UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previó la obtención del Título de

INGENIERO CIVIL

TEMA:

"Criterio para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón Jipijapa aplicando sucesión de Fibonacci"

AUTOR:

Cristhian Rene Cedeño Figueroa

TUTOR:

Ing. Gery Lorenzo Marcillo Mg. Sc.

Jipijapa – Manabí – Ecuador

2023

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Gery Lorenzo Marcillo Mg. Sc

CERTIFICA:

Haber asesorado técnicamente el proceso de desarrollo del Proyecto de investigación, titulado **"Criterio para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el Cantón Jipijapa aplicando la sucesión del Fibonacci"**, cuyo autor es **Cristhian Rene Cedeño Figueroa** con cédula de identidad **131234809-5**, egresado de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, proyecto de investigación elaborado de acuerdo a las normas técnicas de investigación, atendiendo en lo pertinente las recomendaciones del Tribunal de revisión designado. Por lo cual, autorizo a ser presentado para su defensa previo a la Obtención del Título Profesional de Ingeniera Civil.

En cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ing. Gery Lorenzo Marcillo Mg. Sc
TUTOR DEL PROYECTO INVESTIGATIVO

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN

Proyecto de Investigación sometido a consideración de la Comisión de Titulación de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Civil.

Tema: **"Criterio para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón jipijapa aplicando la sucesión de Fibonacci"**

APROBADO POR EL TRIBUNAL EXAMINADOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Martha Johana Álvarez Álvarez, MSc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Erik Gabriel Villavicencio Cedeño, MG. SC.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Francisco Segundo Ponce Reyes, MG. SC.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Arq. George Alfredo Cañarte Baque.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

Creada el 7 de febrero del año 2001, según Registro Oficial No.261

ÓRGANO COLEGIADO ACADÉMICO SUPERIOR

AUTORIZACIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL UNESUM

El que suscribe, **CEDEÑO FIGUEROA CRISTHIAN RENE** en calidad de autor/a del siguiente trabajo escrito titulado **"CRITERIO PARA EL DESARROLLO DE LOS ANALISIS PROBABILISTICOS DE RIESGOS SISMICO EN EL CANTON JIPIJAPA APLICANDO LA SUCESIÓN DEL FIBONACCI"** otorga a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción y distribución pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Se autoriza a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

El autor como titular de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad de encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que él asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta autorización, se cede a la Universidad Estatal del Sur de Manabí el derecho exclusivo de archivar y publicar para ser consultado y citado por terceros, la obra mundialmente en formato electrónico, siempre y cuando no se le haga para obtener beneficio económico.

Jipijapa, 29 Enero 2024

CEDEÑO FFIGUEROA CRISTHIAN RENE

C.I. 1312348095

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Criterio para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón Jipijapa aplicando sucesión de Fibonacci

8% Similitudes

1% Texto entre comillas

< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Criterio para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón Jipijapa aplicando sucesión de Fibonacci.docx
ID del documento: eac67dd79b1591c9f48d025077be14c2d39d9df6
Tamaño del documento original: 8,68 MB
Autor: CRISTHIAN CEDEÑO

Depositante: CRISTHIAN CEDEÑO
Fecha de depósito: 23/8/2023
Tipo de carga: url_submission
fecha de fin de análisis: 23/8/2023

Número de palabras: 47.491
Número de caracteres: 293.476

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	revistas.ucm.es 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (642 palabras)
2	1library.co | Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (498 palabras)
3	core.ac.uk	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (268 palabras)
4	www.scielo.org.co	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (258 palabras)
5	revistas.inter.edu.do | Análisis probabilístico de peligro sísmico y terremoto de di...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (171 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	es.slideshare.net | Vulnerabilidad sísmica	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
3	rcc.marn.gob.sv	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
4	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
5	localhost | Diseño y elaboración de un plan de contingencia en la Urbanización Lo...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1. https://www.youtube.com/watch?v=fu-m7vhYFhk
2. http://redgeomatica.rediris.es/sismo/pdf/pub_014.pdf
3. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S001273532016000100026
4. https://dipecholac.net/docs/files/205-sismos-ciencia-y-comunidad-en-la-gestion-de-los-riesgos-naturales.pdf
5. https://www.e-zigurat.com/blog/es/uso-espectro-diseno-inelastico/

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, a mis padres, a mi hermana, a mis sobrinos, a mi abuelita, que han sido mi inspiración y fortaleza en la cual me he basado para siempre salir adelante en todo momento, y sobre todo en mi vida estudiantil.

Además, quiero agradecer a mi bisabuelita que está en el cielo, que siempre estuvo presente brindándome su cariño, por abrirme las puertas de su hogar por saberme aconsejar en momentos en los cuales me sentía vulnerables.

Agradezco también a mis docentes, a mi tutor Ing. Gery Marcillo, por haberme guiado y brindado sus conocimientos, los cuales fueron primordiales para el desarrollo y culminación del presente trabajo.

Cristhian Rene Cedeño Figueroa

RECONOCIMIETO

Agradezco a Dios primeramente que me dio la fuerza para seguir luchando día a día en toda mi carrera universitaria y todas aquellas personas que son parte de mi vida, y las que en su momento lo fueron, ya que sin duda aportaron en los más ínfimos detalles aportando así en mi formación profesional.

Agradezco a mis padres por ser fuente de inspiración, responsabilidad y definición.

Cristhian Rene Cedeño Figueroa

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR I

APROBACIÓN DEL PROYECTO II

DEDICATORIA V

RECONOCIMIETO VI

ÍNDICE VII

ÍNDICE DE TABLAS XVI

ÍNDICE DE FIGURAS XX

RESUMEN XXVII

SUMMARY XXVIII

INTRODUCCIÓN 1

I.- EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.- Planteamiento del problema 3

2.- Formulación del problema 4

3.- Justificación de la investigación 5

4.- Delimitación de la investigación 6

5.- Objetivos de la investigación 6

5.1.- Objetivo General 6

5.2.- Objetivos Específicos 6

6.- Hipótesis (si aplica) 7

6.1.- Variables 7

II.- MARCO TEÓRICO 8

7.- Antecedentes de la investigación 8

7.1.- Definición conceptual 11

8.- Fundamento Teorico 13

8.1.- Descripción del área de estudio 13

8.1.1.- Ubicación geográfica 13

8.1.2.- Geología 14

8.1.3.- Relieve 16

8.2.- Sismos 17

8.2.1.- Zonas sismogénicas o sismo generadoras 17

8.2.2.- Tipos de sismos o terremotos 17

8.2.3.- Terremotos ligados a causas naturales 17

8.2.4.- Terremotos ligados a causas antrópicas 19

8.3.- Peligro sísmico 19

8.3.1.- Caracterización de las fuentes sísmicas 21

8.3.2.- Caracterización de la atenuación de la onda 21

8.3.3.- Caracterización del efecto de sitio 22

8.4.- Evaluación de sismicidad 22

8.4.1.- Intensidad sísmica 23

8.4.2.- Magnitud y momento sismico 23

8.4.3.- Aceleracion, velocidad y desplazamiento 24

8.4.4.- Escalas de sismos e intensidades 25

8.5.- Vulnerabilidad sísmica 26

8.5.1.- Daños en las edificaciones 27

8.5.2.- Daños estructural 27

8.4.2.- Daños no estructurales 27

8.5.3.- Daños economicos 27

8.6.- Masa coronaria 28

8.6.1.- Eyección de masa coronal y su influencia en los sismos 28

8.7.- Peligro sísmica en Ecuador 29

8.7.1.- Curva de peligro sísmico 31

8.7.2.- Recurrencia de sismos en la fuente 32

8.7.3.- Recurrencia de terremotos en Ecuador 34

8.8.- Comportamiento de ondas sísmicas 35

8.8.1.- Estructura de la onda sísmica 36

8.8.2.- Tipos de ondas sismicas 36

8.8.3.- Ondas de cuerpo 37

8.8.4.- Ondas superficiales 38

8.9.- Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico 40

8.9.1.- Coeficiente de perfil de suelo Fa, Fd y Fs 42

8.10.- Comportamiento horizontales de las cargas sísmicas 44

8.10.1.- Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones 44

8.11.- Energía migratoria 47

8.11.1.- Recopilación de datos 47

8.11.2.- Región 1: Limites de convergencia de las placas de Nazca – Sudamericana, y placa de cocos – placa de caribe 49

8.12.- Historia de Leonardo Pizano (Fibonacci) 51

8.12.1.- El número irracional 52

8.12.2.- La sección dorada como número 52

8.12.3.- La sección dorada y la transferencia Fibonacci 53

8.12.4.- La sección dorada como número 54

8.12.5.- La sección dorada aplicada a la geometria 59

8.12.6.- Sucesión de Fibonacci 63

8.12.1.- Como se calculan los números de Fibonacci 66

9.- Operacionalización de las variables 69

III.- MARCO METODOLÓGICO 71

10.- Tipo y diseño de la investigación 71

10.1.- Tipo de investigación 71

10.2.- Diseño de investigación 71

11.- Enfoque de la investigación 71

12.- Poblacion y muestra 72

12.1.- Población o universo 72

12.2.- Muestra y muestreo 72

13.- Técnicas de recolección de información 72

13.1.- Técnica de campo 73

13.2.- Técnica de ingenria 73

14.- Instrumentos de recolección de información 73

IV.- RESULTADOS. 74

16.- Analisis, aportes y hallazgos 74

16.1.- Objetivo 1: Investigar eventos sisimicos ocurridos en el área de influencia partiendo de un registro sísmico de 53 años, que son una consecuencia de la activación de lo que se conoce como el cinturón de Fuego. 74

16.1.1.- Sismos ocurridos durante el año 2023 en la zona Sur de Manabí 74

16.1.2.- Sismos ocurridos durante el año 2022 en la zona Sur de Manabí 75

16.1.3.- Sismos ocurridos durante el año 2021 en la zona Sur de Manabí 76

16.1.4.- Sismos ocurridos durante el año 2020 en la zona Sur de Manabí 78

16.1.5.- Sismos ocurridos durante el año 2019 en la zona Sur de Manabí 79

16.1.6.- Sismos ocurridos durante el año 2018 en la zona Sur de Manabí 80

16.1.7.- Sismos ocurridos durante el año 2017 en la zona Sur de Manabí 81

16.1.8.- Sismos ocurridos durante el año 2016 en la zona Sur de Manabí 82

16.1.9.- Sismos ocurridos durante el año 2015 en la zona Sur de Manabí 83

16.1.10.- Sismos ocurridos durante el año 2014 en la zona Sur de Manabí 84

16.1.11.- Sismos ocurridos durante el año 2013 en la zona Sur de Manabí 85

16.1.12.- Sismos ocurridos durante el año 2012 en la zona Sur de Manabí 87

16.1.13.- Sismos ocurridos durante el año 2011 en la zona Sur de Manabí 88

16.1.14.- Sismos ocurridos durante el año 2010 en la zona Sur de Manabí 89

16.1.15.- Sismos ocurridos durante el año 2009 en la zona Sur de Manabí 90

16.1.16.- Sismos ocurridos durante el año 2008 en la zona Sur de Manabí 92

16.1.17.- Sismos ocurridos durante el año 2007 en la zona Sur de Manabí 93

16.1.18.- Sismos ocurridos durante el año 2006 en la zona Sur de Manabí 95

16.1.19.- Sismos ocurridos durante el año 2005 en la zona Sur de Manabí 96

16.1.20.- Sismos ocurridos durante el año 2004 en la zona Sur de Manabí 97

16.1.21.- Sismos ocurridos durante el año 2003 en la zona Sur de Manabí 98

16.1.22.- Sismos ocurridos durante el año 2002 en la zona Sur de Manabí 99

16.1.23.- Sismos ocurridos durante el año 2001 en la zona Sur de Manabí 101

16.1.24.- Sismos ocurridos durante el año 2000 en la zona Sur de Manabí 103

16.1.25.- Sismos ocurridos durante el año 1998 en la zona Sur de Manabí 104

16.1.26.- Sismos ocurridos durante el año 1997 en la zona Sur de Manabí 108

16.1.27.- Sismos ocurridos durante el año 1996 en la zona Sur de Manabí 109

16.1.28.- Sismos ocurridos durante el año 1995 en la zona Sur de Manabí 112

16.1.29.- Sismos ocurridos durante el año 1994 en la zona Sur de Manabí 113

16.1.30.- Sismos ocurridos durante el año 1993 en la zona Sur de Manabí 114

16.1.31.- Sismos ocurridos durante el año 1992 en la zona Sur de Manabí 115

16.1.32.- Sismos ocurridos durante el año 1991 en la zona Sur de Manabí 116

16.1.33.- Sismos ocurridos durante el año 1987 en la zona Sur de Manabí 117

16.1.34.- Sismos ocurridos durante el año 1984 en la zona Sur de Manabí 118

16.1.35.- Sismos ocurridos durante el año 1983 en la zona Sur de Manabí 119

16.1.36.- Sismos ocurridos durante el año 1979 en la zona Sur de Manabí 120

16.1.37.- Sismos ocurridos durante el año 1978 en la zona Sur de Manabí 121

16.1.38.- Sismos ocurridos durante el año 1977 en la zona Sur de Manabí 122

16.1.39.- Sismos ocurridos durante el año 1975 en la zona Sur de Manabí 124

16.1.40.- Sismos ocurridos durante el año 1974 en la zona Sur de Manabí 124

16.1.41.- Sismos ocurridos durante el año 1973 en la zona Sur de Manabí 125

16.1.42.- Sismos ocurridos durante el año 1972 en la zona Sur de Manabí 126

16.1.43.- Sismos ocurridos durante el año 1971 en la zona Sur de Manabí 127

16.1.44.- Sismos ocurridos durante el año 1970 en la zona Sur de Manabí 128

16.2.- Objetivo 2: Realizar un mapa isométrico de fallas en el área de influencia de acuerdo a registro sísmico. 131

16.2.1.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1970 – 1975.....131

16.2.2.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1977 – 1984.....133

16.2.3.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1987 – 1994.....135

16.2.4.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1995 – 2000.....137

16.2.5.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2001 – 2005.....142

16.2.6.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2006 – 2010.....146

16.2.7.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2011 – 2015.....150

16.2.8.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2016 – 2020.....153

16.2.9.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2021 – 2023.....156

16.2.10.- Relación de los sismos por años de estudio y profundidad en funcion de la magnitud en un rango de 3.0 a 3.9 en la escala Richter 159

16.2.11.- Relación de los sismos por años de estudio y profundidad en funcion de la magnitud en un rango de 4.0 a 4.9 en la escala Richter 161

16.2.12.- Relación de los sismos por años de estudio y profundidad en funcion de la magnitud mayores 5 en la escala Richter 163

16.2.13.- Mapa representativo de sismos con area de influencia en el canton Jipijapa desde 1970 - 2023 165

16.3.- Objetivo 3: Calcular las líneas de comportamiento y caracterizar planos de fallas de alta sensibilidad entre el área de estudio y su incidencia en la ciudad de Jipijapa. 166

16.3.1.- Lineas de falla producto de los sismos 1970 – 1975 166

16.3.2.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1977 – 1984.....167

16.3.3.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1987 – 1994.....168

16.3.4.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1995 – 2000.....169

16.3.5.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2001 – 2005.....170

16.3.6.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2006 – 2010.....171

16.3.7.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2011 – 2015.....172

16.3.8.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2016 – 2020.....173

16.3.9.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2021 – 2023.....174

16.3.10.- Línea de falla presente en los sismos de los años de estudios en función del rango de magnitud de 3.0 a 3.9 en la escala Richter.....175

16.3.11.- Línea de falla presente en los sismos de los años de estudios en función del rango de magnitud de 4.0 a 4.9 en la escala Richter.....179

16.3.12.- Línea de falla presente en los sismos de los años de estudios en función del rango de magnitud mayores a 5 en la escala Richter.....182

16.4.- Objetivo 4: Evaluar la sucesión de Fibonacci a partir de las magnitudes mayores de 4 que se consideran de tipo superficial.....185

16.4.1.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.0 en la escala de Richter.....187

16.4.2.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.1 en la escala de Richter.....189

16.4.3.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.2 en la escala de Richter.....191

16.4.4.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.3 en la escala de Richter.....193

16.4.5.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.4 en la escala de Richter.....195

16.4.6.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.5 en la escala de Richter.....197

16.4.7.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.6 en la escala de Richter.....199

16.4.8.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.7 en la escala de Richter.....201

16.4.9.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.8 en la escala de Richter.....203

16.4.10.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.9 en la escala de Richter.....205

16.4.11.- Evaluación de sucesión de Fibonacci en relacion a los años de repeticion del sismo 207

V.- CONCLUSIONES 208

VI.- RECOMENDACIONES-.....209

VII.- REFERENCIAS 210

VIII.- ANEXOS 214

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formaciones geológicas del cantón Jipijapa 15

Tabla 2. Tipos de relieves del cantón 16

Tabla 3. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada 30

Tabla 4. Ubicación y magnitud de terremotos mayores a 7 en la escala de Richter en Ecuador desde 1900 hasta el 2017 34

Tabla 5. Tipos de perfiles de suelos según la NEC 41

Tabla 6. Coeficiente de amplificación de suelo FA 43

Tabla 7. Coeficiente de amplificación de espectro elástico Fd 43

Tabla 8. Comportamiento no lineal de los suelos Fs 44

Tabla 9. Distribución de terremotos en el límite de convergencia de las placas de Nazca – Sudamericana y Placas de Cocos – Placa del caribe 50

Tabla 10. Representación de la sección dorada como número 54

Tabla 11. Operacionalización de las variables 69

Tabla 12. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2023 75

Tabla 13. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2022 76

Tabla 14. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2021 77

Tabla 15. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2020 78

Tabla 16. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2019 80

Tabla 17. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2018 81

Tabla 18. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2017 82

Tabla 19. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2016 83

Tabla 20. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2015 84

Tabla 21. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2014 85

Tabla 22. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2013 86

Tabla 23. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2012 87

Tabla 24. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2011 89

Tabla 25. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2010 90

Tabla 26. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2009 91

Tabla 27. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2008 93

Tabla 28. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2007 94

Tabla 29. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2006 96

Tabla 30. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2005 97

Tabla 31. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2004 98

Tabla 32. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2003 99

Tabla 33. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2002 100

Tabla 34. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2001 102

Tabla 35. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2000 104

Tabla 36. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1998 105

Tabla 37. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1997 108

Tabla 38. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1996 110

Tabla 39. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1995 112

Tabla 40. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1994 114

Tabla 41. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1993 115

Tabla 42. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1992 116

Tabla 43. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1991 117

Tabla 44. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1987 118

Tabla 45. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1984 119

Tabla 46. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1983 120

Tabla 47. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1979 121

Tabla 48. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1978 122

Tabla 49. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1977 123

Tabla 50. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1975 124

Tabla 51. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1974 125

Tabla 52. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1973 126

Tabla 53. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1972 127

Tabla 54. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1971 128

Tabla 55. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1970 129

Tabla 56. Relación entre Magnitud – sismos 1970 – 1975 131

Tabla 57. Relación entre Magnitud – sismos 1977 – 1984 133

Tabla 58. Relación entre Magnitud – sismos 1987 – 1994 135

Tabla 59. Relación entre Magnitud – sismos 1995 – 2000 137

Tabla 60. Relación entre Magnitud – sismos 2001 – 2005 142

Tabla 61.Relación entre Magnitud – sismos 2006 – 2010 146

Tabla 62. Relación entre Magnitud – sismos 2011 – 2015 150

Tabla 63. Relación entre Magnitud – sismos 2016 – 2020 153

Tabla 64. Relación entre Magnitud – sismos 2021 – 2023 156

Tabla 65. Sismos de magnitud 4.0 aplicados a la sucesión de Fibonacci 187

Tabla 66. Sismos de magnitud 4.1 aplicados a la sucesión de Fibonacci 189

Tabla 67. Sismos de magnitud 4.2 aplicados a la sucesión de Fibonacci 191

Tabla 68. Sismos de magnitud 4.3 aplicados a la sucesión de Fibonacci 193

Tabla 69. Sismos de magnitud 4.4 aplicados a la sucesión de Fibonacci 195

Tabla 70. Sismos de magnitud 4.5 aplicados a la sucesión de Fibonacci 197

Tabla 71. Sismos de magnitud 4.6 aplicados a la sucesión de Fibonacci 199

Tabla 72. Sismos de magnitud 4.7 aplicados a la sucesión de Fibonacci 201

Tabla 73. Sismos de magnitud 4.8 aplicados a la sucesión de Fibonacci 203

Tabla 74. Sismos de magnitud 4.9 aplicados a la sucesión de Fibonacci 205

Tabla 75. Relación de tiempos de regresión en años por medio de la sucesión de Fibonacci ..207

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción general de la ciudad de Jipijapa 14

Figura 2. Esquema de evaluación y cálculo de peligro sísmico 20

Figura 3. Movimiento del suelo desde la fuente + trayectoria + efecto de sitio 21

Figura 4. Movimiento del suelo desde la fuente + trayectoria + efecto de sitio 30

Figura 5. Curva de peligro sísmico, ciudad Nueva Loja. 32

Figura 6. Energía sísmica liberada en Ecuador desde 1900 hasta el 2017 por décadas 33

Figura 7. Descripción de una onda sísmica 36

Figura 8. Onda P 37

Figura 9. Onda S 38

Figura 10. Onda love 39

Figura 11. Onda rayleigh 40

Figura 12. Espectro elástico horizontal 45

Figura 13. Distribución de epicentros sísmicos 1960 – 2014 48

Figura 14. Distribución de terremotos en el límite de convergencia de las placas de Nazca – Sudamericana y Placas de Cocos – Placa del caribe 50

Figura 15. Curva de sucesión de Fibonacci 64

Figura 16. Proceso de sucesión de Fibonacci 66

Figura 17. Primeros términos de sucesión 67

Figura 18. Curva de Frecuencia Sísmica 68

Figura 19. Sismos registrados en el año 2023 zona Sur de Manabí 74

Figura 20. Sismos registrados en el año 2022 zona Sur de Manabí 75

Figura 21. Sismos registrados en el año 2021 zona Sur de Manabí 76

Figura 22. Sismos registrados en el año 2020 zona Sur de Manabí 78

Figura 23. Sismos registrados en el año 2019 zona Sur de Manabí 79

Figura 24. Sismos registrados en el año 2018 zona Sur de Manabí 80

Figura 25. Sismos registrados en el año 2017 zona Sur de Manabí 81

Figura 26. Sismos registrados en el año 2016 zona Sur de Manabí 82

Figura 27. Sismos registrados en el año 2015 zona Sur de Manabí 83

Figura 28. Sismos registrados en el año 2014 zona Sur de Manabí 84

Figura 29. Sismos registrados en el año 2013 zona Sur de Manabí 85

Figura 30. Sismos registrados en el año 2012 zona Sur de Manabí 87

Figura 31. Sismos registrados en el año 2011 zona Sur de Manabí 88

Figura 32. Sismos registrados en el año 2010 zona Sur de Manabí 89

Figura 33. Sismos registrados en el año 2009 zona Sur de Manabí 91

Figura 34. Sismos registrados en el año 2008 zona Sur de Manabí 92

Figura 35. Sismos registrados en el año 2007 zona Sur de Manabí 94

Figura 36. Sismos registrados en el año 2006 zona Sur de Manabí 95

Figura 37. Sismos registrados en el año 2005 zona Sur de Manabí 96

Figura 38. Sismos registrados en el año 2004 zona Sur de Manabí 97

Figura 39. Sismos registrados en el año 2003 zona Sur de Manabí 98

Figura 40. Sismos registrados en el año 2002 zona Sur de Manabí 100

Figura 41. Sismos registrados en el año 2001 zona Sur de Manabí 102

Figura 42. Sismos registrados en el año 2000 zona Sur de Manabí 103

Figura 43. Sismos registrados en el año 1998 zona Sur de Manabí 105

Figura 44. Sismos registrados en el año 1997 zona Sur de Manabí 108

Figura 45. Sismos registrados en el año 1996 zona Sur de Manabí 110

Figura 46. Sismos registrados en el año 1995 zona Sur de Manabí 112

Figura 47. Sismos registrados en el año 1994 zona Sur de Manabí 113

Figura 48. Sismos registrados en el año 1993 zona Sur de Manabí 114

Figura 49. Sismos registrados en el año 1992 zona Sur de Manabí 116

Figura 50. Sismos registrados en el año 1991 zona Sur de Manabí 117

Figura 51. Sismos registrados en el año 1987 zona Sur de Manabí 118

Figura 52. Sismos registrados en el año 1984 zona Sur de Manabí 119

Figura 53. Sismos registrados en el año 1983 zona Sur de Manabí 120

Figura 54. Sismos registrados en el año 1979 zona Sur de Manabí 121

Figura 55. Sismos registrados en el año 1978 zona Sur de Manabí 122

Figura 56. Sismos registrados en el año 1977 zona Sur de Manabí 123

Figura 57. Sismos registrados en el año 1975 zona Sur de Manabí 124

Figura 58. Sismos registrados en el año 1974 zona Sur de Manabí 125

Figura 59. Sismos registrados en el año 1973 zona Sur de Manabí 126

Figura 60. Sismos registrados en el año 1972 zona Sur de Manabí 127

Figura 61. Sismos registrados en el año 1971 zona Sur de Manabí 128

Figura 62. Sismos registrados en el año 1970 zona Sur de Manabí 129

Figura 63. Relación magnitud – años periodo 1970 – 1975.....132

Figura 64. Relación profundidad – años periodo 1970 – 1975 132

Figura 65. Relación magnitud – años periodo 1977 – 1984.....134

Figura 66. Relación profundidad – años periodo 1977 – 1984 134

Figura 67. Relación magnitud – años periodo 1987 – 1994.....136

Figura 68. Relación profundidad – años periodo 1987 – 1994 136

Figura 69.Relación magnitud – años periodo 1995 – 2000.....141

Figura 70. Relación profundidad – años periodo 1995 – 2000 141

Figura 71. Relación magnitud – años periodo 2001 – 2005.....145

Figura 72. Relación profundidad – años periodo 2001 – 2005 145

Figura 73. Relación magnitud – años periodo 2006 – 2010.....149

Figura 74. Relación profundidad – años periodo 2006 – 2010 149

Figura 75. Relación magnitud – años periodo 2011 – 2015.....152

Figura 76. Relación profundidad – años periodo 2011 – 2015 152

Figura 77. Relación magnitud – años periodo 2016 – 2020.....155

Figura 78. Relación profundidad – años periodo 2016 – 2020 155

Figura 79. Relación magnitud – años periodo 2021 – 2023.....158

Figura 80. Relación profundidad – años periodo 2021 – 2023 158

Figura 81. Relación años de estudio - magnitud (escala 3. – 3.9) 159

Figura 82. Relación años de estudio – profundidad (escala 3. – 3.9) 160

Figura 83. Relación magnitud – profundidad (escala 3. – 3.9).....160

Figura 84. Relación años de estudio - magnitud (escala 4. – 4.9) 161

Figura 85. Relación años de estudio - profundidad magnitud (escala 4. – 4.9) 162

Figura 86. Relación magnitud – profundidad magnitud (escala 4. – 4.9).....162

Figura 87. Relación años de estudio - magnitud (escalas mayores a 5).....163

Figura 88. Relación años de estudio - profundidad magnitud (escalas mayores a 5).....164

Figura 89. Relación magnitud – profundidad magnitud (escalas mayores a 5) 164

Figura 90. Mapa puntual de sismos registrados en los años 19070 – 2023 en la zona Sur de Manabí 165

Figura 91. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1970 – 1975.....166

Figura 92. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1970 – 1975.....167

Figura 93. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1977 – 1984.....167

Figura 94. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1977 – 1984.....168

Figura 95. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1987 – 1994.....168

Figura 96. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1987 – 1994.....169

Figura 97. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1995 – 2000.....169

Figura 98. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1995 – 2000.....170

Figura 99.Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2001 – 2005.....170

Figura 100. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2001 – 2005.....171

Figura 101. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2006 – 2010.....171

Figura 102.Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2006 – 2010.....172

Figura 103. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2011 – 2015.....172

Figura 104. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2011 – 2015.....173

Figura 105. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2016 – 2020.....173

Figura 106. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2016 – 2020.....174

Figura 107. Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2021 – 2023.....174

Figura 108. Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2021 – 2023.....175

Figura 109. Línea de falla en función de los años de estudio - magnitud (escala 3. – 3.9) 176

Figura 110. Línea de falla en función de los años de estudio - profundidad (escala 3. – 3.9) ..176

Figura 111. Línea de falla en relación magnitud – profundidad (escala 3. – 3.9) 177

Figura 112. Plano representativo de las líneas de falla producto del estudio de sismos con magnitud 3 – 3.9 de los 53 años de estudio 178

Figura 113. Línea de falla en función de los años de estudio - magnitud (escala 4. – 4.9) 179

Figura 114. Línea de falla en función de los años de estudio - profundidad (escala 4. – 4.9) ..180

Figura 115. Línea de falla en relación magnitud – profundidad (escala 4. – 4.9) 180

Figura 116. Plano representativo de las líneas de falla producto del estudio de sismos con magnitud 4 – 4.9 de los 53 años de estudio 181

Figura 117. Línea de falla en función años de estudio - magnitud (escalas mayores a 5).....182

Figura 118. Línea de falla en función años de estudio - profundidad (escalas mayores a 5)....183

Figura 119. Línea de falla en relación magnitud – profundidad (escalas mayores a 5).....183

Figura 120. Plano representativo de las líneas de falla producto del estudio de sismos mayores a 5 de los 53 años de estudio.....184

Figura 121. Esquema del proceso de ingreso de datos del programa Pseint para la sucesión de Fibonacci 186

Figura 122. Sismo de magnitud 4.0 registrados en los años de estudio.....188

Figura 123. Sismos de magnitud 4.0 según la sucesión de Fibonacci 188

Figura 124. Sismo de magnitud 4.1 registrados en los años de estudio.....190

Figura 125. Sismos de magnitud 4.1 según la sucesión de Fibonacci 190

Figura 126. Sismo de magnitud 4.2 registrados en los años de estudio.....192

Figura 127. Sismos de magnitud 4.2 según la sucesión de Fibonacci 192

Figura 128. Sismo de magnitud 4.3 registrados en los años de estudio.....194

Figura 129. Sismos de magnitud 4.3 según la sucesión de Fibonacci 194

Figura 130. Sismo de magnitud 4.4 registrados en los años de estudio.....196

Figura 131. Sismos de magnitud 4.4 según la sucesión de Fibonacci 196

Figura 132. Sismo de magnitud 4.5 registrados en los años de estudio.....198

Figura 133. Sismos de magnitud 4.5 según la sucesión de Fibonacci 198

Figura 134. Sismo de magnitud 4.6 registrados en los años de estudio.....200

Figura 135. Sismos de magnitud 4.6 según la sucesión de Fibonacci 200

Figura 136. Sismo de magnitud 4.7 registrados en los años de estudio.....202

Figura 137. Sismos de magnitud 4.7 según la sucesión de Fibonacci 202

Figura 138. Sismo de magnitud 4.8 registrados en los años de estudio.....204

Figura 139. Sismos de magnitud 4.8 según la sucesión de Fibonacci 204

Figura 140. Sismo de magnitud 4.9 registrados en los años de estudio.....206

Figura 141. Sismos de magnitud 4.9 según la sucesión de Fibonacci 206

RESUMEN

Los sismos forman parte de eventos naturales que se presentan por el contacto entre dos placas tectónicas los cuales producían liberación de energía de diferentes magnitudes y profundidades medidas en escala de Richter. El sismo influía de diferentes maneras en el área o radio de influencia de la liberación de energía, causando pérdidas materiales y humanas. El objetivo principal del proyecto era estudiar los criterios para el desarrollo de los análisis del riesgo sísmico en la zona Sur de Manabí aplicando la sucesión de Fibonacci. La investigación utilizada en el proyecto fue de tipo cualitativa y es basada en la recolección de información estadística de registros sísmicos en la zona Sur de Manabí que habían influido en el cantón Jipijapa y fueron obtenidos de sitios web. Como resultado de la investigación se obtuvo un registro sísmico de 53 años desde el año 1970 hasta 2023 correspondiente a los eventos que se habían suscitado en la zona Sur de Manabí. Se representó de forma puntual la ubicación georreferenciada del epicentro de cada uno de los sismos por año en un mapa cartográfico de la zona Sur de Manabí. Se establecieron líneas de falla considerando la magnitud y la profundidad en los años de estudio, identificando geográficamente el comportamiento sísmico del área de influencia de la activación del anillo de fuego en la zona Sur de la provincia. Como último punto se realizó un análisis estadístico por medio del algoritmo o sucesión de Fibonacci permitiendo conocer la recurrencia de los sismos entre 4 a 4.9 en la escala Richter que se habían presentado como profundidad superficial y habían tenido una mayor incidencia en el área de estudio.

Palabras clave: escala de Richter, liberación de energía, pérdidas humanas, sismos, sucesión de Fibonacci

SUMMARY

Earthquakes are natural events that occur due to the interaction between two tectonic plates, resulting in the release of energy of varying magnitudes and depths measured on the Richter scale. Earthquakes influence the surrounding area or radius of energy release in various ways, causing both material and human losses. The main objective of the project is to study the criteria for developing seismic risk analysis in the Southern zone of Manabí using the Fibonacci sequence. The research employed in the project is of an qualitative nature, involving the collection of statistical information from seismic records in the Southern zone of Manabí that have an impact on the Jipijapa canton from websites. As a result of the research, a seismic record spanning 53 years from 1970 to 2023 was obtained, corresponding to the events that occurred in the Southern zone of Manabí. The georeferenced locations of the epicenters of each earthquake per year were accurately depicted on a cartographic map of the Southern zone of Manabí. Fault lines were established, taking into account the magnitude and depth during the years of study, thereby geographically identifying the seismic behavior of the activation area of the Ring of Fire in the Southern province. As a final point, a statistical analysis was conducted using the Fibonacci algorithm or sequence, allowing for an understanding of the recurrence of earthquakes between magnitudes 4 to 4.9 on the Richter scale, which have occurred at shallow depths and have shown a higher incidence in the study area.

Keywords: Richter scale, energy release, human losses, earthquakes, Fibonacci sequence

INTRODUCCIÓN

Los sismos son producidos del contacto entre dos placas tectónicas que liberan energía causando daños materiales y pérdidas humanas, a nivel mundial se han registrados un sinnúmero de catástrofes con una distribución geográfica que abarca gran parte del planeta y con una recurrencia probabilística regularmente periódica.

La Universidad Estatal del Sur de Manabí por medio de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil han realizado estudios de los daños que han provocado la liberación de energía sísmica y el tiempo de recurrencia de los sucesos, es necesario profundizar el tema para tener un conocimiento de mayor amplitud en el tema que tiene gran importancia al encontrarnos en un nivel de sismicidad alto según la clasificación de la NEC.

El objetivo general del proyecto es el criterio para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón Jipijapa aplicando sucesión de Fibonacci, para conocer por medio de tabulación de datos sísmicos registrados en la zona Sur de Manabí un área de influencia sísmica que afecta a la ciudad de Jipijapa y conocer el tiempo de regresión por medio de la aplicación del número áureo del matemático Leonardo de Pisa.

A nivel mundial existen puntos de concentración de energía de gran magnitud los cuales provocan sismos de gran magnitud como se ha registrado históricamente a escala de terremotos en diferentes países del mundo y sus daños producidos son innumerables tanto en pérdidas humanas y materiales

Los países de América que están rodeados por el cinturón de fuego tienen alto riesgo de probabilidad sísmica, considerando que es el lugar del planeta donde se encuentran las placas tectónicas con mayor movimiento y actividad sísmicas. Cada ocurre sismo de menor intensidad, pero a lo largo de la historia se han evidenciados sismos de gran magnitud que han dejado pérdidas

materiales y humanas siendo uno de los desastres naturales que ha cobrado mayor número de vidas en el mundo.

Ecuador es un país con una alta tasa de sismicidad de acuerdo a las Normas Ecuatorianas de la Construcción capitulo sismo resistente enumera las diferentes provincias y ciudades su peligrosidad o nivel de sismicidad. Una de los terremotos que dejo secuelas en el país fue el 14 abril, donde se evidencio las diferentes errores constructivos y falta de estudios que se deben considerar con el alto nivel de sismicidad del Ecuador.

Los resultados esperados de la investigación son conocer por medio de sitios oficiales del Ecuador entre otros, como el INOCAR, VOLCANO DISCOVER e IRIS los sismos presenten en un rango de 53 años atrás producidos o liberados en la zona Sur de Manabí para conocer sus características y ser registrados en un mapa de forma puntual geográficamente.

Conocer las líneas de fallas geográficamente de acuerdo a su magnitud, profundidad y fechas de tal forma que se identifique un patrón de conducta de liberación de energía en la zona Sur de Manabí y conocer las áreas de afectación del cantón Jipijapa y otros cantones cercanos.

Establecer puntos de influencia con radios determinados de 20 km donde se presentan mayor liberación de energía de diferentes magnitudes, para conocer de una forma más profunda la zona de enjambré sísmico y sus líneas de falla.

Realizar un análisis probabilístico de sismos con magnitudes mayores a 4 por medio de la sucesión de Fibonacci para conocer el tiempo de retorno o recurrencia en las áreas de estudio analizada.

.

I.- EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.- Planteamiento del problema

El problema de la investigación es los riesgos sísmicos que se presentan en el cantón Jipijapa debido que la ciudad se encuentra en constante peligro sísmico al ser catalogada la zona como tipo V de acuerdo a la clasificación de la NEC. De esta observación nace la necesidad de realizar un estudio de riesgo sísmico aplicando la sucesión de Fibonacci la cual está basada en cálculos matemáticos probabilísticos de esta forma tener conocimiento del tiempo de regresión de sismos significativos que han causado pérdidas tanto materiales como humanas.

A nivel mundial existen países con mayor riesgo sísmico, es decir donde se producen mayor cantidad de terremotos debido al movimiento de las placas tectónicas de la tierra, entre los países con más terremotos en los últimos años destacan los siguientes EEUU, México, Guatemala, Costa Rica, Perú, Ecuador, Chile, Vanuatu, Tonga, Tuvalu, etc. (Juste, 2021).

De acuerdo a ONU América latina y el caribe es la segunda región más propensa a desastres naturales en el mundo, asegura un nuevo informe del continente sudamericano está situada dentro del “anillo de fuego”, un camino ubicado a lo largo del Océano Pacifico caracterizado por volcanes activos y terremotos frecuentes, la costa occidental de América del Sur es una de las zonas más sísmicas del mundo, más de una cuarta parte de los terremotos del mundo de magnitud 8,0 o más ocurrieron allí desde el año 2000 (Naciones Unidas, 2020).

El peligro sísmico en Ecuador está regido principalmente por dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e intraplaca), y de tipo corticales (superficiales). En cada una de estas fuentes se lleva a cabo un proceso de acumulación y liberación de energía independiente del que ocurre en las demás fuentes. Los sismos interplaca (profundidad < 40 km) corresponden a los sismos que se generan por el roce entre la placa de Nazca que subduce bajo la placa Sudamericana

a lo largo de su zona de convergencia. Los sismos intraplaca (profundidad entre 40 y 300 km) corresponden a los sismos de falla normal de profundidad intermedia, localizados dentro de la placa oceánica de Nazca que subduce bajo la placa continental Sudamericana. Los sismos corticales (profundidad < 40 km) corresponden a los sismos someros que ocurren dentro de la placa Sudamericana (Quinde & Reinoso , 2016).

Jipijapa es una ciudad con alta peligrosidad sísmica de acuerdo a la zonificación del NEC, a pesar que en los sismos de mayor magnitud que se han presentado en el país no ha presentado grandes pérdidas materiales, pero si daños en los hogares de los Jipijapenses, especialmente las viviendas que se encuentran en zona de riesgo.

2.- Formulación del problema

Considerando la importancia de realizar un análisis probabilístico de la recurrencia de sismos es necesario la implementación de un estudio que permita conocer su recurrencia a través de un método matemático probabilístico que permita conocer una proyección de un sismo y tomar las debidas precauciones. Para esto se ha planteado una serie de interrogantes las cuales por medio de técnicas de investigación llegar a los resultados deseados así presentar un modelo de recurrencia y peligrosidad sísmica en el cantón Jipijapa.

¿Por medio de la sucesión de Fibonacci se podrá determinar criterios de recurrencia de riesgo sísmico en la ciudad de Jipijapa?

¿Qué tipo de investigación es necesaria para determinar los eventos sísmicos ocurridos en el área de influencia partiendo de un registro sísmico de 53 años que son consecuencia de la activación del cinturón de fuego ?

¿Por medio de la representación geográfica de la zona de influencia se podrá identificar la ubicación de los sismos de forma puntual en el mapa a escala de la zona de Sur de Manabí?

3.- Justificación de la investigación

El presente proyecto presenta un enfoque de estudio de análisis probabilístico relacionado al riesgo sísmico aplicando la sucesión de Fibonacci, con este estudio experimental se pretende determinar el tiempo de regresión de los sismos que han provocado daños materiales y ocasionada perdida lamentables de seres humanos. Con esto se pretende prevenir futuras eventos sísmicos y evitar pérdidas humanas.

En la actualidad se publican numerosos trabajos relacionados con la gestión de riesgos sísmicos y los planes comunitarios para prevenir y proteger a la sociedad, los cuales están compuestos por procedimientos útiles para salvaguardar la vida del ser humano. A continuación, se mencionará algunos de estos estudios.

La caracterización de los movimientos fuertes del suelo inducidos por terremotos en un sitio es un problema fundamental en ingeniería sísmica. Las características esperadas del movimiento del suelo, tales como intensidad, duración y contenido de frecuencia son necesarias para un efectivo análisis de los efectos inducidos en estructuras civiles y su diseño para resistir dichos efectos. La práctica actual, en el diseño de estructuras sismo-resistentes, está basada en permitir que la estructura sufra un nivel prescrito de daños durante terremotos fuertes, sin fallas importantes en el sistema estructural que pongan en riesgo su integridad; el nivel esperado de daños en la estructura puede ser severo e incluso irreparable. La razón de esta filosofía de diseño es que para estructuras convencionales no es económicamente factible diseñarlas para resistir los efectos de terremotos fuertes sin sufrir ningún tipo de daños, debido a que la recurrencia media de este tipo de evento extremo implica que hay una baja probabilidad de que una estructura particular sea afectada por un terremoto severo durante su vida útil.

4.- Delimitación de la investigación

- **Campo de estudio:** Ingeniería Civil
- **Área:** Análisis sísmico
- **Aspecto:** Análisis de riesgo sísmico por medio de la sucesión de Fibonacci
- **Tema:** "Criterios para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón Jipijapa aplicando sucesión de Fibonacci"
- **Tiempo y espacio:** cantón Jipijapa periodo 2023.

5.- Objetivos de la investigación

5.1.- Objetivo General

Estudiar los criterios para el desarrollo de los análisis del riesgo sísmico en la zona Sur de Manabí aplicando sucesión de Fibonacci.

5.2.- Objetivos Específicos

- Investigar eventos sisimicos ocurridos en el área de influencia partiendo de un registro sísmico de 53 años, que son una consecuencia de la activación de lo que se conoce como el cinturón de Fuego.
- Realizar un mapa hipsométrico de fallas en el área de influencia de acuerdo a registro sísmico.
- Calcular las líneas de comportamiento y caracterizar planos de fallas de alta sensibilidad entre el área de estudio y su incidencia en la ciudad de Jipijapa.
- Evaluar la sucesión de Fibonacci a partir de las magnitudes mayores de 4 que se consideran de tipo superficial.

6.- Hipótesis (si aplica)

Los sismos presentan un gran riesgo para las vidas humanas y causa daños económicos, en la actualidad no se han realizado estudios de caracterización sísmica georreferenciada para el cantón Jipijapa considerando un área de influencia mayor al afectar de forma general los sismos de mayor magnitud y de tipo superficial que se encuentran fuera de la ciudad, de esta forma se consideró ampliar el área de estudio a la zona Sur de Manabí.

Por tal razón es necesario realizar la propuesta del estudio de la regresión sísmica por medio del algoritmo de la sucesión de Fibonacci.

6.1.- Variables

- **Variable Dependiente:**

  Análisis probabilístico de riesgos sísmicos en el cantón Jipijapa

- **Variable Independiente:**

  Sucesión de Fibonacci

II.- MARCO TEÓRICO

7.- Antecedentes de la investigación

Chávez & Bojórquez (2015) indicaron en su investigación denominada "análisis de peligro sísmico probabilístico usando una nueva medida de intensidad sísmica" uso un paradigma positivo con un enfoque cuantitativo, aplicando técnicas de investigación aplicada y experimental para el fundamento de su estudio de probabilidad sísmica en México, utilizando como herramienta programas computarizados basado en probabilidades que son basados a normas sismorresistentes de México para llegar a obtener los resultados deseados de su investigación. Teniendo como objetivo principal realizar un análisis de peligro sísmico probabilístico para una región de México utilizando una nueva medida de intensidad sísmica basada en la aceleración espectral y en un parámetro para caracterizar la forma espectral llamado Np. Como resultados de su investigación se llegó a la conclusión.

Además, Chávez & Bojórquez (2015) llegaron a la siguiente conclusión:

- La estimación del peligro sísmico para la región de Sinaloa se efectuó tomando en cuenta la nueva medida de intensidad sísmica INp basada en el parámetro Np, la característica principal de este parámetro es el uso de la forma espectral.
- Se muestra la posibilidad de obtener tanto curvas de peligro sísmico como de espectros de peligro uniforme de manera sencilla utilizando la formulación desarrollada por Bojórquez y Iervolino; además, se ilustra la importancia de la velocidad promedio de ondas de cortante, mientras mayor sea la velocidad, las curvas de peligro sísmico presentan menor intensidad en términos de INp para un sitio en específico, de igual manera se ven afectados los espectros de peligro

uniforme por la velocidad de las ondas de cortante ya que estos son obtenidos a partir de las curvas de peligro.

- De los resultados obtenidos se observa que el lugar que experimenta mayor peligro sísmico es el sitio FIM-UAS (es decir, la Ciudad de Los Mochis), lo cual indica que las ordenadas espectrales de diseño (coeficiente sísmico requerido) son mayores para este sitio. El segundo sitio con mayor peligrosidad sísmica corresponde a GVE. Para el sitio FIC-UAS el peligró sísmico es menor que para el sitio GVE, y en este trabajo el lugar con menor peligro sísmico que se obtuvo corresponde al sitio MZT-UAS.

Lantana (2007) en su investigación denominada “ evaluación del riego sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona” se usó paradigmas positivos con un enfoque cuantitativo, utilizando una investigación de tipo experimental basado en métodos matemáticos y software computarizados. Las herramientas empleadas son libros, programas computarizados para facilidad de cálculo. Obteniendo respuestas a las interrogantes planteadas en su investigación, llegando a obtener los resultados deseados para proponer un modelo de riesgo sísmico de acuerdo a la vulnerabilidad de la ciudad de Barcelona llegando a la siguiente conclusión.

Lantana (2007) concluyo lo siguiente:

- Los estudios de riesgo sísmico realizados en Cataluña en general, y en la ciudad de Barcelona en particular, muestran que, a pesar de encontrarse en una zona considerada como de sismicidad moderada a baja, la vulnerabilidad de sus edificios es alta, de forma que el daño esperado por causa sísmica es relativamente alto incluso para terremotos relativamente moderados

- En referencia a otros aspectos relacionados con el riesgo sísmico, efectúa el primer esfuerzo para incorporar lo que se ha dado en llamar la exposición del sistema urbano. El sistema urbano se analiza incluyendo aspectos como los servicios, la actividad económica y los recursos para afrontar la emergencia. Entre los servicios sobresalen los de salud, básicamente hospitales y centros de asistencia, y los de educación. La actividad económica incluye la evaluación de la capacidad comercial, industrial y turística. El análisis, realizado a nivel de barrios, pone de manifiesto un mayor riesgo en el casco antiguo de la ciudad

Guamaní (2019) indica en su investigación denominada " Estudio de peligro sísmico determinista para las estructuras de Ambato sector la universidad ubicada entre las calles Bolivariana, Hipócrates, Jenofonte, Horacio, Real Audiencia y Pitágoras" El enfoque del proyecto es positivo y cuantitativo, la investigación utilizada es experimental por medio de técnicas de recolección de información bibliográfica y métodos matemáticos se llegó a los resultados obtenidos de los objetivos específicos planteados en la investigación, obteniendo los resultados deseados. El autor llego a las siguientes conclusiones.

Guamaní (2019) llego a las siguientes conclusiones:

- El estudio de peligrosidad sísmica realizado para el sector La Universal, establece que las fallas corticales presentan aceleraciones máximas en periodos cortos, mientras que la falla de subducción presenta un espectro distinto, ya que su máxima aceleración prevalece en un período largo. Considerando lo mencionado se establece que las estructuras del sector La Universal estarán propensas a sufrir grandes daños por lo que presentan alturas no mayores de 4 pisos.
- Mediante las fallas seleccionadas de acuerdo a su grado de amenaza a la zona de estudio, presentan magnitudes de 8.9, 6.5, 6.5, 6.9, 6.3, respectivamente, considerando que la falla

de Subducción presento una magnitud de momento de 8.9 por tener una mayor longitud de ruptura superficial, y de acuerdo a la longitud de ruptura es la de Samanga ya que presenta una magnitud de momento de 6.9, sin embargo se establece la falla de Totoras tendrá mayor influencia en el sector La Universal ya que se encuentra más cerca

- La velocidad de corte de suelo (Vs30), se determinó en base al tipo de suelo encontrado en sitio en este caso arena, esta velocidad se la obtuvo mediante la ecuación establecida por Hasancebi y Ulusay (2007), dando una velocidad promedio para la zona de estudio de 320.63m/seg, y mediante la tabla de clasificación del tipo de suelo otorgado por la NEC-2015 se obtiene un perfil tipo D.

7.1.- Definición conceptual

- **Aceleración de las rocas:** son los cambios de velocidad o aceleración que se presentan durante un terremoto, esto se produce porque las ondas sísmicas llegan con diferentes velocidades.
- **Carga sísmica:** son las fueras horizontales situadas en el centro de masas de una edificación, siendo la transmisión de energía producida por un sismo.
- **Energía migratoria:** son energías sísmicas producidas en un punto determinado, pero la tiene un desplazamiento migratorio al ser replicada de igual magnitud en otro punto producto de la liberación continua de energía.
- **Escala de Richter:** es la medida de magnitud que permite medir el tamaño del sismo en escala.
- **Espectro elástico:** son curvas envolventes parametrizadas que reflejan las aceleraciones potenciales que un sitio posee como consecuencia de sismo lo suficientemente cercanos al sitio de estudio.

- **Estructuras:** es la parte compuesta por acero de refuerzo de una edificación la cual permite soportar la energía sísmica.
- **Magnitud:** es la propiedad que puede medir y expresar su resultado mediante un número y una unidad.
- **Masa coronaria:** son ondas hechas de radiación y viento solar que se desprende del sol, son fuente de sismicidad en la tierra.
- **Número áureo:** su representación decimal es infinita y no tiene periodo, está presente en muchas propiedades interesantes y que fue descubierto en la antigüedad no como una expresión aritmética.
- **Onda sísmica:** son un tipo de movimiento elástico, presente por la propagación de perturbaciones temporales de energía liberada por sismos ejercidas en la tierra, la cual se genera pequeños movimientos en las placas tectónicas
- **Peligro sísmico:** es la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado.
- **Perfil de suelo:** el perfil de suelo es un corte representativo de las capas que componen un manto de tierra con sus diferentes características.
- **Plano hipsométrico:** mapa que presenta la trayectoria de un sismo de igual o varias magnitudes por medio de una línea de trayectoria.
- **Recurrencia sísmica:** se basa en los terremotos o eventos sísmicos que ocurren volverán a ocurrir con características parecidas, después de un periodo al que se le llama periodo de retorno o de recurrencia.
- **Sismos:** son series de vibraciones de la superficie terrestre generadas por un movimiento brusco y repentino de las capas internas.

- **Sucesión de Fibonacci:** es una secuencia infinita de números naturales a partir del 0 y 1, se van sumando a pares, de manera que cada número es igual a la suma de sus dos anteriores.
- **Terremotos:** es un temblor repentino y rápido del suelo ocasionado por el desplazamiento de rocas subterráneas muy por debajo de la superficie de la tierra.
- **Vulnerabilidad sísmica:** es la predisposición intrínseca de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana completa de sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico de una severidad determinada.

8.- Fundamento Teorico

8.1.- Descripción del área de estudio

Jipijapa se encuentra ubicado en la parte sur de la provincia de Manabí, con una superficie de 1420 km2. Sus límites corresponden a los siguientes:

- **Norte:** Con los cantones Montecristi, Portoviejo y Sana Ana
- **Sur:** la Provincia del Guayas y el cantón Puerto López
- **Este:** Con los cantones Paján y 24 de Mayo
- **Oeste:** Con el Océano Pacifico (PDOT Jipijapa , 2016)**.**

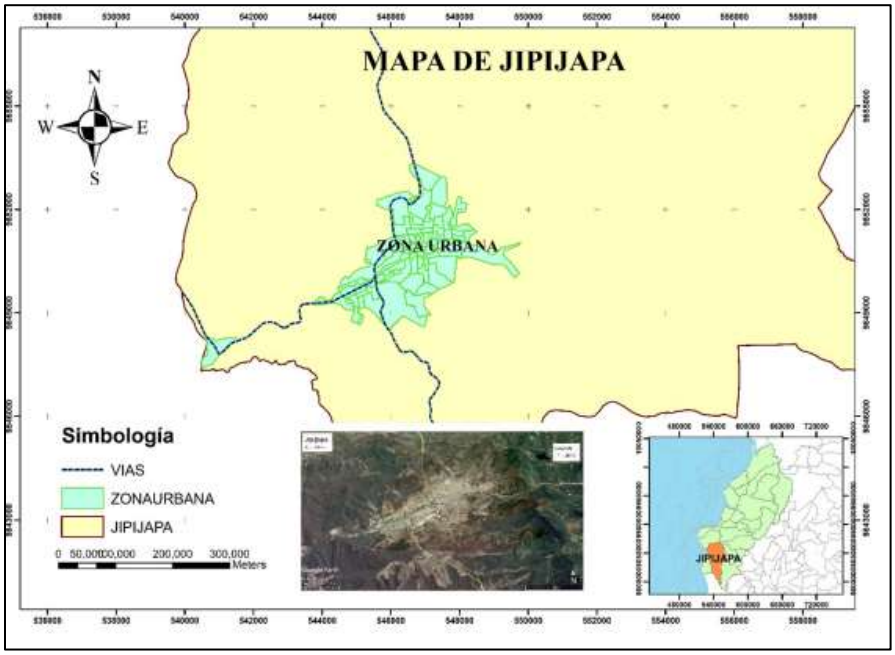
8.1.1.- Ubicación geográfica

El cantón Jipijapa se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas representadas en el globo terráqueo:

- **Este:** 546838.82 m E
- **Norte:** 9850788.47 m S
- **Elevación:** 283 msnm (PDOT Jipijapa , 2016)**.**

Figura 1.

Descripción general de la ciudad de Jipijapa



Nota: Se describe el mapa del cantón Jipijapa donde se delimita la zona urbana y vías de comunicación. Fuente: Google Earth

8.1.2.- Geología

El PDOT del cantón Jipijapa (2015) indico:

> La geología de los poblados del cantón está representada de depósitos coluviales, aluviales y marinos como también por formaciones de rocas volcánicas constituyen una pequeña parte de las rocas que se originan a partir de magma, predominando en la zona costera la formación Piñón que está cubierta por sedimentos pelágico con algunos volcánicos del cretácico superior que es la formación de Puerto Cayo donde se ha identificado una amenaza hídrica en la Cuenca del río Ayampe en el sector Sur, continuando por la parte Norte la formación Piñón y deposito coluvio aluviales donde se ha identificado una amenaza de erosión hídrica como es la

Cordillera Costera segmento Membrillal; en el sector Oeste predominando las formaciones Borbón, Onzole y las dos Bocas donde se han identificado amenazas de erosión hídrica denominada relieve estructurales y colimados terciarios (p. 24)

Tabla 1.

Formaciones geológicas del cantón Jipijapa

Formaciones geológicas	Características	Superficie
Depósitos coluviales	Arcillas, con presencia de gravas, arcillas y arenas de grano fino a grueso, arenas y gravas en matriz limo arcillosas.	374,29
Depósitos coluvio aluviales	Arcillas, con presencia de gravas, arcillas y arenas de grano fino a grueso, limos y gravas. Limos arenas con presencia de gravas. Limos arenas y gravas con clastos volcánicos	8786,14
Depósitos aluviales	Arcillas, con presencia de gravas, arcillas y arenas de grano fino a grueso, limos y gravas. Limos arenas con presencia de gravas con presencia de clastos de arenisca, rocas volcánicas y conglomerados, gravas sub redondeadas de grano fino a medio en matriz limo arenosa. Limos arenas.	8806,37
Depósitos marinos	Limos y arenas de grano fino	3504,84
Formación piñón	Basaltos, lavas masivas a porfiriticas, algunas exhiben estructuras almohadillas, lavas basálticas en almohadilla	25754,16
Formación cayo	areniscas de grano fino en medio y gravas con intercalaciones de lutitas verdes, argilitas solidificadas, de color verde a gris con intercalaciones de grauvacas alteradas de color amarillentas. Sedimentos volcánicos clásicos .	6921,34

Nota. En la tabla se detalla la geología y característica de los diferentes tipos de estratos que se encuentran en el cantón Jipijapa. Fuente: Instituto Geográfico Militar

8.1.3.- Relieve

El PDOT del cantón Jipijapa (2015) indico:

La superficie de la tierra, sus variaciones caracterizadas por la altura y forma del terreno constituyen el relieve terrestre, en el cantón existe un macizo montañoso aislado e irregular, que se desarrolla entre Jipijapa y Manta, rodeado al norte y oeste por el Océano Pacifico, al sur por el valle de Jipijapa y al este por el río Portoviejo. En este valle termina la cordillera de Colonche y las montañas costaneras que siguen hacia Bahía de Caráquez. No se presentan cadenas largas, más bien son grupos macizos irregulares. El relieve del cantón está condicionado por alturas que varían desde 50m hasta 800msnm, es bastante irregular con altitudes más pronunciadas en la parte sur-este donde sobresale un Cerro Sin Nombre con 820 msnm; en la parte centro-sur sobresale un accidente orográfico con una altitud de 635 metros.(p. 28).

Tabla 2.

Tipos de relieves del cantón

Relieve	Descripción
Colinado	Superficie con un rango de 25 a 50% de pendiente
Escarpado	Superficie con pendientes de 50 a 70%
Moderado ondulado	Superficies elevadas compuestas por montañas con pendientes de 12 a 25%, se ubica en la parte este y oeste del cantón.
Montañoso	Área cuya pendiente en mayor a 70% es el más predominante en el cantón
Plano a casi plano	Superficie donde sus pendientes son de un rango de 0 – 5%,

Nota. Descripción de los diferentes tipos de relieves que componen el cantón Jipijapa tanto en la zona urbana como rural. Fuente: (PDOT Jipijapa, 2015)

8.2.- Sismos

Los sismos, temblores o terremotos son fenómenos geológicos que ocurren repentinamente producto de la liberación de energía acumulada en una zona del interior de la tierra (Chuy , 2013).

Debemos siempre recordar que un sismo es un fenómeno enteramente natural vinculado con los procesos que ocurren en la tierra y que no tienen ninguna relación con el calor, el frio u otros procesos meteorológicos, la ocurrencia de un terremoto tampoco depende de la época del año, ni de la hora (Chuy , 2013).

8.2.1.- Zonas sismogénicas o sismo generadoras

Son las zonas o regiones de la corteza terrestre donde se producen periódicamente terremotos. Si los terremotos ocurren en fallas geológicas, es decir, en las zonas de contacto de bloques de la corteza terrestre, son llamados tectónicos. De este tipo son los que ocurren en nuestro país. Un ejemplo de zona activa muy conocida es la falla de San Andrés en Estados Unidos (Chuy , 2013).

8.2.2.- Tipos de sismos o terremotos

Si atendemos al modo de generación los terremotos pueden clasificarse en dos tipos de los cuales se subdividen otros:

- Terremotos ligados a causas naturales
- Terremotos ligados a causas antrópicas (Vidal , 1994).

8.2.3.- Terremotos ligados a causas naturales

8.2.3.1.- Terremotos tectónicos

Son debidos a la ruptura súbita y violenta de las rocas por efecto de la deformación que se ha acumulado en el medio. Existe pues una etapa previa de acumulación de la deformación elástica

de la corteza terrestre debido al movimiento lento de las placas. Ello provoca una acumulación de esfuerzos hasta que se supera la resistencia del material. cuando ello sucede se produce una dislocación, los esfuerzos se relajan súbitamente, parte de la ruptura y otra en forma de calor de ondas sísmicas (Vidal , 1994).

8.2.3.2.- Terremotos volcanicos

Son los producidos en las zonas afectadas por los fenómenos a la actividad volcánica. Estos terrenos pueden ser:

- **Tipo tectónico**: por ruptura de rocas debida a la deformación producida por los cambios de densidad en la zona.
- **Explosivos**: debido a la explosión de las zonas donde existe magma.
- **Temblores largos** : no muy bien explicados aun y que duran de minutos a horas, están generalmente asociados a fenómenos eruptivos o intrusivos.
- **Temblores de frecuencia dominante** : están ligados a fenómenos eruptivos, intrusivos o de desgasificación (Vidal , 1994).

8.2.3.3.- Terremotos de colapso

Son causados por hundimientos de zonas con un estado actual local de los esfuerzos diferentes al entorno debido a la existencia de cavidades o áreas de baja densidad con huecos sometidos a cargas, sobre todo verticales. Entre estos existen (Vidal , 1994).

- Terremotos de colapso asociados a desplazamientos de masas de tierra

8.2.3.4.- Terremotos por impacto de meteorito

Son muy infrecuentes, pero han producido sacudidas violentas cuando el meteorito ha llegado hasta el suelo. Existen vestigios terrestres de algunos de estos grandes impactos como el cráter meteorítico de Arizona con un diámetro de 1,2 km y 100 metros de profundidad.

8.2.4.- Terremotos ligados a causas antrópicas

8.2.4.1.- Terremotos inducidos por grandes embalses

Son debidos a la sobrecarga de la masa de agua embalsada, y sobre todo en casos de cambios bruscos en esta, lo que altera las condiciones locales de esfuerzo y libera energía de deformaciones previamente acumuladas o facilita la relajación brusca de esfuerzos en zonas tectónicamente activas (Vidal , 1994).

8.2.4.2.- Terremotos por explosiones nucleares

Son producto de una liberación de energía equivalente a terremotos de magnitud similar a 5 y 6. el control de este tipo de explosiones llevo a desarrollar la red sísmica mundial en los años 60 (Vidal , 1994).

8.2.4.3.- Terremotos debidos a explotaciones de minas y canteras

Normalmente de baja intensidad, pero de un efecto local notable dependiendo de las cargas (Vidal , 1994).

8.3.- Peligro sísmico

Benito & Jiménez (s.f.) manifestaron en su investigación:

La peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. La definición comúnmente aceptada fue dada por la UNDRO, según la cual la peligrosidad H (de Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento, x, en un emplazamiento s, mediante la siguiente expresión (p. 2)

$$H = P[x(s) \geq xo; t]$$

Así mismo Lantada (2017) indico:

> la peligrosidad sísmica se mide en escalas de intensidad macro sísmica son precursoras de los estudios de daño sísmico y, en consecuencia, los primeros métodos de análisis de riesgo definen el terremoto mediante un solo parámetro que inicialmente fue la intensidad y, más tarde, con el acceso a registros de aceleración, se generalizó mediante el uso de la aceleración pico o efectiva u otros tipos de intensidad instrumental. Los datos de intensidad macro sísmica pueden cubrir todo el periodo histórico de la humanidad es decir varios miles de años (p. 5).

Barreto (2019) indico:

> El análisis probabilístico de peligro sísmico ha ido evolucionando en las últimas décadas incorporando componentes detallados y elaborados como la disgregación del peligro sísmico, análisis de respuesta de un sitio no lineal, valor del vector en el PSHA, efectos de falla cercana, peligro de réplicas. A continuación, se detalla el esquema de riesgo sísmico (p. 13).

Figura 2.

Esquema de evaluación y cálculo de peligro sísmico

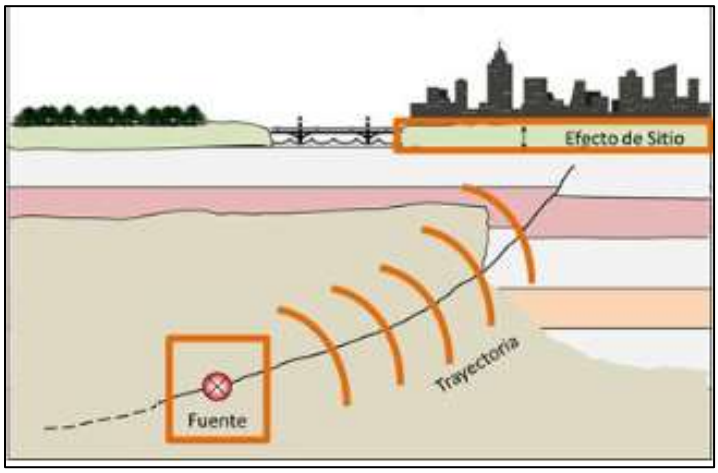
Nota. Detalle de las estructuras para el estudio y evaluación del peligro sísmico para diferentes lugares con grados de vulnerabilidad. Fuente (Barreto, 2019)

8.3.1.- Caracterización de las fuentes sísmicas

La caracterización sísmica en primera instancia se debe realizar el modelamiento geométrico de la fuente sísmica, la estructura que genera los sismos se denomina falla geológica, la cual es representada como un plano que atraviesa un bloque, de acuerdo con la inclinación del plano y con el movimiento que realizan estos bloques (Poblete , 2017).

Figura 3.

Movimiento del suelo desde la fuente + trayectoria + efecto de sitio



Nota. Detalle del origen del sismo desde la fuente o epicentro, el trayecto de las ondas sísmica y efectos producidos en las edificaciones obtenido de (Poblete , 2017)

8.3.2.- Caracterización de la atenuación de la onda

Poblete (2017) describe a continuación lo siguiente:

> La propagación de la onda es un factor que es tomado a lo largo de la trayectoria, desde las fuentes sísmica hasta el emplazamiento.(p. 20)
>
> La amplitud de la onda es atenuada como consecuencia de la expansión geométrica de la fuente sísmica (atenuación geométrica) y la anelasticidad del medio (atenuación anelástica). En la práctica, estas variables no pueden ser conocidas de

> forma precisa, puesto que la composición del medio que se encuentra entre la fuente y el emplazamiento no es posible conocerla en detalle. (p. 20)

8.3.3.- Caracterización del efecto de sitio

Poblete (2017) indico que:

> Cuando la predicción se realiza solamente tomando los parámetros antes nombrados (Fuente y Propagación de la onda), los estudios de peligrosidad sísmica son realizados bajo el supuesto de que el suelo que hay debajo de una estructura es roca o suelo duro y en una superficie plana, obviando la intervención de los efectos locales.(p. 20).
>
> Pero en la realidad esto no es así, puesto que la intensidad con que es sentido un terremoto en cuestión, está afectada enormemente por las características geotécnicas del suelo y, en menor medida, por la topografía del terreno. Es por esto que se hace necesario tener en cuenta la influencia de estas dos condiciones locales, especialmente la relativa al tipo de suelo (p. 20).

8.4.- Evaluación de sismicidad

Para evaluar la peligrosidad sísmica de una zona hay que conocer previamente la sismicidad de la misma. La sismicidad viene definida por los parámetros que caracterizan los fenómenos sísmicos (Muñoz, 1989).

Los parámetros que relacionan el tamaño y la destructividad de un terremoto son: magnitud, momento, intensidad, aceleración, velocidad y desplazamiento del suelo. La magnitud y el momento sísmico están relacionados con la energía liberada en el foco del terremoto, mientras que la intensidad y la aceleración, velocidad y desplazamiento del suelo lo están con la energía recibida en un punto cualquiera de la superficie. La intensidad del área epicentral, también, se toma

como medida del tamaño del terremoto ya que, aunque no mide la energía liberada y en su valor influye la profundidad a la que se encuentra el foco y el tipo de fractura que da lugar al terremoto, es el único parámetro que nos da una idea del tamaño para la época no instrumental, de la que no se cuenta con valores de magnitud (Muñoz, 1989).

8.4.1.- Intensidad sísmica

La intensidad sísmica es el único parámetro de los mencionados anteriormente que no es instrumental. Se mide por escalas macro sísmicas que evalúan los efectos producidos, en un lugar determinado, sobre las personas, los edificios y el terreno (Muñoz, 1989).

Las escalas de intensidad, a pesar de haber evolucionado tratando de dar más importancia a los elementos objetivos que a los subjetivos, presentan algunos defectos que hay que tener presentes cuando se realizan evaluaciones de intensidad. Señalaremos algunos de ellos. La diferencia entre dos grados consecutivos no es comparable a lo largo de la escala, esto es debido a que es una medida cualitativa y no cuantitativa. En sus grados altos no son lo suficientemente precisas para poder distinguir inequívoca- mente entre grandes terremotos, ya que un mismo criterio puede entrar en la definición de más de un grado de intensidad. Además de contener elementos subjetivos en su definición, su interpretación, también es subjetiva y así, con la misma descripción de los efectos de un terremoto, dos personas pueden asignar grados diferentes (Muñoz, 1989).

8.4.2.- Magnitud y momento sismico

Como hemos dicho anteriormente, la magnitud está relacionada con la energía sísmica liberada en el foco del terremoto. Este parámetro fue propuesto por Richter en 1935 y su definición original está dada en función de la amplitud máxima de la onda sísmica registrada en un sismógrafo Wood-Anderson a 100 kilómetros de distancia del epicentro (Muñoz, 1989).

Esta idea fue desarrollada para aplicarla a terremotos del sur de California, se conoce como magnitud local ML. y no se especificaba el tipo de onda a medir, sino que se tomaba la amplitud máxima del registro. Esto no era problemático cuando se aplicaba a terremotos de una zona con las mismas características, ahora bien, cuando se aplicó a terremotos de distintas zonas surgieron problemas ya que la forma de los registros depende del tipo de terremoto y, aunque la energía liberada en un terremoto superficial y en uno profundo sea la misma, el registro será distinto, y en el correspondiente al terremoto profundo apenas se apreciarán los trenes de ondas superficiales (Muñoz, 1989).

8.4.3.- Aceleracion, velocidad y desplazamiento

Estos parámetros son de reciente utilización, pues se determinan a partir de los acelerogramas, y los acelerógrafos son aparatos que funcionan desde hace relativamente pocos años. Por otro lado, los datos sobre aceleraciones son escasos y limitados a regiones muy concretas (Muñoz, 1989).

Hasta ahora, de la información contenida en los acelerogramas, se ha utilizado, fundamentalmente, el parámetro aceleración pico, es decir, el valor máximo de la aceleración medida en el registro. Sin embargo, este valor máximo o pico ocurre en un instante y los daños producidos por un terremoto no están únicamente relacionados con estos valores máximos instantáneos, de los que quizá las estructuras podrían recuperarse, sino que un factor tan importante o más que los valores pico es la duración de la sacudida. Es más conveniente, por tanto, utilizar los valores de los dos parámetros, aceleración máxima y duración (Muñoz, 1989).

8.4.4.- Escalas de sismos e intensidades

8.4.4.1.- Escala de Richter

La escala de Richter mide la fuerza del movimiento sísmico describiendo la amplitud de ondas máximas, pero no da ninguna indicación de la energía total que se libera por el evento. La amplitud se expresa en decimal y en fracciones. Es una escala logarítmica, es decir, cada numero de la escala representa 10 veces la amplitud anterior ¿, por lo que un terremoto de 5,3 grados se considera moderado y un terremoto de 6,3 grados se considera fuerte (Endara , 2012).

- Menos de 2,0: Se habla de microsismos: no son perceptibles y ocurren alrededor de 8.000 al día.
- Entre 2,0 y 2,9: Son sismos menores. Generalmente no son perceptibles y ocurren alrededor de 1.000 al día (Endara , 2012).
- Entre 3,0 y 3,9: Sismos menores, pero más perceptibles, aunque rara vez provocan daños. Sería el equivalente a un terremoto débil que solo se percibe en los pisos altos. Es bastante frecuente: alrededor de 49.000 casos al año
- Entre 4,0 y 4,9: Sismos ligeros, con movimiento de objetos, temblor de ventanas y muebles o de coches estacionados. Es significativo, pero los daños son poco probables. Alrededor de 6.200 suceden al año (Endara , 2012).
- Entre 5,0 y 5,9: Entramos en el nivel de seísmo moderado: esta magnitud nos lleva a hablar de posibles daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas, los daños son leves. Pueden caer árboles y producirse destrozos. Son relativamente frecuentes: unos 800 al año.
- Entre 6,0 y 6,9: Estos sismos se consideran fuertes y pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda. También pueden provocar daños en

algunas estructuras y derrumbamientos de muros. Ocurren alrededor de 120 veces al año (Endara , 2012).

- Entre 7,0 y 7,9: Sismos mayores, que pueden causar serios daños en zonas extensas, así como destruir edificios. Alrededor de 18 casos al año.
- Entre 8,0 y 8,9: Sismo épico o cataclismo. Estos fenómenos pueden causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros y tienen capacidad para destruir totalmente una ciudad, así como para provocar el levantamiento de la corteza terrestre. Ocurren de media entre uno y tres al año.
- Entre 9,0 y 9,9: Sismo épico o cataclismo, solo que con una intensidad aún mayor. En este caso la devastación es también extrema, y su frecuencia es menor, de uno o dos casos en 20 años.
- Más de 10,0: Sismo legendario o apocalíptico y, afortunadamente, nunca se ha registrado un temblor de este tipo (Endara , 2012).

8.5.- Vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad (V), es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala que va de O, o sin daño, a 1, o pérdida total (Chavéz, 2016).

Por tanto, la vulnerabilidad sísmica es la falta de resistencia de un edificio, un sector, o incluso una ciudad, frente a las solicitaciones de origen natural, tales como las solicitaciones sísmicas. En el caso particular de las estructuras, la vulnerabilidad se produce cuando los edificios se construyen y se diseñan con materiales inapropiados de resistir tensiones máximas, como las que provocan las sacudidas sísmicas, lo cual genera la necesidad de conocer y cuantificar los probables daños que se esperan ante un evento sísmico de cierta magnitud. Solamente cuando se

pueda predecir en un entorno razonablemente probable, se podrá reducir la vulnerabilidad y generar planes de mitigación y contingencia ante eventos sísmicos (Chavéz, 2016).

Aunque no existe una metodología estándar o procedimiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras algunas instituciones proponen clasificarla de acuerdo a las siguientes: (Gómez & Loayza , 2014).

8.5.1.- Daños en las edificaciones

El daño en términos generales es un concepto complejo en su interpretación y en su evaluación de acuerdo a la literatura el daño estructural es un fenómeno que es muy difícil de modelar analíticamente o reproducir el laboratorio. El daño como se comentó antes es un fenómeno que afecta a cualquier parte de estructura sin embargo a partir de ahora se hará referencia únicamente al daño que puede sufrir las edificaciones (Gómez & Loayza , 2014).

8.5.2.- Daños estructural

Es evidente que el daño estructural es la mayor importancia ya que este puede ocasionar que una estructura colapse o en el mejor de los casos que su reparación pueda ser muy costosa. El daño estructural depende del comportamiento de los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, muros de cargas, sistema de piso y otros (Gómez & Loayza , 2014).

8.4.2.- Daños no estructurales

Este tipo de daños está asociado principalmente a elementos arquitectónicos que no forman parte del mismo sistema, como puede ser muros divisorios, ventanas, revestimiento y los sistemas sanitarios y eléctricos (Gómez & Loayza , 2014).

8.5.3.- Daños economicos

Se define como la relación entre los costos de reparación y los costos de reposición e incluyen tanto los daños físicos como los costos de daños indirectos, intenta representar el daño

en términos o costos financieros tomando en cuenta la afectación de los diferentes componentes estructurales y no estructurales generalmente se hace de métodos empíricos, teóricos y subjetivos (Gómez & Loayza , 2014).

8.6.- Masa coronaria

Una eyección de masa coronal es una nube de grandes dimensiones de plasma solar con líneas de campo magnéticos y que es expulsado por el sol durante erupciones de filamentos, caracterizada por su larga duración. Además, las manchas solares es la principal fuente de energía de esta ya que es una de las más activas y que cuenta con un ciclo de 11 años.

8.6.1.- Eyección de masa coronal y su influencia en los sismos

No se puede determinar con exactitud si la masa coronal tiene un efecto magnético en la tierra que produzcan fenómenos naturales terremotos o sismos, pero de acuerdo a investigación los relacionan las cuales se detallan a continuación:

La Paz, Baja California Sur (BCS). En los años que tengo como divulgador, poco a poco la gente identifica esta labor y por lo mismo acuden a su servidor para contestar algunas dudas. En ocasiones aisladas y en otras motivadas por algún evento astronómico, sea cierto o falso. Lo mismo preguntan por una cotidiana conjunción planetaria que por el planeta Nibiru, tan falso como famoso. En general, es fácil dar respuesta la mayoría de las veces, por fortuna, ya que las dudas suelen deberse a un desconocimiento de un fenómeno y en algunos casos también a la metodología de la ciencia. Esta última es posiblemente la más complicada de hacer entender y de lo que más se aprovechan los charlatanes (Norzagaray , 2017).

El caso más reciente se ha vivido a raíz de los terremotos que se han sufrido en México, en estados del centro y sur. Ya son múltiples las solicitudes de comentario/explicación sobre los pronósticos de un autonombrado investigador científico que insiste en que los temblores han sido

causados por tormentas solares. Aunque el asunto no me deja muchas dudas, tuve que elaborar una respuesta desde el primer momento, misma que he replicado y reeditado para cada persona o lugar donde he tenido que repetirla. Aprovecho este espacio de CULCO BCS para ampliar el tema y explicar mi opinión al respecto (Norzagaray , 2017).

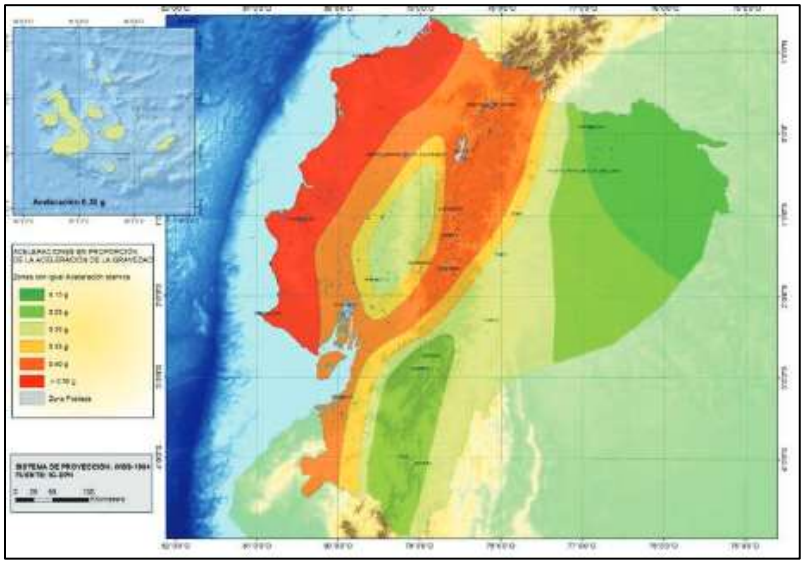
8.7.- Peligro sísmica en Ecuador

"De acuerdo a la NEC SE-DS el Ecuador está clasificado por zonificación sísmica y factores de zona (z), que representan la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad" (NEC SE DS, 2015, pág. 32)

Ecuador es un foco de actividad sísmica. Su costa se extiende a lo largo de la zona de intersección entre la placa oceánica de Nazca y la placa continental sudamericana. La primera se está hundiendo bajo la segunda a gran velocidad: ¡a unos 47 mm al año! La acumulación de energía producida por este proceso de subducción se libera periódicamente en forma de terremotos imprevisibles a profundidades de 5 y 40 km en la zona de fricción. Estas descargas de tensión también pueden desencadenar sismos a lo largo de las fallas de la corteza terrestre o incluso en la placa oceánica subducida a 50 - 200 km de profundidad (LeMag, 2021).

Figura 4.

Movimiento del suelo desde la fuente + trayectoria + efecto de sitio



Nota. Mapa del Ecuador donde se detalla por colores el grado de vulnerabilidad para los diferentes grados según la clasificación del NEC. Fuente: (NEC SE DS, 2015).

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0,50g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. (NEC SE DS, 2015).

Tabla 3.

Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	> 0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota. Valores de factor de sismicidad o factor Z de acuerdo al grado de peligro sísmico representando en el mapa de zonificación del país. Fuente: (NEC SE DS, 2015)

8.7.1.- Curva de peligro sísmico

Las Normas Ecuatorianas de la construcción capitulo diseño sismo resistente (2015) indica lo siguiente:

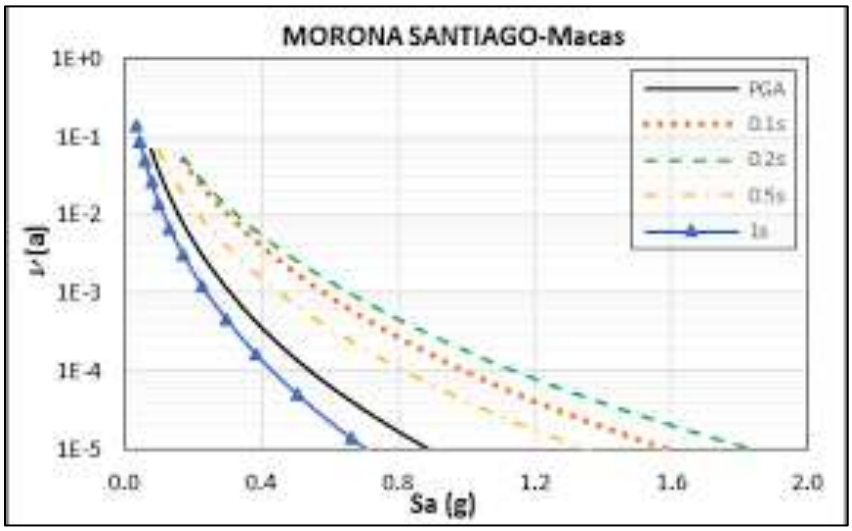
> Para el diseño de estructuras de ocupación especial, estructuras esenciales, puentes, obras portuarias y otras estructuras diferentes a las de edificación; es necesario utilizar diferentes niveles de peligro sísmico con el fin de verificar el cumplimiento de diferentes niveles de desempeño, de acuerdo con lo estipulado en la sección.(p. 42).
>
> Para definir los diferentes niveles de aceleración sísmica esperada en roca, se proporcionan en las curvas de peligro sísmico probabilista para cada capital de provincia, en donde se relaciona el valor de la aceleración sísmica en el terreno (PGA) con un nivel de probabilidad anual de excedencia.(p. 42).
>
> "El periodo de retorno correspondiente es el inverso de la probabilidad anual de excedencia. En cada figura se incluye también las curvas de aceleraciones máximas espectrales para períodos estructurales de 0.1, 0.2, 0.5 y 1.0 segundos". (NEC SE DS, 2015, pág. 42)
>
> En los apéndices se encuentran las curvas de peligro sísmico correspondientes a las capitales de provincia, proporcionando las aceleraciones máximas esperadas en el terreno (PGA) y aceleraciones máximas espectrales para diferentes niveles de probabilidad anual de excedencia, tal como en el siguiente ejemplo (p. 43).

Para la verificación del nivel de desempeño de estructuras especiales y esenciales es necesario la creación de un espectro de respuesta con un período de retorno de 2500 años, pero también a partir de las curvas de peligro sísmico podemos crear para sismos ocasionales y

frecuentes 72 y 225 AÑOS respectivamente, con los que se puede hacer estudios del desempeño de las estructuras y nivel de ductilidad con un análisis no lineal (ABC Ingeneria Estructural , 2020).

Figura 5.

Curva de peligro sísmico, ciudad Nueva Loja.



Nota. En este ejemplo se detalla la curva de peligrosidad sísmica de la ciudad Nueva Loja entre los factores de aceración de la gravedad. Fuente: (NEC SE DS, 2015)

8.7.2.- Recurrencia de sismos en la fuente

"Otro factor a analizarse es la energía liberada en el siglo pasado, se puede asumir que la forma en que la energía se libero es un patrón aceptable para entender la forma en que la energía se acumuló en la roca" (Moncayo , et. al, 2017, pág. 14).

Moncayo, et. al (2017) indico:

> En Ecuador se determinó, que el siglo pasado, hubo dos etapas bien marcadas de reactivación sísmica y este comportamiento se ha mantenido por cinco siglos. En la siguiente figura se muestra el comportamiento sísmico del Ecuador desde 1990 hasta el 2017, se observa que la liberación de energía es más intensa en el periodo 1900-1910, 1940 – 1950, 1970 – 1980 y en el periodo actual 2000 – 2020 al

producirse un pico máximo de liberación se consideran estas etapas como de reactivación sísmica. (p. 16).

La recurrencia es un concepto planteado a mediados del siglo veinte, se basa en que los terremotos o eventos sísmicos que ocurren volverán a ocurrir con características parecidas, después de un período al que se le llama período de retorno o de recurrencia (Moncayo et. al, 2017).

En este trabajo se exponen argumentos para determinar si es válido medir la recurrencia de los sismos y si existe un sustento técnico para considerar este período de retorno como válido. Se han determinado períodos de retorno para muchos sismos en el mundo, en este trabajo, y basados en el comportamiento sísmico histórico y a la teoría de la energía liberada (MEL), se plantea periodos de retorno o de recurrencia para los sismos más severos en el Ecuador (Moncayo et. al, 2017).

Figura 6.

Energía sísmica liberada en Ecuador desde 1900 hasta el 2017 por décadas

Nota. Grafica representativa de la energía sísmica liberada en el país entre los años 1900 hasta el 2017. Fuente: (Moncayo, 2017).

8.7.3.- Recurrencia de terremotos en Ecuador

Así mismo Moncayo, et. al (2017) manifesto:

> Gutenberg y Richter propusieron el criterio teórico de la recurrencia de los sismos, en los párrafos anteriores se han propuesto las bases técnicas para sustentar que la recurrencia es un criterio cierto, por lo que es viable calcular el período de recurrencia de una etapa de reactivación sísmica o de un evento en particular (p. 20).
>
> En Ecuador, existen varias fuentes sismogénicas severas, en la siguiente tabla se mencionan para los cuales determinaremos la existencia de periodos de recurrencia, de acuerdo a lo registrado en los datos sísmico históricos. (p. 20)

Tabla 4.

Ubicación y magnitud de terremotos mayores a 7 en la escala de Richter en Ecuador desde 1900 hasta el 2017.

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud	Epicentro
14/5/1942	02:13:27	-0,025	-79,955	20	7,8	Pedernales
16/4/2016	23:58:36	0,3819	-79,9218	20,59	7,8	Pedernales
16/1/1956	23:37:45	-0,727	-80,213	20	7	Bahía de Caráquez
4/8/1998	18:59:20	-0,593	-80,393	33	7,2	Bahía de Caráquez
31/1/1906	15:36:10	0,955	-79,369	20	8,8	Esmeraldas
19/1/1958	14:07:28	1,011	-79,489	27,5	7,6	Esmeraldas
12/12/1970	17:31:29	-3,552	-80,636	25	7,3	Tumbes
10/12/1970	04:34:41	-4,026	-80,542	25	7,2	Tumbes

27/7/1971	02:02:49	-2,839	-77,322	120	7,4	Morona Santiago
3/10/1995	01:51:23	-2,75	-77,881	24,4	7	Morona Santiago

Nota. Registro de los sismos de mayor magnitud acontecidos en el Ecuador desde el año 1900 hasta el 2017 los cuales han tenido magnitudes mayores a 7 grados en la escala de Richter. Fuente: (Moncayo , et. al, 2017).

8.8.- Comportamiento de ondas sísmicas

La Universidad de Alicante (2014) indico:

> Cuando se produce el rompimiento de las rocas se generan ondas que se propagan a través de la Tierra, tanto en su interior como por su superficie. Básicamente hay tres tipos de ondas. El primero de ellos, llamado ondas P, consiste en la transmisión de compresiones y rarefacciones de la roca, de forma similar a la propagación del sonido (figura 7). El segundo tipo, u ondas S, consiste en la propagación de ondas de cizalla, donde las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación (figura 8). Estos dos tipos de ondas se pueden propagar por el interior de la Tierra y nos referiremos a ellas como ondas de volumen.(p. 1).

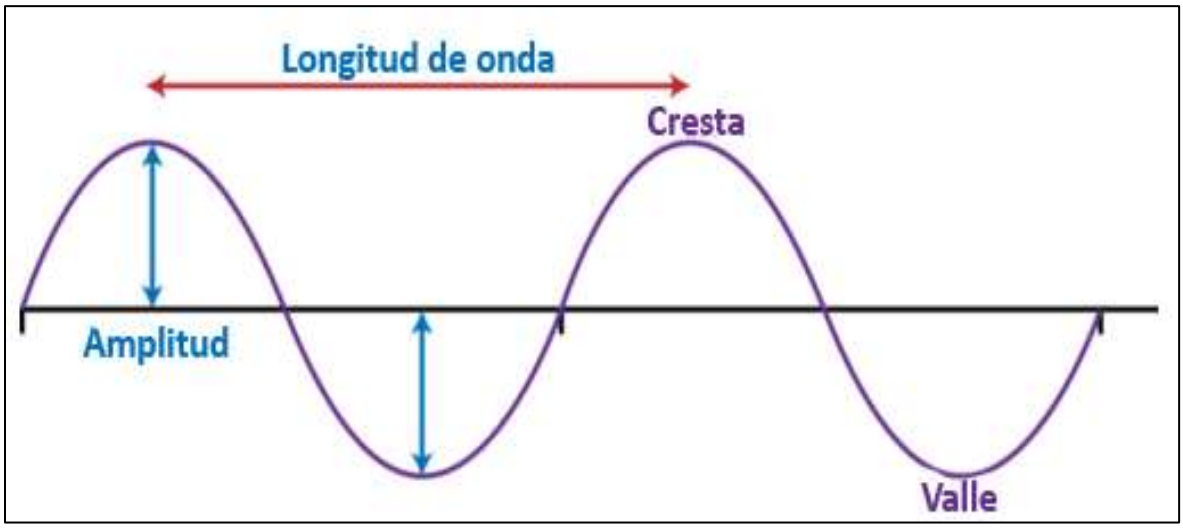
Las ondas sísmicas son la energía de los terremotos. Las ondas sísmicas se mueven hacia afuera en todas direcciones alejándose de su origen. Cada tipo de onda sísmica viaja a diferentes velocidades en diferentes materiales. Todas las ondas sísmicas viajan a través de las rocas, pero no todas viajan a través de líquidos o gas. Los geólogos estudian las ondas sísmicas para aprender sobre los terremotos y el interior de la tierra (CK-12 Cinecia de la tierra, 2021).

8.8.1.- Estructura de la onda sísmica

Las ondas sísmicas son solo un tipo de onda. El sonido y la luz también viajan en ondas. Cada onda tiene un punto alto llamado cresta y el punto bajo llamado valle. La altura de una onda, desde la línea del centro hasta su cresta es la amplitud. La distancia horizonte entre las ondas de cresta a cresta o de valle a valle es la longitud de la onda (CK-12 Cinecia de la tierra, 2021).

Figura 7.

Descripción de una onda sísmica



Nota. En la imagen se detalla las partes que conforman una onda sísmica desde la cresta hasta el valle y la longitud de cresta a cresta. Fuente: (CK-12 Cinecia de la tierra, 2021).

8.8.2.- Tipos de ondas sismicas

Hay dos tipos principales de ondas sísmicas. Onda de cuerpo viajan a través del interior de la tierra. Las ondas superficiales viajan a lo largo de la superficie terrestre, en un terremoto, las ondas de cuerpo son responsables por las sacudidas agudas, las ondas superiores causan el mayor daño en un terremoto (CK-12 Cinecia de la tierra, 2021).

8.8.3.- Ondas de cuerpo

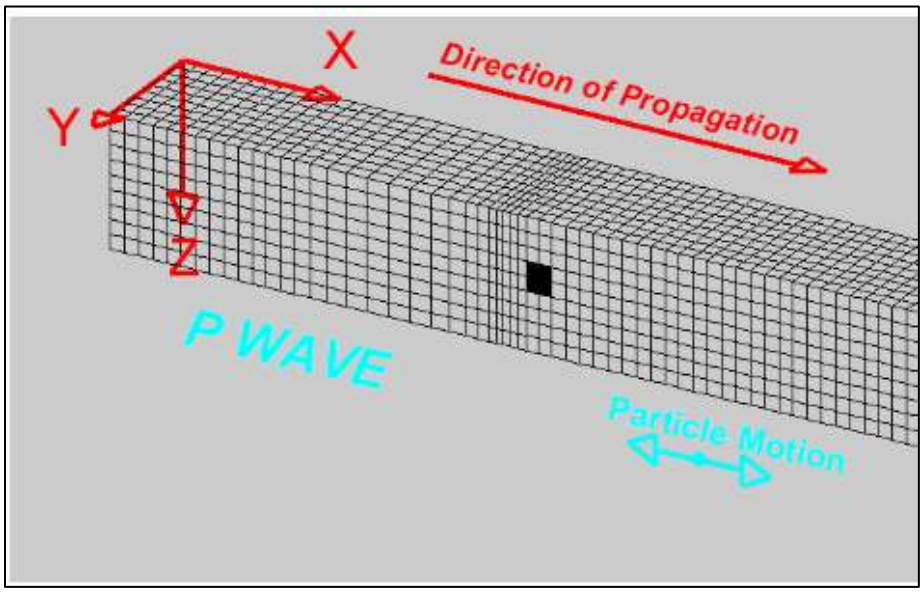
Las ondas primarias ondas P y ondas secundarias ondas S son los dos tipos de ondas de cuerpo (CK-12 Cinecia de la tierra, 2021).

8.8.3.1.- Las ondas P

Son más rápidas viajan de 6 a 7 kilómetros por segundo, las ondas primarias se llaman así porque son las primeras en ser detectadas por un sismómetro. Las ondas P aprietan y sueltan rocas a medida que viajan. El material vuelve a u forma y tamaño original luego de que la onda P haya pasado. Es por ello, que estas ondas no son las más dañinas en un terremoto. Las ondas P viajan a través de sólidos, líquidos y gases (CK-12 Cinecia de la tierra, 2021).

Figura 8.

Onda P



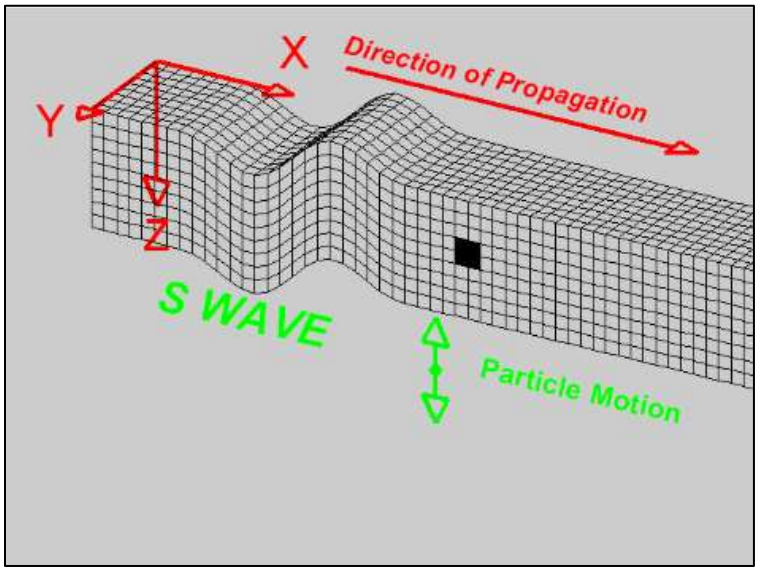
Nota. En la imagen se detalla la forma de propagación de la onda P de forma como se produce en el interior de la tierra fuente: (Universidad de Alicante , 2014).

8.8.3.2.- Las ondas S

Son más lentas que las ondas P. son las segundas en ser detectadas por un sismógrafo. Las ondas S se mueven hacia arriba y abajo. No cambian la forma de las rocas cuando viajan. Las ondas S son la mitad de rápidas que las ondas P, cerca de 3,5 km por segundo. Las ondas S solo pueden mover a través de sólidos. Esto se debe a que los líquidos y gases no resisten un cambio de forma (Universidad de Alicante , 2014).

Figura 9.

Onda S



Nota. Descripción de propagación de la S la cual forma una formación en la superficie de la tierra tipo cizalla como se muestra en la figura. Fuente: (Universidad de Alicante , 2014).

8.8.4.- Ondas superficiales

La Universidad de Alicante (2014) indico:

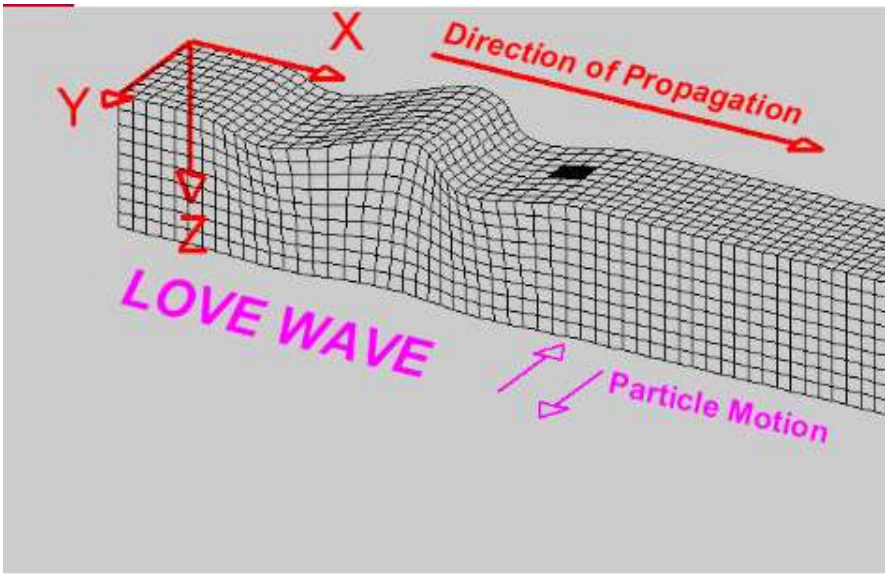
> Existe un tercer tipo de ondas, llamadas ondas superficiales debido a que solo se propagan por las capas más superficiales de la Tierra, decreciendo su amplitud con la profundidad. Dentro de este tipo de ondas se pueden diferenciar dos modalidades,

denominadas ondas Rayleigh y ondas Love en honor a los científicos que demostraron teóricamente su existencia.(p. 1).

Las ondas Rayleigh se forman en la superficie de la Tierra y hacen que las partículas se desplacen según una trayectoria elíptica retrógrada (figura 10). En cambio, las ondas Love se originan en la interfase de dos medios con propiedades mecánicas diferentes; en este caso el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación, similar a las ondas S, pero solo ocurre en el plano de la superficie terrestre (figura 9).(p. 1).

Figura 10.

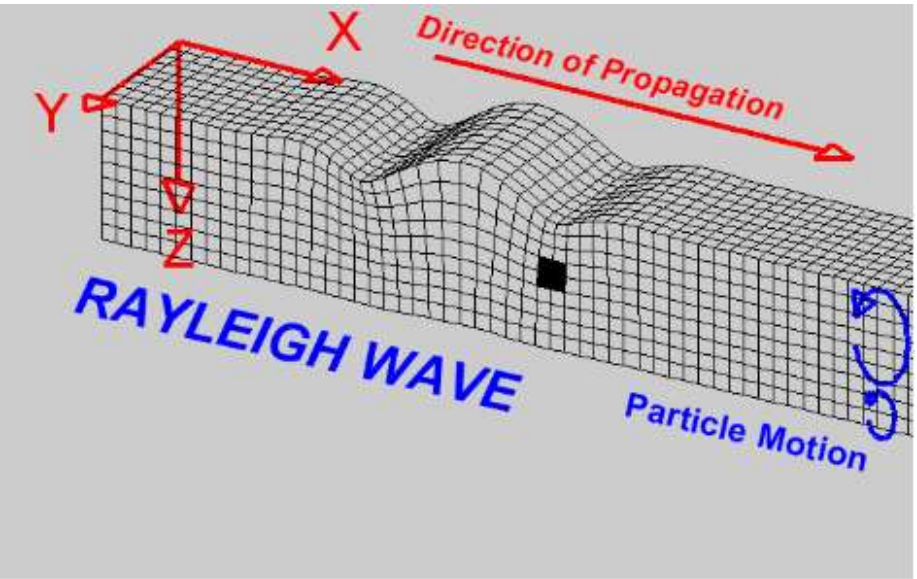
Onda love



Nota. Descripción de la forma de la onde de propagación denominado love wave la cual simula el desplazamiento de una ola en la tierra. Fuente: (Universidad de Alicante , 2014)

Figura 11.

Onda rayleigh



Nota. Descripción en este tipo de propagación sísmica la curva se desplaza de forma elíptica en la superficie del suelo. Fuente: (Universidad de Alicante , 2014)

8.9.- Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

Las Normas Ecuatorianas de la construcción capitulo diseño sismo resistente (2015) indica lo siguiente:

> Se definen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciables deben subdividirse, asignándoles un subíndice i que va desde 1 en la superficie, hasta n en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil.(p. 57).

Para el perfil tipo F se aplican otros criterios y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo. (p. 57).

Tabla 5.

Tipos de perfiles de suelos según la NEC

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	Vs > 1500 m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > Vs > 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o rocas blandas, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfiles de suelos muy densos o rocas blandas que cumplen con cualquiera de los criterios	760 m/s > Vs > 360 m/s N > 50,0 Sv > 100 KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de cortante	300 m/s > 180 m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplen cualquiera de las dos condiciones	50 > N > 15,0 100 KPa > Sv > 50 KPa
	Perfiles que cumplan el criterio de velocidad de la onda de corte	Vs < 180m/s
E	Perfiles que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 W > 40% Sv < 50 KPa

F	Los perfiles de suelo f requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotécnico, se contemplan las siguientes subclases. F1.- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2.- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turbas o arcillas orgánicas y muy orgánicas) F3.- Arcilla de muy alta plasticidad (H > 7,5 m con índice de plasticidad IP > 75) F4.- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30 m) F5.- Suelos con contrastes de impedancia u ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte F6.- Rellenos colocados sin control ingenieril

Nota Descripción de la NEC de acuerdo a la clasificación del tipo de perfiles del suelo. Fuente: (NEC SE DS, 2015).

8.9.1.- Coeficiente de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

8.9.1.1.- Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

Las Normas Ecuatorianas de la construcción capitulo diseño sismo resistente (2015) indico:

> En la Tabla 6 se presentan los valores del coeficiente F a que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (p. 59).

Tabla 6.

Coeficiente de amplificación de suelo FA

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	> 0,50
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1,0	0,85
F	Véase tabla clasificación de los perfiles de suelo					

Nota. Descripción de los coeficientes de amplificación de suelo de acuerdo a la clasificación de sismicidad. Fuente: (NEC SE DS, 2015)

8.9.1.2.- Fd : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca

En la Tabla 7 se presentan los valores del coeficiente F d que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio (NEC SE DS, 2015).

Tabla 7.

Coeficiente de amplificación de espectro elástico Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	> 0,50
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5
F	Véase tabla clasificación de los perfiles de suelo					

Nota. Valores de factor de desplazamiento de sismicidad o factor Z de acuerdo al grado de peligro sísmico representando en el mapa de zonificación del país. Fuente:: (NEC SE DS, 2015).

8.9.1.3.- Fs: comportamiento no lineal de los suelos

En la Tabla 8 se presentan los valores del coeficiente F s, que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos. (NEC SE DS, 2015).

Tabla 8.

Comportamiento no lineal de los suelos Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	> 0,50
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,40
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2

Nota. Valores de comportamiento no lineales de acuerdo al tipo de clasificación de la zona sísmica.

Fuente: (NEC SE DS, 2015).

8.10.- Comportamiento horizontales de las cargas sísmicas

8.10.1.- Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de diseño inelástico se obtiene de forma directa aplicando un factor de reducción, conocido como factor “R”, al espectro de respuesta elástico. Las normas proponen valores máximos del factor “R” en función al sistema estructural (Hernández , 2018).

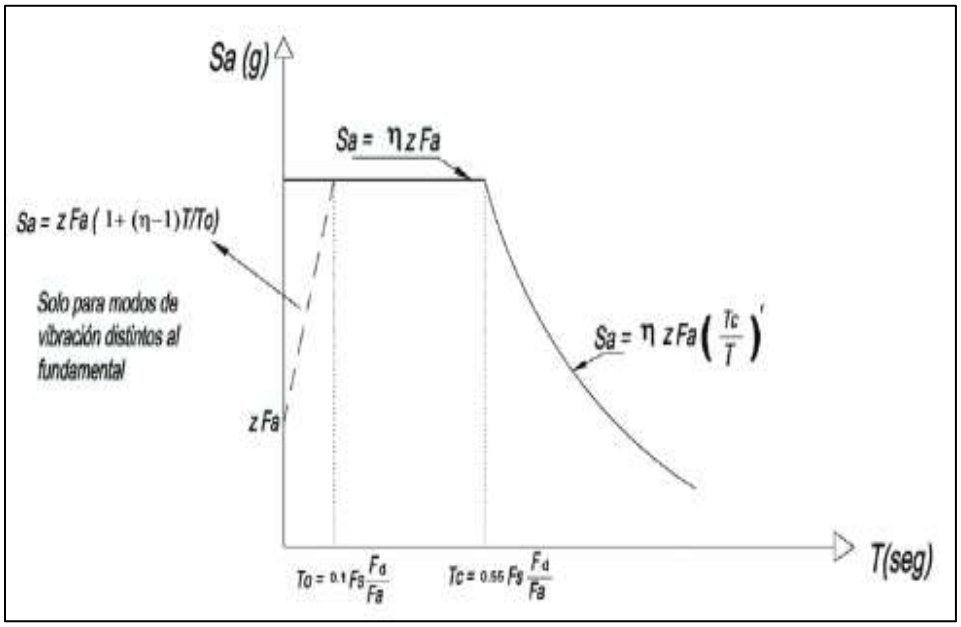
La NEC (2015) indico:

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S a, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la Figura 11, consistente con (p. 70).

- El factor de zona sísmica Z,
- El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- La consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F a, F d, F s

Figura 12.

Espectro elástico horizontal



Nota. Descripción del espectro elástico horizontal de un sismo. Fuente: (NEC SE DS, 2015)

Dónde:

- η Razón entre la aceleración espectral S a (T = 0.1 s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- F a Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

- F d Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- F s Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
- Sa Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
- T Período fundamental de vibración de la estructura
- T0 Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- TC Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g (p. 71).

$$Sa = nZFa \qquad \text{para } 0 < T < Tc$$

$$Sa = nZFa\left(\frac{Tc}{T}\right)^{r} \qquad \text{para } T > Tc$$

Dónde:

- η Razón entre la aceleración espectral S a (T = 0.1 s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- r Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
- r = 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

- r = 1.5 para tipo de suelo E.
- Sa Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad
- g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
- T Período fundamental de vibración de la estructura
- TC Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g (p.72).

8.11.- Energía migratoria

El fenómeno de migración de fuentes sísmicas es conocido desde 1958 con los trabajos de Charles Francis Richter, pero fue K. Mogui el primero en observar la migración de actividad sísmica como un fenómeno a escala mundial. Fue Osipova N. quien definió el valor de velocidad existente para sismos de magnitud mayor a 8 (Lopéz & Álvarez, 2016).

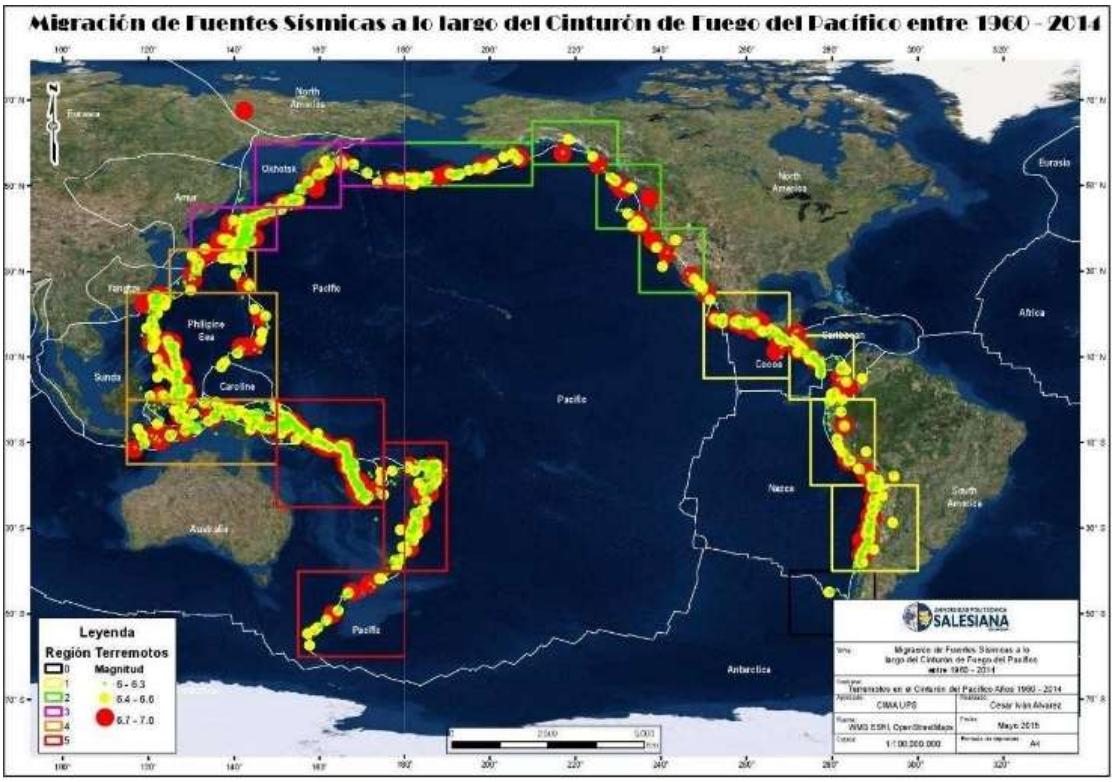
8.11.1.- Recopilación de datos

En base a los datos recolectados del catálogo mundial sísmico IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) (Catálogos de terremotos de IRIS), se elaboró una lista de terremotos con magnitudes superiores o iguales a los 6 grados y menores a los 7 grados en la escala de Richter; siendo estos considerados fuertes y por su intensidad los que empiezan a producir daños en zonas pobladas, además se consideró las profundidades menores a 100 km. Considerándose la variación de velocidad de las ondas sísmica P y S ocurridos debido a la discontinuidad de Moho ocurridos a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacifico desde 1960 hasta 2014 (Lopéz & Álvarez, 2016).

Los datos recolectados fueron distribuidos en períodos de cinco años, tiempo en el cual se puede observar la formación de cadenas migratoria, teniendo así un total de 9 períodos de estudio.

Figura 13.

Distribución de epicentros sísmicos 1960 – 2014



Nota. Descripción de sismos migratorios a nivel del cinturón de fuego del pacifico entre 1960 – 2014. Fuente: (Lopéz & Álvarez, 2016)

En caso de que la relación sea creciente, esta nos indica la existencia de una migración de fuentes sísmicas en las zonas en cuestión. Por otro lado, si la relación es decreciente, estaríamos afirmando que existe una migración de fuentes sísmicas hacia atrás en el tiempo, algo que físicamente no es comprensible. En este último caso debemos analizar la existencia de una migración de fuentes sísmicas en dirección contraria a la que inicialmente consideramos (Lopéz & Álvarez, 2016).

Las cadenas migratorias que se han establecido desde la Tabla 1 se distribuyen en 5 regiones:

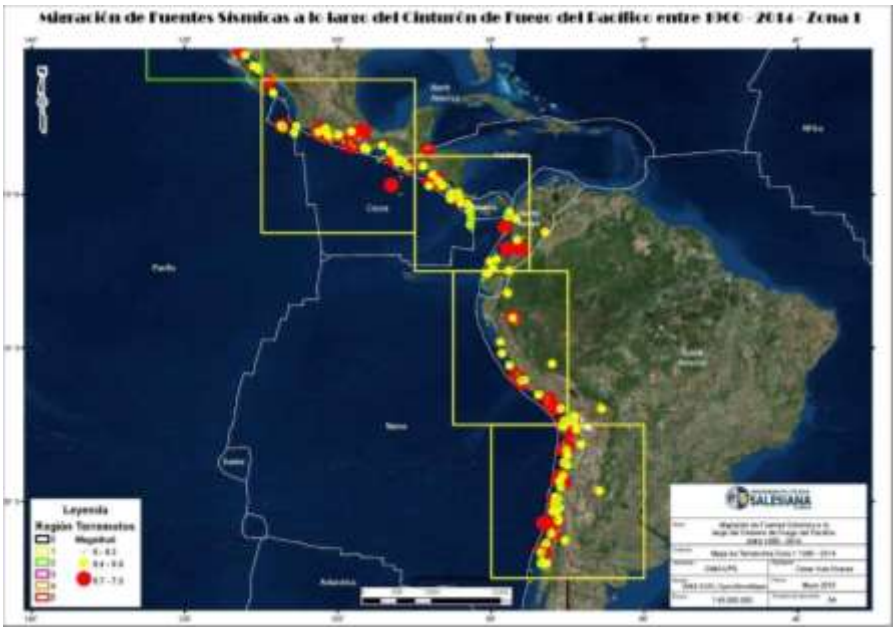
- **Región 1:** Límite de convergencia de las Placas de Nazca-Sudamericana, y Placa de Cocos-Placa del Caribe.
- **Región 2:** Límite convergente entre las Placas Pacífica-Norte americana.
- **Región 3:** Límite convergente entre las Placas Pacífica-Euro Asia.
- **Región 4:** Límite de convergencia de las Placas Filipina-Pacífica.
- **Región 5**: Límite de convergencia de las Placas Australiana-Pacífica (Lopéz & Álvarez, 2016).

8.11.2.- Región 1: Limites de convergencia de las placas de Nazca – Sudamericana, y placa de cocos – placa de caribe

La Región 1, de acuerdo a su posición geográfica, está formada por las zonas 7, 8, 9 y 10 enumeradas desde el Sur de Chile hasta México. En la siguiente tabla las cadenas migratorias que se encuentran con las casillas sombreadas muestran el cambio de actividad sísmica en sentido Sur-Norte. Con estos datos se construyó el histograma correspondiente a cada una de las cadenas migratorias encontradas (Lopéz & Álvarez, 2016).

Figura 14.

Distribución de terremotos en el límite de convergencia de las placas de Nazca – Sudamericana y Placas de Cocos – Placa del caribe



Nota. Distribución de sismos en las regiones sudamericanas desde los años 1970 hasta 2014. Fuente: (Lopéz & Álvarez, 2016)

Tabla 9.

Distribución de terremotos en el límite de convergencia de las placas de Nazca – Sudamericana y Placas de Cocos – Placa del caribe

	1970-1974	1975-1079	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Zona 7	6	6	5	14	4	10	13	12	30
Zona 8	6	1	2	6	5	5	4	13	10
Zona 9	2	6	4	4	11	12	18	17	7
Zona 10	2	3	4	4	10	20	12	11	11

Nota. Distribución de sismos en las regiones sudamericanas desde los años 1970 hasta 2014. Fuente: (Lopéz & Álvarez, 2016).

8.12.- Historia de Leonardo Pizano (Fibonacci)

Leonardo Pisano, conocido hoy por los matemáticos y científicos a lo largo del mundo con el nombre de Fibonacci, era un ciudadano de la ciudad-estado marítima de Pisa desde 1170 hasta después de 1240. Esta fue la época de las Cruzadas, de fuerte conflictos entre el emperador Federico II del Sacro Imperio Romano Germánico y el Papado; fue también la época del fervor religioso de San Francisco de Asís (Buchwald, Lutzen, & Toomer, 2002).

Los estados marítimos italianos de Pisa, Génova, Venecia y Amalfi fueron encerrados en intensa rivalidad comercial en todo el mundo mediterráneo, incluido Bizancio y los países musulmanes (Buchwald, Lutzen, & Toomer, 2002).

Leonardo fue instruido en matemáticas cuando era joven en Bugía, un comercio enclave establecido por la ciudad de Pisa y situado en la Costa de Berbería de África en el Imperio musulmán occidental. Continuó desarrollándose como matemático. viajando por negocios y estudiando en lugares como Egipto, Siria, Provenza y Bizancio. Desarrolló contactos con científicos a lo largo el mundo mediterráneo. Llegó a ser experto en los Elementos de Euclides, y el Método matemático griego de definición, teorema y demostración. aprendió de los científicos árabes los números hindúes y su sistema de lugar, y los algoritmos para las operaciones aritméticas. También aprendió el método del álgebra. encontrado principalmente en el trabajo de al-KhwarizmI [K]. A través de su estudio y viajes. y aprendió disputas con los científicos del mundo, se convirtió en un creativo muy superior matemático. Participó en la corte académica de Federico II que buscó y reconoció a los grandes eruditos del siglo XIII. leonardo con su conocimiento científico vio claramente las ventajas de las matemáticas útiles conocido por los científicos musulmanes, principalmente sus números hindúes y sistema decimal, sus algoritmos de cálculo y su álgebra (Buchwald, Lutzen, & Toomer, 2002).

8.12.1.- El número irracional

Crocini (2015) en su publicación denominada Sezione aurea e sucessione Fibonacci indico lo siguiente:

> 0.618033.es un número irracional, no se obtiene dividiendo dos enteros, está formado por una parte entera, el 1, e infinitas cifras decimales que nunca se repiten.
>
> ¿Este número proviene de la Geometría o de las Matemáticas?
>
> ¿lo conocían los egipcios?
>
> ¿los sumerios?
>
> Su conocimiento se pierde en la noche de los tiempos, lo encontramos en Tablillas sumerias, en las Pirámides de Guiza, en el arte griego, en el arte romano, n la Edad Media, en el Renacimiento, hasta el día de hoy, en el Modular de Le Corbusier, .en las pinturas de Dalí, en tantas situaciones hasta el punto de que alguien ha afirmado que todo el universo está regulado por este número misterioso (p. 3).

8.12.2.- La sección dorada como número

Conozcamos la sección dorada en matemáticas realizando unas sencillas operaciones:

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}6180339$$

Esta es la fórmula matemática que expresa el Número Áureo o sección dorada más adelante pasaremos a entender su significado geométrico

Ahora veamos algunas operaciones simples que incluso el primer hombre que inventó los números que usamos hoy podría haber realizado tomamos el N° 2 y realizamos las siguientes operaciones: (Crocini, 2015).

- Calculemos el cubo: 2x2x2=8

- Calculemos el cuadrado + el mismo: 2x2+2=6
- La diferencia: 2

El mayor resultado es el de la doble multiplicación con la diferencia de 2 en comparación con la segunda operación, tomemos el N° 1,9 y realicemos las mismas operaciones:

- Calculemos el cubo: 1.9 x 1.9 x 1.9= 6.859
- Calculamos el cuadrado + en sí mismo: 1.9 x 1.9 +1.9= 5.51
- La diferencia: 1.349

El mayor resultado sigue siendo el de la doble multiplicación, con la diferencia de 1.349 respecto a la segunda operación (Crocini, 2015).

8.12.3.- La sección dorada y la transferencia Fibonacci

Tomemos n 1,7 y realizamos las mismas operaciones:

- Calculemos el cubo: 1,7x1,7x1,7 =4,913
- Calculamos el cuadrado en sí mismos: 1,7x1,7+1,7 =4,59
- La diferencia: 0.323

El mayor resultado es el de la doble multiplicación con la diferencia de 0.323, con respecto a la segunda operación y se acerca cada vez más a 0.00 (Crocini, 2015).

Repetimos las mismas operaciones con el numero 1.5

- Calculamos el cubo: 1,5 x 1,5 x 1,5-3,375
- Calculamos el cuadrado en sí mismo: 1,5 x 1,5 x 1,5-3,375
- La diferencia: 0.375

el resultado principal, esta vez, es el de la simple multiplicación + sí mismo con la diferencia de 0.375, con respecto a la primera operación y se aleja de 0.00.

Repetimos las mismas operaciones con el N° 1,3 (Crocini, 2015).

- Calculemos el cubo: 1,3 x 1,3 x 1,3=2,197
- Calculemos el cuadrado + el mismo: 1,3 x 1,3+1,3 = = 2,99
- La diferencia: 0.793

El resultado principal, una vez más, es el de la simple multiplicación + sí mismo con la diferencia de 0.793, en comparación con la primera operación y se aleja cada vez más de 0.00 (Crocini, 2015).

8.12.4.- La sección dorada como número

Repetimos las mismas operaciones con el n°1

- Calculemos el cubo: 1 x 1 x 1= 1
- Calculamos el cuadrado + sí mismo: 1x1+1=2
- La diferencia: 1

el mayor resultado, también esta vez, es el del sencillo multiplicación + sí misma con la diferencia de 1 con respecto a la primera operación y se aleja cada vez más de 0.00.

Podemos elaborar la siguiente tabla: (Crocini, 2015).

Tabla 10.

Representación de la sección dorada como número

Cubo	Cuadrado + el mismo	Diferencia
2x2x2= 8	2x2+2=6	2
1,9x1,9x1,9= 6,856	1,9x1,9+1,9=5,51	1,349
1,7x1,7x1,7= 4,913	1,7x1,7+1,7= 4,59	0,323
…….	……	0,00
1,5x1,5x1,5= 3m375	1,5x1,5+1,5= 3,75	0,375
1,3x1,3x1,3= 2,197	1,3x1,3+1,3) 2,99	0,793
1x1x1= 1	1x1+1= 2	1

Nota. Esquema del proceso de sucesión de Fibonacci aplicado a un cubo. Fuente: Crocini 2015.

De esta tabla puedes adivinar fácilmente que existe un número entre 1.7 y 1.5 Tal que: el cubo, el cuadrado + él mismo, tienen el mismo valor

- Cubo: Ø x Ø x Ø=4.235...
- Cuadrado + sí mismo: Ø x Ø + Ø=4.235...
- Diferencia: 0.00
- y este número es... Ø-1.6180339887 (Crocini, 2015).

Vamos a hacer algunas operaciones simples con el número Ø = 1,618033 son muchas las operaciones que se pueden realizar con este número, nos limitaremos a realizar unas cuantas que nos ayudarán a entender cómo funciona el Número de Auero trabaja tanto en matemáticas... como en geometría (Crocini, 2015).

calculemos el cuadrado del Número de Oro:

1,618... = 1,618... x 1,618... = 2,618...

y el resultado es el número 2.618 que con respecto a 1.618 permanece invariable en sus infinitos decimales. cambia solo la parte entera sumando una unidad, entonces podemos decir que el cuadrado de Ø puede escribirse como (Crocini, 2015).

Ø = Ø6+ 1 = 1,618 = 1,618 + 1 = 2,618

Si sumamos 1.618 + 1.618= 3.236 y multiplicamos su suma por 1.618 obtenemos: 1,618+1,618.x 1,618.= 5,2358.que corresponde a: 2,618.x 2 = 5,2358.= $Ø^2$ + $Ø^2$ el doble del cuadrado de Ø= 2 x $Ø^2$. (Crocini, 2015).

las sencillas operaciones que se realizan, con el Número Áureo, aunque sean muy pocas comparadas con lo que se puede hacer con este misterioso y mágico número, son suficientes e indispensables para que comprendamos mejor hasta dónde llegamos a desempeñarse tanto en

matemáticas, en el estudio de Secuencia Fibonacci que en la geometría, donde vamos a explorar aspectos nunca tomados en consideración y por lo tanto poco conocidos (Crocini, 2015).

Ya que este trabajo no quiere ser una investigación histórica, sobre los muchos aspectos de los muchos temas tratados y que vamos a tratar, invito al lector a aprender, leyendo otros textos, la información histórica que no ha encontrado aquí y no encontrará en el seguimiento de este trabajo en cambio, enfrentemos un estudio particular de esta Secuencia de Fibonacci y resaltemos algunos aspectos, que otros libros no reportan, y esto nos permite obtener resultados inesperados, nunca pensé antes qué es la Secuencia de Fibonacci: "un conjunto infinito de números enteros. (Crocini, 2015).

0...1...1...2...3...5...8...13...21...34.....

que comienza con el par 0...1... y continúa agregando un nuevo número formado por la suma de los dos números anteriores"

Que tiene de especial esta sucesión sí dividimos cualquier número de esta sucesión por el anterior obtenemos, a medida que subimos en la misma, un resultado sorprendente un número que se acerca cada vez más (Crocini, 2015).

Ø =1.6180339887.

sin llegar nunca a ella, esto se debe a que 1.61803 es un número irracional y como tal no podemos obtenerlo dividiendo dos enteros entre ellos.

Como se muestra en la siguiente tabla los resultados de los sencillos las divisiones, entre un número y su anterior, se aproximan por defecto m y por exceso M alternativamente, a 1.61803 (Crocini, 2015).

0...1...1...2...3...5...8...13...21...34.....

- 1:1= 1……..m

- 2:1= 2……..M
- 3:2= 1,5……...m
- 5:3= 1,666666…..……...m
- 8:5= 1,6……...m
- 13:8= 1,625..……...m
- 21:13= 1,6158…..……...m
- 34:21= 1,6190..……...m

Ya en las dos primeras divisiones vemos la aproximación por defecto y por exceso. A partir de la cuarta y sucesivas divisiones vemos como queda el resultado tiende cada vez más a.1.61803 (Crocini, 2015).

¿por qué tiende a 1.61803.sin llegar nunca a él. Por qué.1.61803.es, como ya hemos dicho, un número irracional y no se puede obtener dividiendo entre ellos dos enteros ¿es esta la única sucesión de Fibonacci posible? vamos a intentar crear uno nuevo comenzando con dos enteros,.2 - 5

Esta es la Secuencia que obtenemos a partir de dos números cualquiera, en este caso 2 - 5 (Crocini, 2015).

2...5...7...12...19...31,50...81...131...212

De nuevo, a dividimos cada número de la Sucesión con su anterior y obtenemos la siguiente tabla:

ya en las dos primeras divisiones, como en el cuadro anterior, vemos la aproximación por defecto m y por exceso M a partir de la cuarta y sucesivas divisiones vemos como el resultado tiende cada vez más a 1.61803.comparemos las dos tablas, la formada con los números iniciales 0..1 (secuencia de Fibonacci) y la formada con los dos números iniciales 2...5 tomados al azar,

hagamos algunas reflexiones analizando estas dos tablas y descubramos cosas que son de gran utilidad en los trabajos posteriores que queramos realizar en el campo de la geometría (Crocini, 2015).

Si comparamos las dos tablas qué podemos deducir:

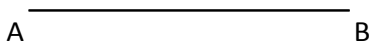
1) Ambas tablas son el resultado de divisiones realizadas con números contenidos en dos secuencias diferentes; el de Fibonacci que comienza con 0...1 y el que comienza con dos números cualesquiera 2...5:
2) de estas Sucesiones podemos construir... infinitas
3) aunque partiendo de números diferentes se comportan de la misma forma, ambos dan resultados que siempre tienden a medida que aumentan los valores más para acercarnos, sin llegar nunca, al N° 1,61803...
4) que en la secuencia de Fibonacci los números que no son importantes formarlo, pero la LEY que une es de fundamental importancia los números que forman las secuencias en sí, a saber: “Todo número es el resultado de la suma de los dos números que precederlo" (Crocini, 2015).
5) la ley que regula estas sucesiones es la ley que caracteriza muchas cosas en nuestro universo, las más dispares
6) esta ley está siempre presente en una relación muy estrecha con la... sección dorada... 1.61803.
7) y entonces... ¿es más importante la sección de oro o la ley que rige la sucesión de Fibonacci?..... uno sin el otro significaría poco o no existiría (Crocini, 2015).

Se me olvidaba. La sucesión de Fibonacci también se puede construir a partir de dos números cualesquiera, incluso iguales. O a partir de dos. Cosas. Iguales o diferentes entre sí podemos verlo (Crocini, 2015).

8.12.5.- La sección dorada aplicada a la geometria

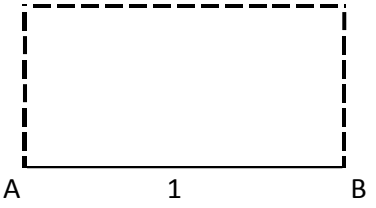
Hemos visto algunas operaciones sencillas con el ... número Áureo O. 1.6180339887.veamos en geometría cómo esta proporción, también llamada. proporción Divina (Crocini, 2015).

Dibujamos un segmento A-B

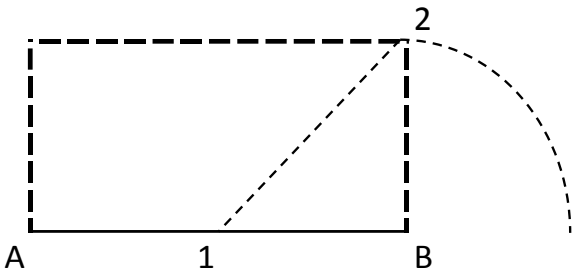


Dibujemos un cuadrado de lado A-B

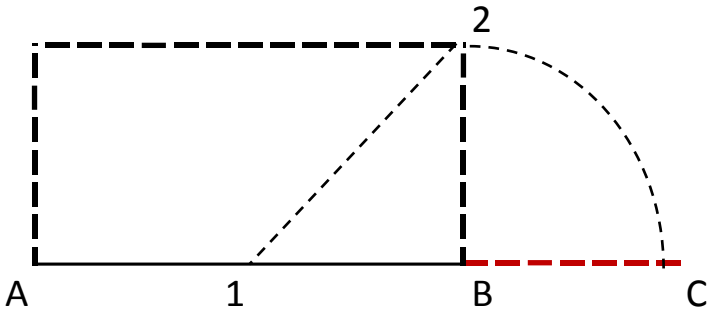
Ubicamos el punto medio 1 del segmento A-B



Apuntamos el compás al punto 1 y con la apertura en el punto 2 dibujamos un arco de circunferencia



alargamos el lado A-B hasta que coincida con el arco de la circunferencia trazado, e identificamos el punto y el segmento B-C.



Alargamos el lado A-B hasta que coincida con el arco de la circunferencia trazado, e identificamos el punto y el segmento B-C.

Con esta sencilla construcción hemos añadido el nuevo segmento A-B al segmento B-C

Los dos segmentos A-B y B-C están en PROPORCIÓN DORADA... por lo tanto podemos escribir (Crocini, 2015).

A-B: B-C 1.618033....

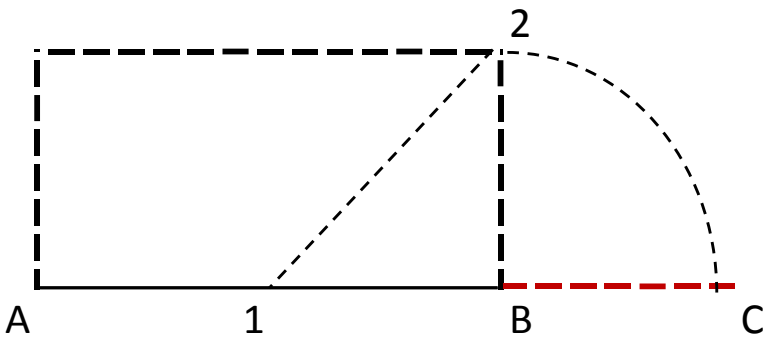
pero también

A-C: A-B 1.618033...

"La sección áurea o proporción áurea o número áureo o constante de Fidias o proporción divina, indica la relación entre dos longitudes desiguales, de las cuales la mayor A-B es la media proporcional entre la menor B-C y la suma de las dos A-C (Crocini, 2015).

- Empezamos con el segmento **A-B**

- hemos identificado el segmento **B-C...**
- ahora tenemos tres segmentos:
- segmento **A-B** el mayor...
- segmento **B-C** el menor
- segmento **A-C** suma de **A-B+B-C**



Vamos a aislarlos y ponerlos en orden ascendente y dar el segmento

A-B el valor 1....

- 1º B----------C segmento "menor" de valor 0.6180339,
- 2º A----------B segmento de valor “más grande”1
- 3º A----------*----------C segmento de suma

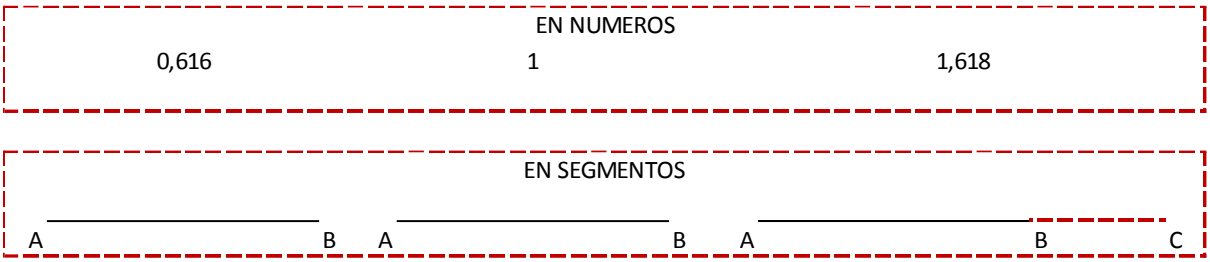
de A-B+B-C

valor 1.6180339...= **Ø**

Consideremos los tres segmentos identificados como tres cantidades que componen los primeros tres números, o cosas (en este caso segmentos) que forman una nueva secuencia de Fibonacci: (Crocini, 2015).

A-C es la suma de las dos cantidades que le preceden, A-B y B-C

por tanto, podemos decir que tenemos los tres primeros valores de una... nueva Sucesión de Fibonacci... que, expresada en números y/o segmentos, se compone en su parte inicial de la siguiente manera: (Crocini, 2015).



también podemos encontrar los otros números aplicando la LEY de Fibonacci "número como la suma de los dos que le preceden “y tendrás:

0,618... 1. 1,618... 2,618... 4,236... 6,854... 11,090... 17,944...

Una nueva. sucesión de Fibonacci. formada por un único número entero "1" y con presencia de números irracionales esta nueva sucesión tiene algunas peculiaridades que vamos a descubrir también podemos encontrar los otros segmentos apliquemos la ley de Fibonacci: "número o cosa como la suma de los dos números o cosas que la preceden" y obtenemos la siguiente tabla: (Crocini, 2015).

colocamos números y segmentos en orden ascendente de izquierda a derecha y desplegamos la siguiente sucesión "Fibonacci hacia formado uno de números y uno de segmentos

Lo tenemos representó la sucesión de Fibonacci con ambos números no enteros que con segmentos. (Crocini, 2015).

Notamos eso:

- el valor 4 corresponde a Ø2
- el valor 5 corresponde a Ø3
- el valor 6 corresponde a Ø4

y así sucesivamente para todos los valores subsiguientes de la Sucesión Ø n Los poderes de construir una secuencia de Fibonacci particular

0,618	1…	1,618…	2,616….	4,236….	6,854….	11,090…	17,944…
0,618	+1=	1,618…					
	1	+1,618=	2,616….				
		1,618…	+2,616=	4,236			
			2,616	+4,236=	6,854….		
				4,236	+6,854=	11,090	
					6,854	+11,090=	17,944

Dividimos cada numero de la secuencia formada por las potencias …..Ø…..por su precedente y obtenemos: (Crocini, 2015).

Los poderes de Ø forman una sucesión Fibonacci perfecta en esta secuencia, cada número dividido por su anterior da como resultado:

8.12.6.- Sucesión de Fibonacci

UMOV Academia (2022) indico:

> La sucesión de Fibonacci se trata de una secuencia infinita de números naturales; la sucesión comienza con los números 0 y 1 a partir de estos, se van sumando a pares, de manera que cada número es igual a la suma de sus dos anteriores.(p. 1).

Viggiani (2015) indico:

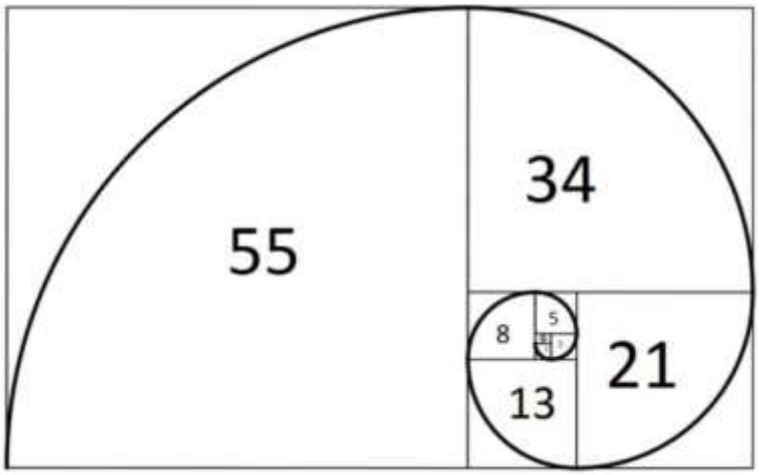
> La sucesión de Fibonacci indica es una sucesión definida por recurrencia. Conocida desde hace miles de años, pero fue Leonardo de Pisa, más conocido en el mundo de las matemáticas como Fibonacci quien la dio a conocer para resolver un

problema. El objetivo de la misma es calcular un término de la sucesión y para eso se necesitan términos que le preceden. (p. 29)

Sea la sucesión {an} definida por: an = an-1 + an-2 si n ³ 3 y a1 = a2 = 1. Esta sucesión es conocida como la sucesión de Fibonacci y la aparición de la misma brota por doquier. Es decir, está en infinidad de ejemplos: tanto en las plantas, como en los animales, en la Física, en la Matemática, etc. (p. 29).

Figura 15.

Curva de sucesión de Fibonacci



Nota. Descripción de la curva formada por el modelo matemático de sucesión de Fibonacci. Fuente: (Viggiani , 2015).

Viggiani (2015) indico lo siguiente:

Leonardo de Pisa, mejor conocido por su apodo Fibonacci (que significa hijo de Bonacci) nació en la ciudad italiana de Pisa y vivió de 1170 a 1250. Su padre trabajaba como representante de la casa comercial italiana más importante de la época, en el norte de África. Este lo animó a estudiar matemáticas.

Leonardo recibió este tipo de enseñanza de maestros árabes. Se convirtió en un especialista en Aritmética y en los distintos sistemas de numeración que se usaban

entonces. Convencido de que el sistema indo-arábigo era superior a cualquiera de los que estaban en uso, decidió llevar este sistema a Italia y a toda Europa, en donde aún se usaban los numerales romanos y el ábaco. Escribió gran cantidad de libros y textos de matemáticas: Liber Abaci escrito en 1202, Practica Geometriae en 1220, Flos en 1225 y Liber Quadratorum en 1227. Es importante destacar que en esa época no existía la imprenta, por lo tanto, los libros y sus copias eran escritos a mano. Fue sin duda el matemático más original de la época medieval cristiana. (p. 29).

Viggiani (2015) indico:

La sucesión de Fibonacci se define de la siguiente forma:

- a0= 0
- a1= 1
- a2= a0 + a1= 0+ 1= 1
- a3= a1 + a2= 1+ 1= 2
- a4= a2 + a3= 1 +2= 3
- a5= a3 + a4= 2 + 3= 5
- a6= a4 + a5= 3 + 5=8
- a7= a5 + a6= 5 + 8= 13

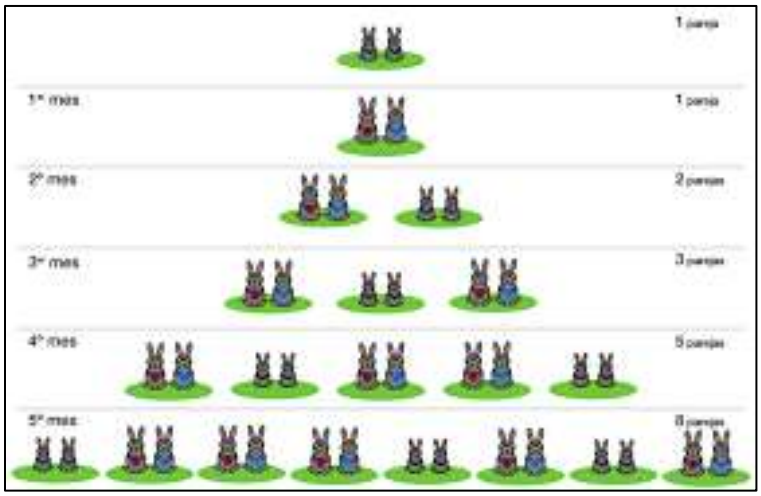
Este proceso se realiza simultáneamente para su comprensión del modelo matemático de sucesión de Fibonacci se empleará el siguiente ejemplo(p. 30).

La solución es simple. Al empezar tenemos una pareja. Al finalizar el primer mes seguimos con una sola pareja. Al término del segundo mes, el corral ya cuenta con 2 parejas. Al cabo del tercer mes la pareja inicial da a luz otra pareja: ya hay 3

parejas una nueva. Al final del cuarto mes, procrea la pareja inicial y la primogénita: tenemos 5 parejas. Al final del quinto mes: 8 parejas y así sucesivamente. Al culminar el año el corral tendrá 233 parejas de conejos (p. 30).

Figura 16.

Proceso de sucesión de Fibonacci



Nota. Proceso de modelo matemático de sucesión de Fibonacci y su compartimiento formando una pirámide. Fuente: (Viggiani , 2015).

8.12.1.- Como se calculan los números de Fibonacci

UMOV Academia (2022) indico:

Existen diferentes formas para calcular los números de Fibonacci

1) Partiendo de los números 0 y 1, los números de Fibonacci quedan definidos por la función.
2) **Función generadora**: una función generadora para una sucesión cualquiera a0, a1, a2,….. es la función f(x)= a0+a1+a2x2+……., es decir una serie formal de potencias donde cada coeficiente es un elemento de la sucesión. Los números de Fibonacci tienen la función generadora.

3) **Formula explicita:** esta manera de calcular los números de Fibonacci utiliza la expresión del número áureo

Viggiani (2015) indico:

> Que fue recién en el siglo XIX que la llamada sucesión de Fibonacci comenzó a conmover al mundo matemático. El francés Édouard Lucas (cuya biografía la R.E.M. publicó en el V8-2 y en los V8-1 y V8-3 aparecieron sendos artículos donde se estudiaba el Teorema de Lucas - R.J.Miatello y M.I.Viggiani Rocha) fue autor de una obra en 4 tomos, de recreaciones matemáticas y le dedicó a esta sucesión un extenso análisis y mostró que la misma es un grifo abierto de curiosidades. En E.E.U.U., desde 1.963, se publica "The Fibonacci Quarterly" (revista cuatrimestral), cuya edición está a cargo de la Fibonacci Association; esta revista también trata de sucesiones generalizadas de la de Fibonacci y de otras sucesiones análogas (p. 30).

Figura 17.

Primeros términos de sucesión

$a_1=1$	$a_2=1$	$a_3=2$	$a_4=3$	$a_5=5$
$a_6=8$	$a_7=13$	$a_8=21$	$a_9=34$	$a_{10}=55$
$a_{11}=89$	$A_{12}=144$	$a_{13}=233$	$a_{14}=377$	$a_{15}=610$
$a_{16}=987$	$a_{17}=1.597$	$a_{18}=2.584$	$a_{19}=4.181$	$a_{20}=6.765$
$a_{21}=10.946$	$a_{22}=17.711$	$a_{23}=28.657$	$a_{24}=46.368$	$a_{25}=75.025$

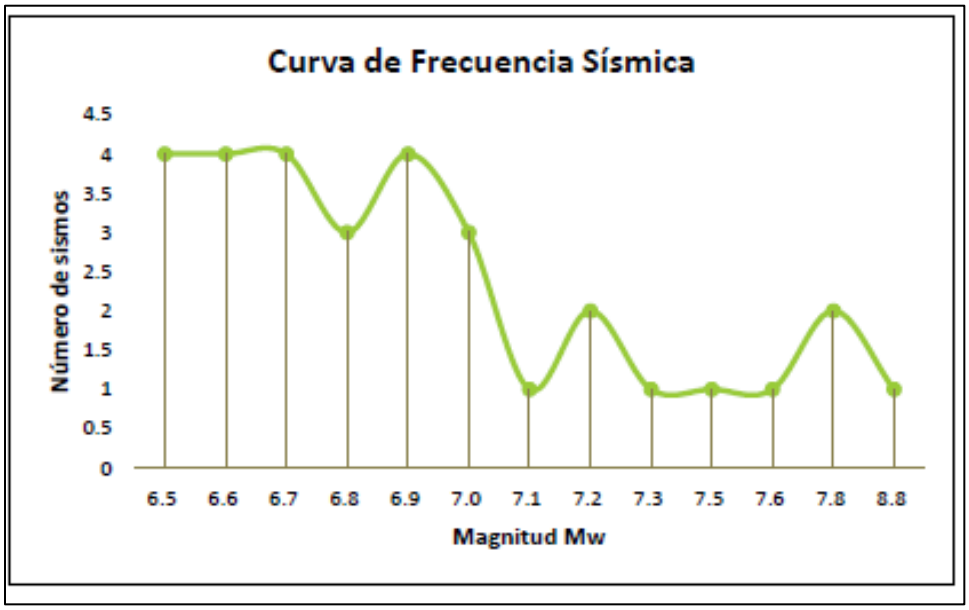
Nota. Descripción de los términos de referencia para emplear el modelo matemático de sucesión de Fibonacci. Fuente: (Viggiani , 2015)

Además, Viggiani (2015) indico:

> Es decir, lo que se determina es el sismo que tiene mayor recurrencia en suceder, pero se debe identificar el tiempo en que tarda en suceder el sismo de la magnitud modal para establecer algún tipo de comparación con la sucesión de Fibonacci. (p. 30).
>
> Sin embargo, predecir un sismo es improbable de hacer, aunque se puede lograr una aproximación de la predicción que puede llegar a ser la ideal, con ayuda de otras series como Dual y Lucas y el método que propone Gutemberg & Richer (1944), para complementar a la sucesión de Fibonacci a encontrar una recurrencia que pueda predecir un sismo de tal magnitud. Tal como se describe en la imagen. (p. 30).

Figura 18.

Curva de Frecuencia Sísmica



Nota. Curva de frecuencia sísmica aplicando la metodología de Fibonacci en diferentes grados de sismos. Fuente: (Viggiani , 2015).

9.- Operacionalización de las variables

Tabla 11.

Operacionalización de las variables

Diseño teórico de la investigación					
Objetivo general: Analizar los criterios para el desarrollo de los análisis probabilísticos del riesgo sísmico en el cantón Jipijapa aplicando sucesión de Fibonacci.					
Objetivo especifico	**Variables**	**Dimensión operacional**	**Definición Conceptual**	**Técnicas**	**Instrumentos**
Investigar eventos sisimicos ocurridos en el área de influencia partiendo de un registro sísmico de 53 años, que son una consecuencia de la activación de lo que se conoce como el cinturón de Fuego.	Análisis probabilístico de riesgos sísmicos en el cantón Jipijapa	La variable Será analizada por medio de programas IRIS y Volcano Discovery (INOCAR)	los eventos sísmicos son catástrofes naturales que se presentan por efecto del choque de las placas tectónicas.	Método de ingeniería asociado al método científico	softwares computarizados
Realizar un mapa isométrico de fallas en el área de influencia de acuerdo a registro sísmico.	Sucesión de Fibonacci	La variable se desarrollará cálculos	las ondas de corte son el comportamiento del suelo a la	Método de ingeniería asociado al	libros, programas de Excel y normas NEC

		matemáticos y normas NEC	reacción del sismo esto varía de acuerdo al tipo de suelo y su vulnerabilidad	método científico	
Calcular las líneas de comportamiento y caracterizar planos de fallas de alta sensibilidad entre el área de estudio y su incidencia en la ciudad de Jipijapa.	Sucesión de Fibonacci	La variable se desarrollará por medio de mapas de la ciudad de Jipijapa	la zonificación es la planificación en un mapa de los lugares con diferentes tipos de riesgo sísmico	Método de ingeniería asociado al método científico	AutoCAD Excel
Evaluar la sucesión de Fibonacci a partir de las magnitudes mayores de 4 que se consideran de tipo superficial.	Sucesión de Fibonacci	La variable se desarrollará cálculos matemáticos	método matemático basado en la probabilidad de recurrencia del estudio de la naturaleza.	Método de ingeniería asociado al método científico	Sucesión de Fibonacci.

Nota. Descripción de la matriz de operacionalización de las variables por medio de técnicas e instrumentos aplicados en el desarrollo del proyecto. Fuente: investigador 2023.

III.- MARCO METODOLÓGICO

10.- Tipo y diseño de la investigación

10.1.- Tipo de investigación

El tipo de investigación empleado en el proyecto es cualitativa de acuerdo a su estrategia al emplear recolección de información de bibliográfica y cálculos matemáticos para el desarrollo de los objetivos planteados, donde por medio de un modelo propuesto se analiza la relación causa efecto de la variable en la relación del número de oro o sucesión de Fibonacci por medio del Excel y Pseint siendo un registro big data basado en registros históricos de sismos que se han producido alrededor de la zona sur de Manabí.

10.2.- Diseño de investigación

La investigación del proyecto está basada en el análisis de recurrencia sísmica para identificar las zonas vulnerables del cantón Jipijapa, para esto se utilizará el método de sucesión de Fibonacci, el diseño experimental, y dado que el tema de estudio tiene suficiente sustento teórico, se realizará una investigación del tipo de aplicativa para conocer en detalle cómo el análisis ayuda a prevenir a futuro pérdidas humanas por la falta de prevención ante eventos sísmicos considerando a Jipijapa con un alto índice de sismicidad.

11.- Enfoque de la investigación

Según (Villagómez & Novoa, 2014) La investigación cuantitativa se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de unidades de análisis, muestreo y procesamiento estadístico.

12.- Poblacion y muestra

12.1.- Población o universo

Según (Tamayo & Tamayo, 2011) Una población está determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo. Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación.

En esta investigación la población de estudio son los sismos que afectan la activación del cinturón de fuego y tienen influencia en el cantón Jipijapa en un registro de 53 años.

12.2.- Muestra y muestreo

Para (Espinoza, 2016) Esta es una técnica empleada para seleccionar los recursos (unidades de análisis o de investigación) representativos de la población de estudio que conformarán una muestra y que será utilizada para hacer inferencias (generalización) a la población de estudio.

La muestra de este proyecto será los sismos mayores a 4 en la escala de Richter que se han presentado durante el periodo de 53 años en la zona sur de Manabí siendo el área de incidencia en el cantón Jipijapa.

13.- Técnicas de recolección de información

A continuación, se detalla las técnicas de recolección de información empleadas en el proyecto:

13.1.- Técnica de campo

Se utilizó en la recolección de muestra de suelo en el sitio de estudio en la ciudadela los algarrobos donde se pretende implantar el proyecto, considerando el crecimiento urbanístico de la ciudad de Jipijapa hacia el sector.

13.2.- Técnica de ingenria

Se utilizó en el estudio de la probabilidad de recurrencia de sismos migratorios en la ciudad de Jipijapa determinado por medio de cálculos matemáticos aplicando la sucesión de Fibonacci.

14.- Instrumentos de recolección de información

Los instrumentos de recolección de información utilizados en el proyecto son los siguientes:

Softwares computarizados

- Google Earth
- AutoCAD
- Excel
- Word

IV.- RESULTADOS.

16.- Analisis, aportes y hallazgos

16.1.- Objetivo 1: Investigar eventos sisimicos ocurridos en el área de influencia partiendo de un registro sísmico de 53 años, que son una consecuencia de la activación de lo que se conoce como el cinturón de Fuego.

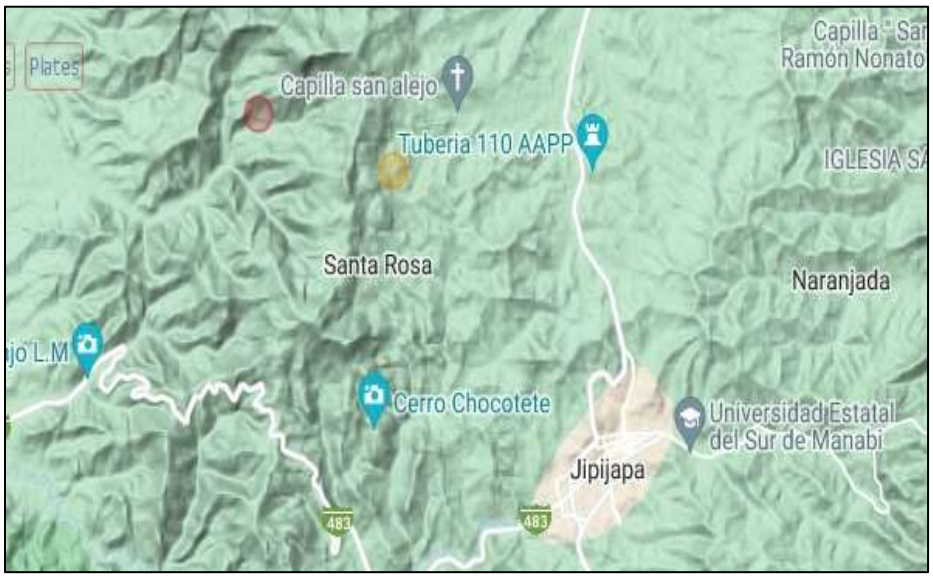
Para determinar los sismos ocurridos en la zona Sur de Manabí durante los años 1970 hasta el 2023 se obtuvo información del IGEPN (Instituto de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional en Quito) la información recolectada se detalla a continuación:

16.1.1.- Sismos ocurridos durante el año 2023 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2023.

Figura 19.

Sismos registrados en el año 2023 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2023 hasta el día 25 de mayo. Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 12.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2023

Fecha	Magnitud	Prof. (km)	Lat. (s)	Long. (O)	Este	Norte
19 de febrero	4,30	10,00	1,14	80,76	527001,227	9874259,719
26 de marzo	3,80	5,00	1,25	80,06	604578,459	9861818,508
28 de mayo	3,90	5,00	1,28	80,49	556736,918	9858515,665
31 de mayo	3,10	26,00	1,29	99,52	442150,788	9857410,089
4 de enero	3,70	1,00	1,35	80,76	526698,706	9850782,844
13 de mayo	4,50	43,60	1,51	80,46	560168,886	9833578,116
27 de enero	3,50	1,00	1,52	80,97	503337,082	9831993,912
4 de junio	3,60	10,00	1,56	81,06	493325,959	9827572,606
26 de febrero	3,10	0,00	1,72	80,88	513680,684	9809555,714

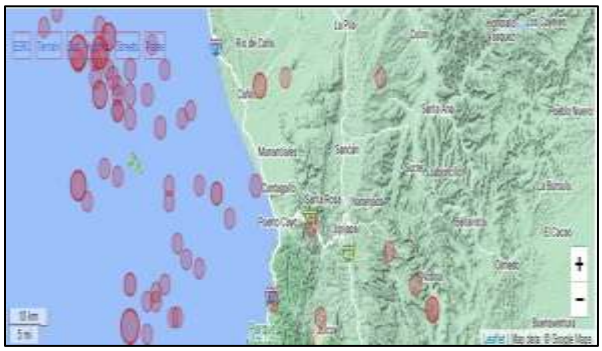
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2023 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.2.- Sismos ocurridos durante el año 2022 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2022.

Figura 20.

Sismos registrados en el año 2022 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2022 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 13.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2022

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
24 de noviembre	4,50	32,90	1,17	80,56	548784,530	9871217,470
1 de noviembre	3,90	4,00	1,48	80,95	505561,905	9836415,105

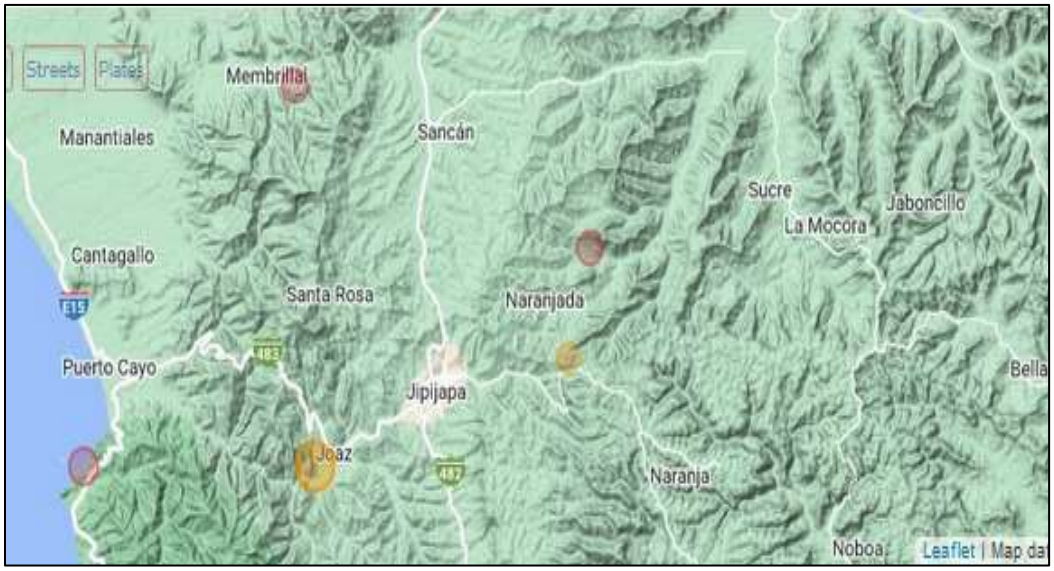
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2022 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.3.- Sismos ocurridos durante el año 2021 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2021.

Figura 21.

Sismos registrados en el año 2021 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2021 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 14.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2021

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
22 de junio	3,80	2,00	1,17	81,16	482199,670	9870679,159
15 de junio	3,80	10,00	1,17	81,12	486649,760	9870679,381
29 de septiembre	3,90	5,00	1,16	81,08	491099,812	9871784,845
14 de junio	4,40	5,00	1,19	81,15	483312,312	9868468,602
de junio	3,80	1,00	1,19	98,92	508900,093	9868468,927
13 de junio	3,80	0,00	1,19	81,04	495549,955	9868469,024
12 de junio	3,90	1,00	1,21	81,11	487762,458	9866258,197
15 de junio	3,90	10,00	1,22	98,92	508899,995	9865153,008
22 de junio	3,90	10,00	1,23	81,01	498887,505	9864047,832
2 de agosto	4,10	4,00	1,18	80,78	524475,396	9869573,393
18 de junio	4,50	5,00	1,30	81,20	477750,652	9856309,812
18 de junio	4,00	4,00	1,31	80,88	513349,539	9855205,067
18 de junio	3,90	3,00	1,30	80,79	523361,820	9856309,722
18 de noviembre	3,80	3,00	1,42	80,42	564520,899	9843038,920
8 de abril	4,20	2,00	1,45	99,62	431030,113	9839721,647
7 de marzo	3,90	17,00	1,54	80,61	543382,002	9829779,350
22 de julio	4,20	5,00	1,62	80,81	521133,888	9820939,857
18 de junio	3,90	10,00	1,63	80,97	503336,907	9819835,513
13 de agosto	4,70	2,00	1,60	81,03	496663,044	9823151,441
13 de agosto	5,40	5,00	1,56	81,01	498887,660	9827572,699
17 de junio	3,80	4,00	1,54	80,91	510011,158	9829783,107
15 de junio	4,40	2,00	1,54	81,05	494438,247	9829783,253
15 de junio	3,60	2,00	1,51	81,06	493325,804	9833099,151
15 de junio	5,20	1,00	1,51	81,11	487763,969	9833098,934
16 de junio	4,80	10,00	1,47	81,08	491100,910	9837520,316
16 de junio	4,40	6,00	1,50	81,01	498887,629	9834204,549
17 de junio	4,20	4,00	1,50	81,00	500000,000	9834204,551
16 de junio	4,00	3,00	1,50	80,98	502224,742	9834204,541
17 de junio	4,10	10,00	1,51	80,99	501112,366	9833099,241

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2021

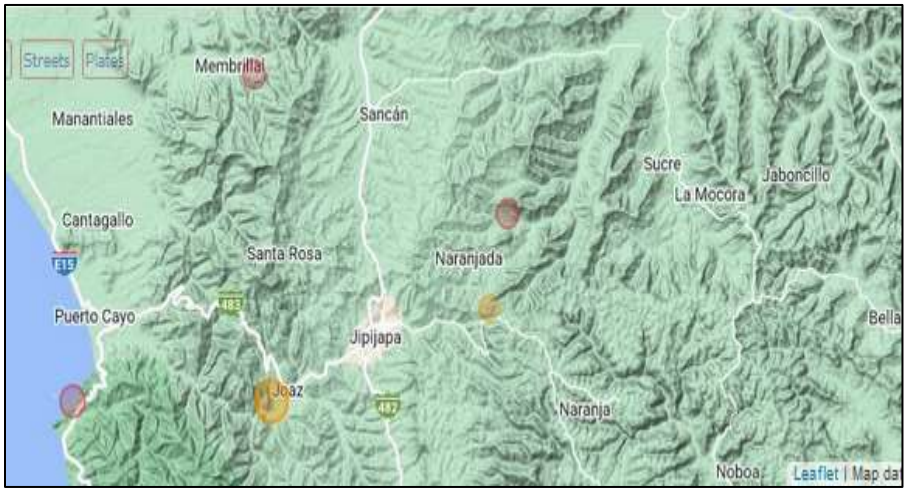
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.4.- Sismos ocurridos durante el año 2020 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2020.

Figura 22.

Sismos registrados en el año 2020 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2020 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 15.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2020

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
19 de abril	3,90	10,00	1,38	80,75	527810,815	9847466,780
6 de marzo	4,50	30,00	1,38	80,64	540047,711	9847465,211
29 de septiembre	3,80	1,00	1,52	80,98	502224,721	9831993,925
4 de noviembre	4,10	1,00	1,62	80,93	507786,157	9820940,713
24 de agosto	4,10	4,00	1,70	81,09	489989,628	9812098,136
9 de enero	3,60	5,00	1,39	81,17	481088,758	9846362,253

8 de julio	3,50	17,00	1,24	80,65	538937,421	9862939,955
16 de abril	3,50	5,00	1,30	80,51	554511,460	9856305,405
26 de julio	3,20	37,00	1,34	80,52	553398,101	9851884,237
4 de junio	3,60	23,00	1,48	99,30	466628,420	9836412,911
11 de marzo	3,60	3,00	1,72	80,63	541153,598	9809883,760
19 de julio	3,50	1,00	1,87	99,43	452176,627	9793302,222
21 de julio	4,30	9,00	1,68	80,40	566737,697	9814298,744
28 de enero	3,50	6,00	1,54	80,39	567854,663	9829773,611
16 de febrero	3,50	5,00	1,30	80,51	554511,460	9856305,405

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2020 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.5.- Sismos ocurridos durante el año 2019 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2019.

Figura 23.

Sismos registrados en el año 2019 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2019 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 16.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2019

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
10 de abril	3,80	23,00	1,50	80,99	501112,371	9834204,549
7 de abril	3,90	10,00	1,43	81,22	475527,021	9841940,533
26 de abril	3,80	2,00	1,29	80,92	508899,759	9857415,859
26 de abril	3,80	1,00	1,28	80,92	508899,793	9858521,167
25 de enero	4,40	5,00	1,24	80,90	511124,914	9862942,319

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2019 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.6.- Sismos ocurridos durante el año 2018 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2018.

Figura 24.

Sismos registrados en el año 2018 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2018 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 17.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2018

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
26 de agosto	3,90	10,00	1,08	80,99	484424,239	9880627,407
9 de julio	3,60	2,00	1,31	80,49	483313,070	9855199,614
9 de septiembre	4,50	5,00	1,41	80,74	518911,082	9844150,705
9 de junio	3,90	10,00	1,57	80,86	507786,345	9826466,871
21 de marzo	3,90	2,00	1,59	80,91	513347,899	9824256,556
28 de marzo	3,90	10,00	1,52	81,10	506674,165	9831993,678
10 de febrero	4,50	10,00	1,63	81,18	505561,513	9819834,643
10 de febrero	4,40	10,00	1,65	81,15	504449,166	9817624,290
22 de septiembre	4,30	10,00	1,75	81,02	560061,535	9806571,805

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2018 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.7.- Sismos ocurridos durante el año 2017 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2017.

Figura 25.

Sismos registrados en el año 2017 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2017 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 18.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2017

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
12 de septiembre	4,00	10,00	1,21	81,99	389856,674	9866238,350
21 de diciembre	4,70	10,00	1,07	80,65	538939,735	9881730,492
10 de noviembre	4,40	26,00	1,24	80,44	562300,482	9862935,940
15 de febrero	4,90	10,00	1,40	80,55	550059,403	9845252,824

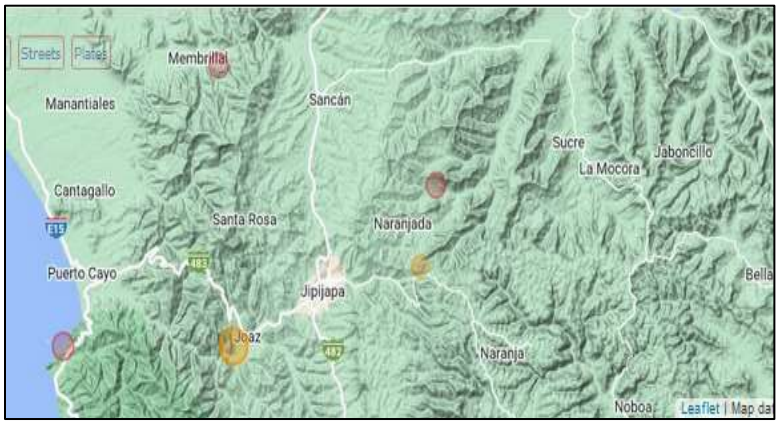
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2017 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.8.- Sismos ocurridos durante el año 2016 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2016.

Figura 26.

Sismos registrados en el año 2016 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2016 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 19.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2016

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
19 de abril	5,20	0,00	1,22	81,14	484424,940	9866258,043
4 de mayo	4,90	0,00	1,27	81,15	483312,809	9859626,127
1 de diciembre	4,50	24,00	1,24	80,83	518912,371	9862941,921
15 de febrero	4,40	0,00	1,34	80,93	507787,133	9851889,357
13 de febrero	4,00	0,00	1,36	80,88	513349,269	9849678,523
22 de abril	4,50	0,00	1,42	80,94	506674,462	9843046,926
29 de abril	5,00	0,00	1,50	80,95	505561,855	9834204,488
4 de mayo	4,70	0,00	1,55	80,96	504449,381	9828677,968
6 de marzo	3,70	0,00	1,42	80,46	560071,045	9843039,998

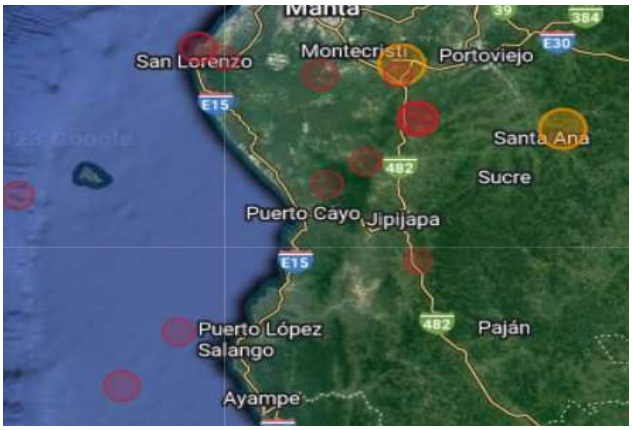
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2016 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.9.- Sismos ocurridos durante el año 2015 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2015.

Figura 27.

Sismos registrados en el año 2015 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2015 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 20.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2015

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
18 de agosto	4.50	35	1.22	81.14	540230.291	9881431.904
22 de mayo	4.00	11	1.27	81.15	499399.301	9841996.970

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2015 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.10.- Sismos ocurridos durante el año 2014 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2014.

Figura 28.

Sismos registrados en el año 2014 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2014 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 21.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2014

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
13 de junio	4.4	10	1.22	81.14	511069.601	9871519.503
28 de diciembre	4.2	10	1.27	81.15	546198.599	9841915.420
7 de noviembre	4	10	1.27	81.15	518101.267	9880637.978

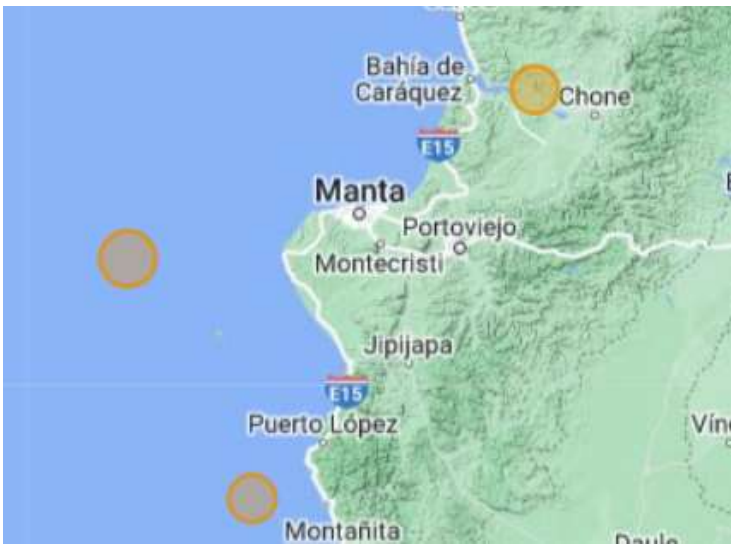
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2014 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.11.- Sismos ocurridos durante el año 2013 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2013.

Figura 29.

Sismos registrados en el año 2013 zona Sur de Manabí



Nota. *Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2013 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023*

Tabla 22.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2013

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
9 de febrero	6.90	145.00	-1.13	-83.39	233693.013	9874438.027
11 de octubre	5	4.6	-1.74	-80.39	567992.480	9807522.415
10 de octubre	4.8	1.8	-1.62	-81.27	470312.432	9820662.562
18 de enero	4.6	10	-1.46	-81.29	467295.519	9838988.401
15 de marzo	4.5	10	-1.46	-81.14	483903.695	9838514.734
15 de marzo	4.5	10	-1.44	-81.21	476361.480	9840337.905
15 de marzo	4.5	11	-1.61	-80.91	509821.744	9822355.431
18 de octubre	4.5	4	-1.07	-81.36	459747.439	9881586.647
28 de noviembre	4.5	1.9	-1.70	-80.39	567660.262	9812142.982
20 de enero	4.4	22.5	-1.41	-80.97	503170.381	9843997.557
17 de junio	4.4	3.6	-1.26	-80.76	526844.253	9860443.292
12 de marzo	4.3	12	-1.35	-80.42	564489.404	9850721.207
21 de abril	4.3	11	-1.19	-81.14	484202.303	9868888.667
19 de octubre	4.3	11	-1.66	-81.03	496918.969	9816442.216
14 de marzo	4.2	11	-1.47	-80.90	511401.938	9837022.824
19 de octubre	4.2	9.6	-1.62	-81.38	458154.736	9820616.417
19 de octubre	4.1	20	-1.73	-81.33	462961.914	9809298.693
22 de julio	4	10	-1.63	-80.91	509899.473	9819337.929
8 de abril	3.9	5.4	-1.60	-81.38	457453.515	9823025.913
28 de mayo	3.9	12.7	-1.43	-80.54	551260.123	9841571.798
15 de marzo	3.8	10.6	-1.52	-81.01	498798.649	9832314.471
15 de marzo	3.8	10	-1.45	-81.41	454869.719	9839771.261
20 de julio	3.8	10	-1.13	-80.50	555327.103	9875416.701
16 de enero	3.7	10	-1.11	-80.65	538427.500	9877806.648
24 de septiembre	3.7	4	-1.33	-80.64	540048.598	9853445.039
20 de noviembre	3.7	4.1	-1.51	-80.48	558121.958	9833235.956
18 de enero	3.6	6	-1.58	-81.14	484850.038	9825693.181
21 de enero	3.6	10	-1.57	-81.13	485828.854	9826312.217
22 de enero	3.6	10	-1.44	-81.15	482869.037	9840437.907
23 de abril	3.6	20	-1.29	-81.24	472766.677	9857270.998
11 de agosto	3.6	10	-1.71	-80.54	550919.754	9811263.325
18 de abril	3.5	12	-1.49	-80.75	527820.624	9835429.866

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2013

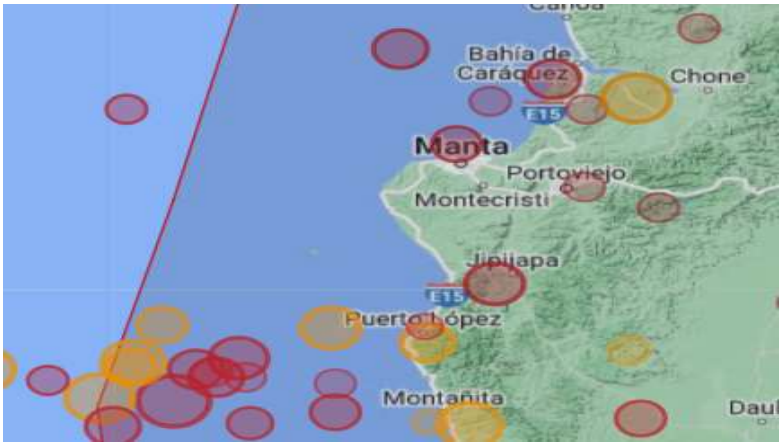
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.12.- Sismos ocurridos durante el año 2012 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2012.

Figura 30.

Sismos registrados en el año 2012 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2012 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 23.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2012

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
30 de septiembre	7.30	170.00	-1.93	-82.36	348514.481	9786726.118
28 de junio	5	11	-1.63	-80.85	517062.751	9819989.632
10 de diciembre	4.7	11	-1.35	-80.65	538868.915	9850228.705
27 de junio	4.6	11	-1.70	-81.34	461860.217	9812382.369
27 de junio	4.5	49.5	-1.62	-80.87	514537.845	9820454.041
11 de febrero	4.4	11	-1.60	-81.10	488565.357	9823173.285
13 de agosto	4.4	12	-1.37	-80.53	552585.279	9848258.865

28 de junio	4.3	11	-1.71	-81.07	492347.666	9811037.134
7 de febrero	4.2	6	-1.74	-81.23	474785.404	9808084.581
4 de mayo	4.1	12	-1.44	-81.02	497808.574	9840504.796
31 de agosto	4.1	8.6	-1.49	-80.76	526207.689	9835673.213
27 de junio	3.8	10	-1.63	-80.77	525605.315	9820231.989

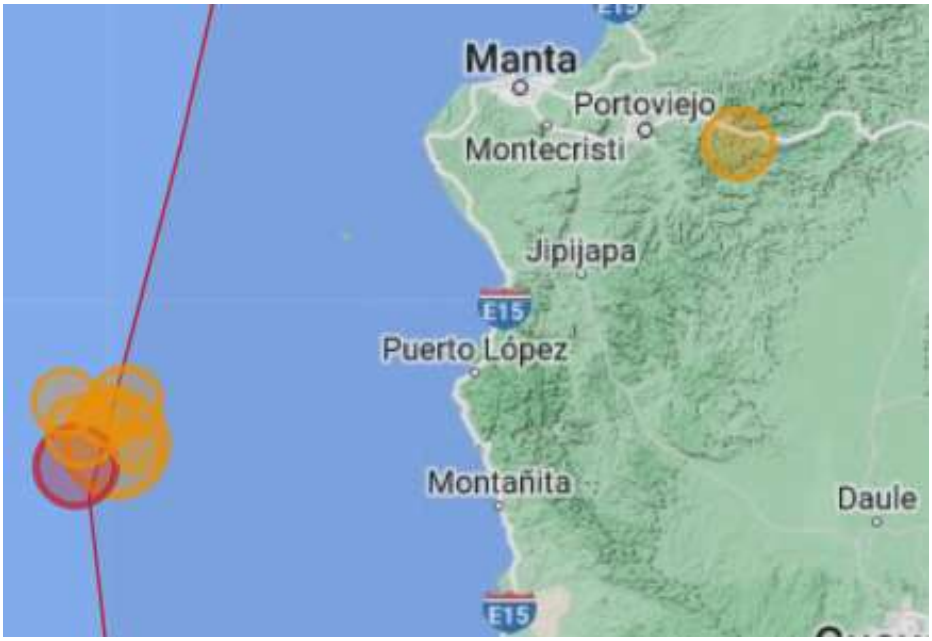
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2012 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.13.- Sismos ocurridos durante el año 2011 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2011.

Figura 31.

Sismos registrados en el año 2011 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2011 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 24.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2011

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
16 de abril	4.2	10	-1.51	-80.91	509655.317	9832557.449
27 de julio	4.1	11	-1.49	-80.34	572895.505	9835011.621

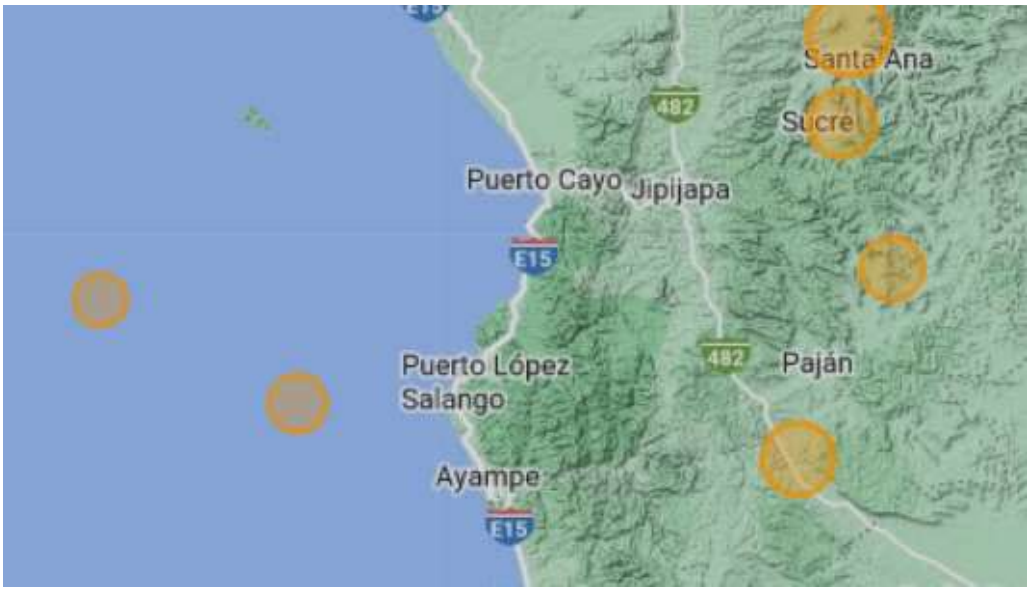
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2011 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.14.- Sismos ocurridos durante el año 2010 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2010.

Figura 32.

Sismos registrados en el año 2010 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2010 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 25.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2010

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
28 de febrero	5.3	43.5	-1.20	-80.57	548027.357	9867127.841
22 de marzo	4.8	11	-1.71	-80.49	556303.308	9811372.510
28 de noviembre	4.7	40.8	-1.23	-80.54	551197.525	9863778.139
16 de octubre	4.5	11	-1.38	-80.54	550794.142	9847938.664
6 de agosto	4.3	11	-1.49	-80.92	508654.302	9835729.724
30 de junio	4.2	11	-1.52	-81.22	475194.320	9831738.432
16 de marzo	4.1	8.9	-1.57	-80.93	507430.395	9826389.902
22 de mayo	4.1	3.1	-1.68	-80.34	573534.247	9814705.543
3 de junio	4.1	6.7	-1.48	-81.38	457384.410	9836168.314
6 de agosto	4.1	6.2	-1.55	-81.30	466484.890	9828631.413
29 de agosto	4.1	3.5	-1.22	-81.24	472821.575	9865041.375
15 de marzo	4	4	-1.13	-80.51	554192.163	9874753.686
28 de agosto	4	3.1	-1.15	-80.95	505329.009	9873144.452
27 de noviembre	4	5.2	-1.31	-80.64	539748.464	9855080.967
20 de enero	3.8	16	-1.19	-80.59	545635.667	9868896.743

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2010

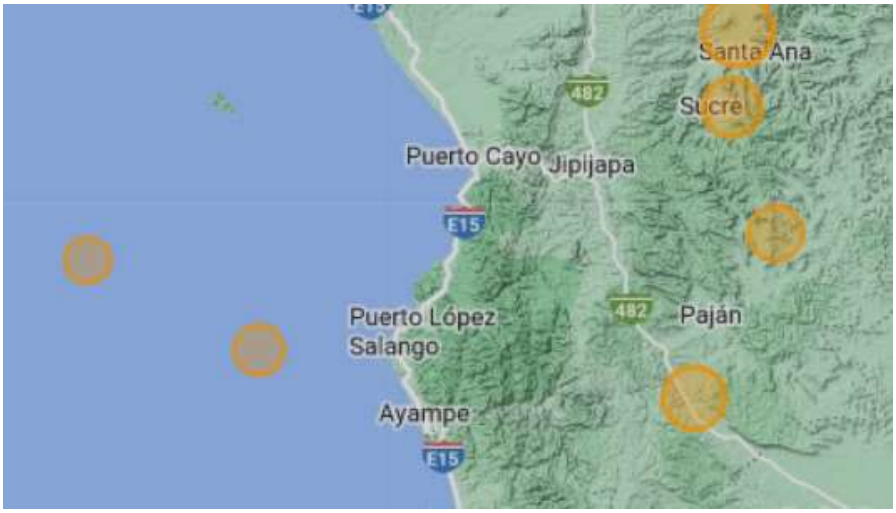
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.15.- Sismos ocurridos durante el año 2009 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2009.

Figura 33.

Sismos registrados en el año 2009 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2009 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 26.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2009

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
26 de febrero	4.5	43.5	-1.35	-81.26	470731.516	9850871.004
16 de septiembre	4.5	11	-1.36	-80.58	546411.352	9849763.271
28 de febrero	4.3	40.8	-1.46	-81.30	466305.549	9838446.662
14 de mayo	4.3	11	-1.53	-81.29	467819.404	9830974.883
2 de septiembre	4.3	11	-1.68	-81.32	464584.937	9814670.862
18 de febrero	4.2	11	-1.44	-80.59	545864.607	9840467.490
20 de febrero	4.2	8.9	-1.38	-81.35	461120.398	9847222.213
21 de agosto	4.2	3.1	-1.30	-80.64	540560.741	9856219.339
14 de octubre	4.2	6.7	-1.16	-80.68	535734.441	9871871.369
18 de febrero	4.1	6.2	-1.36	-80.50	555822.792	9849297.234
3 de marzo	4.1	3.5	-1.29	-81.26	471186.995	9856883.981

3 de mayo	4.1	4	-1.54	-81.27	469443.613	9829814.509
27 de julio	4.1	3.1	-1.11	-80.99	500945.662	9877853.093
1 de diciembre	4.1	5.2	-1.32	-81.37	459050.214	9853997.571
28 de febrero	4	16	-1.35	-81.15	483135.345	9850816.795
13 de marzo	4	16	-1.09	-80.38	568979.472	9879713.971
21 de diciembre	4	16	-1.50	-80.52	553116.219	9833701.351
29 de noviembre	3.9	16	-1.37	-81.00	499688.518	9848894.087
11 de diciembre	3.8	16	-1.66	-81.41	454295.872	9816094.833
30 de marzo	3.6	16	-1.35	-80.75	527510.824	9851048.039

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2009 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.16.- Sismos ocurridos durante el año 2008 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2008.

Figura 34.

Sismos registrados en el año 2008 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2008 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 27.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2008

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
9 de enero	4.5	10.9	1.22	81.14	520748.948	9877288.735
14 de diciembre	4.4	12	1.22	81.14	482400.585	9859449.223
26 de mayo	4.2	9.1	1.22	81.14	575681.861	9852884.861
3 de septiembre	4.2	10	1.22	81.14	462124.257	9829702.921
5 de octubre	4.2	12	1.22	81.14	499176.775	9856598.072
27 de octubre	4.2	21.2	1.22	81.14	542762.457	9849719.663
18 de enero	4.1	12	1.22	81.14	556700.598	9844400.345
29 de enero	4.1	16	1.22	81.14	557756.382	9839735.522
29 de enero	4.1	16	1.22	81.14	578424.187	9873565.935
27 de noviembre	4	49.8	1.22	81.14	523518.092	9862731.580
20 de mayo	3.9	43.9	1.22	81.14	538122.064	9839960.324

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2008

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.17.- Sismos ocurridos durante el año 2007 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2007.

Figura 35.

Sismos registrados en el año 2007 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2007 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 28.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2007

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
15 de junio	4.5	8	-1.34	-81.35	461453.522	9851466.718
6 de enero	4.4	12	-1.69	-80.43	563622.707	9812741.113
19 de marzo	4.3	5	-1.75	-81.14	484528.785	9806891.784
11 de agosto	4.3	12	-1.20	-80.35	572170.012	9867852.614
15 de noviembre	4.3	10.9	-1.25	-80.42	565026.089	9862338.454
2 de febrero	4.2	12	-1.55	-81.27	470088.868	9829140.346
12 de junio	4.2	5	-1.29	-80.40	566259.876	9857375.085
15 de enero	4.1	29.2	-1.60	-80.90	510644.884	9822919.102
25 de enero	4.1	10	-1.54	-81.25	472046.495	9830201.692
15 de febrero	4.1	16	-1.41	-80.39	567925.382	9844265.004
30 de junio	4.1	5	-1.63	-81.34	461636.532	9819401.175
31 de julio	4.1	23.4	-1.11	-81.06	493046.604	9877598.801
3 de febrero	4	17.5	-1.33	-81.41	454311.301	9852438.306

8 de julio	4	5	-1.51	-81.13	485928.571	9832921.984
5 de diciembre	4	61.8	-1.35	-80.41	565446.099	9850488.850
8 de diciembre	4	23.4	-1.31	-80.57	548125.563	9855499.675
20 de diciembre	4	12	-1.47	-80.39	567990.402	9837809.622
31 de julio	4.1	23.4	-1.11	-81.06	493046.604	9877598.801
3 de febrero	4	17.5	-1.33	-81.41	454311.301	9852438.306

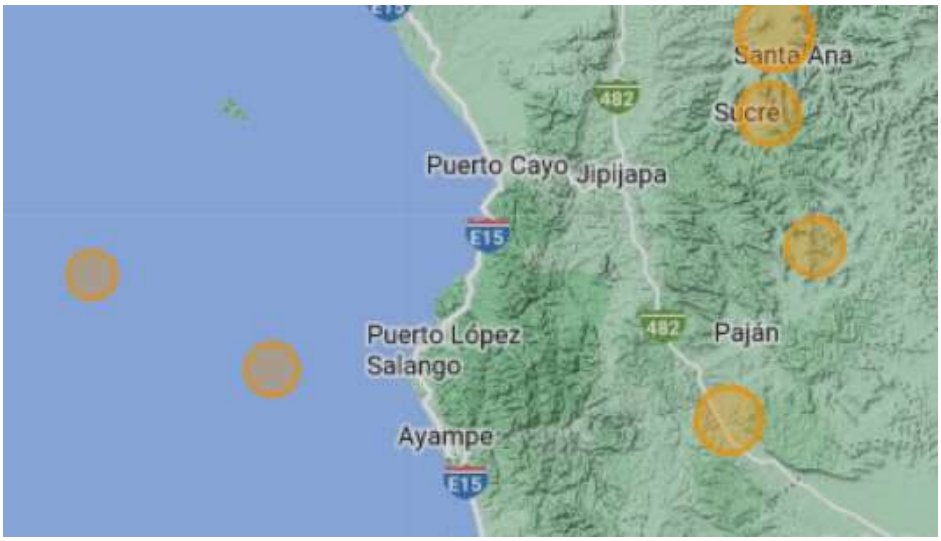
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2007 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.18.- Sismos ocurridos durante el año 2006 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2006.

Figura 36.

Sismos registrados en el año 2006 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2006 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 29.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2006

Fecha	Magnitud	Prof. (km)	Lat. (s)	Long. (O)	Este	Norte
15 de junio	4.5	12	-1.75	-80.39	567847.568	9806560.787
6 de enero	4.3	12	-1.26	-80.44	562300.010	9860725.222
19 de marzo	4.2	5	-1.29	-81.21	476638.088	9857415.035
11 de agosto	4.2	12	-1.45	-80.85	516685.955	9839730.538
15 de noviembre	4.2	5	-1.13	-81.31	465511.256	9875099.046
2 de febrero	4.2	10	-1.44	-81.15	483313.972	9840835.849
12 de junio	4.2	12	-1.30	-80.43	563411.565	9856303.537
15 de enero	4.1	12	-1.40	-80.89	512236.624	9845257.340
25 de enero	4	33.3	-1.25	-80.88	513349.849	9861836.918
15 de febrero	4	10	-1.64	-81.15	483315.528	9818729.603
30 de junio	4	5	-1.21	-80.48	557850.963	9866252.902
31 de julio	3.6	0	-1.11	-80.66	537470.605	9877010.924

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2006 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.19.- Sismos ocurridos durante el año 2005 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2005.

Figura 37.

Sismos registrados en el año 2005 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2005 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 30.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2005

Fecha	Magnitud	Prof. (km)	Lat. (s)	Long. (O)	Este	Norte
22 de abril	4.5	6.7	1.22	81.14	578603.899	9807386.058
20 de abril	4.3	12	1.27	81.15	500823.260	9869032.760
6 de octubre	4.3	12	1.24	80.83	534497.072	9851179.878
31 de enero	4.2	12.8	1.34	80.93	473179.506	9845024.132
19 de junio	4.2	5	1.36	80.88	512426.539	9863152.275
30 de noviembre	4.2	12	1.42	80.94	526778.658	9873530.230
18 de diciembre	4.2	5	1.50	80.95	493570.121	9849059.806
18 de diciembre	4.2	5	1.55	80.96	505128.401	9852873.143
28 de agosto	4.1	12	1.42	80.46	575460.342	9856521.636
19 de junio	3.6	20.8	1.42	80.46	527187.726	9846273.102

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2005

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.20.- Sismos ocurridos durante el año 2004 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2004.

Figura 38.

Sismos registrados en el año 2004 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2004 obtenido de Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 31.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2004

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
22 de abril	4.5	6.7	1.22	81.14	578603.899	9807386.058
20 de abril	4.3	12	1.27	81.15	500823.260	9869032.760
6 de octubre	4.3	12	1.24	80.83	534497.072	9851179.878
31 de enero	4.2	12.8	1.34	80.93	473179.506	9845024.132
19 de junio	4.2	5	1.36	80.88	512426.539	9863152.275
30 de noviembre	4.2	12	1.42	80.94	526778.658	9873530.230
18 de diciembre	4.2	5	1.50	80.95	493570.121	9849059.806
18 de diciembre	4.2	5	1.55	80.96	505128.401	9852873.143
28 de agosto	4.1	12	1.42	80.46	575460.342	9856521.636
19 de junio	3.6	20.8	1.42	80.46	527187.726	9846273.102

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2004 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.21.- Sismos ocurridos durante el año 2003 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2003.

Figura 39.

Sismos registrados en el año 2003 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2003 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 32.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2003

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
2 de febrero	4.9	28.3	-1.07	-80.90	511681.866	9882086.211
3 de octubre	4.6	8.7	-1.37	-81.28	469396.771	9849102.345
18 de febrero	4.3	10	-1.47	-81.31	465438.001	9837518.071
17 de enero	4.2	12	-1.27	-80.52	552988.044	9860152.295
31 de marzo	4.2	12	-1.19	-80.37	570078.551	9868671.076
21 de diciembre	4.2	11.8	-1.56	-80.97	503559.488	9827539.515
29 de agosto	4.1	33	-1.22	-80.70	533130.427	9865648.701
3 de noviembre	4.1	16	-1.33	-81.39	456558.440	9852847.645
9 de noviembre	4.1	9.1	-1.24	-80.51	555046.751	9863036.866
22 de diciembre	4.1	16	-1.34	-80.87	514294.979	9852242.792
1 de enero	4	36	-1.40	-81.17	481222.337	9845135.367
18 de junio	4	12	-1.70	-80.41	565357.572	9811557.849
30 de septiembre	4	26.6	-1.60	-80.97	503726.270	9823306.178
3 de octubre	4	12	-1.39	-81.41	454245.528	9846712.658
3 de octubre	4	10	-1.45	-81.16	482223.887	9839818.888
4 de octubre	4	12	-1.32	-81.12	486817.370	9854387.147
6 de diciembre	4	17.1	-1.09	-80.37	570014.048	9878962.104

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2003

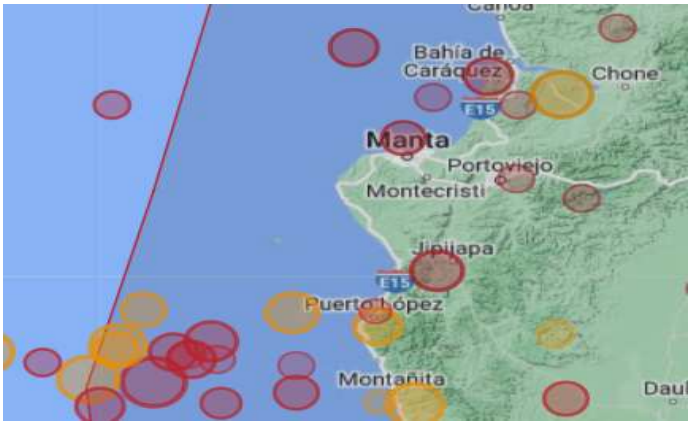
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.22.- Sismos ocurridos durante el año 2002 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2002.

Figura 40.

Sismos registrados en el año 2002 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2002 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 33.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2002

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
25 de marzo	4.6	42.1	-1.36	-81.01	498442.586	9849678.850
31 de marzo	4.6	10	-1.08	-80.95	505785.268	9880074.707
22 de marzo	4.5	12	-1.54	-81.25	471968.653	9830002.725
24 de marzo	4.5	45.8	-1.41	-81.21	476416.719	9844482.841
10 de julio	4.5	12	-1.45	-81.36	459953.455	9839948.973
10 de julio	4.5	12	-1.66	-81.39	456731.771	9816404.820
11 de julio	4.5	12	-1.48	-81.22	475305.126	9835971.805
2 de octubre	4.5	16.4	-1.39	-81.00	499733.019	9845898.705
26 de marzo	4.4	1.8	-1.45	-81.08	490544.637	9839620.382
27 de marzo	4.4	6.4	-1.10	-81.19	478416.567	9878416.098
31 de mayo	4.4	16	-1.61	-81.36	460067.768	9821600.509
10 de julio	4.4	15.9	-1.43	-81.27	470076.236	9841497.824
12 de noviembre	4.4	11.2	-1.56	-81.21	476740.969	9827074.153
22 de marzo	4.3	12	-1.43	-81.21	476194.438	9842272.190
2 de abril	4.3	9.1	-1.13	-81.14	483868.241	9874879.422
15 de junio	4.3	15.5	-1.19	-81.32	463954.404	9868798.536
10 de julio	4.3	12	-1.44	-81.25	471967.427	9840724.317

27 de julio	4.3	10	-1.51	-80.78	524917.001	9832545.301
28 de enero	4.2	41.1	-1.44	-81.16	482312.777	9841277.906
22 de marzo	4.2	12	-1.35	-81.12	486205.715	9850452.217
22 de marzo	4.2	12	-1.63	-81.19	478754.964	9820055.594
22 de marzo	4.2	12	-1.33	-81.14	483980.689	9852773.245
24 de marzo	4.2	33	-1.61	-81.31	465518.119	9822043.536
26 de marzo	4.2	19.1	-1.10	-81.19	478527.823	9878416.106
26 de marzo	4.2	16	-1.35	-81.11	487318.143	9850783.864
26 de marzo	4.2	15.7	-1.34	-80.99	501668.672	9852110.524
27 de marzo	4.2	14.6	-1.37	-81.09	490099.332	9848683.895
24 de septiembre	4.2	11.4	-1.28	-81.07	491767.682	9858852.779
2 de octubre	4.2	20	-1.34	-81.19	478640.929	9852419.181
22 de marzo	4.1	14	-1.34	-81.13	485315.670	9852110.134
22 de marzo	4.1	12	-1.51	-81.19	479087.476	9833208.871
26 de marzo	4.1	10	-1.35	-81.01	498887.558	9850563.098
27 de marzo	4.1	6.7	-1.34	-81.13	485204.467	9851336.411
6 de abril	4.1	20	-1.46	-80.97	503448.406	9838183.636
21 de abril	4.1	10	-1.28	-80.79	523139.498	9858409.836
15 de junio	4.1	12	-1.61	-81.32	463960.821	9822264.359
21 de abril	4.1	10	-1.31	-80.59	545166.197	9854649.061
15 de junio	4	26	-1.33	-80.60	544498.509	9853433.302
20 de agosto	4	10	-1.45	-81.27	469409.067	9839176.573
17 de enero	4	12	-1.25	-81.07	492657.578	9862168.723
23 de marzo	4	12.7	-1.25	-81.12	486538.907	9861726.382
25 de marzo	4	13.8	-1.26	-80.97	503114.946	9860289.778
21 de abril	4	12.8	-1.17	-80.35	572426.490	9870339.651
7 de junio	4	20.5	-1.10	-80.38	569424.247	9878409.542
10 de julio	4	11.8	-1.41	-81.08	491256.406	9844439.552
21 de septiembre	4	7.8	-1.37	-81.12	486261.436	9848528.981
2 de octubre	4	28.4	-1.47	-80.77	525573.862	9837928.126
3 de octubre	3.9	12	-1.51	-81.17	481201.008	9832877.450
30 de noviembre	3.8	12	-1.42	-81.21	476083.135	9842935.369

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2002

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

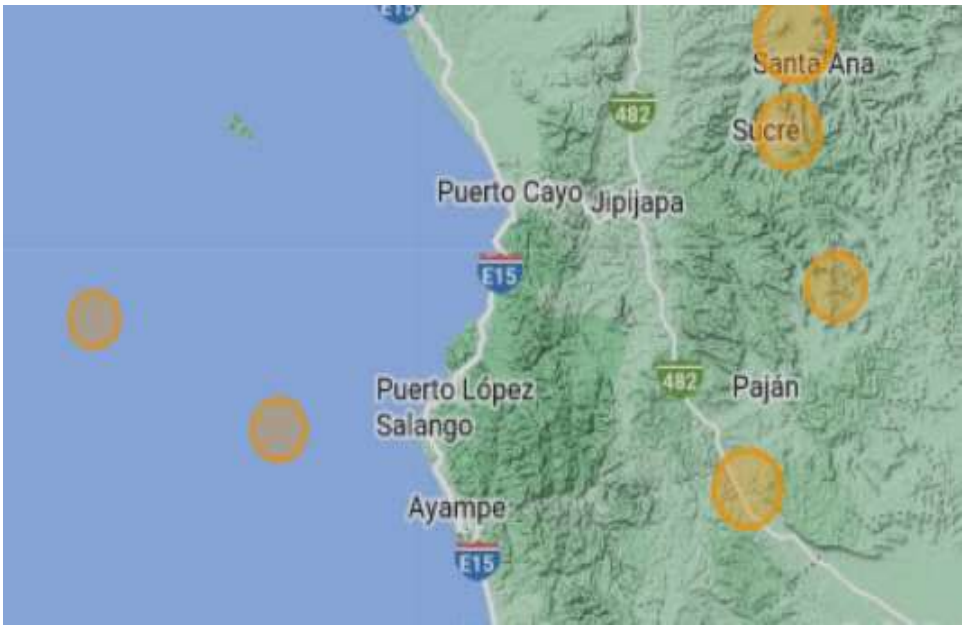
16.1.23.- Sismos ocurridos durante el año 2001 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen

la ubicación de los sismos presentes en el año 2001.

Figura 41.

Sismos registrados en el año 2001 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2001 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 34.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2001

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
6 de febrero	4.6	0.7	-1.60	-81.15	482981.487	9823371.894
25 de junio	4.5	38.4	-1.39	-81.09	489465.354	9845909.546
3 de diciembre	4.5	4.7	-1.40	-80.92	508565.631	9845146.956
6 de marzo	4.4	1.8	-1.11	-80.90	511570.438	9877090.231
29 de julio	4.3	27.6	-1.56	-81.05	493882.129	9827572.621
11 de octubre	4.3	19.4	-1.49	-80.63	541380.676	9835306.366
28 de febrero	4.2	43.9	-1.61	-81.12	486429.781	9821824.688
27 de octubre	4.2	12.1	-1.53	-81.28	469298.839	9831107.717

28 de mayo	4.1	33	-1.15	-80.62	541942.543	9872666.441
23 de noviembre	4.1	16	-1.26	-80.94	506452.399	9860731.845
5 de marzo	4	3.8	-1.51	-81.07	492547.158	9832767.536
26 de septiembre	4	14.6	-1.71	-80.90	511456.269	9811213.814
28 de febrero	3.2	25.3	-1.45	-80.61	543606.177	9839285.182

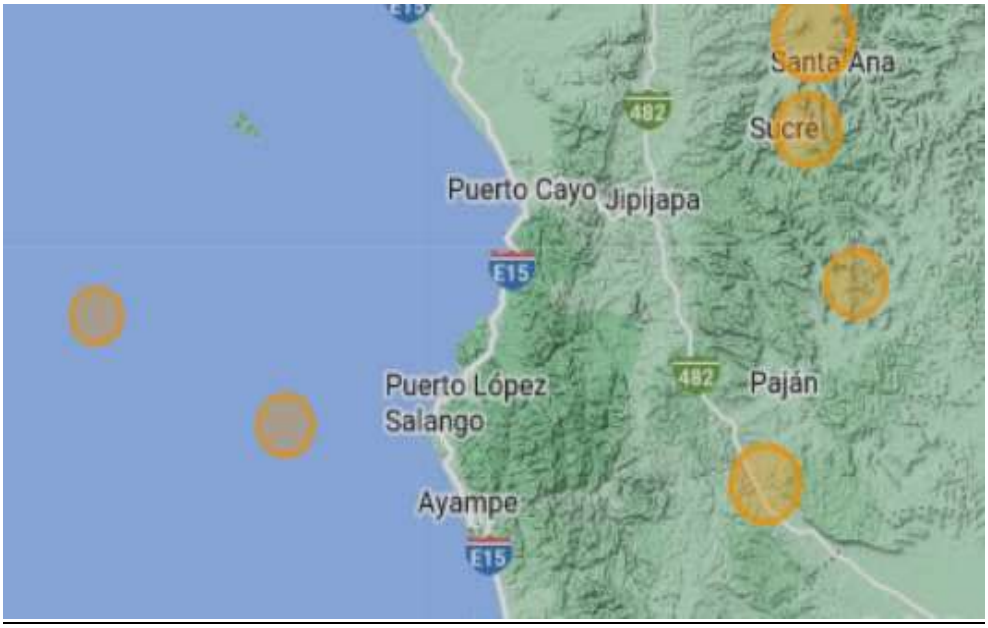
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2001 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.24.- Sismos ocurridos durante el año 2000 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 2000.

Figura 42.

Sismos registrados en el año 2000 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 2000 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 35.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 2000

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
31 de enero	4.5	42.4	1.22	81.14	514907.696	9869131.879
12 de julio	4.5	12	1.27	81.15	458328.552	9844679.527
8 de marzo	4.3	28.6	1.24	80.83	545609.032	9842048.166
1 de febrero	4.1	47	1.34	80.93	456554.280	9882006.281
27 de noviembre	4.1	22	1.36	80.88	492991.915	9839399.400
31 de enero	4	18	1.42	80.94	475435.439	9871651.375
18 de marzo	4	12	1.50	80.95	509455.979	9856973.719
19 de marzo	4	4.9	1.55	80.96	513349.618	9856863.030
27 de octubre	4	25.6	1.42	80.46	545280.263	9873108.115
24 de abril	3.6	34.2	1.42	80.46	538490.264	9847354.909
11 de julio	3.6	14	1.42	80.46	528257.909	9868799.350

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 2000

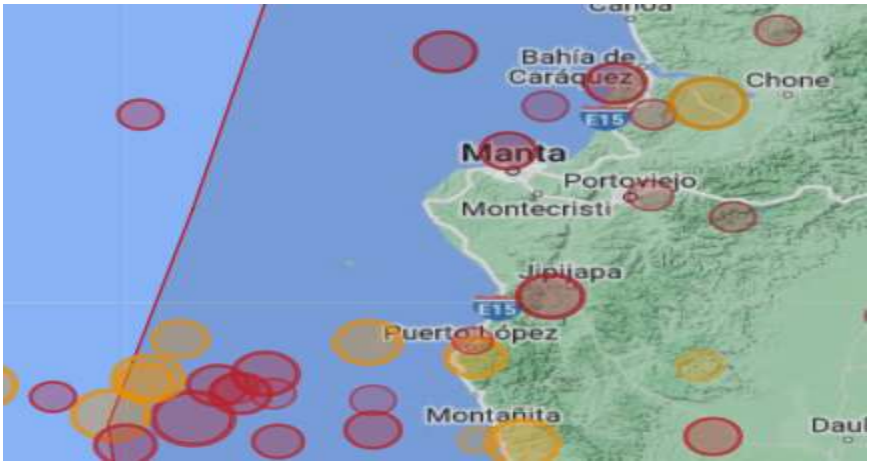
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.25.- Sismos ocurridos durante el año 1998 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1998.

Figura 43.

Sismos registrados en el año 1998 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1998 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 36.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1998

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
1 de julio	5.1	47	-1.17	-80.92	509000.278	9870502.687
29 de junio	4.6	6.6	-1.34	-80.94	506652.436	9851878.334
20 de junio	4.5	10.5	-1.47	-81.06	493514.778	9837951.461
2 de julio	4.5	15.5	-1.26	-81.11	487840.558	9860775.874
2 de julio	4.5	25	-1.29	-81.27	469763.009	9857005.417
3 de julio	4.5	20.4	-1.27	-80.95	505484.518	9859659.718
5 de julio	4.5	7	-1.37	-81.11	488274.949	9848429.600
6 de julio	4.5	5.3	-1.11	-81.32	464810.059	9877784.902
13 de junio	4.4	14.5	-1.44	-81.11	487796.946	9841101.379
29 de junio	4.4	20	-1.44	-80.99	501379.374	9840361.112
2 de julio	4.4	15.8	-1.30	-80.82	520057.758	9856000.490
3 de julio	4.4	7.7	-1.22	-80.95	505896.241	9864887.808
3 de julio	4.4	3.2	-1.41	-80.97	503036.893	9844152.302
6 de julio	4.4	5.7	-1.61	-81.07	492013.569	9822587.618
17 de julio	4.4	9.2	-1.66	-80.45	561232.426	9817041.661

1 de octubre	4.4	12.8	-1.12	-80.88	513305.963	9876040.123
24 de octubre	4.4	23.9	-1.31	-81.39	456936.252	9855611.034
3 de febrero	4.3	35	-1.45	-80.76	526319.362	9839773.928
3 de febrero	4.3	35	-1.45	-80.95	505261.632	9839731.035
10 de mayo	4.3	52	-1.71	-80.97	503503.616	9811313.570
28 de mayo	4.3	5.4	-1.07	-81.33	463285.471	9881244.397
10 de junio	4.3	12	-1.68	-81.29	468211.023	9814571.942
28 de mayo	4.3	5.1	-1.37	-80.93	507709.169	9848628.702
10 de junio	4.3	5	-1.48	-80.96	504026.819	9836415.134
29 de junio	4.3	9.4	-1.14	-81.21	477092.905	9874481.100
1 de julio	4.3	17	-1.68	-81.38	458133.780	9813807.557
1 de julio	4.3	3.1	-1.38	-80.97	503214.925	9847832.973
2 de julio	4.3	12	-1.46	-81.14	484326.400	9838592.132
4 de julio	4.3	20	-1.42	-81.05	494671.554	9843091.170
8 de julio	4.3	0	-1.15	-80.37	570146.225	9872760.939
15 de agosto	4.3	33	-1.16	-80.52	553312.654	9871316.213
17 de agosto	4.3	25.9	-1.23	-80.71	532651.884	9864167.624
17 de agosto	4.3	25.9	-1.39	-81.20	477317.622	9846328.796
25 de agosto	4.3	26.4	-1.07	-80.96	504394.594	9881290.563
9 de septiembre	4.2	20	-1.53	-81.40	455449.766	9831039.216
22 de septiembre	4.2	25	-1.61	-81.33	462970.798	9822551.585
20 de junio	4.2	20	-1.48	-81.26	470966.752	9836457.672
22 de junio	4.2	10	-1.73	-81.40	455409.655	9808987.742
27 de junio	4.2	11.3	-1.24	-80.87	513995.144	9862920.090
29 de junio	4.2	10	-1.20	-81.30	466112.841	9867616.088
1 de julio	4.2	9.4	-1.08	-81.26	471518.536	9880681.475
1 de julio	4.2	6	-1.24	-80.80	522550.232	9862897.453
3 de julio	4.2	10	-1.13	-81.32	464710.175	9875496.875
3 de julio	4.2	62.3	-1.43	-80.73	530246.474	9842426.255
5 de julio	4.2	20.9	-1.10	-81.34	462551.548	9877873.080
6 de julio	4.2	35.7	-1.70	-80.50	556081.058	9812179.477
14 de julio	4.2	14.3	-1.22	-80.51	554757.841	9864927.063
18 de julio	4.2	30.3	-1.18	-81.21	476080.886	9869319.215
20 de agosto	4.2	60	-1.37	-80.76	527154.623	9848914.813
4 de diciembre	4.1	52	-1.28	-81.28	468305.507	9858364.800

16 de diciembre	4.1	51.2	-1.57	-81.40	455127.999	9826706.238
25 de enero	4.1	12	-1.26	-81.04	495705.815	9860930.840
12 de febrero	4.1	20	-1.71	-81.23	474284.537	9811002.564
25 de enero	4.1	20	-1.61	-81.39	456519.335	9822041.989
12 de febrero	4.1	20	-1.38	-81.37	459162.493	9847177.705
25 de mayo	4.1	20	-1.51	-81.37	459287.130	9833117.923
13 de junio	4.1	12	-1.22	-81.04	495305.259	9864777.299
27 de junio	4.1	16	-1.51	-81.08	490778.478	9833253.811
27 de junio	4.1	5.7	-1.09	-80.81	520882.568	9879112.489
27 de junio	4.1	16.9	-1.33	-81.19	478518.497	9853214.997
1 de julio	4.1	6	-1.23	-80.87	513950.710	9864312.781
2 de julio	4.1	8	-1.08	-80.85	516154.282	9880439.121
3 de julio	4.1	10.2	-1.38	-81.25	471810.943	9847588.325
3 de julio	4.1	14	-1.15	-80.76	526300.218	9872944.453
3 de julio	4.1	13.1	-1.12	-81.39	457044.522	9876512.854
3 de julio	4.1	11.4	-1.15	-80.80	522539.857	9873066.326
4 de julio	4.1	33	-1.62	-81.39	456174.661	9821257.134
31 de julio	4.1	12	-1.47	-81.09	489599.208	9837022.868
10 de agosto	4	2	-1.37	-81.42	453455.380	9848447.898
21 de septiembre	4	12	-1.53	-81.30	466139.682	9831273.089
5 de octubre	4	25	-1.54	-81.28	469299.051	9829460.788
8 de noviembre	4	12	-1.69	-81.22	475240.844	9813102.782
27 de mayo	4	3.4	-1.07	-80.77	525410.865	9881698.608
14 de junio	4	12	-1.28	-81.29	468283.294	9858033.202
17 de junio	4	12	-1.22	-81.06	493069.117	9865694.660
29 de junio	4	7.5	-1.42	-81.06	493303.276	9843544.314
1 de julio	4	8.9	-1.13	-80.79	523385.505	9874735.287
1 de julio	4	5	-1.42	-80.97	503170.363	9842571.711
2 de julio	4	5	-1.69	-80.31	576436.930	9813112.783
3 de julio	4	17.8	-1.60	-81.16	482113.928	9822686.533
3 de julio	3.5	12	-1.24	-80.80	522561.347	9862764.815

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1998

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.26.- Sismos ocurridos durante el año 1997 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1997.

Figura 44.

Sismos registrados en el año 1997 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1997 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 37.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1997

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
11 de noviembre	4.9	43.1	-1.55	-81.38	458197.678	9829171.701
23 de diciembre	4.6	12	-1.07	-80.97	503070.660	9882042.185
7 de mayo	4.5	33.8	-1.37	-81.30	467149.634	9849002.599
16 de junio	4.5	29.6	-1.53	-80.59	545762.784	9831304.268
18 de agosto	4.5	12	-1.19	-81.22	475524.703	9868335.442

24 de julio	4.4	12	-1.29	-80.91	509645.116	9857460.047
31de agosto	4.3	52	-1.54	-81.36	459432.239	9830166.714
17 de noviembre	4.3	11	-1.22	-80.45	560643.298	9865412.283
14 de marzo	4.2	12	-1.12	-81.14	484068.425	9876360.545
16 de mayo	4.2	12	-1.28	-80.90	510746.518	9858941.120
20 de septiembre	4.2	8.8	-1.37	-80.99	501423.917	9848849.871
30 de septiembre	4.2	4.9	-1.42	-81.29	468051.426	9843199.773
4 de abril	4.1	16.8	-1.19	-80.86	515319.291	9868391.302
10 de mayo	4.1	28.1	-1.07	-80.72	530684.460	9881974.504
16 de julio	4.1	22	-1.20	-80.48	557450.559	9866849.867
26 de septiembre	4.1	10	-1.33	-80.60	545021.361	9853344.791
23 de octubre	4.1	45	-1.46	-80.85	516441.148	9838525.764
1 de abril	4	35.2	-1.43	-80.53	552784.291	9842168.373
20 de agosto	4	52	-1.63	-81.21	477186.609	9820033.333
11 de septiembre	4	16	-1.33	-80.92	508754.982	9852464.087
2 de noviembre	3.8	33	-1.37	-81.33	463111.529	9848305.718

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1997

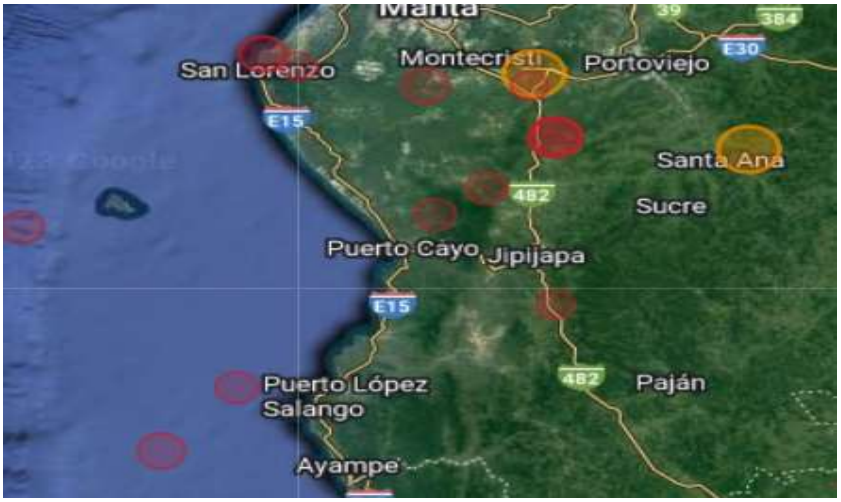
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.27.- Sismos ocurridos durante el año 1996 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1996.

Figura 45.

Sismos registrados en el año 1996 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1996 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 38.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1996

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
14 de febrero	5.2	10.3	-1.43	-81.14	484726.651	9842073.886
31 de diciembre	4.7	23.8	-1.36	-81.06	492991.634	9849800.347
28 de febrero	4.6	7.5	-1.17	-80.81	520982.137	9870480.005
18 de junio	4.4	17.4	-1.23	-80.72	530660.455	9863803.081
4 de diciembre	4.3	8.1	-1.13	-80.43	562914.825	9874895.798
18 de octubre	4.3	15.6	-1.39	-80.38	569372.182	9846431.152
8 de marzo	4.3	17.3	-1.14	-80.76	527101.348	9874160.232

31 de diciembre	4.3	25	-1.60	-81.37	459233.179	9823490.478
2 de noviembre	4.3	2.2	-1.53	-81.14	484071.040	9831064.945
17 de noviembre	4.2	20	-1.18	-80.94	506819.722	9869695.870
6 de noviembre	4.2	4.8	-1.18	-80.43	563236.423	9869634.223
6 de noviembre	4.2	25	-1.68	-80.48	558194.876	9813781.682
6 de noviembre	4.2	7	-1.19	-80.47	558997.372	9868739.724
6 de noviembre	4.2	7	-1.19	-80.51	554435.821	9868353.694
6 de noviembre	4.2	14.3	-1.37	-80.75	528189.136	9848328.888
6 de noviembre	4.1	16	-1.53	-81.16	482736.243	9830578.515
6 de noviembre	4.1	2.7	-1.42	-80.52	553941.476	9843317.693
6 de noviembre	4.1	11.6	-1.29	-80.62	541929.306	9857589.747
6 de noviembre	4	5.8	-1.49	-80.40	566243.309	9835765.162
6 de noviembre	4	21.1	-1.18	-81.00	499755.247	9869485.937
6 de noviembre	4	15.2	-1.12	-80.83	518879.816	9876382.494
6 de noviembre	4	0.6	-1.12	-81.32	464865.874	9876038.500
6 de noviembre	3.8	53.7	-1.24	-80.86	515797.372	9862687.884
6 de noviembre	3.7	69.2	-1.20	-80.64	540551.122	9867051.557

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1996

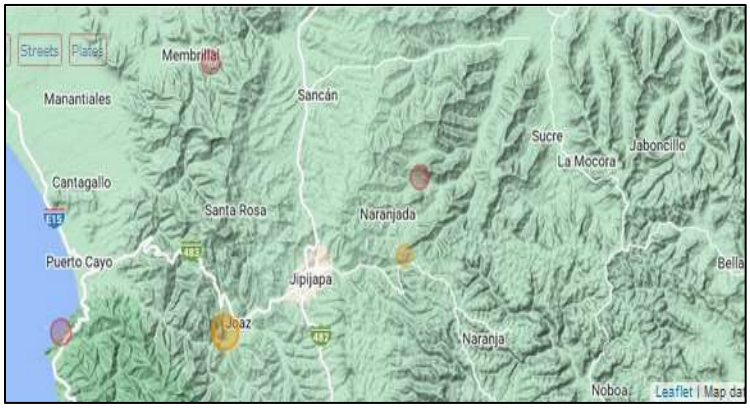
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.28.- Sismos ocurridos durante el año 1995 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1995.

Figura 46.

Sismos registrados en el año 1995 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1995 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 39.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1995

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
14 de febrero	4.6	75.4	-1.50	-80.50	555196.626	9834596.221
31 de diciembre	4.5	7.8	-1.51	-80.85	517008.120	9833474.451
28 de febrero	4.1	15.5	-1.12	-80.33	574196.863	9876142.481
18 de junio	4.1	9.2	-1.13	-81.01	499076.596	9875299.839
4 de diciembre	4.1	10	-1.44	-81.11	487263.028	9840371.848

18 de octubre	3.9	29.8	-1.41	-80.72	530680.470	9843697.322
8 de marzo	3.7	0	-1.23	-80.46	560576.224	9863831.638
31 de diciembre	3.7	6.9	-1.37	-80.58	547189.888	9848668.852
2 de noviembre	3.6	17.3	-1.57	-80.77	526062.098	9826675.943
17 de noviembre	3.6	133.7	-1.12	-80.85	517066.335	9875719.408
6 de noviembre	3.3	29.9	-1.41	-80.83	519233.663	9843864.225

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1995 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.29.- Sismos ocurridos durante el año 1994 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1994.

Figura 47.

Sismos registrados en el año 1994 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1994 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 40.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1994

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
24 de agosto	4.9	10	1.22	81.14	559250.040	9808232.497
9 de diciembre	4.6	194	1.27	81.15	479098.632	9832833.065
22 de junio	4.4	202.2	1.24	80.83	525559.772	9811223.646
19 de julio	4.3	40.5	1.34	80.93	531558.483	9837253.194
19 de mayo	4.2	19	1.36	80.88	503604.035	9831054.396
15 de octubre	2.9	13.5	1.42	80.94	525420.767	9866279.481

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1994 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.30.- Sismos ocurridos durante el año 1993 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1993.

Figura 48.

Sismos registrados en el año 1993 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1993 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 41.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1993

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
20 de agosto	4.8	54.3	-1.26	-80.35	572023.672	9860811.399
14 de enero	4.7	35.5	-1.55	-80.83	519132.361	9828610.914
3 de agosto	4.6	0	-1.29	-80.35	572312.077	9857406.765
17 de febrero	4.5	0	-1.33	-81.06	493325.288	9852994.693
19 de febrero	4.5	0	-1.21	-80.95	505562.517	9866258.394
19 de diciembre	4.3	48	-1.46	-80.50	555620.250	9838619.599
15 de febrero	4.2	33	-1.66	-81.27	470368.590	9816594.986
10 de enero	4.1	3	-1.35	-80.93	507787.102	9850784.049
3 de febrero	4.1	0	-1.17	-80.49	556739.232	9870674.510
26 de noviembre	4.1	12	-1.50	-80.35	572305.666	9834193.815
10 de enero	4	3	-1.17	-80.63	541163.498	9870676.952

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1993

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.31.- Sismos ocurridos durante el año 1992 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1992.

Figura 49.

Sismos registrados en el año 1992 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1992 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 42. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1992

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
20 de marzo	3.8	24	1.22	81.14	482332.732	9878714.763

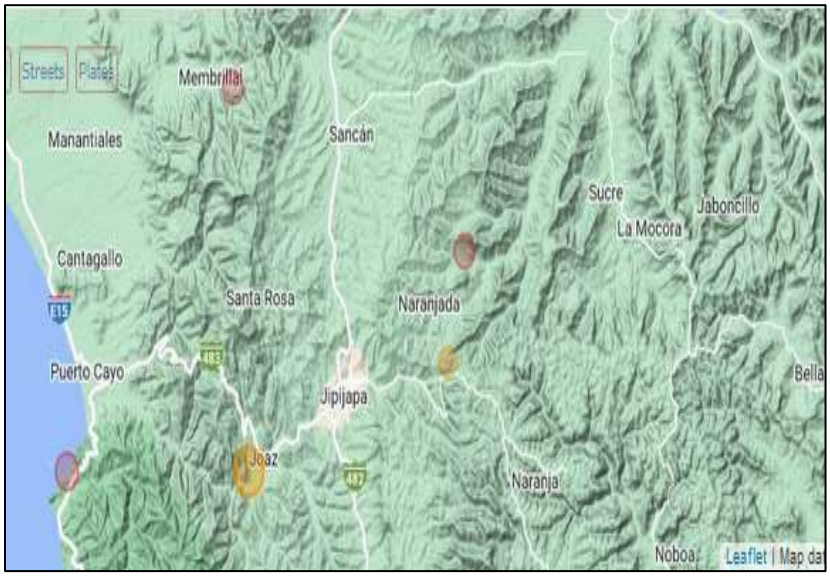
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1992 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.32.- Sismos ocurridos durante el año 1991 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1991.

Figura 50.

Sismos registrados en el año 1991 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1991 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 43. Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1991

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
15 de diciembre	4.3	33	1.22	81.14	526641.750	9837806.429
20 de febrero	3.6	33	1.27	81.15	516209.365	9869584.990

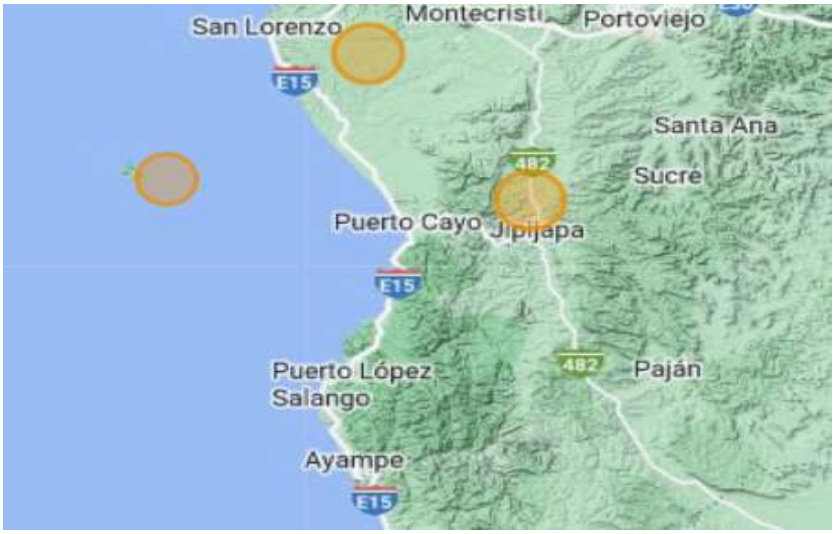
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1991 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.33.- Sismos ocurridos durante el año 1987 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1987.

Figura 51.

Sismos registrados en el año 1987 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1987 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 44.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1987

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
15 de diciembre	4.8	63.1	1.22	81.14	527112.917	9879532.061
18 de diciembre	4.5	33	1.27	81.15	516944.121	9878924.809

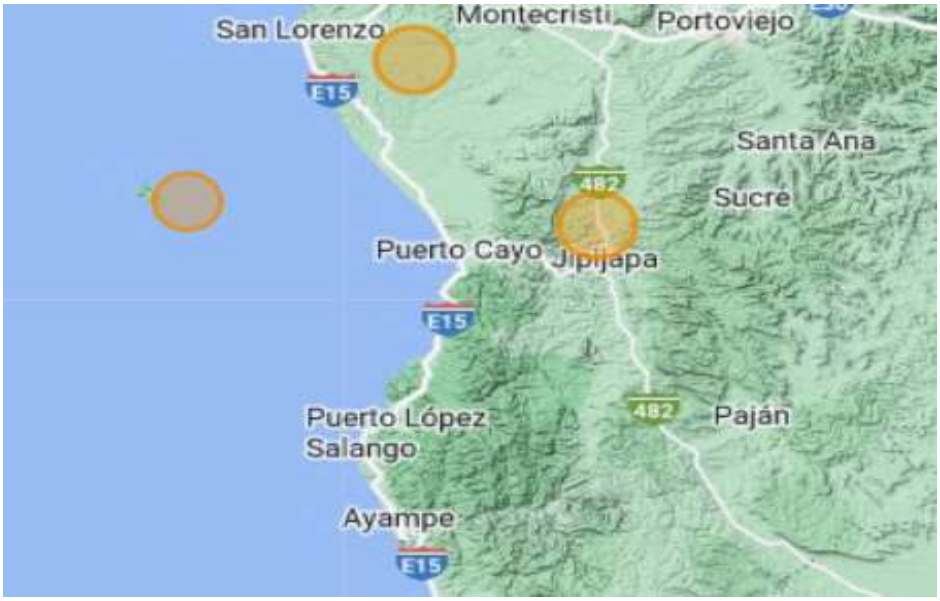
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1987 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.34.- Sismos ocurridos durante el año 1984 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1984.

Figura 52.

Sismos registrados en el año 1984 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1984 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 45.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1984

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
21 de febrero	4.9	106.7	1.22	81.14	566360.176	9858115.657
21 de febrero	4.7	95.7	1.27	81.15	543059.327	9829304.116

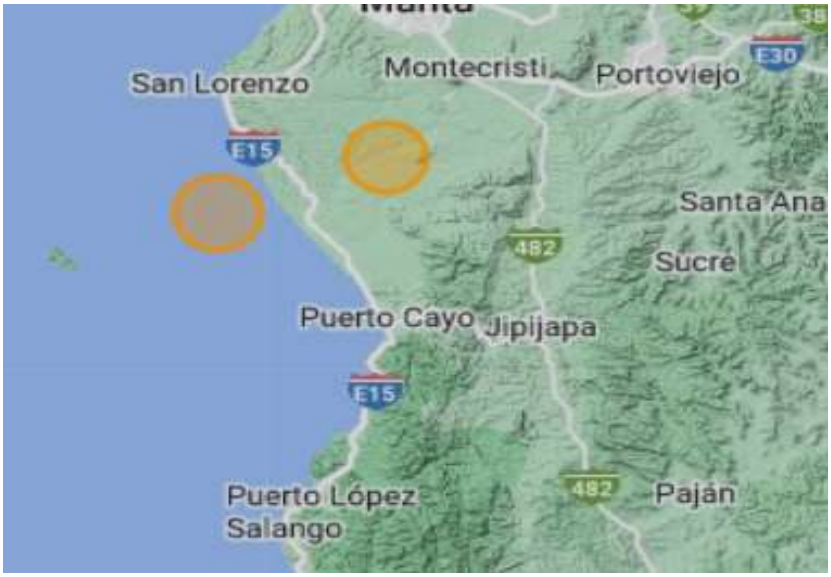
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1984 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.35.- Sismos ocurridos durante el año 1983 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1983.

Figura 53.

Sismos registrados en el año 1983 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1983 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 46.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1983

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
21 de julio	4	53.6	1.22	81.14	501012.333	9853459.001
21 de julio	4.8	77.9	1.27	81.15	512893.219	9850739.642

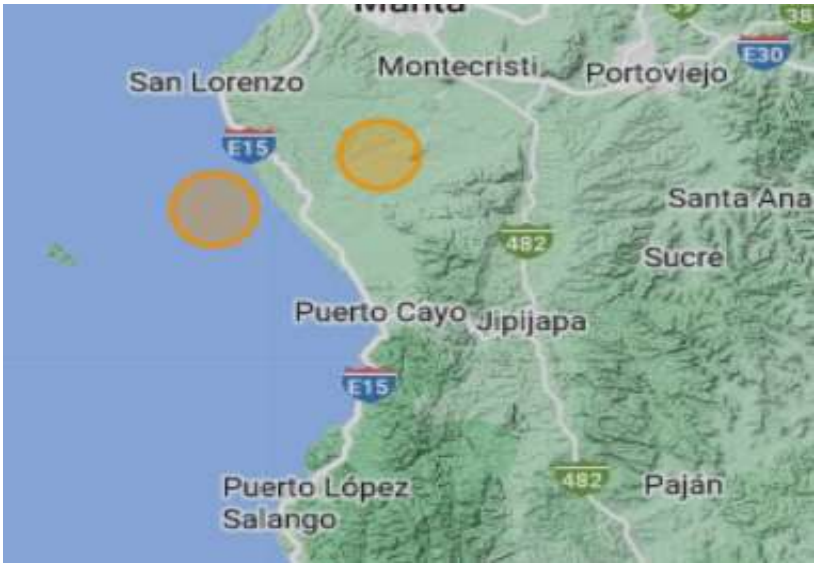
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1983 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.36.- Sismos ocurridos durante el año 1979 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1979.

Figura 54.

Sismos registrados en el año 1979 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1979 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 47.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1979

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
5 de septiembre	4.30	25	-1.16	-81.03	496795.936	9871541.788

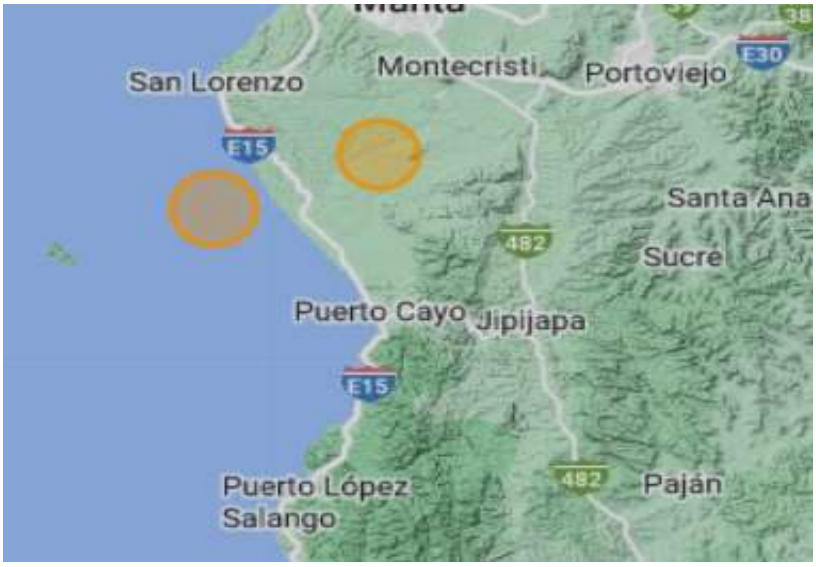
Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1979 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.37.- Sismos ocurridos durante el año 1978 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1978.

Figura 55.

Sismos registrados en el año 1978 zona Sur de Manabí



Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1978 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 48.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1978

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
26 de septiembre	4.60	11	-1.45	-80.98	502202.539	9839255.799

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1978 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.38.- Sismos ocurridos durante el año 1977 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1977.

Figura 56.

Sismos registrados en el año 1977 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1977 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 49.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1977

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
26 de mayo	5.2	35	1.22	81.14	467077.143	9810283.113
8 de mayo	5.1	10	1.27	81.15	491533.737	9870292.694
21 de mayo	5.1	11	1.24	80.83	515985.289	9842040.683
9 de mayo	4.9	10	1.34	80.93	497407.775	9877521.493
10 de mayo	4.9	52	1.36	80.88	489442.790	9853967.242
21 de mayo	4.8	11	1.42	80.94	495928.793	9830015.398
14 de mayo	4.7	62.4	1.50	80.95	512571.715	9876791.761
22 de mayo	4.4	59.4	1.55	80.96	505161.483	9838084.129
21 de mayo	4.3	33	1.55	80.96	480679.092	9822001.121

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1977 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.39.- Sismos ocurridos durante el año 1975 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1975.

Figura 57.

Sismos registrados en el año 1975 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1975 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 50.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1975

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
19 de marzo	4.30	10	-1.10	-80.96	504772.827	9878748.357

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1975 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.40.- Sismos ocurridos durante el año 1974 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1974.

Figura 58.

Sismos registrados en el año 1974 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1974 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 51.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1974

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
4 de junio	4.60	11	-1.58	-80.31	576607.921	9825172.526
17 de agosto	4.5	11	-1.60	-81.20	478120.652	9823106.204

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1974 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.41.- Sismos ocurridos durante el año 1973 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1973.

Figura 59.

Sismos registrados en el año 1973 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1973 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 52.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1973

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
14 de julio	4.30	0	-1.57	-80.76	527052.058	9826432.660
9 de marzo	4.1	71.6	-1.26	-80.39	568007.459	9861210.302

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1973 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.42.- Sismos ocurridos durante el año 1972 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1972.

Figura 60.

Sismos registrados en el año 1972 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1972 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 53.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1972

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
13 de abril	4.20	11.7	-1.21	-81.19	479029.266	9866423.514

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1972 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.43.- Sismos ocurridos durante el año 1971 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1971.

Figura 61.

Sismos registrados en el año 1971 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1971 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 54.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1971

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
7 de enero	4.7	11	-1.66	-80.47	558996.445	9816368.002
1 de enero	4.3	43.4	-1.33	-80.98	502180.407	9853116.349

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1971 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

16.1.44.- Sismos ocurridos durante el año 1970 en la zona Sur de Manabí

En la siguiente figura se muestra la zonificación zona Sur de Manabí donde se establecen la ubicación de los sismos presentes en el año 1970.

Figura 62.

Sismos registrados en el año 1970 zona Sur de Manabí

Nota. Registro de sismos producidos en la zona Sur de Manabí en el año 1970 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Tabla 55.

Resumen de sismos presentes en la zona Sur de Manabí año 1970

Fecha	Magnitud	Profundidad (KM)	Latitud (s)	Longitud (O)	Este	Norte
14 de diciembre	5.4	24.3	1.22	81.14	511279.762	9841156.687
22 de junio	4.7	11	1.27	81.15	553681.003	9822570.372
14 de diciembre	4.5	11	1.24	80.83	505206.180	9848031.896
14 de diciembre	4.5	11	1.34	80.93	531758.493	9835528.866
17 de diciembre	4.4	11	1.36	80.88	539044.757	9836047.320
18 de enero	4.2	70	1.42	80.94	519165.084	9820829.501
14 de diciembre	4.1	11	1.50	80.95	549582.947	9855587.847
22 de diciembre	3.8	33	1.55	80.96	522249.348	9856309.812

Nota. Registros de sismos con diferentes magnitudes en la zona Sur de Manabí en el año 1970 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Como conclusión se determinó los sismos que influyen en la zona Sur de Manabí por medio de la Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional los cuales serán utilizados para el análisis de recurrencia aplicando ecuación de Fibonacci.

El estudio abarco aun periodo de sismos de 53 años los cuales parten desde el año 1970 hasta el 2023. Lo cual permitió analizar varias características propias de cada uno de los sismos registrados por fuente oficiales del país.

Entre las características de los sismos tenemos profundidad, magnitud y ubicación georreferenciada del lugar donde se produjo el epicentro permitiendo conocer el radio de afectación que abarca la zona surde Manabí y en especial a la ciudad de Jipijapa.

16.2.- Objetivo 2: Realizar un mapa isométrico de fallas en el área de influencia de acuerdo a registro sísmico.

En este objetivo se consideró la georreferencia del epicentro de los sismos registrados en el área de estudio durante un periodo de 53 años (1970 – 2023), a continuación, se muestra la distribución de magnitud y profundidad considerando un lapso de 5 años.

16.2.1.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1970 – 1975

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud y años de los sismos recopilados:

Tabla 56.

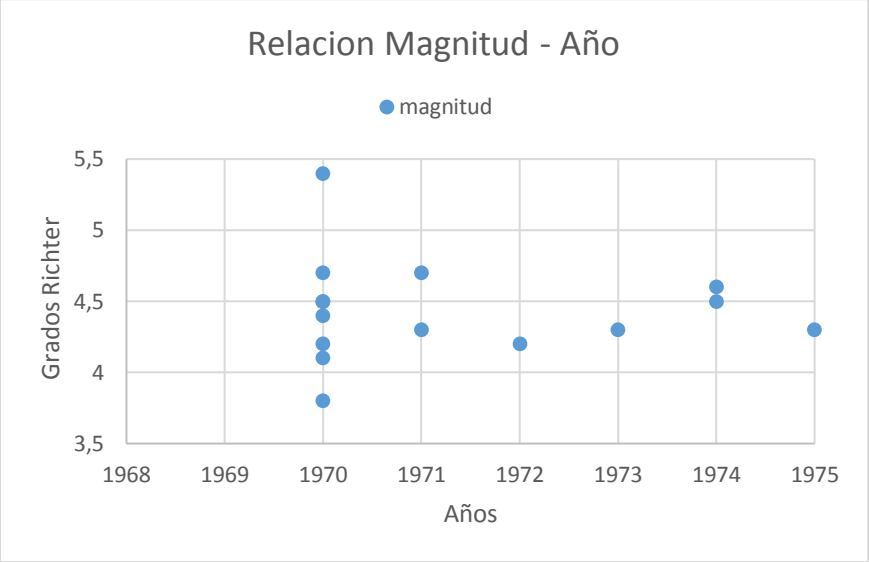
Relación entre Magnitud – sismos 1970 – 1975

Año	Fecha	Magnitud	Profundidad	Este	Norte
1970	14 de diciembre	5.4	24.3	511279.762	9841156.687
	22 de junio	4.7	11	553681.003	9822570.372
	14 de diciembre	4.5	11	505206.180	9848031.896
	14 de diciembre	4.5	11	531758.493	9835528.866
	17 de diciembre	4.4	11	539044.757	9836047.320
	18 de enero	4.2	70	519165.084	9820829.501
	14 de diciembre	4.1	11	549582.947	9855587.847
	22 de diciembre	3.8	33	522249.348	9856309.812
1971	7 de enero	4.7	11	558996.445	9816368.002
	1 de enero	4.3	43.4	502180.407	9853116.349
1972	13 de abril	4.20	11.7	479029.266	9866423.514
1973	14 de julio	4.30	0	527052.058	9826432.660
	9 de marzo	4.1	71.6	568007.459	9861210.302
1974	4 de junio	4.60	11	576607.921	9825172.526
	17 de agosto	4.5	11	478120.652	9823106.204
1975	19 de marzo	4.30	10	504772.827	9878748.357

Nota. Sismos recopilados desde el año 1970 – 1975 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 63.

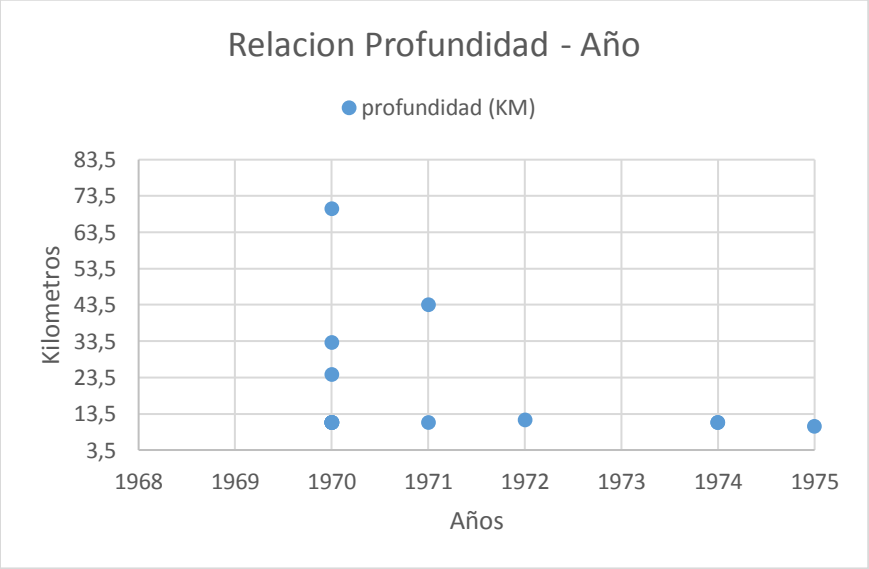
Relación magnitud – años periodo 1970 – 1975



Nota. Relación de sismos entre los años 1970 – 1975 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 64.

Relación profundidad – años periodo 1970 – 1975



Nota. Relación de sismos entre los años 1970 – 1975 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.2.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1977 – 1984

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 57.

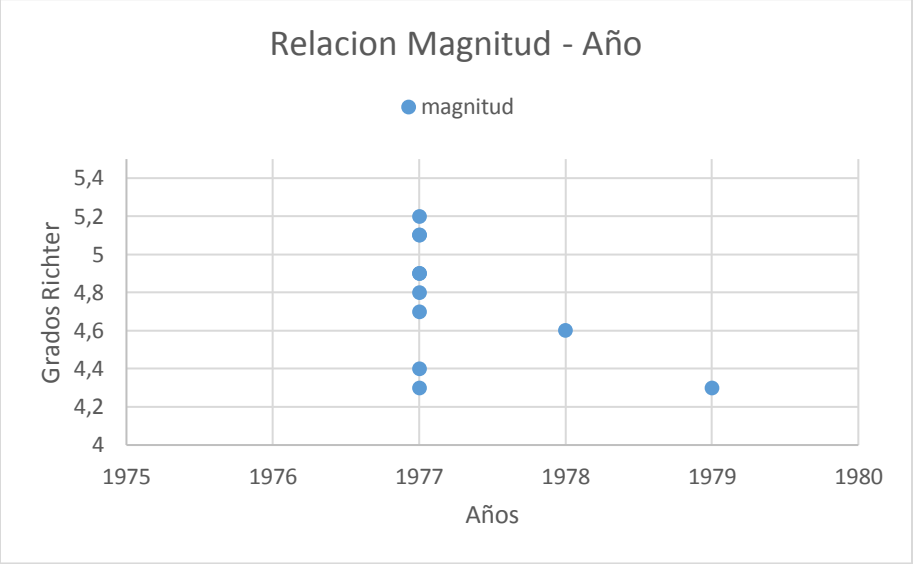
Relación entre Magnitud – sismos 1977 – 1984

Año	Fecha	Magnitud	Profundidad	Este	Norte
1977	26 de mayo	5.2	35	467077.143	9810283.113
	8 de mayo	5.1	10	491533.737	9870292.694
	21 de mayo	5.1	11	515985.289	9842040.683
	9 de mayo	4.9	10	497407.775	9877521.493
	10 de mayo	4.9	52	489442.790	9853967.242
	21 de mayo	4.8	11	495928.793	9830015.398
	14 de mayo	4.7	62.4	512571.715	9876791.761
	22 de mayo	4.4	59.4	505161.483	9838084.129
	21 de mayo	4.3	33	480679.092	9822001.121
1978	26 de septiembre	4.60	11	502202.539	9839255.799
1979	5 de septiembre	4.30	25	496795.936	9871541.788
1983	21 de julio	4	53.6	501012.333	9853459.001
	21 de julio	4.8	77.9	512893.219	9850739.642
1984	21 de febrero	4.9	106.7	566360.176	9858115.657
	21 de febrero	4.7	95.7	543059.327	9829304.116

Nota. Sismos recopilados desde el año 1977 – 1984 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 65.

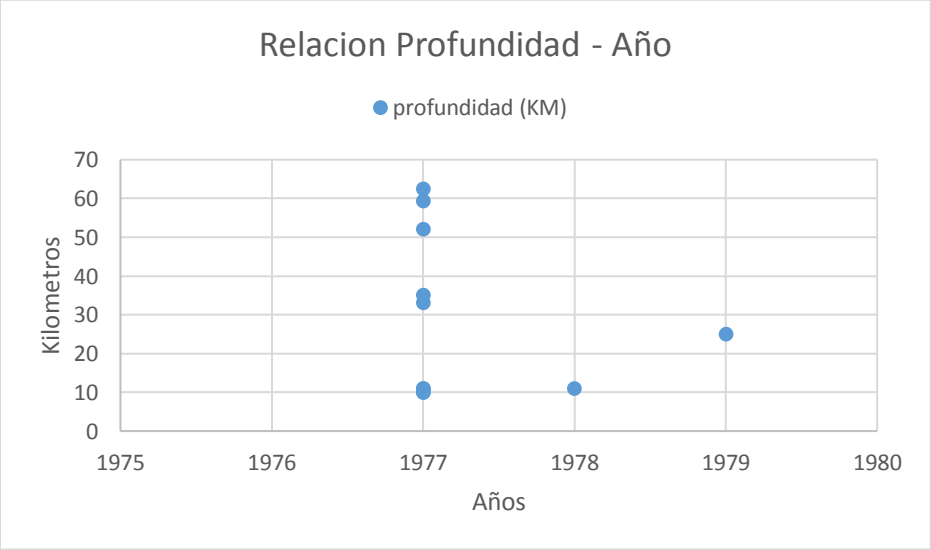
Relación magnitud – años periodo 1977 – 1984



Nota. Relación de sismos entre los años 1977 – 1984 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 66.

Relación profundidad – años periodo 1977 – 1984



Nota. Relación de sismos entre los años 1977 – 1984 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.3.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1987 – 1994

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 58.

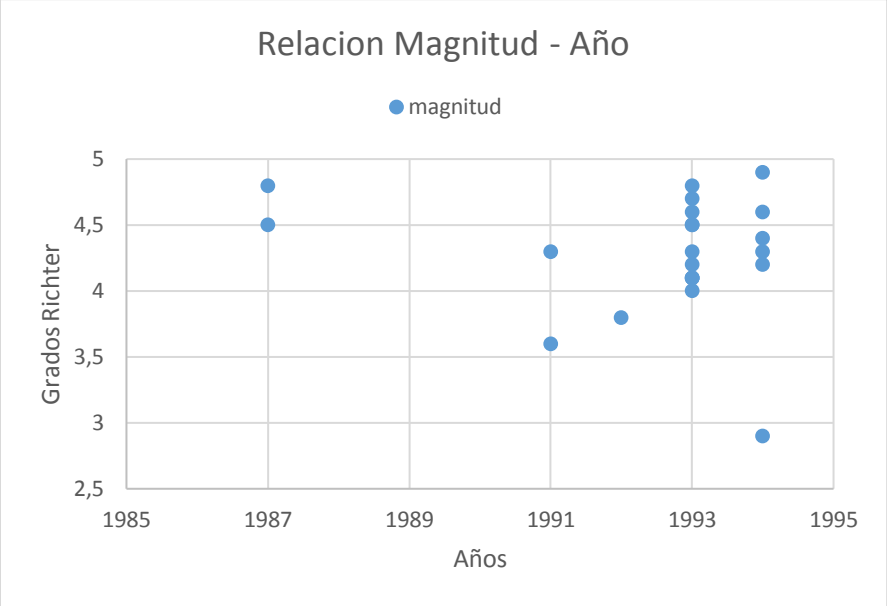
Relación entre Magnitud – sismos 1987 – 1994

Año	Fecha	Magnitud	Profundidad	Este	Norte
1987	15 de diciembre	4.8	63.1	527112.917	9879532.061
	18 de diciembre	4.5	33	516944.121	9878924.809
1991	15 de diciembre	4.3	33	526641.750	9837806.429
	20 de febrero	3.6	33	516209.365	9869584.990
1992	20 de marzo	3.8	24	482332.732	9878714.763
	20 de agosto	4.8	54.3	572023.672	9860811.399
1993	14 de enero	4.7	35.5	519132.361	9828610.914
	3 de agosto	4.6	0	572312.077	9857406.765
	17 de febrero	4.5	0	493325.288	9852994.693
	19 de febrero	4.5	0	505562.517	9866258.394
	19 de diciembre	4.3	48	555620.250	9838619.599
	15 de febrero	4.2	33	470368.590	9816594.986
	10 de enero	4.1	3	507787.102	9850784.049
	3 de febrero	4.1	0	556739.232	9870674.510
	26 de noviembre	4.1	12	572305.666	9834193.815
1994	10 de enero	4	3	541163.498	9870676.952
	24 de agosto	4.9	10	559250.040	9808232.497
	9 de diciembre	4.6	194	479098.632	9832833.065
	22 de junio	4.4	202.2	525559.772	9811223.646
	19 de julio	4.3	40.5	531558.483	9837253.194
	19 de mayo	4.2	19	503604.035	9831054.396
	15 de octubre	2.9	13.5	525420.767	9866279.481

Nota. Sismos recopilados desde el año 1987 – 1994 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 67.

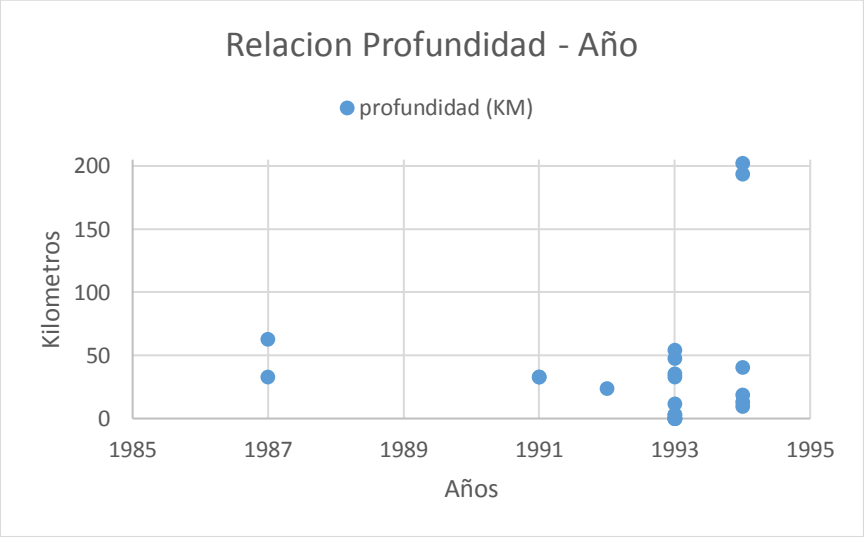
Relación magnitud – años periodo 1987 – 1994



Nota. Relación de sismos entre los años 1987 – 1994 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 68.

Relación profundidad – años periodo 1987 – 1994



Nota. Relación de sismos entre los años 1987 – 1994 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.4.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1995 – 2000

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 59.

Relación entre Magnitud – sismos 1995 – 2000

Año	Fecha	Magnitud	Profundidad	Este	Norte
	14 de febrero	4.6	75.4	555196.626	9834596.221
	31 de diciembre	4.5	7.8	517008.120	9833474.451
	28 de febrero	4.1	15.5	574196.863	9876142.481
	18 de junio	4.1	9.2	499076.596	9875299.839
	4 de diciembre	4.1	10	487263.028	9840371.848
1995	18 de octubre	3.9	29.8	530680.470	9843697.322
	8 de marzo	3.7	0	560576.224	9863831.638
	31 de diciembre	3.7	6.9	547189.888	9848668.852
	2 de noviembre	3.6	17.3	526062.098	9826675.943
	17 de noviembre	3.6	133.7	517066.335	9875719.408
	6 de noviembre	3.3	29.9	519233.663	9843864.225
	14 de febrero	5.2	10.3	484726.651	9842073.886
	31 de diciembre	4.7	23.8	492991.634	9849800.347
	28 de febrero	4.6	7.5	520982.137	9870480.005
	18 de junio	4.4	17.4	530660.455	9863803.081
	4 de diciembre	4.3	8.1	562914.825	9874895.798
	18 de octubre	4.3	15.6	569372.182	9846431.152
	8 de marzo	4.3	17.3	527101.348	9874160.232
	31 de diciembre	4.3	25	459233.179	9823490.478
	2 de noviembre	4.3	2.2	484071.040	9831064.945
1996	17 de noviembre	4.2	20	506819.722	9869695.870
	6 de noviembre	4.2	4.8	563236.423	9869634.223
	6 de noviembre	4.2	25	558194.876	9813781.682
	6 de noviembre	4.2	7	558997.372	9868739.724
	6 de noviembre	4.2	7	554435.821	9868353.694
	6 de noviembre	4.2	14.3	528189.136	9848328.888
	6 de noviembre	4.1	16	482736.243	9830578.515
	6 de noviembre	4.1	2.7	553941.476	9843317.693
	6 de noviembre	4.1	11.6	541929.306	9857589.747
	6 de noviembre	4	5.8	566243.309	9835765.162
	6 de noviembre	4	21.1	499755.247	9869485.937

	6 de noviembre	4	15.2	518879.816	9876382.494
	6 de noviembre	4	0.6	464865.874	9876038.500
	6 de noviembre	3.8	53.7	515797.372	9862687.884
	6 de noviembre	3.7	69.2	540551.122	9867051.557
	11 de noviembre	4.9	43.1	458197.678	9829171.701
	23 de diciembre	4.6	12	503070.660	9882042.185
	7 de mayo	4.5	33.8	467149.634	9849002.599
	16 de junio	4.5	29.6	545762.784	9831304.268
	18 de agosto	4.5	12	475524.703	9868335.442
	24 de julio	4.4	12	509645.116	9857460.047
	31de agosto	4.3	52	459432.239	9830166.714
	17 de noviembre	4.3	11	560643.298	9865412.283
	14 de marzo	4.2	12	484068.425	9876360.545
	16 de mayo	4.2	12	510746.518	9858941.120
1997	20 de septiembre	4.2	8.8	501423.917	9848849.871
	30 de septiembre	4.2	4.9	468051.426	9843199.773
	4 de abril	4.1	16.8	515319.291	9868391.302
	10 de mayo	4.1	28.1	530684.460	9881974.504
	16 de julio	4.1	22	557450.559	9866849.867
	26 de septiembre	4.1	10	545021.361	9853344.791
	23 de octubre	4.1	45	516441.148	9838525.764
	1 de abril	4	35.2	552784.291	9842168.373
	20 de agosto	4	52	477186.609	9820033.333
	11 de septiembre	4	16	508754.982	9852464.087
	2 de noviembre	3.8	33	463111.529	9848305.718
	1 de julio	5.1	47	509000.278	9870502.687
	29 de junio	4.6	6.6	506652.436	9851878.334
	20 de junio	4.5	10.5	493514.778	9837951.461
	2 de julio	4.5	15.5	487840.558	9860775.874
	2 de julio	4.5	25	469763.009	9857005.417
	3 de julio	4.5	20.4	505484.518	9859659.718
	5 de julio	4.5	7	488274.949	9848429.600
1998	6 de julio	4.5	5.3	464810.059	9877784.902
	13 de junio	4.4	14.5	487796.946	9841101.379
	29 de junio	4.4	20	501379.374	9840361.112
	2 de julio	4.4	15.8	520057.758	9856000.490
	3 de julio	4.4	7.7	505896.241	9864887.808
	3 de julio	4.4	3.2	503036.893	9844152.302
	6 de julio	4.4	5.7	492013.569	9822587.618
	17 de julio	4.4	9.2	561232.426	9817041.661
	1 de octubre	4.4	12.8	513305.963	9876040.123

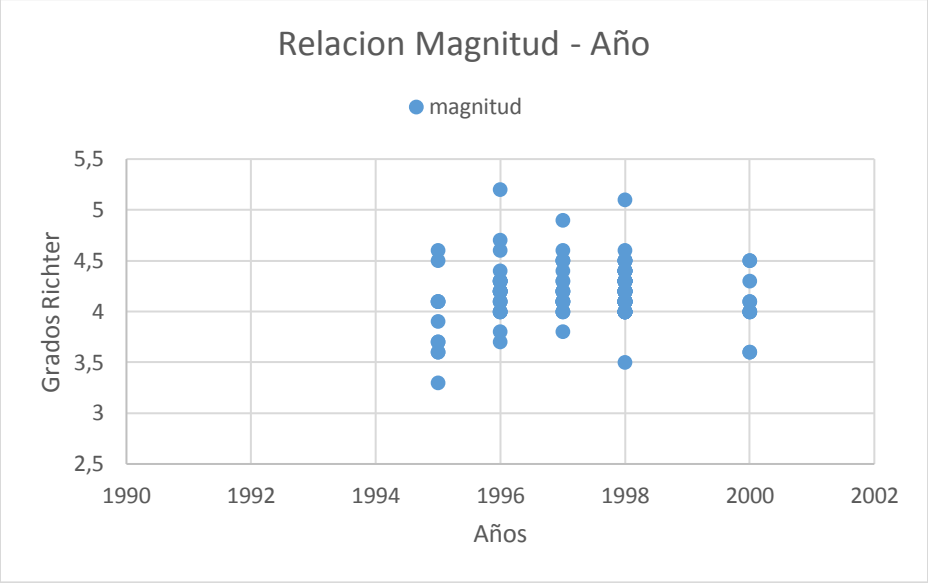
24 de octubre	4.4	23.9	456936.252	9855611.034
3 de febrero	4.3	35	526319.362	9839773.928
3 de febrero	4.3	35	505261.632	9839731.035
10 de mayo	4.3	52	503503.616	9811313.570
28 de mayo	4.3	5.4	463285.471	9881244.397
10 de junio	4.3	12	468211.023	9814571.942
28 de mayo	4.3	5.1	507709.169	9848628.702
10 de junio	4.3	5	504026.819	9836415.134
29 de junio	4.3	9.4	477092.905	9874481.100
1 de julio	4.3	17	458133.780	9813807.557
1 de julio	4.3	3.1	503214.925	9847832.973
2 de julio	4.3	12	484326.400	9838592.132
4 de julio	4.3	20	494671.554	9843091.170
8 de julio	4.3	0	570146.225	9872760.939
15 de agosto	4.3	33	553312.654	9871316.213
17 de agosto	4.3	25.9	532651.884	9864167.624
17 de agosto	4.3	25.9	477317.622	9846328.796
25 de agosto	4.3	26.4	504394.594	9881290.563
9 de septiembre	4.2	20	455449.766	9831039.216
22 de septiembre	4.2	25	462970.798	9822551.585
20 de junio	4.2	20	470966.752	9836457.672
22 de junio	4.2	10	455409.655	9808987.742
27 de junio	4.2	11.3	513995.144	9862920.090
29 de junio	4.2	10	466112.841	9867616.088
1 de julio	4.2	9.4	471518.536	9880681.475
1 de julio	4.2	6	522550.232	9862897.453
3 de julio	4.2	10	464710.175	9875496.875
3 de julio	4.2	62.3	530246.474	9842426.255
5 de julio	4.2	20.9	462551.548	9877873.080
6 de julio	4.2	35.7	556081.058	9812179.477
14 de julio	4.2	14.3	554757.841	9864927.063
18 de julio	4.2	30.3	476080.886	9869319.215
20 de agosto	4.2	60	527154.623	9848914.813
4 de diciembre	4.1	52	468305.507	9858364.800
16 de diciembre	4.1	51.2	455127.999	9826706.238
25 de enero	4.1	12	495705.815	9860930.840
12 de febrero	4.1	20	474284.537	9811002.564
25 de enero	4.1	20	456519.335	9822041.989
12 de febrero	4.1	20	459162.493	9847177.705
25 de mayo	4.1	20	459287.130	9833117.923
13 de junio	4.1	12	495305.259	9864777.299

	27 de junio	4.1	16	490778.478	9833253.811
	27 de junio	4.1	5.7	520882.568	9879112.489
	27 de junio	4.1	16.9	478518.497	9853214.997
	1 de julio	4.1	6	513950.710	9864312.781
	2 de julio	4.1	8	516154.282	9880439.121
	3 de julio	4.1	10.2	471810.943	9847588.325
	3 de julio	4.1	14	526300.218	9872944.453
	3 de julio	4.1	13.1	457044.522	9876512.854
	3 de julio	4.1	11.4	522539.857	9873066.326
	4 de julio	4.1	33	456174.661	9821257.134
	31 de julio	4.1	12	489599.208	9837022.868
	10 de agosto	4	2	453455.380	9848447.898
	21 de septiembre	4	12	466139.682	9831273.089
	5 de octubre	4	25	469299.051	9829460.788
	8 de noviembre	4	12	475240.844	9813102.782
	27 de mayo	4	3.4	525410.865	9881698.608
	14 de junio	4	12	468283.294	9858033.202
	17 de junio	4	12	493069.117	9865694.660
	29 de junio	4	7.5	493303.276	9843544.314
	1 de julio	4	8.9	523385.505	9874735.287
	1 de julio	4	5	503170.363	9842571.711
	2 de julio	4	5	576436.930	9813112.783
	3 de julio	4	17.8	482113.928	9822686.533
	3 de julio	3.5	12	522561.347	9862764.815
	31 de enero	4.5	42.4	514907.696	9869131.879
	12 de julio	4.5	12	458328.552	9844679.527
	8 de marzo	4.3	28.6	545609.032	9842048.166
	1 de febrero	4.1	47	456554.280	9882006.281
	27 de noviembre	4.1	22	492991.915	9839399.400
2000	31 de enero	4	18	475435.439	9871651.375
	18 de marzo	4	12	509455.979	9856973.719
	19 de marzo	4	4.9	513349.618	9856863.030
	27 de octubre	4	25.6	545280.263	9873108.115
	24 de abril	3.6	34.2	538490.264	9847354.909
	11 de julio	3.6	14	528257.909	9868799.350

Nota. Sismos recopilados desde el año 1995 – 2000 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 69.

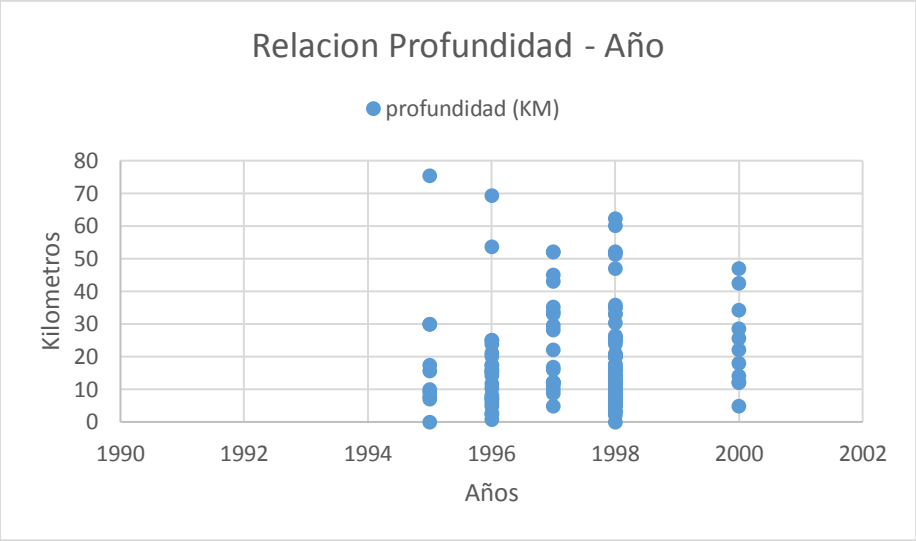
Relación magnitud – años periodo 1995 – 2000



Nota. Relación de sismos entre los años 1995 – 2000 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 70.

Relación profundidad – años periodo 1995 – 2000



Nota. Relación de sismos entre los años 1995 – 2000 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.5.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2001 – 2005

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 60.

Relación entre Magnitud – sismos 2001 – 2005

Año	Fecha	Magnitud	Profundidad	Este	Norte
2001	6 de febrero	4.6	0.7	482981.487	9823371.894
	25 de junio	4.5	38.4	489465.354	9845909.546
	3 de diciembre	4.5	4.7	508565.631	9845146.956
	6 de marzo	4.4	1.8	511570.438	9877090.231
	29 de julio	4.3	27.6	493882.129	9827572.621
	11 de octubre	4.3	19.4	541380.676	9835306.366
	28 de febrero	4.2	43.9	486429.781	9821824.688
	27 de octubre	4.2	12.1	469298.839	9831107.717
	28 de mayo	4.1	33	541942.543	9872666.441
	23 de noviembre	4.1	16	506452.399	9860731.845
	5 de marzo	4	3.8	492547.158	9832767.536
	26 de septiembre	4	14.6	511456.269	9811213.814
2002	28 de febrero	3.2	25.3	543606.177	9839285.182
	25 de marzo	4.6	42.1	498442.586	9849678.850
	31 de marzo	4.6	10	505785.268	9880074.707
	22 de marzo	4.5	12	471968.653	9830002.725
	24 de marzo	4.5	45.8	476416.719	9844482.841
	10 de julio	4.5	12	459953.455	9839948.973
	10 de julio	4.5	12	456731.771	9816404.820
	11 de julio	4.5	12	475305.126	9835971.805
	2 de octubre	4.5	16.4	499733.019	9845898.705
	26 de marzo	4.4	1.8	490544.637	9839620.382
	27 de marzo	4.4	6.4	478416.567	9878416.098
	31 de mayo	4.4	16	460067.768	9821600.509
	10 de julio	4.4	15.9	470076.236	9841497.824
	12 de noviembre	4.4	11.2	476740.969	9827074.153
	22 de marzo	4.3	12	476194.438	9842272.190
	2 de abril	4.3	9.1	483868.241	9874879.422
	15 de junio	4.3	15.5	463954.404	9868798.536
	10 de julio	4.3	12	471967.427	9840724.317

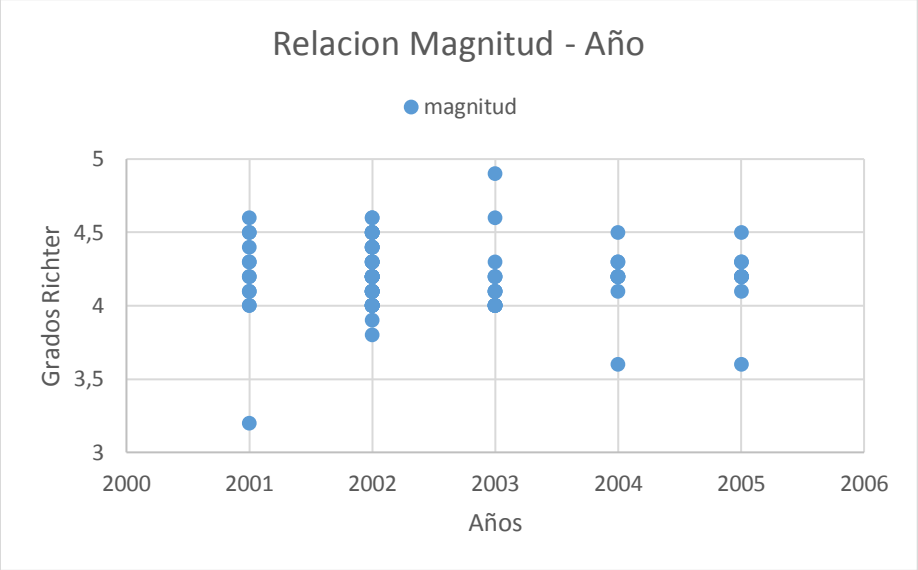
	27 de julio	4.3	10	524917.001	9832545.301
	28 de enero	4.2	41.1	482312.777	9841277.906
	22 de marzo	4.2	12	486205.715	9850452.217
	22 de marzo	4.2	12	478754.964	9820055.594
	22 de marzo	4.2	12	483980.689	9852773.245
	24 de marzo	4.2	33	465518.119	9822043.536
	26 de marzo	4.2	19.1	478527.823	9878416.106
	26 de marzo	4.2	16	487318.143	9850783.864
	26 de marzo	4.2	15.7	501668.672	9852110.524
	27 de marzo	4.2	14.6	490099.332	9848683.895
	24 de septiembre	4.2	11.4	491767.682	9858852.779
	2 de octubre	4.2	20	478640.929	9852419.181
	22 de marzo	4.1	14	485315.670	9852110.134
	22 de marzo	4.1	12	479087.476	9833208.871
	26 de marzo	4.1	10	498887.558	9850563.098
	27 de marzo	4.1	6.7	485204.467	9851336.411
	6 de abril	4.1	20	503448.406	9838183.636
	21 de abril	4.1	10	523139.498	9858409.836
	15 de junio	4.1	12	463960.821	9822264.359
	21 de abril	4.1	10	545166.197	9854649.061
	15 de junio	4	26	544498.509	9853433.302
	20 de agosto	4	10	469409.067	9839176.573
	17 de enero	4	12	492657.578	9862168.723
	23 de marzo	4	12.7	486538.907	9861726.382
	25 de marzo	4	13.8	503114.946	9860289.778
	21 de abril	4	12.8	572426.490	9870339.651
	7 de junio	4	20.5	569424.247	9878409.542
	10 de julio	4	11.8	491256.406	9844439.552
	21 de septiembre	4	7.8	486261.436	9848528.981
	2 de octubre	4	28.4	525573.862	9837928.126
	3 de octubre	3.9	12	481201.008	9832877.450
	30 de noviembre	3.8	12	476083.135	9842935.369
	2 de febrero	4.9	28.3	511681.866	9882086.211
	3 de octubre	4.6	8.7	469396.771	9849102.345
	18 de febrero	4.3	10	465438.001	9837518.071
	17 de enero	4.2	12	552988.044	9860152.295
2003	31 de marzo	4.2	12	570078.551	9868671.076
	21 de diciembre	4.2	11.8	503559.488	9827539.515
	29 de agosto	4.1	33	533130.427	9865648.701
	3 de noviembre	4.1	16	456558.440	9852847.645

	9 de noviembre	4.1	9.1	555046.751	9863036.866
	22 de diciembre	4.1	16	514294.979	9852242.792
	1 de enero	4	36	481222.337	9845135.367
	18 de junio	4	12	565357.572	9811557.849
	30 de septiembre	4	26.6	503726.270	9823306.178
	3 de octubre	4	12	454245.528	9846712.658
	3 de octubre	4	10	482223.887	9839818.888
	4 de octubre	4	12	486817.370	9854387.147
	6 de diciembre	4	17.1	570014.048	9878962.104
	22 de abril	4.5	6.7	578603.899	9807386.058
	20 de abril	4.3	12	500823.260	9869032.760
	6 de octubre	4.3	12	534497.072	9851179.878
	31 de enero	4.2	12.8	473179.506	9845024.132
	19 de junio	4.2	5	512426.539	9863152.275
2004	30 de noviembre	4.2	12	526778.658	9873530.230
	18 de diciembre	4.2	5	493570.121	9849059.806
	18 de diciembre	4.2	5	505128.401	9852873.143
	28 de agosto	4.1	12	575460.342	9856521.636
	19 de junio	3.6	20.8	527187.726	9846273.102
	22 de abril	4.5	6.7	578603.899	9807386.058
	20 de abril	4.3	12	500823.260	9869032.760
	6 de octubre	4.3	12	534497.072	9851179.878
	31 de enero	4.2	12.8	473179.506	9845024.132
	19 de junio	4.2	5	512426.539	9863152.275
2005	30 de noviembre	4.2	12	526778.658	9873530.230
	18 de diciembre	4.2	5	493570.121	9849059.806
	18 de diciembre	4.2	5	505128.401	9852873.143
	28 de agosto	4.1	12	575460.342	9856521.636
	19 de junio	3.6	20.8	527187.726	9846273.102

Nota. Sismos recopilados desde el año 2001 – 2005 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 71.

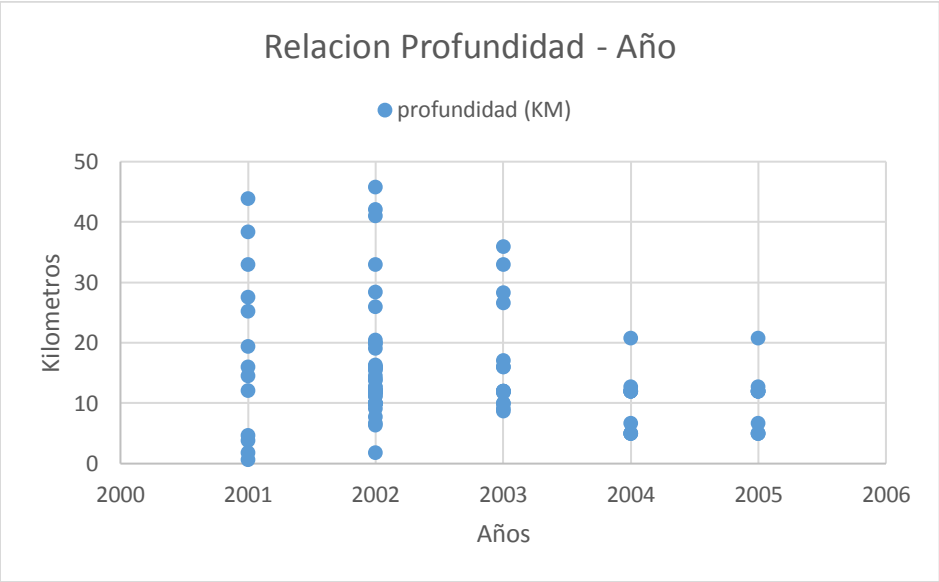
Relación magnitud – años periodo 2001 – 2005



Nota. Relación de sismos entre los años 2001 – 2005 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 72.

Relación profundidad – años periodo 2001 – 2005



Nota. Relación de sismos entre los años 2001 – 2005 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.6.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2006 – 2010

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 61.

Relación entre Magnitud – sismos 2006 – 2010

Año	Fecha	Magnitud	Profundidad	Este	Norte
2006	15 de junio	4.5	12	567847.568	9806560.787
	6 de enero	4.3	12	562300.010	9860725.222
	19 de marzo	4.2	5	476638.088	9857415.035
	11 de agosto	4.2	12	516685.955	9839730.538
	15 de noviembre	4.2	5	465511.256	9875099.046
	2 de febrero	4.2	10	483313.972	9840835.849
	12 de junio	4.2	12	563411.565	9856303.537
	15 de enero	4.1	12	512236.624	9845257.340
	25 de enero	4	33.3	513349.849	9861836.918
	15 de febrero	4	10	483315.528	9818729.603
	30 de junio	4	5	557850.963	9866252.902
	31 de julio	3.6	0	537470.605	9877010.924
2007	15 de junio	4.5	8	461453.522	9851466.718
	6 de enero	4.4	12	563622.707	9812741.113
	19 de marzo	4.3	5	484528.785	9806891.784
	11 de agosto	4.3	12	572170.012	9867852.614
	15 de noviembre	4.3	10.9	565026.089	9862338.454
	2 de febrero	4.2	12	470088.868	9829140.346
	12 de junio	4.2	5	566259.876	9857375.085
	15 de enero	4.1	29.2	510644.884	9822919.102
	25 de enero	4.1	10	472046.495	9830201.692
	15 de febrero	4.1	16	567925.382	9844265.004
	30 de junio	4.1	5	461636.532	9819401.175
	31 de julio	4.1	23.4	493046.604	9877598.801
	3 de febrero	4	17.5	454311.301	9852438.306
	8 de julio	4	5	485928.571	9832921.984

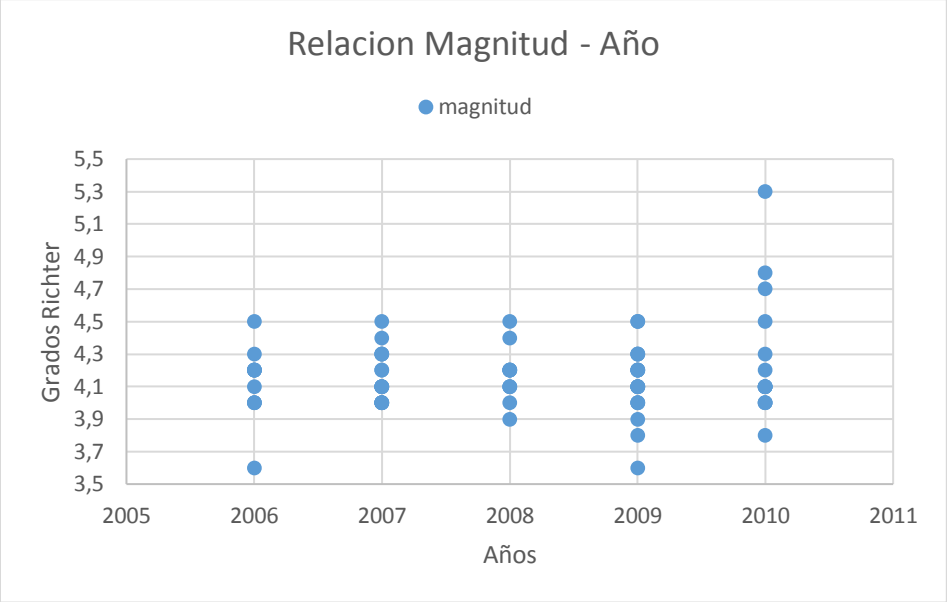
	5 de diciembre	4	61.8	565446.099	9850488.850
	8 de diciembre	4	23.4	548125.563	9855499.675
	20 de diciembre	4	12	567990.402	9837809.622
	9 de enero	4.5	10.9	520748.948	9877288.735
	14 de diciembre	4.4	12	482400.585	9859449.223
	26 de mayo	4.2	9.1	575681.861	9852884.861
	3 de septiembre	4.2	10	462124.257	9829702.921
	5 de octubre	4.2	12	499176.775	9856598.072
2008	27 de octubre	4.2	21.2	542762.457	9849719.663
	18 de enero	4.1	12	556700.598	9844400.345
	29 de enero	4.1	16	557756.382	9839735.522
	29 de enero	4.1	16	578424.187	9873565.935
	27 de noviembre	4	49.8	523518.092	9862731.580
	20 de mayo	3.9	43.9	538122.064	9839960.324
	26 de febrero	4.5	43.5	470731.516	9850871.004
	16 de septiembre	4.5	11	546411.352	9849763.271
	28 de febrero	4.3	40.8	466305.549	9838446.662
	14 de mayo	4.3	11	467819.404	9830974.883
	2 de septiembre	4.3	11	464584.937	9814670.862
2009	18 de febrero	4.2	11	545864.607	9840467.490
	20 de febrero	4.2	8.9	461120.398	9847222.213
	21 de agosto	4.2	3.1	540560.741	9856219.339
	14 de octubre	4.2	6.7	535734.441	9871871.369
	18 de febrero	4.1	6.2	555822.792	9849297.234
	3 de marzo	4.1	3.5	471186.995	9856883.981

	3 de mayo	4.1	4	469443.613	9829814.509
	27 de julio	4.1	3.1	500945.662	9877853.093
	1 de diciembre	4.1	5.2	459050.214	9853997.571
	28 de febrero	4	16	483135.345	9850816.795
	13 de marzo	4	16	568979.472	9879713.971
	21 de diciembre	4	16	553116.219	9833701.351
	29 de noviembre	3.9	16	499688.518	9848894.087
	11 de diciembre	3.8	16	454295.872	9816094.833
	30 de marzo	3.6	16	527510.824	9851048.039
	28 de febrero	5.3	43.5	548027.357	9867127.841
	22 de marzo	4.8	11	556303.308	9811372.510
	28 de noviembre	4.7	40.8	551197.525	9863778.139
	16 de octubre	4.5	11	550794.142	9847938.664
	6 de agosto	4.3	11	508654.302	9835729.724
	30 de junio	4.2	11	475194.320	9831738.432
2010	16 de marzo	4.1	8.9	507430.395	9826389.902
	22 de mayo	4.1	3.1	573534.247	9814705.543
	3 de junio	4.1	6.7	457384.410	9836168.314
	6 de agosto	4.1	6.2	466484.890	9828631.413
	29 de agosto	4.1	3.5	472821.575	9865041.375
	15 de marzo	4	4	554192.163	9874753.686
	28 de agosto	4	3.1	505329.009	9873144.452
	27 de noviembre	4	5.2	539748.464	9855080.967
	20 de enero	3.8	16	545635.667	9868896.743

Nota. Sismos recopilados desde el año 2006 – 2010 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 73.

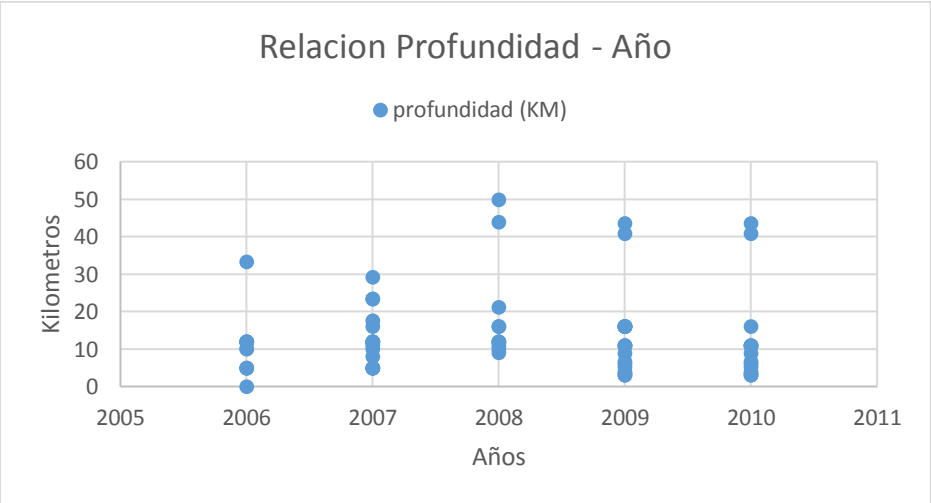
Relación magnitud – años periodo 2006 – 2010



Nota. Relación de sismos entre los años 2006 – 2010 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 74.

Relación profundidad – años periodo 2006 – 2010



Nota. Relación de sismos entre los años 2006 – 2010 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.7.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2011 – 2015

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 62.

Relación entre Magnitud – sismos 2011 – 2015

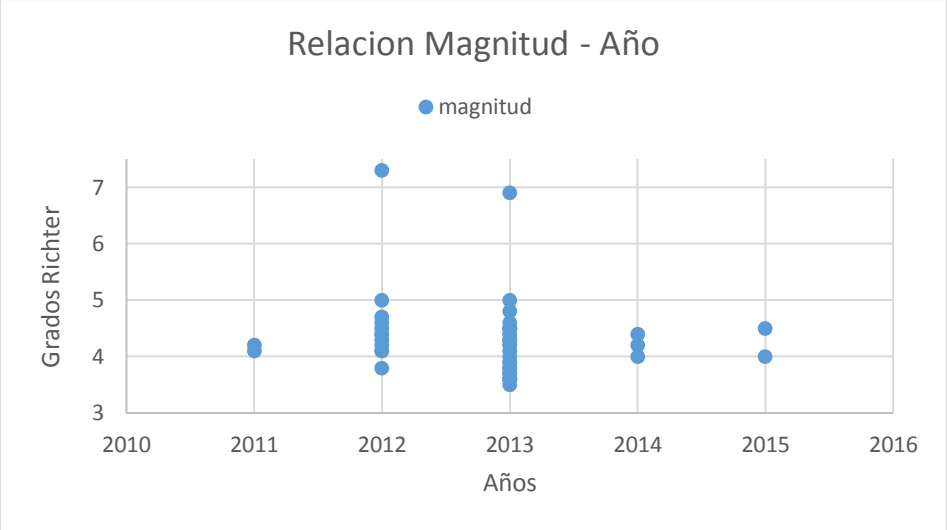
Año	fecha	magnitud	profundidad (KM)	Este	Norte
2011	16 de abril	4.2	10	509655.317	9832557.449
	27 de julio	4.1	11	572895.505	9835011.621
	30 de septiembre	7.30	170.00	348514.481	9786726.118
	28 de junio	5	11	517062.751	9819989.632
	10 de diciembre	4.7	11	538868.915	9850228.705
	27 de junio	4.6	11	461860.217	9812382.369
	27 de junio	4.5	49.5	514537.845	9820454.041
2012	11 de febrero	4.4	11	488565.357	9823173.285
	13 de agosto	4.4	12	552585.279	9848258.865
	28 de junio	4.3	11	492347.666	9811037.134
	7 de febrero	4.2	6	474785.404	9808084.581
	4 de mayo	4.1	12	497808.574	9840504.796
	31 de agosto	4.1	8.6	526207.689	9835673.213
	27 de junio	3.8	10	525605.315	9820231.989
	9 de febrero	6.90	145.00	233693.013	9874438.027
	11 de octubre	5	4.6	567992.480	9807522.415
	10 de octubre	4.8	1.8	470312.432	9820662.562
	18 de enero	4.6	10	467295.519	9838988.401
2013	15 de marzo	4.5	10	483903.695	9838514.734
	15 de marzo	4.5	10	476361.480	9840337.905
	15 de marzo	4.5	11	509821.744	9822355.431
	18 de octubre	4.5	4	459747.439	9881586.647
	28 de noviembre	4.5	1.9	567660.262	9812142.982

	20 de enero	4.4	22.5	503170.381	9843997.557
	17 de junio	4.4	3.6	526844.253	9860443.292
	12 de marzo	4.3	12	564489.404	9850721.207
	21 de abril	4.3	11	484202.303	9868888.667
	19 de octubre	4.3	11	496918.969	9816442.216
	14 de marzo	4.2	11	511401.938	9837022.824
	19 de octubre	4.2	9.6	458154.736	9820616.417
	19 de octubre	4.1	20	462961.914	9809298.693
	22 de julio	4	10	509899.473	9819337.929
	8 de abril	3.9	5.4	457453.515	9823025.913
	28 de mayo	3.9	12.7	551260.123	9841571.798
	15 de marzo	3.8	10.6	498798.649	9832314.471
	15 de marzo	3.8	10	454869.719	9839771.261
	20 de julio	3.8	10	555327.103	9875416.701
	16 de enero	3.7	10	538427.500	9877806.648
	24 de septiembre	3.7	4	540048.598	9853445.039
	20 de noviembre	3.7	4.1	558121.958	9833235.956
	18 de enero	3.6	6	484850.038	9825693.181
	21 de enero	3.6	10	485828.854	9826312.217
	22 de enero	3.6	10	482869.037	9840437.907
	23 de abril	3.6	20	472766.677	9857270.998
	11 de agosto	3.6	10	550919.754	9811263.325
	18 de abril	3.5	12	527820.624	9835429.866
	13 de junio	4.4	10	511069.601	9871519.503
2014	28 de diciembre	4.2	10	546198.599	9841915.420
	7 de noviembre	4	10	518101.267	9880637.978
2015	18 de agosto	4.50	35	540230.291	9881431.904
	22 de mayo	4.00	11	499399.301	9841996.970

Nota. Sismos recopilados desde el año 2011 – 2015 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 75.

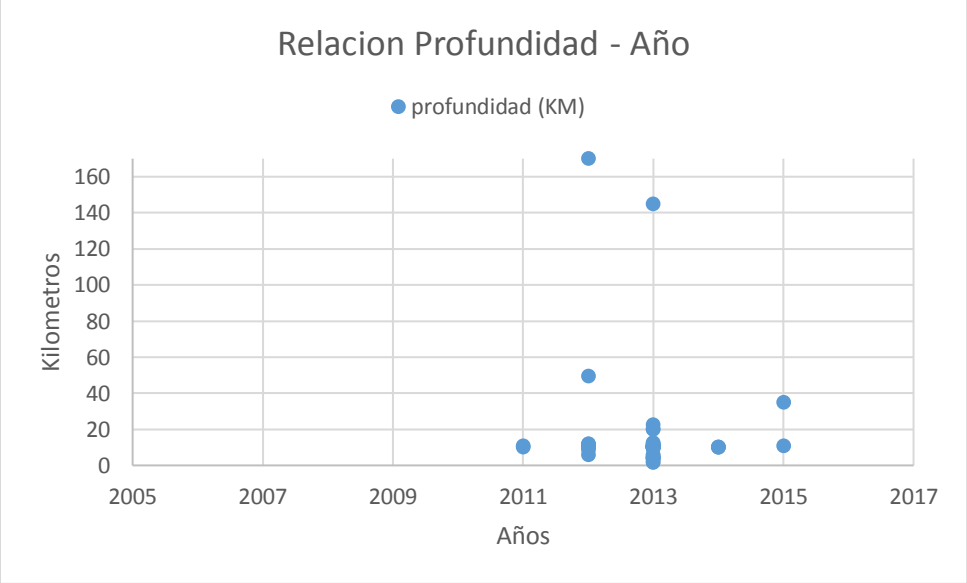
Relación magnitud – años periodo 2011 – 2015



Nota. Relación de sismos entre los años 2011 – 2015 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 76.

Relación profundidad – años periodo 2011 – 2015



Nota. Relación de sismos entre los años 2011 – 2015 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.8.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2016 – 2020

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 63.

Relación entre Magnitud – sismos 2016 – 2020

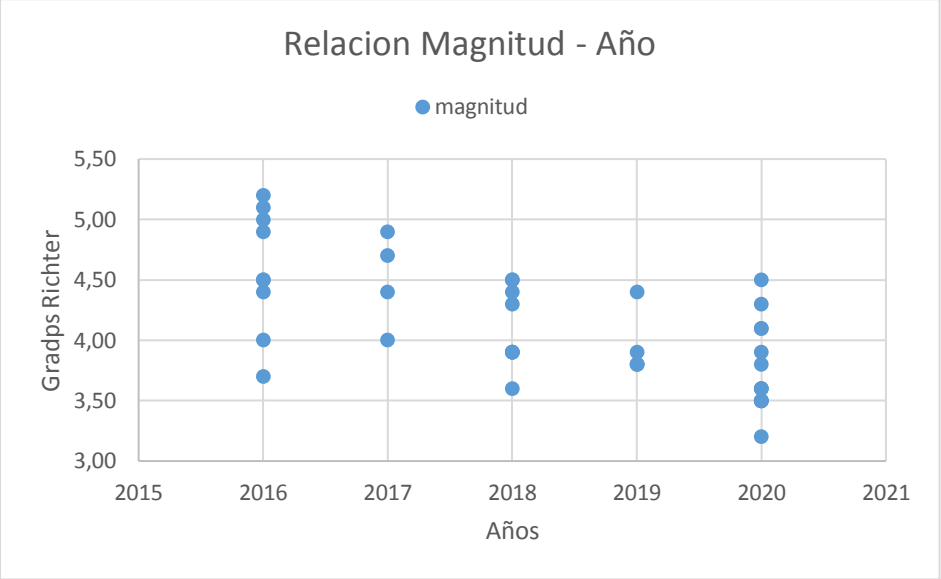
Año	fecha	magnitud	profundidad (KM)	Este	Norte
2016	19 de abril	5.20	0.00	484424.940	9866258.043
	4 de mayo	4.90	0.00	483312.809	9859626.127
	1 de diciembre	4.50	24.00	518912.371	9862941.921
	15 de febrero	4.40	0.00	507787.133	9851889.357
	13 de febrero	4.00	0.00	513349.269	9849678.523
	22 de abril	4.50	0.00	506674.462	9843046.926
	29 de abril	5.00	0.00	505561.855	9834204.488
	4 de mayo	5.10	0.00	504449.381	9828677.968
2017	6 de marzo	3.70	0.00	560071.045	9843039.998
	12 de septiembre	4.00	10.00	389856.674	9866238.350
	21 de diciembre	4.70	10.00	538939.735	9881730.492
	10 de noviembre	4.40	26.00	562300.482	9862935.940
	15 de febrero	4.90	10.00	550059.403	9845252.824
	26 de agosto	3.90	10.00	484424.239	9880627.407
2018	9 de julio	3.60	2.00	483313.070	9855199.614
	9 de septiembre	4.50	5.00	518911.082	9844150.705
	9 de junio	3.90	10.00	507786.345	9826466.871

	21 de marzo	3.90	2.00	513347.899	9824256.556
	28 de marzo	3.90	10.00	506674.165	9831993.678
	10 de febrero	4.50	10.00	505561.513	9819834.643
	10 de febrero	4.40	10.00	504449.166	9817624.290
	22 de septiembre	4.30	10.00	560061.535	9806571.805
	10 de abril	3.80	23.00	501112.371	9834204.549
	7 de abril	3.90	10.00	475527.021	9841940.533
2019	26 de abril	3.80	2.00	508899.759	9857415.859
	26 de abril	3.80	1.00	508899.793	9858521.167
	25 de enero	4.40	5.00	511124.914	9862942.319
	19 de abril	3.90	10.00	527810.815	9847466.780
	6 de marzo	4.50	30.00	540047.711	9847465.211
	29 de septiembre	3.80	1.00	502224.721	9831993.925
	4 de noviembre	4.10	1.00	507786.157	9820940.713
	24 de agosto	4.10	4.00	489989.628	9812098.136
	9 de enero	3.60	5.00	481088.758	9846362.253
2020	8 de julio	3.50	17.00	538937.421	9862939.955
	16 de abril	3.50	5.00	554511.460	9856305.405
	26 de julio	3.20	37.00	553398.101	9851884.237
	4 de junio	3.60	23.00	466628.420	9836412.911
	11 de marzo	3.60	3.00	541153.598	9809883.760
	19 de julio	3.50	1.00	452176.627	9793302.222
	21 de julio	4.30	9.00	566737.697	9814298.744
	28 de enero	3.50	6.00	567854.663	9829773.611
	16 de febrero	3.50	5.00	554511.460	9856305.405

Nota. Sismos recopilados desde el año 2016 – 2020 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 77.

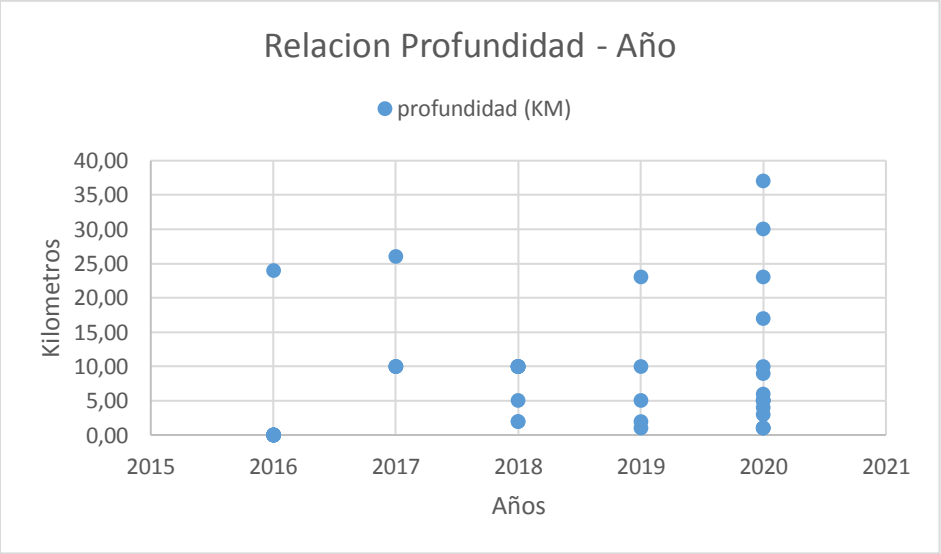
Relación magnitud – años periodo 2016 – 2020



Nota. Relación de sismos entre los años 2016 – 2020 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 78.

Relación profundidad – años periodo 2016 – 2020



Nota. Relación de sismos entre los años 2016 – 2020 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.9.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2021 – 2023

De acuerdo a la información recopilada se describe la relación entre la magnitud con años de los sismos recopilados:

Tabla 64.

Relación entre Magnitud – sismos 2021 – 2023

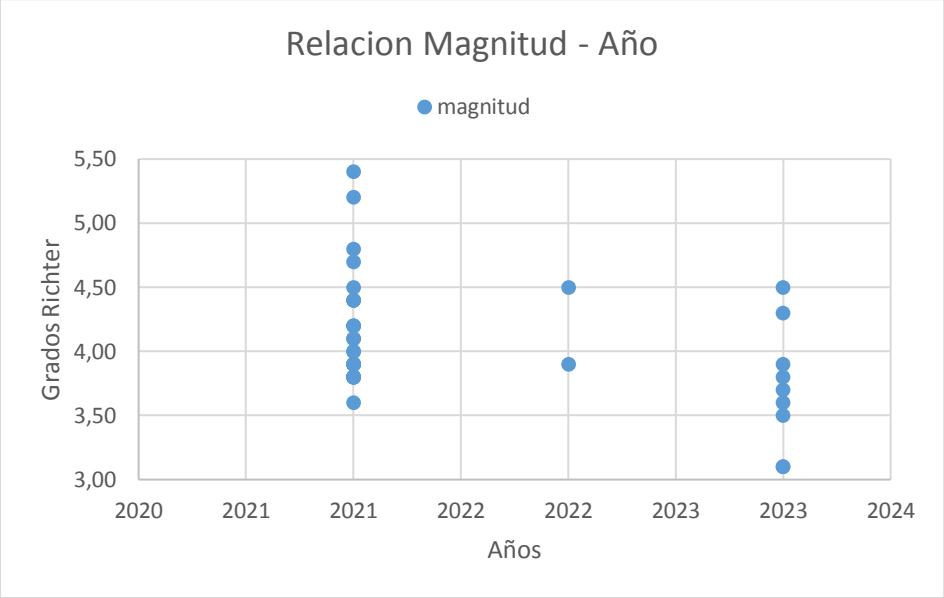
Año	fecha	magnitud	profundidad (KM)	Este	Norte
2021	22 de junio	3.80	2.00	482199.670	9870679.159
	15 de junio	3.80	10.00	486649.760	9870679.381
	29 de septiembre	3.90	5.00	491099.812	9871784.845
	14 de junio	4.40	5.00	483312.312	9868468.602
	de junio	3.80	1.00	508900.093	9868468.927
	13 de junio	3.80	0.00	495549.955	9868469.024
	12 de junio	3.90	1.00	487762.458	9866258.197
	15 de junio	3.90	10.00	508899.995	9865153.008
	22 de junio	3.90	10.00	498887.505	9864047.832
	2 de agosto	4.10	4.00	524475.396	9869573.393
	18 de junio	4.50	5.00	477750.652	9856309.812
	18 de junio	4.00	4.00	513349.539	9855205.067
	18 de junio	3.90	3.00	523361.820	9856309.722
	18 de noviembre	3.80	3.00	564520.899	9843038.920
	8 de abril	4.20	2.00	431030.113	9839721.647
	7 de marzo	3.90	17.00	543382.002	9829779.350
	22 de julio	4.20	5.00	521133.888	9820939.857
	18 de junio	3.90	10.00	503336.907	9819835.513
	13 de agosto	4.70	2.00	496663.044	9823151.441
	13 de agosto	5.40	5.00	498887.660	9827572.699

	17 de junio	3.80	4.00	510011.158	9829783.107
	15 de junio	4.40	2.00	494438.247	9829783.253
	15 de junio	3.60	2.00	493325.804	9833099.151
	15 de junio	5.20	1.00	487763.969	9833098.934
	16 de junio	4.80	10.00	491100.910	9837520.316
	16 de junio	4.40	6.00	498887.629	9834204.549
	17 de junio	4.20	4.00	500000.000	9834204.551
	16 de junio	4.00	3.00	502224.742	9834204.541
	17 de junio	4.10	10.00	501112.366	9833099.241
2022	24 de noviembre	4.50	32.90	548784.530	9871217.470
	1 de noviembre	3.90	4.00	505561.905	9836415.105
	19 de febrero	4.30	10.00	527001.227	9874259.719
	26 de marzo	3.80	5.00	604578.459	9861818.508
	28 de mayo	3.90	5.00	556736.918	9858515.665
	31 de mayo	3.10	26.00	442150.788	9857410.089
2023	4 de enero	3.70	1.00	526698.706	9850782.844
	13 de mayo	4.50	43.60	560168.886	9833578.116
	27 de enero	3.50	1.00	503337.082	9831993.912
	4 de junio	3.60	10.00	493325.959	9827572.606
	26 de febrero	3.10	0.00	513680.684	9809555.714

Nota. Sismos recopilados desde el año 2021 – 2023 Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2023

Figura 79.

Relación magnitud – años periodo 2021 – 2023



Nota. Relación de sismos entre los años 2021 – 2023 y la magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 80.

Relación profundidad – años periodo 2021 – 2023

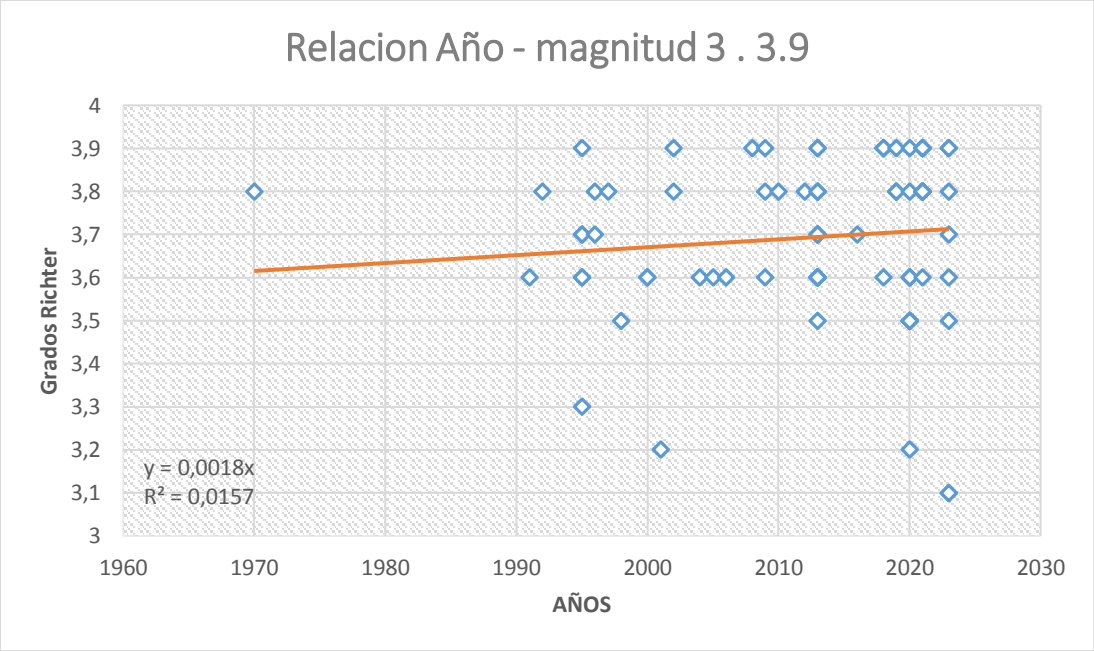
Nota. Relación de sismos entre los años 2021 – 2023 y la profundidad Fuente: investigador 2023.

16.2.10.- Relación de los sismos por años de estudio y profundidad en funcion de la magnitud en un rango de 3.0 a 3.9 en la escala Richter

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del análisis de las magnitudes de 3 a 3.9 de sismo registrados en el área de estudio conociendo sus tendencias y características representativas a través de los 53 años mencionados. Como resultado se conoció que la tendencia en magnitud registrada esta entre 3.5 a 3.6 con profundidades bajo el nivel del suelo de 10 a 50 km, sin embargo, en la relación entre ambos factores los sismos de 3.6 se presentan a profundidades no mayores a 15 km que son los de mayor registro.

Figura 81.

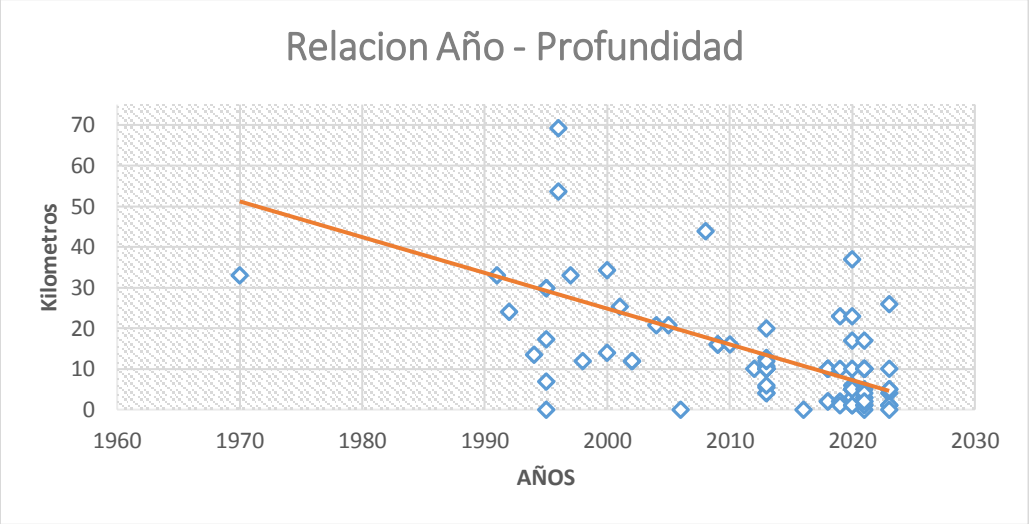
Relación años de estudio - magnitud (escala 3. – 3.9)



Nota. Relación de sismos entre los años de estudio y las magnitudes de 3 – 3.9 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 82.

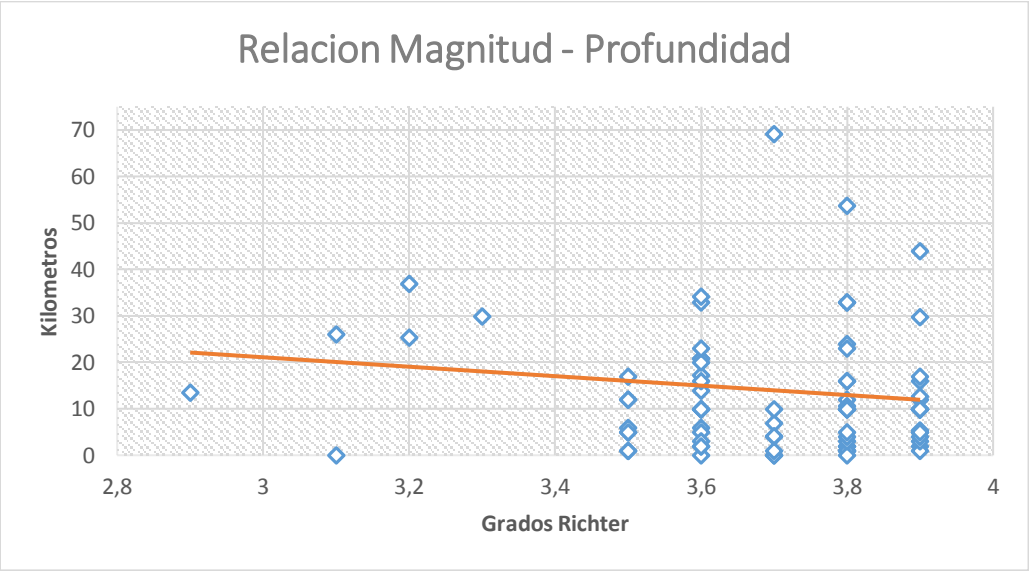
Relación años de estudio – profundidad (escala 3. – 3.9)



Nota. Relación de sismos entre los años de estudio y profundidad según los sismos de magnitud de 3 a 3.9 Fuente: investigador 2023.

Figura 83.

Relación magnitud – profundidad (escala 3. – 3.9)



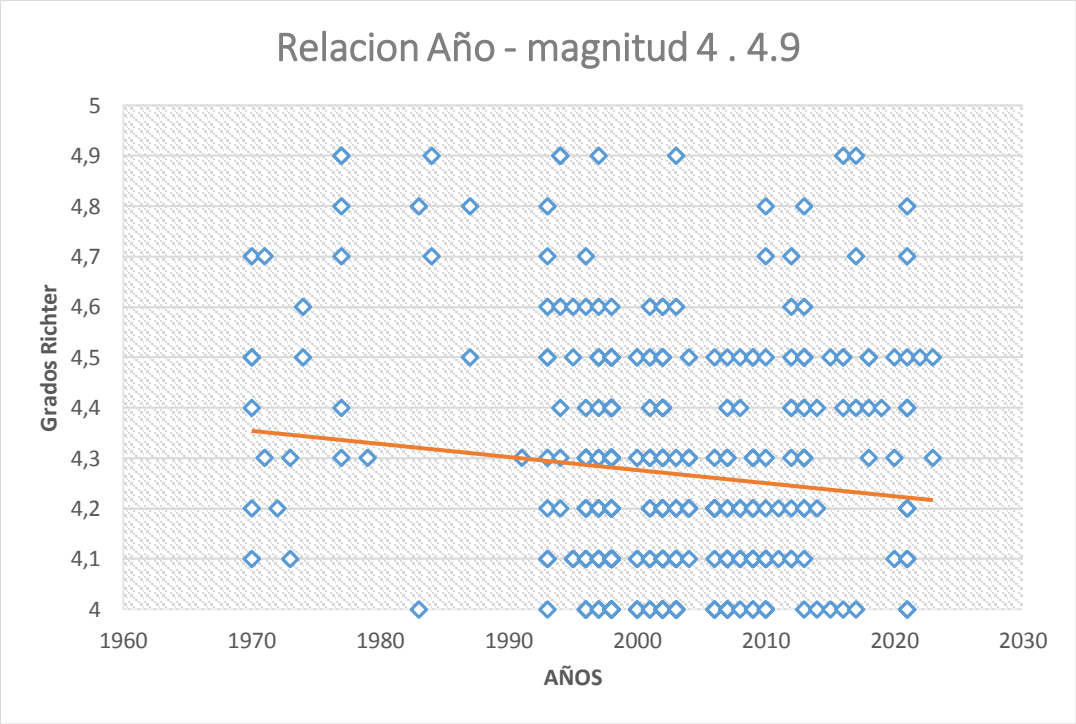
Nota. Relación de sismos entre la profundidad y sismos de magnitud de 3 a 3.9 Fuente: investigador 2023.

16.2.11.- Relación de los sismos por años de estudio y profundidad en funcion de la magnitud en un rango de 4.0 a 4.9 en la escala Richter

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del análisis de las magnitudes de 4 a 4.9 de sismo registrados en el área de estudio conociendo sus tendencias y características representativas a través de los 53 años mencionados. Como resultado se conoció que la tendencia en magnitud registrada esta entre 4.3 a 3.3 con profundidades bajo el nivel del suelo de 7 a 40 km, sin embargo, en la relación entre ambos factores los sismos de 4.3 se presentan a profundidades no mayores a 12 km que son los de mayor registro.

Figura 84.

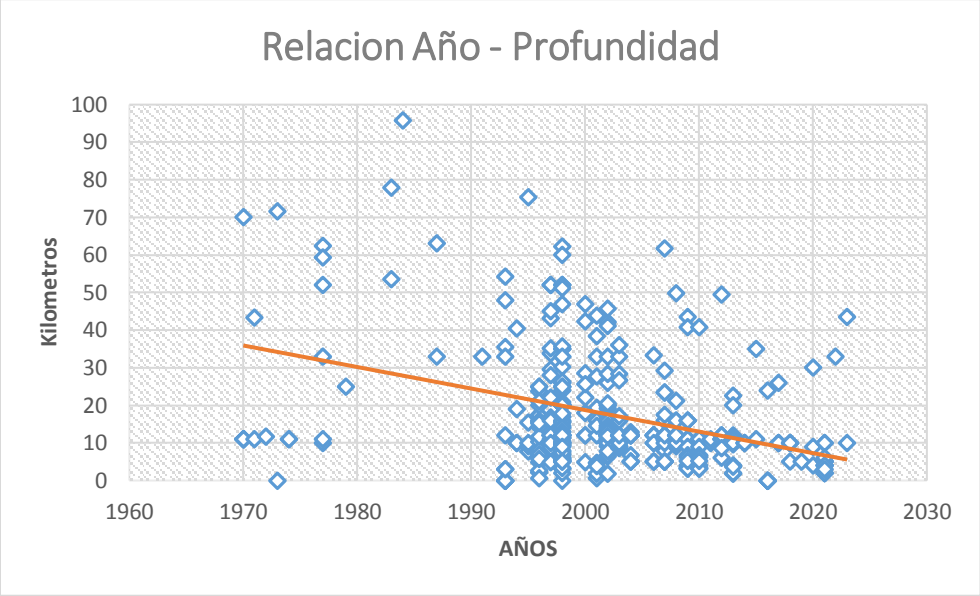
Relación años de estudio - magnitud (escala 4. – 4.9)



Nota. Relación de sismos entre los años de estudio y las magnitudes de 4 – 4.9 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 85.

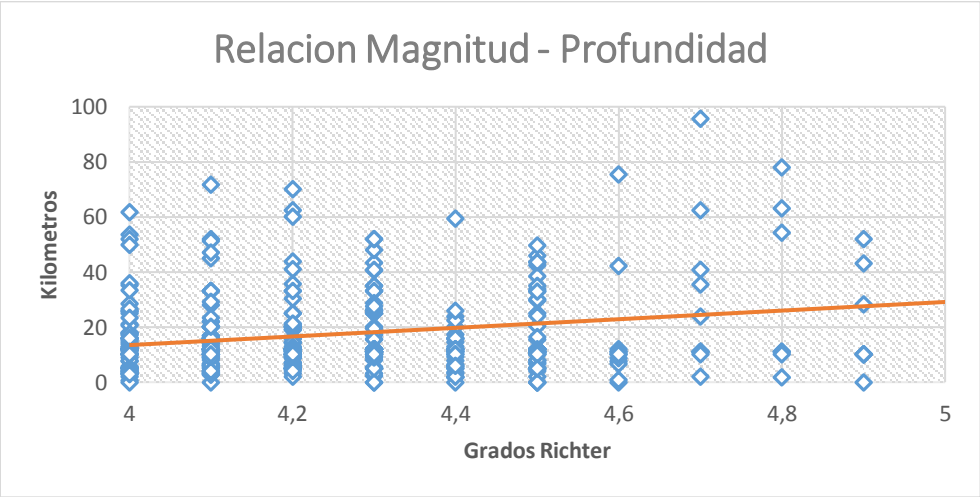
Relación años de estudio - profundidad magnitud (escala 4. – 4.9)



Nota. Relación de sismos entre los años de estudio y profundidad según los sismos de magnitud de 4 a 4.9 Fuente: investigador 2023.

Figura 86.

Relación magnitud – profundidad magnitud (escala 4. – 4.9)



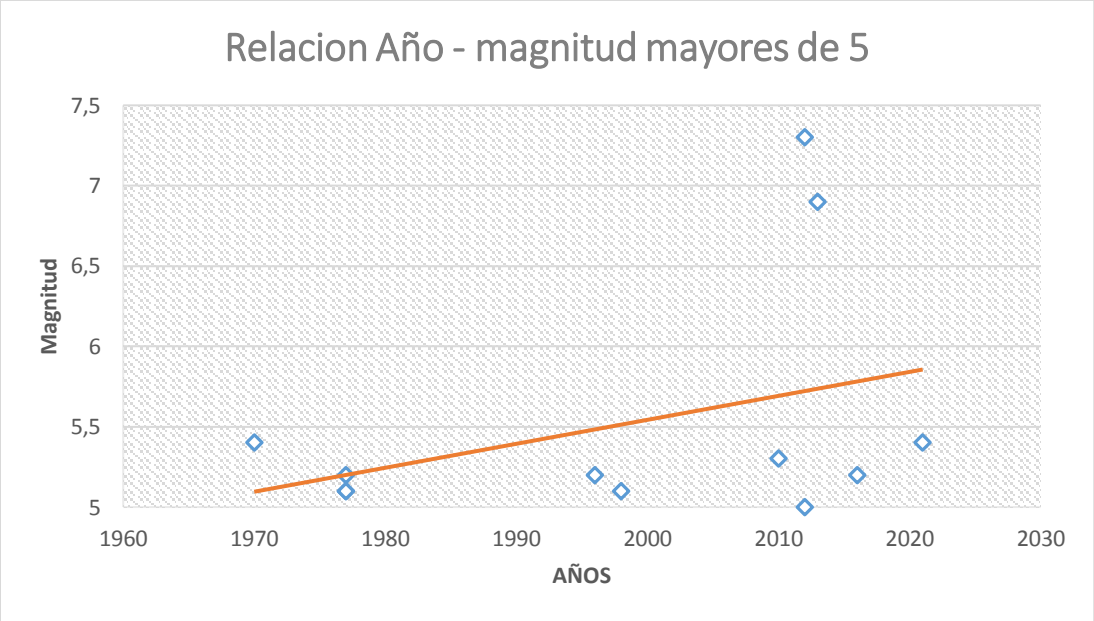
Nota. Relación de sismos entre la profundidad y sismos de magnitud de 4 a 4.9 Fuente: investigador 2023.

16.2.12.- Relación de los sismos por años de estudio y profundidad en funcion de la magnitud mayores 5 en la escala Richter

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del análisis de las magnitudes de 4 a 4.9 de sismo registrados en el área de estudio conociendo sus tendencias y características representativas a través de los 53 años mencionados. Como resultado se conoció que la tendencia en magnitud registrada esta entre 5.2 a 5.8 con profundidades bajo el nivel del suelo de 20 a 60 km, sin embargo, en la relación entre ambos factores los sismos de 5.20 se presentan a profundidades no mayores a 20 km que son los de mayor registro.

Figura 87.

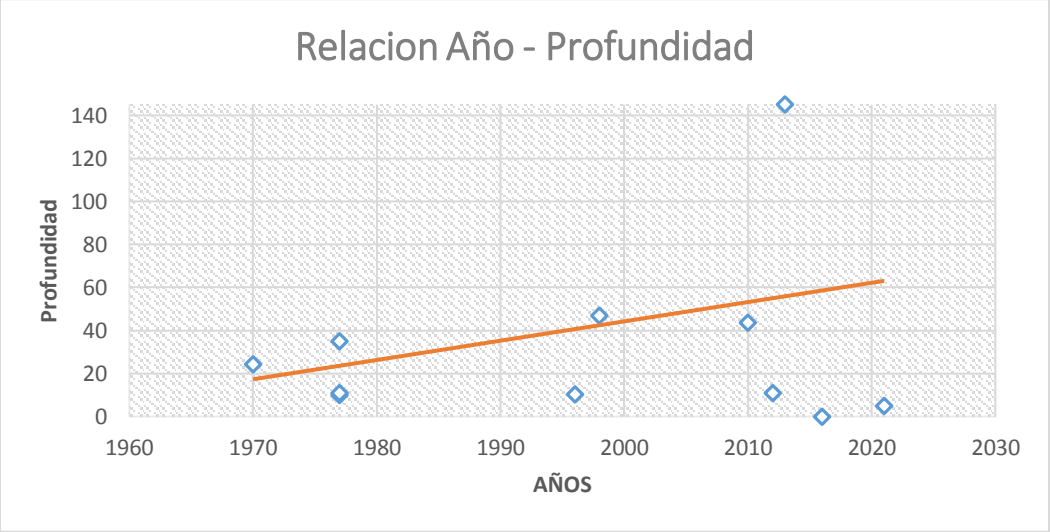
Relación años de estudio - magnitud (escalas mayores a 5)



Nota. Relación de sismos entre los años de estudio y las magnitudes mayores a 5 Fuente: investigador 2023.

Figura 88.

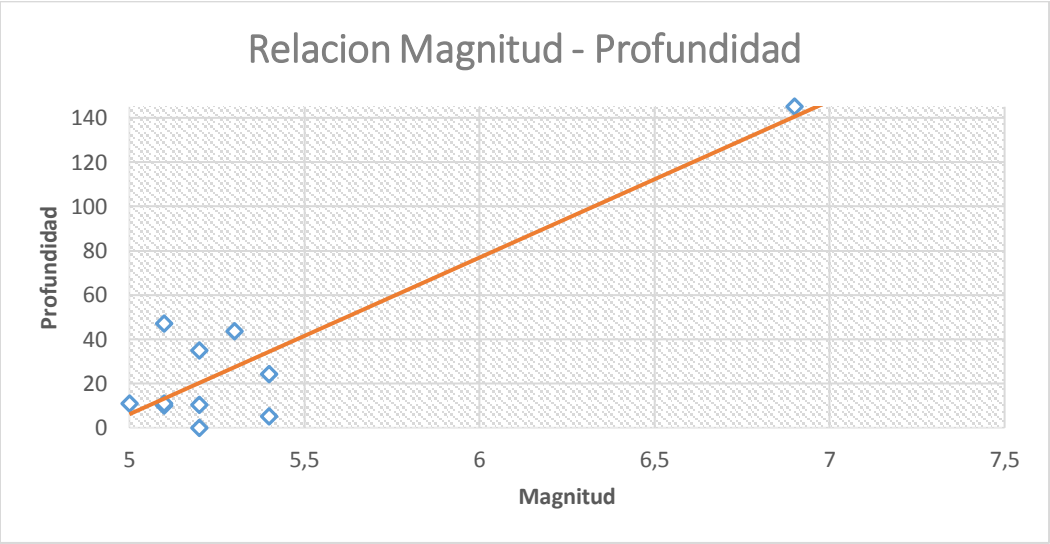
Relación años de estudio - profundidad magnitud (escalas mayores a 5)



Nota. Relación de sismos entre los años de estudio y profundidad según los sismos de magnitud mayores a 5 Fuente: investigador 2023.

Figura 89.

Relación magnitud – profundidad magnitud (escalas mayores a 5)

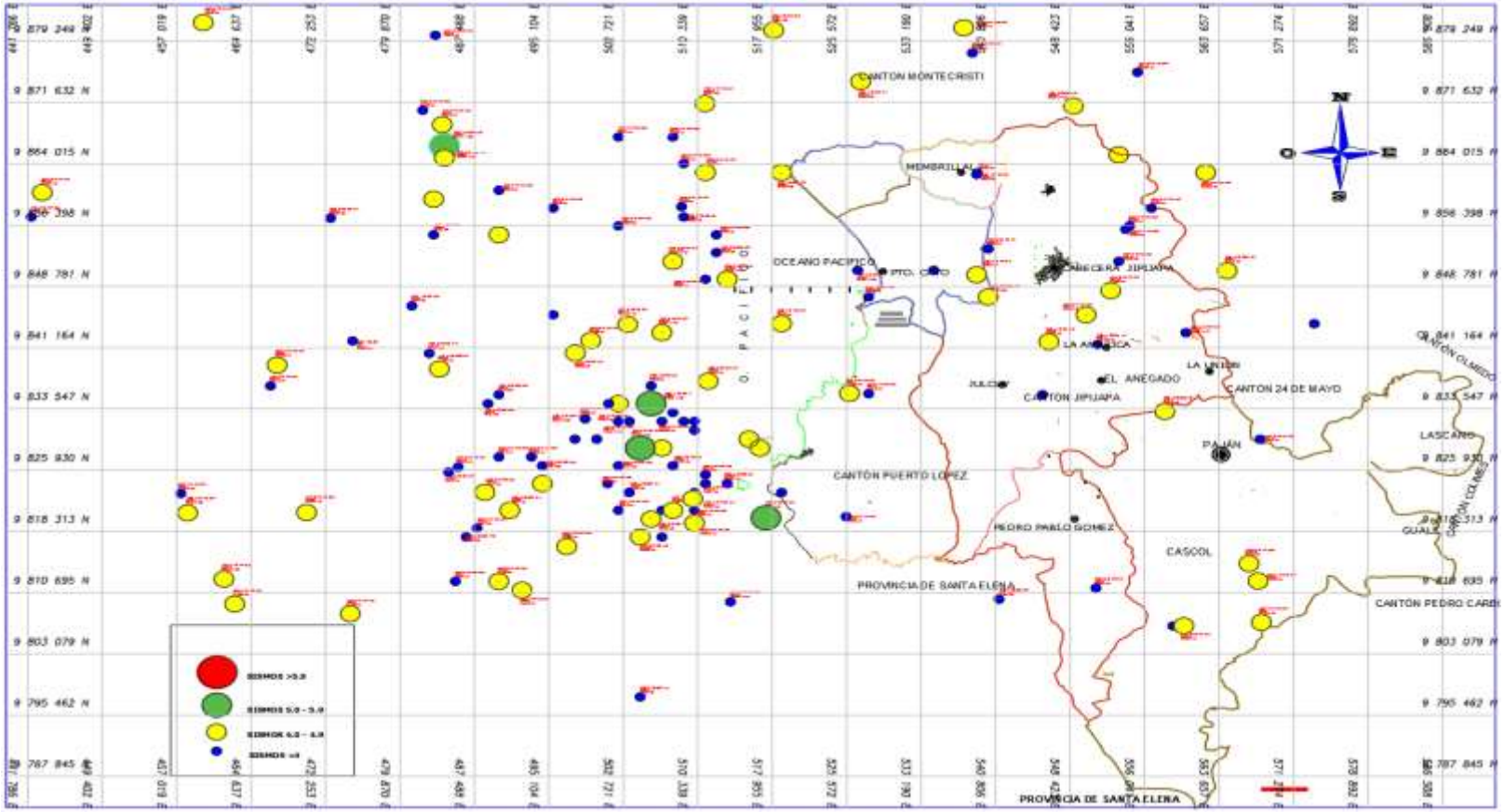


Nota. Relación de sismos entre la profundidad y sismos de magnitud mayores a 5 Fuente: investigador 2023.

16.2.13.- Mapa representativo de sismos con area de influencia en el canton Jipijapa desde 1970 - 2023

Figura 90.

Mapa puntual de sismos registrados en los años 19070 – 2023 en la zona Sur de Manabí



Nota. Descripción georreferenciada de sismos en el área de influencia sísmica para el cantón Jipijapa Fuente: investigador 2023

16.3.- Objetivo 3: Calcular las líneas de comportamiento y caracterizar planos de fallas de alta sensibilidad entre el área de estudio y su incidencia en la ciudad de Jipijapa.

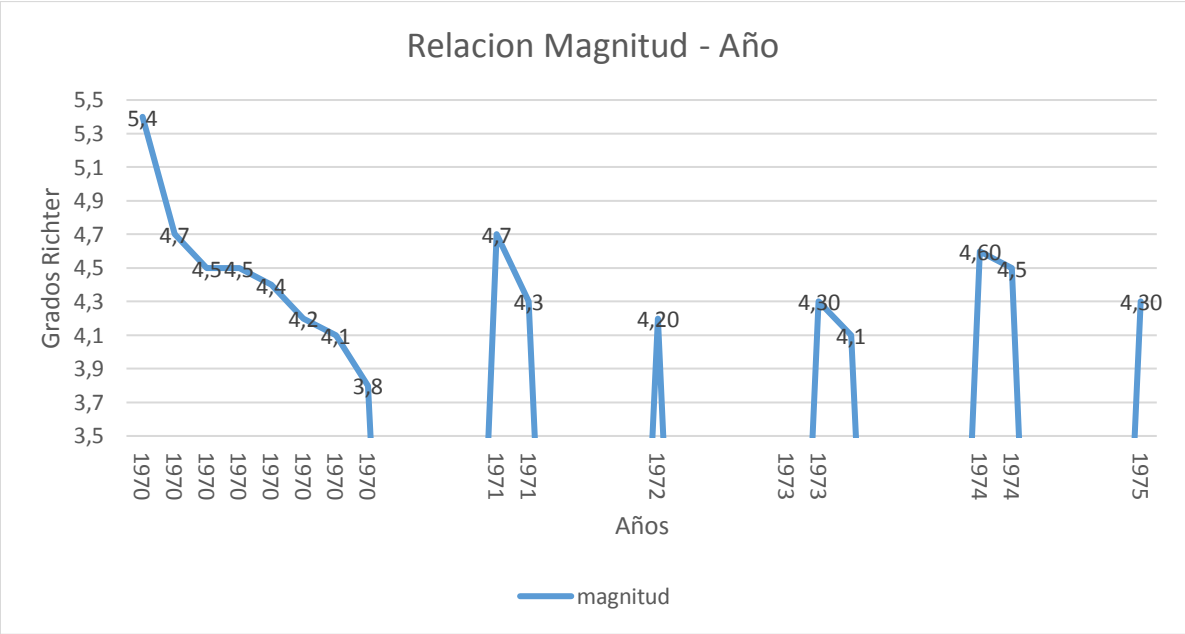
A continuación, se detalla los puntos de influencia de los sismos registrados en el área de estudio anteriormente mencionados y su incidencia en el cantón Jipijapa por medio de líneas de comportamiento sísmico basados en la relación de magnitud, profundidad por año y la recurrencia presente a través de los 53 años de estudio.

16.3.1.- Lineas de falla producto de los sismos 1970 – 1975

De los datos registrados anteriormente se identifica las líneas de falla de acuerdo a los años de presencia del sismo como se detalla a continuación en función de su magnitud, profundidad y la relación entre ambos factores.

Figura 91.

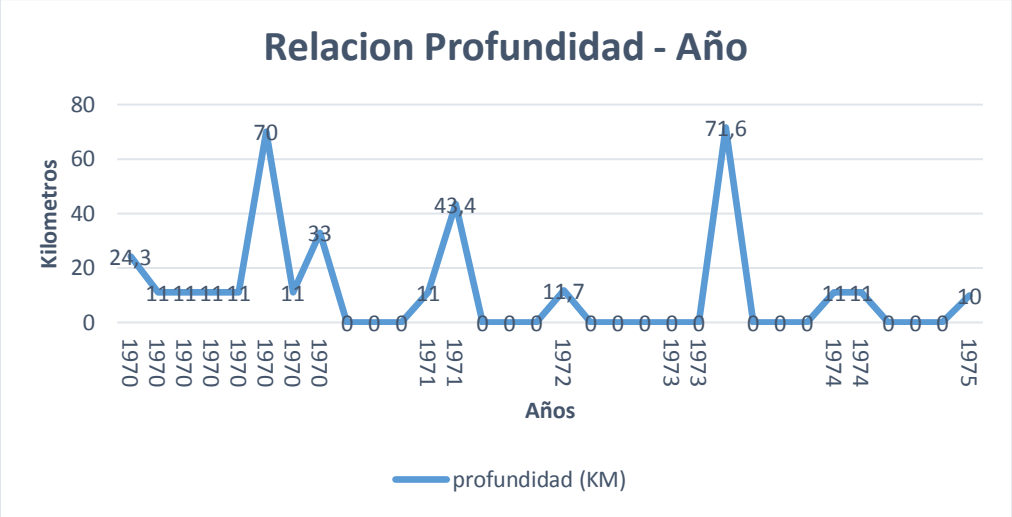
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1970 – 1975



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1970 hasta 1975 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 92.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1970 – 1975

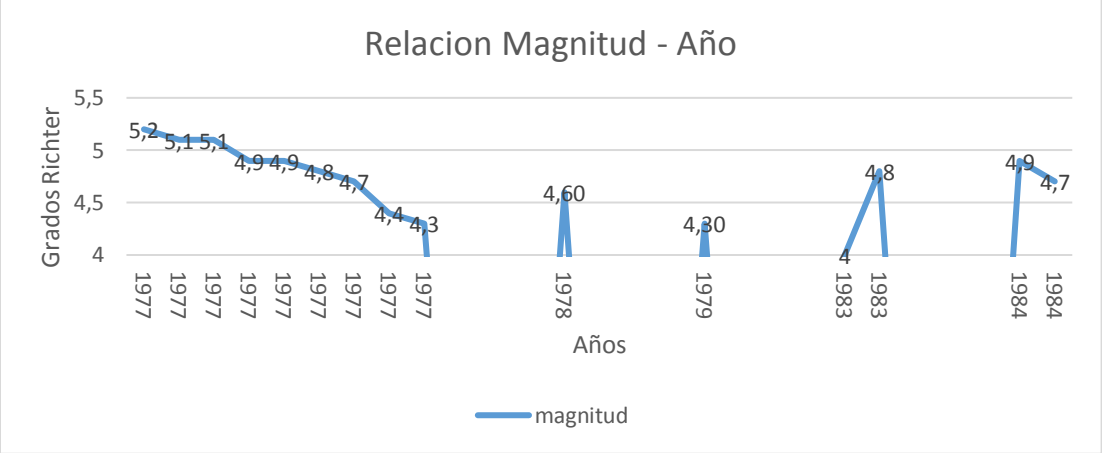


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1970 hasta 1975 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.2.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1977 – 1984

Figura 93.

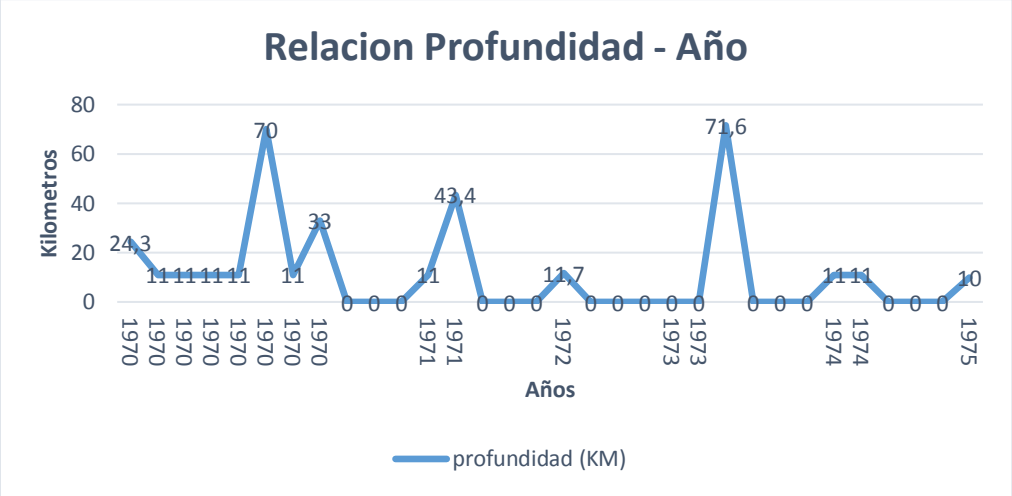
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1977 – 1984



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1977 hasta 1984 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 94.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1977 – 1984

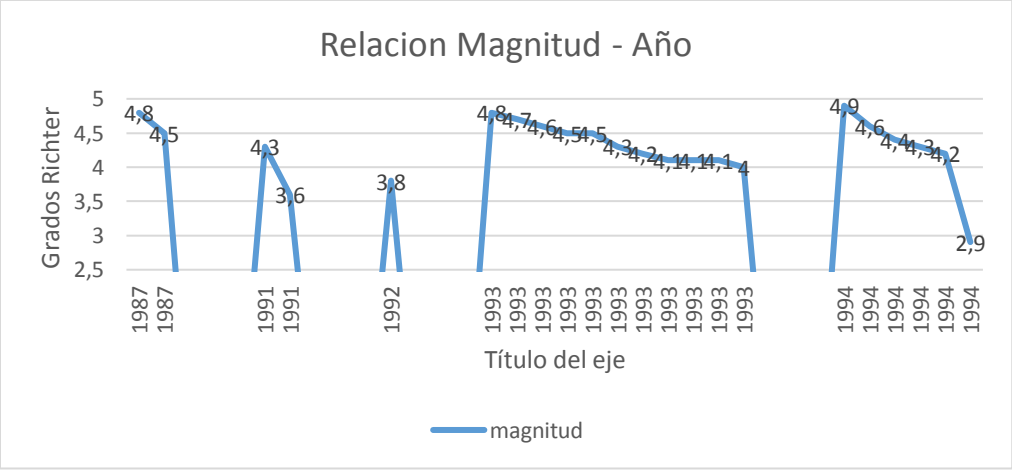


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1970 hasta 1975 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.3.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1987 – 1994

Figura 95.

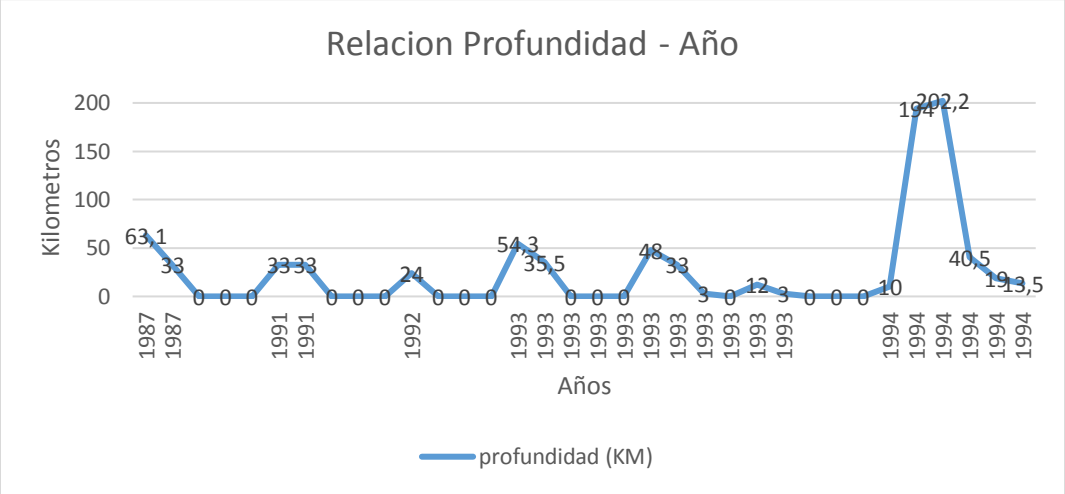
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1987 – 1994



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1987 hasta 1994 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 96.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1987 – 1994

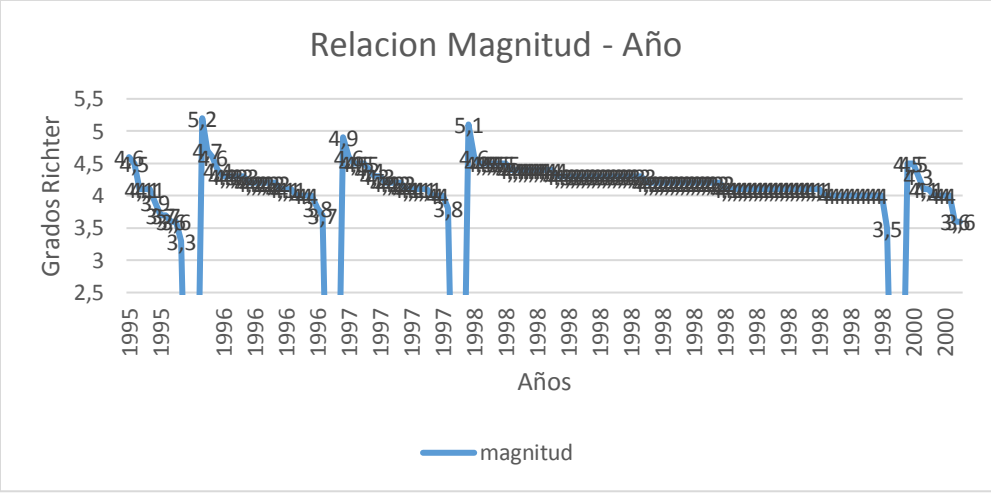


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1987 hasta 1994 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.4.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 1995 – 2000

Figura 97.

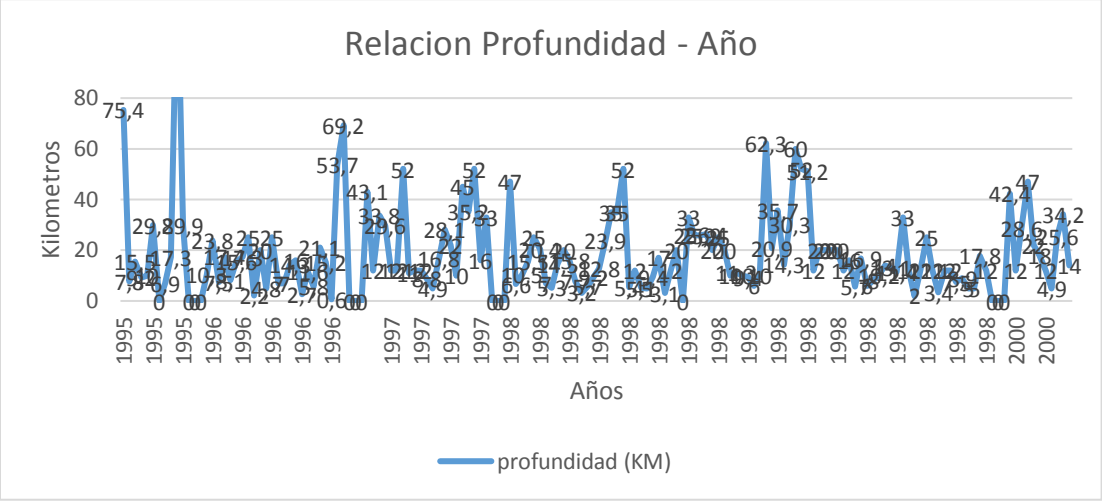
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 1995 – 2000



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1995 hasta 2000 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 98.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 1995 – 2000

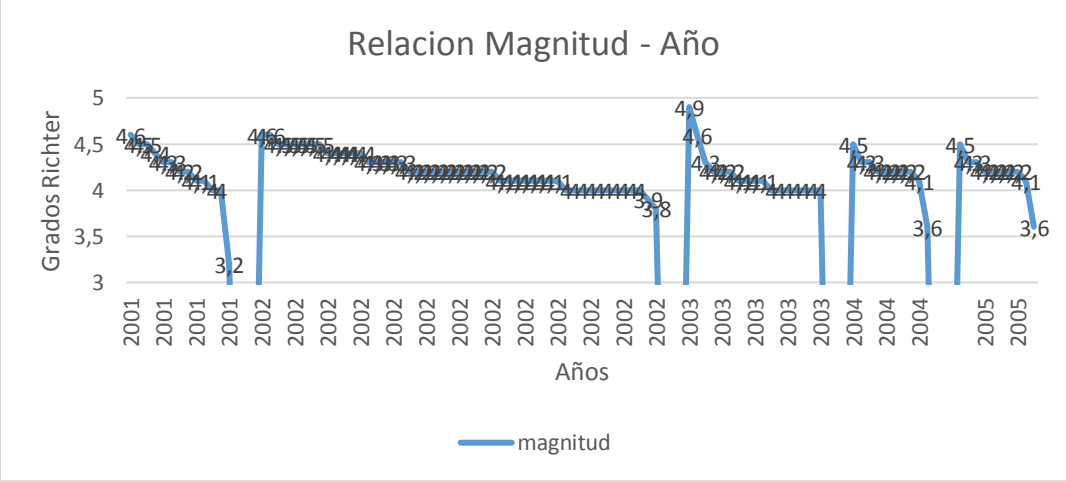


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 1997 hasta 1994 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.5.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2001 – 2005

Figura 99.

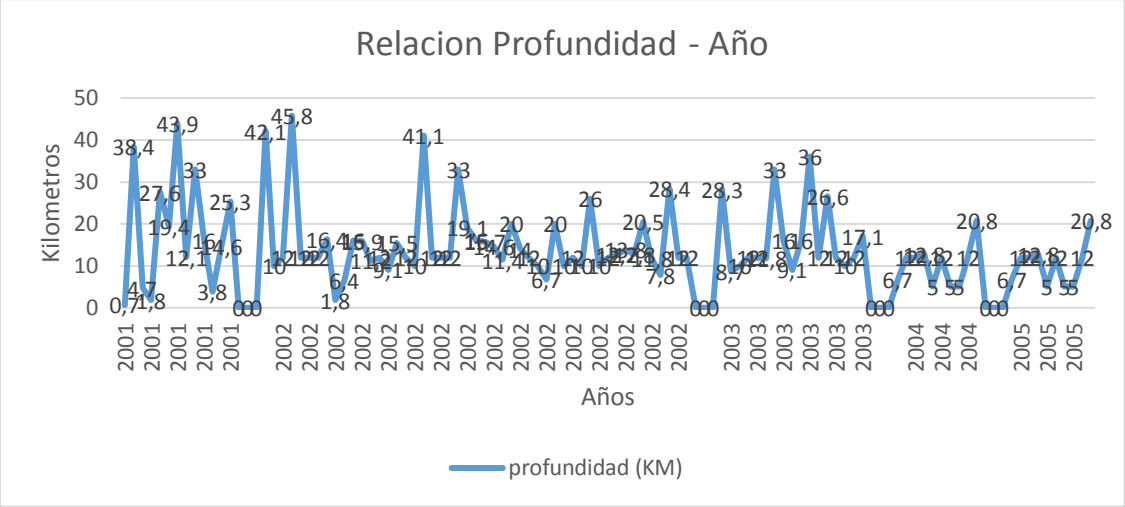
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2001 – 2005



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2001 hasta 2005 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 100.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2001 – 2005

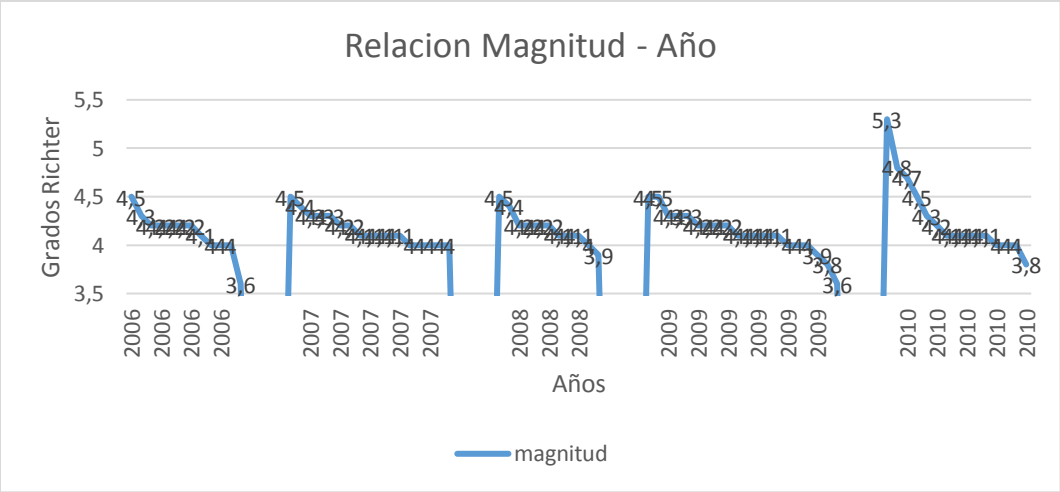


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2001 hasta 2005 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.6.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2006 – 2010

Figura 101.

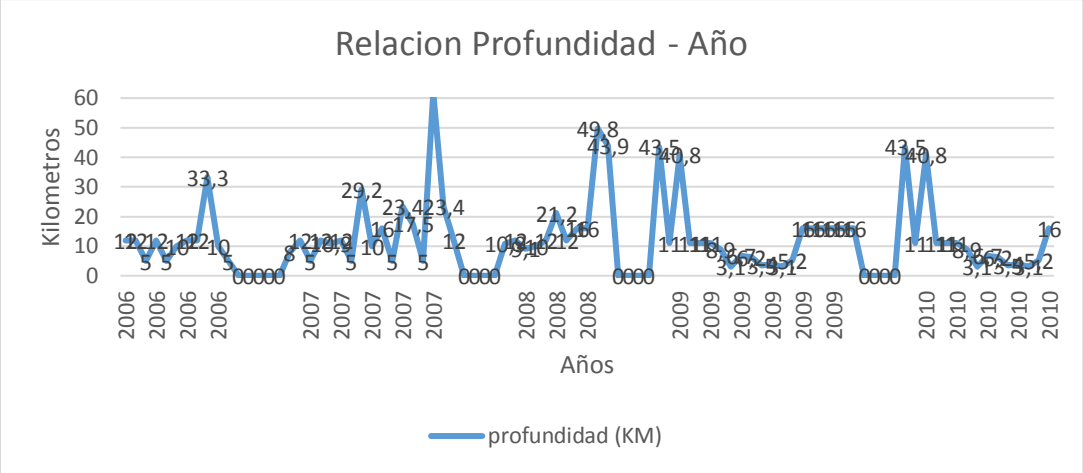
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2006 – 2010



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2006 hasta 2010 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 102.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2006 – 2010

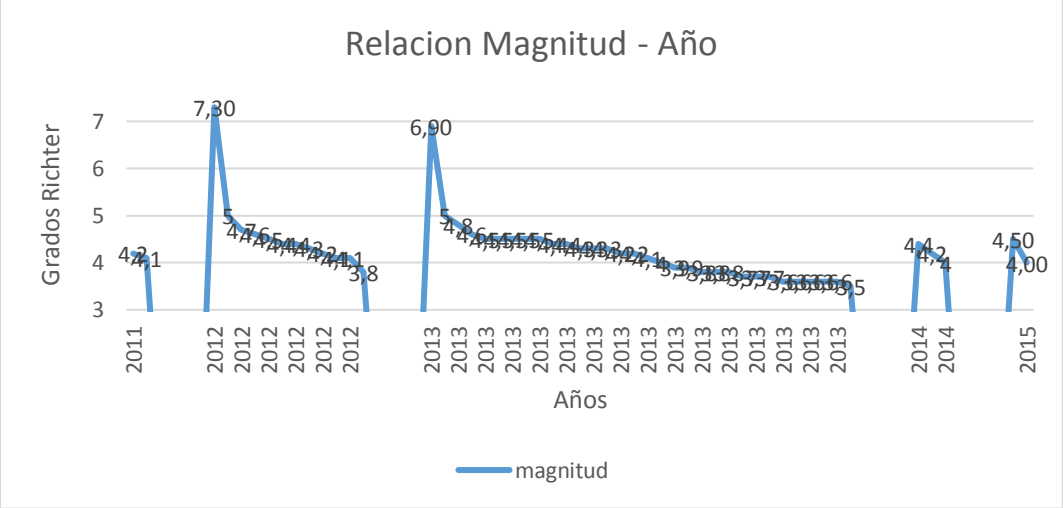


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2006 hasta 2010 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.7.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2011 – 2015

Figura 103.

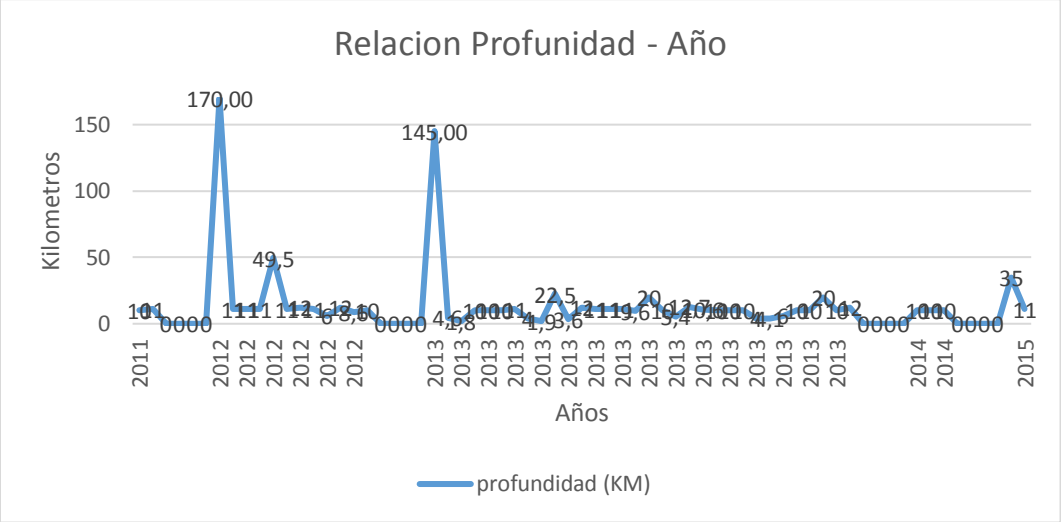
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2011 – 2015



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2011 hasta 2015 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 104.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2011 – 2015

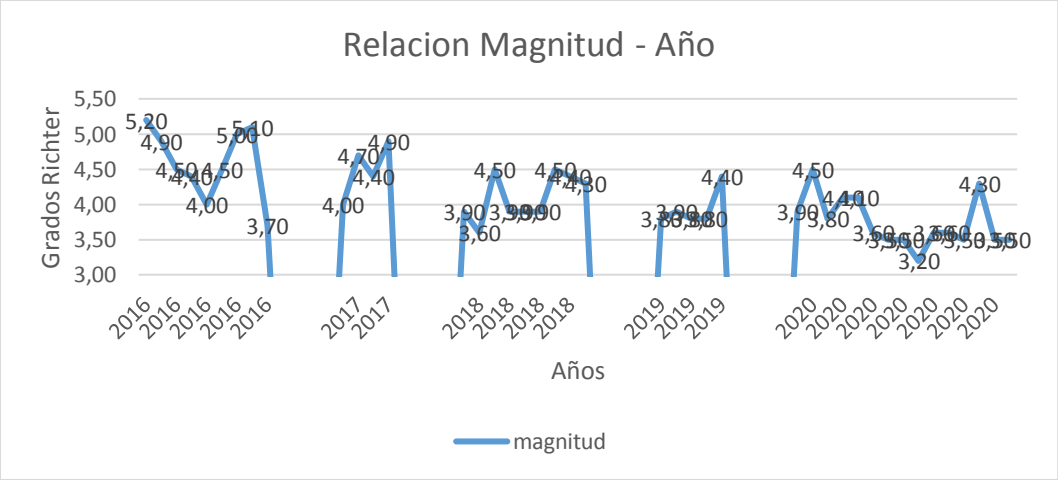


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2011 hasta 2015 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.8.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2016 – 2020

Figura 105.

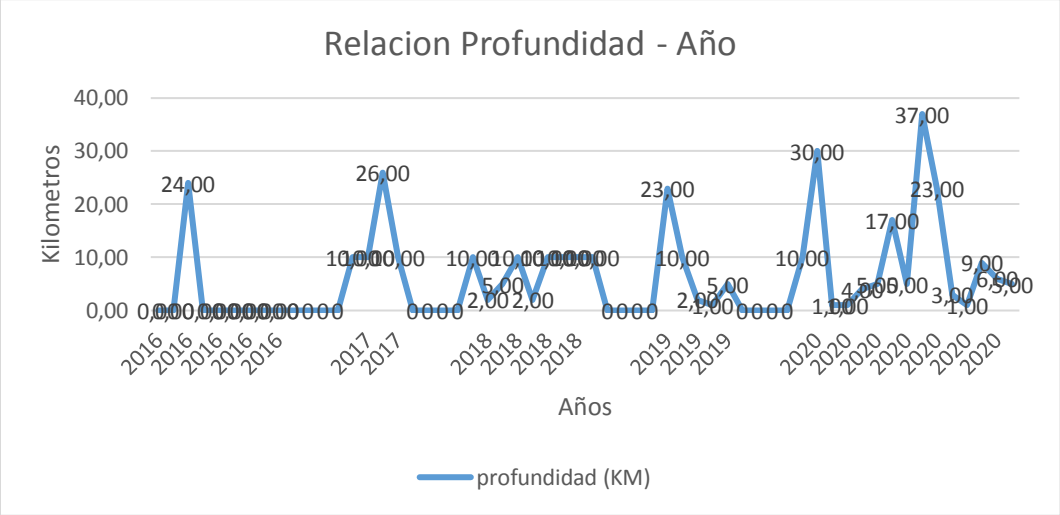
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2016 – 2020



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2016 hasta 2020 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 106.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2016 – 2020

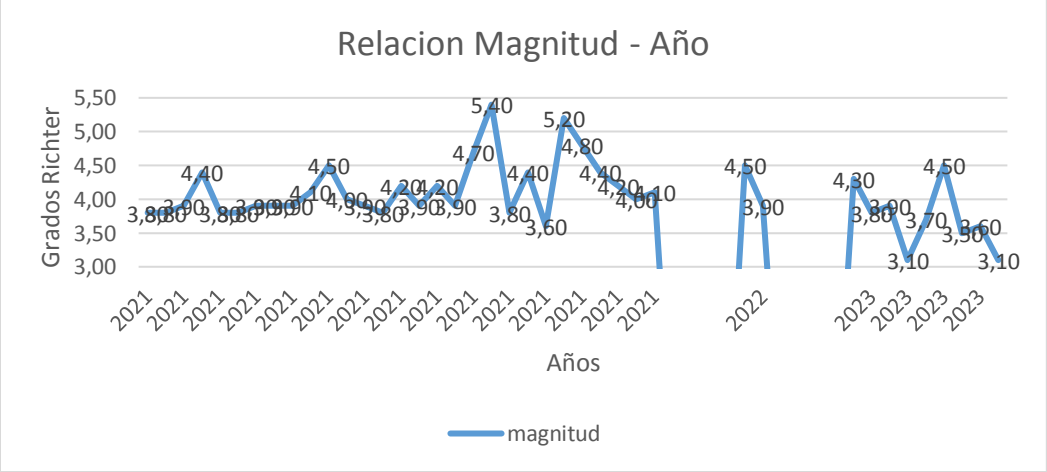


Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2016 hasta 2020 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.9.- Relación Año – Magnitud – Profundidad sismos 2021 – 2023

Figura 107.

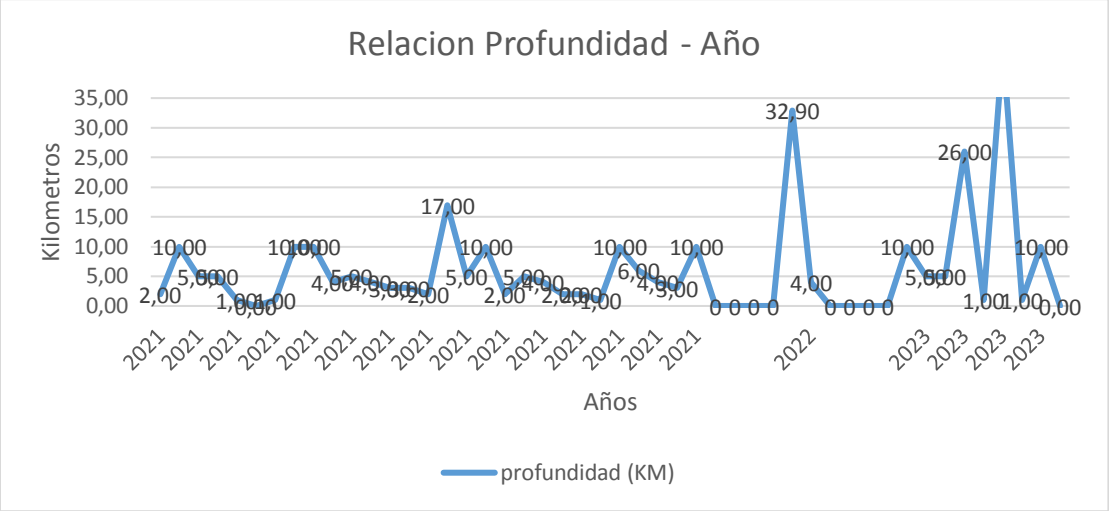
Línea de falla en relación a la magnitud periodo 2021 – 2023



Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2023 hasta 2021 en función de su magnitud Fuente: investigador 2023.

Figura 108.

Línea de falla en relación a la profundidad periodo 2021 – 2023



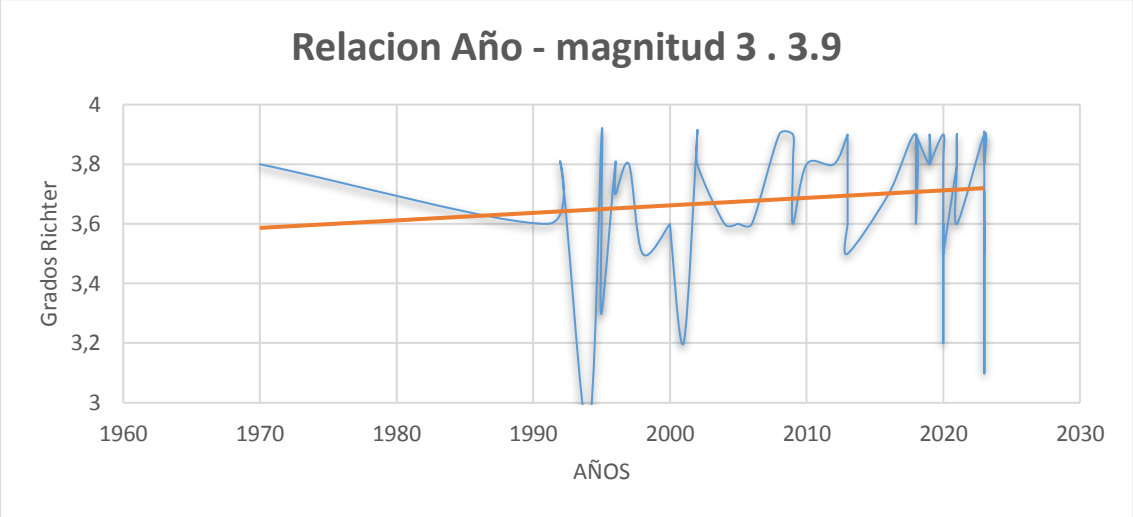
Nota. Líneas de fallas presentes en los años 2021 hasta 2023 en función de su profundidad Fuente: investigador 2023.

16.3.10.- Línea de falla presente en los sismos de los años de estudios en función del rango de magnitud de 3.0 a 3.9 en la escala Richter

En este punto se detalla la representación gráfica de los sismos en escala de 3 a 3.9 en la escala de Richter en función de los años de estudios propuesto, así obtener una línea de influencia o falla que se presenta en relación de magnitud, profundidad y relación entre las dos variables mencionados dando como resultado la caracterización del riesgo potencial que presentan estos sismos de baja magnitud, pero de poca profundidad.

Figura 109.

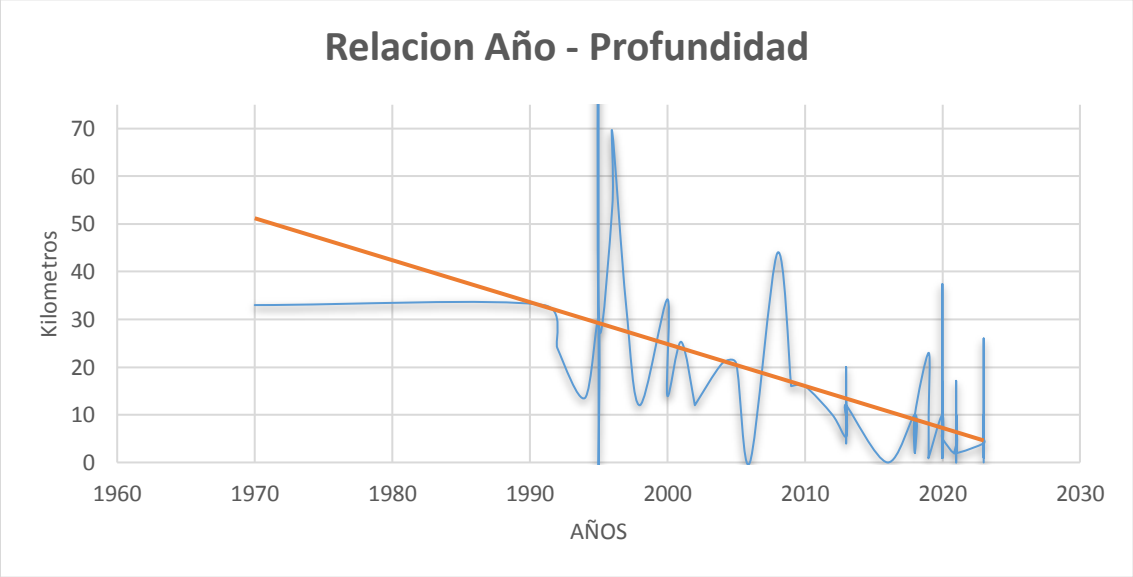
Línea de falla en función de los años de estudio - magnitud (escala 3. – 3.9)



Nota. Línea de falla en función los sismos de estudio y las magnitudes de 3 – 3.9 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 110.

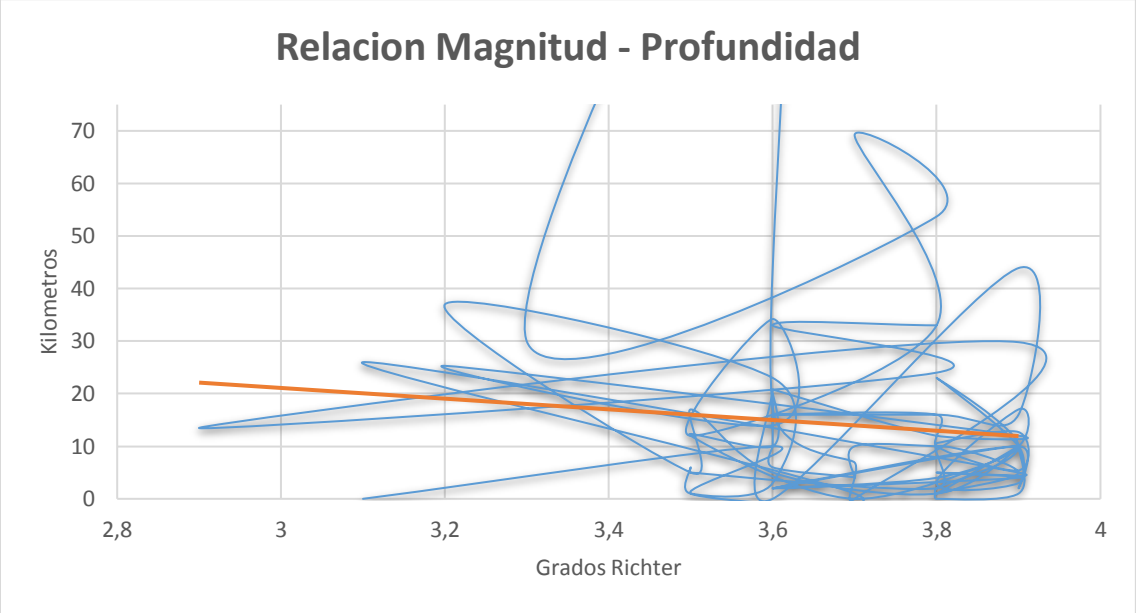
Línea de falla en función de los años de estudio - profundidad (escala 3. – 3.9)



Nota. Línea de falla en función los sismos de estudio y las magnitudes de 3 – 3.9 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 111.

Línea de falla en relación magnitud – profundidad (escala 3. – 3.9)

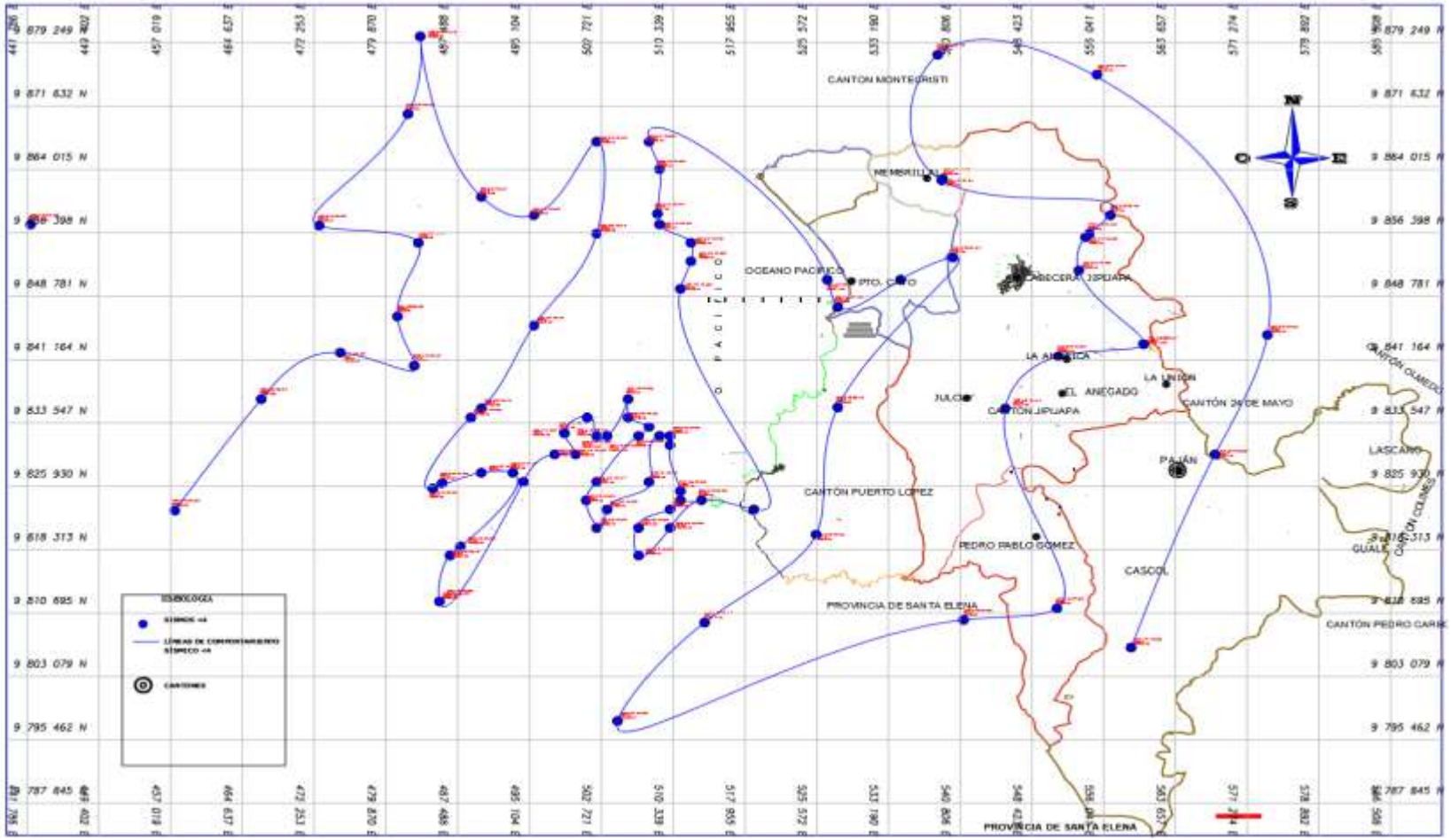


Nota. Línea de falla en función de las variables de profundidad y sismos de magnitud de 3 a 3.9

Fuente: investigador 2023.

Figura 112.

Plano representativo de las líneas de falla producto del estudio de sismos con magnitud 3 – 3.9 de los 53 años de estudio



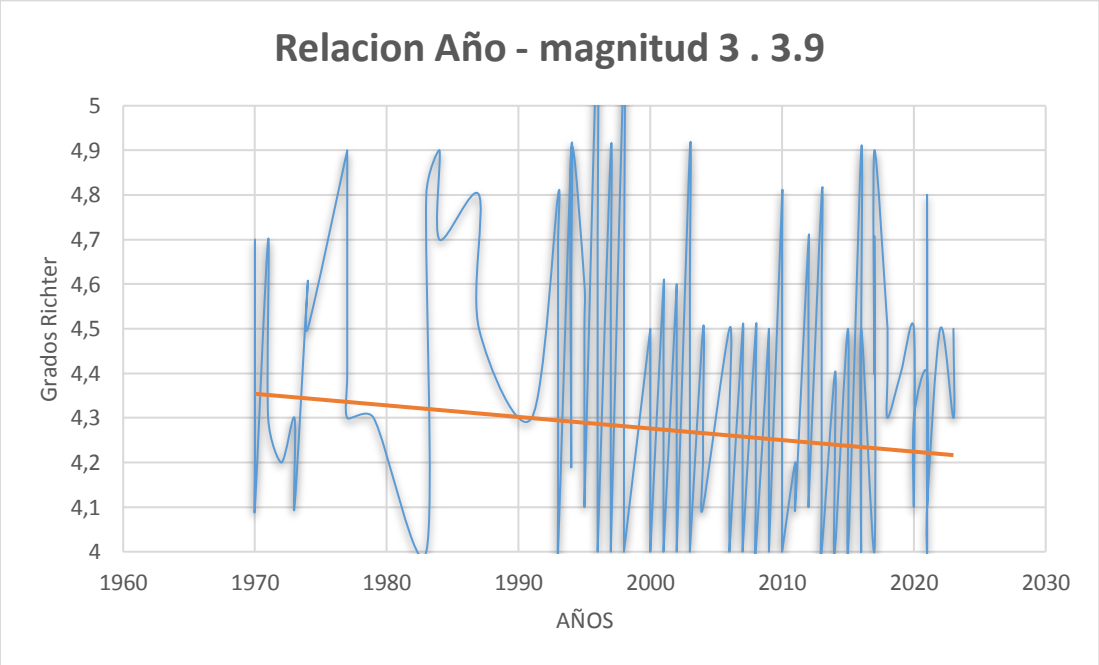
Nota. Línea de falla en función de la magnitud de 3 a 3.9 Fuente: investigador 2023

16.3.11.- Línea de falla presente en los sismos de los años de estudios en función del rango de magnitud de 4.0 a 4.9 en la escala Richter

En este punto se detalla la representación gráfica de los sismos en escala de 4 a 4.9 en la escala de Richter en función de los años de estudios propuesto, así obtener una línea de influencia o falla que se presenta en relación de magnitud, profundidad y relación entre las dos variables mencionados dando como resultado la caracterización del riesgo potencial que presentan estos sismos de baja magnitud, pero de poca profundidad.

Figura 113.

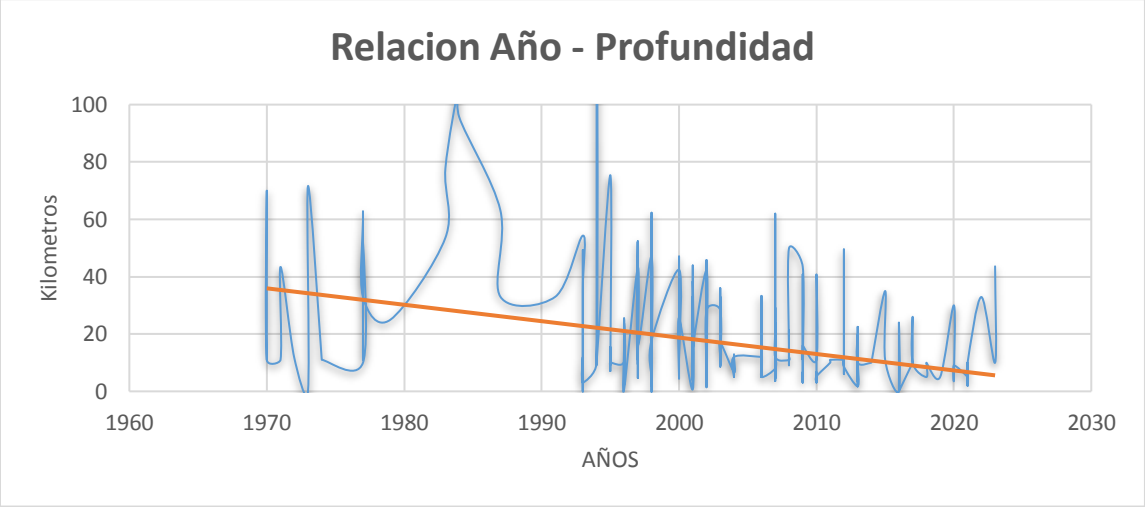
Línea de falla en función de los años de estudio - magnitud (escala 4. – 4.9)



Nota. Línea de falla en función los sismos de estudio y las magnitudes de 4 – 4.9 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 114.

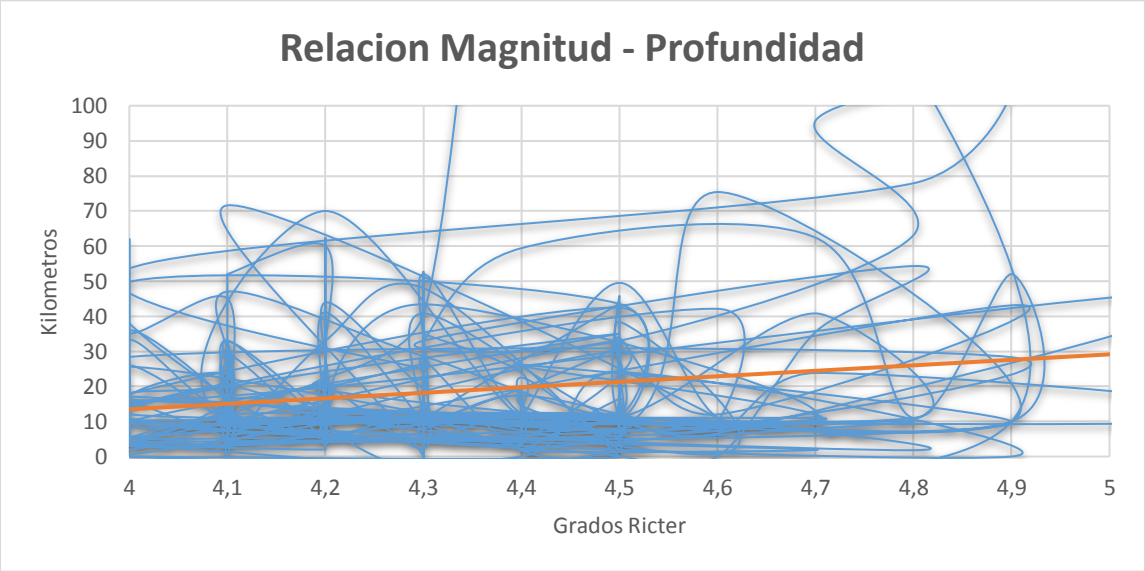
Línea de falla en función de los años de estudio - profundidad (escala 4. – 4.9)



Nota. Línea de falla en función los sismos de estudio y las magnitudes de 4 – 4.9 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 115.

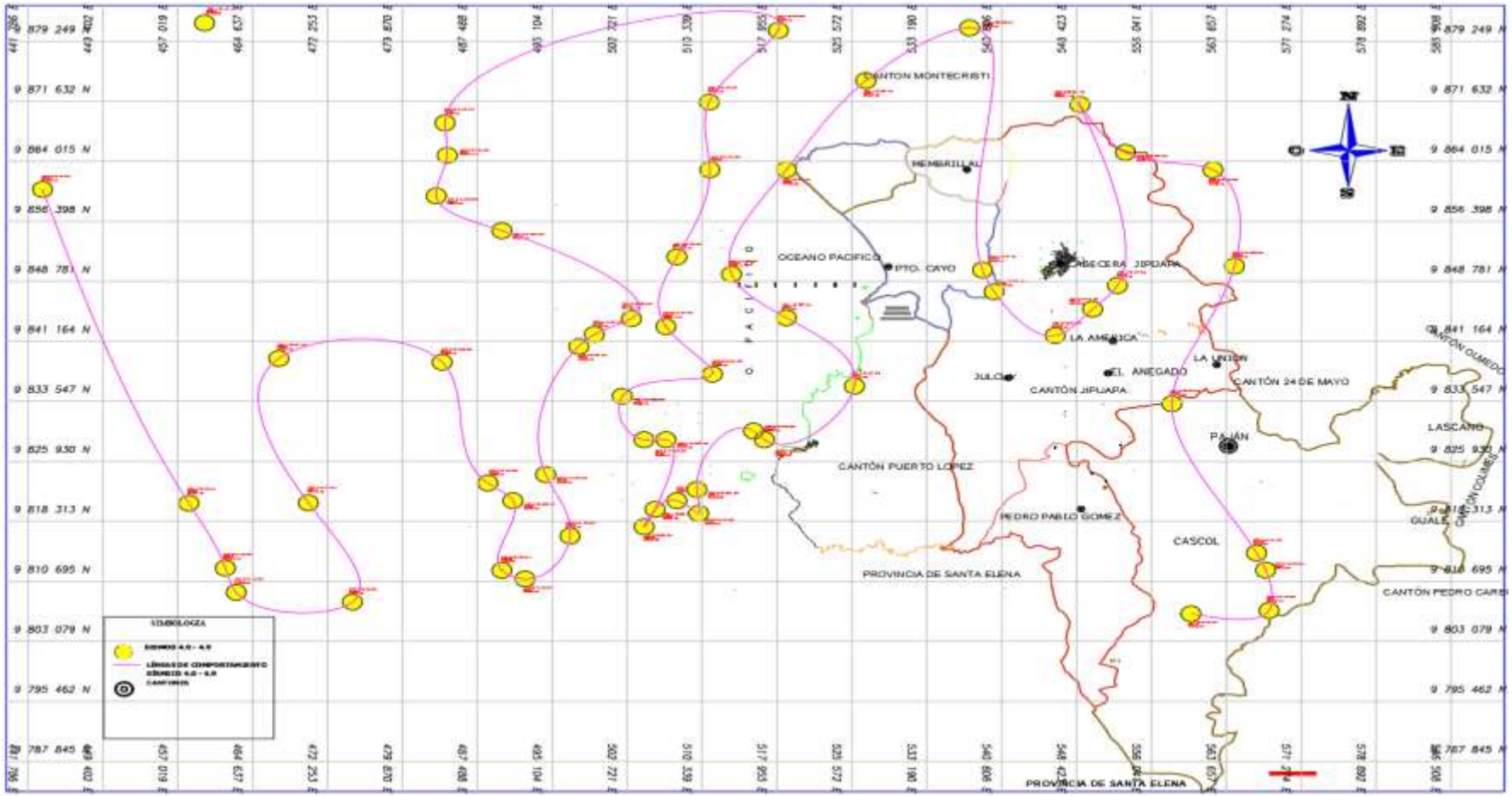
Línea de falla en relación magnitud – profundidad (escala 4. – 4.9)



Nota. Línea de falla en función de las variables de profundidad y sismos de magnitud de 4 a 4.9 Fuente: investigador 2023.

Figura 116.

Plano representativo de las líneas de falla producto del estudio de sismos con magnitud 4 – 4.9 de los 53 años de estudio



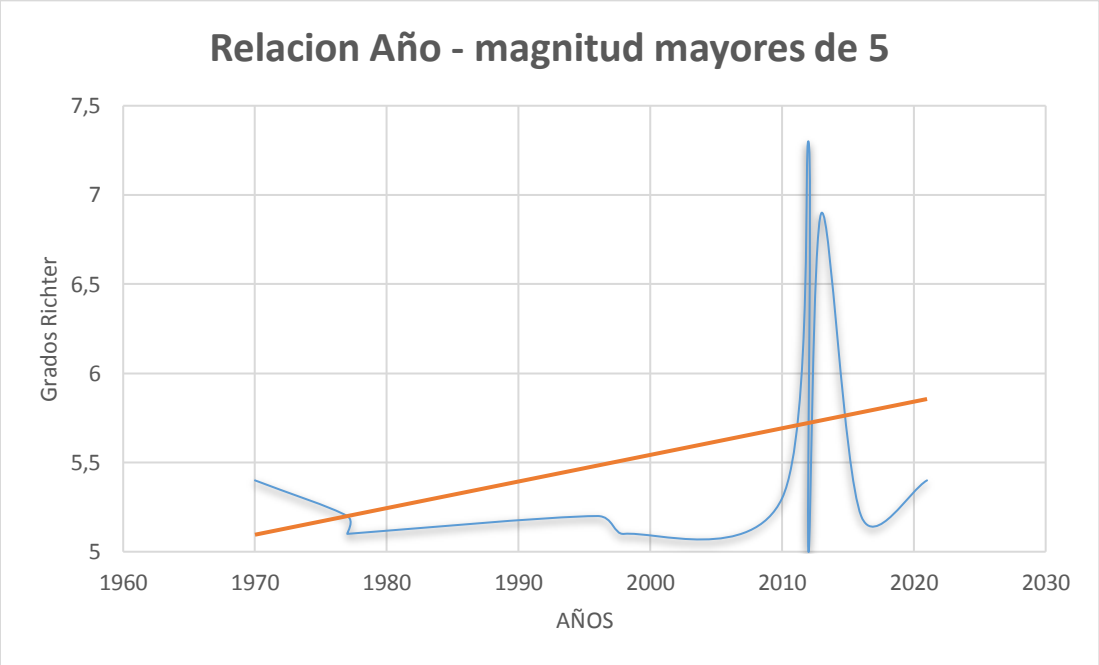
Nota. Línea de falla en función de la magnitud de 4 a 4.9 realizado por investigador 2023

16.3.12.- Línea de falla presente en los sismos de los años de estudios en función del rango de magnitud mayores a 5 en la escala Richter

En este punto se detalla la representación gráfica de los sismos en escala de 4 a 4.9 en la escala de Richter en función de los años de estudios propuesto, así obtener una línea de influencia o falla que se presenta en relación de magnitud, profundidad y relación entre las dos variables mencionados dando como resultado la caracterización del riesgo potencial que presentan estos sismos de baja magnitud, pero de poca profundidad.

Figura 117.

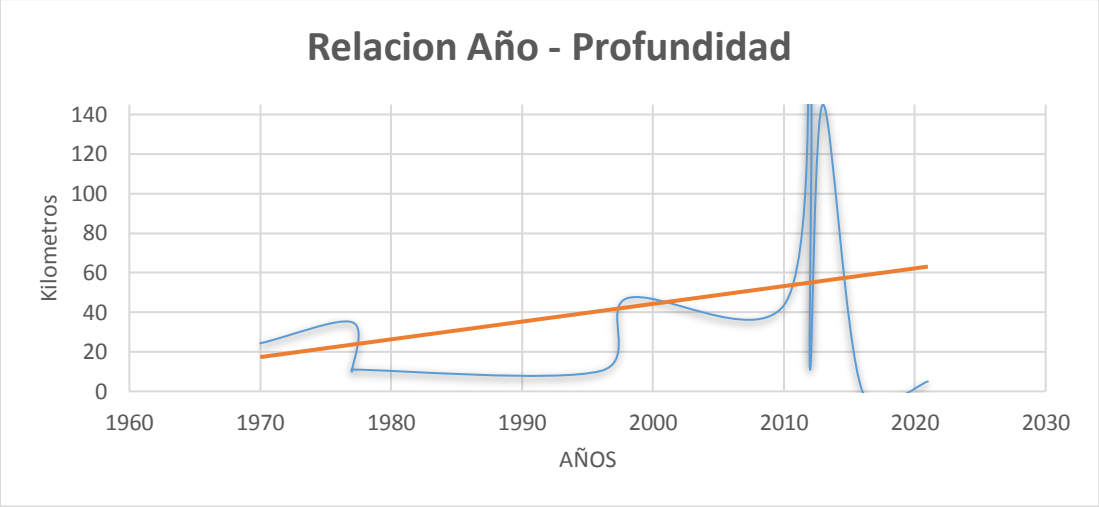
Línea de falla en función años de estudio - magnitud (escalas mayores a 5)



Nota. Línea de falla en función los sismos de estudio y las magnitudes mayores a 5 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 118.

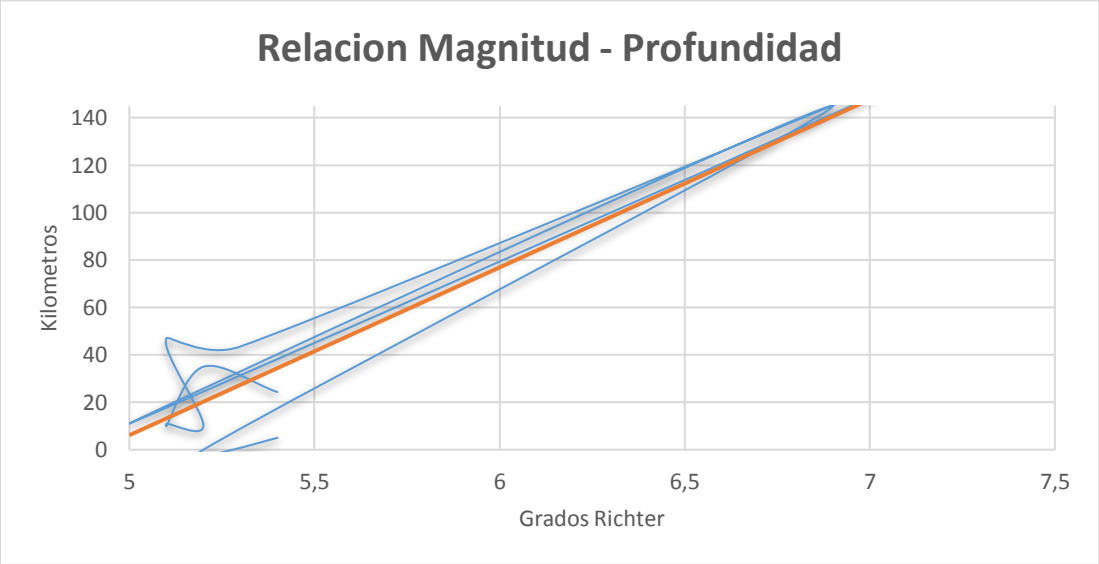
Línea de falla en función años de estudio - profundidad (escalas mayores a 5)



Nota. Línea de falla en función los sismos de estudio y las magnitudes mayores a 5 según la escala Richter Fuente: investigador 2023.

Figura 119.

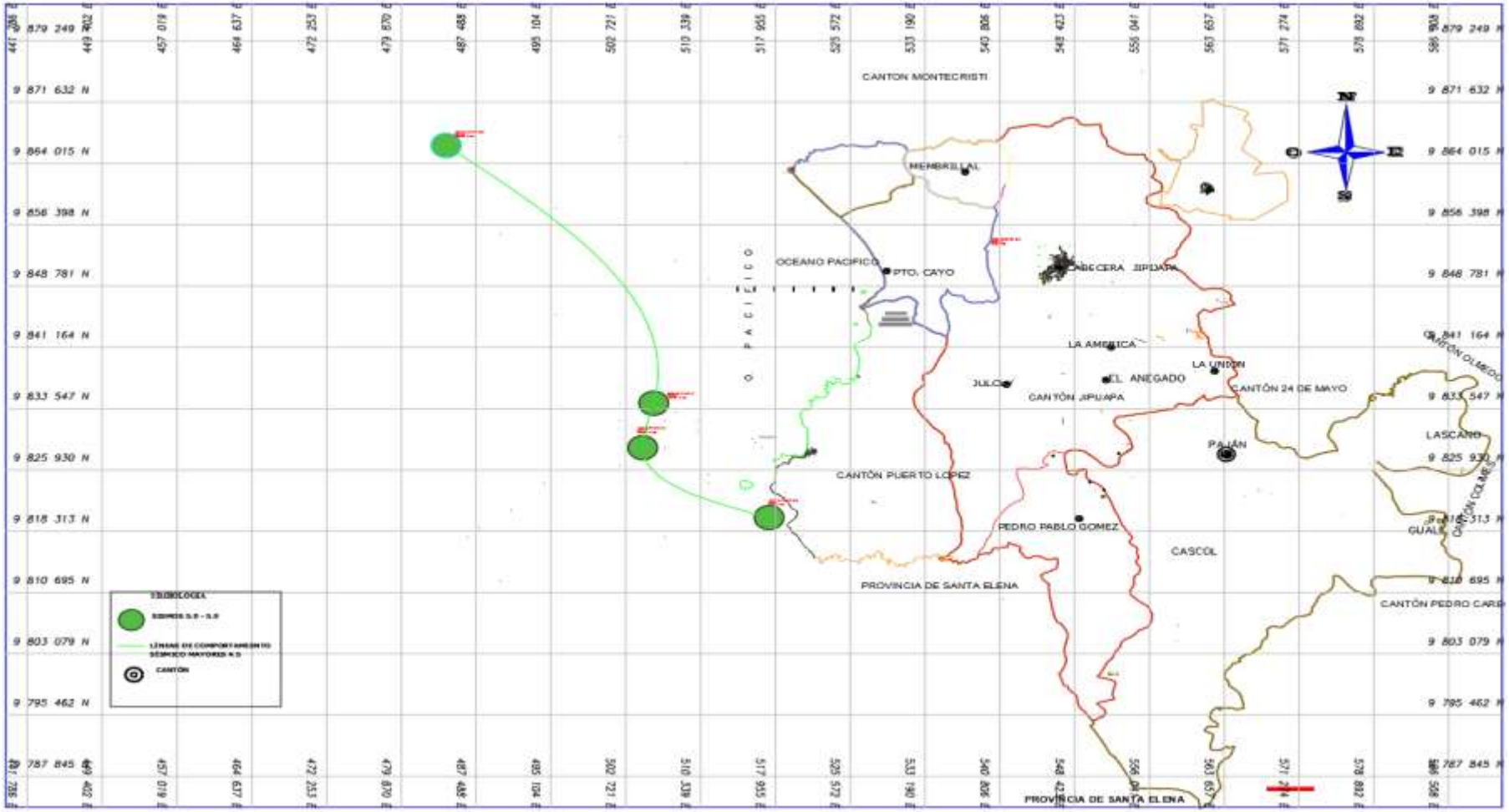
Línea de falla en relación magnitud – profundidad (escalas mayores a 5)



Nota. Línea de falla en función de las variables de profundidad y sismos mayores a 5 Fuente: investigador 2023.

Figura 120.

Plano representativo de las líneas de falla producto del estudio de sismos mayores a 5 de los 53 años de estudio



Nota. Línea de falla en función de la magnitud mayores a 5 Fuente: investigador 2023

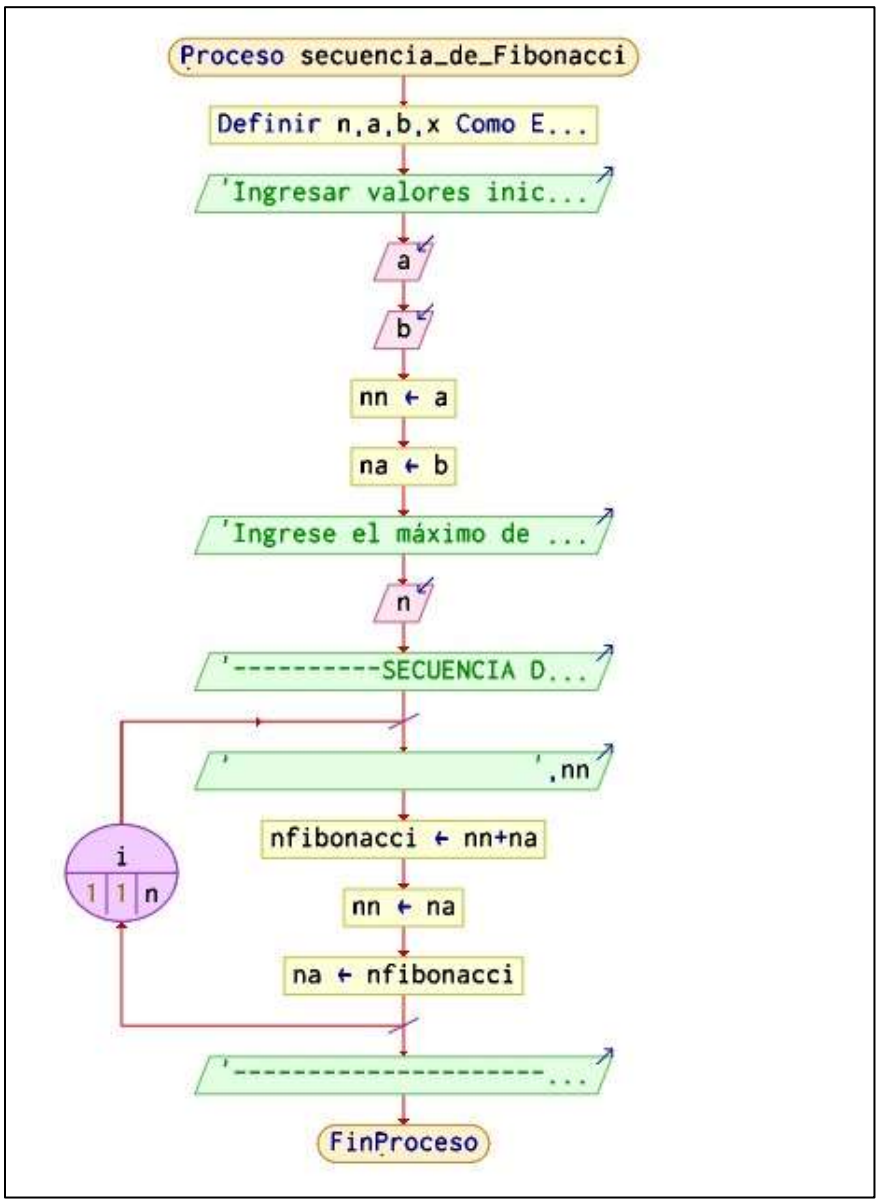
16.4.- Objetivo 4: Evaluar la sucesión de Fibonacci a partir de las magnitudes mayores de 4 que se consideran de tipo superficial.

A continuación, se detalla los análisis estadísticos de los sismos de los 53 años, escogiendo los sismos de magnitudes mayores o iguales a 4 y considerados con profundidad de tipo superficial al ser los que mayor daño producen a nivel de infraestructura y pérdidas humanas, al prolongar la onda sísmica a un mayor radio de distancia. El estudio contempla los sismos de 4 a 4.9 en la escala de Richter que afecta símicamente al cantón Jipijapa.

Para garantizar los resultados obtenidos de la interacción de la sucesión de Fibonacci se planteó su análisis por medio del programa Excel y el programa Pseint los cuales permitieron hacer una verificación en la exactitud de los valores obtenidos.

Figura 121.

Esquema del proceso de ingreso de datos del programa Pseint para la sucesión de Fibonacci



Nota. Sucesión de Fibonacci por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

En este objetivo se consideró el estudio de las repeticiones de sismos registrados en los 53 años de datos históricos de la zona Sur de Manabí recopilados por páginas web en comparación con los datos obtenidos con la sucesión de Fibonacci de tal manera realizar un comparativo de la cantidad de sismos presentados según el algoritmo de Fibonacci.

16.4.1.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.0 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.0 que se han manifestados por años y la relación con la sucesión de Fibonacci.

Tabla 65.

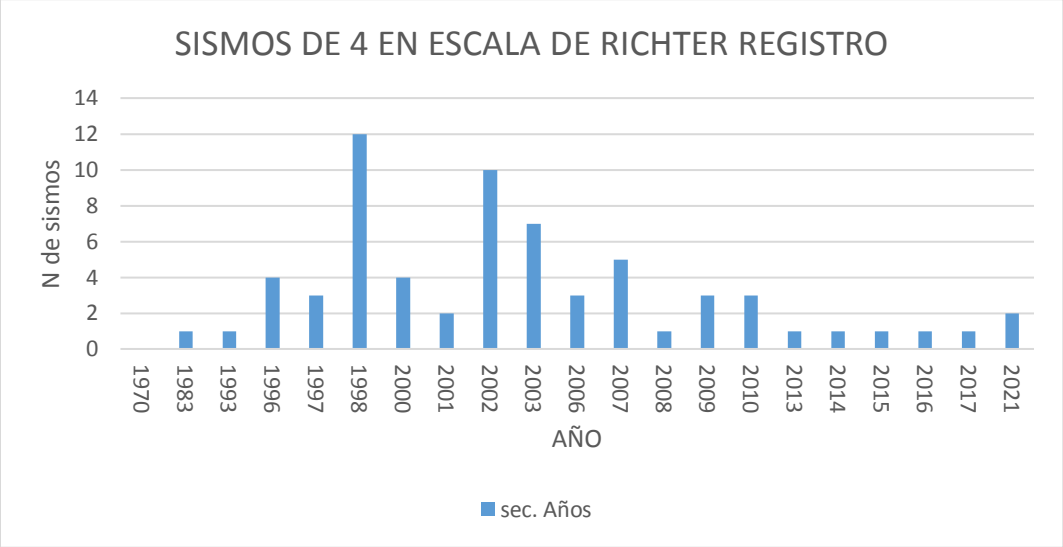
Sismos de magnitud 4.0 aplicados a la sucesión de Fibonacci

Sismos magnitud de 4.0		
AÑOS	sis. Años	sis. Fibonacci
1970	0	0
1983	1	1
1993	1	1
1996	4	2
1997	3	3
1998	12	5
2000	4	8
2001	2	13
2002	10	21
2003	7	34
2006	3	55
2007	5	89
2008	1	144
2009	3	233
2010	3	377
2013	1	610
2014	1	987
2015	1	1597
2016	1	2584
2017	1	4181
2021	2	6765

Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.0 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 122.

Sismo de magnitud 4.0 registrados en los años de estudio

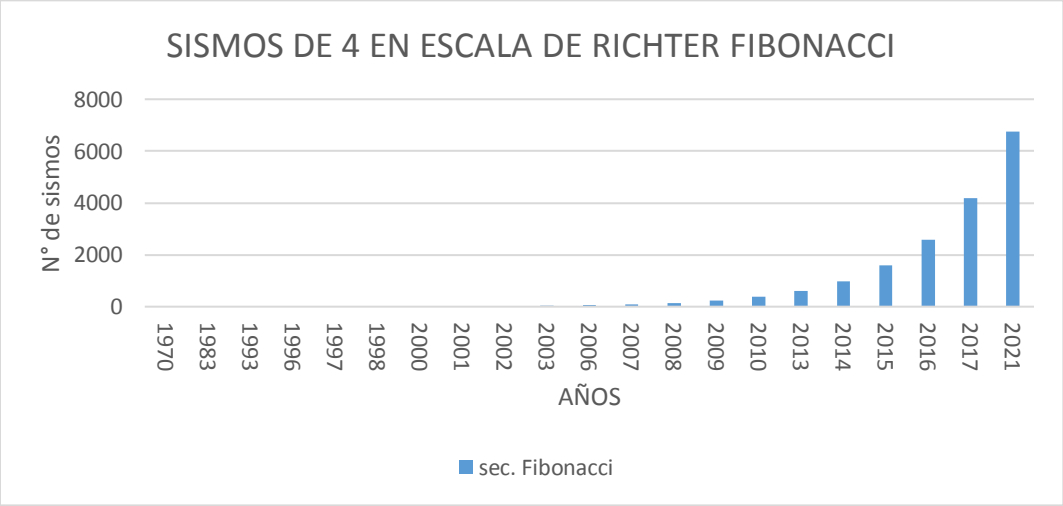


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 123.

Sismos de magnitud 4.0 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

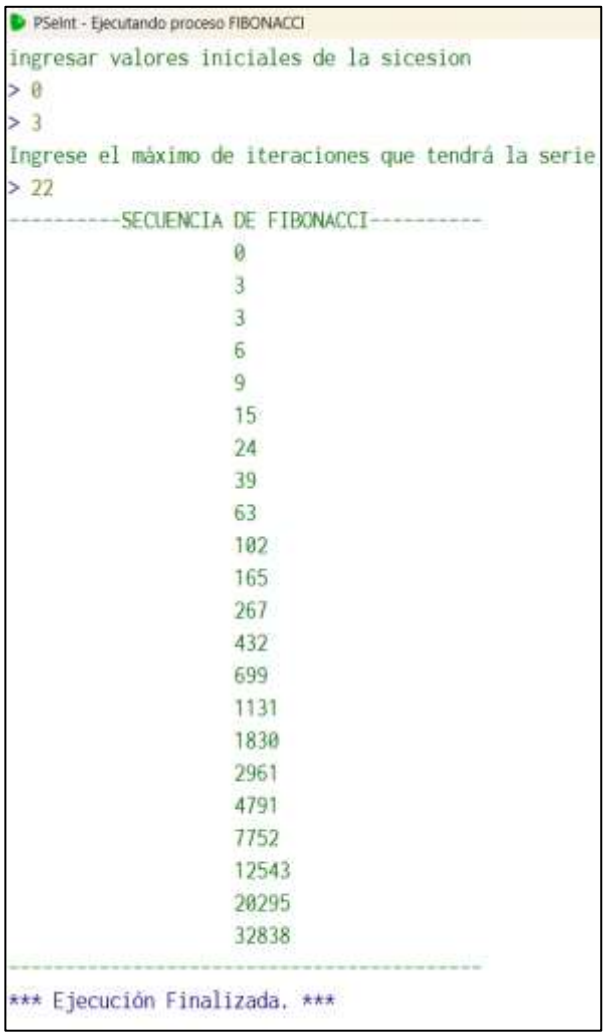
16.4.2.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.1 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.1 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 66.

Sismos de magnitud 4.1 aplicados a la sucesión de Fibonacci

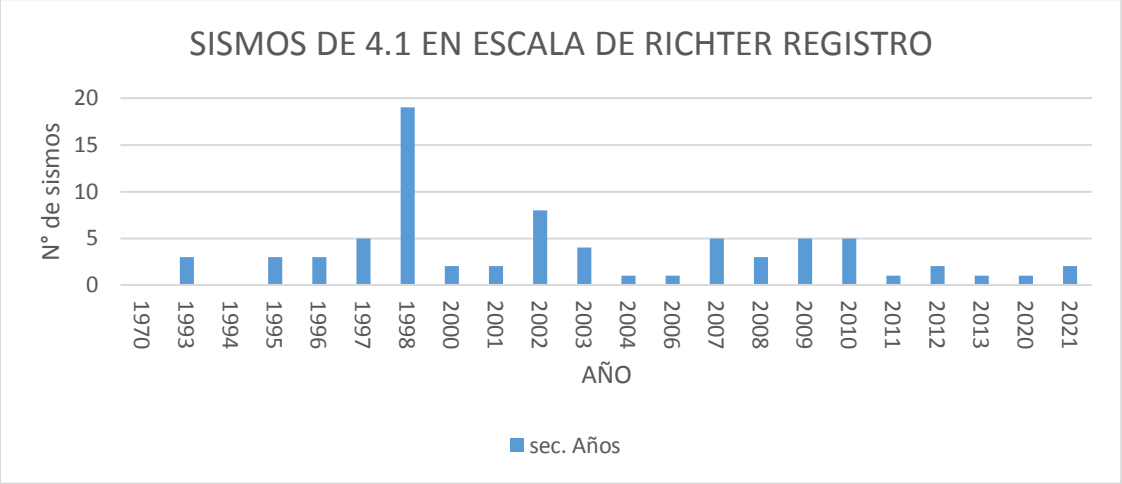
Sismos magnitud 4.1		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	0	0
1993	3	3
1994	0	3
1995	3	6
1996	3	9
1997	5	15
1998	19	24
2000	2	39
2001	2	63
2002	8	102
2003	4	165
2004	1	267
2006	1	432
2007	5	699
2008	3	1131
2009	5	1830
2010	5	2961
2011	1	4791
2012	2	7752
2013	1	12543
2020	1	20295
2021	2	32838



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.1 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 124.

Sismo de magnitud 4.1 registrados en los años de estudio

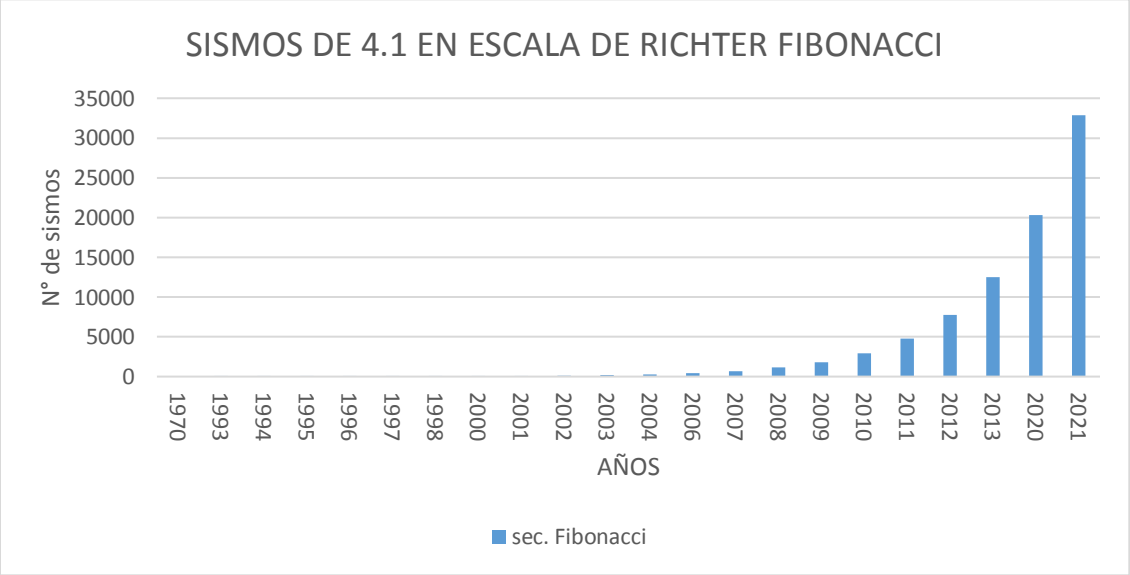


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 125.

Sismos de magnitud 4.1 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci r

Fuente: investigador 2023

16.4.3.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.2 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.2 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 67.

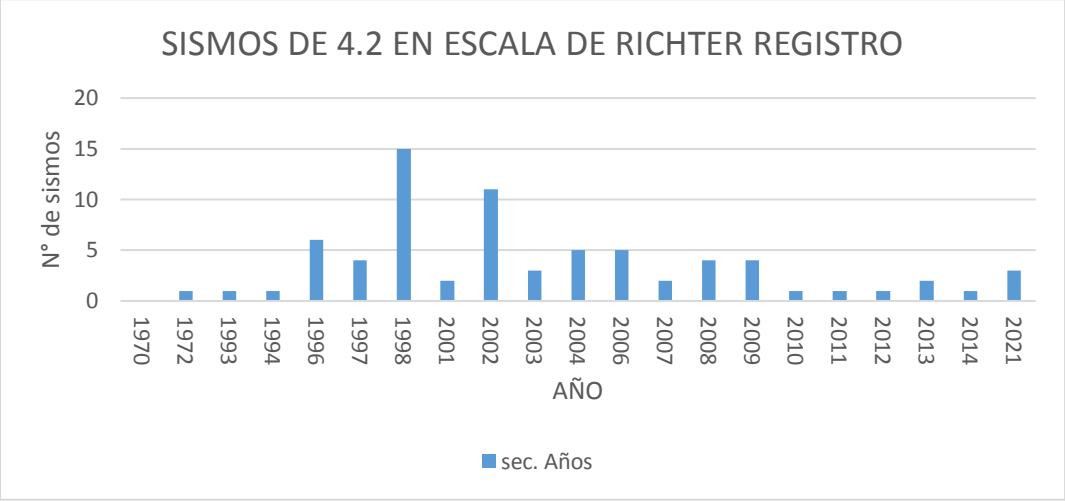
Sismos de magnitud 4.2 aplicados a la sucesión de Fibonacci

Sismos magnitud 4.2		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	0	0
1972	1	1
1993	1	1
1994	1	2
1996	6	3
1997	4	5
1998	15	8
2001	2	13
2002	11	21
2003	3	34
2004	5	55
2006	5	89
2007	2	144
2008	4	233
2009	4	377
2010	1	610
2011	1	987
2012	1	1597
2013	2	2584
2014	1	4181
2021	3	6765

Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.2 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 126.

Sismo de magnitud 4.2 registrados en los años de estudio

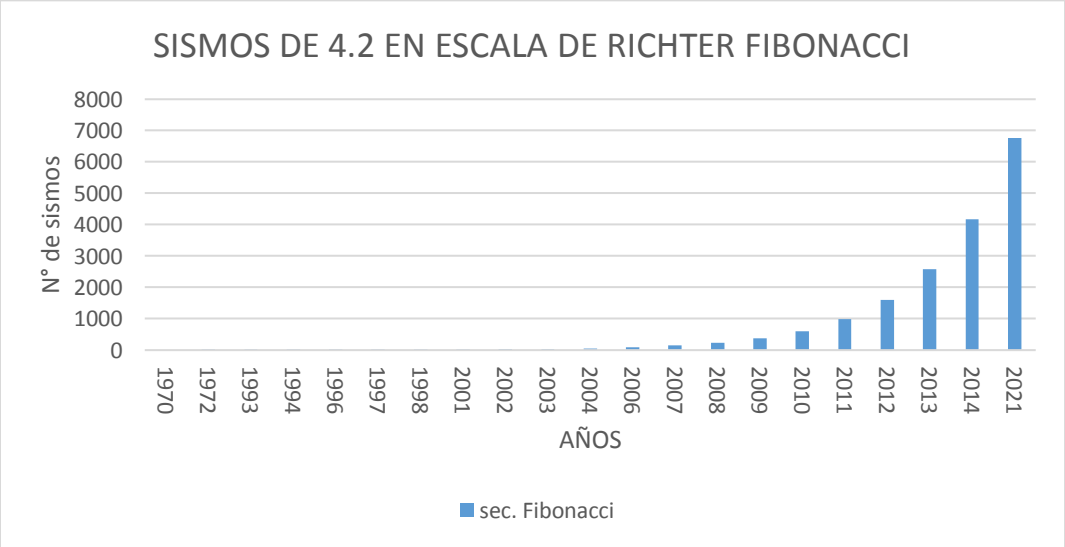


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 127.

Sismos de magnitud 4.2 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

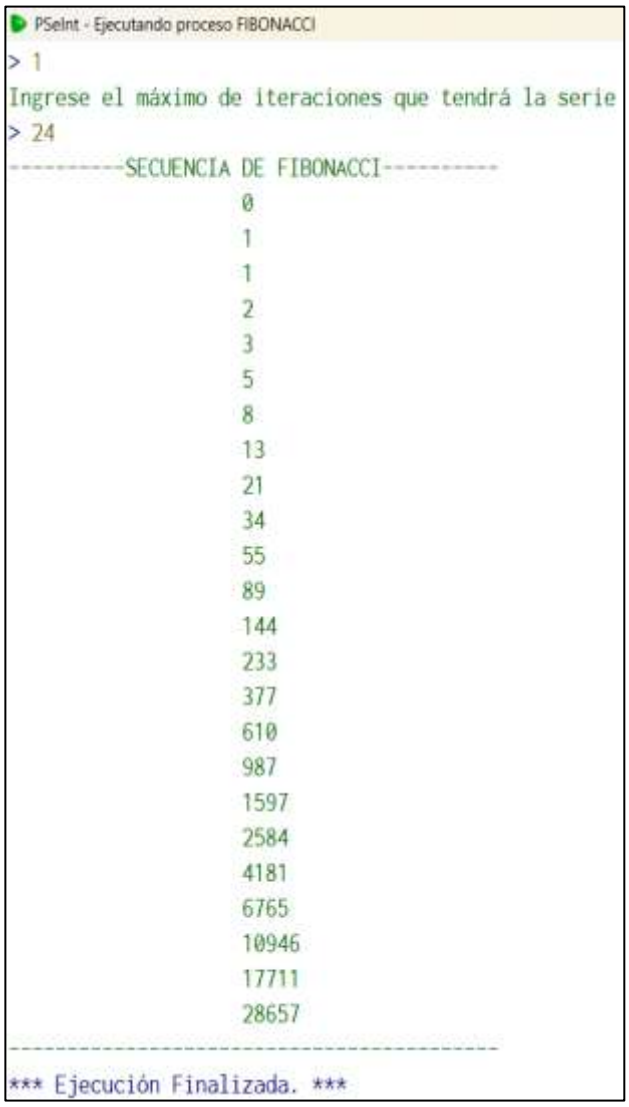
16.4.4.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.3 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.3 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 68.

Sismos de magnitud 4.3 aplicados a la sucesión de Fibonacci

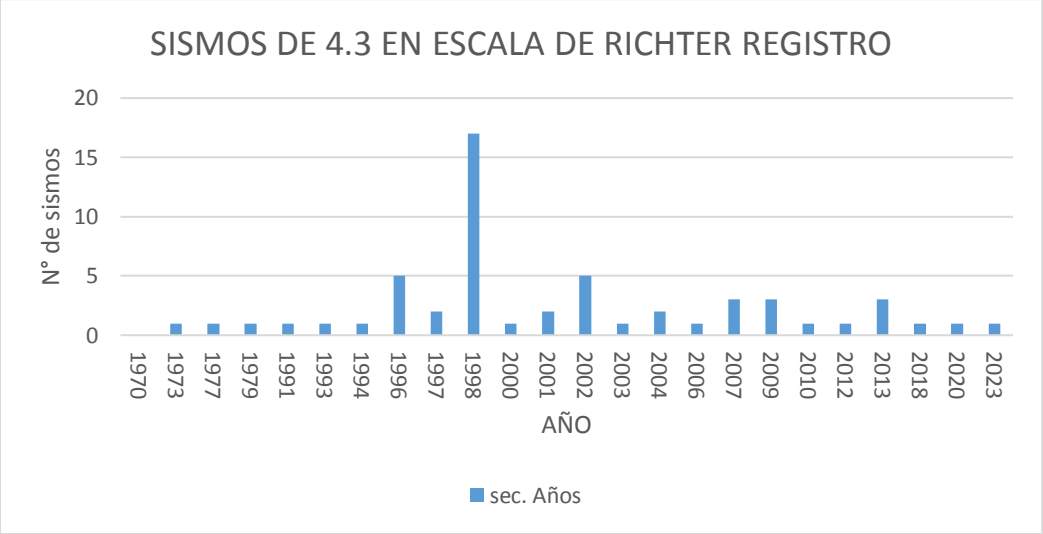
Sismos magnitud 4.3		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	0	0
1973	1	1
1977	1	1
1979	1	2
1991	1	3
1993	1	5
1994	1	8
1996	5	13
1997	2	21
1998	17	34
2000	1	55
2001	2	89
2002	5	144
2003	1	233
2004	2	377
2006	1	610
2007	3	987
2009	3	1597
2010	1	2584
2012	1	4181
2013	3	6765
2018	1	10946
2020	1	17711
2023	1	28657



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.3 corroborados por el programa PSEINT realizado Fuente: 2023

Figura 128.

Sismo de magnitud 4.3 registrados en los años de estudio

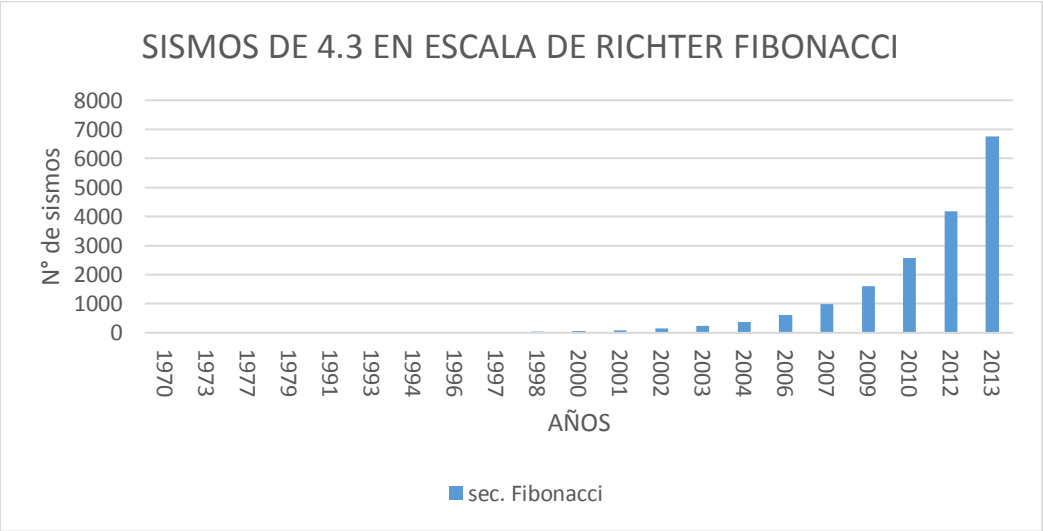


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 129.

Sismos de magnitud 4.3 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

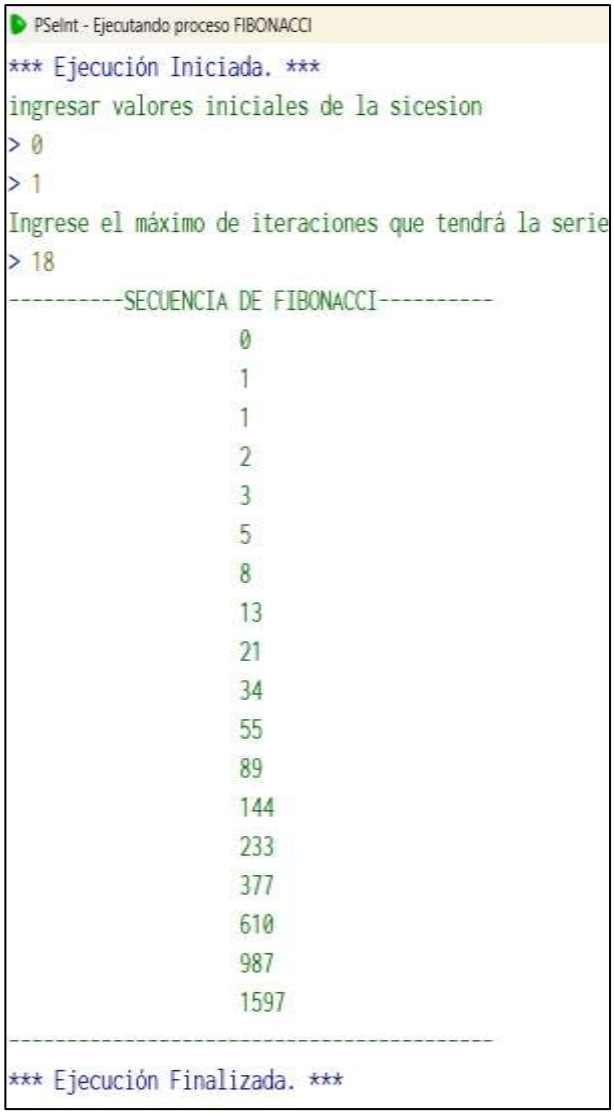
16.4.5.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.4 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.4 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 69.

Sismos de magnitud 4.4 aplicados a la sucesión de Fibonacci

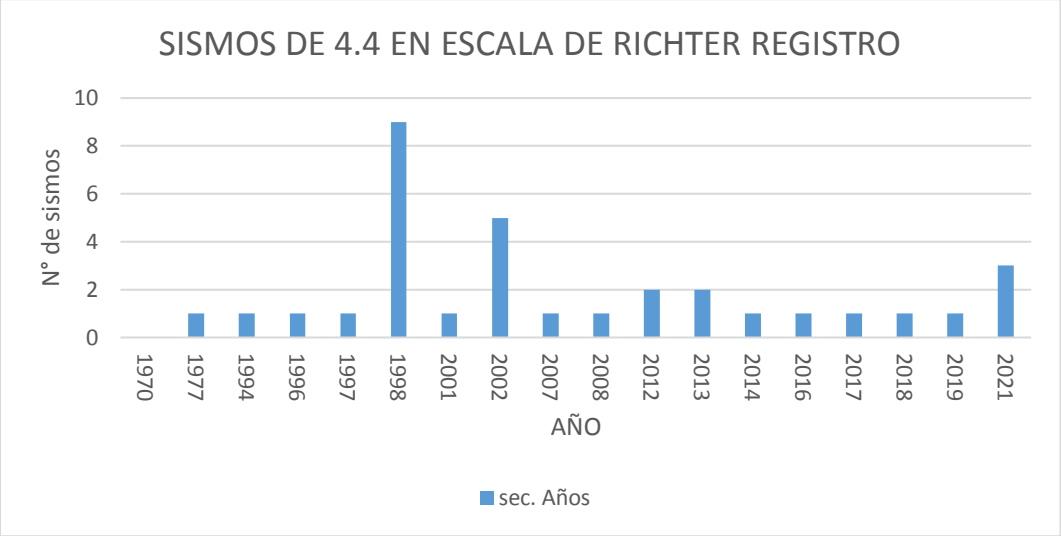
Sismos magnitud 4.4		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	0	0
1977	1	1
1994	1	1
1996	1	2
1997	1	3
1998	9	5
2001	1	8
2002	5	13
2007	1	21
2008	1	34
2012	2	55
2013	2	89
2014	1	144
2016	1	233
2017	1	377
2018	1	610
2019	1	987
2021	3	1597



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.4 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 130.

Sismo de magnitud 4.4 registrados en los años de estudio

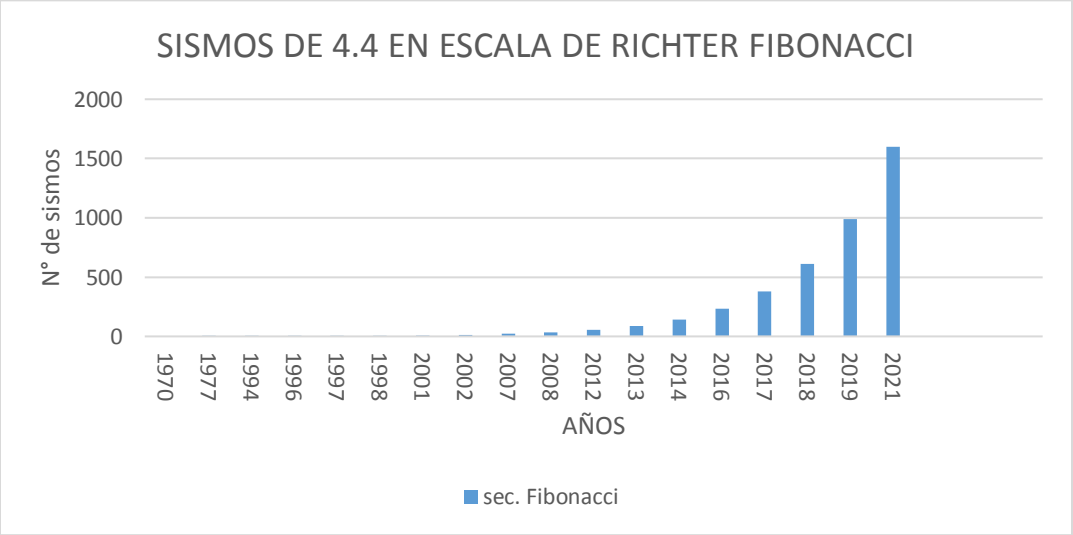


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 131.

Sismos de magnitud 4.4 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

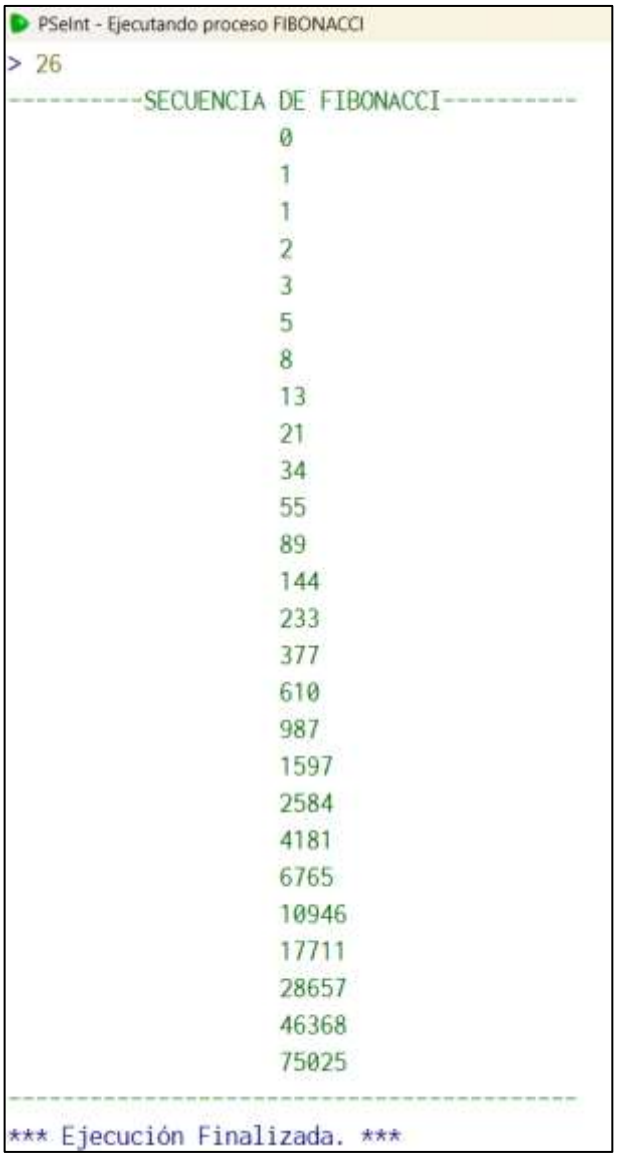
16.4.6.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.5 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.5 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 70.

Sismos de magnitud 4.5 aplicados a la sucesión de Fibonacci

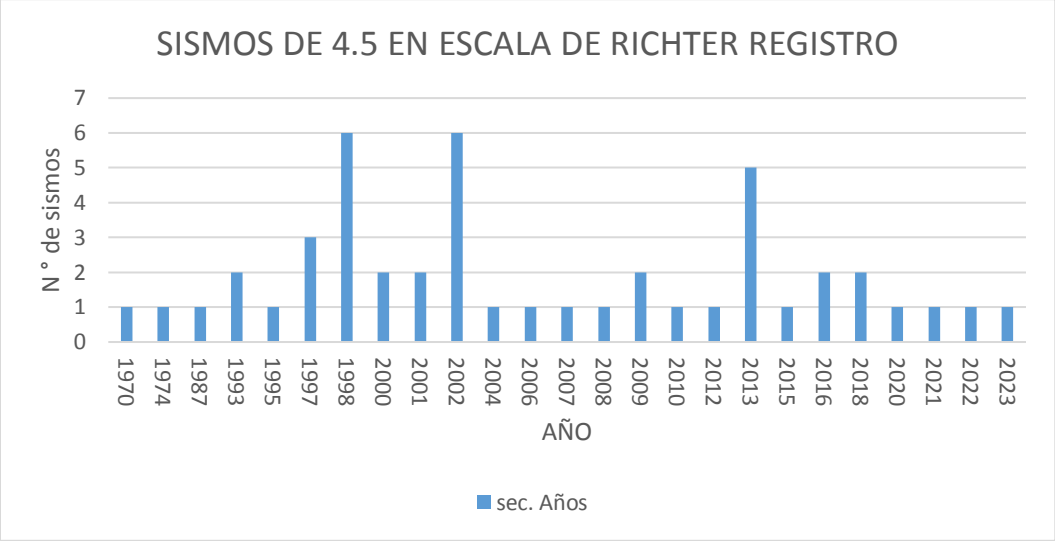
Sismo magnitud 4.5		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	1	1
1974	1	1
1987	1	2
1993	2	3
1995	1	5
1997	3	8
1998	6	13
2000	2	21
2001	2	34
2002	6	55
2004	1	89
2006	1	144
2007	1	233
2008	1	377
2009	2	610
2010	1	987
2012	1	1597
2013	5	2584
2015	1	4181
2016	2	6765
2018	2	10946
2020	1	17711
2021	1	28657
2022	1	46368
2023	1	75025



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.5 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 132.

Sismo de magnitud 4.5 registrados en los años de estudio

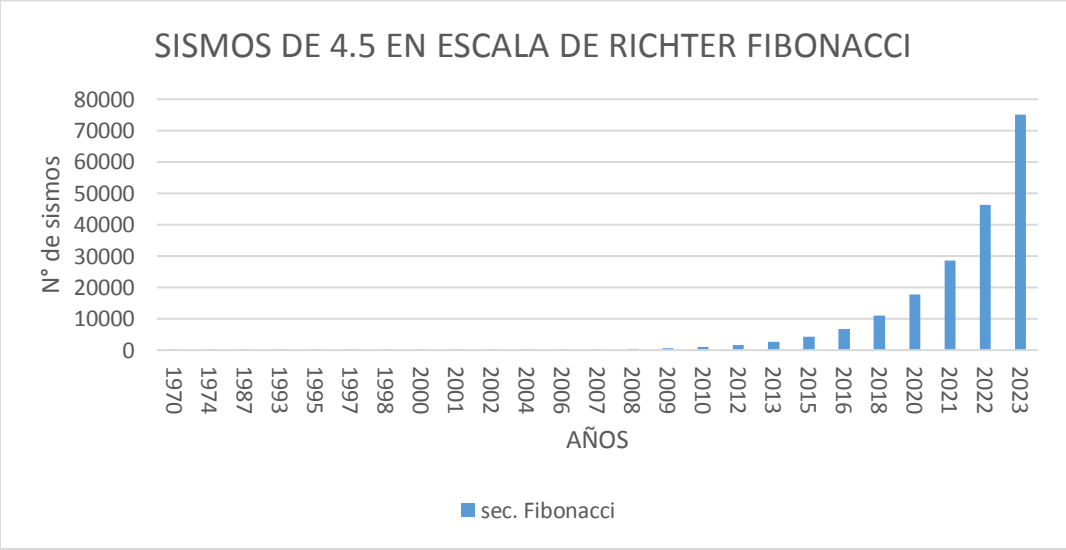


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 133.

Sismos de magnitud 4.5 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

16.4.7.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.6 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.6 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 71.

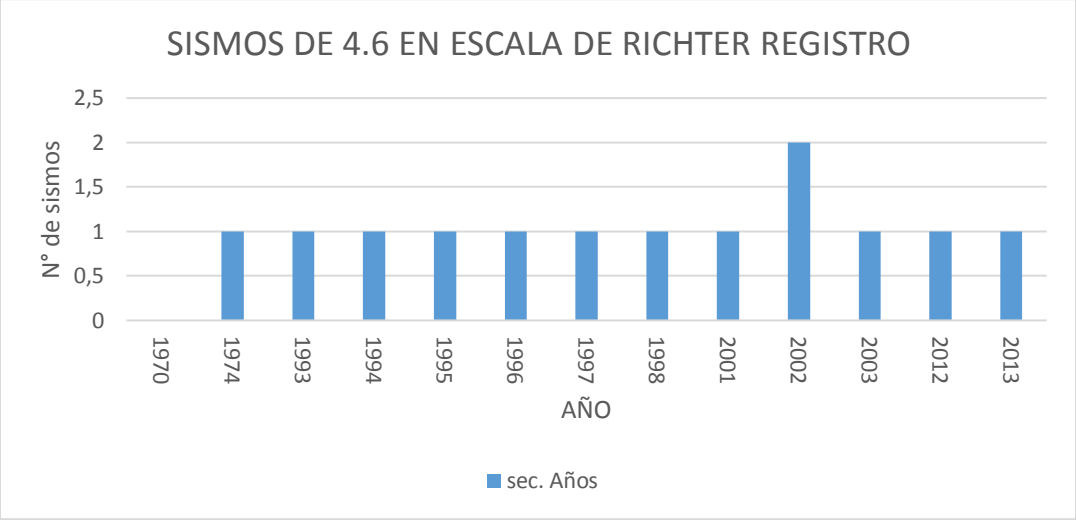
Sismos de magnitud 4.6 aplicados a la sucesión de Fibonacci

Sismos magnitud 4.6		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	0	0
1974	1	1
1993	1	1
1994	1	2
1995	1	3
1996	1	5
1997	1	8
1998	1	13
2001	1	21
2002	2	34
2003	1	55
2012	1	89
2013	1	144

Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.6 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 134.

Sismo de magnitud 4.6 registrados en los años de estudio

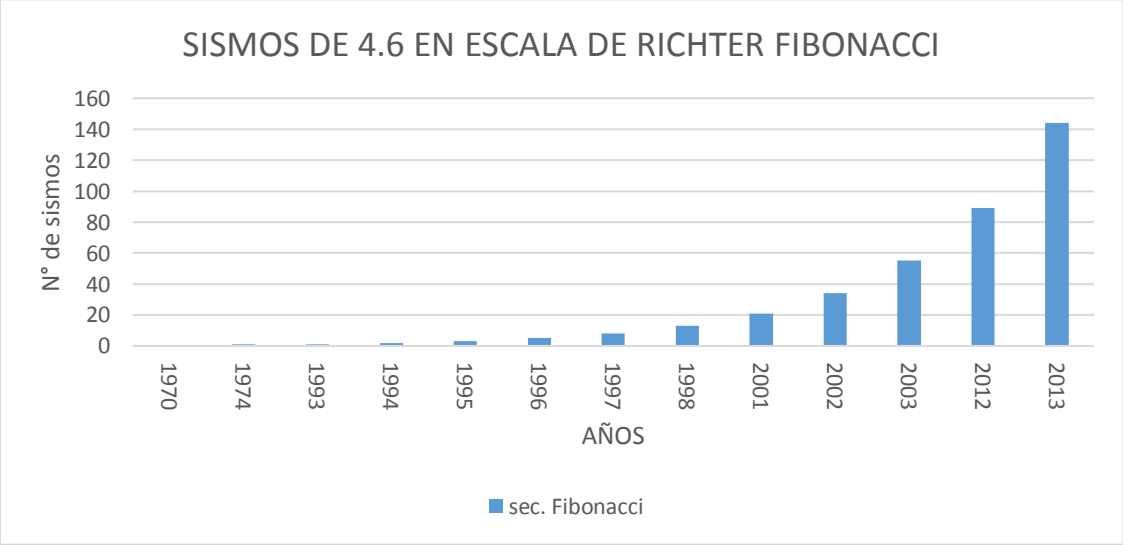


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 135.

Sismos de magnitud 4.6 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

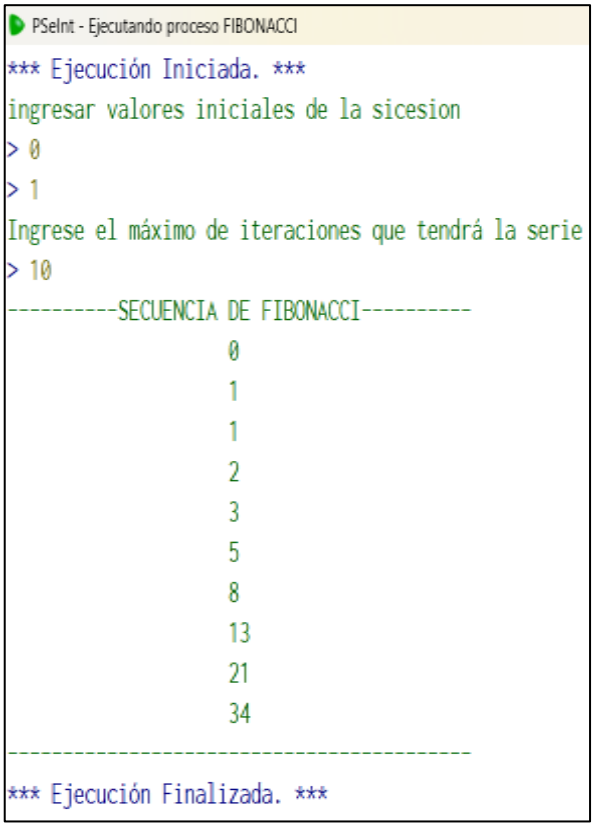
16.4.8.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.7 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.7 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 72.

Sismos de magnitud 4.7 aplicados a la sucesión de Fibonacci

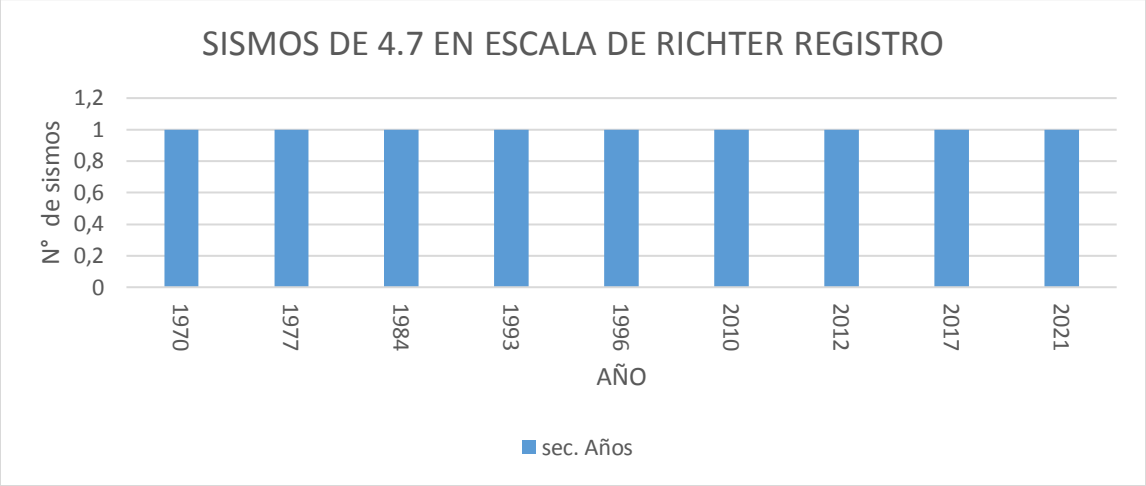
Sismos magnitud 4.7		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	1	1
1977	1	1
1984	1	2
1993	1	3
1996	1	5
2010	1	8
2012	1	13
2017	1	21
2021	1	34



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.7 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 136.

Sismo de magnitud 4.7 registrados en los años de estudio

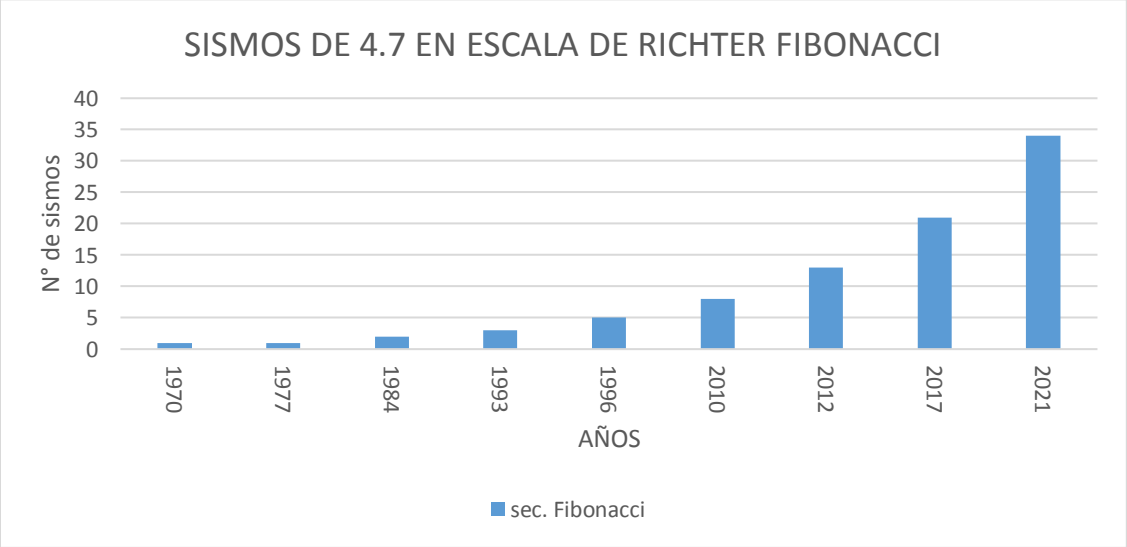


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 137.

Sismos de magnitud 4.7 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

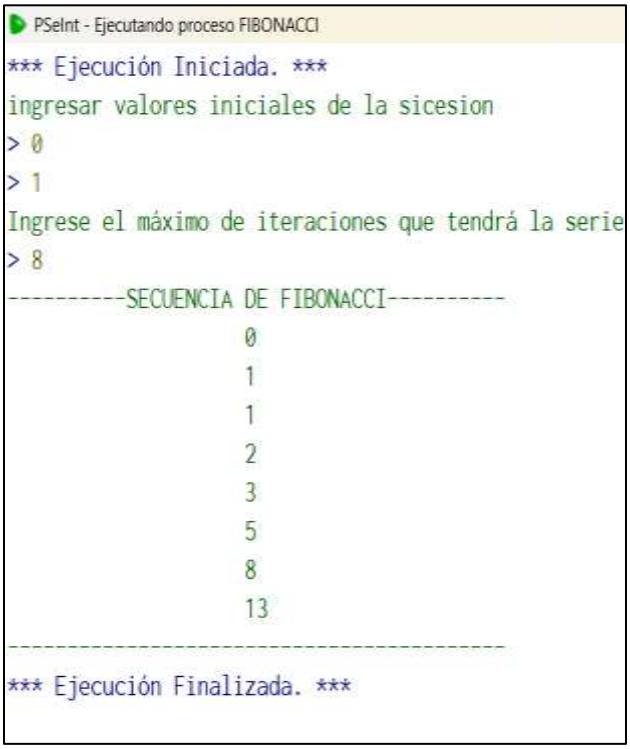
16.4.9.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.8 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.8 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 73.

Sismos de magnitud 4.8 aplicados a la sucesión de Fibonacci

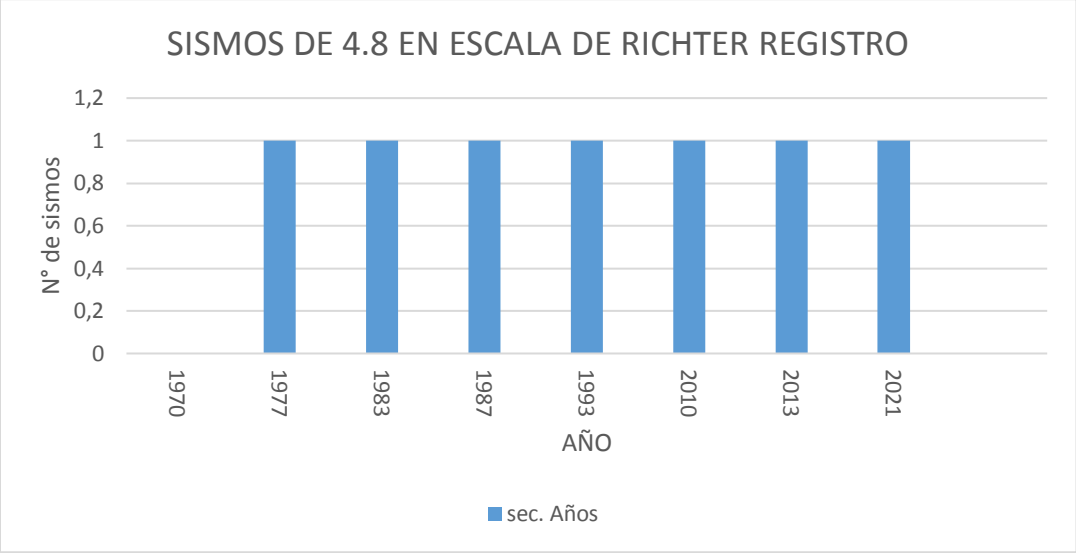
Sismos de magnitud 4.8		
	sec. Años	sec. Fibonacci
1970	0	0
1977	1	1
1983	1	1
1987	1	2
1993	1	3
2010	1	5
2013	1	8
2021	1	13



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.8 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 138.

Sismo de magnitud 4.8 registrados en los años de estudio

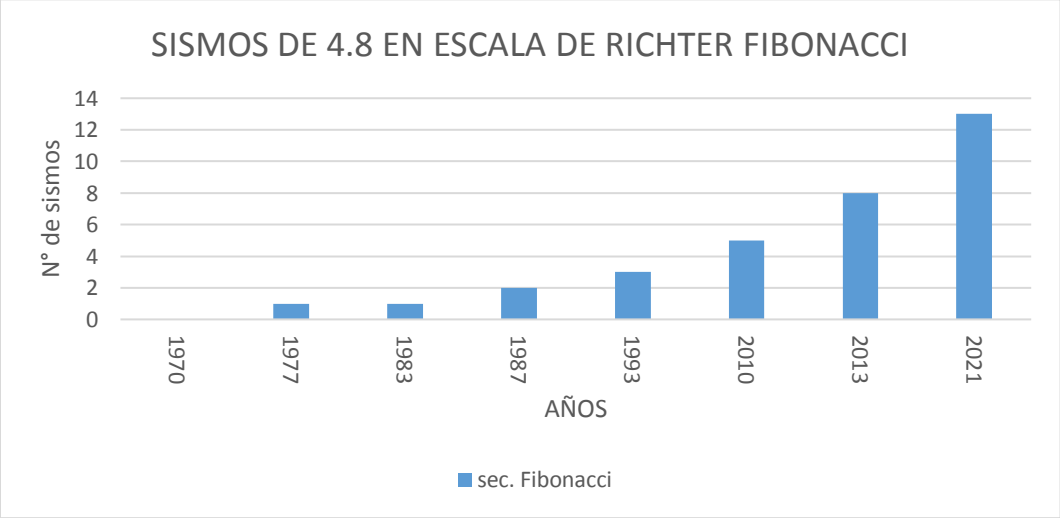


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 139.

Sismos de magnitud 4.8 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

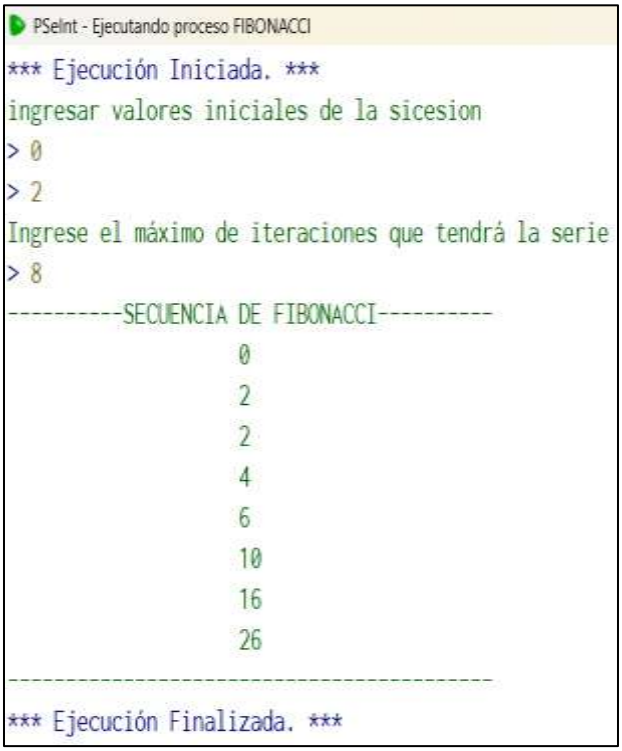
Fuente: investigador 2023

16.4.10.- Evaluación de sucesión de Fibonacci sismo de 4.9 en la escala de Richter

A continuación, se detalla la recurrencia de sismos de magnitud 4.9 por años y la relación de repeticiones en la sucesión de Fibonacci.

Tabla 74. Sismos de magnitud 4.9 aplicados a la sucesión de Fibonacci

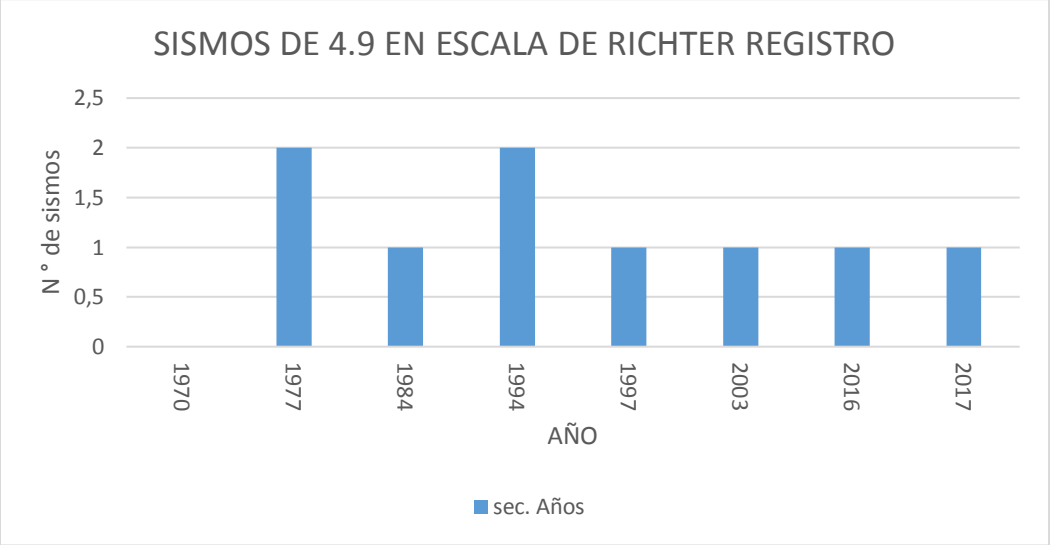
4.9		
sec. Años	sec. Fibonacci	
1970	0	0
1977	2	2
1984	1	2
1994	2	4
1997	1	6
2003	1	10
2016	1	16
2017	1	26



Nota. Comparativo de la sucesión de Fibonacci para sismos de 4.9 corroborados por el programa PSEINT Fuente: investigador 2023

Figura 140.

Sismo de magnitud 4.9 registrados en los años de estudio

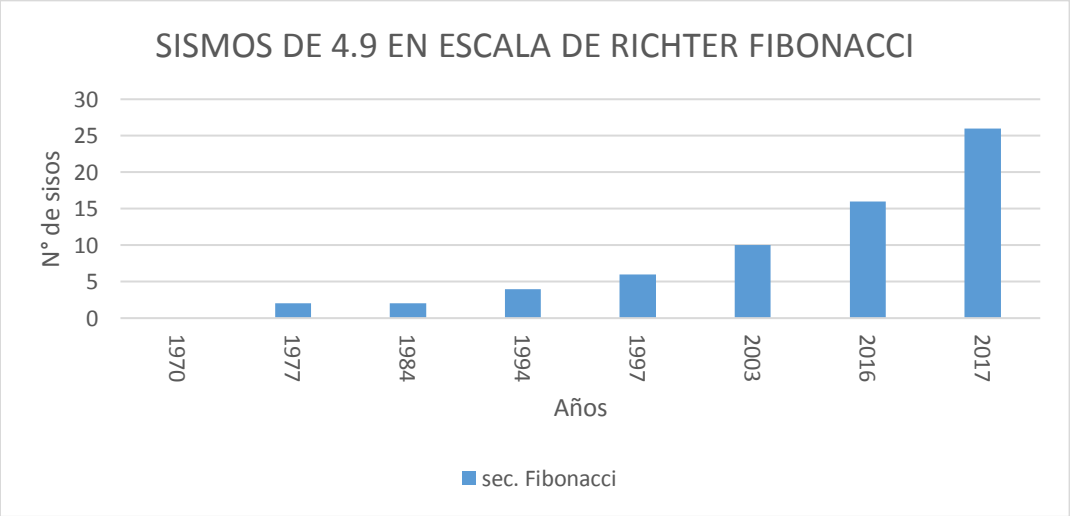


Nota. Representación gráfica de la recurrencia de sismos de acuerdo a registro estadístico por años

Fuente: investigador 2023

Figura 141.

Sismos de magnitud 4.9 según la sucesión de Fibonacci



Nota. Representación gráfica de la recurrencia de los sismos según la sucesión de Fibonacci

Fuente: investigador 2023

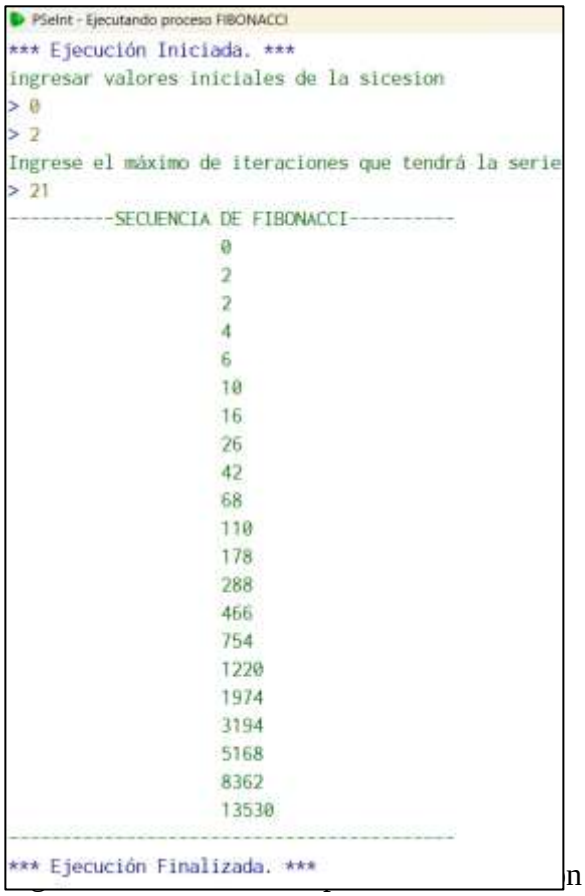
16.4.11.- Evaluación de sucesión de Fibonacci en relacion a los años de repeticion del sismo

Para hacer una relación del tiempo de regresión de un sismo de acuerdo a la sucesión de Fibonacci como se detalla a continuación:

Tabla 75.

Relación de tiempos de regresión en años por medio de la sucesión de Fibonacci

Años	sec. Año	sec. Fibonacci
1970	0	0
1972	2	2
1993	21	2
1994	1	4
1996	2	6
1997	1	10
1998	1	16
2001	3	26
2002	1	42
2003	1	68
2004	1	110
2006	2	178
2007	1	288
2008	1	466
2009	1	754
2010	1	1220
2011	1	1974
2012	1	3194
2013	1	5168
2014	1	8362
2021	7	13530



Nota. Tabulación de datos respectos al tiempo de n de Fibonacci Fuente: investigador 2023

Como se puede verificar en los primeros años de recurrencia del sismo de igual magnitud en los años registrado hay un mayor tiempo de recurrencia, pero de acuerdo al análisis de la sucesión de Fibonacci indica que los primeros años de regresión de los sismos son menores y que al aumentar sus interacciones esta recurrencia aumento el tiempo en años en volver al repetir el sismo de igual magnitud.

V.- CONCLUSIONES

- Se realizó un estudio de 53 años de los sismos presentes en la zona Sur de Manabí los cuales afectan directamente al cantón Jipijapa al encontrarse en el área de activación del cinturón de fuego, los sismos registrados son de mayor frecuencia de escala media entre 4 a 5 según la escala de Richter.
- Se constato varias líneas de falla en el área de estudio siendo la principal la línea de falla presente en las costas del pacifico entre las playas del cantón Puerto López y puerto cayo donde se presenta la mayor cantidad de liberación de energía.
- De acuerdo a la ubicación georreferenciada de los sismos se estableció líneas de falla representativas por magnitud y profundidad considerando radios de influencia de 20 km a la redonda determinando tres puntos con mayor influencia de sismos, las costas de puerto López y el área que comprende la parroquia Americe del cantón Jipijapa.
- De acuerdo a los resultados obtenido se determinó que los sismos de mayor magnitud entre el rango de 4 a 4.9 en la escala de Richter tienen mayor recurrencia los sismos de menor magnitud, esto indica que los periodos de retorno se presentan en menos años que los registrados de mayor magnitud.

VI.- RECOMENDACIONES-

- Se recomienda realizar nuevos estudios relacionados a la afectación sísmica que produce el área de influencia que se encuentran ubicadas en el cinturón de fuego al ser fuente de puntos de concentración de energía sísmica o enjambres sísmicos que pueden desatar a futuro el desencadenamiento de energía sísmica de grandes magnitudes y en espaciales sismos de profundidad superficial.
- Se recomienda ubicar estaciones sísmicas de control en las áreas relacionadas a los enjambres sísmicos para tener un monitoreo adecuado como es el caso de las costas del cantón Puerto López, que presentan liberaciones sisimicos de diferentes magnitudes y profundidades.
- Es recomendable proponer planes ante la liberación de energía sísmicas en las poblaciones cercanas a las líneas de fallas o influencia sísmicas descritas en la zona Sur de Manabí, considerando el alto riesgo sísmico de estos puntos geográficos descritos por la NEC 15 SE DS, de esta forma reducir los daños tanto en infraestructuras y vidas humanas.
- Se recomienda considerar el uso de análisis sísmicos por medio de la sucesión de Fibonacci al permitir un análisis estadístico por medio de algoritmos que menor margen de error, de esta manera establecer patrones de recurrencia sísmica que de acuerdo a registros históricos tienen mayor probabilidad de presentarse en menor tiempo

VII.- REFERENCIAS

ABC Ingeneria Estructural . (8 de Agosto de 2020). *Curvas de peligro sismico y creacion de espectros de respuesta* . https://www.youtube.com/watch?v=fu-m7vhYFhk

Barreto, D. (2019). *Analisis probabilistico de peligro sismico para el diseño de una presa de enrocado en Huancavelica.* Lima : PUCP.

Benito , B., & Jimenez , E. (s.f.). *Peligrosidad sismica* http://redgeomatica.rediris.es/sismo/pdf/pub_014.pdf

Buchwald, J., Lutzen, J., & Toomer, G. (2002). *Sources and Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences "Fibonacci Liber Abaci".* New York: Springer Science+Busiess Media New York.

Chávez , R., & Bojórquez, E. (18 de Agosto de 2015). *Analisis de peligro sismico probabilistico usando una nueva medida de intensidad sismica*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532016000100026

Chavéz, B. (2016). *Evaluacion de la vulnerabilidad sismica de las edificaciones de la ciudad de Quito - Ecuador y riesgo de perdidas.*

Chuy , T. (2013). *Sismos ciencia y comunidad en la gestion de los riesgos naturales una responsabilidad compartida.* https://dipecholac.net/docs/files/205-sismos-ciencia-y-comunidad-en-la-gestion-de-los-riesgos-naturales.pdf

CK-12 Cinecia de la tierra. (24 de Mayo de 2021). *Ondas sismicas de terremotos* .https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grados-6-8-en-espanol/section/5.11/primary/lesson/ondas-s%C3%ADsmicas-de-terremotos/

Crocini, G. (2015). *Sezione Aurea e Succesione di Fibonacci.* Roma.

Endara , S. (2012). *Evaluacion de la sismicidad asociada a los eventos sismicos mayores a Mw 7,0 en los ultimos años en America del Sur.*

Gómez , W., & Loayza , A. (2014). *Evaluacion de la vulnerabilidad sismica centros de salud del distrito de Ayacucho* .

Guamani, H. (2019). *“ Estudio de peligro sísmico determinista para las estructuras de Ambato sector la universidad ubicada entre las calles Bolivariana, Hipócrates, Jenofonte, Horacio, Real Audiencia y Pitágoras.*

Hernández , E. (2 de Enero de 2018). *que implica el uso de un espectro de diseño inelastico* . https://www.e-zigurat.com/blog/es/uso-espectro-diseno-inelastico/

Juste, I. (18 de Noviembre de 2021). *Cuales son los paises con mayor riesgo sismico*. https://www.mundodeportivo.com/uncomo/educacion/articulo/cuales-son-los-paises-con-mayor-riesgo-sismico-conoce-la-lista-47625.html

Lantada , N. (2017). *Evaluacion del riesgo sismico mediante metodos avanzados y tecnicas GIS. aplicacion a la ciudad de Barcelona* . https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6259/04Nlz04de12.pdf?sequence=21.txt

Lantana , N. (2007). *Evaluacion del riesgo sismico mediante metodos avanzados y tecnicas Gis. aplicacion a la ciudad de Barcelona*. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6259/02Nlz02de12.pdf?sequence=2&isAllowed=y

LeMag. (1 de Diciembre de 2021). *Mapa de peligrosidad sismica del Ecuador* . https://lemag.ird.fr/es/mapa-de-peligrosidad-sismica-de-ecuador

Lopéz , A., & Álvarez, C. (30 de Diciembre de 2016). *Migracion de fuentes sismicas a lo largo del cinturon de fuego del pacifico*. https://www.redalyc.org/journal/4760/476051824001/html/

Moncayo , et. al. (16 de Junio de 2017). *Analisis sobre la recurriencia de terremotos severos en Ecuador*. https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1526/2266

Moncayo et. al. (25 de Octubre de 2017). *Analisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador* . https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1526

Muñoz, D. (1989). *Comceptos basico en riesgo sismico*. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ecob,+FITE8989110199A.PDF.pdf

Naciones Unidas. (3 de Enero de 2020). *America latina y el caribe la segunda region mas propensa a los desastres* .https://news.un.org/es/story/2020/01/1467501

NEC SE DS. (2015). *Peligro sismico diseño sismo resistente* . https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf

Norzagaray , M. (26 de Septiembre de 2017). *Una tormenta solar fuerte es capaz de causar un terremoto*. Obtenido de https://www.culcobcs.com/cultura-entretenimiento/una-tormenta-solar-fuerte-capaz-causar-terremoto/

PDOT Jipijapa . (2015). *Actualizacion del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Jipijapa* . Jipijapa : Gad Municipal .

PDOT Jipijapa . (16 de Abril de 2016). *Actualizacion del Plan de Desarollo y Ordenamiento Territorial del canton Jipijapa* . pp.sni.gob.ec/sin link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360000630001_PDYOT JIPIJAPA 14042016_14-04-2016_10-45-27.pdf

Poblete , P. (2017). *Cararterizacion de las fuentes sismicas de subduccion inter-placa del centro - sur de Chile a traves de un sistema de informacion geografica.* Los Angeles.

Quinde , P., & Reinoso , E. (2016). *Estudio de peligro sisimico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de cuenca*. https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n94/0185-092X-ris-94-00001.pdf

Tamayo, & Tamayo. (27 de Junio de 2011). *Tesis de Investigacion*. https://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/poblacion-y-muestra-tamayo-y-tamayo.html

UMOV Academy . (20 de Enero de 2022). https://universidadenlinea.umov.mx/2022/01/20/sucesion-de-fibonacci/

Universidad de Alicante . (19 de Junio de 2014). *Propagacion de ondas sismicas* . https://web.ua.es/es/urs/divulgacion/propagacion-de-ondas-sismicas.html

Vidal , F. (1994). *Los terremotos y sus causas*. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-LosTerremotosYSusCausas-2767747.pdf

Viggiani , M. (2015). *La sucesion de Fibonanacci.*

Villagómez, E., & Novoa. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis.* http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf

VIII.- ANEXOS