción, mientras que el 78% restante desconoce.

- **Interpretación.**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción es un instrumento de mucha utilidad para realizar obras civiles, por lo que se debe conocer más acerca del valioso aporte brindado por el Instituto Geofísico, ya que la mayoría porcentual desconoce del tema.

Gráfico 7. Porcentaje de respuestas de la pregunta 6.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

Pregunta No. 7: ¿Desde su punto de vista, es importante el papel que desempeña la Red Sísmica Nacional para la construcción de obras civiles sismo resistente?

Tabla 12. Cuantificación de valores de la encuesta.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	69	84%
No	13	16%

Realizado por: Álvaro Gavilanes

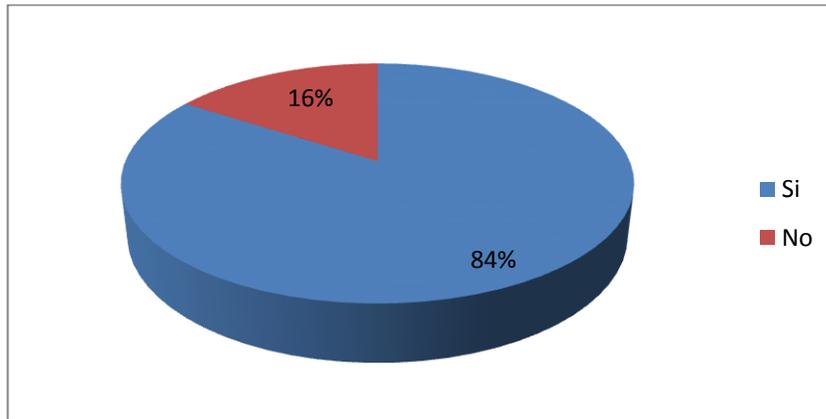
- **Análisis.**

El 84% de los encuestados considera de importante el papel de la Red Sísmica Nacional para la construcción de obras civiles sismo resistentes, mientras que el 16% restante no.

- **Interpretación.**

La relevancia del Instituto Geofísico se ve reflejada con la mayoría que reconoce su importancia en el campo de Ingeniería Civil.

Gráfico 8. Porcentaje de respuestas de la pregunta 7.



Realizado por: Álvaro Gavilanes

4.2 Verificación de la hipótesis.

Mediante la investigación realizada se ha determinado que el conocimiento de los estudiantes del décimo semestre de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato es limitado referente a la Red Sísmica Nacional, la información que maneja y su importancia, por lo que se evidencia el imperativo de realizar el análisis de la información que maneja dicha red, para contribuir con el mejoramiento de la calidad de edificaciones y estructuras realizadas en el Ecuador.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Mediante este trabajo de investigación podemos concluir:

- La mayor parte de estudiantes del último semestre de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato no conoce acerca de los equipos sísmicos y la utilidad de la información proporcionada para llegar a un buen diseño sismo resistente de estructuras, lo que limita la competitividad del futuro profesional, así como limita el realizar investigaciones sísmicas más profundas por desconocimiento del tema.
- La utilización de datos proporcionados por el Instituto Geofísico no son aprovechados en su totalidad a causa de un vínculo muy débil entre el campo geofísico e ingenieril, las universidades e institutos investigativos tienen que acercarse más para crear planes que involucren a personas de todo el país y así mejorar nuestra realidad.
- La NEC, es una herramienta regulatoria para la construcción de obras civiles, pero se muestra desconocimiento por parte de los estudiantes acerca de su reglamentación y el valioso aporte del Instituto Geofísico a esta norma.
- La ingeniería sísmica en nuestro país por estar situado en el cinturón de fuego del Pacífico debe tener especial atención ya que el desarrollo de nuestros pueblos depende del buen funcionamiento de estructuras sismo resistentes, para que se conviertan en lugares seguros en el caso de sufrir fenómenos naturales como los sismos.

5.2 Recomendaciones.

Por lo mencionado en el trabajo de investigación se recomienda:

- Analizar la información proporcionada por la Red Sísmica Nacional manejada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, y su aplicación en ingeniería civil.
- Utilizar información actualizada que brinde resultados más cercanos a la realidad y así estar a la vanguardia con diseños seguros y funcionales.
- Estrechar más los lazos académicos con instituciones de investigación como el Instituto Geofísico.
- Desarrollar proyectos que vinculen a estudiantes y profesionales, para fomentar el estudio más profundo de estructuras sismorresistentes en nuestra ciudad.
- Debemos aprender de eventos ocurridos anteriormente, como el sismo de 1949 en la provincia de Tungurahua para evitar el mayor número de víctimas humanas.
- La Universidad Técnica de Ambato en esta llamada era del conocimiento necesita impulsar proyectos con lineamientos dirigidos a la sismo resistencia, algunas propuestas en las que se puede trabajar es el contar con una base de datos propia, realizar análisis de modelos de movimiento fuerte del suelo, involucrarse en la ampliación de la RENAC, conectarse con redes globales que mantienen estudios permanentes y vigilancia de las condiciones geológicas de la tierra, realizar campañas de concientización del peligro sísmico que corremos, ser puntal para realizar la microzonificación sísmica en la ciudad.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos

Título.

Calibración de los modelos de movimiento fuerte del suelo de la NGA W2 con espectros de sismos reales ocurridos en el Ecuador utilizando la metodología de Scherbaum et al. (2004) y comparación gráfica.

Beneficiarios.

Los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil y demás personas vinculadas a la construcción.

Ubicación.

Ecuador

Tiempo estimado para la ejecución.

Inicio: octubre del 2014

Fin: mayo del 2015

Equipo técnico responsable.

Egresado: Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo.

Ingeniero Director: Ing. Mg. Jorge Cevallos.

Costo: 561.00 U.S.D.

Tabla 13. Presupuesto.

Rubros	Valor
1.- Material de oficina	\$ 130
2.- Material bibliográfico	\$ 120
3.- Transporte	\$ 130
4.- Internet	\$ 100
5.- Impresiones	\$ 20
6.- Copias	\$ 10
Subtotal	\$ 510
10% Imprevistos	\$ 51
Total	\$ 561

Realizado por: Álvaro Gavilanes

6.2 Antecedentes de la propuesta

Son varios los autores que recalcan la importancia de la sismorresistencia, cada uno ha enfocado sus estudios especialmente a las condiciones de su país. Cada estudio realizado es siempre un paso más hacia adelante en el afán de conocer y entender los fenómenos sísmicos. A continuación se presentan antecedentes de libros referentes a este tema, el número que se muestra al inicio del párrafo indica la referencia del autor y obra de la que se ha tomado esta información.

³La dinámica es una ciencia madura. Entretanto, el diseño sísmico no es ni una ciencia ni ha alcanzado su madurez. La aplicación de la dinámica a la ingeniería fue forzada inicialmente por la necesidad de entender el comportamiento de las máquinas.

En este sentido, la dinámica aplicada contiene todo un arsenal de algoritmos creadores y brillantes introspecciones aplicables a mecanismos bien definidos, excitados por movimientos bien definidos, así mismo cuando no de carácter invariante.

Ahora bien, aplicar la dinámica a estructuras cuyas características de rigidez y resistencia no se conocen plenamente y tampoco están excitadas por movimientos

³ (García Reyes, 1998)

agudamente descritos antes o incluso después del evento sísmico requiere una perspectiva diferente y muy diferentes aptitudes.

Teniendo en cuenta que al aceptar la comunidad científica el hecho de que la corteza terrestre está en un estado permanente de cambio, la explicación sobre las causas de los sismos fue adquiriendo connotaciones cada vez más realistas.

La corteza terrestre es relativamente delgada. Se extiende hasta profundidades de 70 km en los océanos y 150 km bajo los continentes. Es muy válida la analogía de *Gere y Shah*, 1984, que al comparar la Tierra con un huevo duro, la corteza tendría un espesor semejante a la cáscara y ésta estaría fracturada en una serie de fragmentos que en la Tierra se conocen con el nombre de placas tectónicas.

⁴En las investigaciones de sismología histórica, la calidad y veracidad de los datos son condiciones determinantes para que el estudio tectónico sea válido. Para lograrlo, el uso de fuentes documentales primarias es fundamental, así como el análisis de diferentes descripciones que nos permitan una visión objetiva y comparada de lo ocurrido, a fin de verificar la fidelidad de las descripciones de los efectos, ya que es muy frecuente que se tienda a la exageración a fin de lograr mayor atención para los lugares afectados, o también: por distorsión de los hechos, desconocimiento de la realidad, propagación de rumores falsos o por simple sensacionalismo.

⁵El análisis de la sismicidad histórica al momento proporciona criterios cualitativos de la actividad sísmica del país. La homogeneidad de la muestra de datos históricos es muy dependiente del valor de intensidad máximo asignado. Así para el Ecuador, se dispone de una base de datos macro sísmicos relativamente homogénea a partir de valores de intensidad máxima \geq VIII grados para los 460 años de historia escrita.

⁴ (Egred, 2000)

⁵ (Bonilla & Ruiz, 1992)

Aunque el análisis de la sismicidad instrumental se realiza en un período significativamente menor al de la sismicidad histórica, permite tener una visión estadísticamente más confiable de la sismicidad en el país.

Se debe puntualizar que la falta de mayores datos instrumentales, así como el breve análisis de la sismicidad histórica, no permite una estimación óptima de los parámetros sismológicos. Por este motivo es necesaria una mayor instrumentación y procesamiento de sismos, con el fin de que los parámetros de la fuente sean mejorados.

Se debe incrementar el banco de datos con el fin de contar con leyes de atenuación propias y así proponer relaciones intensidad-aceleración que permitan una mejor correlación con los daños observados.

Se debe llevar una planificación de la instalación y respectivo mantenimiento de redes de acelerógrafos que permitan una mayor información y calidad de los datos.

A medida que la instrumentación (tanto sismógrafos como acelerógrafos), las investigaciones de campo para los sistemas de fallamiento encontrados, la evaluación de la sismicidad histórica y la obtención de las leyes propias de atenuación sean realizadas, se mejorarán las estimaciones.

⁶El entender el comportamiento del planeta, conlleva una tarea laboriosa y delicada, más aún cuando se trata de los fenómenos naturales que afectan directamente a la humanidad. Precisamente, uno de los peligros a los cuales estamos expuestos son los terremotos; Press (1984) los define como un tipo especial de peligro natural, en el sentido en que estos son muy raros, pero cuyas consecuencias, cuando ocurren, son muy grandes en términos de destrucción y sufrimiento. En efecto, si bien un sismo puede durar solo unos cuantos segundos, sus efectos en la población pueden ser catastróficos. Claros ejemplos de éste hecho, se han registrado a lo largo de la historia de nuestro país, como en 1797, el

⁶ (Singaicho, 2009)

terremoto más grande en el territorio continental que devastó las provincias de Sierra Centro (Egred, 1999) o en 1949, con consecuencias similares en la misma zona.

Desde el punto de vista de la Ingeniería Sísmica, cuyo objetivo es el reducir los daños en las edificaciones producidas por los terremotos a niveles social y económicamente aceptables y, tomando en cuenta el pasado sísmico del Ecuador, los esfuerzos que se han realizado han sido compilados en los códigos de construcción vigentes, pero son aún débiles, en cuanto a las características de las construcciones existentes.

6.3 Justificación

Con la finalidad de cumplir la filosofía de diseño Sismo-Resistente; numeral 2.6 de La Norma Ecuatoriana de la Construcción; y con la premisa del alto riesgos sísmicos que tiene el país es necesario para calculistas y diseñadores el conocer las hipótesis de cálculo que se manejan y la información utilizada en los estudios sísmicos realizados.

En la sección 2.5.2.4 de la NEC, la fuente de información sísmica local es proporcionada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, lo que permite determinar la peligrosidad sísmica, es por esto que se requiere un análisis detallado de dicha información.

Para el establecimiento de los espectros elásticos de diseño en aceleraciones y de sus límites; sección 2.5.5.1 de la NEC; se estudió las formas espectrales elásticas de los sismos ecuatorianos registrados en la Red Nacional de Acelerógrafos, lo cual muestra la importancia de conocer los equipos utilizados y sus características.

A través de la investigación se puede aportar a la sociedad simplificando el entendimiento de Ingeniería Sísmica, la Red Acelerográfica existente en el país y el manejo de la información obtenida, para así ampliar las perspectivas del profesional al realizar un diseño sismo resistente.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo general

Aporta una guía técnica en la que se muestre breves rasgos de la realidad sísmica del país, desarrollar las metodologías para calcular espectros de la NGA-W2 y determinar que método se calibra mejor a la realidad ecuatoriana.

6.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar y analizar la información sísmica del país.
- Definir conceptos de interés
- Describir la instrumentación utilizada en la red sísmica.
- Analizar los parámetros de fuente, trayectoria y sitio de sismos determinados.
- Desarrollar los modelos de movimiento fuerte.
- Obtener las desviaciones estándar de los espectros obtenidos.
- Programar en Excel hojas de cálculo que faciliten el trabajo de tabulación de datos y graficación.
- Determinar la tabla comparativa de Scherbaum y comparar gráficamente los espectros obtenidos con espectros reales.

6.5 Análisis de factibilidad

El Ecuador debido a los acontecimientos sísmicos ocurridos anteriormente tiene la premisa de sufrir otro evento a futuro, por lo que la propuesta de este trabajo investigativo es factible debido a la necesidad académica de contar con este tipo de trabajos, el soporte lo brindará la Ph.D Alicia Rivas docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

6.6 Fundamentación científico técnica.

Los fundamentos científico-técnicos necesarios para la elaboración de este trabajo de investigación se basan en códigos y normas como:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC
- American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto), ACI-318-S08
- Uniform Building Code (Código de Construcción Uniforme), UBC-97

También en publicaciones científicas como:

- Abrahamson, Silva y Kamai (2013). Update of the AS08 Ground-Motion Prediction Equations Based on the NGA-West2 Data Set. *PEER*.
- Campbell y Bozorgnia (2013). NGA-West2 Campbell- Bozorgnia Ground Motion Model for the Horizontal Components of PGA, PGV and 5% Damped Elastic Pseudo-Acceleration Response Spectra for Periods Ranging from 0,01 to 10 sec. *PEER*.
- I.M. Idriss (2013). NGA-West2 Model for Estimating Average Horizontal Values of Pseudo-Absolute Spectral Accelerations Generated by Crustal Earthquakes. *PEER*.
- Boore, Stewart, Seyhan, Atkinson (2013). NGA-West2 Equations for Predicting Response Spectral Accelerations for Shallow Crustal Earthquakes. *PEER*.
- Chiou, Youngs (2013). Update of the Chiou and Youngs NGA Ground Motion Model for Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra. *PEER*.
- Mark Leonard (2010). Earthquake Fault Scaling; Self-Consistent Relating of Rupture Length, Width, Average Displacement, and Moment Release. *Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 100, No. 5A, pp. 1971-1978.*
- Scherbaum, Cotton, Smith (2004). On the Use of Response Spectral-Reference Data for the Selection and Ranking of Ground-Motion Models for Seismic-Hazard Analysis in Regions of Moderate Seismicity: The Case of Rock Motion. *Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 6, pp. 2164-2185.*

6.7 Metodología. Modelo operativo.

6.7.1 Introducción

Se han desarrollado varios estudios referentes a sísmica, debido a la importancia del tema, y aún nos falta mucho conocimiento por desarrollar para comprender este tipo de fenómenos naturales.

La curiosidad del ser humano ha llevado a plantearse varias preguntas referentes al tema, tales como: ¿dónde va a ocurrir el siguiente sismo?, ¿cómo se comportan los diferentes factores que intervienen previamente, durante y después del desencadenamiento del evento?, ¿se puede predecir la fecha y lugar del próximo sismo? Algunas de estas preguntas todavía están lejos de ser respondidas, pero han impulsado el desarrollo de modelos matemáticos que reflejen lo más cerca posible el funcionamiento real de terremotos.

En ingeniería civil el comprender eventos sísmicos se traduce en determinar espectros de desplazamientos, velocidades y aceleraciones del suelo, para poder diseñar estructuras sismo resistente.

Conocer la peligrosidad sísmica del emplazamiento de la obra es fundamental y para llegar al diseño de la estructura se sigue los siguientes pasos:

1. Análisis de peligrosidad sísmica.
2. Caracterización del movimiento.
3. Construcción de espectros de respuesta.
4. Diseño de la estructura.

Para estos fines se utilizan ecuaciones que estiman el movimiento del suelo, en la actualidad existe algunos modelos de este tipo. Afortunadamente existe métodos que nos ayudan a determinar la eficacia de cada modelo, como la de Scherbaum et al. (2004).

Entonces este trabajo se enfocará en realizar una breve reseña histórica de la sismicidad del Ecuador, conocer sus características geológicas, entender la conformación de la red de instrumentos sísmicos ubicados en el país, generar

espectros mediante los modelos de la NGA-W2, y calibrarlos mediante (Scherbaum, Cotton, & Smit, 2004), finalizando con una comparación grafica de estos.

6.7.2 Información sísmica.

6.7.2.1 Sismología.

La información geológica que se presenta a continuación en su mayoría fue tomada de Evaluación del peligro sísmico en el Ecuador (Bonilla & Ruiz, 1992).

Los movimientos telúricos tienen diferentes efectos dependiendo de su magnitud, distancia al hipocentro y amplificación del sitio. Para su estudio es necesaria una gran cantidad de información geológica, geofísica, sismológica y geotécnica.

El Ecuador se ve directamente afectado por el movimiento de las placas tectónicas de Nazca, Cocos y Caribe y la placa continental Sudamericana. Pero también se ve afectada por una “mini placa” en el extremo Noroccidental del continente Sudamericano conocida como bloque Norandino, que se separa del continente por la Mega cizalla Dolores-Guayaquil

Los movimientos de estas placas se describen a continuación:

La placa de Nazca y el Caribe se mueven hacia el este respecto a la placa Sudamericana, mientras que la placa de Cocos y Nazca se apartan entre sí; es decir al norte y al sur respectivamente.

6.7.2.2 Movimiento relativo de las placas:

- Nazca – Bloque Norandino: 6,4 cm/año
- Nazca – Sudamérica: 7,3 cm/año
- Bloque Norandino – Sudamérica: 1,0 a 2,0 cm/año

Tomado de: Toksoz, 1975

La placa de Nazca se encuentra en zona de subducción bajo el continente, cerca de las costas de Ecuador se presentan tres accidentes de esta placa:

- La plataforma Galápagos. Se encuentra compuesta por corteza oceánica, conocida también como Galápagos Gore.
- La cordillera de Carnegie. Se ubica entre la placa de Nazca y Cocos, también se la conoce como elevación asísmica Carnegie.
- El escarpe Grijalva. Es el límite sur de la plataforma Galápagos.

6.7.2.3 Subducción ecuatoriana.

La subducción en el Ecuador presenta dos características principales: subducción con inclinación normal y con inclinación somera o anómala.

La primera se caracteriza por el hundimiento de la placa oceánica con ángulos de buzamiento de alrededor de 30 grados. Presenta una cuna de material astenosférico (Sacks 1980). La sismicidad se encuentra confinada al tramo de placa que se subduce. En este caso la losa que se subduce es más antigua, por lo tanto más fría y densa. La segunda se caracteriza por la inexistencia de la cuña caliente entre las dos losas. Presenta sismicidad de profundidad intermedia.

6.7.2.4 Intensidades máximas en el Ecuador ($I \geq VIII$)

Tabla 14. Intensidades máximas Ecuador.

Fecha	Lugar	Latitud	Longitud	Intensidad
1541-04-00	Quijos	0,14 °S	78,27 °W	IX
1587-09-04	Pomasquí	0,05 °S	78,45 °W	IX
1645-03-15	Riobamba antigua	1,68 °S	78,78 °W	IX
1674-08-29	Alausí	2,20 °S	78,83 °W	IX
1687-11-22	Ambato	1,23 °S	78,62 °W	VIII
	Alausí	2,20 °S	78,83 °W	VIII
1698-06-20	Ambato	1,23 °S	78,62 °W	X
	Carihuairazo	1,41 °S	78,77 °W	X
1736-12-06	Pastocalle	0,72 °S	78,63 °W	VIII
1749-01-20	Loja	4,00 °S	79,20 °W	VIII
1755-04-28	Quito	0,22 °S	78,50 °W	VIII
1757-02-22	Latacunga	0,93 °S	78,61 °W	IX
	Píllaro	1,16 °S	78,54 °W	IX
1786-05-10	Licán	1,67 °S	78,70 °W	VIII
	Riobamba antigua	1,68 °S	78,78 °W	VIII

	Cajabamba	1,70 °S	78,75 °W	VIII
1797-02-04	Riobamba antigua	1,68 °S	78,78 °W	XI
	Penipe	1,57 °S	78,53 °W	XI
1834-01-20	La Concepción	1,20 °N	76,98 °W	XI
1859-03-22	Quito	0,22 °S	78,50 °W	VIII
	Machachi	0,50 °S	78,56 °W	VIII
	Ibarra	0,36 °N	78,11 °W	VIII
1868-05-18	Pelileo viejo	1,33 °S	78,52 °W	VIII
	Agoyán	1,39 °S	78,51 °W	VIII
1868-08-15	El Angel	0,62 °N	77,94 °W	VIII
	Mira	0,55 °N	78,05 °W	VIII
	Chota	0,48 °N	78,06 °W	VIII
1868-08-16	Otavalo	0,22 °N	78,26 °W	X
	Cotacachi	0,29 °N	78,26 °W	X
	Urcuquí	0,43 °N	78,18 °W	X
1896-05-30	Bahía	0,60 °S	80,42 °W	IX
	Canoa	0,45 °S	80,45 °W	IX
1906-01-31	Esmeraldas	0,98 °N	79,66 °W	IX
	Limones	1,27 °N	78,99 °W	IX
1911-09-23	Cajabamba	1,70 °S	78,75 °W	VIII
	Guaranda	1,59 °S	79,00 °W	VIII
1914-05-31	Pullurima	0,53 °S	78,65 °W	VIII
1923-02-05	Machachi	0,50 °S	78,56 °W	VIII
1923-12-14	Guachucal	0,97 °N	77,72 °W	VIII
1929-07-25	Tambillo	0,41 °S	78,53 °W	VIII
1938-08-10	Alangasí	0,39 °S	78,39 °W	IX
1942-05-14	Muisne	0,59 °N	80,01 °W	IX
1949-08-05	Pelileo	1,33 °S	78,54 °W	XI
1953-12-23	Guaytarilla	1,17 °N	77,52 °W	VIII
1955-05-11	Cotacachi	0,29 °N	78,26 °W	VIII
1956-01-16	Bahía	0,60 °S	80,42 °W	IX
1958-01-19	Esmeraldas	0,98 °N	79,66 °W	IX
1961-04-08	Alausí	2,20 °S	78,83 °W	VIII
	Tixán	2,14 °S	78,79 °W	VIII
1962-11-16	Pujilí	0,96 °S	78,79 °W	VIII
1964-05-19	Portoviejo	1,06 °S	80,45 °W	VIII
	Bahía	0,60 °S	80,42 °W	VIII
1970-12-10	La Huaca	4,90 °S	80,96 °W	IX
1976-04-09	Esmeraldas	0,98 °N	79,66 °W	VIII
1976-10-06	Pastocalle	0,72 °S	78,63 °W	VIII
1979-12-12	Tumaco	1,80 °N	78,77 °W	IX
1987-03-06	Reventador	0,00 °N	77,65 °W	IX

Fuentes: Egred (1992) y CERECIS (1985 a, b, c)

6.7.3 Instrumentación

6.7.3.1 Características de la RENAC.

La Red Nacional de Acelerógrafos proporciona valiosa información utilizada para el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos, ya que muestra las intensidades sísmicas de fenómenos que ocurren en el territorio nacional.

Según (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014) la configuración de los equipos es la siguiente: tres canales, respuesta máxima de 4 gravedades, tasa de muestreo de 100 sps (samples per second) ó muestras por segundo, memoria interna de 8 Gygabites, temperaturas de operación de -10°C a 50°C, los formatos se obtienen según Ascii (American Standard Code for Information Interchange), Mini Seed, SAC que es un formato en binario.

El IG-EPN tiene dos marcas de equipos acelerográficos:

- Sensor GURALP CMG 5TD EAM
- Sensor REFTEK 130 SMA

6.7.3.1.1 Sensor Guralp CMG 5TD

La CMG-5TD combina el movimiento acelero métrico de tres ejes con la CMG-DM24/3 24 bit en una sola caja sellada. Un convertidor interno dc-dc asegura una completa aislación del sistema de sensores y permite al sistema operar de 10 a 36 Voltios. El GPS externo receptor/antena puede ser ubicado a 50 metros sobre el sensor digital.

Respecto a la sensibilidad presenta gran escala y baja ganancia, se puede especificar como $\pm 0,1, 0,2, 0,4, 0,5, 1,0, 2,0$ o $4,0$ g. La banda estándar de paso de frecuencia es plana a la aceleración de dc a 100 Hz.

Los desplazamientos de salida CMG-5TD pueden ser reducidos hasta el rango sub mili voltios, que se ajustan electrónicamente sin acceder al interior del acelerómetro.

La calibración del sensor, con amplitud ajustable y duración de la sinusoidal o señal cuadrada se pueden iniciar desde la pantalla interactiva. En su configuración estándar, el digitalizador emite los datos continuos a una velocidad de muestreo seleccionable. Tomado de: (Guralp Systems, 2014)

Imagen 8. Acelerograma Guralp CMG 5TD



Fuente: (Guralp Systems, 2014)

6.7.3.1.2 Sensor Reftek 130 SMA

Es un equipo de ingeniería que combina la tercera generación de Registradores Sísmicos de Banda Ancha (REF TEK 130S) y acelerómetros avanzados de bajo ruido y fuerza-balance con un piso de respuesta de frecuencia desde DC a > 150 Hz.

Proporciona datos e información precisa y oportuna para eventos sísmicos, incluyendo sus efectos sobre las estructuras y edificios mediante el empleo de métodos y tecnologías modernas de vigilancia. Monitorea continuamente los terremotos y otros fenómenos sísmicos, y graba fuertes eventos sísmicos in situ, tanto en el suelo como en edificios y estructuras críticas. Tomado de: (Trimble, 2014)

Imagen 9. Acelerograma Reftek 130 SMA



Fuente: (Trimble, 2014)

6.7.3.2 Información de las estaciones de la RENAC.

Tabla 15. Ubicación de las estaciones acelerográficas.

Número de ACC	Código	Ubicación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Sensor
1	ALORE	San Lorenzo	1.29253	-78.84701	0022	Reftek
2	AESM1	Esmeraldas	0.96129	-79.69033	0170	Reftek
3	AESM2	Esmeraldas	0.99085	-79.64613	0004	Reftek
4	ATONS	Tonsupa	0.88831	-79.81241	0010	Reftek
5	AATAC	Atacames	0.86334	-79.87627	0015	Reftek
6	ASAME	Same	0.84273	-79.91518	0116	Reftek
7	AMOMP	Mompiche	0.49225	-80.04647	0015	Guralp
8	APEDE	Pedernales	0.06795	-80.05730	0015	Reftek
9	ABAH1	Bahía de Caráquez	-0.59570	-80.42288	0010	Guralp
10	ABAH2	Bahía de Caráquez	-0.68932	-80.39752	0027	Reftek
11	ACHNE	Chone	-0.69768	-80.08386	0018	Reftek
12	APOR1	Portoviejo	-1.03764	-80.45951	0047	Reftek
13	APOR2	Portoviejo	-1.06318	-80.45611	0056	Reftek
14	AMANT	Manta	-0.94089	-80.73456	0038	Guralp
15	AMONT	Monte Verde	-1.95540	-80.72820	0027	Reftek
16	ALIBE	La Libertad	-2.24282	-80.84642	0040	Guralp
17	AGUAY	Guayaquil	-2.05430	-79.95180	0030	Guralp
18	GYE1	Guayaquil	-2.25084	-79.90990	0007	Reftek
19	GYE2	Guayaquil	-2.19859	-79.89949	0011	Reftek
20	GYE3	Guayaquil	-2.15476	-79.89919	0017	Reftek
21	ADURA	Durán	-2.15938	-79.84210	0007	Reftek
22	AMILT	Milagro	-2.18053	-79.52880	0020	Guralp
23	APLAY	Playas	-2.63628	-80.39250	0008	Reftek

24	ACH1	Machala	-3.28745	-79.91026	0013	Reftek
25	ACH2	Machala	-3.26464	-79.81011	0068	Reftek
26	AQUEV	Quevedo	-1.04807	-79.49125	0084	Guralp
27	ABABA	Babahoyo	-1.80048	-79.51231	0013	Reftek
28	ATULC	Tulcán	0.77233	-77.72303	3097	Guralp
29	AANGE	El Ángel	0.62076	-77.93973	3011	Guralp
30	AIBA1	Ibarra	0.34662	-78.12543	2208	Guralp
31	AIBA2	Ibarra	0.34900	-78.10600	2298	Guralp
32	ATUN1	Atuntaqui	0.33036	-78.21459	2418	Guralp
33	ACOTA	Cotacachi	0.29492	-78.27451	2482	Guralp
34	AOTA1	Otavalo	0.24013	-78.25565	2529	Guralp
35	ACHO	Chontal	0.24337	-78.77097	0668	Guralp
36	ARASH	Puerto Quito	0.09576	-79.09875	0525	Guralp
37	AMACH	Machachi	-0.54086	-78.58175	3052	Reftek
38	ASDO	Santo Domingo	-0.26250	-79.12383	0615	Guralp
39	ALAT1	Latacunga	-0.92643	-78.61829	2777	Guralp
40	APUJ1	Pujilí	-0.95800	-78.70100	2773	Guralp
41	ASALC	Salcedo	-1.03983	-78.59136	2647	Guralp
42	AAMB1	Ambato	-1.24190	-78.62975	2836	Guralp
43	AAMB2	Ambato	-1.26912	-78.61089	2664	Guralp
44	ARIOB	Riobamba	-1.65459	-78.69761	2884	Guralp
45	AGUAM	Guamote	-1.93635	-78.71339	3160	Guralp
46	ALAUH	Alausí	-2.20611	-78.84872	2371	Reftek
47	AGUAR	Guaranda	-1.57050	-79.00668	2850	Guralp
48	AZOG	Azogues	-2.75360	-78.84783	2461	Reftek
49	ACUEN	Cuenca	-2.90983	-78.95879	2578	Reftek
50	ALOJ1	Loja	-3.98655	-79.19692	2147	Reftek
51	ALAGO	Lago Agrio	0.08338	-76.88375	0300	Guralp
52	ABAEZ	Baeza	-0.45900	-77.88610	1876	Guralp
53	ATEN1	Tena	-1.00691	-77.81126	0522	Guralp
54	APUY1	Puyo	-1.47008	-77.99572	1039	Guralp
55	AMAC	Macas	-2.30245	-78.12020	1037	Guralp
56	AZAMO	Zamora	-4.06926	-78.95526	0938	Reftek
57	AMA1	Esmeraldas	0.93465	-79.72450	0234	Reftek
58	AV18	Quininde	0.31278	-79.47760	0107	Reftek
59	APR2	Puerto Quito	0.07673	-78.96760	0804	Reftek
60	APS4	Papallacta	-0.37087	-78.10640	2887	Reftek
61	AVX7	Quijos	-0.32294	-77.80690	1514	Reftek
62	AV05	El Salado	-0.20256	-77.68790	1299	Reftek
63	APS1	Lago Agrio	0.09989	-76.91900	0323	Reftek
64	PRAM	Quito	-0.14490	-78.49470	2840	Guralp
65	FENY	Quito	-0.14700	-78.48150	2799	Guralp
66	CUMB	Quito	-0.19090	-78.41273	2359	Guralp

67	BELL	Quito	-0.18240	-78.46180	2985	Guralp
68	24MAY	Quito	-0.17688	-78.47380	2837	Guralp
69	IESS	Quito	-0.17560	-78.49100	2828	Guralp
70	IRD	Quito	-0.19710	-78.48100	2810	Guralp
71	CIRC	Quito	-0.19630	-78.48755	2791	Guralp
72	COMI	Quito	-0.19620	-78.48950	2804	Guralp
73	CIVIL	Quito	-0.21180	-78.49120	2819	Guralp
74	EPN	Quito	-0.21199	-78.49165	2813	Guralp
75	SNFR	Quito	-0.21930	-78.51590	2882	Guralp
76	TING	Quito	-0.28250	-78.44858	2453	Guralp
77	VILL	Quito	-0.24870	-78.52511	2815	Guralp
78	LILI	Quito	-0.27190	-78.53140	2866	Guralp
79	ZALD	Quito	-0.26652	-78.54121	2851	Guralp
80	LLOA	Quito	-0.23273	-78.56099	3252	Guralp
81	QUIT	Quito	-0.29639	-78.54809	2907	Guralp

Preparado por: Ing. Juan Carlos Singaicho, M.Sc.

6.7.4 Eventos sísmicos proporcionados.

En este numeral se muestra la información de siete sismos proporcionados gentilmente por el (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014), y preparados por el Ing. M.Sc. Juan Carlos Singaicho Armas. Para el cálculo de los espectros de respuesta elásticos, las señales han sido tratadas de la siguiente manera:

- Corrección de la línea base (polinomio de grado 1)
- Filtro pasa bandas de tipo butterworth entre 0.1 y 20 Hz

Los resultados tienen un rango de periodos estructurales entre 0 y 5s. **Ver Anexo C.**

A continuación se indica las estaciones que registraron el evento, con las particularidades de cada movimiento. Respecto a los gráficos en rojo se observa la ubicación del sismo (S) y naranja la ubicación de las estaciones (E).

Imagen 10. Mapa del Ecuador con los sismos y estaciones en estudio.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

La numeración del código es la utilizada por este trabajo para identificar el sismo, mientras que la numeración del evento es la utilizada por el IG-EPN.

Código 1. Evento 201102170004.

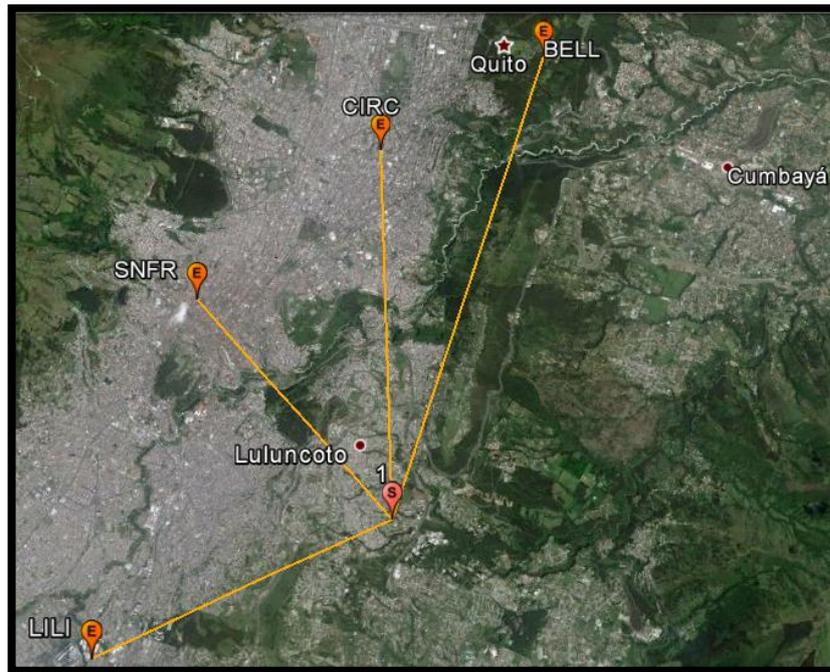
Se dio lugar el 17 de febrero del 2011 en la ciudad de Quito a las 0:04:00. Con una M_w de 4,1 a una latitud: -0,2536 y longitud: -78,488. A una profundidad de 14,89 km.

Se dispone del registro de cuatro estaciones: BELLA, CIRC, LILI, SANFR; cada una con registros en dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 32**. Espectro sismo 1.

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

BELLA N/E:	10,99244	8,83374	Gal
CIRC N/E:	8,53369	7,23369	Gal
LILI N/E:	2,05768	2,16569	Gal
SANFR N/E:	7,7896	3,68263	Gal

Imagen 11. Ubicación geográfica del sismo 1 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

Código 2. Evento 201110291350.

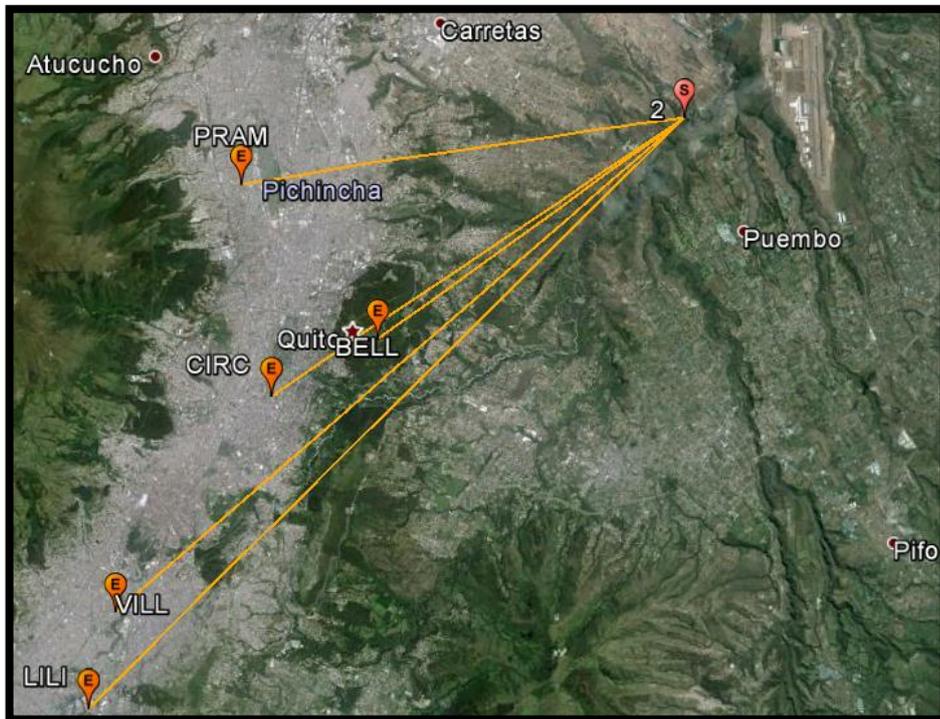
Ocurrió el 29 de octubre del 2011 cerca al Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre en Tababela a las 13:56:00. Con una M_w de 4,3, latitud: -0,1271, longitud: -78,387 y una profundidad de 16,9 km.

Se dispone del registro de cinco estaciones: BELLA, CIRC, LILI, PRAM, VILL cada una con registros en dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 33.** Espectro sismo 2.

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

BELLA N/E:	22,84235	23,94871	Gal
CIRC N/E:	42,34605	63,23562	Gal
LILI N/E:	12,16633	14,74651	Gal
PRAM N/E:	24,62692	30,3294	Gal
VILL	12,88666	16,94139	Gal

Imagen 12. Ubicación geográfica del sismo 2 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

Código 3. Evento 201206181334.

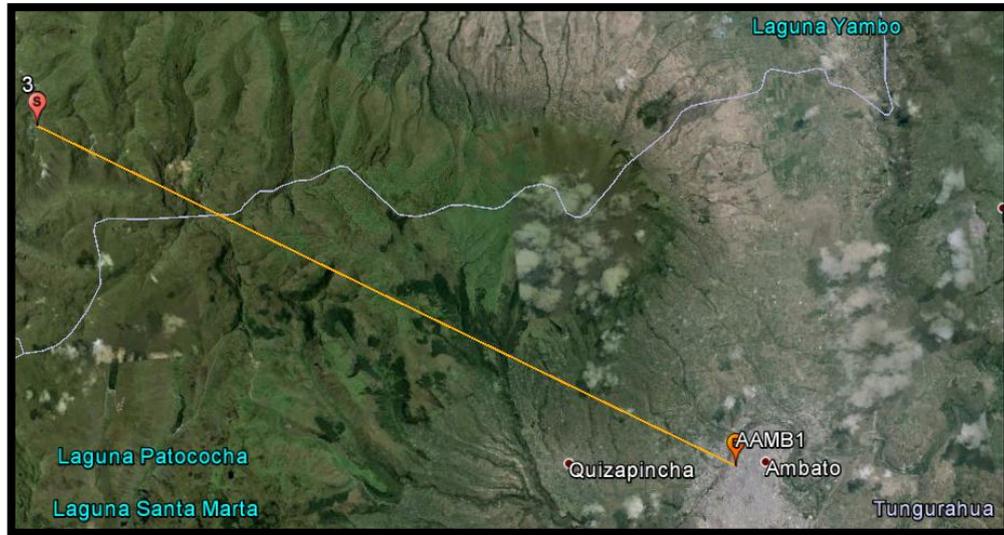
Este evento tuvo lugar el 18 de junio del 2012 al sur oeste de la provincia de Cotopaxi, norte de la provincia de Tungurahua a las 13:34:00. Con una Mw de 4,6, latitud: -1,108, longitud: -78,839 y una profundidad de 18,4 km.

Se dispone el registro de una estación: AAMB1 ubicada en Ambato; este registro tiene dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 34.** Espectro sismo 3.

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

AAMB1 N/E: 32,10396 31,7412 Gal

Imagen 13. Ubicación geográfica del sismo 3 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

Código 4. Evento 201304100052.

Este evento ocurrió cerca a Durán provincia del Guayas el 10 de abril del 2013 a las 0:52:00. Con una Mw de 4,7, latitud: -2,21, longitud: -79,81 y una profundidad de 79 km.

Se dispone el registro de una estación: AGUAY ubicada en Guayaquil; este registro tiene dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 35.** Espectro sismo 4.

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

AGUAY N/E: 26,05243 25,68334 Gal

Imagen 14. Ubicación geográfica del sismo 4 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

.Código 5. Evento 201202081054.

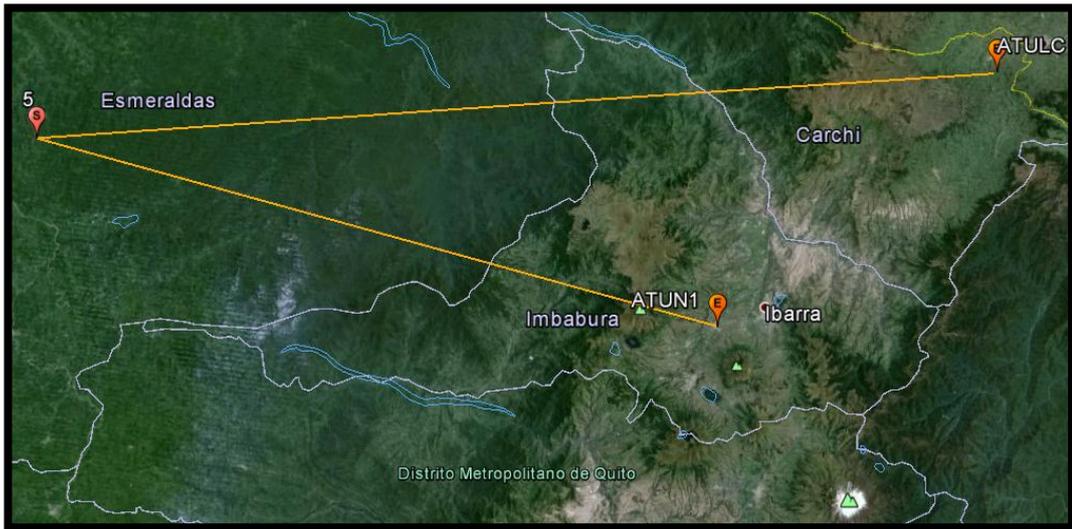
Tuvo lugar el 08 de febrero del 2012 en la provincia de Esmeraldas al norte de Quinindé a las 10:54:00. Con una M_w de 5,2, latitud: 0,675, longitud: -79,418 y una profundidad de 50,5 km.

Se dispone del registro de dos estaciones: ATULC, ATUN; cada una con registros en dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 36**. Espectro sismo 5.

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

ATULC N/E:	1,41255	1,50187	Gal
ATUN N/E:	5,01488	4,8017	Gal

Imagen 15. Ubicación geográfica del sismo 5 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

Código 6. Evento 201209301631.

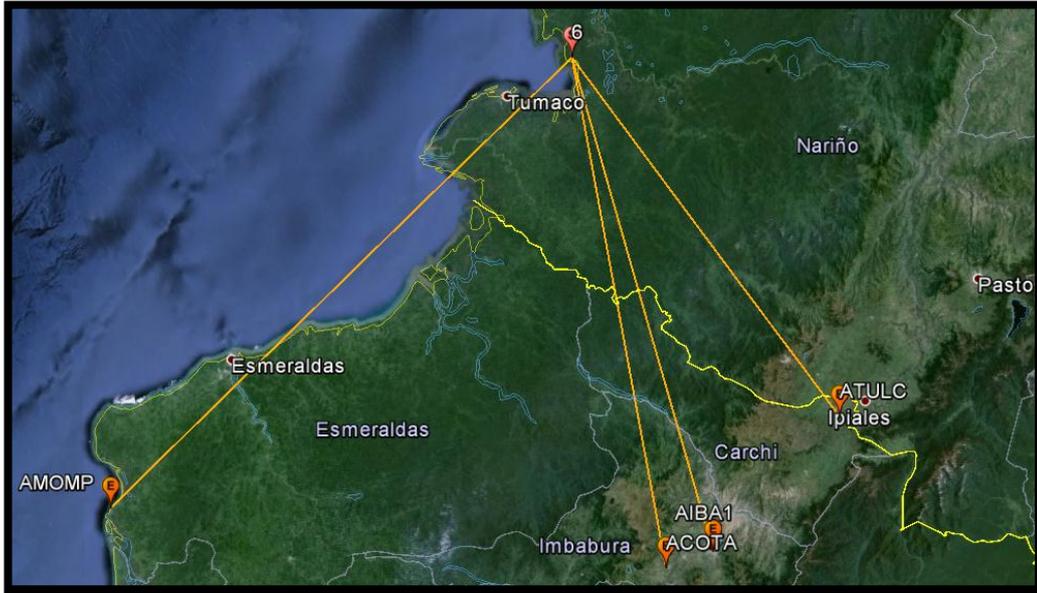
Este evento tuvo lugar el 30 de septiembre del 2012 al sur de Colombia, cerca de Tumaco, al norte del Ecuador a las 16:31:00. Con una M_w de 7,1, latitud: 1,93, longitud: -78,558 y una profundidad de 172,4 km.

Se dispone del registro de cuatro estaciones: ACOTA, AIBA, AMOMP, ATULC; cada una con registros en dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 37**. Espectro sismo 6.

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

ACOTA N/E:	7,15666	11,7134	Gal
AIBA N/E:	8,46436	8,79503	Gal
AMOMP N/E:	16,6257	17,76264	Gal
ATULC N/E:	13,94118	11,25325	Gal

Imagen 16. Ubicación geográfica del sismo 6 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

Código 7. Evento 201302091416.

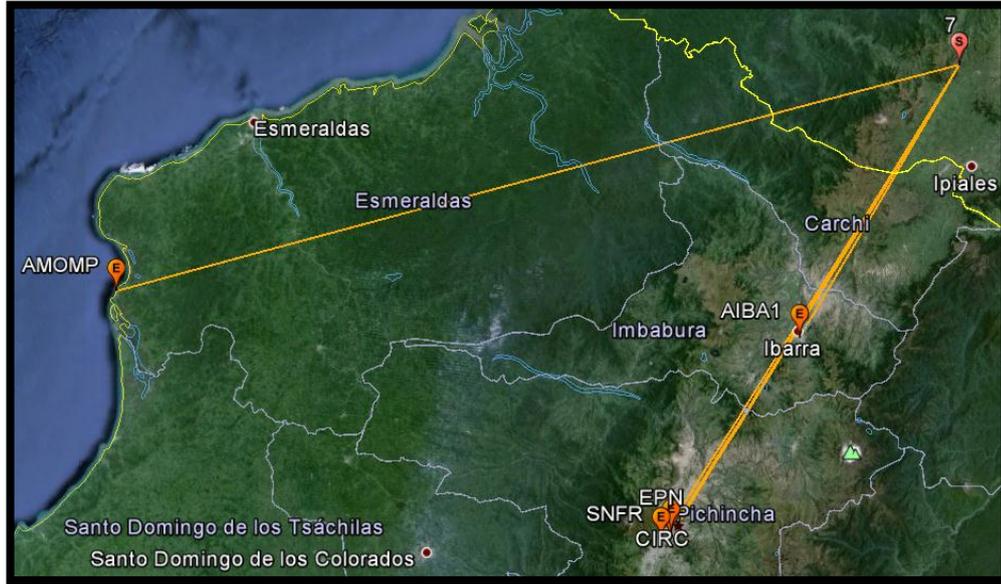
Este evento ocurrió el 09 de febrero del 2013 al sur de Pasto en Colombia, muy cerca de Tulcán-Ecuador a las 14:16:00. Con una Mw de 6,8, latitud: 1,11, longitud: -77,67, profundidad 152 km.

Se dispone del registro de cinco estaciones: AIBA, AMOMP, CIRC, EPN, SANF; cada una con registros en dos componentes ortogonales (norte y este). Ver **Tabla 38.** Espectro sismo 7. Parte 1 y **Tabla 39.** Espectro sismo 7. Parte 2

Valores de PGA (Peak Ground Acceleration), aceleración máxima del suelo:

AIBA N/E:	14,41412	16,97915	Gal
AMOMP N/E:	18,37729	20,60557	Gal
CIRC N/E:	9,65571	10,27279	Gal
EPN N/E:	11,47931	9,82884	Gal
SANF N/E:	9,72764	5,1179	Gal

Imagen 17. Ubicación geográfica del sismo 7 y las estaciones que registraron el evento.



Fuente: Google Earth. **Dibujado por:** Álvaro Gavilanes.

6.7.5 Parámetros de fuente.

Debido a falta de información se tomó datos neo-tectónicos de **(Bonilla & Ruiz, 1992)** y se procesó esos datos considerando valores representativos de las condiciones geológicas del sitio donde se encuentra la falla, observando los mecanismos focales que se dan lugar en las provincias sismotectónicas y fuentes más cercanas, todo esto para sismicidad superficial (0 a 70 km). Los valores que se presentan a continuación están propensos a ajustes.

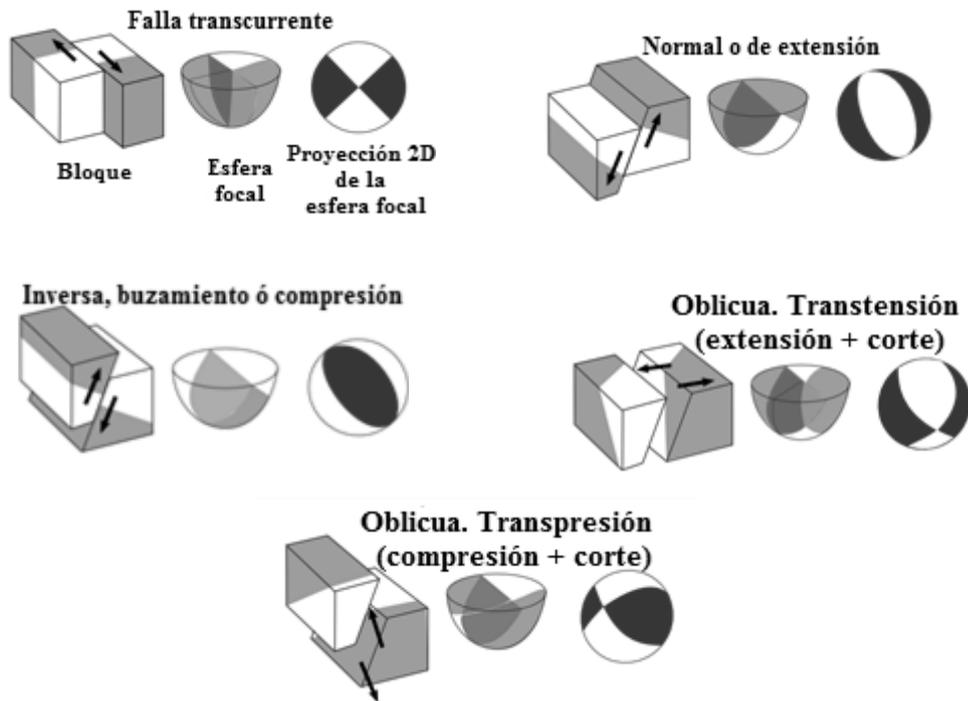
Tabla 16. Valores de azimut y buzamiento de la ruptura.

Código del sismo	Azimut	Buzamiento
1	N 160°	60°
2	N 160°	60°
3	N 10°	72°
4	N 175°	88°
5	N 117°	25°
6	N 26°	47°
7	N 35°	80°

Fuente: Autor

Al analizar mapas que muestran mecanismos de falla debemos comprender el significado de las esferas focales que se muestran, también son conocidas como “beach balls”. Las zonas sombreadas muestran compresión del suelo, mientras que las zonas en blanco indican dilatación. Cada mecanismo de falla tiene una forma característica.

Imagen 18. Mecanismos de fallas y su representación en esferas focales.



Fuente: (All Geo, 2015)

6.7.5.1.2 Ancho de la falla (W).

Marck Leonard propone una relación para obtener el ancho W de la falla a partir del momento sísmico M_0 . (Leonard, 2010). Como tenemos el valor de magnitud de momento sísmico, la relacionamos con la siguiente ecuación:

$$M_w = 2/3 * [\log (M_0/N*m) - 9,1] \quad (6-1)$$

Entonces:

$$M_0 = 10^{(3/2 * M_w + 9,1)} N*m \quad (6-2)$$

Según la tabla número 5 de Leonard 2010.

$$\log(M_0) = a \cdot \log(A) + b \quad (6-3)$$

$$\log(M_0) = a \cdot \log(L) + b \quad (6-4)$$

Por lo tanto:

$$A = 10^{[(\log(M_0) - b)/a]}$$

$$L = 10^{[(\log(M_0) - b)/a]}$$

Los valores de a y b son coeficientes que se aplican a las ecuaciones algebraicas dependiendo del tipo de sismo, así para:

- Deslizamiento interplaca por subducción o interplate dip-slip. DS

Para el área $a = 1,5$ y $b = 6,1$. Para la longitud $a = 3$ ó $2,5$ y $b = 6,1$ ó $7,96$

- Deslizamiento interplaca por golpe o interplate strike-slip. SS

Para el área $a = 1,5$ y $b = 6,09$. Para la longitud $a = 3$ ó $2,5$ ó $1,5$ y $b = 6,09$ ó $7,85$ ó $12,5$.

- Terremoto en región continental estable o stable continental región. SCR

Para el área $a = 1,5$ y $b = 6,38$. Para la longitud $a = 3$ ó $2,5$ y $b = 6,39$ ó $8,08$.

Como el área de ruptura A . Ver **Imagen 19**. Distancias del plano de ruptura. Es igual a la longitud de la ruptura L por el ancho de falla W . Entonces despejamos y tenemos:

$$W = A/L \quad (6-5)$$

Adicionalmente para calcular la energía sísmica irradiada, se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_s = M_0 \cdot 10^{-4,8} \text{ N}\cdot\text{m} ; 1 \text{ kt} = 4,184 \cdot 10^{12} \text{ J} \quad (6-6)$$

Ver resultados en Tabla 40. **Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.**

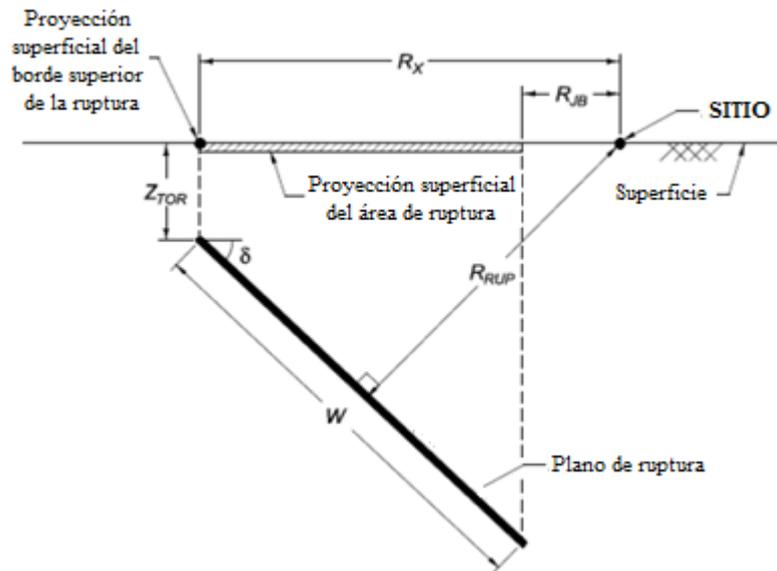
Tabla 41. **Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.**, Tabla 42. **Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.** de los Anexos D.

6.7.5 Parámetros de trayectoria.

Estos parámetros se determinan geoméricamente, posterior a conocer la magnitud de momento M_w , la profundidad, el azimut y el buzamiento. Para modelos de

movimiento fuerte del suelo, que se tratará posteriormente, en su mayoría se trabaja con distancias epicentrales menores a 300 km. Las distancias R_x , R_{jb} , R_{rup} son importantes, estas se manejan en kilómetros.

Imagen 19. Distancias del plano de ruptura.



Fuente: Pacific Earthquake Engineering Research Center

Sismo 1.

Tabla 17. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 1 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
BELL	-8,123	8,123	16,962
CIRC	-5,996	5,996	16,052
LILI	5,234	4,684	15,783
SNFR	4,559	4,393	15,572

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancias epicentrales de 8.4, 6.34, 5.24, 4.9 km respectivamente para cada estación.

Sismo 2.

Tabla 18. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 2 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
BELL	6,289	5,832	18,032
CIRC	9,125	8,571	19,206
LILI	18,768	18,237	25,256
PRAM	6,534	5,872	18,119
VILL	16,271	15,720	23,460

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancias epicentrales de 10.35, 13.57, 22.7, 12.17, 22.43 km respectivamente para cada estación.

Sismo 3.

Tabla 19. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 3 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
AAMB1	-21,404	21,404	28,226

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancia epicentral de 22,65 km.

Sismo 4.

Tabla 20. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 4 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
AGUAY	22,682	22,640	82,192

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancia epicentral de 23,35 km

Sismo 5.

Tabla 21. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 5 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
ATULC	477,760	476,570	479,375
ATUN1	-137,522	137,522	146,501

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancias epicentrales de 188.97, 139.27 km respectivamente para cada estación.

Sismo 6.

Tabla 22. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 6 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
ACOTA	165,500	154,947	238,981
AIBA1	165,092	156,571	238,699
AMOMP	-208,078	208,078	270,219
ATULC	-574,733	574,733	600,033

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancias epicentrales de 183.52, 181.57, 229.59, 158.17 km respectivamente.

Sismo 7.

Tabla 23. Valores de R_x , R_{jb} y R_{rup} del sismo 7 para cada estación.

Estación	R_x (km)	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)
AIBA1	616,072	613,991	634,547
AMOMP	402,714	400,590	430445
CIRC	589,367	587,186	608,653
EPN	589,392	587,208	608,677
SNFR	587,011	584,825	606,371

Realizado por: Ph.D. Alicia Rivas

Distancias epicentrales de 98.45, 273.21, 170.72, 172.43, 174.56 km respectivamente para cada estación.

6.7.6 Parámetros de sitio.

Es relevante conocer el tipo de suelo en el que se encuentra la instrumentación sísmica, ya que dependiendo de este tenemos valores de la velocidad de la onda de corte V_s que aumentan o disminuyen. La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC en la tabla 2,3 de su última versión al momento, establece V_s mayores o iguales a 1500 m/s para suelo tipo A (roca competente), de 1500 a 760 m/s en perfiles tipo B (roca de rigidez media), de 760 a 360 m/s en suelos tipo C (roca blanda o suelos muy densos).

A excepción de la estación de Mompiche que se encuentra entre un suelo B y C, el resto de estaciones sísmicas corresponden al perfil de suelo tipo B.

6.7.7 Modelos de movimiento fuerte, ecuaciones de predicción del movimiento o leyes de atenuación.

6.7.7.1 Introducción.

Entre los modelos empíricos más refinados y aceptados por la comunidad científica para obtener espectros son los desarrollados en el proyecto **GMPE** (Ground Motion Prediction Equation).

El GMPE es un proyecto a gran escala del cual se origina subproyectos como la **NGA W2** (Next Generation Attenuation) o nueva generación en modelos de atenuación, su designación W2 (Westetern 2) nos indica la procedencia de estos modelos, que es el Oeste de los EE.UU. (California) y el número dos señala la versión. La W2 es la última versión disponible al momento, se desarrolló en el año 2013, cabe indicar que existe una versión anterior, la NGA W1 creada en el 2008, otra de las puntualizaciones a realizar es el indicar que estos modelos presentan funciones con ajustes de regionalización lo que permiten la globalización de estas ecuaciones, especialmente para California, Japón, China y Taiwán.

Otro de los sub-proyectos es la **PEER NGA-West2** ground motion data base, que es una base de datos sísmicos a nivel mundial, con altos niveles de confiabilidad, gran número de registros y sobre todo actualizada; se respalda en la red acelerográfica de la **USGS** (United States Geological Survey).

La PEER NGA-W2 ground motion data base, es la que permite y en la cual se fundamenta los modelos de la NGA-W2, esta base de datos consta de alrededor de 57 mil registros en tres direcciones de 19 mil eventos.

Los estudios realizados para obtener estos modelos fueron auspiciados por la **PEER** (Pacific Earthquake Engineering Research Center) y financiados por la **CEA** (California Earthquake Authority), **CALTRANS** (California Department of Transportation) y la **PG&E** (Pacific Gas and Electric Company).

La NGA W2 presenta 5 modelos:

- Abrahamson, Silva, Kamai (ASK13)
- Campbell, Bozorgnia (CB13)
- Idriss (Id13)
- Boore, Stewart, Seyhan, Atkinson (BSSA13)
- Chiou, Youngs (CY13)

Cada modelo utiliza diferentes parámetros de fuente, trayectoria y sitio; según las consideraciones de los autores. Los principales parámetros se muestran a continuación, mientras que los específicos se detallan en cada modelo.

6.7.7.2 Nomenclatura

- **Parámetros de fuente:**

M_w Magnitud momento.

Z_{TOR} Profundidad desde el borde superior de la falla a la superficie del suelo.

D_{ip}, δ Ángulo del buzamiento.

W Distancia inclinada del ancho de la falla.

F_{RV} Variable para terremotos originados por falla inversa.

F_N Variable para terremotos originados por falla normal.

F_{AS} Variable que indica la clase del terremoto.

F_{HW} Variable del efecto Hanging-Wall.

- **Parámetros de sitio:**

V_{s30} Velocidad de la onda de corte a los primeros 30 metros del suelo.

$Z_{1,0}$ Profundidad a la que la velocidad de la onda de corte es 1,0 km/s

- **Parámetros de trayectoria:**

R_{rup} Distancia más cercana del sitio al plano de ruptura.

R_{jb} Distancia horizontal entre la proyección del punto más cercano de la falla al sitio.

R_x Distancia desde el extremo de la falla al sitio.

En la siguiente tabla se analiza los diferentes modelos y las variables utilizadas en cada uno de ellos.

Tabla 24. Análisis de parámetros tomados en cuenta para cada modelo.

Parámetro\ Modelos	ASK13	BSSA13	CB13	CY13	Id13
M_w	X	X	X	X	X
Z_{TOR}	X		X	X	
Tipo de falla	X	X	X	X	X
D_{ip}	X		X	X	
R_{rup}	X		X	X	X
R_{jb}	X	X	X	X	
R_x	X		X	X	
HW	X	X	X	X	
V_{s30}	X	X	X	X	X
Regionalización. Atenuación	X	X	X	X	
Profundidad a la V_s	$Z_{1.0}$		$Z_{2.5}$	$Z_{1.0}$	
V_{s30} roca referencial	1100	760	1100	1130	

Fuente: Pacific Earthquake Engineering Research Center

6.7.8 Abrahamson Silva Kammai GMPE NGA-W2.

Introducción y compatibilidad.

Este modelo es desarrollado por Norman A. Abrahamson, Walter J. Silva y Ronnie Kamaï, es aplicable para sismos corticales superficiales, con magnitudes momento entre 3 y 8,5 Mw, distancias de 0 a 300 km y períodos espectrales de 0 a 10 segundos.

Presenta las siguientes diferencias con el modelo Abrahamson Silva (2008); versión anterior; el nivel de cargas para efectos no lineares se basa en la aceleración espectral del periodo de interés en vez del PGA; el dimensionamiento de las distancias para el efecto HW de la ruptura incluye dependencia del azimut fuente-sitio, y mejor modelo por simulaciones numéricas; diferencias regionales en atenuación a grandes distancias y dimensionamiento para velocidades de onda de corte para California, Japón, China y Taiwán; desviación estándar dependiente de la magnitud.

Ecuaciones del modelo.

ASK13 presentan la siguiente ecuación para obtener el espectro de aceleraciones, se pueden identificar nueve términos

$$\begin{aligned} \ln Sa(g) = & f_1(M, R_{rup}) + F_{RV} f_7(M) + F_N f_8(M) + F_{AS} F_{11}(CR_{jb}) + f_5(\hat{S}_{1100}, V_{s30}) \\ & + F_{HW} f_4(R_{jb}, R_{rup}, R_x, R_{y0}, W, dip, Z_{TOR}, M) + f_6(Z_{TOR}) + f_{10}(Z_{1.0}, V_{s30}) \\ & + \text{Regional}(V_{s30}, R_{rup}) \end{aligned} \quad (6-7)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} f_1(M, R_{rup}) = & a_1 + a_5(M - M_1) + a_8(8,5 - M)^2 + [a_2 + a_3(M - M_1)] \ln(R) + a_{17} R_{rup} & \text{Para } M > M_1 \\ & a_1 + a_4(M - M_1) + a_8(8,5 - M)^2 + [a_2 + a_3(M - M_1)] \ln(R) + a_{17} R_{rup} & \text{Para } M_2 \leq M < M_1 \\ & a_1 + a_4(M_2 - M_1) + a_8(8,5 - M_2)^2 + a_6(M - M_2) + a_7(M - M_2)^2 + \\ & [a_2 + a_3(M_2 - M_1)] \ln(R) + a_{17} R_{rup} & M < M_2 \quad (6-8) \end{aligned}$$

Los valores de $M_1 = 6,75$ y $M_2 = 5,0$

Mientras que R se obtiene así:

$$R = \sqrt{R_{rup}^2 + c_{4M}^2} \quad (6-9)$$

c_{4M} también depende de la magnitud, es igual a c_4 para $M > 5$, $c_4 - (c_4 - 1)(5 - M)$ para $4 < M \leq 5$ y 1 para $M \leq 4$.

Para $f_7(M)$ y $f_8(M)$ se toma las siguientes consideraciones:

La función $f_7(M)$ es:

a_{11}	Para $M > 5,0$	
$a_{11}(M-4)$	Para $4 \leq M \leq 5$	
0	Para $M < 4,0$	(6-10)

La función $f_8(M)$ es:

a_{12}	Para $M > 5,0$	
$a_{12}(M-4)$	Para $4 \leq M \leq 5$	
0	Para $M < 4,0$	(6-11)

Mientras que $f_5(\hat{S}_{1100}, V_{s30}^*) =$

$(a_{10}) \ln(V_{s30}^*/V_{Lin}) - b \ln(\hat{S}_{1100} + c) + b \ln(\hat{S}_{1100} + c (V_{s30}^*/V_{Lin})^n)$	Para: $V_{s30} < V_{Lin}$
$(a_{10} + bn) \ln(V_{s30}^*/V_{Lin})$	Para: $V_{s30} < V_{Lin}$

(6-12)

Donde \hat{S}_{1100} es para una velocidad de la onda de corte de 1100 m/s.

Tenemos que V_{s30}^* :

$$\begin{array}{ll} V_{s30} & V_{s30} < V_1 \\ V_1 & V_{s30} \geq V_1 \end{array} \quad (6-13)$$

Y V_1 es:

$$\begin{array}{ll} 1500 & \text{Para } T \leq 0,5s \\ \exp(-0,35 \ln(T/0,5) + \ln(1500)) & \text{Para } 0,5s > T > 3s \\ 800 & \text{Para } T \geq 3s \end{array} \quad (6-14)$$

Para f_4 tenemos:

$$f_4(R_{jb}, R_{rup}, R_x, R_{yo}, dip, Z_{tor}, M) = a_{12} T_1(dip) T_2(M) T_3(R_x, W, dip) T_4(Z_{tor}) T_5(R_x, R_{yo}) \quad (6-15)$$

Donde T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 son sub-funciones que se muestran a continuación:

$T_1(dip) =$

$$\begin{array}{ll} (90-dip)/45 & \text{Para } dip > 30 \\ 60/45 & \text{Para } dip < 30 \end{array} \quad (6-16)$$

$T_2(M) =$

$$\begin{array}{ll} 1 + a_{2HW}(M-6,5) & \text{Para } M \geq 6,5 \\ 1 + a_{2HW}(M-6,5) - (1 - a_{2HW})(M-6,5)^2 & \text{Para } 5,5 < M < 6,5 \\ 0 & \text{Para } M \leq 5,5 \end{array} \quad (6-17)$$

$T_3(R_x) =$

$$\begin{array}{ll} h_1 + h_2(R_x/R_1) + h_3(R_x/R_1)^2 & \text{Para } R_x < R_1 \\ 1 - (R_x - R_1/R_2 - R_1) & \text{Para } R_1 \leq R_x \leq R_2 \\ 0 & \text{Para } R_x > R_2 \end{array} \quad (6-18)$$

$$T_4(Z_{tor})= \begin{array}{ll} 1-(Z_{tor}^2/100) & \text{Para } Z_{tor} \leq 10\text{km} \\ 0 & \text{Para } Z_{tor} > 10\text{km} \end{array} \quad (6-19)$$

$$T_5(R_x, R_{y0})= \begin{array}{ll} 1 & \text{Para } R_{y0} < R_{y1} \\ 1-[(R_{y0}-R_{y1})/5] & \text{Para } R_{y0}-R_{y1} < 5 \\ 0 & \text{Para } R_{y0}-R_{y1} \geq 5 \end{array} \quad (6-20)$$

Cuando no disponemos de R_{y0} podemos resolver la sub-función cinco así:

$$T_5(R_{jb})= \begin{array}{ll} 1 & \text{Para } R_{jb}=0 \\ 1-[R_{jb}/30] & \text{Para } R_{jb} < 30 \\ 0 & \text{Para } R_{jb} \geq 30 \end{array} \quad (6-21)$$

La f_6 direcciona su valor hacia a_{15} que es coeficiente del modelo, teniendo como medida referencial 20 km.

$$f_6(Z_{TOR})= \begin{array}{ll} a_{15}(Z_{TOR}/20) & \text{Para } Z_{TOR} < 20\text{km} \\ a_{15} & \text{Para } Z_{TOR} \geq 20\text{km} \end{array} \quad (6-22)$$

La f_{10} tiene cuatro condicionales, $f_{10}(Z_1, V_{s30})=$

$$\begin{array}{ll} a_{43} \ln[(Z_1+0,01) / (Z_{1,ref}+0,01)] & V_{s30} \leq 200 \\ a_{44} \ln[(Z_1+0,01) / (Z_{1,ref}+0,01)] & 200 < V_{s30} \leq 300 \\ a_{45} \ln[(Z_1+0,01) / (Z_{1,ref}+0,01)] & 300 < V_{s30} \leq 500 \\ a_{46} \ln[(Z_1+0,01) / (Z_{1,ref}+0,01)] & 500 < V_{s30} \end{array} \quad (6-23)$$

$Z_{1,ref}$ tiene dos consideraciones según la ubicación del sismo:

- Para California

$$Z_{1,ref} = \frac{1}{1000} \exp\left(-\frac{7,67}{4} \ln\left(\frac{V_{s30}^4 + 610^4}{1360^4 + 610^4}\right)\right) \quad (6-24)$$

- Para Japón:

$$Z_{1,ref} = \frac{1}{1000} \exp\left(-\frac{5,23}{2} \ln\left(\frac{V_{s30}^2 + 412^2}{1360^2 + 412^2}\right)\right) \quad (6-25)$$

La $f_{11}(CR_{jb})=$

a_{14}	Para $CR_{jb} \leq 5$	
$a_{14}[1 - (CR_{jb} - 5 / 10)]$	Para $5 < CR_{jb} < 15$	
0	Para $CR_{jb} > 15$	(6-26)

Donde CR_{jb} depende del tipo de terremoto, ya sea de clase 1 (evento principal) o clase 2 (replica) con $CR_{jb} < 15$ km.

La regionalización diferencia sus resultados según la velocidad de la onda de corte en el suelo, por eso tenemos:

Regional(V_{s30}, R_{rup})=

$$F_{TW}(f_{11}(V_{s30}) + a_{25}R_{rup}) + F_{CN}(a_{28}R_{rup}) + F_{JP}(f_{12}(V_{s30}) + a_{29}R_{rup}) \quad (6-27)$$

Dónde:

$$f_{11}(V_{s30}) = a_{31} \ln(V_{s30}/V_{Lin}) \quad (6-28)$$

Respecto a $f_{12}(V_{s30})$ consideramos:

a_{36}	Para $V_{s30} < 200$ m/s
a_{37}	Para $200 \leq V_{s30} < 300$ m/s
a_{38}	Para $300 \leq V_{s30} < 400$ m/s
a_{39}	Para $400 \leq V_{s30} < 500$ m/s
a_{40}	Para $500 \leq V_{s30} < 700$ m/s

$$a_{41} \quad \text{Para } 700 \leq V_{s30} < 1000 \text{ m/s}$$

$$a_{42} \quad \text{Para } V_{s30} \geq 1000 \text{ m/s} \quad (6-29)$$

A continuación se presenta los valores de los coeficientes utilizados, los cuales se obtienen mediante regresiones:

$$a_4 = -0,01, a_5 = -0,49, a_7 = 0, n = 1,5, c = 2,4, a_{39} = 0$$

El resto de valores de a, b y c al igual que V_{lin} se muestran de la Tabla 43. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013 a la Tabla 46. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013 del Anexo E.

Desviación estándar.

También conocida como desviación típica, es una medida de dispersión para variables de razón o intervalo nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media.

Para determinar la desviación estándar del espectro obtenido mediante (Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013) tenemos las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = \sqrt{\phi^2 + \tau^2} \quad (6-30)$$

Dónde:

$$\phi(T, M, S_{\hat{a}_{1100}}, V_{s30}) = [\phi_B^2(M, T) \left(1 + \frac{a \ln \text{Amp}(T, S_{\hat{a}}, V_{s30})}{a \ln S_{\hat{a}_{1100}}}\right)^2 + \phi_{\text{Amp}}^2(T)]^{1/2} \quad (6-31)$$

$$\phi_B^2(M, T) = \sqrt{\phi_{A,L}^2(M, T) - \phi_{\text{Amp}}^2(T)} \quad (6-32)$$

$$\phi_{A,L}(M) = \begin{matrix} S_1 \\ S_1 + \frac{S_2 - S_1}{2} (M - 4) \\ S_2 \end{matrix} \quad (6-33)$$

$$\phi_{\text{Amp}}(T) = 0,4 \quad (6-34)$$

$$\frac{a \ln \text{Amp}(T, S_{\hat{a}}, V_{s30})}{a \ln S_{a1100}} = 0 \quad \text{Para } V_{s30} \geq V_{LIN}$$

$$\frac{-b(T)S_{\hat{a}1100}}{S_{a1100+c}} + \frac{b(T)S_{\hat{a}1100}}{S_{\hat{a}1100+c} \left(\frac{V_{s30}}{V_{LIN}}\right)^n} \quad \text{Para } V_{s30} < V_{LIN} \quad (6-35)$$

$$\tau(T, M, S_{\hat{a}1100}, V_{s30}) = \tau_B(M, T) \left(1 + \frac{a \ln \text{Amp}(T, S_{\hat{a}}, V_{s30})}{a \ln S_{a1100}}\right) \quad (6-36)$$

$$\tau_B(M, T) = \tau_{A,L}(M, T) \quad (6-37)$$

$$\tau_{A,L}(M, T) = S_3 \quad \text{Para } M < 5$$

$$S_3 + \frac{S_4 - 3}{2} (M - 5) \quad \text{Para } 5 \leq M \leq 7$$

$$S_4 \quad \text{Para } M > 7 \quad (6-38)$$

6.7.9 Campbell Bozorgnia GMPE NGA-W2.

Introducción y compatibilidad.

Trabajo realizado por Kenneth W. Campbell y Yousef Bozorgnia, se aplica para terremotos continentales superficiales, con magnitudes momento entre 3,3 y 8,5, distancias de fuente al sitio de 0 a 300 km y periodos espectrales de 0,01 a 10 segundos.

Es la actualización de Campbell y Bozorgnia (2008), en los dos modelos se incluye términos y variables predecibles que modelan escala de magnitud, atenuación geométrica, tipo de falla, efectos Hanging Wall, respuestas lineales y no lineales de la superficie, respuesta de la cuenca; en CB13 se mejora el modelo hanging wall y se utiliza profundidades hipocentrales, buzamiento de la ruptura y parámetros de regionalización.

Ecuaciones del modelo.

Para sacar el espectro tenemos que:

$$\ln Y = \ln \text{PGA} \quad \text{Para } Y < \text{PGA}, T < 0,25$$

$$f_{\text{mag}} + f_{\text{dis}} + f_{\text{flt}} + f_{\text{hng}} + f_{\text{site}} + f_{\text{sed}} + f_{\text{hyp}} + f_{\text{dip}} + f_{\text{atn}} \quad \text{De otra manera} \quad (6-39)$$

Donde la función de la magnitud es:

$f_{mag} =$

$$\begin{aligned}
 & c_0 + c_1 M && \text{Para } M \leq 4,5 \\
 & c_0 + c_1 M + c_2 (M - 4,5) && \text{Para } 4,5 < M \leq 5,5 \\
 & c_0 + c_1 M + c_2 (M - 4,5) + c_3 (M - 5,5) && \text{Para } 5,5 < M \leq 6,5 \\
 & c_0 + c_1 M + c_2 (M - 4,5) + c_3 (M - 5,5) + c_4 (M - 6,5) && \text{Para } M > 6,5
 \end{aligned} \tag{6-40}$$

La atenuación geométrica:

$$f_{dis} = (c_5 + c_6 M) \ln(\sqrt{R_{rup}^2 + c_7^2}) \tag{6-41}$$

La función según el tipo de falla determinamos mediante:

$$f_{flt} = f_{flt,F} f_{flt,M} \tag{6-42}$$

$$f_{flt,F} = c_8 F_{RV} + c_9 F_{NM} \tag{6-43}$$

$$\begin{aligned}
 f_{flt,M} = & 0 && \text{Para } M \leq 4,5 \\
 & M - 4,5 && \text{Para } 4,5 < M \leq 5,5 \\
 & 1 && \text{Para } M > 5,5
 \end{aligned} \tag{6-44}$$

Para el efecto Hanging Wall.

$$F_{hng} = c_{10} f_{hng,Rx} f_{hng,Rrup} f_{hng,M} f_{hng,Z} f_{hng,\delta} \tag{6-45}$$

$$\begin{aligned}
 f_{hng,Rx} = & 0 && \text{Para } R_x < 0 \\
 & f_1(R_x) && \text{Para } 0 \leq R_x < R_1 \\
 & \max[f_2(R_x), 0] && \text{Para } R_x \geq R_1
 \end{aligned} \tag{6-46}$$

$$f_1(R_x) = h_1 + h_2 (R_x / R_1) + h_3 (R_x / R_1)^2 \tag{6-47}$$

$$f_2(R_x) = h_4 + h_5 (R_x - R_1 / R_2 - R_1) + h_6 (R_x - R_1 / R_2 - R_1)^2 \tag{6-48}$$

Donde $R_1 = W \cos(\delta)$ y $R_2 = 62M - 350$ (6-49)

$$\begin{aligned}
 f_{hng,Rrup} = & 1 && \text{Para } R_{RUP} = 0 \\
 & (R_{RUP} - R_{JB}) / R_{RUP} && \text{Para } R_{RUP} > 0
 \end{aligned} \tag{6-50}$$

$$\begin{aligned}
f_{\text{hng},M} &= 0 && \text{Para } M \leq 5,5 \\
& (M-5,5)[1+a_2(M-6,5)] && \text{Para } 5,5 < M \leq 6,5 \\
& 1+a_2(M-6,5) && \text{Para } M > 6,5 \quad (6-51)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{\text{hng},Z} &= 1-0,06Z_{\text{TOR}} && \text{Para } Z_{\text{TOR}} \leq 16,66 \\
& 0 && \text{Para } Z_{\text{TOR}} > 16,66 \quad (6-52)
\end{aligned}$$

$$f_{\text{hng},\delta} = (90-\delta) / 45 \quad (6-53)$$

Respuesta superficial del sitio:

$$f_{\text{site}} = f_{\text{site},G} + S_J f_{\text{site},J} \quad (6-54)$$

$$\begin{aligned}
f_{\text{site},G} &= c_{11} \ln(V_{s30}/k_1) + k_2 \{ \ln[A_{1100} + c(V_{s30}/k_1)^n] - \ln[A_{1100} + c] \} && \text{Para } V_{s30} \leq k_1 \\
& (c_{11} + k_{2n}) \ln(V_{s30}/k_1) && \text{Para } V_{s30} > k_1 \quad (6-55)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{\text{site},J} &= (c_{12} + k_{2n}) [\ln(V_{s30}/k_1) - \ln(200/k_1)] && \text{Para } V_{s30} \leq 200 \\
& (c_{13} + k_{2n}) \ln(V_{s30}/k_1) && \text{Para todos los } V_{s30} \quad (6-56)
\end{aligned}$$

Respuesta de la cuenca.

$$\begin{aligned}
f_{\text{sed}} &= (c_{14} + c_{15} S_J)(Z_{2,5} - 1) && \text{Para } Z_{2,5} \leq 1 \\
& 0 && \text{Para } 1 < Z_{2,5} \leq 3 \\
& c_{16} k_3 e^{-0,75} \{ 1 - \exp[-0,25(Z_{2,5} - 3)] \} && \text{Para } Z_{2,5} > 3 \quad (6-57)
\end{aligned}$$

Profundidad hipocentral.

$$f_{\text{hyp}} = f_{\text{hyp},H} f_{\text{hyp},M} \quad (6-58)$$

$$\begin{aligned}
f_{\text{hyp},H} &= 0 && \text{Para } Z_{\text{HYP}} \leq 7 \\
& Z_{\text{HYP}} - 7 && \text{Para } 7 < Z_{\text{HYP}} \leq 20 \\
& 13 && \text{Para } Z_{\text{HYP}} > 20 \quad (6-59)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{\text{hyp},M} &= c_{17} && \text{Para } M \leq 5,5 \\
& [c_{17} + (c_{18} - c_{17})(M - 5,5)] && \text{Para } 5,5 < M \leq 6,5 \\
& c_{18} && \text{Para } M > 6,5 \quad (6-60)
\end{aligned}$$

Buzamiento de la ruptura.

$$f_{dip} = \begin{cases} c_{19}\delta & \text{Para } M \leq 4,5 \\ c_{19}(5,5-M)\delta & \text{Para } 4,5 < M \leq 5,5 \\ 0 & \text{Para } M > 5,5 \end{cases} \quad (6-61)$$

Atenuación anelástica.

$$f_{atn} = \begin{cases} (c_{20} + \Delta c_{20})(R_{RUP} - 80) & \text{Para } R_{RUP} > 80 \\ 0 & \text{Para } R_{RUP} \leq 80 \end{cases} \quad (6-62)$$

Los valores de c y n son 1,88 y 1,18 respectivamente.

El resto de coeficientes de c, k, a, h, Δc_{20} , τ , ϕ , ϕ_{lnAF} , $\sigma_{lnPGA,lnY}$ dependen del periodo y se muestran de la Tabla 47. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013 a la Tabla 50. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013 en el Anexo E.

Desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\phi^2 + \tau^2} \quad (6-63)$$

Dónde:

$$\tau = \sqrt{\tau_{lnYB}^2 + a^2 \tau_{lnPGA B}^2 + 2a P_{lnPGA,lnY} \tau_{lnY B} \tau_{lnPGA B}} \quad (6-64)$$

$$\phi = \sqrt{\phi_{lnYB}^2 + \phi_{lnAF}^2 + a^2 \phi_{lnPGA B}^2 + 2a P_{lnPGA,lnY} \phi_{lnY B} \phi_{lnPGA B}} \quad (6-65)$$

$$\tau_{lnY} = \begin{cases} \tau_1 & M \leq 4,5 \\ \tau_2 + (\tau_1 - \tau_2)(5,5 - M) & 4,5 < M < 5,5 \\ \tau_2 & M \geq 5,5 \end{cases} \quad (6-66)$$

$$\phi_{lnY} = \begin{cases} \phi_1 & M \leq 4,5 \\ \phi_2 + (\phi_1 - \phi_2)(5,5 - M) & 4,5 < M < 5,5 \\ \phi_2 & M \geq 5,5 \end{cases} \quad (6-67)$$

$$\tau_{\ln Y B} = \tau_{\ln Y} \quad (6-68)$$

$$\tau_{\ln PGA B} = \tau_{\ln PGA}$$

$$\phi_{\ln Y B} = (\phi_{\ln Y}^2 - \phi_{\ln AF}^2) \quad (6-69)$$

$$\phi_{\ln PGA B} = (\phi_{\ln PGA}^2 - \phi_{\ln AF}^2)^{1/2} \quad (6-70)$$

$$\alpha = \begin{cases} k_2 A_{1100} \left\{ [A_{1100} + c \left(\frac{Vs30}{k1}\right)^n]^{-1} - [A_{1100} + c]^{-1} \right\} & \text{Para } Vs30 < k1 \\ 0 & \text{Para } Vs30 \geq k1 \end{cases} \quad (6-71)$$

6.7.10 Idriss GMPE NGA-W2.

Introducción y compatibilidad.

I.M. Idriss del departamento de Ingeniería Civil y del Medio Ambiente de la Universidad de California, Davis presenta este modelo posteriormente al del 2008, se caracteriza por provenir de una base de datos mucho más amplia. Su aplicabilidad es para terremotos superficiales corticales magnitudes momento mayores 5, distancias menores a 150 km y velocidades de onda corte a los primeros 30 metros mayores a 450 m/s.

Ecuación del modelo.

$$\ln(\text{PSA}) = \alpha_1 + \alpha_2 M + \alpha_3 (8,5 - M)^2 - (\beta_1 + \beta_2 M) \ln(R_{rup} + 10) + \xi \ln(V_{s30}) + \Upsilon R_{rup} + \phi F \quad (6-72)$$

Para lugares de una $V_{s30} \geq 450$ m/s y $M \leq 6,75$ tenemos los valores de α , β , ξ , Υ y ϕ en la Tabla 51. Coeficientes del método Idriss, 2013. En cambio para lugares de una $V_{s30} \geq 450$ m/s y $M \geq 6,75$ tenemos los valores de α , β , ξ , Υ y ϕ en la Tabla 51. Coeficientes del método Idriss, 2013

Desviación estándar.

Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$SE = 1,18 + 0,035 \ln(T) - 0,06M \quad (6-72)$$

Tiene una pequeña dependencia en la magnitud del evento, El valor mínimo de SE es asumido para $M=7,5$. También para períodos menores a 0,05 segundos se mantiene en eso 0,05 y para mayores a 3 segundos se mantiene $T=3$ s.

6.7.11 Boore Stewart Seyhan Atkinson GMPE NGA-W2.

Introducción y compatibilidad.

Esta metodología fue desarrollada por David M. Boore, Jonathah P. Stewart, Emel Seyhan, Gail M. Atkinson, basándose en alrededor de 21 mil registros, de los cuales se analizó un sub-registro de 16 mil registros.

BSSA13 es muy similar a Boore Atkinson (2008). Se puede aplicar para sismos corticales superficiales, con M_w de 3 a 8,5 originados por fallas transcurrentes o inversas, y con M_w de 3 a 7 por fallas normales, las distancias de la ruptura al sitio de 0 a 400 km, velocidades de onda de corte a 30 metros de la superficie de 150 a 1500 m/s, Z_1 de 0 3 km y periodos espectrales de 0 a 10 segundos.

Ecuaciones del modelo.

$$\ln Y = F_E(M, \text{mech}) + F_{P,B}(R_{JB}, M) + F_{S,B}(V_{s30}, R_{JB}, M) + \epsilon_n \sigma(M, R_{JB}, V_{s30})$$

$$\ln Y = F_E(M, \text{mech}) + F_P(R_{JB}, M, \text{region}) + F_s(V_{s30}, R_{JB}, M, Z_1) + \epsilon_n \sigma(M, R_{JB}, V_{s30})$$

(6-73)

De la ecuación principal del espectro, tenemos:

$$F_{P,B}(R_{JB}, M) = [c_1 + c_2(M - M_{ref})] \ln(R/R_{ref}) + c_3(R - R_{ref})$$

(6-74)

R se calcula así:

$$R = \sqrt{R_{JB}^2 + h^2}$$

(6-75)

Para la siguiente función tenemos dependencia de dos condicionales:

$$F_E(M, mech) = \begin{cases} e_0U + e_1SS + e_2NS + e_3RS + e_4(M - M_h) + e_5(M - M_h)^2 & \text{Para } M \leq M_h \\ e_0U + e_1SS + e_2NS + e_3RS + e_6(M - M_h) & \text{Para } M > M_h \end{cases} \quad (6-76)$$

De donde las variables U, SS, NS, RS se ajustan al tipo de falla originaria del sismo, encerrándose cuando no corresponden al tipo encontrado in situ.

U Unspecified. No especificado **SS** Strike-slip. Transcurrente

NS Normal-slip. Normal **RS** Reverse-slip. Inversa

Respecto a la regionalización:

$$F_P(R_{JB}, M, region) = F_{P,B}(R_{JB}, M) + \Delta c_3(R - R_{ref}) \quad (6-77)$$

Para la amplificación del sitio.

$$F_{S,B} = \ln(F_{lin}) + \ln(F_{nl}) \quad (6-78)$$

La componente linear de la amplificación del sitio.

$$\ln(F_{lin}) = \begin{cases} c \ln(V_{s30}/V_{ref}) & \text{Para } V_{s30} \leq V_c \\ c \ln(V_c/V_{ref}) & \text{Para } V_{s30} > V_c \end{cases} \quad (6-79)$$

Para la componente no linear de la amplificación del sitio.

$$\ln(F_{nl}) = f_1 + f_2 \ln(PGA_r + f_3 / f_3) \quad (6-80)$$

El valor utilizado como velocidad de la onda de corte para obtener el PGA_r es de 760 m/s.

La f_2 se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$f_2 = f_4 [\exp\{f_5(\min(V_{s30}, 760) - 360)\} - \exp\{f_5(760 - 360)\}] \quad (6-81)$$

Donde f_1, f_2, f_3 son coeficientes del modelo.

La amplificación del sitio en función de parámetros de trayectoria y de la magnitud, está dada por:

$$F_s(V_{s30}, M, R_{JB}, Z_1) = F_{S,B}(V_{s30}, M, R_{JB}) + F_{\delta Z_1}(\delta Z_1) \quad (6-82)$$

Dónde:

$$F_{\delta Z_1}(\delta Z_1) = \begin{cases} 0 & T < 0,65 \\ F_6 \delta Z_1 & T \geq 0,65 \text{ y } \delta Z_1 \leq f_7/f_6 \\ f_7 & T \geq 0,65 \text{ y } \delta Z_1 > f_7/f_6 \end{cases} \quad (6-83)$$

Los coeficientes $e, M_h, c, M_{ref}, R_{ref}, h, \Delta c_3, V_c, V_{ref}, f, R, \Delta \phi_R, V_1, V_2, \phi, \tau$; son dependientes del periodo, sus valores se presentan de la Tabla 53. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013 a la Tabla 56. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013

Desviación estándar.

Dónde:

$$\sigma(M, R_{JB}, V_{s30}) = \sqrt{\phi^2(M, R_{JB}, V_{s30}) + \tau^2(M)} \quad (6-84)$$

Para obtener ϕ :

$$\phi(M, R_{JB}, V_{s30}) = \begin{cases} \phi(M, R_{JB}) & \text{Para } V_{s30} \geq V_2 \\ \phi(M, R_{JB}) - \Delta \phi_v [\ln(V_2/V_{s30}) / \ln(V_2/V_1)] & \text{Para } V_1 \leq V_{s30} \leq V_2 \\ \phi(M, R_{JB}) - \Delta \phi_v & \text{Para } V_{s30} \leq V_1 \end{cases} \quad (6-85)$$

Mientras que $\phi(M, R_{JB}) =$

$$\begin{cases} \phi(M) & \text{Para } R_{JB} \leq R_1 \\ \phi(M) + \Delta \phi_R [\ln(R_{JB}/R_1) / \ln(R_2/R_1)] & \text{Para } R_1 < R_{JB} \leq R_2 \\ \phi(M) + \Delta \phi_R & \text{Para } R_{JB} > R_2 \end{cases} \quad (6-86)$$

De la cual $\phi(M) =$

$$\begin{array}{ll} \phi_1 & M \leq 4,5 \\ \phi_1 + (\phi_2 - \phi_1)(M - 4,5) & 4,5 < M < 5,5 \\ \phi_2 & M \geq 5,5 \end{array} \quad (6-87)$$

Para calcular la función $\tau(M) =$

$$\begin{array}{ll} \tau_1 & M \leq 4,5 \\ \tau_1 + (\tau_2 - \tau_1)(M - 4,5) & 4,5 < M < 5,5 \\ \tau_2 & M \geq 5,5 \end{array} \quad (6-88)$$

6.7.12 Chiou Youngs NGA-W2.

Introducción y compatibilidad.

Brian S.J. Chiou y Robert R. Youngs realizaron este modelo en base al efecto producido por el tipo de falla, el efecto Hanging Wall, profundidad y tope de la ruptura, profundidad de sedimentos y la inclusión de dos términos, el de buzamiento y dirección de la ruptura.

Es aplicable para terremotos tipo cortical superior, con M_w de 3,5 a 8,5 para fallas transversales, de 3,5 a 8 para fallas inversas y normales. Distancias ZTOR menores a 20 km, V_{s30} de 180 a 1500 m/s, periodos espectrales de 0 a 10 segundos.

SMM Small moderate magnitudes, para sismos de 3 a 5,5

LM Large magnitude, sismos mayores a 5

Ecuaciones del modelo.

La ecuación para el modelamiento de espectros toma como referencia condiciones de sitio $V_{s30} = 1130$ m/s, se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \ln(Y_{ij}) = & \ln(Y_{refij}) + \phi_1 * \min(\ln(V_{s30j} / 1130), 0) \\ & + \phi_2 (e^{\phi_3(\min(V_{s30j}, 1130)-360)} - e^{\phi_3(1130-360)}) * \ln(Y_{refij} + \phi_4 / \phi_4) \\ & + \phi_5 (1 - e^{-\Delta Z_{1,0j} / \phi_6}) + n_i + \epsilon_{ij} \end{aligned} \quad (6-89)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} \ln(Y_{refij}) = & c_1 + \{c_{1a} + [c_{1c} / \cosh(2 * \max(M_i - 4, 5, 0))]\} * F_{Rv_i} \\ & + \{c_{1b} + [c_{1d} / \cosh(2 * \max(M_i - 4, 5, 0))]\} * F_{NM_i} \\ & + \{c_7 + [c_{7b} / \cosh(2 * \max(M_i - 4, 5, 0))]\} * \Delta Z_{TOR_i} \\ & + \{c_{11} + [c_{11b} / \cosh(2 * \max(M_i - 4, 5, 0))]\} * (\cos \delta_i)^2 + c_2(M_i - 6) \\ & + c_2 - c_3 / c_n * \ln(1 + e^{c_n * (c_M - M_i)}) \\ & + c_4 \ln(R_{RUP_{ij}} + c_5 \cosh(c_6 * \max(M_i - c_{HM}, 0))) \\ & + (c_{4a} - c_4) \ln((R_{RUP_{ij}}^2 + c_{RB}^2)^{1/2}) \\ & + \{c_{y1} + [c_{y2} / \cosh(\max(M_i - c_{y3}, 0))]\} * R_{RUP_{ij}} \\ & + c_8 \max\{1 - [\max(R_{rup_{ij}} - 40, 0) / 30], 0\} \\ & * \min\{[(\max(M_i - 5, 5, 0)) / (0, 8)], 1\} e^{-c_{8a} (M_i - c_{8b})^2 \Delta_{DPP_{ij}}} \\ & + c_9 F_{HW_{ij}} \cos \delta_i \{c_{9a} + (1 - c_{9a}) \tanh(R_{X_{ij}} / c_{9b})\} \\ & * \{1 - [(\text{raíz}(R_{JB_{ij}}^2 + Z_{TOR_i}^2)) / (R_{RUP_{ij}} + 1)]\} \end{aligned} \quad (6-90)$$

Dónde:

DPP Parámetro punto directo para efecto de directividad.

Δ_{DPP} DPP centrado en el sismo específico promedio.

Y los valores de c , CM , ϕ , τ y σ son coeficientes del método hallados mediante regresiones. Sus valores se muestran de la Tabla 57. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013 a la Tabla 59. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013

Desviación estándar.

$$\sigma_T^2 = \sqrt{(1 + NL_o)^2 \tau^2 + \sigma_{NL_o}^2} \quad (6-91)$$

$$\tau = \tau_1 + \frac{\tau_2 - \tau_1}{2,25} (\min(\max(M,5), 7.25) - 5) \quad (6-92)$$

$$\sigma_{NL_o} = \left\{ \sigma_1 + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2,25} (\min(\max(M,5), 7.25) - 5) \right\} * \sqrt{\sigma_3 F_{inf} + 0,7 F_{meas} + (1 + NL_o)^2} \quad (6-93)$$

$$NL_o = \phi_2 \left\{ e^{\phi_3(\min(Vs30,1130) - 360)} - e^{\phi_3(1130 - 360)} \right\} \left\{ \frac{Y_{ref}}{Y_{ref} + \phi_4} \right\} \quad (6-94)$$

6.7.13 Calibración de los espectros de los modelos con respecto a los espectros reales.

(Scherbaum, Cotton, & Smit, 2004) indican una metodología que permite calibrar modelos de movimiento fuerte. Para lo cual se utiliza espectros de sismos ocurridos de los cuales se tiene registros.

En estas ecuaciones se relacionan el valor del sismo real con el del modelo, también interviene la desviación estándar de dicho modelo. Así permite cuantificar que tanto el modelo se ajusta a la realidad, y determinar que tanto las asunciones fundamentales del modelo son conocidas.

Los autores indican que este método ha sido aplicado en la región fronteriza de Francia, Alemania y Suiza para el sismo de St. Dié del 22 de febrero del 2003 con una $M_w = 4,8$. La escala de análisis del método va de 0 a 1, establece cuatro categorías (A, B, C, D). A es el mejor ajuste de datos del modelo, mientras que D es el peor.

Para su desarrollo utiliza estimadores estadísticos como la mediana de LH y la media, la mediana y la desviación estándar de la distribución de residuos normalizados. Entre las propiedades de LH tenemos que obtiene su máximo valor de 1 para $z=0$

Para eso tenemos:

$$LH (|z|) = \text{Erf} [(|z|/\sqrt{2}), \infty] \quad (6-95)$$

$$z = \frac{\ln y_{registro} - \ln y_{modelo}}{\sigma_{modelo}} \quad (6-96)$$

$$\text{Erf} (z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt \quad (6-97)$$

Dónde tenemos que:

LH Valor que cuantifica la calidad del ajuste.

z Variable normalizada

Erf Error de la función

$\ln y_{registro}$ Logaritmo natural del parámetro del movimiento registrado.

$\ln y_{modelo}$ Logaritmo natural del parámetro del movimiento del modelo.

σ_{modelo} Desviación estándar de **$\ln y_{modelo}$**

A continuación se presenta la tabla que determina los límites de cada clase, la que nos indica que tan calibrado se encuentra el modelo.

Tabla 25. Indicadores tipo de calibración.

Estimador estadístico	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Media de z	< 0,25	< 0,5	< 0,75	> 0,75
Mediana de z	< 0,25	< 0,5	< 0,75	> 0,75
Desviación estándar de z	< 1,125	< 1,25	< 1,5	> 1,5
Mediana de LH	≥ 0,4	≥ 0,3	≥ 0,2	≥ 0,2

Fuente: (Scherbaum, Cotton, & Smit, 2004)

Se realizó para tres parámetros de aceleraciones que cubren el movimiento máximo del suelo, periodos estructurales cortos y periodos estructurales largos:

Tabla 26. Valores obtenidos en la calibración para el PGA 0,01

Modelo	Mediana LH	Mediana z	Media z	Sigma z
ASK13	0,3343	0,8697	1,2007	1,7149
CB13	0,3775	0,7287	0,9994	1,5859
I13	0,1481	-0,5753	-0,2666	1,9920
BSSA13	0,3388	0,3016	0,2218	1,6963
CY13	0,0001	14	30	39

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Tabla 27. Resultados de la calibración para el PGA 0,01

Modelo	Mediana LH	Mediana z	Media z	Sigma z
ASK13	B	D	D	D
CB13	B	C	D	D
I13	D	A	A	D
BSSA13	A	A	A	D
CY13	D	D	D	D

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Tabla 28. Valores obtenidos en la calibración para períodos cortos 0,1.

Modelo	Mediana LH	Mediana z	Media z	Sigma z
ASK13	0,4059	0,7236	0,8638	1,9378
CB13	0,4379	0,4848	0,5472	1,6229
I13	0,3668	-0,0048	-0,0716	1,8221
BSSA13	0,4181	0,2440	0,1570	1,7956
CY13	0,001	12	28	36

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Tabla 29. Resultados de la calibración para períodos cortos 0,1

Modelo	Mediana LH	Mediana z	Media z	Sigma z
ASK13	A	C	D	D
CB13	A	B	C	D
I13	B	A	A	D
BSSA13	A	A	A	D
CY13	D	D	D	D

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Tabla 30. Valores obtenidos en la calibración para períodos largos 1,0

Modelo	Mediana LH	Mediana z	Media z	Sigma z
ASK13	0,3312	-0,1582	-1,1885	4,9217
CB13	0,0004	3,5145	3,6277	1,5121
I13	0,3962	-0,7610	-0,2934	1,8934
BSSA13	0,1803	0,6021	0,4615	1,7295
CY13	0,0001	14	32	41

Realizado por: Álvaro Gavilanes

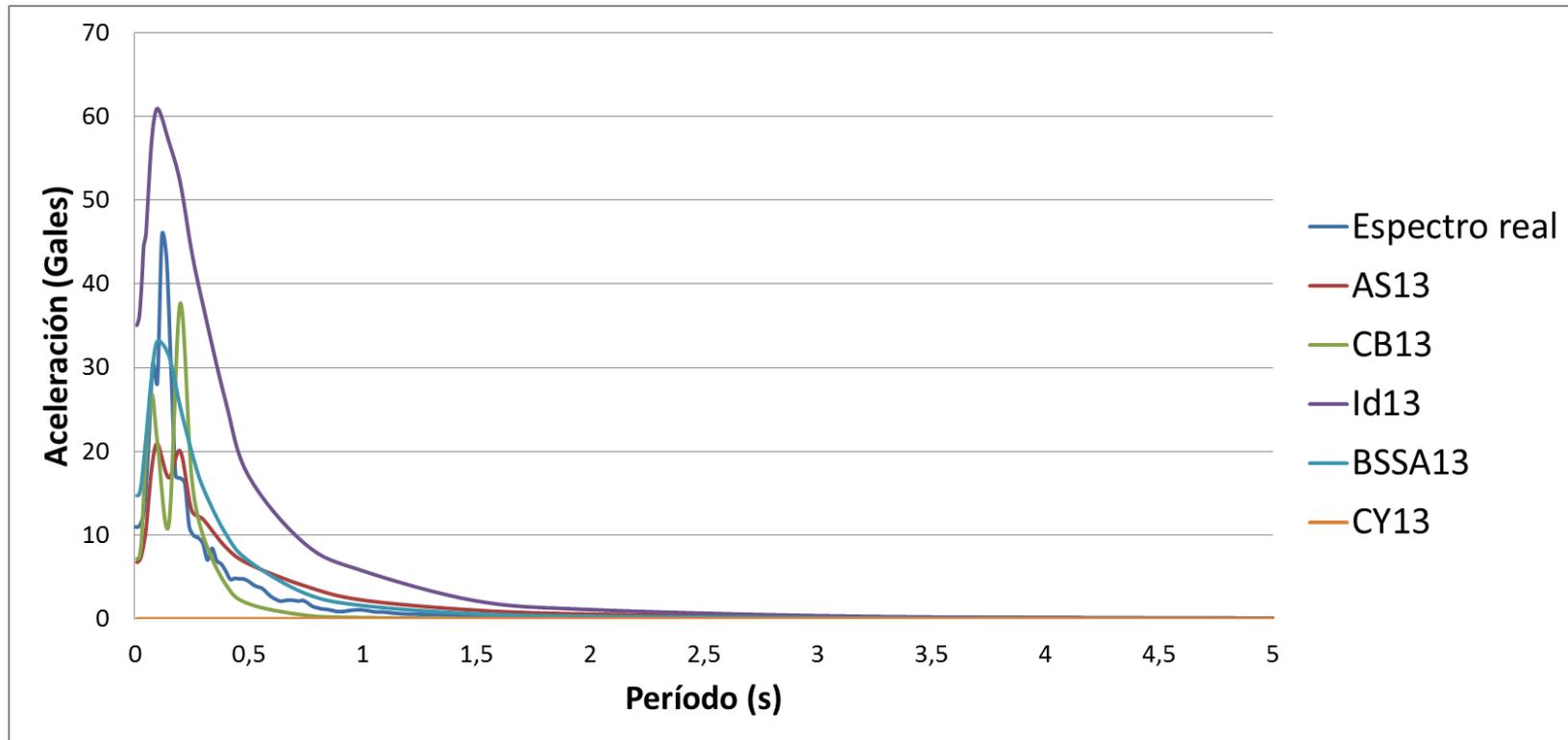
Tabla 31. Resultados de la calibración para períodos largos 1,0

Modelo	Mediana LH	Mediana z	Media z	Sigma z
ASK13	B	A	A	D
CB13	D	D	D	D
I13	B	A	A	D
BSSA13	D	C	B	D
CY13	D	D	D	D

Realizado por: Álvaro Gavilanes

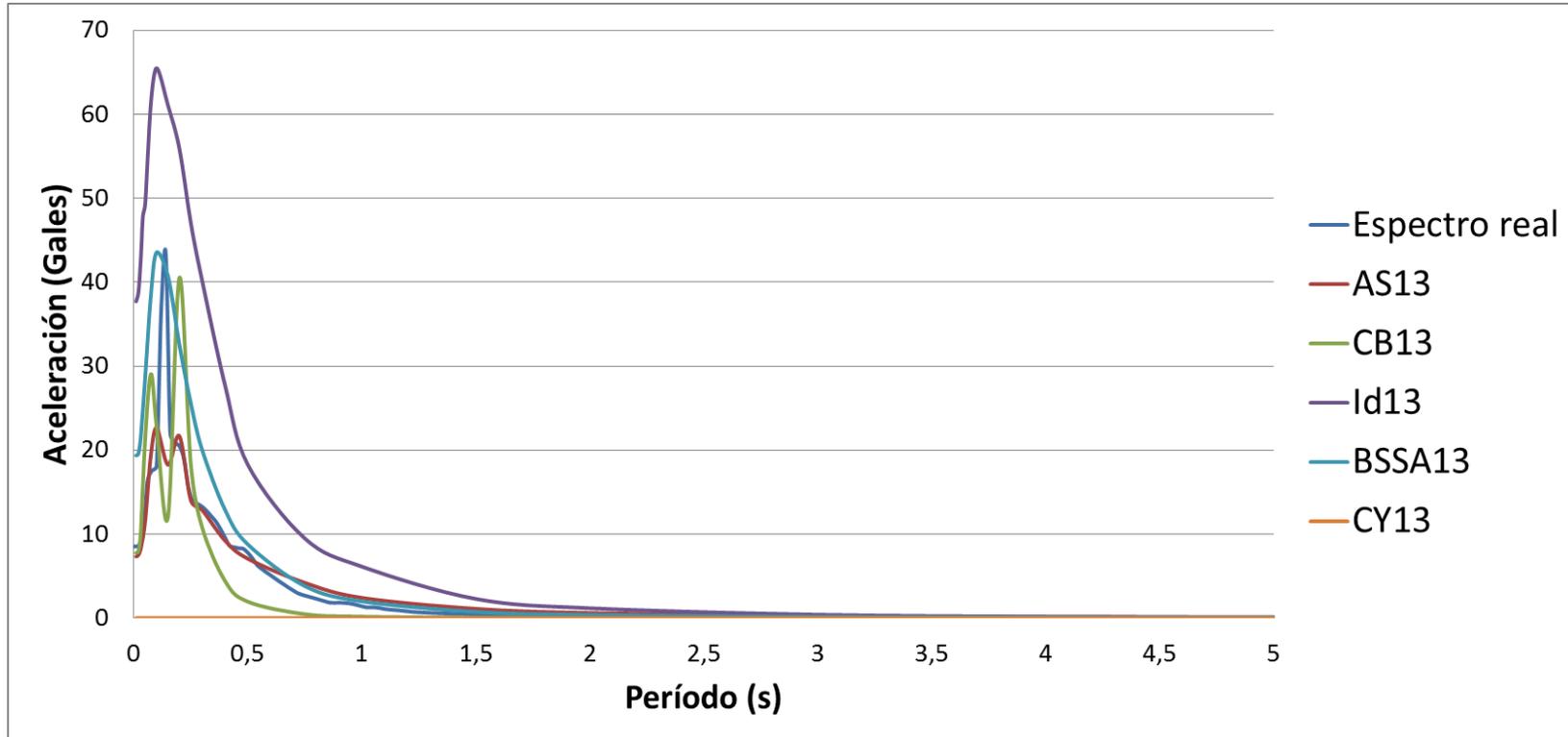
6.7.14 Graficas comparativas de espectros reales con espectros obtenidos mediante las GMPE:

Gráfico 9. Espectro del sismo 1 registrado por la estación BELLA y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



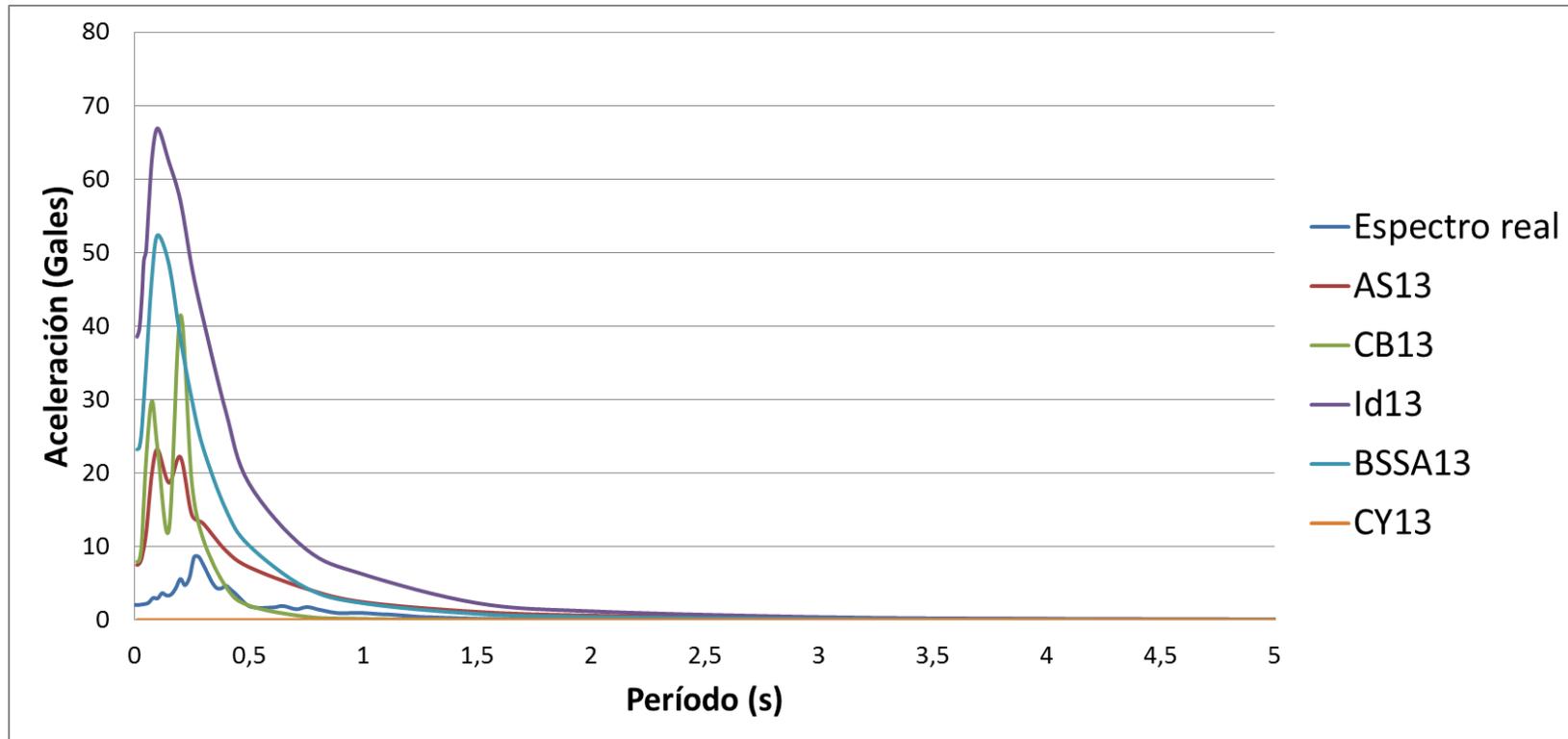
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 10. Espectro del sismo 1 registrado por la estación CIRC y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



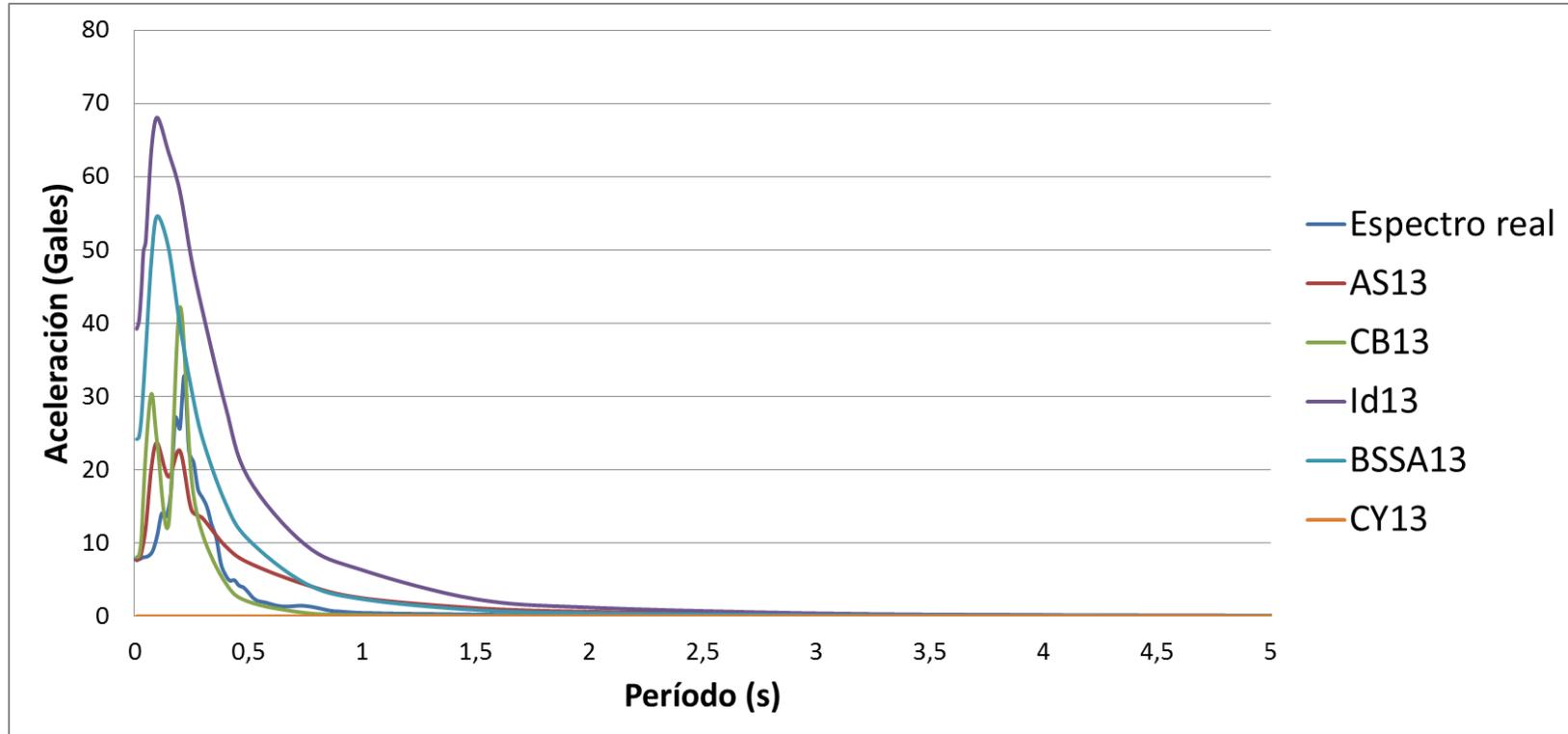
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 11. Espectro del sismo 1 registrado por la estación LILI y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



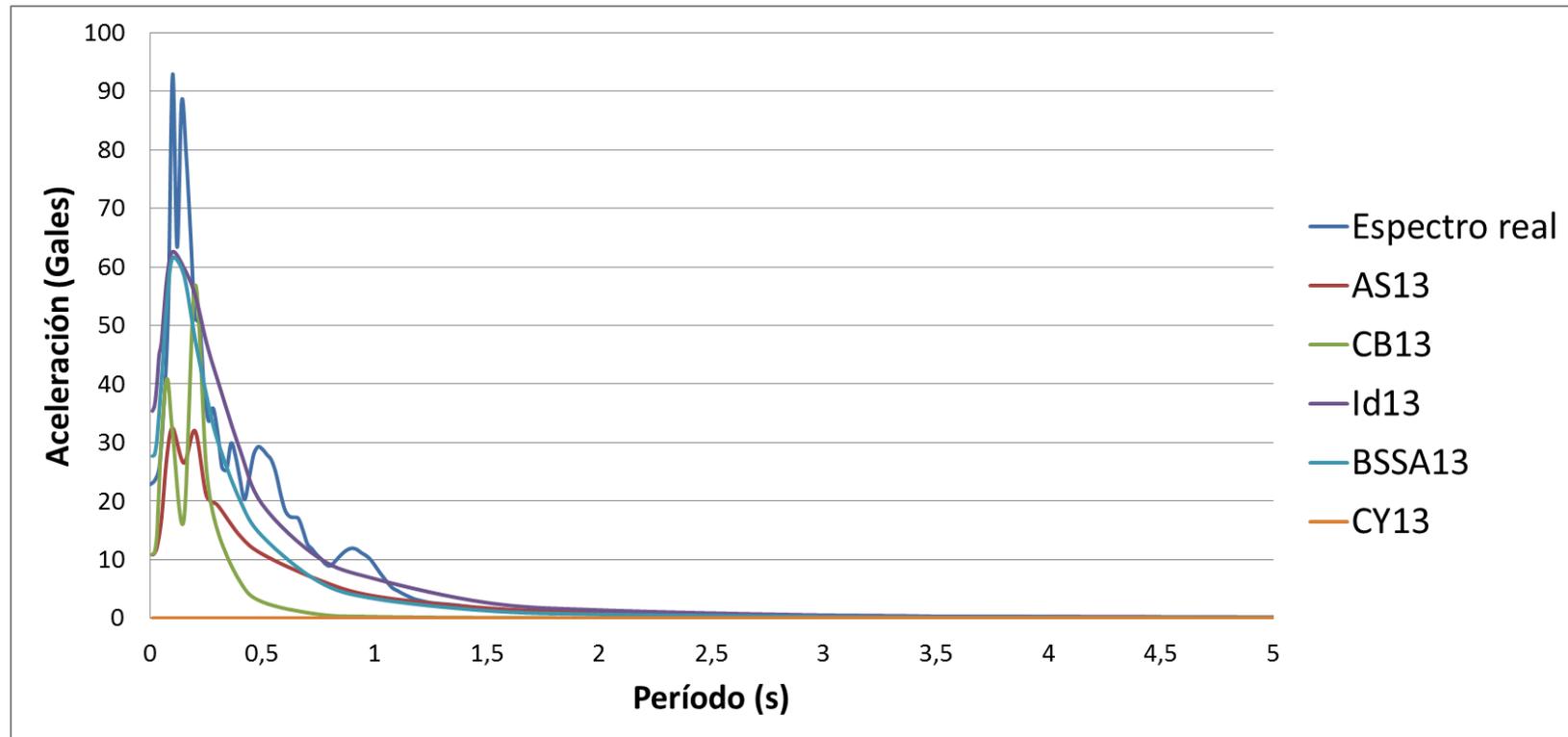
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 12. Espectro del sismo 1 registrado por la estación SANFR y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



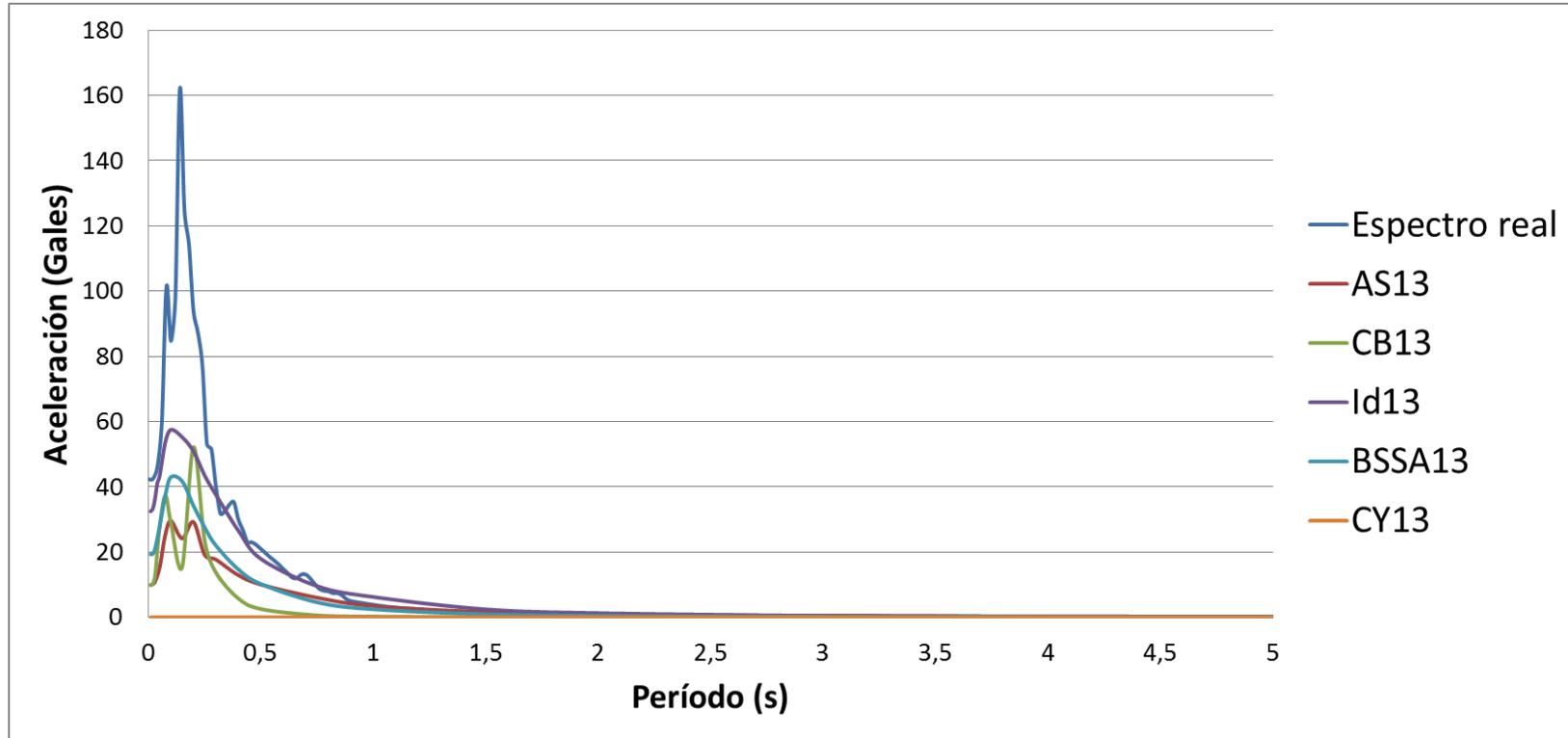
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 13. Espectro del sismo 2 registrado por la estación BELLA y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



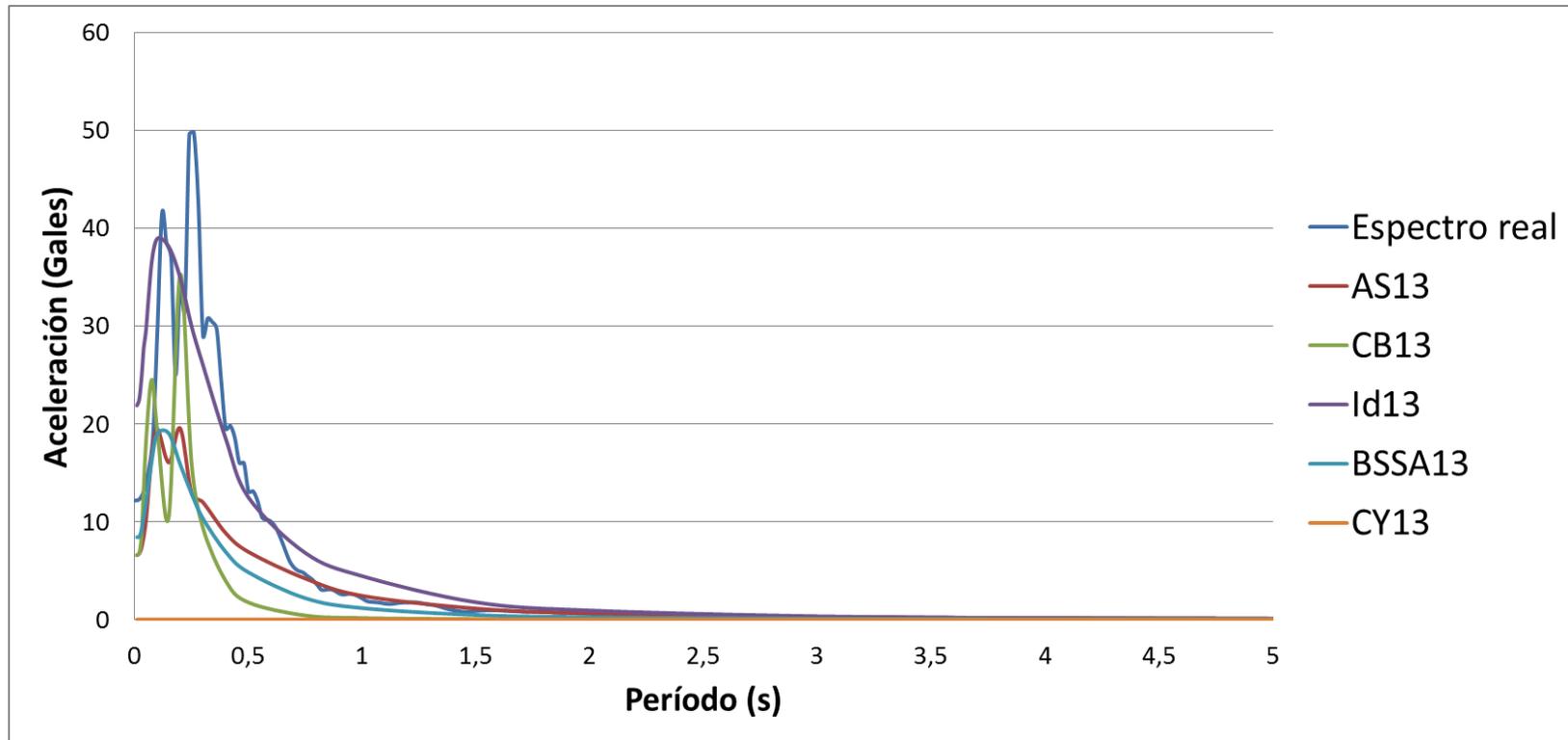
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 14. Espectro del sismo 2 registrado por la estación CIRC y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



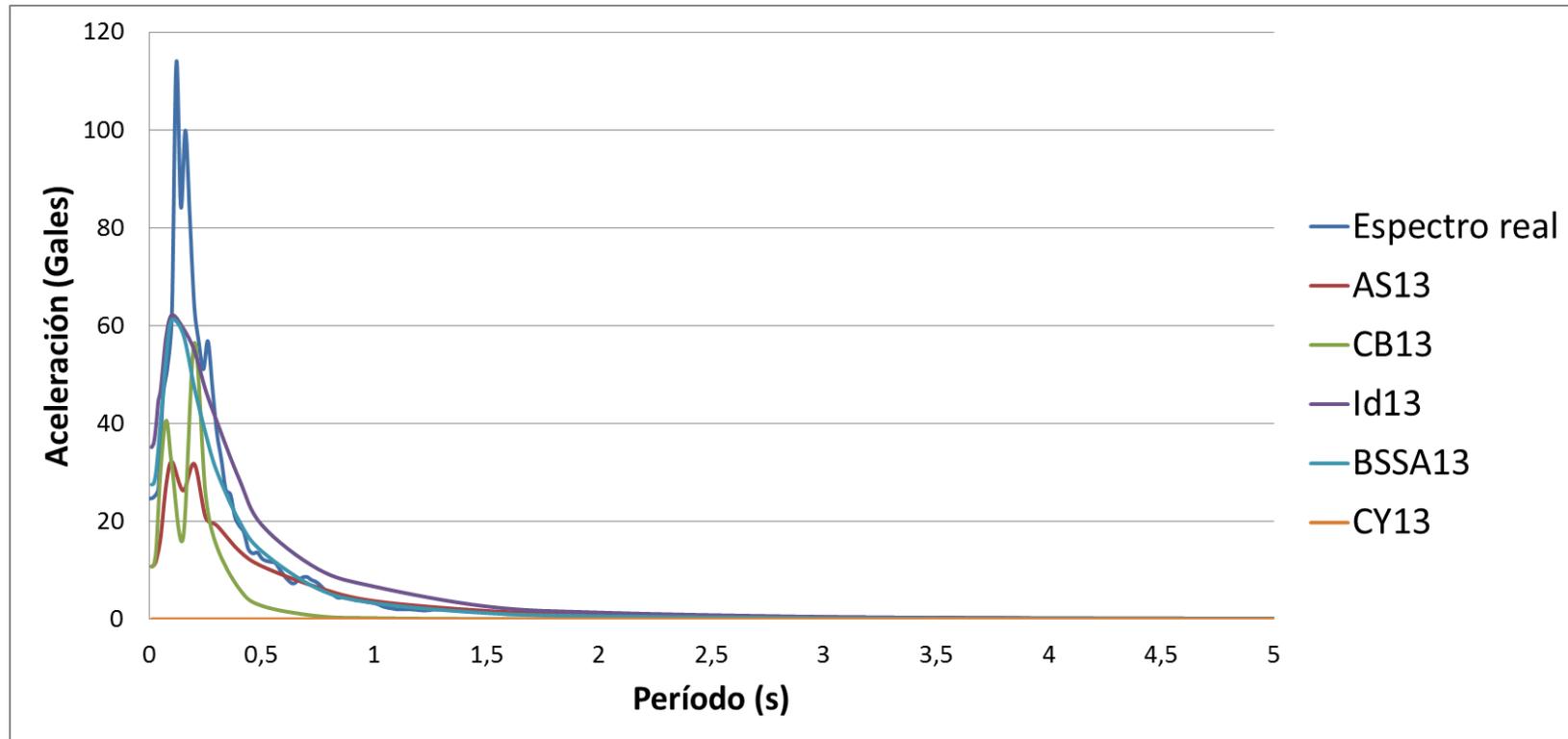
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 15. Espectro del sismo 2 registrado por la estación LILI y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



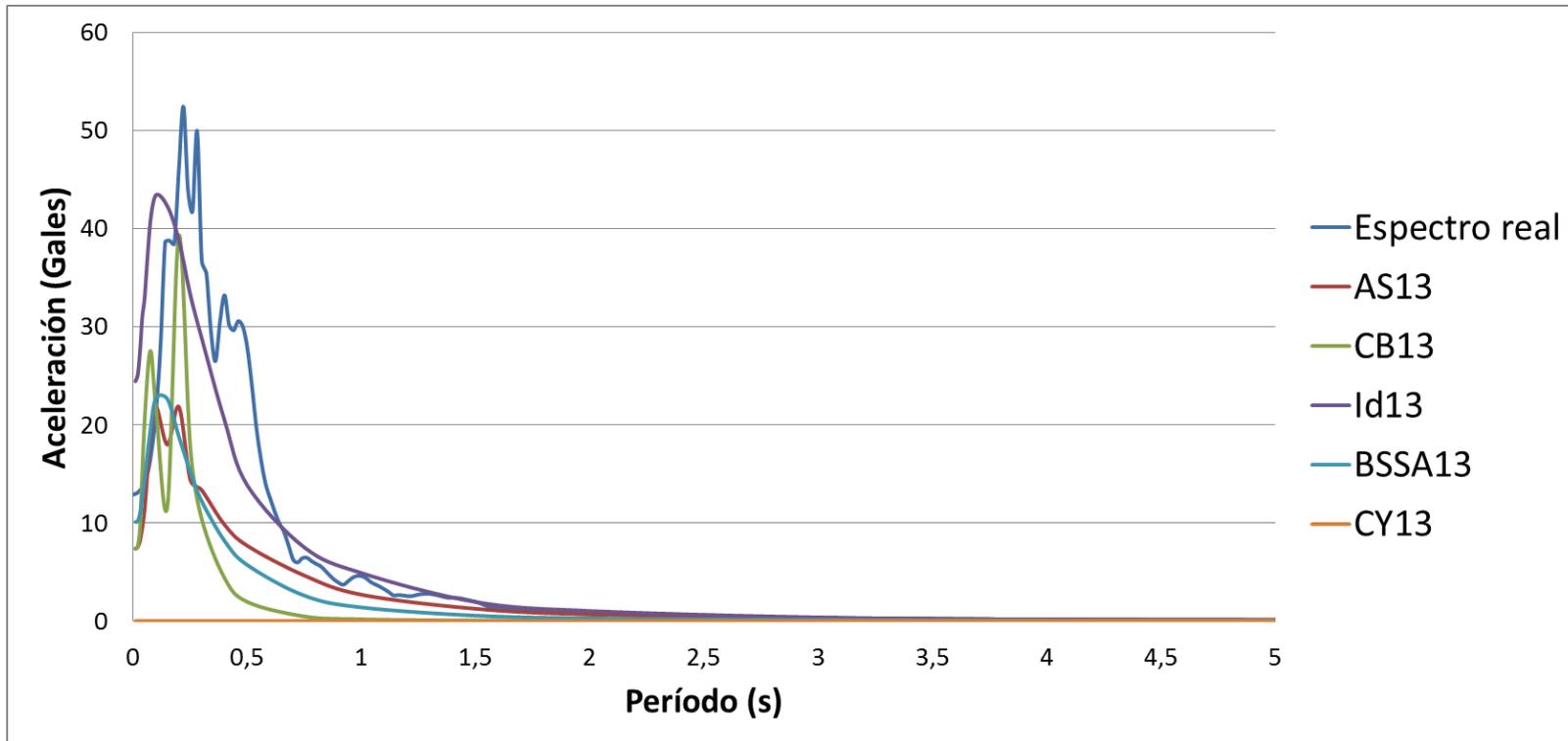
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 16. Espectro del sismo 2 registrado por la estación PRAM y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



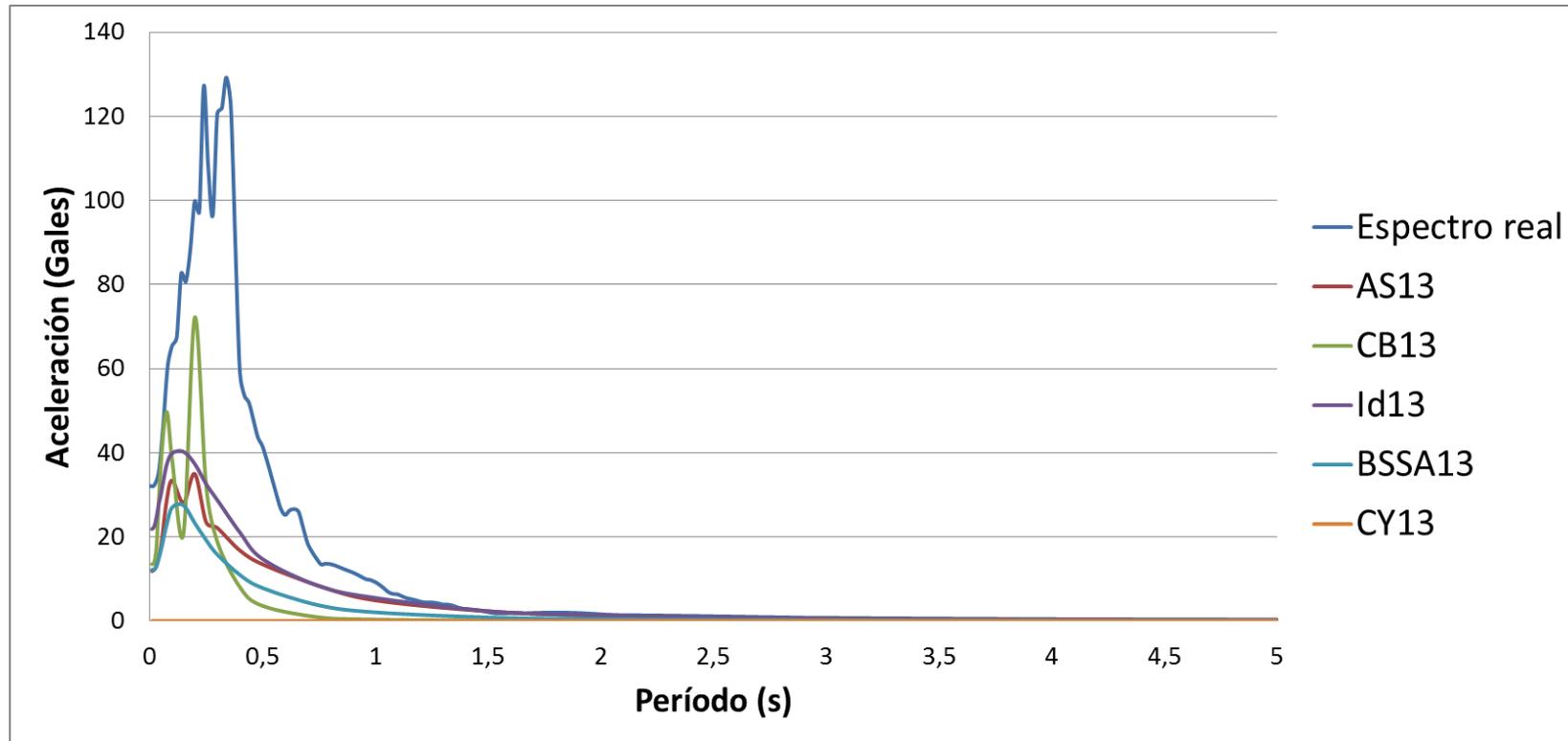
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 17. Espectro del sismo 2 registrado por la estación VILL y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



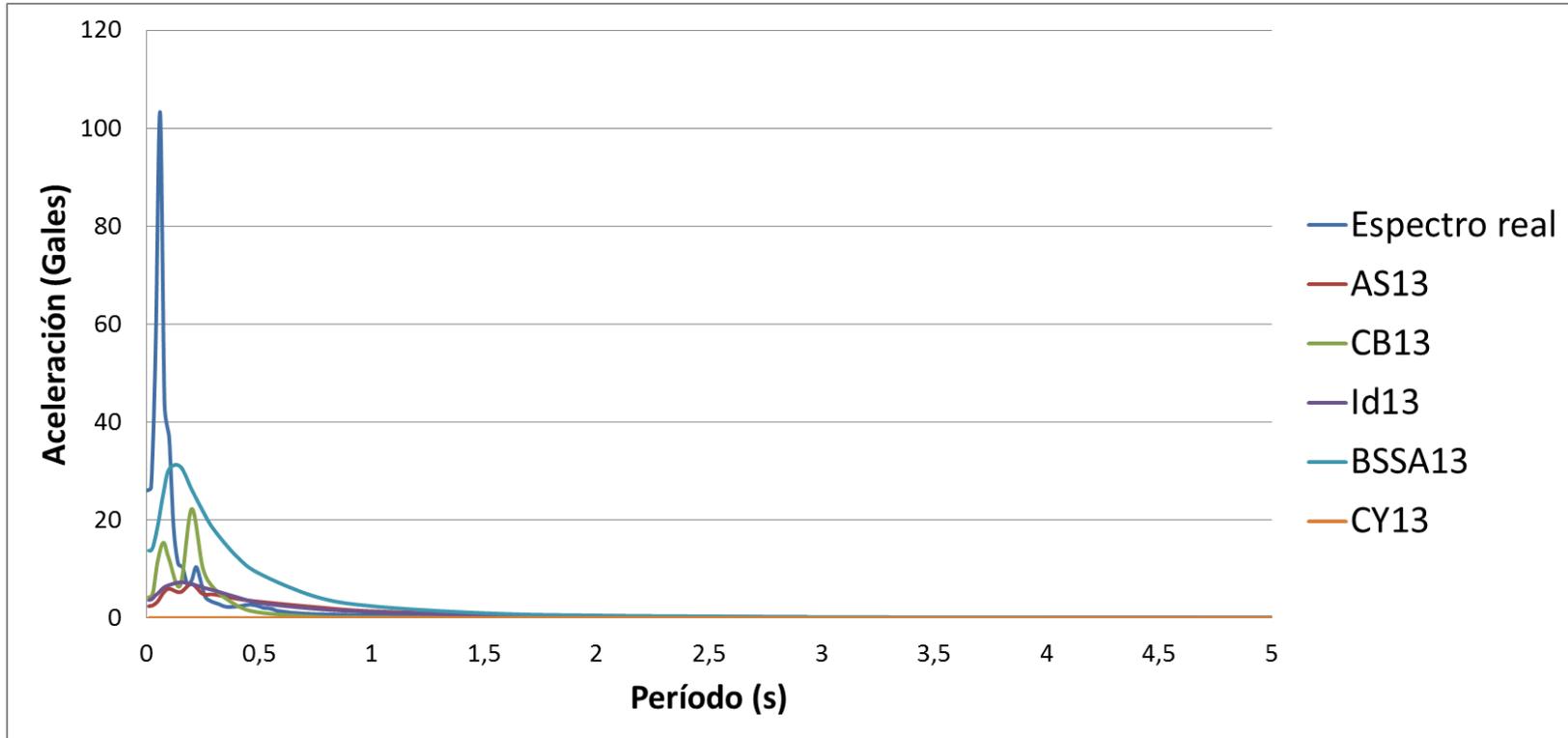
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 18. Espectro del sismo 3 registrado por la estación AAMB1 y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



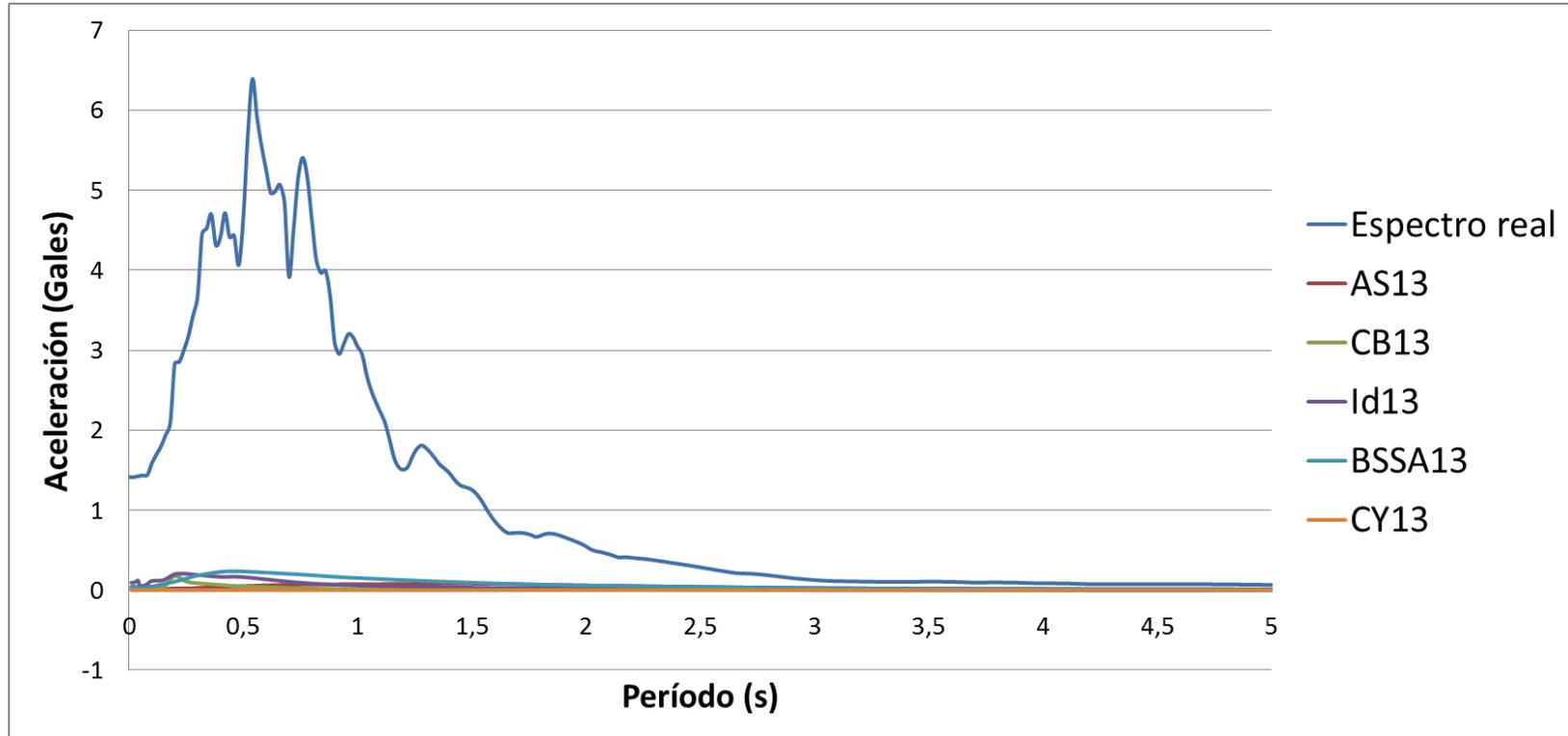
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 19. Espectro del sismo 4 registrado por la estación AGUAY y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



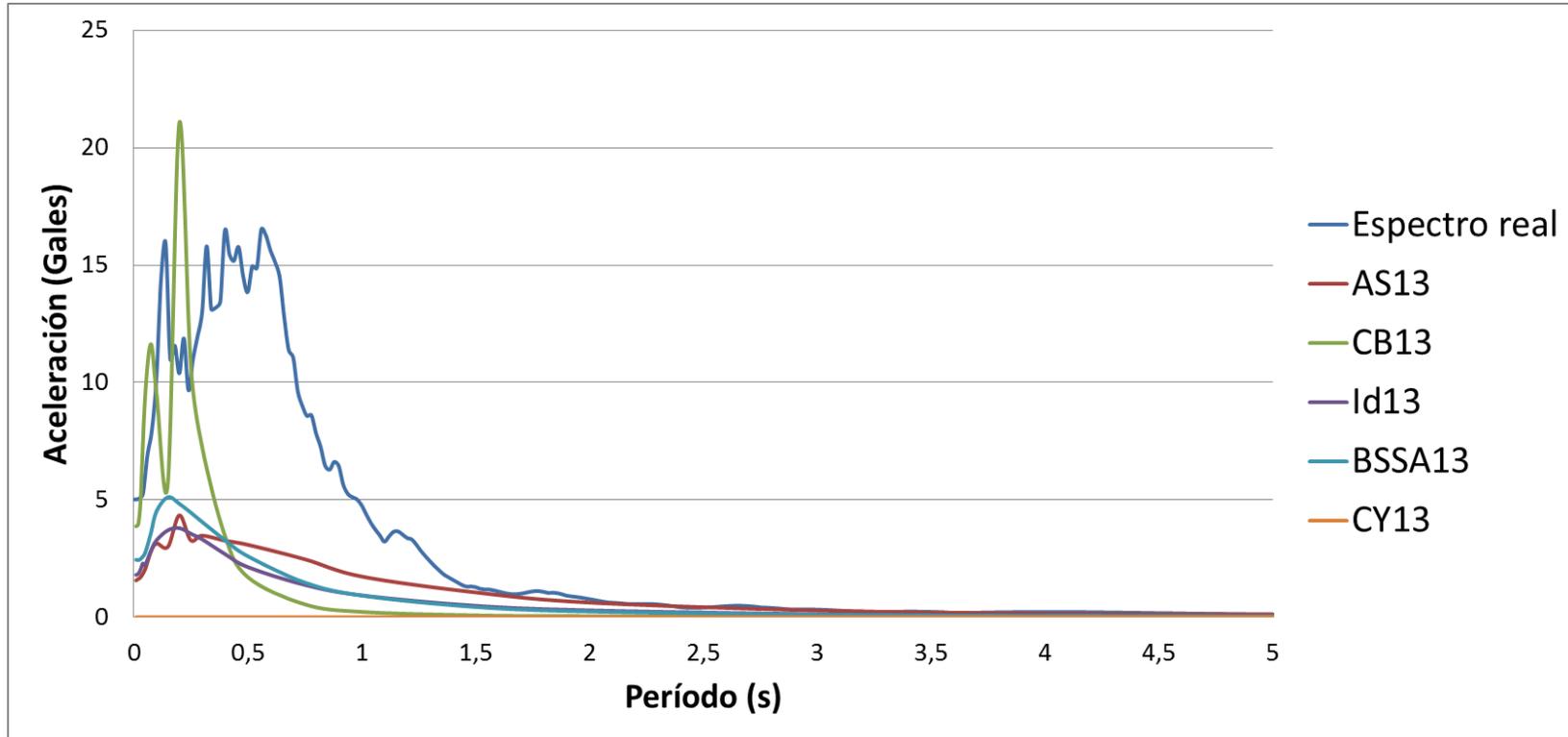
Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 20. Espectro del sismo 5 registrado por la estación ATLULC y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Gráfico 21. Espectro del sismo 5 registrado por la estación ATUNT1 y los espectros obtenidos mediante la NGA-W2



Realizado por: Álvaro Gavilanes.

Conclusiones:

- Existen varios métodos para obtener espectros de aceleraciones del suelo ante un evento sísmico; por lo cual se abre la oportunidad de relacionar modelos existentes, refinarlos y adaptarlos a la realidad de nuestras condiciones geológicas; o en su defecto profundizar estudios que permitan desarrollar nuestros propios modelos.
- La información que maneja el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional es sumamente valiosa, es un soporte y marca una guía clara para desarrollar investigaciones a futuro, como las que se pueden dar aquí en Ambato. Hay precedentes de estudios en otras municipalidades del país como Quito, que cuenta con una microzonificación sísmica de los suelos del distrito metropolitano de la ciudad, lo que ayuda a mejorar la calidad de las construcciones, así como implementar mecanismos de regulación, control y ordenamiento territorial.
- En las GMPE (Ground Motion Peak Equations) los métodos que utilizan más variables son: (Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013), (Campbell & Bozorgnia, 2013) y (Chiou & Youngs, 2013), los mismos que se les considera más refinados. Mientras que (Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013) e (Idriss, 2013) son los modelos más simples.
- Respecto a LH que es la variable que cuantifica la calidad del ajuste de las aceleraciones de los espectros de sismos reales versus aceleraciones obtenidas mediante los modelos empleados, tenemos que:

Para **(Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013)** el movimiento del suelo y períodos largos es considerablemente bueno ya que tenemos una clasificación tipo B, mientras que para períodos cortos es aún mejor ya que tenemos clasificación tipo A.

Para **(Campbell & Bozorgnia, 2013)** tenemos que para aceleraciones en el suelo es relativamente bueno ya que es tipo B, para períodos cortos es mejor ya que es tipo A, mientras que para períodos largos es deficiente tipo D.

Para **(Idriss, 2013)** los ajustes para aceleraciones del suelo no se apegan a la realidad, son tipo D; para períodos cortos y largos es bastante aceptable ya que son tipo B.

Para **(Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013)** las aceleraciones del suelo y para períodos cortos son buenos, tenemos tipo B y A respectivamente, mientras que para períodos largos no tenemos una calibración precisa.

Para **(Chiou & Youngs, 2013)** todos los períodos espectrales tienen clasificación D, por lo que no se recomienda el uso de este método debido a que se obtienen aceleraciones no representativas en nuestro territorio y sus particularidades geológicas.

- El sismo 2, ocurrido en la provincia de Pichincha, $M_w=4,3$, es el evento que tiene el mayor número de registros de diferentes estaciones, a continuación se compara las aceleraciones registradas en el suelo con el valor y el método NGA-W2 que más se aproxima:

La estación BELLA (distancia epicentral de 10,35 km) registra una aceleración real del suelo de 22,84 Gal, el resultado que más se aproxima a éste es el obtenido mediante el modelo de Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson con 27,68 Gal.

En la estación CIRC cuya distancia epicentral es de 13,57 km, la aceleración registrada es de 42,35 Gal, mientras que mediante el método de Idriss se obtuvo una aceleración de 32,4 Gal.

Para la estación LILI (distancia epicentral de 22,7 km) la aceleración máxima del suelo es de 12,17 Gal, mientras que con BSSA13 se determinó una aceleración de 8,42 Gal.

En la estación PRAM, con una distancia epicentral de 12,17 km, la aceleración del suelo fue de 24,63 Gal, por otro lado con el método BSSA13 se alcanzó una aceleración de 27,53 Gal.

Para la estación VILL, distancia epicentral de 22,43 km, la aceleración máxima del suelo es de 12,89 Gal, mientras que con BSSA13 se determinó una aceleración de 10,10 Gal.

Las distancias epicentrales no guardan relación alguna con las aceleraciones espectrales obtenidas para las diferentes estaciones consideradas para este sismo. La variación de estas aceleraciones puede deberse al tipo de suelo en el que están situadas las estaciones o condiciones neotectónicas desconocidas, particularidad que es objeto de otro estudio.

- El método que más se aproximó al valor de las aceleraciones en cada una de las estaciones es el de BSSA13.
- El método que menos se aproximó al valor de las aceleraciones en cada una de las estaciones es el de CY13.

Recomendaciones.

- Para mejorar el diseño de estructuras en el país, se recomienda continuar ampliando nuestra base de datos de sismos reales, profundizar estudios de fallas geológicas, y tener clasificaciones de suelos más detalladas.
- Las autoridades competentes pueden realizar una microzonificación sísmica de la ciudad de Ambato, lo que influiría positivamente al ordenamiento de la ciudad y uso del suelo.

6.8 Administración de la propuesta

Este trabajo fue realizado bajo la supervisión del Ing. Mg. Jorge Cevallos como tutor del egresado Álvaro Sebastián Gavilanes Tamayo, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil

6.9 Previsión de evaluación

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como referencia técnica la Norma Ecuatoriana de la Construcción e información perteneciente al Catálogo Sísmico del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Pero sobre

todo a las publicaciones de la PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) que son la tendencia en tecnologías constructivas de vanguardia.

C. MATERIALES DE REFERENCIA.

Bibliografía

- Leonard, M. (2010). *Earthquake Fault Scaling: Self-Consistent Relating of Rupture Length, Width, Average Displacement, and Moment Release*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 100, No. 5A, pp. 1971–1988.
- abc. (2014). *Tu diccionario hecho fácil*. Recuperado el 2014, de Definición: <http://www.definicionabc.com/ciencia/sismicidad.php>
- Abrahamson, N. A., Silva, W. J., & Kamai, R. (2013). *Update of the AS08 Ground-Motion Prediction Equations Based on the NGA-West2 Data Set*. PEER.
- Aguiar, R. (2001). *Fallas frecuentes durante los sismos*. Quito, Ecuador.
- Akkar, S., & Bommer, J. (2010). *Empirical Equation for the prediction of PGA, PGV and Spectral Acelerations in Europe, the Mediterranean Region and the Middle East*. London: Imperial College.
- All Geo. (2015). *All Geo*. Obtenido de <http://all-geo.org/highlyallochthonous/focal-mechanisms>
- American Concrete Institute. (2005). *ACI 318*. Michigan, USA.
- Bonilla, L., & Ruiz, M. (1992). *Evaluación del peligro sísmico en el Ecuador*. Quito: EPN.
- Boore, D. M., Stewart, J. P., Seyhan, E., & Atkinson, G. M. (2013). *NGA-West2 Equations for Predicting Response Spectral Accelerations for Shallow Crustal Earthquakes*. PEER.
- Campbell, K. W., & Bozorgnia, Y. (2013). *NGA-West2 Campbell-Bozorgnia Ground Motion Model for the Horizontal Components of PGA, PGV, and 5%-Damped Elastic Pseudo-Acceleration Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 sec*. PEER.
- Chiou, B. S., & Youngs, R. R. (2013). *Update of the Chiou and Youngs NGA Ground Motion Model for Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra*. PEER.
- Civilgeeks. (2014). *Ingeniería y construcción*. Recuperado el 2014, de <http://civilgeeks.com/2012/10/03/excel-para-determinar-espectro-sismico-de-diseno-para-la-norma-sismoresistente-e-030-peru/>
- Código ecuatoriano de la construcción. (s.f.). CEC. Quito.
- Egred, J. (2000). *Terremoto de Riobamba*. Quito, Ecuador.

- Escuela Politécnica Nacional. (2014). *Instituto Geofísico*. Recuperado el 2014, de <http://www.igepn.edu.ec/>
- Fratelli, M. (2009). *Estructuras sismo resistentes*. Caracas, Venezuela: Venezolana.
- García Reyes, L. (1998). *Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico*. Bogotá, Colombia: UDA.
- Guralp Systems. (08 de 2014). *Guralp Systems*. Recuperado el 08 de 2014, de <http://www.guralp.com/>
- Idriss, I. (2013). *NGA-West2 Model for Estimating Average Horizontal Values of Pseudo-Absolute Spectral Accelerations Generated by Crustal Earthquakes*. PEER.
- IG-Escuela Politecnica Nacional. (2013). *Catálogo del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2014).
- Keller, & Blodgett. (2008). *Riesgos naturales. Procesos de la Tierra, desastres y catástrofes*. España: Pearson.
- Mapli. (s.f.). *Terremotos y sismo resistencia*. Recuperado el 2014, de <http://terremotosismoresis.blogspot.com/>
- Norma ecuatoriana de la construcción. (2011). *NEC*.
- Oshiro Higa, F. (1987). *Diseño antisísmico*. Lima, Perú: Trama.
- Pazos García, A. (2004). *Estación sísmica digital. Tratamiento de señales*. Madrid, España.
- Ramsay, J. G. (1977). *Plegamiento y fracturación de rocas*. Madrid, España: Blume.
- Sarrai, A. (1990). *Ingeniería sísmica*. Bogotá, Colombia: Uniandes.
- Scherbaum, F., Cotton, F., & Smit, P. (2004). *On the Use of Response Spectral-Reference Data for the Selection and Ranking of Ground-Motion Models for Seismic-Hazard Analysis in Regions of Moderate Seismicity: The Case of Rock Motion*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 6, pp. 2164–2185.
- Singaucho, J. (2009). *Mapa de máximas intensidades sísmicas del Ecuador. Criterios estructurales para mejorar la estimación de intensidades*. Quito: EPN.
- Trimble. (2014). *Reftek*. Recuperado el 10 de 2014, de <http://reftek.com/>
- UNESCO. (1980). *Terremotos evaluación y mitigación de su peligrosidad*. Barcelona, España.

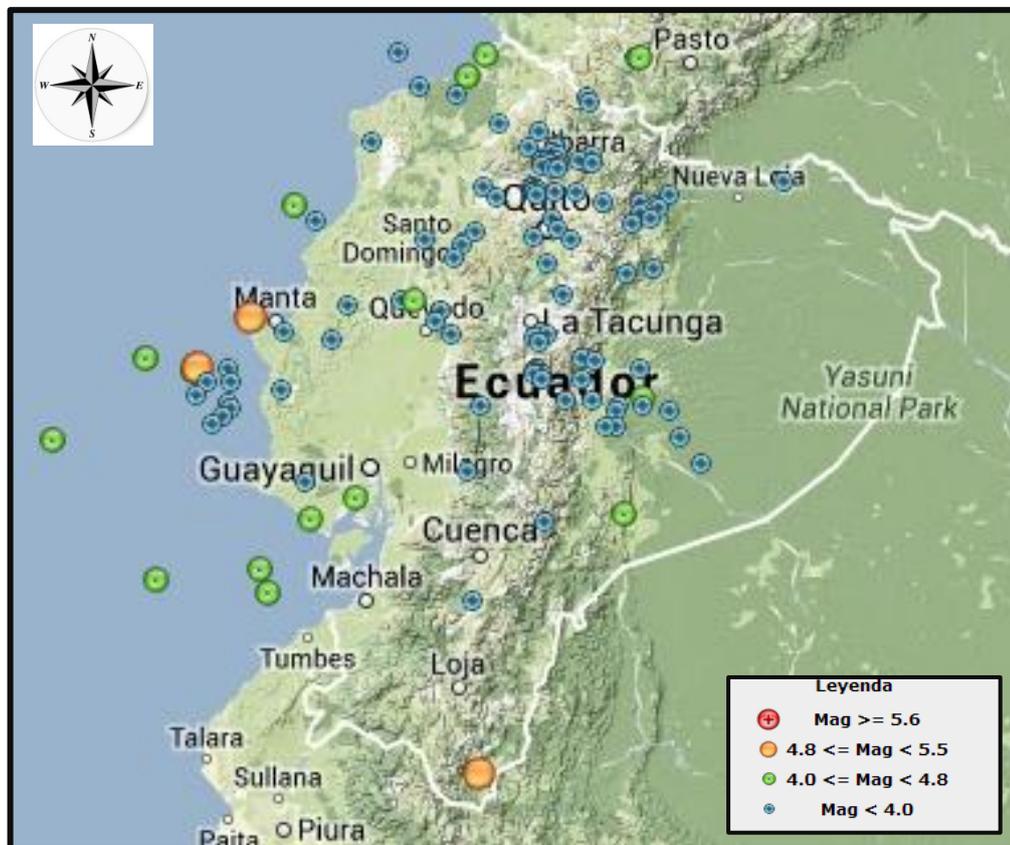
USGS. (2015). *United States Geological Survey*. Recuperado el 2015, de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/>

Villareal, G. (2008). *Ingeniería sísmo resistente*. Lima, Perú.

2. ANEXOS:

ANEXO A. Mapa de sismicidad del Ecuador 2013

Imagen 20. Sismicidad del Ecuador, año 2013



Fuente: Instituto Geofísico EPN.

ANEXO B. Registro fotográfico después del sismo ocurrido el 5 de agosto de 1949 en Tungurahua.

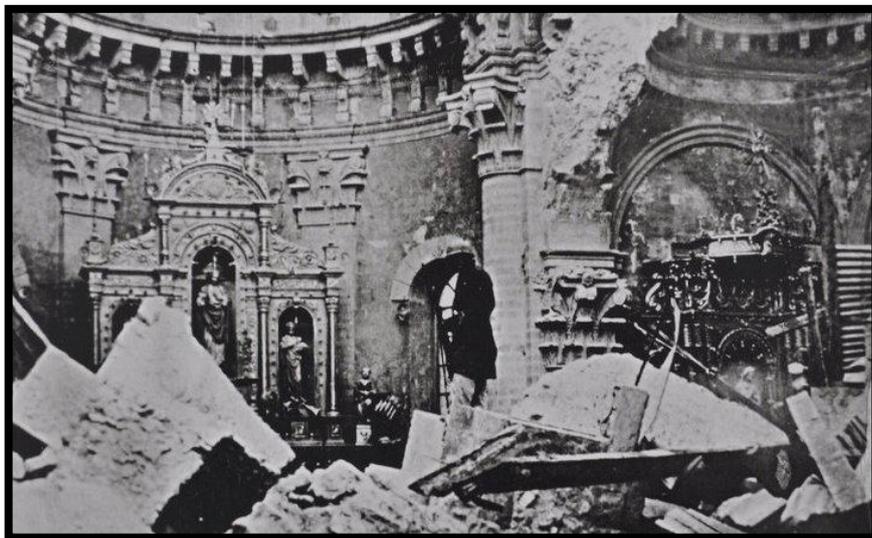
El mayor número de pérdidas humanas no se producen en si por el terremoto, sino por las estructuras que colapsan. Está en nuestras manos tomar conciencia de nuestro trabajo y aprender del pasado.

Foto 1. Fachada de la Iglesia La Matriz



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 2. Interior de la Iglesia La Matriz



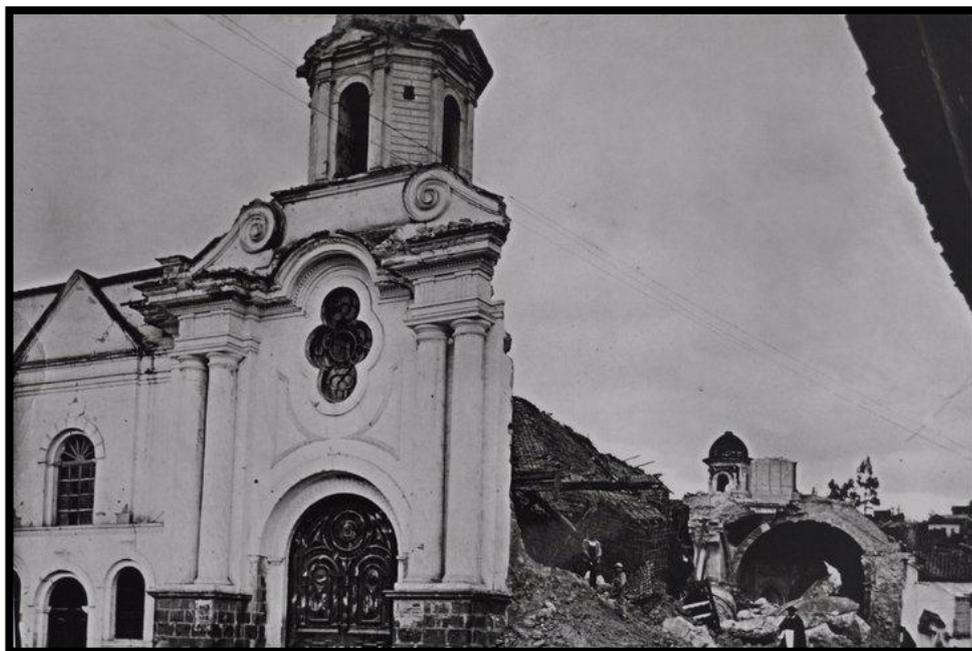
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 3. Cuerpos siendo rescatados al Interior de la Iglesia La Matriz



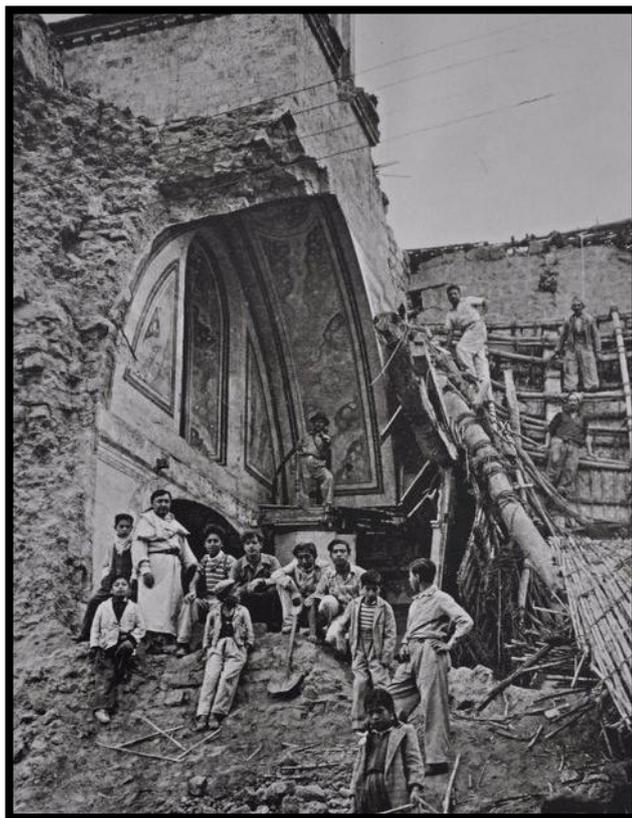
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 4. Fachada de la Iglesia de Santo Domingo



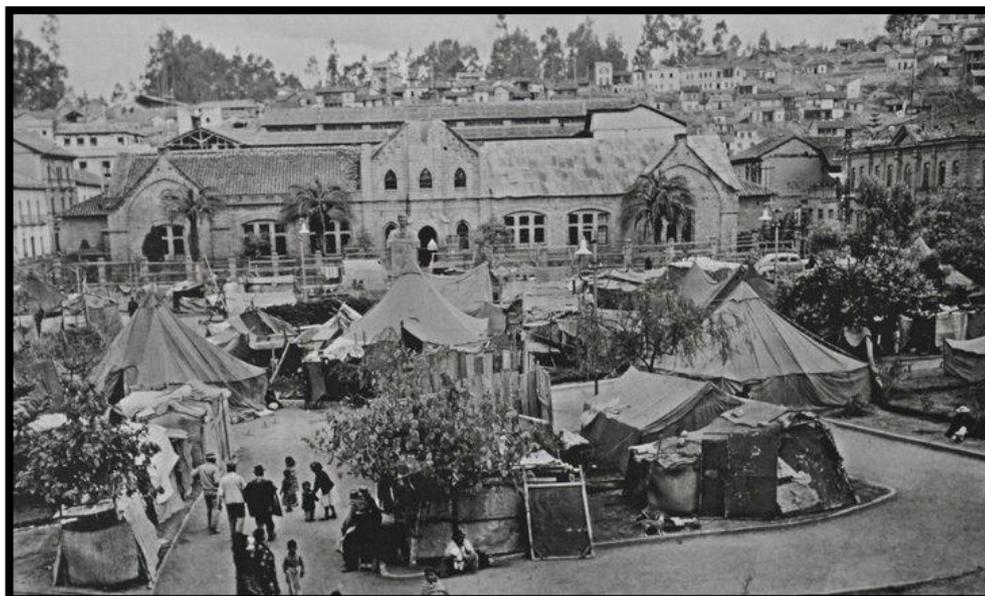
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 5. Escombros de la Iglesia de Santo Domingo



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 6. Al fondo Iglesia de la Providencia, con su torre destruida, más adelante carpas para damnificados ubicadas en el Parque Cevallos.



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 7. Colegio Nacional Bolivar



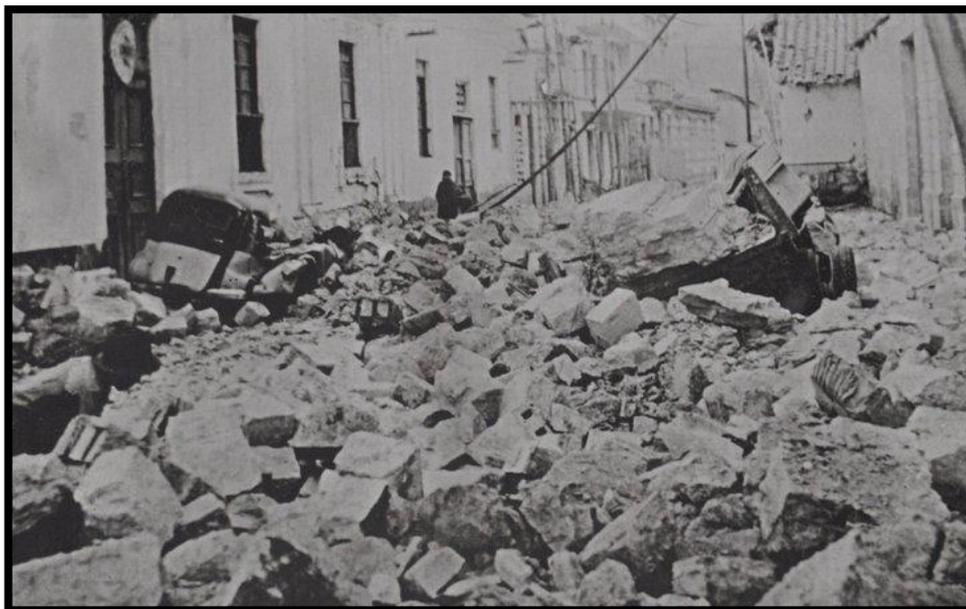
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 8. Mercado Municipal actual Mercado Central



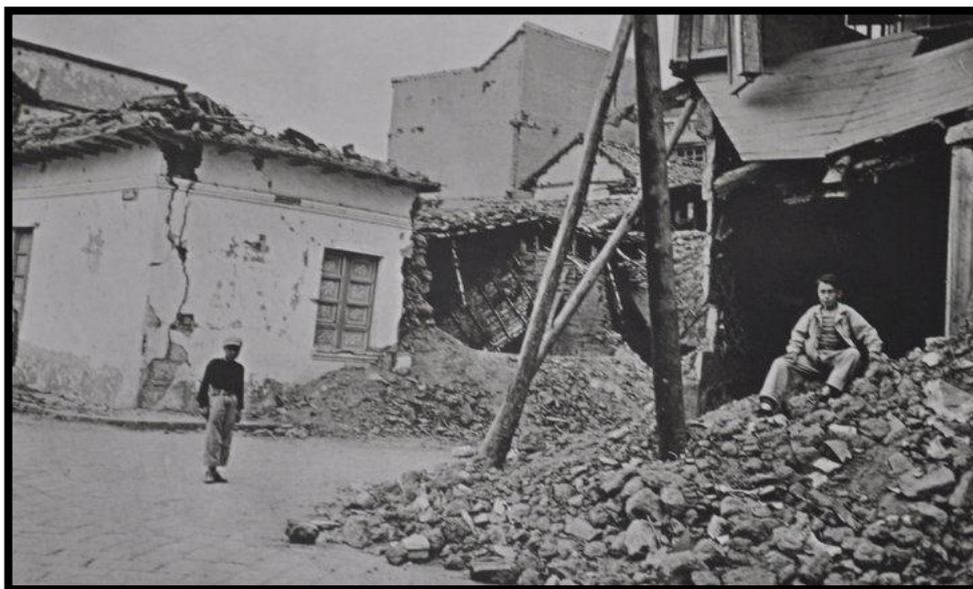
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 9. Calle Castillo entre Bolívar y Rocafuerte.



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 10. Calle Castillo y Juan Benigno Vela.



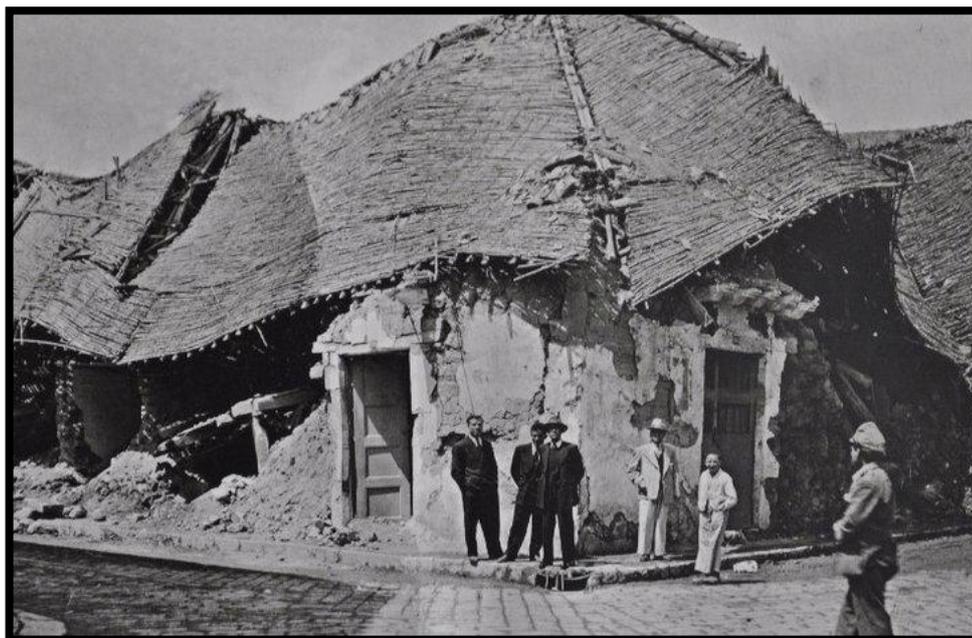
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 11. Calle Cevallos y Guayaquil, al fondo la Yahaira



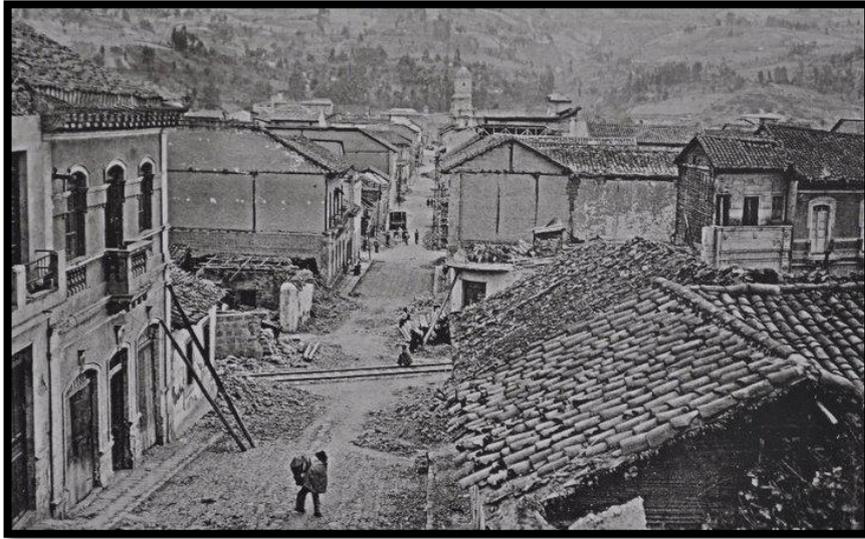
Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 12. Calle Bolívar y Martínez



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 13. Calle Montalvo, se observa el cruce ferroviario en la calle Olmedo



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 14. Calle Cevallos Entre Quito y Guayaquil. Escuela Luis A, Martínez



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 15. Escombros de la Iglesia de Pelileo



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

Foto 16. Ciudad de Pelileo destruida en un 95%



Fuente: Blog Ambato ayer y hoy.

ANEXO C. Tablas de siete espectros proporcionados por el (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014). Periodos se muestran en segundos, mientras que las aceleraciones en Gal.

Tabla 32. Espectro sismo 1.

P [s]	Estaciones							
	BELLA_E/N		CIRC_E/N		LILI_E/N		SANFR_E/N	
0	8,83374	10,9924	7,23369	8,53369	2,16569	2,05768	3,68263	7,7896
0,02	8,86252	11,0773	7,31991	8,63361	2,22096	2,0713	3,76251	7,79112
0,04	9,52289	12,6011	8,20431	9,74735	2,30059	2,16681	4,65251	8,06684
0,06	11,2272	20,159	9,9205	16,3203	3,42391	2,35222	8,17228	8,22106
0,08	21,5709	30,5189	13,7763	17,592	3,48578	3,01461	10,1794	8,90915
0,1	21,5887	28,213	17,5274	18,1031	3,51403	2,94959	11,1072	10,9764
0,12	30,6274	45,7866	31,4749	36,5635	4,0909	3,67534	15,0509	14,0319
0,14	21,7305	43,1805	39,0693	43,4938	4,4095	3,32808	11,5525	13,6201
0,16	13,7321	29,953	29,2594	21,9536	5,26226	3,49857	7,2569	16,7406
0,18	14,6998	17,0977	18,3185	20,8921	4,29284	4,35438	7,93754	27,086
0,2	18,3462	16,8098	25,897	20,4876	6,03849	5,59829	9,74728	25,6321
0,22	19,5822	16,2246	23,8551	18,9327	6,49895	4,75653	10,0105	32,8079
0,24	14,8573	11,007	22,6897	15,4962	7,90675	5,79018	7,89609	22,5224
0,26	9,53922	9,9443	20,2547	13,8413	8,40982	8,56183	6,12271	21,0513
0,28	7,95136	9,66924	18,5448	13,6135	8,1982	8,62183	6,77981	17,3257
0,3	7,88267	8,993	16,9108	13,2672	6,13162	7,57606	8,15023	16,1679
0,32	8,3856	7,02871	14,625	12,7516	5,7567	6,28973	9,36989	14,8507
0,34	7,50912	8,43641	13,9882	12,1252	4,67458	5,08273	7,8338	12,4832
0,36	5,91286	6,97052	9,64902	11,4914	3,67412	4,3444	9,85868	10,7361
0,38	4,85671	6,56455	8,46704	10,6256	3,67589	4,32365	8,74088	7,26908
0,4	4,71651	5,72631	7,49472	9,58654	4,317	4,67034	6,89541	5,70943
0,42	4,80575	4,72541	6,63498	8,61184	4,58669	4,17434	5,30772	4,87964
0,44	4,25101	4,84941	5,89394	8,44433	4,47889	3,64794	5,3867	4,94512
0,46	3,93398	4,7834	5,20271	8,32075	4,1027	3,02515	5,06791	4,21769
0,48	3,78974	4,76049	4,53433	8,25643	3,28648	2,38989	4,22908	3,95304
0,5	3,54176	4,49774	3,90944	7,78778	2,47986	1,91727	4,2586	3,31256
0,52	3,92644	4,09108	3,64875	7,13274	2,21446	1,75003	4,6843	2,58196
0,54	3,9599	3,82459	3,03257	6,3424	2,20123	1,66797	4,99136	2,14184
0,56	3,52132	3,64759	2,83729	5,88034	2,24617	1,64772	5,3313	1,99937
0,58	3,34953	3,1465	2,69941	5,4784	2,43258	1,69328	5,46242	1,87133
0,6	3,46989	2,64894	2,59495	5,1039	2,7527	1,70558	5,31501	1,68531
0,62	3,35603	2,34092	2,566	4,71343	2,80968	1,76947	4,94941	1,52161
0,64	2,85681	2,1206	2,71173	4,33695	2,70038	1,91616	4,4007	1,40641
0,66	2,35395	2,18985	2,60225	3,97632	2,64768	1,86811	3,83578	1,34985
0,68	1,9914	2,25012	2,30958	3,61408	2,47293	1,68658	3,49144	1,35829
0,7	1,86542	2,21032	2,25323	3,27982	2,27444	1,51718	3,2146	1,41017
0,72	1,97004	2,12484	2,09932	2,95739	2,10308	1,51224	2,90168	1,45461
0,74	1,93586	2,20645	1,90608	2,75639	1,95665	1,70561	2,58624	1,45304
0,76	1,928	1,91429	1,71488	2,60734	1,80975	1,77054	2,28626	1,40185
0,78	1,80959	1,50719	1,55838	2,45807	1,63907	1,65055	2,00579	1,31121
0,8	1,54569	1,33508	1,42902	2,30144	1,59691	1,47451	1,74429	1,18958
0,82	1,26775	1,19393	1,33913	2,14214	1,58223	1,34307	1,49367	1,05203

0,84	1,11854	1,15157	1,26451	1,98546	1,53573	1,2172	1,30211	0,91429
0,86	1,0639	1,05693	1,21917	1,84183	1,46346	1,07771	1,21297	0,79085
0,88	1,01966	0,93176	1,17443	1,81425	1,36923	0,99868	1,15391	0,71445
0,9	0,95591	0,86395	1,1304	1,84082	1,25869	0,93146	1,08976	0,67629
0,92	0,8915	0,89796	1,07925	1,81328	1,18946	0,94299	1,02309	0,62959
0,94	0,83787	0,98945	1,06061	1,76817	1,13638	0,96164	0,95311	0,58258
0,96	0,79705	1,05475	1,0405	1,68036	1,07728	0,95605	0,88042	0,54021
0,98	0,77509	1,08177	0,98429	1,55494	1,01344	0,96641	0,8275	0,50425
1	0,71511	1,06456	0,97806	1,40619	0,94779	0,96282	0,81316	0,48239
1,02	0,6608	1,00163	0,96204	1,28327	0,88598	0,93706	0,78037	0,46643
1,04	0,65065	0,90117	0,95932	1,27125	0,82648	0,89475	0,72719	0,45051
1,06	0,62807	0,83222	0,97473	1,25822	0,77055	0,84597	0,66543	0,43503
1,08	0,59662	0,83409	0,97708	1,18854	0,71856	0,81056	0,64693	0,42038
1,1	0,55468	0,80224	0,97012	1,07765	0,67044	0,78637	0,65776	0,40682
1,12	0,50542	0,74758	0,95276	1,01624	0,62693	0,75524	0,65262	0,39444
1,14	0,45245	0,68696	0,92423	0,97412	0,58671	0,71567	0,612	0,38323
1,16	0,39672	0,64584	0,88574	0,92425	0,54962	0,67099	0,58117	0,37312
1,18	0,38805	0,60151	0,85243	0,86896	0,5155	0,62205	0,56682	0,36404
1,2	0,37286	0,5802	0,82228	0,81004	0,48409	0,57062	0,54981	0,35591
1,22	0,35181	0,57676	0,78994	0,74934	0,45502	0,51914	0,53119	0,3486
1,24	0,33177	0,56407	0,75575	0,70325	0,42785	0,47007	0,5125	0,34192
1,26	0,32691	0,54621	0,72158	0,67454	0,40222	0,42958	0,49384	0,33564
1,28	0,32092	0,52298	0,68681	0,64735	0,38632	0,4096	0,47554	0,32951
1,3	0,31566	0,51449	0,67457	0,62202	0,3748	0,38832	0,45789	0,32331
1,32	0,30652	0,51295	0,65509	0,59861	0,36388	0,36593	0,4411	0,31686
1,34	0,29688	0,50273	0,61889	0,57682	0,35347	0,34286	0,42531	0,31003
1,36	0,28743	0,48172	0,56702	0,55617	0,3435	0,32036	0,41053	0,30276
1,38	0,27987	0,45008	0,51532	0,53618	0,33402	0,29843	0,39669	0,29504
1,4	0,27548	0,40929	0,50313	0,51656	0,32508	0,27731	0,38364	0,28695
1,42	0,26909	0,40576	0,49093	0,49723	0,31648	0,25729	0,37129	0,27864
1,44	0,25929	0,40082	0,47748	0,47836	0,30817	0,23853	0,35953	0,27027
1,46	0,25892	0,39203	0,46301	0,46019	0,30009	0,22416	0,3483	0,26204
1,48	0,25338	0,37933	0,44768	0,443	0,29219	0,21012	0,3375	0,25408
1,5	0,24258	0,3632	0,4317	0,43216	0,28441	0,19256	0,32702	0,24651
1,52	0,22761	0,34505	0,41534	0,4222	0,27672	0,1805	0,31674	0,2394
1,54	0,21024	0,32473	0,40249	0,4125	0,26926	0,17589	0,3066	0,23276
1,56	0,19789	0,31487	0,39115	0,40325	0,26185	0,17014	0,29665	0,22661
1,58	0,19362	0,30522	0,37715	0,39458	0,2545	0,16474	0,28678	0,22092
1,6	0,18733	0,29408	0,36118	0,38652	0,24723	0,15877	0,27701	0,21568
1,62	0,1795	0,28184	0,34382	0,37903	0,24288	0,15189	0,26741	0,21083
1,64	0,17069	0,26891	0,33241	0,37199	0,23842	0,14667	0,258	0,20635
1,66	0,1614	0,25585	0,32114	0,36525	0,23344	0,14181	0,24881	0,20219
1,68	0,15211	0,24278	0,30925	0,35874	0,22803	0,13852	0,23986	0,1983
1,7	0,14456	0,2299	0,29687	0,35225	0,22228	0,14085	0,23113	0,19463
1,72	0,13951	0,21741	0,2841	0,34567	0,21626	0,14027	0,22262	0,19114
1,74	0,13481	0,2055	0,2711	0,339	0,21003	0,14249	0,21431	0,18779
1,76	0,1318	0,19426	0,25801	0,33223	0,20364	0,14522	0,20622	0,18464
1,78	0,13053	0,18376	0,24691	0,32545	0,19713	0,14504	0,19832	0,18168
1,8	0,12873	0,17599	0,24193	0,31872	0,19053	0,14444	0,19063	0,17874
1,82	0,12632	0,16974	0,23689	0,31214	0,18388	0,14153	0,18795	0,17582

1,84	0,1233	0,1639	0,23184	0,3058	0,17724	0,13689	0,18535	0,17289
1,86	0,11974	0,15908	0,22683	0,29975	0,17064	0,13106	0,18191	0,16996
1,88	0,11572	0,15453	0,22268	0,29405	0,16406	0,12459	0,17763	0,167
1,9	0,11137	0,1546	0,21806	0,28871	0,15823	0,11786	0,17256	0,16404
1,92	0,10683	0,15684	0,21255	0,28371	0,15347	0,11186	0,16678	0,16106
1,94	0,10213	0,15828	0,20812	0,27903	0,14882	0,11	0,16041	0,15807
1,96	0,09855	0,15892	0,20387	0,27461	0,1443	0,10818	0,15571	0,15509
1,98	0,09671	0,15882	0,19978	0,2704	0,14098	0,10637	0,1527	0,15213
2	0,09492	0,15798	0,19719	0,26633	0,1388	0,10458	0,14973	0,14918
2,02	0,09318	0,15646	0,19468	0,26235	0,13662	0,10281	0,14681	0,14628
2,04	0,09148	0,15438	0,19217	0,2584	0,13445	0,10106	0,14393	0,14342
2,06	0,08982	0,15173	0,18964	0,25445	0,13229	0,09933	0,14112	0,14062
2,08	0,08827	0,14848	0,18708	0,25047	0,13014	0,09785	0,13838	0,13788
2,1	0,08681	0,1447	0,18446	0,24643	0,12801	0,09636	0,13572	0,13522
2,12	0,08538	0,14043	0,18176	0,24235	0,12591	0,09448	0,13313	0,13264
2,14	0,08397	0,13573	0,179	0,23823	0,12383	0,09265	0,13061	0,13013
2,16	0,0826	0,13068	0,17615	0,23409	0,12178	0,09105	0,12817	0,12771
2,18	0,08125	0,12535	0,17324	0,22995	0,12003	0,08949	0,12579	0,12537
2,2	0,07993	0,11985	0,17028	0,22584	0,12411	0,08797	0,12437	0,12311
2,22	0,07865	0,11426	0,16728	0,22179	0,12657	0,08648	0,12326	0,12094
2,24	0,07772	0,10868	0,16426	0,21783	0,12756	0,08504	0,122	0,11885
2,26	0,0769	0,10709	0,16124	0,21399	0,12684	0,08363	0,12059	0,11683
2,28	0,07609	0,10602	0,15825	0,21029	0,12458	0,08226	0,11905	0,11489
2,3	0,07528	0,10497	0,1553	0,20674	0,12098	0,08094	0,11741	0,11303
2,32	0,07445	0,10394	0,1524	0,20336	0,11609	0,07965	0,11567	0,11125
2,34	0,07361	0,1029	0,14957	0,20016	0,11022	0,07839	0,11385	0,10954
2,36	0,07274	0,10187	0,14683	0,19713	0,10362	0,07717	0,11197	0,1079
2,38	0,07185	0,10083	0,14416	0,19427	0,10206	0,07599	0,11005	0,10633
2,4	0,07095	0,09979	0,14159	0,19158	0,10054	0,07483	0,10809	0,10483
2,42	0,07001	0,09875	0,1391	0,18903	0,09907	0,0737	0,10611	0,1034
2,44	0,06904	0,0977	0,13669	0,18662	0,09764	0,0726	0,10411	0,10203
2,46	0,06805	0,09665	0,13436	0,18433	0,09625	0,07152	0,1021	0,10072
2,48	0,06703	0,09561	0,1321	0,18214	0,09489	0,07046	0,10009	0,09947
2,5	0,06598	0,09457	0,12991	0,18003	0,09357	0,06943	0,09808	0,09828
2,52	0,06492	0,09354	0,12777	0,17798	0,09297	0,06841	0,09607	0,09714
2,54	0,06384	0,09252	0,12568	0,17599	0,09312	0,06741	0,09407	0,09605
2,56	0,06274	0,09151	0,12362	0,17402	0,09305	0,06642	0,09209	0,095
2,58	0,06163	0,09051	0,1216	0,17208	0,09278	0,06544	0,09013	0,09399
2,6	0,06056	0,08952	0,1196	0,17014	0,09237	0,06448	0,08818	0,09302
2,62	0,05987	0,08854	0,11762	0,1682	0,0918	0,06354	0,08627	0,09208
2,64	0,05919	0,08758	0,11566	0,16625	0,09106	0,06264	0,08494	0,09117
2,66	0,05852	0,08662	0,11372	0,16428	0,09017	0,06176	0,08365	0,09029
2,68	0,05787	0,08568	0,11178	0,1623	0,08913	0,06088	0,08238	0,08943
2,7	0,05732	0,08474	0,10986	0,16029	0,08796	0,05999	0,08115	0,0886
2,72	0,05679	0,0838	0,10795	0,15827	0,08667	0,05909	0,07994	0,08778
2,74	0,05626	0,08287	0,10606	0,15624	0,08528	0,05819	0,07876	0,08698
2,76	0,05572	0,08195	0,10419	0,15419	0,08378	0,05728	0,07761	0,08619
2,78	0,05517	0,08103	0,10233	0,15213	0,08219	0,05639	0,07649	0,08542
2,8	0,05462	0,08011	0,10051	0,15007	0,08053	0,05555	0,07539	0,08466
2,82	0,05407	0,07919	0,0987	0,14801	0,0788	0,05473	0,07434	0,08391

2,84	0,05351	0,07827	0,09693	0,14597	0,07701	0,05392	0,07331	0,08318
2,86	0,05294	0,07735	0,0952	0,14394	0,07517	0,05312	0,07231	0,08245
2,88	0,05237	0,07643	0,0935	0,14193	0,07368	0,05233	0,07135	0,08174
2,9	0,05179	0,07552	0,09184	0,13995	0,07285	0,05156	0,07041	0,08103
2,92	0,05121	0,07461	0,09023	0,138	0,07203	0,05081	0,06951	0,08034
2,94	0,05063	0,0737	0,08866	0,13609	0,07123	0,05007	0,06864	0,07966
2,96	0,05004	0,0728	0,08714	0,13423	0,07045	0,04934	0,0678	0,07898
2,98	0,04946	0,0719	0,08566	0,13242	0,06968	0,04863	0,06698	0,07832
3	0,04898	0,07101	0,08424	0,13065	0,06894	0,04794	0,06619	0,07766
3,02	0,04851	0,07013	0,08286	0,12895	0,0682	0,04725	0,06543	0,07702
3,04	0,04805	0,06926	0,08153	0,1273	0,06748	0,04659	0,06468	0,07638
3,06	0,0476	0,0684	0,08025	0,1257	0,06678	0,04594	0,06396	0,07576
3,08	0,04715	0,06755	0,07902	0,12417	0,06609	0,0453	0,06326	0,07514
3,1	0,04671	0,06672	0,07783	0,1227	0,06541	0,04468	0,06257	0,07456
3,12	0,04629	0,0659	0,07668	0,12129	0,06475	0,04407	0,06189	0,07402
3,14	0,04587	0,0651	0,07558	0,11993	0,0641	0,04348	0,06123	0,07349
3,16	0,04546	0,06431	0,07451	0,11863	0,06347	0,04291	0,06058	0,07296
3,18	0,04505	0,06355	0,07349	0,11739	0,06284	0,04236	0,05994	0,07244
3,2	0,04466	0,06279	0,07249	0,1162	0,06223	0,04181	0,05931	0,07193
3,22	0,04427	0,06206	0,07178	0,11506	0,06163	0,04128	0,05868	0,07143
3,24	0,04388	0,06134	0,07111	0,11397	0,06104	0,04076	0,05806	0,07093
3,26	0,04354	0,06064	0,07046	0,11293	0,06046	0,04025	0,05745	0,07043
3,28	0,04327	0,05996	0,06983	0,11192	0,05989	0,03975	0,05684	0,06994
3,3	0,04301	0,0593	0,06923	0,11096	0,05933	0,03927	0,05624	0,06946
3,32	0,04275	0,05865	0,06864	0,11003	0,05878	0,03879	0,05564	0,06898
3,34	0,04249	0,05801	0,06807	0,10914	0,05825	0,03832	0,05504	0,06851
3,36	0,04224	0,0574	0,06751	0,10827	0,05772	0,03787	0,05445	0,06804
3,38	0,042	0,05679	0,06697	0,10743	0,05753	0,03742	0,05387	0,06757
3,4	0,04175	0,0562	0,06644	0,10662	0,05761	0,03698	0,05329	0,06711
3,42	0,04152	0,05563	0,06593	0,10582	0,05753	0,03655	0,05272	0,06666
3,44	0,04128	0,05507	0,06542	0,10504	0,0573	0,03613	0,05215	0,0662
3,46	0,04105	0,05451	0,06493	0,10428	0,05693	0,03572	0,05159	0,06575
3,48	0,04082	0,05397	0,06444	0,10353	0,05641	0,03531	0,05104	0,06531
3,5	0,0406	0,05344	0,06396	0,10279	0,05578	0,03492	0,05049	0,06486
3,52	0,04038	0,05292	0,06348	0,10205	0,05502	0,03452	0,04996	0,06443
3,54	0,04016	0,05241	0,06302	0,10133	0,05416	0,03414	0,04943	0,06399
3,56	0,03994	0,0519	0,06255	0,1006	0,05321	0,03376	0,04891	0,06356
3,58	0,03973	0,0514	0,06209	0,09988	0,0524	0,03339	0,0484	0,06313
3,6	0,03952	0,05091	0,06163	0,09916	0,05195	0,03332	0,04791	0,0627
3,62	0,03931	0,05042	0,06118	0,09844	0,05151	0,03323	0,04742	0,06228
3,64	0,0391	0,04994	0,06072	0,09772	0,05107	0,0331	0,04694	0,06186
3,66	0,0389	0,04947	0,06027	0,09701	0,05064	0,03293	0,04649	0,06144
3,68	0,0387	0,049	0,05982	0,0963	0,05021	0,03273	0,04605	0,06103
3,7	0,0385	0,04853	0,05937	0,0956	0,04978	0,0325	0,04562	0,06062
3,72	0,0383	0,04808	0,05892	0,09489	0,04936	0,03224	0,04519	0,06021
3,74	0,0381	0,04777	0,05848	0,09418	0,04895	0,03195	0,04478	0,05981
3,76	0,0379	0,04745	0,05803	0,09346	0,04854	0,03162	0,04439	0,05941
3,78	0,03771	0,04714	0,05758	0,09274	0,04813	0,03126	0,044	0,05901
3,8	0,03752	0,04682	0,05714	0,09201	0,04773	0,03088	0,04362	0,05862
3,82	0,03733	0,04651	0,05669	0,09128	0,04733	0,03046	0,04325	0,05823

3,84	0,03714	0,0462	0,05624	0,09054	0,04693	0,03003	0,04289	0,05784
3,86	0,03695	0,04589	0,0558	0,0898	0,04654	0,02957	0,04253	0,05746
3,88	0,03676	0,04559	0,05536	0,08905	0,04615	0,02909	0,04219	0,05708
3,9	0,03657	0,04528	0,05491	0,08831	0,04577	0,02859	0,04185	0,0567
3,92	0,03638	0,04498	0,05447	0,08756	0,04539	0,02808	0,04153	0,05633
3,94	0,0362	0,04468	0,05403	0,08681	0,04501	0,02777	0,04121	0,05596
3,96	0,03601	0,04437	0,05359	0,08606	0,04464	0,02757	0,04089	0,05559
3,98	0,03582	0,04407	0,05316	0,08531	0,04427	0,02738	0,04059	0,05523
4	0,03564	0,04378	0,05272	0,08455	0,04391	0,02718	0,04028	0,05487
4,02	0,03546	0,04348	0,05229	0,0838	0,04355	0,02699	0,03999	0,05451
4,04	0,03527	0,04318	0,05186	0,08305	0,04319	0,02679	0,0397	0,05416
4,06	0,03509	0,04289	0,05144	0,08231	0,04284	0,0266	0,03941	0,05381
4,08	0,03491	0,0426	0,05102	0,08156	0,04249	0,02641	0,03913	0,05346
4,1	0,03473	0,04231	0,0506	0,08082	0,04214	0,02621	0,03885	0,05311
4,12	0,03454	0,04203	0,05018	0,08008	0,0418	0,02602	0,03857	0,05277
4,14	0,03436	0,04174	0,04977	0,07935	0,04146	0,02583	0,0383	0,05243
4,16	0,03418	0,04146	0,04936	0,07862	0,04112	0,02565	0,03803	0,0521
4,18	0,034	0,04118	0,04896	0,0779	0,04079	0,02546	0,03777	0,05177
4,2	0,03382	0,0409	0,04856	0,07718	0,04046	0,02528	0,0375	0,05144
4,22	0,03364	0,04063	0,04817	0,07647	0,04014	0,0251	0,03724	0,05111
4,24	0,03346	0,04036	0,04778	0,07577	0,03981	0,02491	0,03698	0,05079
4,26	0,03328	0,04009	0,0474	0,07508	0,0395	0,02473	0,03672	0,05047
4,28	0,0331	0,03982	0,04702	0,07439	0,03918	0,02455	0,03647	0,05015
4,3	0,03293	0,03956	0,04665	0,07371	0,03887	0,02437	0,03621	0,04984
4,32	0,03275	0,0393	0,04628	0,07304	0,03856	0,02419	0,03596	0,04953
4,34	0,03257	0,03905	0,04592	0,07238	0,03826	0,02401	0,0357	0,04922
4,36	0,03239	0,03879	0,04557	0,07173	0,03796	0,02383	0,03545	0,04891
4,38	0,03223	0,03854	0,04522	0,07109	0,03766	0,02365	0,0352	0,04861
4,4	0,03206	0,0383	0,04487	0,07046	0,03737	0,02347	0,03495	0,0483
4,42	0,0319	0,03806	0,04453	0,06984	0,03707	0,02329	0,03471	0,04801
4,44	0,03174	0,03782	0,0442	0,06923	0,03679	0,02312	0,03446	0,04771
4,46	0,03158	0,03758	0,04388	0,06863	0,0365	0,02294	0,03421	0,04742
4,48	0,03142	0,03735	0,04356	0,06804	0,03622	0,02277	0,03397	0,04713
4,5	0,03126	0,03713	0,04324	0,06746	0,03594	0,0226	0,03373	0,04684
4,52	0,0311	0,0369	0,04294	0,06689	0,03567	0,02243	0,03348	0,04655
4,54	0,03095	0,03668	0,04263	0,06634	0,0354	0,02225	0,03324	0,04627
4,56	0,03079	0,03647	0,04234	0,06579	0,03513	0,02209	0,033	0,04599
4,58	0,03063	0,03626	0,04205	0,06526	0,03487	0,02192	0,03277	0,04571
4,6	0,03048	0,03605	0,04176	0,06473	0,0346	0,02175	0,03253	0,04544
4,62	0,03032	0,03584	0,04148	0,06422	0,03435	0,02158	0,0323	0,04516
4,64	0,03017	0,03564	0,04121	0,06371	0,03409	0,02142	0,03206	0,04489
4,66	0,03001	0,03544	0,04094	0,06322	0,03384	0,02126	0,03183	0,04462
4,68	0,02986	0,03525	0,0407	0,06274	0,03359	0,02109	0,0316	0,04436
4,7	0,02971	0,03506	0,04046	0,06227	0,03334	0,02093	0,03137	0,0441
4,72	0,02956	0,03487	0,04023	0,0618	0,0331	0,02077	0,03115	0,04384
4,74	0,0294	0,03469	0,04	0,06135	0,03286	0,02062	0,03092	0,04358
4,76	0,02926	0,03451	0,03978	0,06091	0,03263	0,02046	0,0307	0,04332
4,78	0,02911	0,03434	0,03956	0,06048	0,0324	0,02031	0,03048	0,04307
4,8	0,02896	0,03416	0,03935	0,06006	0,03217	0,02015	0,03027	0,04282
4,82	0,02881	0,03399	0,03914	0,05964	0,03195	0,02	0,03005	0,04257

4,84	0,02867	0,03383	0,03894	0,05924	0,03172	0,01985	0,02984	0,04232
4,86	0,02852	0,03366	0,03874	0,05885	0,03151	0,0197	0,02963	0,04208
4,88	0,02838	0,0335	0,03855	0,05846	0,03129	0,01955	0,02942	0,04184
4,9	0,02824	0,03335	0,03836	0,05808	0,03107	0,01941	0,02922	0,0416
4,92	0,0281	0,03319	0,03817	0,05771	0,03086	0,01926	0,02902	0,04136
4,94	0,02796	0,03304	0,03799	0,05735	0,03065	0,01912	0,02882	0,04113
4,96	0,02782	0,03289	0,03781	0,057	0,03045	0,01898	0,02862	0,0409
4,98	0,02768	0,03274	0,03763	0,05666	0,03024	0,01884	0,02842	0,04067
5	0,02755	0,0326	0,03746	0,05632	0,03004	0,0187	0,02823	0,04044

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 33. Espectro sismo 2.

P [s]	Estaciones									
	BELLA_E/N		CIRC_E/N		LILI_E/N		PRAM_E/N		VILL_E/N	
0	23,95	22,84	63,24	42,35	14,75	12,17	30,33	24,63	16,94	12,89
0,02	24,08	23,51	63,43	42,44	14,85	12,3	31,45	25	17,24	13,09
0,04	26,27	25,55	66,88	46,08	15,9	13,13	39,83	26,69	18,05	13,67
0,06	27,63	35,75	74,15	60,42	20,39	15,09	72,04	45,15	20,21	14,79
0,08	47,35	52,3	102,1	101,3	19,86	18,56	75,58	51,4	24,31	17,25
0,1	79,41	92,86	133	84,75	27,38	29,5	88,57	61,95	26,51	21,4
0,12	56,24	63,38	201,1	98,09	28,23	41,48	167,1	113,8	35,23	28,21
0,14	47,94	88,16	193,9	162,1	42,08	38,48	144,8	84,32	41,37	38,59
0,16	61,52	79,33	187,9	125	44,07	37,06	92,14	99,93	38,93	38,77
0,18	51,62	65,52	188,7	114,5	45,16	25,04	69,32	82,11	43,8	38,46
0,2	43,65	51,24	154,9	94,09	40,37	34,36	65,98	63,84	64,09	46,07
0,22	42,26	50,39	117	87,3	51,69	31,61	56,34	56,6	78,11	52,43
0,24	42,03	39,23	89,63	77,11	57,64	49,56	70,37	51,1	97,69	43,96
0,26	34	33,69	73,36	53,15	74,16	49,81	68,39	56,86	52,64	41,79
0,28	33,3	35,86	68,71	51,59	75,18	42,52	40,47	47,41	41,78	49,93
0,3	27,36	31,77	69,84	40,18	64,52	29,05	28,27	38,15	37,65	36,75
0,32	28,17	25,73	72,82	31,85	51,45	30,76	27,27	32,69	40,52	35,49
0,34	32,9	25,32	74,74	32,59	38,48	30,44	28,35	26,44	42,28	29,59
0,36	30,24	29,87	76,79	34,57	30,29	29,77	28,58	25,58	31,8	26,49
0,38	30,18	27,66	76,54	35,31	23,88	24,47	24,01	20,97	23,82	30,51
0,4	27,73	23,71	74,22	29,93	20,14	19,5	20,75	19,1	22,32	33,2
0,42	28,09	20,26	69,37	26,76	16,71	19,82	16,26	17,79	23,78	30,19
0,44	23,73	23,78	63,6	23,13	13,21	18,58	18,03	14,34	24,38	29,63
0,46	22,16	27,87	60,78	23,01	11,05	16	18,3	13,46	23,81	30,57
0,48	24,07	29,27	57,37	22,19	11,17	16	17,56	13,67	18,9	30
0,5	24,94	28,84	53,33	20,96	11,02	13,09	14,95	12,45	18,8	27,76
0,52	27,69	27,92	49,44	19,76	10,31	13,13	15,42	11,94	20,34	23,91
0,54	27,91	26,98	45,43	18,51	11,02	12,12	14,4	11,72	22,86	19,58
0,56	29,79	24,76	41,83	17,4	9,708	10,43	12,85	11,51	22,09	16,38
0,58	25,42	21,33	38,19	16,17	8,068	10,24	10,76	10,19	22,18	13,94
0,6	22,26	18,46	34,55	14,81	7,948	10	9,681	8,896	19,49	12,49
0,62	20,28	17,39	31,03	13,49	7,716	9,412	9,386	7,832	15,74	11,11
0,64	16,97	17,22	27,48	12,17	7,36	8,397	9,299	7,307	13,24	9,967
0,66	18,93	17,02	24,17	12	6,815	7,186	9,072	7,885	10,82	9,074

0,68	21,07	15,02	21,13	13,16	6,135	6,007	8,313	8,537	9,201	7,713
0,7	21,25	12,67	18,82	13,14	5,348	5,32	7,648	8,679	8,396	6,281
0,72	19,83	11,85	16,77	11,86	4,603	4,979	7,259	8,055	7,992	5,974
0,74	17,53	10,89	15,58	10,21	4,489	4,817	6,678	7,676	7,609	6,398
0,76	15,09	10,15	14,88	8,711	4,27	4,429	6,078	6,967	7,085	6,461
0,78	13,04	9,267	14,22	8,152	4,022	4,1	5,723	6,019	6,506	6,122
0,8	11,61	8,928	13,62	7,988	3,766	3,596	5,331	5,574	6,476	5,838
0,82	11,11	9,575	13,09	7,394	3,524	3,046	5,23	4,917	5,861	5,598
0,84	10,96	10,44	12,63	7,416	3,415	3,055	5,335	4,383	5,124	5,15
0,86	10,95	11,18	12,21	6,766	3,264	3,095	5,25	4,569	4,699	4,658
0,88	10,86	11,73	11,81	5,601	3,061	2,937	5,01	4,559	4,21	4,218
0,9	10,55	11,94	11,41	4,995	2,837	2,644	4,704	4,212	3,696	3,897
0,92	9,988	11,73	11,01	4,759	2,616	2,55	4,641	3,84	3,383	3,695
0,94	9,684	11,16	10,62	4,525	2,461	2,644	4,649	3,799	3,121	4,038
0,96	9,577	10,72	10,22	4,295	2,32	2,595	4,625	3,621	3,047	4,406
0,98	8,987	10,04	9,824	4,072	2,188	2,413	4,555	3,439	2,957	4,593
1	8,015	9,037	9,434	3,862	2,102	2,152	4,447	3,313	2,844	4,573
1,02	6,962	7,916	9,052	3,66	1,946	1,884	4,309	3,016	2,7	4,362
1,04	6,407	6,893	8,68	3,466	1,836	1,804	4,149	2,588	2,588	3,973
1,06	6,068	5,93	8,327	3,282	1,733	1,769	3,986	2,363	2,57	3,731
1,08	5,621	5,124	7,988	3,134	1,636	1,714	3,813	2,21	2,532	3,507
1,1	5,095	4,708	7,661	3,004	1,636	1,626	3,635	2,046	2,474	3,236
1,12	4,761	4,286	7,346	2,877	1,72	1,583	3,456	2,043	2,414	2,933
1,14	4,781	3,887	7,043	2,755	1,751	1,625	3,281	2,043	2,407	2,603
1,16	4,82	3,531	6,754	2,641	1,708	1,704	3,111	2,024	2,338	2,649
1,18	4,705	3,233	6,478	2,621	1,61	1,736	2,948	1,972	2,213	2,61
1,2	4,429	3,032	6,215	2,54	1,497	1,746	2,794	1,869	2,049	2,538
1,22	4,016	2,858	5,966	2,397	1,403	1,769	2,648	1,794	1,962	2,538
1,24	4,035	2,685	5,729	2,232	1,343	1,751	2,512	1,835	1,902	2,65
1,26	4,064	2,588	5,506	2,142	1,306	1,688	2,384	1,965	1,832	2,739
1,28	3,973	2,514	5,295	2,058	1,271	1,587	2,264	1,999	1,754	2,78
1,3	3,793	2,449	5,096	1,978	1,214	1,527	2,152	1,978	1,672	2,759
1,32	3,54	2,385	4,91	1,913	1,173	1,454	2,046	1,969	1,59	2,685
1,34	3,242	2,315	4,734	1,858	1,171	1,326	1,946	1,91	1,507	2,58
1,36	2,925	2,236	4,57	1,804	1,132	1,179	1,852	1,821	1,427	2,465
1,38	2,662	2,146	4,415	1,753	1,051	1,055	1,762	1,734	1,351	2,367
1,4	2,556	2,045	4,271	1,704	0,945	0,96	1,677	1,667	1,361	2,367
1,42	2,43	1,936	4,134	1,657	0,89	0,875	1,595	1,624	1,399	2,345
1,44	2,295	1,822	4,007	1,612	0,854	0,803	1,517	1,601	1,446	2,283
1,46	2,149	1,704	3,886	1,57	0,853	0,814	1,443	1,583	1,488	2,166
1,48	1,996	1,587	3,772	1,529	0,87	0,842	1,373	1,558	1,476	2,065
1,5	1,985	1,567	3,665	1,49	0,871	0,878	1,339	1,514	1,48	1,955
1,52	2,018	1,55	3,563	1,453	0,857	0,912	1,307	1,444	1,46	1,799
1,54	2,041	1,525	3,466	1,417	0,831	0,937	1,275	1,351	1,406	1,616
1,56	2,052	1,491	3,374	1,383	0,795	0,949	1,244	1,238	1,331	1,433
1,58	2,051	1,451	3,286	1,35	0,845	0,948	1,214	1,115	1,247	1,358
1,6	2,039	1,405	3,202	1,319	0,875	0,935	1,185	1,063	1,163	1,322
1,62	2,016	1,354	3,121	1,29	0,873	0,912	1,156	1,062	1,14	1,286
1,64	1,982	1,313	3,044	1,262	0,838	0,885	1,128	1,047	1,129	1,247
1,66	1,939	1,303	2,969	1,235	0,777	0,863	1,1	1,019	1,128	1,204

1,68	1,89	1,285	2,897	1,209	0,759	0,838	1,074	0,985	1,138	1,16
1,7	1,834	1,261	2,827	1,184	0,747	0,813	1,047	0,948	1,155	1,115
1,72	1,772	1,231	2,76	1,16	0,723	0,79	1,021	0,91	1,177	1,072
1,74	1,704	1,194	2,695	1,137	0,696	0,798	0,996	0,874	1,195	1,04
1,76	1,647	1,151	2,632	1,115	0,684	0,807	0,971	0,842	1,204	1,035
1,78	1,636	1,104	2,57	1,093	0,671	0,804	0,947	0,814	1,194	1,02
1,8	1,609	1,054	2,511	1,073	0,659	0,788	0,923	0,79	1,161	0,996
1,82	1,569	1,001	2,453	1,053	0,646	0,759	0,901	0,768	1,101	0,967
1,84	1,518	0,948	2,398	1,035	0,634	0,719	0,879	0,747	1,063	0,934
1,86	1,458	0,893	2,343	1,016	0,621	0,692	0,857	0,725	1,073	0,898
1,88	1,389	0,857	2,291	0,999	0,609	0,687	0,836	0,701	1,072	0,861
1,9	1,314	0,836	2,239	0,982	0,596	0,677	0,816	0,675	1,072	0,825
1,92	1,234	0,813	2,19	0,966	0,584	0,663	0,796	0,647	1,093	0,791
1,94	1,154	0,787	2,141	0,95	0,571	0,645	0,777	0,617	1,109	0,758
1,96	1,146	0,782	2,095	0,934	0,559	0,625	0,758	0,584	1,121	0,737
1,98	1,135	0,788	2,049	0,919	0,547	0,603	0,74	0,55	1,129	0,724
2	1,121	0,792	2,006	0,905	0,535	0,579	0,722	0,516	1,132	0,711
2,02	1,106	0,795	1,963	0,89	0,523	0,555	0,706	0,492	1,13	0,7
2,04	1,088	0,796	1,922	0,876	0,511	0,534	0,689	0,478	1,123	0,689
2,06	1,068	0,796	1,883	0,862	0,5	0,525	0,674	0,464	1,112	0,679
2,08	1,047	0,795	1,844	0,849	0,488	0,514	0,659	0,451	1,096	0,669
2,1	1,025	0,792	1,807	0,836	0,477	0,5	0,644	0,438	1,078	0,659
2,12	1,002	0,788	1,771	0,823	0,465	0,483	0,63	0,425	1,055	0,648
2,14	0,979	0,782	1,735	0,811	0,454	0,465	0,616	0,413	1,029	0,638
2,16	0,954	0,776	1,701	0,799	0,443	0,447	0,603	0,401	1	0,627
2,18	0,93	0,768	1,668	0,787	0,433	0,443	0,59	0,389	0,968	0,615
2,2	0,906	0,759	1,636	0,775	0,422	0,439	0,578	0,378	0,934	0,604
2,22	0,881	0,749	1,605	0,764	0,412	0,434	0,566	0,374	0,898	0,592
2,24	0,857	0,738	1,575	0,753	0,402	0,429	0,555	0,371	0,86	0,579
2,26	0,833	0,726	1,546	0,743	0,392	0,422	0,547	0,368	0,821	0,566
2,28	0,81	0,714	1,517	0,732	0,383	0,415	0,539	0,365	0,782	0,553
2,3	0,786	0,701	1,49	0,722	0,373	0,407	0,532	0,363	0,742	0,54
2,32	0,763	0,688	1,463	0,712	0,369	0,397	0,524	0,36	0,702	0,527
2,34	0,741	0,674	1,437	0,702	0,364	0,386	0,516	0,357	0,669	0,513
2,36	0,719	0,661	1,412	0,693	0,36	0,374	0,509	0,354	0,665	0,499
2,38	0,697	0,647	1,387	0,683	0,355	0,37	0,502	0,351	0,658	0,485
2,4	0,676	0,633	1,363	0,674	0,351	0,368	0,495	0,348	0,649	0,471
2,42	0,655	0,618	1,34	0,665	0,346	0,365	0,488	0,345	0,637	0,457
2,44	0,635	0,604	1,318	0,656	0,342	0,362	0,481	0,342	0,622	0,443
2,46	0,616	0,59	1,296	0,647	0,343	0,359	0,474	0,338	0,606	0,43
2,48	0,596	0,576	1,275	0,639	0,348	0,356	0,468	0,335	0,589	0,416
2,5	0,578	0,563	1,254	0,63	0,352	0,352	0,461	0,332	0,571	0,406
2,52	0,56	0,549	1,234	0,622	0,354	0,348	0,455	0,329	0,567	0,402
2,54	0,544	0,536	1,214	0,614	0,356	0,344	0,449	0,326	0,566	0,397
2,56	0,543	0,523	1,195	0,606	0,357	0,34	0,442	0,323	0,564	0,392
2,58	0,541	0,511	1,177	0,598	0,357	0,336	0,436	0,32	0,562	0,387
2,6	0,538	0,498	1,158	0,591	0,357	0,331	0,43	0,317	0,559	0,381
2,62	0,536	0,486	1,141	0,583	0,355	0,327	0,424	0,314	0,557	0,374
2,64	0,532	0,475	1,124	0,576	0,353	0,322	0,418	0,311	0,554	0,368
2,66	0,528	0,463	1,107	0,569	0,35	0,317	0,412	0,308	0,551	0,361

2,68	0,524	0,452	1,091	0,562	0,347	0,312	0,407	0,305	0,548	0,354
2,7	0,519	0,442	1,075	0,556	0,343	0,307	0,401	0,302	0,544	0,346
2,72	0,514	0,432	1,06	0,55	0,338	0,302	0,396	0,299	0,541	0,339
2,74	0,509	0,422	1,044	0,544	0,333	0,297	0,39	0,296	0,537	0,334
2,76	0,503	0,412	1,03	0,538	0,327	0,292	0,385	0,294	0,533	0,332
2,78	0,497	0,403	1,015	0,532	0,321	0,287	0,38	0,291	0,529	0,329
2,8	0,491	0,395	1,001	0,527	0,315	0,281	0,375	0,288	0,525	0,326
2,82	0,484	0,386	0,988	0,521	0,308	0,276	0,371	0,285	0,521	0,322
2,84	0,478	0,381	0,974	0,516	0,301	0,272	0,366	0,283	0,516	0,318
2,86	0,471	0,377	0,961	0,511	0,294	0,27	0,361	0,28	0,512	0,313
2,88	0,464	0,374	0,949	0,505	0,287	0,268	0,357	0,277	0,507	0,308
2,9	0,456	0,37	0,936	0,5	0,279	0,266	0,352	0,274	0,503	0,305
2,92	0,449	0,367	0,924	0,495	0,272	0,264	0,348	0,272	0,498	0,303
2,94	0,442	0,363	0,912	0,491	0,264	0,262	0,344	0,269	0,493	0,301
2,96	0,434	0,36	0,901	0,486	0,26	0,26	0,339	0,266	0,488	0,299
2,98	0,428	0,356	0,889	0,481	0,258	0,258	0,335	0,264	0,484	0,297
3	0,424	0,352	0,878	0,476	0,255	0,256	0,331	0,261	0,479	0,294
3,02	0,42	0,348	0,867	0,472	0,252	0,254	0,327	0,259	0,474	0,292
3,04	0,415	0,344	0,856	0,467	0,249	0,252	0,323	0,256	0,469	0,289
3,06	0,411	0,34	0,846	0,463	0,246	0,249	0,319	0,254	0,464	0,287
3,08	0,405	0,336	0,835	0,458	0,243	0,247	0,315	0,251	0,459	0,284
3,1	0,4	0,332	0,825	0,454	0,24	0,245	0,311	0,249	0,454	0,281
3,12	0,394	0,328	0,816	0,449	0,237	0,243	0,307	0,247	0,449	0,278
3,14	0,388	0,324	0,806	0,445	0,233	0,241	0,303	0,244	0,444	0,275
3,16	0,382	0,32	0,796	0,441	0,229	0,238	0,299	0,242	0,439	0,272
3,18	0,375	0,316	0,787	0,437	0,226	0,236	0,296	0,24	0,434	0,268
3,2	0,369	0,312	0,778	0,433	0,222	0,234	0,292	0,238	0,429	0,265
3,22	0,362	0,308	0,769	0,428	0,218	0,232	0,289	0,236	0,424	0,262
3,24	0,355	0,304	0,76	0,424	0,215	0,23	0,285	0,234	0,419	0,258
3,26	0,348	0,301	0,751	0,42	0,212	0,227	0,282	0,232	0,414	0,255
3,28	0,342	0,297	0,743	0,417	0,21	0,225	0,279	0,23	0,41	0,252
3,3	0,335	0,293	0,735	0,413	0,208	0,223	0,276	0,228	0,405	0,248
3,32	0,328	0,289	0,726	0,409	0,205	0,221	0,272	0,226	0,4	0,245
3,34	0,321	0,286	0,718	0,405	0,204	0,218	0,269	0,224	0,395	0,241
3,36	0,314	0,282	0,71	0,401	0,202	0,216	0,266	0,222	0,391	0,238
3,38	0,311	0,278	0,703	0,398	0,201	0,214	0,263	0,22	0,386	0,235
3,4	0,308	0,275	0,695	0,394	0,199	0,212	0,261	0,218	0,381	0,231
3,42	0,305	0,271	0,688	0,391	0,198	0,209	0,258	0,216	0,377	0,228
3,44	0,302	0,268	0,68	0,387	0,196	0,207	0,255	0,214	0,372	0,225
3,46	0,299	0,264	0,673	0,384	0,195	0,205	0,252	0,212	0,368	0,222
3,48	0,296	0,261	0,666	0,381	0,194	0,202	0,25	0,21	0,364	0,218
3,5	0,293	0,258	0,659	0,377	0,192	0,2	0,247	0,209	0,359	0,215
3,52	0,291	0,254	0,652	0,374	0,191	0,198	0,244	0,207	0,355	0,212
3,54	0,288	0,251	0,645	0,371	0,189	0,196	0,242	0,205	0,351	0,209
3,56	0,286	0,248	0,639	0,368	0,188	0,193	0,239	0,203	0,346	0,206
3,58	0,284	0,245	0,632	0,365	0,187	0,191	0,237	0,202	0,342	0,203
3,6	0,281	0,242	0,626	0,362	0,185	0,189	0,234	0,2	0,338	0,2
3,62	0,279	0,239	0,62	0,359	0,184	0,187	0,232	0,198	0,334	0,197
3,64	0,277	0,236	0,614	0,356	0,183	0,185	0,229	0,196	0,33	0,194
3,66	0,275	0,233	0,608	0,354	0,181	0,183	0,227	0,195	0,326	0,191

3,68	0,273	0,23	0,602	0,351	0,18	0,181	0,225	0,193	0,322	0,188
3,7	0,271	0,227	0,596	0,348	0,179	0,179	0,222	0,192	0,319	0,185
3,72	0,269	0,225	0,59	0,345	0,178	0,177	0,22	0,19	0,315	0,182
3,74	0,267	0,222	0,584	0,343	0,176	0,175	0,218	0,189	0,311	0,179
3,76	0,265	0,22	0,579	0,34	0,175	0,173	0,215	0,187	0,307	0,177
3,78	0,263	0,218	0,573	0,338	0,174	0,171	0,213	0,186	0,304	0,174
3,8	0,261	0,217	0,568	0,335	0,173	0,169	0,211	0,184	0,3	0,171
3,82	0,259	0,215	0,562	0,333	0,172	0,167	0,209	0,183	0,297	0,169
3,84	0,257	0,214	0,557	0,33	0,17	0,165	0,207	0,181	0,293	0,167
3,86	0,255	0,212	0,552	0,328	0,169	0,164	0,204	0,18	0,29	0,165
3,88	0,254	0,211	0,547	0,326	0,168	0,162	0,202	0,179	0,287	0,163
3,9	0,252	0,21	0,542	0,323	0,167	0,16	0,2	0,177	0,284	0,161
3,92	0,25	0,208	0,537	0,321	0,166	0,158	0,198	0,176	0,28	0,159
3,94	0,249	0,207	0,532	0,319	0,165	0,156	0,196	0,175	0,277	0,157
3,96	0,247	0,205	0,527	0,316	0,164	0,155	0,194	0,173	0,274	0,155
3,98	0,245	0,204	0,523	0,314	0,162	0,153	0,192	0,172	0,271	0,153
4	0,244	0,203	0,518	0,312	0,161	0,151	0,19	0,171	0,268	0,151
4,02	0,242	0,201	0,513	0,31	0,16	0,15	0,189	0,17	0,265	0,149
4,04	0,24	0,2	0,509	0,308	0,159	0,148	0,187	0,168	0,262	0,147
4,06	0,239	0,198	0,504	0,306	0,158	0,146	0,185	0,167	0,259	0,145
4,08	0,237	0,197	0,5	0,304	0,157	0,145	0,183	0,166	0,256	0,144
4,1	0,236	0,196	0,496	0,301	0,156	0,143	0,181	0,165	0,254	0,142
4,12	0,234	0,194	0,491	0,299	0,154	0,141	0,18	0,164	0,251	0,14
4,14	0,233	0,193	0,487	0,297	0,153	0,14	0,178	0,163	0,248	0,138
4,16	0,231	0,192	0,483	0,295	0,152	0,138	0,177	0,161	0,246	0,137
4,18	0,23	0,19	0,479	0,293	0,151	0,137	0,175	0,16	0,243	0,135
4,2	0,228	0,189	0,475	0,291	0,15	0,135	0,173	0,159	0,24	0,134
4,22	0,227	0,188	0,471	0,289	0,149	0,134	0,172	0,158	0,238	0,132
4,24	0,225	0,187	0,467	0,287	0,148	0,132	0,17	0,157	0,235	0,13
4,26	0,224	0,185	0,463	0,286	0,146	0,131	0,169	0,156	0,233	0,129
4,28	0,223	0,184	0,459	0,284	0,145	0,129	0,168	0,155	0,23	0,128
4,3	0,221	0,183	0,456	0,282	0,144	0,128	0,166	0,154	0,228	0,126
4,32	0,22	0,182	0,452	0,28	0,143	0,126	0,165	0,153	0,226	0,126
4,34	0,219	0,181	0,448	0,278	0,142	0,125	0,164	0,152	0,223	0,125
4,36	0,218	0,18	0,444	0,276	0,141	0,124	0,162	0,151	0,221	0,125
4,38	0,216	0,178	0,441	0,274	0,14	0,122	0,161	0,15	0,219	0,125
4,4	0,215	0,177	0,437	0,272	0,139	0,121	0,16	0,149	0,217	0,124
4,42	0,214	0,176	0,434	0,271	0,138	0,12	0,158	0,148	0,214	0,124
4,44	0,212	0,175	0,43	0,269	0,137	0,118	0,157	0,147	0,212	0,124
4,46	0,211	0,174	0,427	0,267	0,136	0,117	0,156	0,146	0,21	0,123
4,48	0,21	0,173	0,424	0,265	0,135	0,116	0,155	0,145	0,208	0,123
4,5	0,209	0,172	0,42	0,264	0,134	0,115	0,153	0,144	0,206	0,123
4,52	0,208	0,171	0,417	0,262	0,133	0,114	0,152	0,143	0,204	0,122
4,54	0,206	0,169	0,414	0,26	0,132	0,113	0,151	0,142	0,202	0,122
4,56	0,205	0,168	0,411	0,258	0,131	0,111	0,15	0,141	0,2	0,122
4,58	0,204	0,167	0,408	0,257	0,13	0,11	0,149	0,14	0,198	0,121
4,6	0,203	0,166	0,405	0,255	0,129	0,109	0,148	0,14	0,196	0,121
4,62	0,202	0,165	0,401	0,254	0,128	0,108	0,147	0,139	0,194	0,121
4,64	0,201	0,164	0,398	0,252	0,127	0,107	0,145	0,138	0,193	0,12
4,66	0,199	0,163	0,395	0,25	0,126	0,106	0,144	0,137	0,191	0,12

4,68	0,198	0,162	0,393	0,249	0,125	0,105	0,143	0,136	0,189	0,12
4,7	0,197	0,161	0,39	0,247	0,125	0,104	0,142	0,136	0,187	0,119
4,72	0,196	0,16	0,387	0,246	0,124	0,103	0,141	0,135	0,186	0,119
4,74	0,195	0,159	0,384	0,244	0,123	0,102	0,14	0,134	0,184	0,118
4,76	0,194	0,158	0,381	0,243	0,122	0,101	0,139	0,133	0,182	0,118
4,78	0,193	0,157	0,378	0,241	0,121	0,1	0,138	0,133	0,181	0,118
4,8	0,192	0,156	0,376	0,24	0,12	0,099	0,137	0,132	0,179	0,117
4,82	0,191	0,154	0,373	0,238	0,12	0,099	0,136	0,131	0,178	0,117
4,84	0,19	0,153	0,37	0,237	0,119	0,098	0,135	0,13	0,176	0,116
4,86	0,189	0,152	0,368	0,235	0,118	0,097	0,134	0,13	0,175	0,116
4,88	0,188	0,151	0,365	0,234	0,117	0,096	0,133	0,129	0,173	0,115
4,9	0,187	0,15	0,363	0,232	0,116	0,095	0,132	0,128	0,172	0,115
4,92	0,186	0,149	0,36	0,231	0,116	0,094	0,131	0,128	0,17	0,114
4,94	0,185	0,148	0,357	0,23	0,115	0,093	0,13	0,127	0,169	0,114
4,96	0,184	0,147	0,355	0,228	0,114	0,093	0,129	0,126	0,168	0,113
4,98	0,183	0,146	0,353	0,227	0,113	0,092	0,128	0,126	0,166	0,113
5	0,182	0,145	0,35	0,226	0,113	0,091	0,127	0,125	0,165	0,112

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 34. Espectro sismo 3.

Período [s]	Estaciones	
	AAMB1_E	AAMB1_N
0	31,7512	32,10396
0,02	32,33185	32,23665
0,04	34,03003	35,29402
0,06	35,2527	46,75849
0,08	48,19992	60,65514
0,1	52,20876	65,53562
0,12	60,35037	67,3783
0,14	73,04319	82,61676
0,16	84,95844	80,65787
0,18	88,21863	88,23119
0,2	76,27055	99,91634
0,22	104,96149	97,28316
0,24	137,50906	127,20503
0,26	131,12425	107,68275
0,28	109,1738	96,54853
0,3	114,43665	120,71138
0,32	94,69518	121,90287
0,34	74,82654	129,26531
0,36	63,54497	122,25872
0,38	63,15142	89,59409
0,4	53,98364	59,1484
0,42	42,77377	53,62329
0,44	38,85914	51,95453
0,46	36,33541	47,83388
0,48	36,62657	43,65768
0,5	38,4814	41,57717

0,52	38,01992	38,15619
0,54	29,70665	34,30223
0,56	25,4766	30,49003
0,58	23,09122	26,88924
0,6	20,70519	25,21055
0,62	18,00502	26,27015
0,64	15,25832	26,58623
0,66	14,67184	26,00377
0,68	13,82097	22,34913
0,7	12,23101	18,54928
0,72	11,71303	16,45101
0,74	10,72149	14,82754
0,76	9,64583	13,46142
0,78	8,58179	13,62381
0,8	7,75858	13,54208
0,82	7,45193	13,23531
0,84	6,8877	12,81266
0,86	6,80884	12,36435
0,88	6,97992	11,95614
0,9	7,0721	11,53538
0,92	7,0244	11,04893
0,94	6,76096	10,46877
0,96	6,30433	9,93073
0,98	5,68948	9,73641
1	5,54421	9,27082
1,02	5,20709	8,58204
1,04	4,82323	7,72999
1,06	4,71237	6,81834
1,08	4,8087	6,41939
1,1	4,72985	6,32755
1,12	4,45706	5,85686
1,14	4,19534	5,41497
1,16	4,0109	5,19596
1,18	4,01268	4,91871
1,2	3,92635	4,60505
1,22	3,66228	4,40977
1,24	3,30748	4,43723
1,26	3,2928	4,37119
1,28	3,26452	4,19138
1,3	3,22968	3,92413
1,32	3,18747	3,91068
1,34	3,12916	3,72559
1,36	3,04784	3,3372
1,38	2,9359	3,01333
1,4	2,7877	2,85566
1,42	2,60894	2,77964
1,44	2,41091	2,6604
1,46	2,27743	2,52056
1,48	2,29761	2,33246
1,5	2,22988	2,12537

1,52	2,21769	1,92162
1,54	2,17127	1,79843
1,56	2,06506	1,78763
1,58	1,91391	1,79797
1,6	1,73744	1,85875
1,62	1,5544	1,88945
1,64	1,47371	1,88041
1,66	1,41009	1,83243
1,68	1,35236	1,86665
1,7	1,31256	1,90006
1,72	1,27606	1,93077
1,74	1,25062	1,95696
1,76	1,21991	1,97708
1,78	1,1858	1,98986
1,8	1,15038	1,99437
1,82	1,12092	1,99009
1,84	1,09222	1,97681
1,86	1,06441	1,95467
1,88	1,03761	1,92411
1,9	1,01189	1,88576
1,92	0,98729	1,84043
1,94	0,96384	1,78906
1,96	0,94151	1,73262
1,98	0,92029	1,6721
2	0,92636	1,60849
2,02	0,93906	1,54269
2,04	0,9484	1,48654
2,06	0,94542	1,43942
2,08	0,93151	1,39183
2,1	0,90604	1,36616
2,12	0,87109	1,36182
2,14	0,82716	1,35599
2,16	0,77548	1,34881
2,18	0,75778	1,34044
2,2	0,74524	1,331
2,22	0,73318	1,32064
2,24	0,72154	1,30945
2,26	0,71029	1,29755
2,28	0,69941	1,28501
2,3	0,68885	1,27193
2,32	0,67859	1,25835
2,34	0,66861	1,24433
2,36	0,65889	1,22993
2,38	0,64941	1,21519
2,4	0,64015	1,20012
2,42	0,6311	1,18478
2,44	0,62225	1,16917
2,46	0,61359	1,15333
2,48	0,6051	1,13726
2,5	0,59678	1,12101

2,52	0,58862	1,10457
2,54	0,58062	1,08798
2,56	0,57277	1,07125
2,58	0,56555	1,05441
2,6	0,56578	1,03746
2,62	0,56585	1,02045
2,64	0,56572	1,00338
2,66	0,56539	0,98627
2,68	0,56482	0,96917
2,7	0,56402	0,95207
2,72	0,56297	0,93502
2,74	0,56166	0,91803
2,76	0,56011	0,90112
2,78	0,55829	0,88432
2,8	0,55622	0,86765
2,82	0,5539	0,85113
2,84	0,55133	0,83478
2,86	0,54852	0,81862
2,88	0,54547	0,80266
2,9	0,54219	0,78692
2,92	0,53867	0,77142
2,94	0,53494	0,76157
2,96	0,531	0,75447
2,98	0,52685	0,74733
3	0,52249	0,74015
3,02	0,51795	0,73294
3,04	0,51322	0,72572
3,06	0,50832	0,71848
3,08	0,50324	0,71124
3,1	0,49801	0,704
3,12	0,49263	0,69678
3,14	0,4871	0,68957
3,16	0,48144	0,68239
3,18	0,47566	0,67524
3,2	0,46976	0,66814
3,22	0,46376	0,66107
3,24	0,45766	0,65405
3,26	0,45148	0,64709
3,28	0,44522	0,64019
3,3	0,4389	0,63335
3,32	0,43253	0,62658
3,34	0,42611	0,61988
3,36	0,41966	0,61325
3,38	0,41318	0,6067
3,4	0,40669	0,60023
3,42	0,4002	0,59384
3,44	0,39371	0,58753
3,46	0,38723	0,58131
3,48	0,38078	0,57517
3,5	0,37436	0,56912

3,52	0,36798	0,56316
3,54	0,36164	0,55729
3,56	0,35536	0,5515
3,58	0,34915	0,5458
3,6	0,343	0,54019
3,62	0,33692	0,53467
3,64	0,33093	0,52924
3,66	0,32502	0,52389
3,68	0,3192	0,51863
3,7	0,31603	0,51346
3,72	0,31362	0,50837
3,74	0,31126	0,50337
3,76	0,30894	0,49845
3,78	0,30666	0,49361
3,8	0,30441	0,48885
3,82	0,3022	0,48417
3,84	0,30003	0,47957
3,86	0,29789	0,47504
3,88	0,29579	0,4706
3,9	0,29371	0,46622
3,92	0,29167	0,46192
3,94	0,28966	0,45769
3,96	0,28769	0,45353
3,98	0,28573	0,44944
4	0,28381	0,44541
4,02	0,28192	0,44146
4,04	0,28013	0,43756
4,06	0,27841	0,43373
4,08	0,27671	0,42996
4,1	0,27504	0,42625
4,12	0,27339	0,4226
4,14	0,27175	0,419
4,16	0,27014	0,41547
4,18	0,26855	0,41198
4,2	0,26698	0,40855
4,22	0,26542	0,40518
4,24	0,26389	0,40185
4,26	0,26237	0,39858
4,28	0,26087	0,39535
4,3	0,25938	0,39217
4,32	0,25792	0,38904
4,34	0,25646	0,38595
4,36	0,25503	0,38291
4,38	0,25361	0,37991
4,4	0,2522	0,37695
4,42	0,25081	0,37404
4,44	0,24943	0,37117
4,46	0,24807	0,36833
4,48	0,24672	0,36554
4,5	0,24539	0,36278

4,52	0,24406	0,36006
4,54	0,24275	0,35737
4,56	0,24146	0,35473
4,58	0,24017	0,35211
4,6	0,2389	0,34953
4,62	0,23764	0,34699
4,64	0,23639	0,34447
4,66	0,23515	0,34199
4,68	0,23392	0,33954
4,7	0,2327	0,33713
4,72	0,2315	0,33474
4,74	0,2303	0,33238
4,76	0,22912	0,33005
4,78	0,22794	0,32774
4,8	0,22678	0,32547
4,82	0,22562	0,32322
4,84	0,22448	0,321
4,86	0,22334	0,31881
4,88	0,22222	0,31664
4,9	0,2211	0,3145
4,92	0,21999	0,31238
4,94	0,2189	0,31029
4,96	0,21781	0,30822
4,98	0,21673	0,30618
5	0,21565	0,30416

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 35. Espectro sismo 4.

Período [s]	Estaciones	
	AGUAY_E	AGUAY_N
0	25,68334	26,05243
0,02	25,87378	26,68933
0,04	55,9658	54,73943
0,06	89,83247	103,28519
0,08	56,25307	43,46795
0,1	24,60244	37,03437
0,12	22,57	18,59195
0,14	16,33162	11,16257
0,16	12,25899	10,42
0,18	10,01165	6,99595
0,2	10,17687	7,69826
0,22	12,41293	10,44106
0,24	9,02573	7,64875
0,26	7,53947	4,41206
0,28	6,22878	3,59265
0,3	5,11721	3,19738
0,32	4,36247	2,88365

0,34	3,82305	2,48499
0,36	3,43226	2,27437
0,38	3,10746	2,30594
0,4	2,79239	2,35887
0,42	2,42801	2,5028
0,44	2,03299	2,67857
0,46	1,96229	2,75707
0,48	1,96524	2,65592
0,5	1,88924	2,39459
0,52	1,75391	2,08957
0,54	1,56641	2,02155
0,56	1,36139	1,83144
0,58	1,28766	1,49864
0,6	1,2876	1,36696
0,62	1,27477	1,25276
0,64	1,25551	1,12563
0,66	1,2222	1,06507
0,68	1,1735	0,9912
0,7	1,10867	0,92802
0,72	1,03024	0,88021
0,74	0,95056	0,8396
0,76	0,87587	0,80446
0,78	0,80296	0,77599
0,8	0,73194	0,75366
0,82	0,67695	0,73528
0,84	0,6483	0,71756
0,86	0,62127	0,69816
0,88	0,6051	0,67774
0,9	0,60373	0,65932
0,92	0,59529	0,64464
0,94	0,58398	0,63278
0,96	0,57224	0,62111
0,98	0,56019	0,60707
1	0,54677	0,5898
1,02	0,53094	0,57008
1,04	0,51218	0,5492
1,06	0,49066	0,52823
1,08	0,4671	0,50774
1,1	0,44242	0,48791
1,12	0,4191	0,47109
1,14	0,40579	0,45736
1,16	0,3925	0,44361
1,18	0,37986	0,42962
1,2	0,36824	0,4151
1,22	0,36125	0,39999
1,24	0,36022	0,3845
1,26	0,35821	0,36897
1,28	0,35517	0,35366
1,3	0,35109	0,33866
1,32	0,34599	0,32399

1,34	0,33997	0,31384
1,36	0,33316	0,30883
1,38	0,32579	0,30387
1,4	0,31811	0,29899
1,42	0,31036	0,29419
1,44	0,3027	0,28943
1,46	0,29519	0,28463
1,48	0,28778	0,27973
1,5	0,28037	0,2747
1,52	0,27287	0,26955
1,54	0,26521	0,2643
1,56	0,25738	0,25899
1,58	0,24942	0,25365
1,6	0,2414	0,24833
1,62	0,23339	0,24304
1,64	0,22546	0,23784
1,66	0,21766	0,23274
1,68	0,21006	0,22778
1,7	0,2027	0,22297
1,72	0,19563	0,21834
1,74	0,18888	0,21388
1,76	0,18248	0,20959
1,78	0,17752	0,20545
1,8	0,17337	0,20146
1,82	0,16946	0,1976
1,84	0,16578	0,19389
1,86	0,1623	0,19032
1,88	0,159	0,18688
1,9	0,15585	0,18357
1,92	0,15282	0,18039
1,94	0,14987	0,17731
1,96	0,14699	0,17433
1,98	0,14416	0,17143
2	0,14137	0,16858
2,02	0,13862	0,16577
2,04	0,1359	0,16299
2,06	0,13323	0,16025
2,08	0,1306	0,15754
2,1	0,12802	0,15486
2,12	0,12549	0,15223
2,14	0,12303	0,14965
2,16	0,12062	0,14715
2,18	0,11829	0,14471
2,2	0,11602	0,14236
2,22	0,11381	0,14009
2,24	0,11168	0,1379
2,26	0,10963	0,13579
2,28	0,10765	0,13375
2,3	0,10574	0,13176
2,32	0,10391	0,12983

2,34	0,10216	0,12795
2,36	0,10049	0,1261
2,38	0,09889	0,12428
2,4	0,09736	0,12248
2,42	0,09591	0,12072
2,44	0,09451	0,11897
2,46	0,09318	0,11725
2,48	0,09191	0,11556
2,5	0,09068	0,1139
2,52	0,0895	0,11227
2,54	0,08836	0,11068
2,56	0,08724	0,10912
2,58	0,08616	0,10761
2,6	0,0851	0,10614
2,62	0,08406	0,10471
2,64	0,08304	0,10332
2,66	0,08203	0,10198
2,68	0,08103	0,10067
2,7	0,08005	0,09939
2,72	0,07907	0,09815
2,74	0,07811	0,09694
2,76	0,07716	0,09575
2,78	0,07623	0,09458
2,8	0,07531	0,09344
2,82	0,0744	0,09231
2,84	0,07351	0,0912
2,86	0,07264	0,0901
2,88	0,07179	0,08901
2,9	0,07095	0,08794
2,92	0,07014	0,08688
2,94	0,06934	0,08583
2,96	0,06856	0,08479
2,98	0,06781	0,08377
3	0,06707	0,08277
3,02	0,06635	0,08178
3,04	0,06565	0,08081
3,06	0,06496	0,07985
3,08	0,06429	0,07892
3,1	0,06364	0,07801
3,12	0,06299	0,07712
3,14	0,06236	0,07625
3,16	0,06175	0,07541
3,18	0,06114	0,07458
3,2	0,06054	0,07379
3,22	0,05995	0,07301
3,24	0,05937	0,07225
3,26	0,05879	0,07152
3,28	0,05823	0,07081
3,3	0,05766	0,07012
3,32	0,05711	0,06945

3,34	0,05656	0,06879
3,36	0,05602	0,06816
3,38	0,05548	0,06754
3,4	0,05495	0,06693
3,42	0,05442	0,06634
3,44	0,0539	0,06576
3,46	0,05338	0,06519
3,48	0,05287	0,06464
3,5	0,05237	0,06409
3,52	0,05188	0,06356
3,54	0,05139	0,06303
3,56	0,05091	0,06251
3,58	0,05044	0,062
3,6	0,04997	0,06149
3,62	0,04951	0,06099
3,64	0,04907	0,0605
3,66	0,04862	0,06002
3,68	0,04819	0,05954
3,7	0,04777	0,05906
3,72	0,04736	0,0586
3,74	0,04695	0,05813
3,76	0,04655	0,05768
3,78	0,04616	0,05723
3,8	0,04578	0,05678
3,82	0,04541	0,05635
3,84	0,04505	0,05591
3,86	0,04469	0,05549
3,88	0,04435	0,05507
3,9	0,04401	0,05466
3,92	0,04367	0,05425
3,94	0,04335	0,05385
3,96	0,04303	0,05345
3,98	0,04272	0,05307
4	0,04242	0,05269
4,02	0,04212	0,05231
4,04	0,04183	0,05194
4,06	0,04154	0,05158
4,08	0,04126	0,05123
4,1	0,04098	0,05088
4,12	0,04071	0,05053
4,14	0,04044	0,0502
4,16	0,04018	0,04987
4,18	0,03992	0,04954
4,2	0,03967	0,04922
4,22	0,03942	0,04891
4,24	0,03917	0,0486
4,26	0,03893	0,04829
4,28	0,03869	0,048
4,3	0,03846	0,0477
4,32	0,03823	0,04741

4,34	0,03801	0,04713
4,36	0,0378	0,04684
4,38	0,03758	0,04657
4,4	0,03737	0,04629
4,42	0,03716	0,04602
4,44	0,03695	0,04576
4,46	0,03675	0,04549
4,48	0,03654	0,04523
4,5	0,03634	0,04498
4,52	0,03614	0,04472
4,54	0,03595	0,04448
4,56	0,03575	0,04424
4,58	0,03556	0,04401
4,6	0,03537	0,04378
4,62	0,03518	0,04356
4,64	0,03499	0,04333
4,66	0,0348	0,04311
4,68	0,03462	0,04289
4,7	0,03443	0,04267
4,72	0,03425	0,04245
4,74	0,03407	0,04224
4,76	0,03389	0,04202
4,78	0,03371	0,04181
4,8	0,03354	0,0416
4,82	0,03336	0,04139
4,84	0,03319	0,04118
4,86	0,03302	0,04098
4,88	0,03285	0,04077
4,9	0,03268	0,04057
4,92	0,03251	0,04037
4,94	0,03234	0,04017
4,96	0,03218	0,03997
4,98	0,03202	0,03977
5	0,03185	0,03957

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 36. Espectro sismo 5.

Período [s]	Estaciones			
	ATULC_E	ATULC_N	ATUN1_E	ATUN1_N
0	1,50187	1,41255	4,8017	5,01488
0,02	1,50221	1,41281	4,8429	5,04011
0,04	1,50911	1,42527	5,01625	5,24109
0,06	1,53108	1,43551	5,37978	6,89323
0,08	1,56848	1,44004	8,32539	8,00028
0,1	1,69585	1,588	11,67969	10,25019
0,12	2,01515	1,69811	16,83168	14,42797
0,14	2,01863	1,79849	15,4231	15,93626
0,16	2,35316	1,9399	10,62689	11,01057

0,18	2,58566	2,07741	10,05658	11,57201
0,2	2,96369	2,83294	9,19835	10,39129
0,22	3,19513	2,85266	7,03935	11,87521
0,24	2,68608	3,00181	8,7019	9,6726
0,26	3,06019	3,17856	10,93321	10,98639
0,28	3,40843	3,43365	11,51683	11,96139
0,3	3,59353	3,6727	11,85439	12,98643
0,32	3,81865	4,46031	13,57899	15,80075
0,34	4,71122	4,52053	14,30707	13,12765
0,36	4,67046	4,70001	14,69534	13,18854
0,38	5,52764	4,31462	15,02186	13,43948
0,4	6,83414	4,41303	14,18823	16,47119
0,42	7,36919	4,71571	13,12717	15,46109
0,44	8,04524	4,41138	12,8396	15,17708
0,46	6,81571	4,43453	12,87953	15,76808
0,48	7,54113	4,0643	12,87093	14,53207
0,5	8,5329	4,65348	14,05106	13,85083
0,52	8,39501	5,69692	14,79911	14,95122
0,54	6,88392	6,39135	13,70039	14,87236
0,56	6,41	5,91744	11,48288	16,52272
0,58	5,52687	5,55068	11,78484	16,27059
0,6	4,60494	5,25427	10,91941	15,626
0,62	3,72559	4,96787	10,01094	15,13422
0,64	3,27191	4,98661	10,57076	14,51095
0,66	3,64039	5,06876	11,09089	12,80132
0,68	3,36896	4,85767	10,92721	11,39198
0,7	3,45314	3,91784	10,30294	11,05901
0,72	3,56933	4,5074	9,99864	9,63289
0,74	3,46833	5,15292	9,54283	9,00695
0,76	3,11495	5,40769	8,45516	8,57875
0,78	2,84726	5,1646	8,26019	8,60161
0,8	2,86033	4,63106	8,44817	7,83925
0,82	2,80499	4,12091	9,37502	7,26681
0,84	2,84372	3,96649	9,40966	6,4562
0,86	3,00479	3,99417	8,95407	6,28381
0,88	2,92612	3,67912	8,2287	6,62006
0,9	2,8053	3,09195	7,64242	6,44208
0,92	2,72353	2,95339	7,57443	5,64087
0,94	2,76271	3,08021	7,46331	5,25253
0,96	3,03405	3,20304	7,4206	5,11598
0,98	3,32227	3,1637	7,59819	5,01756
1	3,42655	3,04596	7,25656	4,77462
1,02	3,31286	2,94883	6,39528	4,39909
1,04	3,2645	2,69078	5,33456	4,03512
1,06	3,04059	2,49645	5,29522	3,74602
1,08	2,78475	2,353	5,37433	3,48894
1,1	3,11818	2,22512	5,20406	3,22229
1,12	3,42129	2,09547	4,8792	3,43654
1,14	3,5854	1,88438	4,64774	3,6399
1,16	3,64621	1,65677	4,2475	3,66107

1,18	3,66226	1,53876	3,88661	3,52566
1,2	3,60929	1,50651	3,61029	3,37633
1,22	3,44554	1,54111	3,32413	3,31769
1,24	3,25092	1,66835	3,04897	3,0994
1,26	3,06452	1,76792	2,89468	2,83299
1,28	2,85206	1,80961	2,70339	2,607
1,3	2,60309	1,77746	2,48931	2,39218
1,32	2,38886	1,71697	2,35376	2,18934
1,34	2,15959	1,64516	2,3048	2,00566
1,36	1,92647	1,57051	2,27693	1,8326
1,38	1,68371	1,52329	2,26707	1,71383
1,4	1,45209	1,47197	2,26031	1,59997
1,42	1,32417	1,39812	2,22402	1,49125
1,44	1,26926	1,33293	2,12756	1,38293
1,46	1,2173	1,29862	2,04946	1,30956
1,48	1,20796	1,28242	2,01323	1,31462
1,5	1,20361	1,25683	1,91004	1,28758
1,52	1,15778	1,20671	1,76343	1,21785
1,54	1,07378	1,12984	1,63605	1,18658
1,56	0,9739	1,03657	1,51547	1,18353
1,58	0,93308	0,94433	1,41625	1,14854
1,6	0,89885	0,86481	1,39686	1,09913
1,62	0,86715	0,79938	1,34472	1,0499
1,64	0,83561	0,74613	1,27115	1,00941
1,66	0,80187	0,71303	1,18648	0,9856
1,68	0,76051	0,71544	1,10081	0,9847
1,7	0,74266	0,71772	1,02143	1,00729
1,72	0,71102	0,71644	0,95321	1,04631
1,74	0,684	0,70817	0,90962	1,08679
1,76	0,66322	0,69132	0,93898	1,11408
1,78	0,63714	0,66623	0,97213	1,11511
1,8	0,61311	0,68049	0,98929	1,08391
1,82	0,59505	0,70207	0,99289	1,03807
1,84	0,58319	0,70887	0,98647	1,04952
1,86	0,57427	0,70321	0,97384	1,02834
1,88	0,56493	0,68872	0,9577	0,98143
1,9	0,55261	0,66934	0,93904	0,9197
1,92	0,53708	0,64808	0,91777	0,89232
1,94	0,51968	0,62628	0,89377	0,87023
1,96	0,50264	0,60362	0,86758	0,84291
1,98	0,48705	0,57847	0,84061	0,81119
2	0,47268	0,5484	0,81499	0,77617
2,02	0,45899	0,51176	0,79289	0,73924
2,04	0,445	0,49037	0,77502	0,70216
2,06	0,43088	0,47972	0,76463	0,66642
2,08	0,41783	0,46608	0,7738	0,63391
2,1	0,40658	0,45017	0,79058	0,62145
2,12	0,39734	0,43187	0,81361	0,61189
2,14	0,3893	0,41185	0,84055	0,59659
2,16	0,38028	0,41153	0,86836	0,57485

2,18	0,3716	0,41145	0,89395	0,5614
2,2	0,36898	0,40622	0,91443	0,56304
2,22	0,36081	0,40018	0,92653	0,56613
2,24	0,34725	0,39544	0,92842	0,56828
2,26	0,32962	0,38927	0,91922	0,56732
2,28	0,31252	0,38197	0,89856	0,56159
2,3	0,29603	0,37405	0,86785	0,55013
2,32	0,28685	0,36566	0,82986	0,53273
2,34	0,28107	0,35708	0,78982	0,51021
2,36	0,27451	0,34859	0,75816	0,48298
2,38	0,26801	0,34007	0,72512	0,45227
2,4	0,26248	0,33164	0,69286	0,42559
2,42	0,25845	0,32309	0,66234	0,4121
2,44	0,25601	0,31435	0,63437	0,3992
2,46	0,25469	0,30538	0,6079	0,39866
2,48	0,25379	0,29602	0,58246	0,40418
2,5	0,2523	0,28646	0,55704	0,41206
2,52	0,24929	0,2767	0,53131	0,42255
2,54	0,24672	0,26681	0,50549	0,43525
2,56	0,24521	0,25699	0,47991	0,44943
2,58	0,24372	0,24743	0,4554	0,46371
2,6	0,24226	0,23815	0,43283	0,47648
2,62	0,2409	0,22924	0,4126	0,48623
2,64	0,23947	0,22073	0,39481	0,49227
2,66	0,23783	0,21265	0,37917	0,49293
2,68	0,23591	0,21089	0,36613	0,48821
2,7	0,23361	0,20874	0,36824	0,47742
2,72	0,23078	0,20597	0,37146	0,46133
2,74	0,22743	0,20232	0,37522	0,43988
2,76	0,22368	0,19771	0,37896	0,41448
2,78	0,21947	0,19219	0,38214	0,40856
2,8	0,21493	0,18594	0,38434	0,40092
2,82	0,21015	0,17922	0,3852	0,38796
2,84	0,2053	0,17228	0,3845	0,37058
2,86	0,20049	0,16534	0,38214	0,34994
2,88	0,19576	0,15861	0,37812	0,336
2,9	0,19117	0,15222	0,37274	0,33287
2,92	0,18675	0,14629	0,36602	0,33513
2,94	0,18252	0,14155	0,35818	0,33556
2,96	0,17846	0,13667	0,34949	0,33419
2,98	0,17455	0,13176	0,34022	0,33108
3	0,17076	0,12718	0,33063	0,32634
3,02	0,16705	0,12342	0,32095	0,3201
3,04	0,16342	0,12	0,3114	0,31254
3,06	0,15983	0,11688	0,30212	0,30392
3,08	0,15625	0,11486	0,29325	0,2944
3,1	0,15266	0,11347	0,28487	0,28417
3,12	0,14905	0,11223	0,27847	0,27344
3,14	0,14542	0,11109	0,27602	0,26243
3,16	0,14178	0,11004	0,27302	0,25138

3,18	0,13813	0,10907	0,2696	0,24534
3,2	0,13446	0,10819	0,26592	0,24093
3,22	0,13078	0,10737	0,26207	0,23646
3,24	0,129	0,10661	0,25814	0,23194
3,26	0,12914	0,10591	0,25419	0,2274
3,28	0,12928	0,10527	0,25027	0,22285
3,3	0,12943	0,10468	0,24639	0,21969
3,32	0,12957	0,10413	0,24255	0,22587
3,34	0,12968	0,10363	0,23871	0,23122
3,36	0,12974	0,10316	0,23484	0,23554
3,38	0,12975	0,10271	0,23088	0,23865
3,4	0,12968	0,1028	0,2268	0,24043
3,42	0,1295	0,10379	0,22252	0,24093
3,44	0,1292	0,10468	0,21802	0,24004
3,46	0,12875	0,10546	0,21327	0,23774
3,48	0,12814	0,10605	0,20827	0,2341
3,5	0,12736	0,10644	0,2045	0,22924
3,52	0,12639	0,10658	0,20129	0,22328
3,54	0,12523	0,10645	0,19785	0,21639
3,56	0,1239	0,10602	0,19418	0,20875
3,58	0,12241	0,10528	0,19027	0,20055
3,6	0,12072	0,10427	0,18615	0,19198
3,62	0,11887	0,10294	0,18184	0,18727
3,64	0,11685	0,1013	0,17736	0,18991
3,66	0,11469	0,09936	0,17276	0,19214
3,68	0,11239	0,09712	0,16807	0,19393
3,7	0,10999	0,09462	0,16334	0,1972
3,72	0,10751	0,09489	0,15861	0,20062
3,74	0,10496	0,0959	0,15393	0,20395
3,76	0,10236	0,0966	0,14935	0,20715
3,78	0,09982	0,097	0,14489	0,2102
3,8	0,09771	0,0971	0,1406	0,21308
3,82	0,0956	0,09691	0,13651	0,21576
3,84	0,0935	0,0964	0,13264	0,21822
3,86	0,09143	0,09556	0,12902	0,22044
3,88	0,08939	0,09442	0,12704	0,22241
3,9	0,08738	0,09299	0,12653	0,2241
3,92	0,0854	0,09126	0,12582	0,22552
3,94	0,08346	0,0893	0,12494	0,22665
3,96	0,08156	0,08711	0,12387	0,2275
3,98	0,07969	0,08548	0,12263	0,22805
4	0,07787	0,08574	0,12124	0,22831
4,02	0,07608	0,08575	0,1199	0,22829
4,04	0,07433	0,08549	0,11976	0,22799
4,06	0,07262	0,08498	0,1195	0,22743
4,08	0,07094	0,08421	0,11911	0,22662
4,1	0,06931	0,08323	0,11855	0,22558
4,12	0,06771	0,08201	0,11782	0,22432
4,14	0,06616	0,08057	0,11689	0,22285
4,16	0,06464	0,07892	0,11578	0,22118

4,18	0,06316	0,07711	0,11447	0,21934
4,2	0,06172	0,07514	0,11299	0,21733
4,22	0,06032	0,07362	0,11133	0,21518
4,24	0,05894	0,07383	0,10952	0,2129
4,26	0,0576	0,07411	0,10756	0,2105
4,28	0,0563	0,07436	0,10685	0,208
4,3	0,05552	0,07458	0,10719	0,20541
4,32	0,05507	0,07479	0,10752	0,20275
4,34	0,05453	0,07497	0,10784	0,20003
4,36	0,05391	0,07513	0,10813	0,19725
4,38	0,05321	0,07527	0,10837	0,19444
4,4	0,0526	0,07538	0,10857	0,19158
4,42	0,05194	0,07548	0,10871	0,18871
4,44	0,05116	0,07555	0,10878	0,18582
4,46	0,05045	0,0756	0,10878	0,18292
4,48	0,05084	0,07562	0,1087	0,18002
4,5	0,05121	0,07561	0,10854	0,17712
4,52	0,05154	0,07559	0,1083	0,17423
4,54	0,05181	0,07553	0,10797	0,17137
4,56	0,05201	0,07545	0,10757	0,16852
4,58	0,05213	0,07533	0,10708	0,16571
4,6	0,05215	0,07518	0,10652	0,16292
4,62	0,05207	0,075	0,10589	0,16018
4,64	0,05189	0,07479	0,10519	0,15749
4,66	0,05161	0,07454	0,10442	0,15484
4,68	0,05123	0,07427	0,1036	0,15224
4,7	0,05075	0,07396	0,10273	0,14971
4,72	0,05019	0,07362	0,10181	0,14723
4,74	0,04955	0,07326	0,10086	0,14484
4,76	0,04884	0,07287	0,09987	0,14251
4,78	0,04806	0,07246	0,09885	0,14025
4,8	0,04723	0,07202	0,09781	0,13806
4,82	0,04636	0,07156	0,09676	0,13594
4,84	0,04545	0,07107	0,09569	0,13389
4,86	0,04452	0,07057	0,09462	0,13191
4,88	0,04358	0,07005	0,09355	0,13
4,9	0,04264	0,06951	0,09248	0,12816
4,92	0,04174	0,06895	0,09141	0,12638
4,94	0,04166	0,06837	0,09036	0,12467
4,96	0,04155	0,06778	0,08931	0,12302
4,98	0,04144	0,06718	0,08829	0,12143
5	0,04131	0,06656	0,08728	0,11991

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 37. Espectro sismo 6.

P [s]	Estaciones							
	ACOTA_E/N		AIBA1_E/N		AMOMP_E/N		ATULC_E/N	
0	11,7134	7,15666	8,79503	8,46436	17,7626	16,6257	11,2533	13,9412

0,02	11,7308	7,16359	8,8043	8,46871	17,8475	16,6297	11,2627	13,9601
0,04	11,7954	7,19756	8,8583	8,49605	20,3772	19,2688	11,319	14,0526
0,06	11,8445	7,37771	8,95954	8,5624	29,6515	32,9499	11,3934	14,212
0,08	11,8023	7,53297	9,03476	8,6014	35,7335	42,2538	11,6062	14,3724
0,1	12,3806	7,56092	9,40644	9,13246	48,2786	48,6416	11,6981	15,1024
0,12	13,6911	8,15587	9,29014	9,39127	78,1243	77,2384	12,5385	14,981
0,14	14,2027	9,90083	9,63514	9,67817	67,9602	68,855	13,019	16,2286
0,16	15,5073	11,3618	10,4498	9,7942	40,7061	37,2335	14,4148	16,684
0,18	15,3546	11,2409	10,9653	10,5142	39,8426	28,7057	16,8054	19,9811
0,2	18,1691	13,5613	11,0759	11,4462	45,0144	37,3762	19,7991	23,63
0,22	18,6173	14,436	12,2756	12,1578	44,398	38,2946	18,1945	27,6659
0,24	18,5722	15,6453	13,6081	14,3274	31,0011	36,5476	19,5289	27,9845
0,26	16,8168	15,3498	15,3196	14,2406	23,2783	31,3823	25,4719	38,6558
0,28	15,7572	15,1296	17,4943	16,4497	23,1247	31,8108	28,9427	38,0146
0,3	22,2481	16,4566	25,0377	18,088	21,9613	28,4764	31,2779	51,5581
0,32	24,733	13,6467	31,1543	22,8945	21,6482	27,4041	32,0484	46,9905
0,34	25,0495	13,9444	26,0915	20,5319	15,0984	24,5326	33,3285	44,3099
0,36	23,5812	14,6707	20,5989	21,1859	15,8691	18,5859	32,0055	35,7298
0,38	24,6483	14,553	21,3983	27,9588	13,9317	12,3159	31,8298	27,9353
0,4	29,2184	16,3302	28,1059	30,835	13,1478	11,3771	32,9594	33,3407
0,42	26,8591	18,2947	31,5066	28,4609	14,0918	12,6852	36,1848	37,4685
0,44	28,2326	17,2404	31,005	28,2659	16,3104	16,7271	38,7213	34,4259
0,46	27,165	19,0144	33,5024	31,6024	15,9431	15,0234	44,874	40,552
0,48	24,8383	22,7945	32,2632	34,1661	16,2931	12,5309	49,355	44,7828
0,5	25,1788	24,3124	30,587	34,0051	14,7071	10,7596	45,9238	43,5435
0,52	28,1416	25,5283	28,1265	31,8386	14,8219	10,554	44,2785	44,5291
0,54	28,4863	26,1199	26,788	26,5195	15,7092	10,6956	39,6966	44,9236
0,56	24,8302	25,4842	33,3582	30,7861	13,7297	9,34892	43,7556	44,3724
0,58	24,6392	24,6434	34,7287	31,0404	10,3222	8,83392	45,6298	38,733
0,6	25,6971	22,7671	29,0155	29,8927	7,8418	8,85713	40,6802	31,7655
0,62	27,7913	20,5998	26,134	29,9504	6,11921	9,26252	33,4222	27,9828
0,64	28,0221	19,083	27,1458	30,8576	6,36468	9,34714	30,9885	26,4253
0,66	26,1843	18,1084	28,3825	30,9493	7,17803	9,53529	30,7841	24,3088
0,68	28,8385	18,3378	31,4019	31,4509	7,49314	10,1378	31,211	23,4332
0,7	31,5348	20,2313	34,4522	30,2599	6,94203	10,2085	32,0914	26,3699
0,72	31,2033	21,7133	33,7106	28,2823	6,43316	8,86061	31,0585	27,7845
0,74	28,8124	22,769	31,621	29,6034	6,13839	8,05852	28,6679	26,8146
0,76	26,8621	25,6108	30,7243	29,5965	6,19189	7,37983	24,8582	28,0828
0,78	24,0149	29,6915	30,4224	29,0582	6,0146	7,00624	26,5377	30,0135
0,8	25,5438	32,4293	31,7156	32,6033	5,90827	7,1323	29,173	31,238
0,82	29,7136	32,2877	34,9734	34,2673	6,40492	7,00031	31,45	32,892
0,84	33,2432	29,2238	38,0287	32,9818	7,08228	6,85887	32,4215	34,2182
0,86	33,9125	24,4653	37,4817	28,6159	7,55173	6,59607	33,5508	34,7528
0,88	31,8262	21,1655	32,641	22,9526	7,32641	5,98679	30,9141	33,2313
0,9	28,7125	20,609	26,6417	20,5292	6,5547	5,24282	26,5229	30,0284
0,92	25,3001	20,1687	23,3567	19,1002	5,50456	4,58236	26,4195	25,7065
0,94	24,6233	19,4816	22,736	18,1973	4,63395	4,10382	26,7792	24,8287
0,96	24,8248	18,9002	21,9847	17,5665	4,15325	3,85367	26,0877	23,9765
0,98	24,0773	18,1679	20,5709	16,8233	3,7639	4,11963	24,3453	23,4131
1	22,8651	17,2471	20,0952	15,6702	3,33732	4,4095	23,0314	22,8543

1,02	21,6807	17,3226	20,0248	15,9818	2,98267	4,28116	22,2006	21,9077
1,04	23,3895	16,6335	19,0069	16,7865	3,00203	3,93003	21,6778	21,6767
1,06	24,1461	15,8518	17,6198	16,9428	3,06729	3,50905	21,478	24,7247
1,08	24,0648	15,4766	17,0888	17,1411	3,1125	3,18914	22,37	27,0759
1,1	24,2977	15,415	17,1182	17,5058	3,1367	3,01666	23,3141	27,8426
1,12	25,7165	15,5772	16,654	17,4465	3,13913	3,1775	22,5656	26,8626
1,14	28,0412	15,7023	15,3042	16,3752	3,10617	3,47333	22,1415	24,7314
1,16	29,8703	15,244	13,2446	16,1602	3,15894	3,68954	21,2195	23,8504
1,18	29,98	14,1561	11,7891	15,3015	3,07652	3,72688	20,8323	22,6996
1,2	28,5735	13,3296	10,7378	13,8885	2,89704	3,66228	20,7498	20,984
1,22	27,4942	14,7932	11,048	12,2915	2,98509	3,59931	20,2977	19,3437
1,24	26,8777	16,2866	11,6051	11,7015	3,00417	3,59754	19,3539	18,0084
1,26	26,1272	17,5015	12,0362	11,4094	2,97135	3,66397	17,9839	18,6669
1,28	25,1041	17,8929	12,0601	11,4738	2,96974	3,76249	17,7112	19,307
1,3	23,7399	17,3661	12,2236	12,8264	3,02467	3,83963	17,3488	19,6457
1,32	22,5186	16,3276	12,1301	13,5126	3,08263	3,85648	16,4106	19,8482
1,34	22,0327	15,2113	11,7771	13,4998	3,10104	3,81465	15,9181	20,0465
1,36	22,2711	14,5221	11,3967	13,0448	3,06504	3,7147	15,7039	20,0277
1,38	22,7554	14,7909	11,3038	12,4339	3,09113	3,62046	15,7076	19,5333
1,4	23,2138	15,8725	11,5781	11,9026	3,03974	3,62344	16,0031	19,5497
1,42	23,401	16,9705	11,9891	11,3422	2,89079	3,58291	16,3972	19,5123
1,44	23,1408	17,4646	12,2683	11,2517	2,74639	3,45586	16,5747	18,54
1,46	22,4517	17,2963	12,3008	11,363	2,55939	3,25172	16,3004	16,9926
1,48	21,5636	16,7131	12,0894	11,2569	2,43793	3,06238	15,5393	15,3303
1,5	20,7794	15,9341	11,6365	11,064	2,57585	2,85668	14,5829	14,7951
1,52	20,0702	15,1022	10,9564	10,932	2,69442	2,64452	14,3185	14,6924
1,54	19,1682	14,8224	10,1058	10,8777	2,75893	2,59595	13,8903	14,2072
1,56	17,87	14,7793	9,20909	10,4541	2,72985	2,59653	13,0771	13,4759
1,58	16,1926	14,5371	8,47689	9,67952	2,62267	2,65323	11,9312	13,572
1,6	14,3361	13,9138	8,51546	9,67245	2,54086	2,66373	11,7117	13,2565
1,62	12,8513	12,9092	8,54643	9,2968	2,54835	2,63974	11,0051	12,9795
1,64	12,1962	11,7682	8,28879	8,65483	2,53452	2,58508	10,8424	12,506
1,66	11,4806	10,6609	7,83089	8,48343	2,51149	2,4914	10,6028	11,8945
1,68	10,6348	9,82518	7,31087	8,41501	2,48226	2,40339	10,1934	11,2138
1,7	9,90986	9,19586	7,39378	8,25671	2,44782	2,34276	9,63314	10,5342
1,72	9,78309	8,89703	7,59151	8,05443	2,41576	2,2907	9,0071	9,88409
1,74	9,94885	8,79227	7,87633	7,83833	2,3932	2,23246	8,73327	9,29173
1,76	10,0006	8,85522	8,18847	7,61709	2,38049	2,15306	8,45736	8,80457
1,78	9,83672	8,90897	8,46604	7,38293	2,37185	2,0442	8,13487	8,46056
1,8	9,51385	8,88582	8,65909	7,12607	2,36167	1,91032	7,79232	8,26553
1,82	9,13672	8,73024	8,7919	6,82977	2,34944	1,77119	7,5518	8,18045
1,84	8,8054	8,41694	9,14035	6,59825	2,3337	1,64976	7,37541	8,14836
1,86	8,57156	7,94851	9,3893	6,67326	2,31529	1,54224	7,23641	8,14134
1,88	8,43457	7,36557	9,55987	6,73437	2,29735	1,46015	7,27937	8,16665
1,9	8,29372	7,04732	9,69193	6,88114	2,28414	1,4072	7,39125	8,24014
1,92	8,01621	6,84566	9,62264	6,83612	2,27942	1,3789	7,51205	8,36372
1,94	7,76658	6,62446	9,58696	6,64067	2,28493	1,36458	7,55923	8,51451
1,96	7,55468	6,65059	9,63712	6,35239	2,30013	1,35058	7,45918	8,64598
1,98	7,25182	6,63247	9,65767	6,04407	2,32324	1,32621	7,18774	8,71051
2	6,88365	6,54474	9,65342	5,87498	2,35275	1,28135	6,90372	8,67653

2,02	6,47042	6,38928	9,62622	5,73348	2,38752	1,25935	7,08989	8,53457
2,04	6,20894	6,45176	9,57617	5,89274	2,42494	1,31413	7,39539	8,2937
2,06	6,27893	6,91697	9,50146	5,98219	2,46005	1,37834	7,65234	7,98692
2,08	6,31446	7,30858	9,39929	6,00448	2,48766	1,44212	7,85921	8,08967
2,1	6,25874	7,62586	9,2679	5,95874	2,50773	1,49996	8,01527	8,22863
2,12	6,0818	7,89446	9,10669	5,84113	2,52082	1,54988	8,12007	8,28545
2,14	5,81395	8,14657	8,9152	5,64675	2,53	1,59057	8,17191	8,26782
2,16	5,72917	8,40961	8,6931	5,37661	2,53666	1,62065	8,16863	8,21272
2,18	5,65087	8,69329	8,44449	5,04812	2,53852	1,64886	8,2822	8,34709
2,2	5,90191	8,98615	8,17893	5,02411	2,60693	1,70944	8,51561	8,5964
2,22	6,13826	9,26264	7,90529	5,06851	2,69037	1,76213	8,61261	8,72041
2,24	6,27752	9,48627	7,63286	5,29543	2,80335	1,80322	8,56975	8,92292
2,26	6,33332	9,62697	7,36722	5,47907	2,90369	1,83165	8,39185	8,92803
2,28	6,34058	9,66548	7,10914	5,60479	2,98669	1,84781	8,09251	8,72777
2,3	6,33359	9,5971	6,85735	5,67548	3,05633	1,85301	7,69318	8,34392
2,32	6,33437	9,43378	6,61229	5,70034	3,13813	1,84889	7,2205	7,81517
2,34	6,35085	9,19905	6,37821	5,69385	3,20275	1,83694	6,70347	7,40334
2,36	6,37951	8,91905	6,16541	5,66973	3,25644	1,81836	6,17063	7,24289
2,38	6,40485	8,61682	6,09059	5,64415	3,30577	1,79415	5,89366	7,03314
2,4	6,40791	8,31198	5,93894	5,63044	3,42618	1,7921	5,67267	6,77682
2,42	6,51183	8,01808	5,73058	5,62963	3,52652	1,82161	5,4107	6,48328
2,44	6,72802	7,74181	5,57089	5,62579	3,607	1,82338	5,10423	6,16403
2,46	6,89467	7,47461	5,46651	5,59262	3,6721	1,79298	4,75259	5,82957
2,48	6,99883	7,21486	5,36606	5,55001	3,72016	1,79476	4,65144	5,48927
2,5	7,03761	6,97092	5,27146	5,63755	3,75158	1,81825	4,69723	5,15094
2,52	7,01525	6,75372	5,25563	5,67246	3,76748	1,81716	4,73743	4,8206
2,54	6,93818	6,56283	5,27281	5,67854	3,77137	1,79787	4,74061	4,50221
2,56	6,81235	6,39775	5,28782	5,6828	3,76359	1,76902	4,74936	4,19789
2,58	6,64436	6,26019	5,31061	5,71377	3,74362	1,74003	4,77182	3,96114
2,6	6,4371	6,15044	5,34979	5,79257	3,71634	1,7202	4,78054	3,76999
2,62	6,20126	6,06651	5,40752	5,92985	3,70088	1,7143	4,77394	3,58539
2,64	6,11888	6,00405	5,48151	6,1209	3,68865	1,72332	4,77243	3,40797
2,66	6,02008	5,95733	5,63545	6,3506	3,67598	1,74465	4,93535	3,27674
2,68	5,91174	5,98806	5,78809	6,59655	3,65858	1,77299	5,09631	3,35345
2,7	5,79943	6,04444	5,92721	6,83146	3,63543	1,80301	5,24466	3,42762
2,72	5,79006	6,1038	6,04387	7,03146	3,60517	1,83007	5,37218	3,49453
2,74	5,81471	6,1554	6,13128	7,18186	3,56789	1,8533	5,47687	3,55221
2,76	5,82675	6,18893	6,18627	7,2765	3,53429	1,92322	5,55543	3,59928
2,78	5,8339	6,19439	6,21284	7,31613	3,51049	1,98236	5,60583	3,63762
2,8	5,84834	6,16347	6,2819	7,30874	3,48127	2,02719	5,62482	3,67008
2,82	5,87703	6,09391	6,3142	7,25702	3,44757	2,05506	5,60734	3,69439
2,84	5,92908	6,01789	6,30876	7,16054	3,41035	2,06099	5,54923	3,7116
2,86	6,0029	6,03174	6,26549	7,02445	3,36883	2,04032	5,44614	3,71657
2,88	6,09741	6,08741	6,18816	6,85249	3,32343	2,0779	5,29918	3,70796
2,9	6,20031	6,08548	6,08142	6,64738	3,29616	2,08791	5,13428	3,68048
2,92	6,3034	6,01345	5,965	6,54053	3,28519	2,07141	5,14026	3,63323
2,94	6,39259	5,86978	5,95598	6,4012	3,26617	2,03315	5,11122	3,60065
2,96	6,45825	5,85458	5,94312	6,22201	3,24124	1,97867	5,05229	3,60847
2,98	6,49356	5,95152	5,92874	6,02748	3,21052	1,91316	4,9705	3,6903
3	6,49453	5,95826	5,91381	5,82185	3,1776	1,8443	4,87369	3,7493

3,02	6,45946	5,94799	5,8989	5,59936	3,15476	1,7786	4,77036	3,78418
3,04	6,38824	5,89483	5,8823	5,36686	3,12872	1,71922	4,66776	3,80204
3,06	6,28169	5,78416	5,8626	5,1354	3,10098	1,66612	4,57101	3,8064
3,08	6,14119	5,6289	5,83839	4,91722	3,07015	1,61908	4,48648	3,78498
3,1	5,96873	5,44271	5,80848	4,89235	3,03741	1,61715	4,41644	3,73408
3,12	5,7687	5,23879	5,77199	4,92581	3,00168	1,63631	4,36368	3,65187
3,14	5,54365	5,02774	5,72845	4,94394	2,96309	1,65021	4,32936	3,58088
3,16	5,29965	4,83065	5,67736	4,94681	2,92153	1,65675	4,31178	3,58958
3,18	5,04144	4,77102	5,61824	4,9358	2,87656	1,65549	4,31021	3,57334
3,2	4,92791	4,77036	5,55089	4,9135	2,82749	1,64768	4,3196	3,5375
3,22	4,90111	4,76302	5,47516	4,8829	2,77421	1,64152	4,33626	3,49005
3,24	4,85852	4,74913	5,39101	4,84673	2,71666	1,64422	4,35508	3,43814
3,26	4,80269	4,7284	5,29853	4,80838	2,65612	1,64064	4,37156	3,38454
3,28	4,73738	4,7246	5,19814	4,77094	2,59171	1,62976	4,38292	3,32934
3,3	4,66566	4,72439	5,09087	4,78651	2,5255	1,63173	4,38739	3,27339
3,32	4,5914	4,71073	4,97722	4,80344	2,47022	1,6482	4,38161	3,21854
3,34	4,51745	4,67957	4,85839	4,81256	2,43288	1,64717	4,3628	3,16572
3,36	4,44581	4,62655	4,73619	4,81402	2,39631	1,6321	4,3398	3,129
3,38	4,37792	4,54882	4,61203	4,80715	2,36889	1,62094	4,33065	3,1301
3,4	4,31427	4,44511	4,48726	4,79198	2,33875	1,6069	4,30676	3,13183
3,42	4,25492	4,42576	4,3635	4,76748	2,30606	1,5933	4,28264	3,1342
3,44	4,1996	4,50448	4,24226	4,73468	2,27098	1,57031	4,31313	3,13694
3,46	4,14822	4,55727	4,12482	4,69332	2,23363	1,55794	4,34109	3,13856
3,48	4,10016	4,57532	4,01214	4,64438	2,19509	1,53729	4,38232	3,13852
3,5	4,05441	4,55131	3,90479	4,5878	2,1545	1,50379	4,43355	3,1333
3,52	4,01032	4,48259	3,80303	4,52441	2,11192	1,4578	4,47302	3,12268
3,54	3,96797	4,46052	3,70698	4,49136	2,06753	1,40131	4,4974	3,10181
3,56	3,92606	4,42591	3,61571	4,46429	2,02153	1,33627	4,50451	3,07055
3,58	3,88399	4,35682	3,52906	4,42519	1,97421	1,27978	4,49388	3,02468
3,6	3,84133	4,30358	3,44588	4,37573	1,92595	1,25317	4,46461	2,96445
3,62	3,79796	4,22846	3,36568	4,3181	1,87717	1,22523	4,41709	2,96576
3,64	3,75292	4,13099	3,28746	4,25342	1,82836	1,19562	4,3518	2,99526
3,66	3,70583	4,01757	3,21097	4,18444	1,77997	1,16471	4,37568	3,01086
3,68	3,6564	3,89518	3,13529	4,11206	1,73245	1,13287	4,40072	3,01045
3,7	3,6047	3,77118	3,06082	4,03697	1,68617	1,10039	4,41197	2,99398
3,72	3,55043	3,67603	2,98679	3,96004	1,64164	1,06791	4,40947	2,96178
3,74	3,49333	3,71654	2,91379	3,88106	1,59882	1,03531	4,39244	2,91412
3,76	3,43338	3,74553	2,84171	3,80016	1,55781	1,00262	4,36267	2,85243
3,78	3,37058	3,76382	2,77062	3,71718	1,51868	0,97001	4,32009	2,77767
3,8	3,3053	3,77236	2,70127	3,63305	1,48144	0,94343	4,26652	2,69136
3,82	3,23729	3,77037	2,63343	3,54772	1,44608	0,92016	4,20288	2,59517
3,84	3,16653	3,75776	2,56724	3,46169	1,41259	0,89637	4,1509	2,49008
3,86	3,09309	3,73472	2,50303	3,37539	1,38096	0,87221	4,14617	2,39608
3,88	3,01705	3,70194	2,44078	3,28917	1,35117	0,84785	4,13479	2,38478
3,9	3,00996	3,66021	2,38027	3,20326	1,32322	0,82345	4,11722	2,39495
3,92	3,06161	3,61238	2,32141	3,11783	1,29709	0,79915	4,09426	2,40207
3,94	3,1042	3,56053	2,26414	3,04774	1,27276	0,77511	4,06649	2,40652
3,96	3,13772	3,50322	2,20849	3,00824	1,25021	0,75157	4,03489	2,40861
3,98	3,16309	3,44095	2,15412	2,97134	1,22937	0,7323	4,00004	2,4086
4	3,18118	3,37409	2,10093	2,98224	1,21019	0,71622	3,96209	2,40672

4,02	3,19307	3,30255	2,0489	3,07185	1,19261	0,70256	3,92214	2,40316
4,04	3,19886	3,22511	2,0103	3,16604	1,17659	0,68992	3,88043	2,39802
4,06	3,19779	3,14193	2,07025	3,262	1,16209	0,6779	3,83767	2,3913
4,08	3,18909	3,05368	2,14495	3,35619	1,14915	0,66619	3,79463	2,3829
4,1	3,17277	2,96133	2,21085	3,44568	1,13781	0,6545	3,75166	2,37258
4,12	3,14914	2,86684	2,26729	3,52767	1,12804	0,64369	3,70934	2,35998
4,14	3,11909	2,80076	2,31352	3,60037	1,1199	0,6347	3,66818	2,3447
4,16	3,08294	2,73322	2,34979	3,6624	1,11343	0,62525	3,62854	2,32628
4,18	3,04139	2,66377	2,37554	3,7131	1,10864	0,61531	3,59062	2,30424
4,2	2,99539	2,59302	2,3915	3,7537	1,10551	0,60474	3,55456	2,30289
4,22	2,94535	2,52147	2,39779	3,78378	1,10397	0,59349	3,52058	2,30451
4,24	2,89171	2,45001	2,39477	3,79892	1,10385	0,58158	3,48821	2,30235
4,26	2,83512	2,37881	2,38349	3,79702	1,10496	0,56908	3,45711	2,29546
4,28	2,77676	2,30864	2,36381	3,77705	1,10701	0,55842	3,42749	2,28411
4,3	2,72012	2,23929	2,33732	3,73825	1,10969	0,56247	3,39831	2,26707
4,32	2,66786	2,17105	2,30369	3,6805	1,11262	0,56417	3,36915	2,24508
4,34	2,61536	2,10413	2,26454	3,6045	1,11546	0,56342	3,33984	2,21709
4,36	2,56107	2,03816	2,2197	3,51224	1,11785	0,56014	3,30936	2,18398
4,38	2,50476	2,01919	2,1708	3,4054	1,11947	0,55469	3,27732	2,14529
4,4	2,44643	2,01923	2,11801	3,286	1,12007	0,54745	3,24359	2,10175
4,42	2,39224	2,02114	2,06237	3,15642	1,11953	0,53884	3,20744	2,05371
4,44	2,38773	2,02445	2,00514	3,01938	1,11778	0,52934	3,16866	2,00151
4,46	2,38176	2,0292	1,94682	2,87795	1,11468	0,51921	3,12712	1,94635
4,48	2,37454	2,03485	1,88842	2,77508	1,11028	0,5088	3,08279	1,88846
4,5	2,36567	2,04099	1,83092	2,68889	1,10467	0,49844	3,0357	1,82982
4,52	2,35486	2,04734	1,77535	2,59475	1,098	0,48796	2,98593	1,81818
4,54	2,34231	2,05315	1,72231	2,49399	1,09045	0,48166	2,94157	1,80411
4,56	2,32833	2,05833	1,67243	2,43883	1,08221	0,48041	2,91085	1,7881
4,58	2,31316	2,06201	1,62623	2,4022	1,07348	0,47862	2,87775	1,77123
4,6	2,29706	2,0642	1,58407	2,35946	1,06478	0,47619	2,84241	1,75356
4,62	2,28052	2,06414	1,54618	2,31131	1,05703	0,47306	2,80484	1,73563
4,64	2,26356	2,06186	1,51264	2,29401	1,05092	0,46922	2,7659	1,71809
4,66	2,24623	2,05686	1,48355	2,27087	1,04821	0,46466	2,72565	1,70144
4,68	2,22901	2,04912	1,45862	2,24653	1,04537	0,4595	2,68433	1,68583
4,7	2,21153	2,03846	1,4376	2,24458	1,0424	0,46384	2,64277	1,67157
4,72	2,19403	2,02483	1,42023	2,2442	1,03937	0,47257	2,60106	1,65886
4,74	2,17638	2,00837	1,40617	2,24483	1,0363	0,48043	2,55942	1,64794
4,76	2,15844	1,98893	1,39513	2,24636	1,03296	0,48708	2,51835	1,63884
4,78	2,1403	1,96695	1,38679	2,2484	1,02925	0,49249	2,47817	1,63141
4,8	2,12156	1,9422	1,38087	2,25055	1,02508	0,49689	2,43883	1,62551
4,82	2,10233	1,93101	1,3771	2,25257	1,02035	0,49981	2,40049	1,63473
4,84	2,08229	1,92211	1,37526	2,25394	1,01496	0,50124	2,36342	1,64711
4,86	2,06126	1,91157	1,37513	2,25446	1,00887	0,50134	2,32763	1,66022
4,88	2,03931	1,89939	1,37649	2,2537	1,002	0,50034	2,29294	1,67385
4,9	2,01603	1,88562	1,37916	2,25132	0,99614	0,49899	2,25929	1,68773
4,92	1,99148	1,87052	1,38291	2,24725	0,99072	0,49813	2,22668	1,70154
4,94	1,96552	1,85415	1,38754	2,24102	0,98447	0,49654	2,19508	1,71502
4,96	1,93805	1,83656	1,39278	2,23252	0,97742	0,49382	2,16412	1,72796
4,98	1,9092	1,818	1,39838	2,22173	0,96959	0,49005	2,13365	1,73995
5	1,87882	1,8503	1,40403	2,20835	0,9612	0,48531	2,10358	1,75069

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 38. Espectro sismo 7. Parte 1

P [s]	Estaciones					
	AIBA1_E/N		AMOMP_E/N		CIRC_E/N	
0	16,9792	14,4141	20,6056	18,3773	10,2728	9,65571
0,02	17,0026	14,4197	21,0286	18,98	10,2758	9,66106
0,04	17,0793	14,4552	26,5206	22,3225	10,4097	9,78017
0,06	17,2371	14,575	42,4954	52,8917	10,7566	10,6209
0,08	17,4229	14,5836	54,0031	48,6989	11,1444	12,515
0,1	17,575	14,5953	62,4655	62,3681	11,9311	11,8231
0,12	17,6823	14,8748	88,5101	72,7108	15,6993	13,825
0,14	18,1479	15,039	74,3429	53,7413	16,6699	15,7079
0,16	18,5556	15,6396	60,2997	54,1392	15,9463	17,9376
0,18	19,3271	17,0872	61,7448	47,5973	15,9906	17,2449
0,2	19,6983	18,4206	53,7588	46,5099	20,12	19,5809
0,22	22,2427	18,2262	60,2098	45,7654	20,6984	20,8024
0,24	24,5496	18,8766	48,5909	43,0186	17,2494	17,6651
0,26	26,5687	22,4348	46,7382	33,6997	14,8527	16,2372
0,28	29,9626	25,8674	36,454	33,7936	17,8796	15,0559
0,3	31,1029	27,8007	39,9427	28,5618	21,2348	16,1129
0,32	29,4367	32,8689	39,9144	25,922	20,0326	20,626
0,34	33,9763	30,855	32,7216	27,9045	19,4482	21,8346
0,36	38,809	35,66	28,3143	35,3577	23,2777	22,1303
0,38	53,5176	39,5167	25,3806	37,2248	28,2154	20,8713
0,4	59,5252	40,3421	24,6399	35,0542	27,2152	20,3716
0,42	53,3533	40,3355	22,22	36,1979	23,4035	20,8118
0,44	50,5043	45,4047	29,2956	37,0372	19,8205	20,7379
0,46	50,6095	48,0282	29,0591	36,5451	19,1527	20,5093
0,48	51,1679	57,4042	25,7288	34,1604	20,3472	21,4697
0,5	46,0422	57,5898	27,0188	29,4826	22,7074	20,8204
0,52	43,0377	52,9795	27,0707	26,592	27,554	21,8141
0,54	39,4866	46,899	34,0372	26,4371	32,0398	24,1597
0,56	37,4359	50,5185	32,3768	27,3924	33,2161	26,9695
0,58	41,459	59,2754	30,1293	30,7404	35,2041	29,7905
0,6	48,9902	67,9721	30,9345	29,3612	33,6328	32,3346
0,62	54,0868	71,576	30,0634	27,3108	30,7322	32,2117
0,64	54,8625	71,3355	28,826	26,4836	25,4404	28,2923
0,66	53,8979	63,0684	27,0551	26,3298	22,4696	26,7932
0,68	50,9228	54,3809	23,2221	27,1843	23,8367	26,0003
0,7	49,7099	50,7104	22,1893	28,5096	25,8215	24,959
0,72	51,9326	53,4881	25,2571	29,5883	26,7169	22,0548
0,74	54,4491	51,3547	26,4939	30,7233	25,6615	19,7916
0,76	52,6883	47,6577	25,3963	33,1668	25,3741	19,0064
0,78	50,0756	47,2845	22,6509	36,2853	25,8896	18,1916
0,8	46,6912	49,2706	19,9945	38,2893	25,6081	17,8135
0,82	44,1663	50,5212	17,7533	40,2706	27,0522	17,8721
0,84	44,6069	53,127	16,1306	40,8451	28,0214	19,0131

0,86	46,0808	54,5747	16,5135	38,7889	25,9307	21,5875
0,88	50,4975	50,3565	16,7126	36,3824	21,7178	21,807
0,9	51,0892	50,5126	16,2032	33,1341	20,1558	20,3966
0,92	48,3609	47,2098	15,62	29,187	18,1822	20,9509
0,94	44,5875	43,3812	15,0012	24,9495	16,4192	22,4908
0,96	41,988	42,9685	15,3284	20,5883	15,4365	23,3306
0,98	41,1571	45,3877	16,6128	18,6877	15,1381	22,582
1	43,6497	45,8017	17,4529	18,8275	14,5906	20,9135
1,02	45,2409	45,9326	16,996	18,8144	13,8033	22,8282
1,04	42,5133	46,2328	15,3241	18,1869	12,828	24,5904
1,06	43,3279	48,5328	13,5467	17,0036	12,8508	25,5797
1,08	41,3392	50,8588	12,4028	16,9588	14,3132	25,5856
1,1	37,7086	54,973	12,7618	16,6975	15,232	24,5104
1,12	34,2206	58,0054	12,7824	16,882	15,8323	23,6562
1,14	31,9449	57,737	12,6559	18,1849	16,8137	24,0653
1,16	30,8893	54,4686	12,7698	19,7025	17,6909	23,9276
1,18	30,4388	49,9075	13,3258	21,0938	18,5375	23,3752
1,2	30,236	46,5019	13,4323	21,8757	19,2709	22,4047
1,22	30,4429	44,1346	14,5521	21,9638	19,117	21,2348
1,24	31,3001	41,6326	14,8736	22,0813	17,7145	19,8938
1,26	32,5781	38,5057	14,4227	21,5803	15,6515	18,1001
1,28	33,621	34,9086	13,2903	20,2554	15,7364	16,7091
1,3	35,0708	33,1176	11,6379	18,849	16,1477	16,9435
1,32	36,033	32,1843	10,1073	18,7069	16,2489	17,5088
1,34	35,4224	31,4259	9,03624	18,2291	15,9842	17,5818
1,36	33,3084	31,2501	8,86593	17,3953	15,4152	17,1321
1,38	30,0457	31,141	8,46705	16,2454	14,9294	16,4709
1,4	26,6262	30,1938	7,84822	15,0944	14,4577	16,0551
1,42	24,2231	28,1877	7,39273	14,6304	13,8947	15,3628
1,44	21,9022	25,4837	7,39864	14,061	13,2797	14,3649
1,46	19,7718	22,5774	7,24247	13,3652	12,7173	13,1405
1,48	17,9917	20,3955	7,00799	12,5583	12,1037	11,6384
1,5	16,7297	18,1786	6,80788	11,7637	11,3624	10,1058
1,52	15,5752	16,79	6,76589	11,9648	10,5543	9,42346
1,54	14,5398	16,2945	6,65521	12,6105	9,72945	8,84306
1,56	13,6382	15,9	6,32666	13,2163	8,93835	8,41548
1,58	12,8594	15,652	5,98585	13,6967	8,84243	8,15908
1,6	12,1919	15,5543	5,87245	14,0032	9,12873	7,98909
1,62	11,6242	15,5383	5,88196	14,1538	9,20634	8,03197
1,64	11,1436	15,5537	5,94782	14,1501	9,06472	8,2221
1,66	10,737	15,5861	6,08228	14,0942	8,72967	8,29735
1,68	10,3916	15,6422	6,27453	14,0193	8,28704	8,23923
1,7	10,4328	15,7109	6,53733	13,8932	7,83168	8,44223
1,72	11,1834	15,7583	6,77605	13,6525	7,49689	8,53559
1,74	11,8571	15,7233	6,95449	13,3283	7,59175	8,45455
1,76	12,2721	15,5747	7,08178	12,9268	7,62604	8,2211
1,78	12,3834	15,3088	7,15067	12,4429	7,53542	8,01923
1,8	12,2375	15,1701	7,18766	11,9221	7,31221	7,95983
1,82	11,8649	15,3713	7,20891	11,3722	6,99818	7,92736
1,84	11,3035	15,4202	7,2336	10,8028	7,14974	7,90062

1,86	10,7152	15,292	7,25858	10,2448	7,42776	7,82331
1,88	9,91596	14,9455	7,28007	9,72339	7,6581	7,63789
1,9	9,4707	14,4943	7,3016	9,24839	7,91362	7,48045
1,92	9,20057	14,8131	7,3243	8,83391	8,21031	7,86348
1,94	8,97599	14,7815	7,34979	8,49534	8,5702	8,42642
1,96	8,73856	14,4478	7,37813	8,24827	8,91237	9,0767
1,98	8,41732	13,9087	7,40196	8,10229	9,24257	9,9041
2	8,04121	13,2719	7,41646	8,10988	9,56506	10,5662
2,02	7,80659	12,6438	7,4266	8,17036	9,84183	11,0098
2,04	7,82508	12,098	7,4453	8,26569	10,0257	11,257
2,06	7,98348	11,6697	7,4874	8,39318	10,4526	11,3788
2,08	8,05938	11,3488	7,55715	8,53949	10,9614	11,4335
2,1	8,05174	11,0963	7,64164	8,67682	11,3244	11,4447
2,12	7,94849	10,8536	7,82943	8,80506	11,5343	11,3915
2,14	7,7411	10,563	8,01865	8,95413	11,5906	11,2312
2,16	7,68449	10,1733	8,1472	9,12009	11,4999	10,9318
2,18	7,81574	10,697	8,21812	9,29351	11,2761	10,4991
2,2	7,83511	11,178	8,24154	9,47001	10,9444	9,96113
2,22	7,89967	11,4659	8,23348	9,65058	10,5335	9,36606
2,24	7,94992	11,5418	8,24165	9,82474	10,086	8,76401
2,26	7,86646	11,425	8,20858	9,97987	9,63963	8,26074
2,28	7,6646	11,1661	8,13018	10,1038	9,2254	8,03811
2,3	7,979	10,8308	8,01488	10,1835	8,86105	7,81299
2,32	8,49767	10,4798	7,95045	10,2117	8,54245	7,57855
2,34	9,0143	10,544	7,93139	10,1872	8,25294	7,32721
2,36	9,43444	10,5616	7,88699	10,0977	7,96994	7,05238
2,38	9,72166	10,35	7,87502	10,1426	7,67225	6,7598
2,4	9,86163	9,9216	7,82232	10,134	7,34415	6,5792
2,42	9,85874	10,0281	7,75743	10,0689	7,14528	6,51175
2,44	9,72723	10,0898	7,71281	10,0162	6,96444	6,41067
2,46	9,48992	9,92318	7,72615	9,91429	6,72839	6,2769
2,48	9,16628	9,57612	7,69514	9,76004	6,43041	6,11004
2,5	8,76954	9,35175	7,61949	9,556	6,08797	6,00345
2,52	8,30982	9,27677	7,50427	9,30652	5,76696	5,87182
2,54	7,803	9,22728	7,35035	9,01728	5,59462	5,69455
2,56	7,26861	9,29227	7,16397	8,69373	5,38793	5,46934
2,58	6,73881	9,40365	6,95478	8,34574	5,132	5,1999
2,6	6,24485	9,53214	6,72482	7,99076	4,83286	5,04015
2,62	5,81685	9,66864	6,48284	7,614	4,54193	4,9112
2,64	5,95143	9,79666	6,236	7,22022	4,2549	4,77205
2,66	6,14069	9,89966	5,99	6,80925	3,96453	4,62288
2,68	6,2885	9,96163	5,86344	6,3925	3,67694	4,46406
2,7	6,38823	9,96751	5,72064	5,97222	3,39523	4,29148
2,72	6,43771	9,91079	5,57786	5,58001	3,15343	4,10285
2,74	6,43865	9,78385	5,43416	5,20474	3,13582	3,89736
2,76	6,39327	9,58737	5,2745	4,83313	3,10085	3,8408
2,78	6,30588	9,32338	5,10006	4,56153	3,05042	3,77569
2,8	6,18084	8,99808	4,91312	4,45829	2,9846	3,6942
2,82	6,02304	8,62149	4,71951	4,35254	2,90372	3,59799
2,84	5,83852	8,20378	4,52198	4,38858	2,80785	3,48837

2,86	5,63235	7,75512	4,33439	4,41644	2,69826	3,36776
2,88	5,51201	7,28767	4,15381	4,42652	2,57729	3,28019
2,9	5,33092	7,02627	3,9789	4,44422	2,50639	3,23785
2,92	5,17586	6,83212	3,81367	4,46014	2,49856	3,18598
2,94	5,16561	6,60991	3,66154	4,46245	2,49032	3,12601
2,96	5,12777	6,36755	3,52292	4,45132	2,47928	3,06051
2,98	5,0665	6,11173	3,3988	4,43164	2,4652	2,98999
3	4,98621	5,84987	3,28941	4,40249	2,44591	2,91522
3,02	4,8903	5,58855	3,19432	4,36906	2,42116	2,83769
3,04	4,78253	5,33331	3,11257	4,32956	2,38995	2,75674
3,06	4,66626	5,08876	3,04287	4,28763	2,35189	2,67292
3,08	4,54452	4,86037	2,98365	4,24346	2,307	2,58665
3,1	4,41991	4,64867	2,93323	4,1992	2,25543	2,4975
3,12	4,2931	4,4559	2,88988	4,15245	2,19814	2,40561
3,14	4,16463	4,28077	2,85197	4,10919	2,1355	2,31178
3,16	4,03572	4,1985	2,8183	4,06448	2,06918	2,21579
3,18	3,90481	4,17771	2,78746	4,01532	2,01337	2,11858
3,2	3,77113	4,14935	2,75823	3,96149	2,00293	2,06563
3,22	3,63473	4,11307	2,73011	3,90205	1,99837	2,02172
3,24	3,49365	4,06872	2,70404	3,83929	1,99851	1,97411
3,26	3,34931	4,01634	2,67829	3,78188	2,00126	1,92316
3,28	3,20055	3,95621	2,65266	3,74611	2,00465	1,86969
3,3	3,04987	3,88963	2,62665	3,7743	2,00747	1,81513
3,32	2,89831	3,81632	2,60022	3,82235	2,0082	1,76624
3,34	2,75225	3,84711	2,57331	3,85991	2,00632	1,731
3,36	2,77115	3,90776	2,54578	3,88734	2,00134	1,6938
3,38	2,78168	3,96588	2,51815	3,906	1,99335	1,65658
3,4	2,78413	4,01932	2,48952	3,9145	1,98266	1,69935
3,42	2,77589	4,06526	2,4593	3,91327	1,96898	1,75259
3,44	2,75725	4,10284	2,42698	3,90282	1,95169	1,80519
3,46	2,77999	4,1648	2,39204	3,89867	1,9296	1,85623
3,48	2,81042	4,23176	2,36847	3,89703	1,92739	1,90417
3,5	2,83289	4,28762	2,35582	3,88814	1,94547	1,94802
3,52	2,84805	4,33211	2,34796	3,87298	1,96088	1,98669
3,54	2,85623	4,36529	2,33765	3,85035	1,97282	2,01982
3,56	2,85748	4,38753	2,32458	3,82245	1,98035	2,04595
3,58	2,85273	4,39944	2,30792	3,80318	1,98289	2,06268
3,6	2,84334	4,40176	2,28817	3,78581	1,98081	2,06898
3,62	2,83092	4,39526	2,2651	3,76389	1,97378	2,06456
3,64	2,81597	4,38071	2,2391	3,75705	1,96186	2,04989
3,66	2,79974	4,35886	2,21102	3,74347	1,94529	2,02623
3,68	2,7834	4,3575	2,18192	3,72545	1,92462	2,04521
3,7	2,768	4,41072	2,15242	3,70127	1,90107	2,11537
3,72	2,75444	4,46022	2,12358	3,67319	1,88369	2,17367
3,74	2,74369	4,50529	2,09639	3,64107	1,86295	2,22029
3,76	2,73609	4,5452	2,07176	3,6105	1,83941	2,25579
3,78	2,73177	4,57957	2,05038	3,57818	1,81239	2,28096
3,8	2,73084	4,60896	2,03274	3,54191	1,78282	2,29694
3,82	2,73319	4,63353	2,01904	3,52358	1,75016	2,30437
3,84	2,73858	4,65336	2,00921	3,51522	1,71469	2,30398

3,86	2,74659	4,66792	2,00294	3,51601	1,67706	2,29642
3,88	2,7567	4,67715	1,99981	3,51549	1,63969	2,28215
3,9	2,79554	4,68187	1,99898	3,51385	1,63604	2,26076
3,92	2,83834	4,6817	1,99957	3,51121	1,62757	2,23192
3,94	2,8793	4,67766	2,00063	3,5082	1,61445	2,1956
3,96	2,91684	4,66941	2,00121	3,51033	1,59704	2,15217
3,98	2,95065	4,65725	2,00044	3,51713	1,57572	2,10121
4	2,97989	4,64163	1,99762	3,52324	1,55084	2,04321
4,02	3,00351	4,62271	1,99248	3,53236	1,52271	1,97875
4,04	3,02081	4,60187	1,9842	3,54364	1,50079	1,9293
4,06	3,03109	4,63434	1,97256	3,55381	1,48533	1,92446
4,08	3,0338	4,66007	1,95802	3,56351	1,46993	1,90848
4,1	3,02855	4,66952	1,9402	3,62307	1,45439	1,94167
4,12	3,0151	4,66227	1,91956	3,67264	1,43827	1,96968
4,14	3,03416	4,6384	1,89677	3,70438	1,42088	1,98471
4,16	3,09957	4,59816	1,872	3,71848	1,40175	1,98709
4,18	3,16101	4,54196	1,84587	3,71446	1,38048	1,97865
4,2	3,21717	4,55303	1,819	3,69207	1,35708	1,96084
4,22	3,2673	4,588	1,79203	3,65106	1,33084	1,9346
4,24	3,31076	4,61059	1,76578	3,66657	1,30162	1,90131
4,26	3,34725	4,62067	1,74048	3,68016	1,26984	1,86135
4,28	3,37661	4,61855	1,71649	3,69097	1,23512	1,81537
4,3	3,39881	4,60533	1,69407	3,69903	1,21452	1,76329
4,32	3,4139	4,58052	1,6734	3,70439	1,20716	1,70549
4,34	3,42194	4,54427	1,65449	3,70708	1,2032	1,64222
4,36	3,42292	4,52281	1,63727	3,70785	1,19928	1,59187
4,38	3,41687	4,51623	1,62156	3,70645	1,19416	1,58497
4,4	3,40392	4,5061	1,6071	3,70251	1,18771	1,5724
4,42	3,38423	4,49085	1,59354	3,69607	1,1783	1,55381
4,44	3,35806	4,47226	1,58053	3,68715	1,16531	1,52875
4,46	3,32585	4,44889	1,56766	3,67578	1,148	1,49629
4,48	3,28783	4,4222	1,55455	3,66195	1,12687	1,48243
4,5	3,24416	4,39119	1,54094	3,64651	1,10195	1,4931
4,52	3,19509	4,35676	1,52654	3,63793	1,09192	1,50095
4,54	3,14086	4,3185	1,51089	3,63182	1,08725	1,50569
4,56	3,0817	4,27669	1,49375	3,62305	1,07834	1,50689
4,58	3,01815	4,23152	1,47494	3,61161	1,06585	1,50414
4,6	2,95031	4,18269	1,45435	3,5975	1,05042	1,49732
4,62	2,87828	4,13099	1,43193	3,58169	1,03285	1,4864
4,64	2,80234	4,07568	1,4077	3,56332	1,014	1,47149
4,66	2,75949	4,01775	1,38173	3,5423	0,99471	1,45282
4,68	2,74768	3,9567	1,35414	3,51869	0,97539	1,43116
4,7	2,72411	3,89274	1,32737	3,49254	0,95656	1,40733
4,72	2,6883	3,82652	1,3281	3,46392	0,93873	1,38132
4,74	2,65136	3,75764	1,32726	3,43292	0,92881	1,35335
4,76	2,64348	3,68627	1,32487	3,39966	0,92154	1,32342
4,78	2,6298	3,61299	1,32095	3,36508	0,91351	1,29251
4,8	2,61102	3,53756	1,31558	3,32841	0,90476	1,26072
4,82	2,58996	3,46002	1,30886	3,28976	0,89503	1,2279
4,84	2,58348	3,39212	1,3009	3,24928	0,88437	1,19395

4,86	2,57901	3,36323	1,29183	3,2071	0,87285	1,15902
4,88	2,57217	3,3325	1,28179	3,16336	0,86029	1,12895
4,9	2,56261	3,29985	1,27092	3,1182	0,85424	1,10833
4,92	2,54995	3,26529	1,25935	3,07178	0,86287	1,08688
4,94	2,5342	3,22928	1,24721	3,02424	0,86923	1,06448
4,96	2,51537	3,19142	1,24051	2,97571	0,8734	1,04144
4,98	2,49352	3,15182	1,23536	2,92693	0,87536	1,01798
5	2,46876	3,11086	1,22963	2,87742	0,87506	0,99439

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Tabla 39. Espectro sismo 7. Parte 2

P [s]	Estaciones			
	EPN_E/N		SANF_E/N	
0	9,82884	11,4793	5,1179	9,72764
0,02	9,84104	11,5436	5,13115	9,74864
0,04	9,91577	11,6934	5,7546	9,90414
0,06	9,79214	11,9804	5,71676	10,2804
0,08	10,0227	12,0545	5,66145	11,6673
0,1	11,2831	13,4713	6,39132	10,8249
0,12	11,8599	14,4623	6,96929	11,2787
0,14	14,5325	17,9364	7,82075	10,3241
0,16	18,2081	14,5515	8,19537	11,3658
0,18	14,8501	18,2949	7,78098	11,1697
0,2	17,4637	22,3134	7,48947	12,075
0,22	15,3127	20,7416	8,6902	13,1104
0,24	13,9641	16,6626	8,70336	12,1033
0,26	15,2951	16,189	8,64745	12,4547
0,28	18,0196	14,0928	9,94915	11,8174
0,3	17,7762	16,7567	9,87217	14,4743
0,32	18,374	18,8903	9,74542	14,664
0,34	21,0541	19,8554	10,8638	16,5445
0,36	22,5019	23,2156	13,6157	18,508
0,38	22,3343	28,6402	13,5295	19,933
0,4	25,157	24,844	12,6339	20,797
0,42	26,8181	19,1682	12,3227	21,0316
0,44	22,4139	18,4293	11,4647	20,7026
0,46	19,9657	24,1305	11,064	21,3878
0,48	21,7068	31,4806	10,6798	22,3671
0,5	23,3032	28,3742	9,95161	22,5878
0,52	23,7775	22,3288	10,8162	22,3505
0,54	25,4482	20,9228	12,8091	21,8876
0,56	28,3981	20,7291	14,1236	21,3956
0,58	31,3356	22,1657	13,8595	20,9521
0,6	32,0292	24,8621	12,2393	20,6325
0,62	32,7955	23,4442	10,4118	20,461
0,64	31,6291	20,1995	11,532	20,4344
0,66	28,8956	16,9807	12,3488	20,523
0,68	29,301	18,7548	12,851	20,6908

0,7	29,6475	18,7711	14,5188	20,9052
0,72	28,9073	19,5035	15,4213	21,1366
0,74	28,2287	19,8779	15,3924	21,3671
0,76	26,5168	18,8164	14,5979	21,6103
0,78	24,9808	17,9921	13,2336	21,8244
0,8	25,4702	17,7298	11,4775	22,0416
0,82	25,4303	19,0851	10,0737	22,2156
0,84	22,8014	21,8523	9,35435	22,3646
0,86	19,3097	23,2176	9,57455	22,4689
0,88	18,5929	22,5903	10,0488	22,5466
0,9	18,468	20,3188	10,9706	22,5904
0,92	18,495	17,5849	11,0136	22,5987
0,94	18,8789	16,2683	11,0923	22,5715
0,96	20,0211	16,0168	12,2079	22,5339
0,98	22,6021	15,8565	14,2021	22,7786
1	25,985	17,1754	15,2663	22,9611
1,02	28,4069	19,767	15,9136	25,0265
1,04	28,8881	21,8876	16,2379	26,0341
1,06	27,9099	23,1199	16,2875	24,757
1,08	25,4858	24,7535	15,7918	23,66
1,1	22,4839	25,4199	14,527	23,1679
1,12	20,6759	25,2471	12,6206	23,0707
1,14	19,5245	24,5412	10,5721	22,9289
1,16	18,6909	23,581	9,2948	22,7298
1,18	17,6978	22,4786	8,88106	22,4657
1,2	16,2427	21,3576	9,16014	22,1632
1,22	15,8959	20,3925	9,65046	21,8053
1,24	14,5689	19,7312	10,0038	21,4207
1,26	13,7071	19,441	9,97122	21,0051
1,28	14,6488	19,4436	9,41081	22,0837
1,3	15,7942	19,5451	9,95035	23,5545
1,32	16,9487	19,5363	10,5215	24,6085
1,34	17,7145	19,2314	10,9472	24,9506
1,36	18,0165	18,78	11,0552	24,4486
1,38	17,8746	18,3571	10,7588	23,521
1,4	17,3416	18,0791	10,435	21,9238
1,42	16,5119	17,7976	9,99118	19,6907
1,44	15,4238	16,665	9,4057	17,1092
1,46	14,1215	15,0942	8,73682	16,2919
1,48	12,6929	14,0152	7,9936	15,8135
1,5	11,2458	12,8043	7,16261	15,3351
1,52	10,9428	11,5684	6,79178	14,8603
1,54	11,3172	11,09	7,01277	14,393
1,56	11,3911	10,7393	7,11591	13,9289
1,58	11,2321	10,3014	7,18635	13,4706
1,6	10,9523	9,76208	7,23643	13,417
1,62	10,6265	9,60467	7,21171	13,465
1,64	10,5592	9,81936	7,07267	13,4825
1,66	10,5152	9,96071	6,89176	13,4566
1,68	10,3861	10,0242	6,79054	13,3781

1,7	10,0669	10,0755	6,66836	13,2487
1,72	9,52079	10,879	6,53954	13,07
1,74	9,45659	11,3574	6,37684	12,8475
1,76	9,18063	11,3784	6,15996	12,5856
1,78	8,77158	10,9614	5,92111	12,2898
1,8	8,30495	10,5384	5,77144	12,5645
1,82	7,80911	10,9778	5,61683	12,7794
1,84	7,27204	11,4546	5,46092	12,8498
1,86	6,96197	11,6856	5,39701	12,7814
1,88	6,7902	11,7031	5,40238	12,5974
1,9	7,17384	11,5239	5,52599	12,3121
1,92	7,5222	11,1639	5,55714	11,9582
1,94	7,76869	10,6776	5,47721	11,8185
1,96	7,84007	10,1775	5,30093	11,696
1,98	7,70188	9,68698	5,06855	11,5118
2	7,58654	9,20518	4,92711	11,2725
2,02	7,74955	9,54595	4,78693	11,1332
2,04	7,90799	9,89182	4,66474	10,8507
2,06	8,19593	10,4075	4,55861	10,4371
2,08	8,62651	10,8495	4,45629	9,9189
2,1	9,02994	11,1417	4,3445	9,50848
2,12	9,52551	11,2966	4,21851	9,07954
2,14	9,97677	11,3181	4,07987	8,63853
2,16	10,2388	11,1864	3,94503	8,19016
2,18	10,2808	11,3055	3,83518	7,87101
2,2	10,0959	11,2518	3,76732	7,54169
2,22	9,7181	11,0246	3,74758	7,19432
2,24	9,19935	10,6525	3,76855	6,96037
2,26	8,60255	10,193	3,8105	6,71778
2,28	7,99344	9,70351	3,84953	6,46907
2,3	7,42765	9,21975	3,91333	6,21629
2,32	6,94493	8,75191	4,0316	5,96103
2,34	6,56079	8,29235	4,12445	5,70694
2,36	6,26642	7,83348	4,16056	5,45392
2,38	6,07408	7,38007	4,11635	5,203
2,4	5,82699	6,95112	3,9841	4,95885
2,42	5,61381	6,56316	3,77075	4,71916
2,44	5,58584	6,22895	3,74153	4,4884
2,46	5,6331	5,93864	3,70685	4,27614
2,48	5,60802	5,71283	3,61094	4,18792
2,5	5,52267	5,72326	3,4659	4,10823
2,52	5,38136	5,7877	3,28593	4,03353
2,54	5,18565	5,86017	3,12238	3,95955
2,56	4,94314	5,90794	2,99678	3,88224
2,58	4,66914	5,90597	2,85628	3,79851
2,6	4,38118	5,84182	2,70302	3,70654
2,62	4,2215	5,71309	2,58426	3,60591
2,64	4,09258	5,57175	2,52969	3,49741
2,66	3,92333	5,48212	2,46095	3,3827
2,68	3,72676	5,35586	2,38027	3,26379

2,7	3,51644	5,2037	2,29342	3,14268
2,72	3,30647	5,03482	2,20674	3,02168
2,74	3,20959	4,85616	2,12561	2,90299
2,76	3,11727	4,67281	2,05362	2,78834
2,78	3,01755	4,48838	1,99211	2,68015
2,8	2,90182	4,3061	1,94014	2,57958
2,82	2,86055	4,12688	1,89412	2,52393
2,84	2,8355	3,95247	1,85069	2,47005
2,86	2,80867	3,78431	1,80532	2,41764
2,88	2,78053	3,62339	1,7548	2,36675
2,9	2,75197	3,47077	1,69817	2,31737
2,92	2,7239	3,33676	1,63454	2,26931
2,94	2,69699	3,23803	1,59716	2,22253
2,96	2,67159	3,14515	1,58169	2,17699
2,98	2,64795	3,05849	1,56643	2,13266
3	2,62562	2,97732	1,55138	2,0895
3,02	2,62416	2,90108	1,53628	2,04749
3,04	2,62169	2,82947	1,52105	2,00659
3,06	2,60628	2,76006	1,50594	1,96676
3,08	2,57542	2,71367	1,49117	1,92798
3,1	2,52587	2,77819	1,47707	1,89022
3,12	2,53404	2,8314	1,46699	1,85345
3,14	2,55479	2,86913	1,45981	1,81763
3,16	2,56514	2,88916	1,45228	1,78275
3,18	2,56433	2,89206	1,44558	1,787
3,2	2,55379	2,88058	1,44387	1,82436
3,22	2,53677	2,8584	1,44202	1,84861
3,24	2,51743	2,82891	1,44003	1,85935
3,26	2,49995	2,79463	1,43791	1,85857
3,28	2,48777	2,75721	1,43565	1,8487
3,3	2,48341	2,71661	1,43328	1,83061
3,32	2,48767	2,67399	1,43088	1,80342
3,34	2,49989	2,63038	1,42842	1,79578
3,36	2,5188	2,58847	1,42585	1,8207
3,38	2,54244	2,55085	1,42316	1,83694
3,4	2,56844	2,52064	1,42036	1,84609
3,42	2,59495	2,5004	1,41745	1,84993
3,44	2,62123	2,49137	1,41444	1,8495
3,46	2,67099	2,49385	1,41133	1,84556
3,48	2,71798	2,50724	1,40812	1,83863
3,5	2,76071	2,53008	1,40484	1,82984
3,52	2,79807	2,56018	1,4016	1,8198
3,54	2,82908	2,59496	1,39826	1,80937
3,56	2,85253	2,63026	1,39484	1,79962
3,58	2,86741	2,66191	1,40477	1,79122
3,6	2,87216	2,68541	1,42779	1,78491
3,62	2,86681	2,69628	1,44806	1,78126
3,64	2,85079	2,69139	1,4666	1,78065
3,66	2,82504	2,6677	1,48354	1,78307
3,68	2,7903	2,62427	1,49984	1,78823

3,7	2,74824	2,56163	1,5156	1,79576
3,72	2,70034	2,48179	1,53094	1,80493
3,74	2,64791	2,38835	1,54583	1,81481
3,76	2,59806	2,28599	1,55935	1,82412
3,78	2,5653	2,1804	1,57043	1,83159
3,8	2,52747	2,14673	1,57776	1,83612
3,82	2,4875	2,15418	1,57982	1,83659
3,84	2,44994	2,15863	1,57514	1,83188
3,86	2,40863	2,17134	1,5625	1,82152
3,88	2,40389	2,17873	1,54074	1,80515
3,9	2,40065	2,17765	1,50897	1,78222
3,92	2,38025	2,16789	1,46704	1,75255
3,94	2,34504	2,14728	1,41563	1,71631
3,96	2,29905	2,11415	1,35505	1,67335
3,98	2,24429	2,06899	1,30965	1,62469
4	2,18236	2,01274	1,30519	1,57081
4,02	2,11387	1,96267	1,3007	1,51249
4,04	2,03979	1,99358	1,29617	1,45084
4,06	1,97571	2,01399	1,29161	1,38686
4,08	1,93549	2,02212	1,28703	1,32164
4,1	1,89124	2,01684	1,28242	1,25616
4,12	1,84421	1,99846	1,27788	1,1916
4,14	1,79577	1,976	1,27331	1,18708
4,16	1,74734	1,99336	1,26872	1,21021
4,18	1,70049	2,00018	1,26411	1,2257
4,2	1,65646	1,99751	1,25947	1,23361
4,22	1,61703	1,987	1,25482	1,23447
4,24	1,58298	1,9707	1,25014	1,22857
4,26	1,55516	1,95015	1,24545	1,2166
4,28	1,53398	1,927	1,24074	1,19928
4,3	1,51955	1,90321	1,23602	1,17735
4,32	1,51126	1,87949	1,23128	1,15176
4,34	1,50829	1,85616	1,22658	1,12287
4,36	1,5095	1,83348	1,2219	1,09134
4,38	1,51367	1,81151	1,21722	1,06387
4,4	1,51953	1,79045	1,21252	1,04415
4,42	1,52551	1,76952	1,20781	1,02349
4,44	1,53065	1,74817	1,2031	1,0096
4,46	1,5337	1,72566	1,19837	0,99651
4,48	1,53376	1,70128	1,19365	0,98313
4,5	1,53023	1,67427	1,18892	0,9696
4,52	1,52269	1,64447	1,18418	0,95606
4,54	1,51093	1,61166	1,17944	0,94262
4,56	1,49489	1,57599	1,1747	0,92937
4,58	1,47462	1,53802	1,16996	0,91658
4,6	1,45027	1,49825	1,16521	0,90428
4,62	1,42201	1,45695	1,16047	0,89259
4,64	1,39015	1,41453	1,15573	0,88163
4,66	1,35503	1,37162	1,15101	0,8713
4,68	1,31698	1,32893	1,14634	0,86171

4,7	1,30361	1,28713	1,14167	0,85253
4,72	1,30224	1,2468	1,137	0,84371
4,74	1,29796	1,20842	1,13234	0,83497
4,76	1,29089	1,17245	1,12768	0,82641
4,78	1,28119	1,13923	1,12302	0,81805
4,8	1,26877	1,10906	1,11837	0,80924
4,82	1,25408	1,08216	1,11373	0,80293
4,84	1,237	1,05864	1,10909	0,80818
4,86	1,03846	1,10446	0,81243	246
4,88	1,02149	1,09984	0,82427	247
4,9	1,00746	1,09523	0,84346	248
4,92	0,99603	1,09063	0,86174	249
4,94	0,98675	1,08603	0,87866	250
4,96	0,97914	1,08145	0,89377	251
4,98	0,97271	1,07687	0,90663	252
5	0,96691	1,07231	0,91698	253

Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

ANEXO D. Dimensiones obtenidas de la ruptura a través de (Leonard, 2010)

Tabla 40. Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.

Código del sismo	Magnitud momento sísmico	Momento sísmico	Energía sísmica irradiada	Energía sísmica irradiada	Terremoto interplaca deslizamiento por subducción. Interplate dip-slip (DS)				
	Mw	Mo (N.m)	Es (N.m)	Es (kt)	Área de falla	Longitud de falla 1	Longitud de falla 2	Ancho de falla 1	Ancho de falla 2
					A (m ²)	L (m)	L (m)	W (m)	W (m)
1	4,1	1,77828E+15	28183829313	0,0067361	1258925,412	1122,01845	824,138115	1122,01845	1527,56606
2	4,3	3,54813E+15	56234132519	0,01344028	1995262,315	1412,53754	1086,42562	1412,53754	1836,53834
3	4,6	1E+16	1,58489E+11	0,03787986	3981071,706	1995,26231	1644,37172	1995,26231	2421,02905
4	4,7	1,41254E+16	2,23872E+11	0,05350672	5011872,336	2238,72114	1887,99135	2238,72114	2654,60556
5	5,2	7,94328E+16	1,25893E+12	0,30089039	15848931,92	3981,07171	3767,03799	3981,07171	4207,26628
6	7,1	5,62341E+19	8,91251E+14	213,014087	1258925412	35481,3389	51999,5997	35481,3389	24210,2905
7	6,8	1,99526E+19	3,16228E+14	75,58025	630957344,5	25118,8643	34355,7948	25118,8643	18365,3834

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Tabla 41. Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.

Código del sismo	Terremoto interplaca deslizamiento por golpe. Interplate strike-slip (SS)						
	Área de falla	Longitud de falla 1	Longitud de falla 2	Longitud de falla 3	Ancho de falla 1	Ancho de falla 2	Ancho de falla 3
	A (m2)	L (m)	L (m)	L (m)	W (m)	W (m)	W (m)
1	1278399,719	1130,6634	912,010839	68,1292069	1130,6634	1401,73742	18764,3417
2	2026127,013	1423,42088	1202,26443	107,977516	1423,42088	1685,25904	18764,3417
3	4042654,874	2010,63544	1819,70086	215,443469	2010,63544	2221,60409	18764,3417
4	5089400,952	2255,97007	2089,29613	271,227258	2255,97007	2435,94045	18764,3417
5	16094098,93	4011,74512	4168,69383	857,695899	4011,74512	3860,70543	18764,3417
6	1278399719	35754,716	57543,9937	68129,2069	35754,716	22216,0409	18764,3417
7	640717618,9	25312,4005	38018,9396	34145,4887	25312,4005	16852,5904	18764,3417

Realizado por: Álvaro Gavilanes

Tabla 42. Tabla utilizada para obtener W de la ruptura.

Código del sismo	Terremoto en región continental estable. Stable continental region earthquakes				
	Área de falla	Longitud de falla 1	Longitud de falla 2	Ancho de falla 1	Ancho de falla 2
	A (m ²)	L (m)	L (m)	W (m)	W (m)
1	819093,224	898,117861	737,90423	912,010839	1110,02647
2	1298175,28	1130,6634	972,747224	1148,15362	1334,54534
3	2590200,2	1597,1045	1472,3125	1621,8101	1759,27339
4	3260868,86	1791,98072	1690,44093	1819,70086	1929,00491
5	10311772,7	3186,64242	3372,87309	3235,93657	3057,26675
6	819093224	28400,9805	46558,6094	28840,315	17592,7339
7	410519067	20106,3544	30760,9681	20417,3794	13345,4534

Realizado por: Álvaro Gavilanes

ANEXO E. Coeficientes de los modelos de la NGA-W2. Cada modelo tiene sus coeficientes los que son obtenidos por regresiones.

Tabla 43. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013

Parámetro	Coeficientes para modelo del suelo									
	VLIN	b	c4	M1	a1	a2	a3	a6	a8	a10
PGA	660	-1,47	6,00	6,75	0,464	-0,790	0,281	2,28	0,000	1,735
PGV	330	-2,02	3,00	6,75	6,168	-0,950	0,281	2,30	-0,120	2,360
0,01	660	-1,47	6,00	6,75	0,464	-0,790	0,281	2,28	0,000	1,735
0,02	680	-1,46	6,00	6,75	0,473	-0,790	0,281	2,28	0,000	1,718
0,03	770	-1,39	6,00	6,75	0,457	-0,790	0,281	2,25	0,000	1,615
0,05	800	-1,22	6,00	6,75	0,652	-0,790	0,281	2,18	0,000	1,358
0,1	800	-1,23	5,90	6,75	1,160	-0,790	0,270	2,14	0,000	1,310
0,15	740	-1,59	5,80	6,75	1,487	-0,790	0,258	2,19	-0,029	1,660
0,2	590	-2,01	5,70	6,75	1,712	-0,790	0,250	2,25	-0,050	2,220
0,25	495	-2,41	5,60	6,75	1,796	-0,790	0,242	2,30	-0,066	2,770
0,3	430	-2,76	5,50	6,75	1,849	-0,790	0,239	2,35	-0,079	3,250
0,4	360	-3,28	5,20	6,75	1,825	-0,790	0,231	2,45	-0,099	3,990
0,5	340	-3,60	4,80	6,75	1,768	-0,790	0,230	2,55	-0,115	4,450
0,75	330	-3,80	4,40	6,75	1,543	-0,790	0,230	2,65	-0,144	4,750
1	330	-3,50	4,00	6,75	1,292	-0,790	0,230	2,70	-0,165	4,300
1,5	330	-2,40	3,75	6,75	0,855	-0,790	0,230	2,75	-0,194	2,650
2	330	-1,00	3,50	6,75	0,521	-0,790	0,230	2,75	-0,214	0,550
3	330	0,00	3,25	6,82	0,160	-0,790	0,230	2,75	-0,243	-0,950
4	330	0,00	3,00	6,92	-0,070	-0,790	0,230	2,75	-0,264	-0,950
5	330	0,00	3,00	7,00	-0,410	-0,756	0,230	2,75	-0,270	-0,930

Fuente: (Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013)

Tabla 44. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013

Parámetro Período (s)	Coeficientes para modelo del suelo						Coeficientes para Z1			
	a11	a12	a13	a14	a15	a17	a43	a44	a45	a46
PGA	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0066	0,10	0,05	0,00	-0,05
PGV	0	-0,1	0,25	0,22	0,90	-0,0010	0,28	0,15	0,09	0,07
0,01	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0066	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,02	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0066	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,03	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0066	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,05	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0075	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,075	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0092	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,1	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0101	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,15	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0097	0,10	0,05	0,00	-0,05
0,2	0	-0,1	0,60	-0,30	1,10	-0,0084	0,10	0,05	0,00	0,03
0,25	0	-0,1	0,60	-0,24	1,10	-0,0074	0,10	0,05	0,00	0,00
0,3	0	-0,1	0,60	-0,19	1,03	-0,0064	0,10	0,05	0,03	0,03
0,4	0	-0,1	0,58	-0,11	0,92	-0,0043	0,10	0,07	0,06	0,06
0,5	0	-0,1	0,56	-0,04	0,84	-0,0032	0,10	0,10	0,10	0,09
0,75	0	-0,1	0,53	0,07	0,68	-0,0025	0,14	0,14	0,14	0,13
1	0	-0,1	0,50	0,15	0,57	-0,0022	0,17	0,17	0,17	0,14
1,5	0	-0,1	0,42	0,27	0,42	-0,0016	0,22	0,21	0,20	0,16
2	0	-0,1	0,35	0,35	0,31	-0,0013	0,26	0,25	0,22	0,16
3	0	-0,1	0,20	0,46	0,16	-0,0010	0,34	0,30	0,23	0,16
4	0	-0,1	0,00	0,54	0,05	-0,0010	0,41	0,32	0,23	0,14
5	0	-0,1	0,00	0,61	-0,04	-0,0010	0,51	0,32	0,22	0,13

Fuente: (Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013)

Tabla 45. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013

Parámetro	Otras regiones				Coeficientes para Vs30 Japón					
	a25	a28	a29	a31	a36	a37	a38	a40	a41	a42
PGA	-0,0015	0,0025	-0,0034	-0,1503	0,265	0,337	0,188	0,088	-0,196	0,044
PGV	-0,0001	0,0005	-0,0037	-0,1462	0,377	0,212	0,157	0,095	-0,038	0,065
0,01	-0,0015	0,0025	-0,0034	-0,1503	0,265	0,337	0,188	0,088	-0,196	0,044
0,02	-0,0015	0,0024	-0,0033	-0,1479	0,255	0,328	0,184	0,088	-0,194	0,061
0,03	-0,0016	0,0023	-0,0034	-0,1447	0,249	0,320	0,180	0,093	-0,175	0,162
0,05	-0,0020	0,0027	-0,0033	-0,1326	0,202	0,289	0,167	0,133	-0,090	0,451
0,075	-0,0027	0,0032	-0,0029	-0,1353	0,126	0,275	0,173	0,186	0,090	0,506
0,1	-0,0033	0,0036	-0,0025	-0,1128	0,022	0,256	0,189	0,160	0,006	0,335
0,15	-0,0035	0,0033	-0,0025	0,0383	-0,136	0,162	0,108	0,068	-0,156	-0,084
0,2	-0,0033	0,0027	-0,0031	0,0775	-0,078	0,224	0,115	0,048	-0,274	-0,178
0,25	-0,0029	0,0024	-0,0036	0,0741	0,037	0,248	0,122	0,055	-0,248	-0,187
0,3	-0,0027	0,0020	-0,0039	0,2548	-0,091	0,203	0,096	0,073	-0,203	-0,159
0,4	-0,0023	0,0010	-0,0048	0,2136	0,129	0,232	0,123	0,143	-0,154	-0,023
0,5	-0,0020	0,0008	-0,0050	0,1542	0,310	0,252	0,134	0,160	-0,159	-0,029
0,75	-0,0010	0,0007	-0,0041	0,0787	0,505	0,208	0,129	0,158	-0,141	0,061
1	-0,0005	0,0007	-0,0032	0,0476	0,358	0,208	0,152	0,145	-0,144	0,062
1,5	-0,0004	0,0006	-0,0020	-0,0163	0,131	0,108	0,118	0,131	-0,126	0,037
2	-0,0002	0,0003	-0,0017	-0,1203	0,123	0,068	0,119	0,083	-0,075	-0,143
3	0,0000	0,0000	-0,0020	-0,2719	0,109	-0,023	0,093	0,070	-0,021	-0,028
4	0,0000	0,0000	-0,0020	-0,2958	0,135	0,028	0,084	0,101	0,072	-0,097
5	0,0000	0,0000	-0,0020	-0,2718	0,189	0,031	0,058	0,095	0,205	0,015

Fuente: (Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013)

Tabla 46. Coeficientes del método Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013

Coeficientes para la desviación estándar								
Parámetro	Vs30 estimado		Vs30 medido				Japón	
Período	S1	S2	S1	S2	S3	S4	S5	S6
PGA	0,754	0,520	0,741	0,501	0,470	0,360	0,540	0,630
PGV	0,662	0,510	0,660	0,510	0,380	0,380	0,580	0,530
0,01	0,754	0,520	0,741	0,501	0,470	0,360	0,540	0,630
0,02	0,760	0,520	0,747	0,501	0,470	0,360	0,540	0,630
0,03	0,781	0,520	0,769	0,501	0,470	0,360	0,550	0,630
0,05	0,810	0,530	0,798	0,512	0,470	0,360	0,560	0,650
0,075	0,810	0,540	0,798	0,522	0,470	0,360	0,570	0,690
0,1	0,810	0,550	0,795	0,527	0,470	0,360	0,570	0,700
0,15	0,801	0,560	0,773	0,519	0,470	0,360	0,580	0,700
0,2	0,789	0,565	0,753	0,514	0,470	0,360	0,590	0,700
0,25	0,770	0,570	0,729	0,513	0,470	0,360	0,610	0,700
0,3	0,740	0,580	0,693	0,519	0,470	0,360	0,630	0,700
0,4	0,699	0,590	0,644	0,524	0,470	0,360	0,660	0,700
0,5	0,676	0,600	0,616	0,532	0,470	0,360	0,690	0,700
0,75	0,631	0,615	0,566	0,548	0,470	0,360	0,730	0,690
1	0,609	0,630	0,541	0,565	0,470	0,360	0,770	0,680
1,5	0,578	0,640	0,506	0,576	0,470	0,360	0,800	0,660
2	0,555	0,650	0,480	0,587	0,470	0,360	0,800	0,620
3	0,548	0,640	0,472	0,576	0,470	0,360	0,800	0,550
4	0,527	0,630	0,447	0,565	0,470	0,360	0,760	0,520
5	0,505	0,630	0,425	0,568	0,470	0,360	0,720	0,500

Fuente: (Abrahamson, Silva, & Kamai, 2013)

Tabla 47. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013

Parámetro	Modelo de movimiento medio del suelo										
Período (s)	c0	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10
PGA	-4,346	0,984	0,537	-1,499	-0,496	-2,773	0,248	6,768	0,000	-0,212	0,720
PGV	-2,895	1,510	0,270	-1,299	-0,453	-2,466	0,204	5,837	0,000	-0,168	0,305
0,01	-4,292	0,977	0,533	-1,485	-0,499	-2,773	0,248	6,753	0,000	-0,214	0,720
0,02	-4,271	0,976	0,549	-1,488	-0,501	-2,772	0,247	6,502	0,000	-0,208	0,730
0,03	-3,963	0,931	0,628	-1,494	-0,517	-2,782	0,246	6,291	0,000	-0,213	0,759
0,05	-3,475	0,887	0,674	-1,388	-0,615	-2,791	0,240	6,317	0,000	-0,244	0,826
0,075	-3,293	0,902	0,726	-1,469	-0,596	-2,745	0,227	6,861	0,000	-0,266	0,815
0,1	-3,666	0,993	0,698	-1,572	-0,536	-2,633	0,210	7,294	0,000	-0,229	0,831
0,15	-4,866	1,267	0,510	-1,669	-0,490	-2,458	0,183	8,031	0,000	-0,211	0,749
0,2	-5,411	1,366	0,447	-1,750	-0,451	-2,421	0,182	8,385	0,000	-0,163	0,764
0,25	-5,962	1,458	0,274	-1,711	-0,404	-2,392	0,189	7,534	0,000	-0,150	0,716
0,3	-6,403	1,528	0,193	-1,770	-0,321	-2,376	0,195	6,990	0,000	-0,131	0,737
0,4	-7,566	1,739	-0,020	-1,594	-0,426	-2,303	0,185	7,012	0,000	-0,159	0,738
0,5	-8,379	1,872	-0,121	-1,577	-0,440	-2,296	0,186	6,902	0,000	-0,153	0,718
0,75	-9,841	2,021	-0,042	-1,757	-0,443	-2,232	0,186	5,522	0,000	-0,090	0,795
1	-11,011	2,180	-0,069	-1,707	-0,527	-2,158	0,169	5,650	0,000	-0,105	0,556
1,5	-12,469	2,270	0,047	-1,621	-0,630	-2,063	0,158	5,795	0,000	-0,058	0,480
2	-12,969	2,271	0,149	-1,512	-0,768	-2,104	0,158	6,632	0,000	-0,028	0,401
3	-13,306	2,150	0,368	-1,315	-0,890	-2,051	0,148	6,759	0,000	0,000	0,206
4	-14,020	2,132	0,726	-1,506	-0,885	-1,986	0,135	7,978	0,000	0,000	0,105
5	-14,558	2,116	1,027	-1,721	-0,878	-2,021	0,140	8,538	0,000	0,000	0,000

Fuente: (Campbell & Bozorgnia, 2013)

Tabla 48. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013

Período (s)	Modelo de movimiento medio del suelo											
	c11	c12	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c19	k1	k2	k3
PGA	1,090	2,186	1,420	-0,0064	-0,202	0,393	0,0977	0,0333	0,00757	865	-1,186	1,839
PGV	1,713	2,602	2,457	0,1060	0,332	0,585	0,0517	0,0327	0,00613	400	-1,955	1,929
0,01	1,094	2,191	1,416	-0,0070	-0,207	0,390	0,0981	0,0334	0,00755	865	-1,186	1,839
0,02	1,149	2,189	1,453	-0,0167	-0,199	0,387	0,1009	0,0327	0,00759	865	-1,219	1,840
0,03	1,290	2,164	1,476	-0,0422	-0,202	0,378	0,1095	0,0331	0,00790	908	-1,273	1,841
0,05	1,449	2,138	1,549	-0,0663	-0,339	0,295	0,1226	0,0270	0,00803	1054	-1,346	1,843
0,075	1,535	2,446	1,772	-0,0794	-0,404	0,322	0,1165	0,0288	0,00811	1086	-1,471	1,845
0,1	1,615	2,969	1,916	-0,0294	-0,416	0,384	0,0998	0,0325	0,00744	1032	-1,624	1,847
0,15	1,877	3,544	2,161	0,0642	-0,407	0,417	0,0760	0,0388	0,00716	878	-1,931	1,852
0,2	2,069	3,707	2,465	0,0968	-0,311	0,404	0,0571	0,0437	0,00688	748	-2,188	1,856
0,25	2,205	3,343	2,766	0,1441	-0,172	0,466	0,0437	0,0463	0,00556	654	-2,381	1,861
0,3	2,306	3,334	3,011	0,1597	-0,084	0,528	0,0323	0,0508	0,00458	587	-2,518	1,865
0,4	2,398	3,544	3,203	0,1410	0,085	0,540	0,0209	0,0432	0,00401	503	-2,657	1,874
0,5	2,355	3,016	3,333	0,1474	0,233	0,638	0,0092	0,0405	0,00388	457	-2,669	1,883
0,75	1,995	2,616	3,054	0,1764	0,411	0,776	-0,0082	0,0420	0,00420	410	-2,401	1,906
1	1,447	2,470	2,562	0,2593	0,479	0,771	-0,0131	0,0426	0,00409	400	-1,955	1,929
1,5	0,330	2,108	1,453	0,2881	0,566	0,748	-0,0187	0,0380	0,00424	400	-1,025	1,974
2	-0,514	1,327	0,657	0,3112	0,562	0,763	-0,0258	0,0252	0,00448	400	-0,299	2,019
3	-0,848	0,601	0,367	0,3478	0,534	0,686	-0,0311	0,0236	0,00345	400	0,000	2,110
4	-0,793	0,568	0,306	0,3747	0,522	0,691	-0,0413	0,0102	0,00603	400	0,000	2,200
5	-0,748	0,356	0,268	0,3382	0,477	0,670	-0,0281	0,0034	0,00805	400	0,000	2,291

Fuente: (Campbell & Bozorgnia, 2013)

Tabla 49. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013

Parámetro	Coeficientes restringidos a hanging wall							Coef. de atenuación anelástica regional			
								c20	Δc20		
	a2	h1	h2	h3	h4	h5	h6		CA	JP	CH
PGA	0,167	0,241	1,474	-0,715	1,000	-0,337	-0,270	-0,0055	0	-0,0035	0,0036
PGV	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	-0,0017	0	0,0006	0,0017
0,01	0,168	0,242	1,471	-0,714	1,000	-0,336	-0,270	-0,0055	0	-0,0035	0,0036
0,02	0,166	0,244	1,467	-0,711	1,000	-0,339	-0,263	-0,0055	0	-0,0035	0,0036
0,03	0,167	0,246	1,467	-0,713	1,000	-0,338	-0,259	-0,0057	0	-0,0034	0,0037
0,05	0,173	0,251	1,449	-0,701	1,000	-0,338	-0,263	-0,0063	0	-0,0037	0,0040
0,075	0,198	0,260	1,435	-0,695	1,000	-0,347	-0,219	-0,0070	0	-0,0037	0,0039
0,1	0,174	0,259	1,449	-0,708	1,000	-0,391	-0,201	-0,0073	0	-0,0034	0,0042
0,15	0,198	0,254	1,461	-0,715	1,000	-0,449	-0,099	-0,0069	0	-0,0030	0,0042
0,2	0,204	0,237	1,484	-0,721	1,000	-0,393	-0,198	-0,0060	0	-0,0031	0,0041
0,25	0,185	0,206	1,581	-0,787	1,000	-0,339	-0,210	-0,0055	0	-0,0033	0,0036
0,3	0,164	0,210	1,586	-0,795	1,000	-0,447	-0,121	-0,0049	0	-0,0035	0,0031
0,4	0,160	0,226	1,544	-0,770	1,000	-0,525	-0,086	-0,0037	0	-0,0034	0,0028
0,5	0,184	0,217	1,554	-0,770	1,000	-0,407	-0,281	-0,0027	0	-0,0034	0,0025
0,75	0,216	0,154	1,626	-0,780	1,000	-0,371	-0,285	-0,0016	0	-0,0032	0,0016
1	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	-0,0006	0	-0,0030	0,0006
1,5	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	0,0000	0	-0,0019	0,0000
2	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	0,0000	0	0,0005	0,0000
3	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	0,0000	0	0,0000	0,0000
4	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	0,0000	0	0,0000	0,0000
5	0,596	0,117	1,616	-0,733	1,000	-0,128	-0,756	0,0000	0	0,0000	0,0000

Fuente: (Campbell & Bozorgnia, 2013)

Tabla 50. Coeficientes del método Campbell & Bozorgnia, 2013

Parámetro	Desviación estándar y correlación de coeficientes										
	Período (s)	τ_1	τ_2	ϕ_1	ϕ_2	$\phi_{ln AF}$	ϕ_c	$M \leq 4,5$		$M \leq 5,5$	
σ								σ_{ARB}	σ	σ_{ARB}	
PGA	0,409	0,322	0,734	0,492	0,300	0,166	0,840	0,856	0,588	0,611	1,000
PGV	0,317	0,297	0,655	0,494	0,300	0,190	0,728	0,752	0,576	0,607	0,691
0,01	0,404	0,325	0,734	0,492	0,300	0,166	0,838	0,854	0,590	0,613	1,000
0,02	0,417	0,326	0,738	0,496	0,300	0,166	0,848	0,864	0,594	0,617	0,999
0,03	0,446	0,344	0,747	0,503	0,300	0,165	0,870	0,886	0,609	0,631	0,989
0,05	0,508	0,377	0,777	0,520	0,300	0,162	0,928	0,942	0,642	0,662	0,963
0,075	0,504	0,418	0,782	0,535	0,300	0,158	0,930	0,943	0,679	0,697	0,922
0,1	0,445	0,426	0,769	0,543	0,300	0,170	0,888	0,904	0,690	0,711	0,898
0,15	0,382	0,387	0,769	0,543	0,300	0,180	0,859	0,878	0,667	0,691	0,890
0,2	0,339	0,338	0,761	0,552	0,300	0,186	0,833	0,854	0,647	0,673	0,871
0,25	0,340	0,316	0,744	0,545	0,300	0,191	0,818	0,840	0,630	0,658	0,852
0,3	0,340	0,300	0,727	0,568	0,300	0,198	0,803	0,827	0,642	0,672	0,831
0,4	0,356	0,264	0,690	0,593	0,300	0,206	0,776	0,803	0,649	0,681	0,785
0,5	0,379	0,263	0,663	0,611	0,300	0,208	0,764	0,792	0,665	0,697	0,735
0,75	0,430	0,326	0,606	0,633	0,300	0,221	0,743	0,775	0,712	0,746	0,628
1	0,470	0,353	0,579	0,628	0,300	0,225	0,746	0,779	0,720	0,754	0,534
1,5	0,497	0,399	0,541	0,603	0,300	0,222	0,735	0,768	0,723	0,756	0,411
2	0,499	0,400	0,529	0,588	0,300	0,226	0,727	0,761	0,711	0,746	0,331
3	0,500	0,417	0,527	0,578	0,300	0,229	0,726	0,761	0,713	0,749	0,289
4	0,543	0,393	0,521	0,559	0,300	0,237	0,753	0,789	0,683	0,723	0,261
5	0,534	0,421	0,502	0,551	0,300	0,237	0,733	0,770	0,693	0,732	0,200

Fuente: (Campbell & Bozorgnia, 2013)

Tabla 51. Coeficientes del método Idriss, 2013

Parámetro Período (s)	Parámetros de sitio $V_{s30} \geq 450$ m/s y $M \leq 6,75$							
	α_1	α_2	α_3	β_1	β_2	ξ	γ	ϕ
0,01	7,0887	0,2058	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,02	7,1157	0,2058	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,03	7,2087	0,2058	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,04	7,3287	0,2058	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,05	6,2638	0,0625	0,0417	2,8664	-0,2418	-0,631	-0,0061	0,08
0,1	7,5791	0,0848	0,0442	3,0190	-0,2516	-0,757	-0,0042	0,08
0,15	8,0190	0,1713	0,0329	2,7871	-0,2236	-0,911	-0,0046	0,08
0,2	9,2812	0,1041	0,0188	2,8611	-0,2229	-0,998	-0,0030	0,08
0,25	9,5804	0,0875	0,0095	2,8289	-0,2200	-1,042	-0,0028	0,08
0,3	9,8912	0,0003	-0,0039	2,8423	-0,2284	-1,030	-0,0029	0,08
0,4	9,5342	0,0027	-0,0133	2,8300	-0,2318	-1,019	-0,0028	0,08
0,5	9,2142	0,0399	-0,0224	2,8560	-0,2337	-1,023	-0,0021	0,08
0,75	8,3517	0,0689	-0,0267	2,7544	-0,2392	-1,056	-0,0029	0,08
1	7,0453	0,1600	-0,0198	2,7339	-0,2398	-1,009	-0,0032	0,06
1,5	5,1307	0,2429	-0,0367	2,6800	-0,2417	-0,898	-0,0033	0,04
2	3,3610	0,3966	-0,0291	2,6837	-0,2450	-0,851	-0,0032	0,02
3	0,1784	0,7560	-0,0214	2,6907	-0,2389	-0,761	-0,0031	0,02
4	-2,4301	0,9283	-0,0240	2,5782	-0,2514	-0,675	-0,0051	0,00
5	-4,3570	1,1209	-0,0202	2,5468	-0,2541	-0,629	-0,0059	0,00

Fuente: (Idriss, 2013)

Tabla 52. Coeficientes del método Idriss, 2013

Parámetro	Parámetros de sitio $V_{s30} \geq 450$ m/s y $M \geq 6,75$							
	α_1	α_2	α_3	β_1	β_2	ξ	γ	ϕ
0,01	9,0138	-0,0794	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,02	9,0408	-0,0794	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,03	9,1338	-0,0794	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,04	9,2538	-0,0794	0,0589	2,9935	-0,2287	-0,854	-0,0027	0,08
0,05	7,9837	-0,1923	0,0417	2,7995	-0,2319	-0,631	-0,0061	0,08
0,1	9,4252	-0,1887	0,0442	2,8131	-0,2211	-0,757	-0,0042	0,08
0,15	9,6242	-0,0665	0,0329	2,4091	-0,1676	-0,911	-0,0046	0,08
0,2	11,1300	-0,1698	0,0188	2,4938	-0,1685	-0,998	-0,0030	0,08
0,25	11,3629	-0,1766	0,0095	2,3773	-0,1531	-1,042	-0,0028	0,08
0,3	11,7818	-0,2798	-0,0039	2,3772	-0,1595	-1,030	-0,0029	0,08
0,4	11,6097	-0,3048	-0,0133	2,3413	-0,1594	-1,019	-0,0028	0,08
0,5	11,4484	-0,2911	-0,0224	2,3477	-0,1584	-1,023	-0,0021	0,08
0,75	10,9065	-0,3097	-0,0267	2,2042	-0,1577	-1,056	-0,0029	0,08
1	9,8565	-0,2565	-0,0198	2,1493	-0,1532	-1,009	-0,0032	0,06
1,5	8,3363	-0,2320	-0,0367	2,0408	-0,1470	-0,898	-0,0033	0,04
2	6,8656	-0,1226	-0,0291	2,0013	-0,1439	-0,851	-0,0032	0,02
3	4,1178	0,1724	-0,0214	1,9408	-0,1278	-0,761	-0,0031	0,02
4	1,8102	0,3001	-0,0240	1,7763	-0,1326	-0,675	-0,0051	0,00
5	0,0977	0,4609	-0,0202	1,7030	-0,1291	-0,629	-0,0059	0,00

Fuente: (Idriss, 2013)

Tabla 53. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013

Parámetro Período (s)	Escala magnitud							Mh
	e0	e1	e2	e3	e4	e5	e6	
0,01	0,4534	0,4916	0,2519	0,4599	1,4210	0,0493	-0,0166	5,50
0,02	0,48598	0,52359	0,29707	0,48875	1,43310	0,05339	-0,16561	5,50
0,03	0,56916	0,60920	0,40391	0,55783	1,42610	0,061444	-0,16690	5,50
0,05	0,75436	0,79905	0,60652	0,72726	1,39740	0,067357	-0,18082	5,50
0,075	0,96447	1,00770	0,77678	0,95630	1,41740	0,073549	-0,19665	5,50
0,1	1,12680	1,16690	0,88710	1,14540	1,42930	0,055231	-0,19838	5,54
0,15	1,30950	1,34810	1,06480	1,33240	1,28440	-0,042070	-0,18234	5,74
0,2	1,32550	1,35900	1,12200	1,34140	1,13490	-0,110960	-0,15852	5,92
0,25	1,27660	1,30170	1,08280	1,30520	1,01660	-0,162130	-0,12784	6,05
0,3	1,22170	1,24010	1,02460	1,26530	0,95676	-0,195900	-0,09286	6,14
0,4	1,10460	1,12140	0,89765	1,15520	0,96766	-0,226080	-0,02319	6,20
0,5	0,96991	0,99106	0,76150	1,01200	1,03840	-0,235220	0,02912	6,20
0,75	0,66903	0,69737	0,47523	0,69173	1,28710	-0,215910	0,10829	6,20
1	0,39320	0,42180	0,20700	0,41240	1,50040	-0,189830	0,17895	6,20
1,5	-0,14954	-0,11866	-0,31380	-0,14370	1,76220	-0,146700	0,33896	6,20
2	-0,58669	-0,55003	-0,71466	-0,60658	1,91520	-0,112370	0,44788	6,20
3	-1,18980	-1,14200	-1,23000	-1,26640	2,13230	-0,043320	0,62694	6,20
4	-1,63880	-1,57480	-1,66730	-1,75160	2,20400	-0,014640	0,76303	6,20
5	-1,96600	-1,88820	-2,02450	-2,09280	2,22990	-0,014860	0,87314	6,20

Fuente: (Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013)

Tabla 54. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013

Parámetro Período (s)	Escala distancia						Aten. anelástica	Término linear de sitio		
	c1	c2	c3	Mref	Rref	h	$\Delta c3$ (global)	c	Vc (m/s)	Vref (m/s)
0,01	-1,1340	0,1916	-0,00809	4,5	1	4,50	0,0000	-0,5257	930,00	760
0,02	-1,1394	0,1896	-0,00807	4,5	1	4,50	0,0000	-0,5362	967,50	760
0,03	-1,1421	0,18842	-0,00834	4,5	1	4,49	0,0000	-0,5399	959,71	760
0,05	-1,1159	0,18709	-0,00982	4,5	1	4,20	0,0000	-0,4850	967,06	760
0,075	-1,0831	0,18225	-0,01058	4,5	1	4,04	0,0000	-0,4598	977,23	760
0,1	-1,0652	0,17203	-0,01020	4,5	1	4,13	0,0000	-0,4732	964,90	760
0,15	-1,0532	0,15401	-0,00898	4,5	1	4,39	0,0000	-0,5244	974,53	760
0,2	-1,0607	0,14489	-0,00772	4,5	1	4,61	0,0000	-0,6192	975,61	760
0,25	-1,0773	0,13925	-0,00652	4,5	1	4,78	0,0000	-0,6897	960,05	760
0,3	-1,0948	0,13388	-0,00548	4,5	1	4,93	0,0000	-0,7749	940,75	760
0,4	-1,1243	0,12512	-0,00405	4,5	1	5,16	0,0000	-0,8501	949,18	760
0,5	-1,1459	0,12015	-0,00322	4,5	1	5,34	0,0000	-0,9118	977,09	760
0,75	-1,1777	0,11054	-0,00193	4,5	1	5,60	0,0000	-0,9811	984,70	760
1	-1,1930	0,10248	-0,00121	4,5	1	5,74	0,0000	-1,0361	967,51	760
1,5	-1,2063	0,09645	-0,00037	4,5	1	6,18	0,0000	-1,0808	968,24	760
2	-1,2159	0,09636	0,00000	4,5	1	6,54	0,0000	-1,0908	966,44	760
3	-1,2179	0,09764	0,00000	4,5	1	6,93	0,0000	-1,0521	900,07	760
4	-1,2162	0,10218	-0,00005	4,5	1	7,32	0,0000	-1,0028	812,92	760
5	-1,2189	0,10353	0,00000	4,5	1	7,78	0,0000	-0,9456	756,97	760

Fuente: (Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013)

Tabla 55. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013

Parámetro Período (s)	Término no lineal de sitio				Prof. cuenca	
	f1	f3	f4	f5	f6 (1/km)	f7
0,01	0	0,1	-0,1483	-0,00701	-9,9	-9,9
0,02	0	0,1	-0,1471	-0,00728	-9,9	-9,9
0,03	0	0,1	-0,1549	-0,00735	-9,9	-9,9
0,05	0	0,1	-0,1963	-0,00647	-9,9	-9,9
0,075	0	0,1	-0,2287	-0,00573	-9,9	-9,9
0,1	0	0,1	-0,2492	-0,00560	-9,9	-9,9
0,15	0	0,1	-0,2571	-0,00585	-9,9	-9,9
0,2	0	0,1	-0,2466	-0,00614	-9,9	-9,9
0,25	0	0,1	-0,2357	-0,00644	-9,9	-9,9
0,3	0	0,1	-0,2191	-0,00670	-9,9	-9,9
0,4	0	0,1	0,1958	-0,00713	-9,9	-9,9
0,5	0	0,1	-0,1704	-0,00744	-9,9	-9,9
0,75	0	0,1	-0,1387	-0,00812	0,092	0,059
1	0	0,1	-0,1052	-0,00844	0,367	0,208
1,5	0	0,1	-0,0679	-0,00771	0,638	0,309
2	0	0,1	-0,0361	-0,00479	0,871	0,382
3	0	0,1	-0,0136	-0,00183	1,135	0,516
4	0	0,1	-0,0032	-0,00152	1,271	0,629
5	0	0,1	-0,0003	-0,00144	1,329	0,738

Fuente: (Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013)

Tabla 56. Coeficientes del método Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013

Parámetro	Incertidumbre aleatoria									
	Período (s)	R1 (km)	R2 (km)	$\Delta\phi_R$	$\Delta\phi_V$	V1 (m/s)	V2 (m/s)	ϕ_1	ϕ_2	τ_1
0,01	111,67	270,00	0,096	0,079	225	300	0,698	0,499	0,402	0,345
0,02	113,10	270,00	0,092	0,079	225	300	0,702	0,502	0,409	0,346
0,03	112,13	270,00	0,081	0,082	225	300	0,721	0,514	0,445	0,364
0,05	97,93	270,00	0,063	0,077	225	300	0,753	0,532	0,503	0,426
0,075	85,99	270,04	0,064	0,062	225	300	0,745	0,542	0,474	0,466
0,1	79,59	270,09	0,087	0,057	225	300	0,728	0,541	0,415	0,458
0,15	81,33	270,16	0,120	0,072	225	300	0,720	0,537	0,354	0,388
0,2	90,91	270,00	0,136	0,086	225	300	0,711	0,539	0,344	0,309
0,25	97,04	269,45	0,141	0,089	225	300	0,698	0,547	0,350	0,266
0,3	103,15	268,59	0,138	0,093	225	300	0,675	0,561	0,363	0,229
0,4	106,02	266,54	0,122	0,095	225	300	0,643	0,580	0,381	0,210
0,5	105,54	265,00	0,109	0,088	225	300	0,615	0,599	0,410	0,224
0,75	108,39	266,51	0,100	0,080	225	300	0,581	0,622	0,457	0,266
1	116,39	270,00	0,098	0,078	225	300	0,553	0,625	0,498	0,298
1,5	125,38	262,41	0,104	0,076	225	300	0,532	0,619	0,525	0,315
2	130,37	240,14	0,105	0,069	225	300	0,526	0,618	0,532	0,329
3	130,36	195,00	0,088	0,053	225	300	0,534	0,619	0,537	0,344
4	129,49	199,45	0,070	0,036	225	300	0,536	0,616	0,543	0,349
5	130,22	230,00	0,061	0,032	225	300	0,528	0,622	0,532	0,335

Fuente: (Boore, Stewart, Seyhan, & Atkinson, 2013)

Tabla 57. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013

Parámetro Período (s)	Coeficientes del modelo período dependiente										
	c1	c1a	c1b	c1c	c1d	cn	CM	c3	c5	CHM	c6
0,01	-1,5070	0,1650	-0,3729	-0,1650	0,1977	16,0875	4,9993	1,9636	6,4551	3,0956	0,4893
0,02	-1,4788	0,1650	-0,3772	-0,1650	0,2180	15,7118	4,9993	1,9636	6,4551	3,0963	0,4892
0,03	-1,3116	0,1650	-0,4429	-0,1650	0,3484	15,8819	4,9993	1,9636	6,4551	3,0974	0,4890
0,04	-1,1159	0,1650	-0,5122	-0,1650	0,4733	16,4556	4,9993	1,9636	6,4551	3,0988	0,4888
0,05	-0,9464	0,1650	-0,5544	-0,1650	0,5433	17,6453	4,9993	1,9636	6,4551	3,1011	0,4884
0,1	-0,5735	0,1650	-0,5760	-0,1650	0,4633	19,9992	5,0172	1,9636	6,8305	3,2381	0,4854
0,15	-0,5543	0,1650	-0,5345	-0,1650	0,3337	16,6246	5,0547	2,0362	7,3621	3,4300	0,4808
0,17	-0,5933	0,1650	-0,5188	-0,1650	0,2961	15,3709	5,0704	2,0823	7,4365	3,4688	0,4787
0,2	-0,6865	0,1650	-0,4944	-0,1650	0,2438	13,7012	5,0939	2,1521	7,4972	3,5146	0,4755
0,25	-0,8720	0,1650	-0,4517	-0,1650	0,1620	11,2667	5,1315	2,2574	7,5416	3,5746	0,4706
0,3	-1,0558	0,1650	-0,4122	-0,1650	0,0881	9,1908	5,1670	2,3440	7,5600	3,6232	0,4665
0,4	-1,3800	0,1650	-0,3532	-0,1650	-0,0287	6,5459	5,2317	2,4709	7,5735	3,6945	0,4607
0,5	-1,6472	0,1650	-0,3101	-0,1650	-0,1158	5,2305	5,2893	2,5567	7,5778	3,7401	0,4571
1	-2,5266	0,1650	-0,1694	-0,1650	-0,3527	3,3024	5,5106	2,7474	7,5814	3,8144	0,4517
1,5	-3,0655	0,1650	-0,1376	-0,1650	-0,3454	2,8498	5,6705	2,8161	7,5817	3,8284	0,4507
2	-3,4114	0,1645	-0,1218	-0,1645	-0,2605	2,5417	5,7981	2,8514	7,5818	3,8330	0,4504
3	-3,8330	0,1168	-0,1053	-0,1168	-0,0914	2,1488	5,9983	2,8875	7,5818	3,8361	0,4501
4	-4,1207	0,0732	-0,1008	-0,0732	-0,0306	1,8957	6,1552	2,9058	7,5818	3,8369	0,4501
5	-4,3438	0,0484	-0,0996	-0,0484	-0,0129	1,7228	6,2856	2,9169	7,5818	3,8376	0,4500

Fuente: (Chiou & Youngs, 2013)

Tabla 58. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013

Parámetro	Coeficientes del modelo período dependiente										
	Período (s)	c7	c7b	c8b	c9	c9a	c9b	c11	c11b	cY1	cY2
0,01	0,0352	0,0462	0,4833	0,9228	0,1202	6,8607	0,0	-0,4536	-0,007141	-0,006768	4,1293
0,02	0,0352	0,0472	1,2144	0,9296	0,1217	6,8697	0,0	-0,4536	-0,007226	-0,006929	4,0715
0,03	0,0352	0,0533	1,6421	0,9396	0,1194	6,9113	0,0	-0,4536	-0,007520	-0,007160	4,0009
0,04	0,0352	0,0596	1,9456	0,9661	0,1166	7,0271	0,0	-0,4536	-0,007881	-0,007477	3,9647
0,05	0,0352	0,0639	2,1810	0,9794	0,1176	7,0959	0,0	-0,4536	-0,008295	-0,007460	3,9832
0,1	0,0352	0,0532	2,9122	1,0177	0,1146	7,2588	0,0	-0,4536	-0,009710	-0,005490	4,4844
0,15	0,0352	0,0345	3,3399	0,9801	0,1106	7,2109	0,0	-0,4536	-0,009805	-0,003897	4,8266
0,17	0,0352	0,0283	3,4719	0,9652	0,1150	7,2491	0,0	-0,4536	-0,009733	-0,003334	4,8670
0,2	0,0352	0,0202	3,6434	0,9459	0,1208	7,2988	0,0	-0,4440	-0,009505	-0,002690	4,8796
0,25	0,0352	0,0090	3,8787	0,9196	0,1208	7,3691	0,0	-0,3539	-0,008918	-0,002127	4,8371
0,3	0,0352	-0,0004	4,0711	0,8829	0,1175	6,8789	0,0	-0,2688	-0,008251	-0,001812	4,7579
0,4	0,0352	-0,0155	4,3745	0,8302	0,1060	6,5334	0,0	-0,1793	-0,007267	-0,001274	4,5523
0,5	0,0352	-0,0278	4,6099	0,7884	0,1061	6,5260	0,0	-0,1428	-0,006492	-0,001074	4,4049
1	0,0352	-0,0559	5,3411	0,6196	0,1000	6,5000	0,0	-0,1062	-0,004277	-0,001197	4,0126
1,5	0,0352	-0,0630	5,7688	0,5101	0,1000	6,5000	0,0	-0,1020	-0,002979	-0,001671	3,6733
2	0,0352	-0,0665	6,0723	0,3917	0,1000	6,5000	0,0	-0,1009	-0,002301	-0,002237	3,5073
3	0,0160	-0,0516	6,5000	0,1244	0,1000	6,5000	0,0	-0,1003	-0,001344	-0,003108	3,4748
4	0,0062	-0,0448	6,8035	0,0086	0,1000	6,5000	0,0	-0,1001	-0,001084	-0,003670	3,5179
5	0,0029	-0,0424	7,0389	0,0000	0,1000	6,5000	0,0	-0,1001	-0,000994	-0,003767	3,5479

Fuente: (Chiou & Youngs, 2013)

Tabla 59. Coeficientes del método Chiou & Youngs, 2013

Parámetro Período (s)	Coeficientes del modelo para respuesta del sitio						Coeficientes modelo de diferencia				
	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	τ_1	τ_2	σ_1	σ_2	σ_3
0,01	-0,5210	-0,1417	-0,007010	0,102151	0,0000	300	0,4010	0,2470	0,5530	0,4106	0,8000
0,02	-0,5055	-0,1364	-0,007279	0,108360	0,0000	300	0,4080	0,2420	0,5567	0,4107	0,8000
0,03	-0,4368	-0,1403	-0,007354	0,119888	0,0000	300	0,4320	0,2320	0,5676	0,4136	0,8000
0,04	-0,3752	-0,1591	-0,006977	0,133641	0,0000	300	0,4460	0,2460	0,5816	0,4197	0,8000
0,05	-0,3469	-0,1862	-0,006467	0,148927	0,0000	300	0,4670	0,2750	0,5933	0,4265	0,8000
0,1	-0,4440	-0,2943	-0,005604	0,230662	0,0000	300	0,4680	0,4270	0,5868	0,4761	0,8000
0,15	-0,5477	-0,3113	-0,005845	0,266468	0,0000	300	0,4170	0,2970	0,5892	0,4798	0,8000
0,17	-0,5922	-0,3062	-0,005959	0,265060	0,0000	300	0,4030	0,2560	0,5877	0,4839	0,8000
0,2	-0,6693	-0,2927	-0,006141	0,255253	0,0000	300	0,3860	0,2310	0,5799	0,4848	0,8000
0,25	-0,7766	-0,2662	-0,006439	0,231541	0,0000	300	0,3690	0,2070	0,5643	0,4796	0,7999
0,3	-0,8501	-0,2405	-0,006704	0,207277	0,0010	300	0,3680	0,1980	0,5525	0,4813	0,7997
0,4	-0,9431	-0,1975	-0,007125	0,165464	0,0040	300	0,3760	0,1700	0,5338	0,4824	0,7988
0,5	-1,0044	-0,1633	-0,007435	0,133828	0,0100	300	0,3750	0,1710	0,5228	0,4837	0,7966
1	-1,0941	-0,0699	-0,008444	0,058595	0,0670	300	0,4340	0,2330	0,4699	0,5158	0,7504
1,5	-1,1142	-0,0425	-0,007707	0,031787	0,1430	300	0,4960	0,2180	0,4452	0,5326	0,7136
2	-1,1154	-0,0302	-0,004792	0,019716	0,2030	300	0,5110	0,2310	0,4221	0,5335	0,7035
3	-1,1081	-0,0129	-0,001828	0,009643	0,2770	300	0,4770	0,2750	0,4135	0,4866	0,7006
4	-1,0603	-0,0016	-0,001523	0,005379	0,3090	300	0,5160	0,3300	0,3982	0,4769	0,7001
5	-0,9872	0,0000	-0,001440	0,003223	0,3210	300	0,5080	0,3370	0,3857	0,4552	0,7000

Fuente: (Chiou & Youngs, 2013)