

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS
EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: ESCENARIOS
DEPORTIVOS DE LAS PROVINCIAS DE MANABÍ Y
ESMERALDAS**

AUTOR:

Reyna Ochoa, Carlos Eduardo

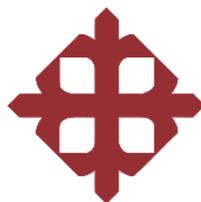
**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

28 de febrero del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Reyna Ochoa, Carlos Eduardo**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther. M.Sc.

Guayaquil, a los 28 días del mes de febrero del año 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Reyna Ochoa, Carlos Eduardo**

DECLARO QUE:

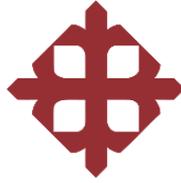
El Trabajo de titulación, “**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: ESCENARIOS DEPORTIVOS DE LAS PROVINCIAS DE MANABÍ Y ESMERALDAS**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 28 días del mes de febrero del año 2020

EL AUTOR

f. _____
Reyna Ochoa, Carlos Eduardo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Reyna Ochoa, Carlos Eduardo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: ESCENARIOS DEPORTIVOS DE LAS PROVINCIAS DE MANABÍ Y ESMERALDAS**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 28 días del mes de febrero del año 2020

EL AUTOR:

f. _____
Reyna Ochoa, Carlos Eduardo

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Reyna_Carlos_FINAL.pdf (D64134745)
Submitted: 2/20/2020 2:06:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390737-mas-de-30-anos-pasaron-y-pocos-danos-quedaron/>
<http://www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html>
<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/457-sismo-de-bah%C3%ADa-de-car%C3%A1quez-4-de-agosto-de-1998>
<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/estudio-de-tsunamis/73-eventos-en-el-ecuador>
<https://docplayer.es/136647949-Facultad-de-ingenieria-carrera-de-ingenieria-civil.html>
<https://fr.slideshare.net/LeninStalinZrate/nec-seds>

Instances where selected sources appear:

9

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a mis padres por su esfuerzo para que yo pueda conseguir este logro, por su apoyo infinito en mis estudios guiándome con buenos valores buena ética y moral.

DEDICATORIA

Dedico este logro principalmente a mis padres ya que sin ellos esto no hubiese sido posible, a mis familiares y amigos que me han acompañado en el transcurso de esta etapa de mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. José Andrés Barros Cabezas, M.Sc
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Guillermo Ponce Vásquez, M.Sc
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

1	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo General	2
1.3.2	Objetivos Específicos.....	2
1.4	Alcance	2
1.5	Metodología.....	3
2	CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	4
2.1	Reportes de periódicos	4
2.2	Reportes de sitios web	4
3	CAPÍTULO III: ESCENARIOS DEPORTIVOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016.....	9
3.1	Historial de sismos en Manabí y Esmeraldas	9
3.1.1	Sismo 12 de diciembre de 1979	9
3.1.2	Sismo 4 de agosto de 1998.....	9
3.1.3	Sismo 16 de abril del 2016.....	9
3.2	Estructuras seleccionadas para el análisis	11
3.3	Estadio Folke Anderson – Esmeraldas	12
3.3.1	Descripción de la estructura	12
3.4	Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo.....	15
3.4.1	Descripción de la estructura	15
3.5	Ciudad Deportiva la California – Portoviejo.....	16
3.5.1	Descripción de la estructura	16
3.6	Estadio Jocay – Manta.....	18
3.6.1	Descripción de la estructura	18

3.7	Yacht Club – Manta	20
3.7.1	Descripción de la estructura	20
3.8	Yacht Club – Bahía de Caráquez	25
3.8.1	Descripción de la estructura	25
3.9	Tenis Club – Bahía de Caráquez	28
3.9.1	Descripción de la estructura	28
4	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	32
4.1	Descripción del estudio	32
4.2	Parámetros para el diseño sismo resistente Norma NEC-15	33
4.2.1	Zona sísmica factor “Z”	33
4.2.2	Curvas de peligro sísmico	34
4.2.3	Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico.....	35
4.2.4	Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs	37
4.2.4.1	Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto	37
4.2.4.2	Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamiento para diseño en roca	37
4.2.4.3	Fs: Comportamiento no lineal de los suelos	38
4.2.5	Espectro elástico de diseño en aceleraciones Sa	39
4.2.6	Espectro elástico de diseño de desplazamientos	42
4.2.7	Deriva máxima	43
4.2.8	Estructuras de ocupación especial.....	43
4.2.9	Niveles de amenaza sísmica.....	44
4.2.10	Cálculo del periodo de vibración T	45
4.2.11	Coeficiente R sistema dúctiles	46
4.3	Caracterización del tipo de suelo de las estructuras seleccionadas	47
4.3.1	Tipo de suelo del Estadio Jocay – Manta.....	48
4.3.2	Tipo de suelo del Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo.....	49

4.3.3	Tipo de suelo del Estadio Folke Anderson – Esmeraldas	50
4.3.4	Tipo de suelo del Yacht Club – Manta.....	51
4.3.5	Tipo de suelo del Yacht Club – Bahía de Caráquez.....	52
4.3.6	Tipo de suelo del Tenis Club – Bahía de Caráquez	53
4.3.7	Tipo de suelo de la Ciudad Deportiva la California – Portoviejo	54
4.3.8	Resultado caracterización del tipo de suelo de las estructuras seleccionadas.....	55
4.4	Registros de la red de acelerógrafos del Ecuador.....	55
4.4.1	Ubicación de las estaciones de acelerógrafos	58
4.4.2	Tipo de suelo de las estaciones de acelerógrafos	59
5	CAPÍTULO V: MEMORIA DE CÁLCULO	61
5.1	Caracterización del factor Z mediante curvas de peligro sísmico.....	61
5.2	Espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Esmeraldas.....	63
5.2.1	Sismo frecuente suelo tipo B – Esmeraldas	63
5.2.2	Sismo ocasional suelo tipo B – Esmeraldas	64
5.2.3	Sismo raro suelo tipo B – Esmeraldas	65
5.2.4	Sismo muy raro suelo tipo B – Esmeraldas	66
5.2.5	Resultado espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Esmeraldas	67
5.3	Espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Portoviejo	68
5.3.1	Sismo frecuente suelo tipo B – Portoviejo.....	68
5.3.2	Sismo ocasional suelo tipo B – Portoviejo.....	69
5.3.3	Sismo raro suelo tipo B – Portoviejo	70
5.3.4	Sismo muy raro suelo tipo B – Portoviejo	71
5.3.5	Resultado espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Portoviejo	72

5.4	Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo E de Esmeraldas	73
5.4.1	Sismo frecuente suelo tipo E – Esmeraldas	73
5.4.2	Sismo ocasional suelo tipo E – Esmeraldas	74
5.4.3	Sismo raro suelo tipo E – Esmeraldas.....	75
5.4.4	Sismo muy raro suelo tipo E – Esmeraldas.....	76
5.4.5	Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo E de Esmeraldas.....	77
5.5	Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Portoviejo	78
5.5.1	Sismo frecuente suelo tipo D – Portoviejo.....	78
5.5.2	Sismo ocasional suelo tipo D – Portoviejo	79
5.5.3	Sismo raro suelo tipo D – Portoviejo	80
5.5.4	Sismo muy raro suelo tipo D – Portoviejo.....	81
5.5.5	Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Portoviejo.....	82
5.6	Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Manta.....	83
5.6.1	Sismo frecuente suelo tipo D – Manta	83
5.6.2	Sismo ocasional suelo tipo D – Manta.....	84
5.6.3	Sismo raro suelo tipo D – Manta.....	85
5.6.4	Sismo muy raro suelo tipo D – Manta	86
5.6.5	Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Manta	87
5.7	Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Bahía de Caráquez.....	88
5.7.1	Sismo frecuente suelo tipo D – Bahía de Caráquez	88
5.7.2	Sismo ocasional suelo tipo D – Bahía de Caráquez.....	89
5.7.3	Sismo raro suelo tipo D – Bahía de Caráquez.....	90

5.7.4	Sismo muy raro suelo tipo D – Bahía de Caráquez	91
5.7.5	Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Bahía de Caráquez	92
5.8	Períodos de vibración de las estructuras seleccionadas.....	93
5.8.1	Estadio Folke Anderson – Esmeraldas.....	93
5.8.2	Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo	93
5.8.3	Ciudad Deportiva la California – Portoviejo	94
5.8.4	Estadio Jocay – Manta	94
5.8.5	Yacht Club – Manta	94
5.8.6	Yacht Club – Bahía de Caráquez	95
5.8.7	Tenis Club – Bahía de Caráquez.....	95
5.9	Espectros de respuesta acelerogramas - Sismo 16 abril del 2016	96
5.9.1	Estación AES2 (N-S): Esmeraldas – Suelo tipo E.....	96
5.9.2	Estación APO1 (N-S): Portoviejo – Suelo tipo D.....	96
5.9.3	Estación ACHN (N-S): Chone – Suelo tipo D.....	97
5.9.4	Estación AMNT (N-S): Manta – Modificado suelo tipo D.....	97
5.9.4.1	Modificación de la estación AMNT (N-S): Manta - Suelo tipo D	97
5.10	Fichas de desempeño sísmico de las estructuras especiales seleccionadas .	99
5.10.1	Estadio Folke Anderson – Esmeraldas – Suelo tipo E.....	100
5.10.1.1	Desempeño sísmico	100
5.10.1.2	Deriva inelástica	102
5.10.1.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	103
5.10.2	Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo – Suelo tipo D.....	105
5.10.2.1	Desempeño sísmico	105
5.10.2.2	Deriva inelástica	107
5.10.2.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	108
5.10.3	Ciudad Deportiva la California – Portoviejo – Suelo tipo D.....	110

5.10.3.1	Desempeño sísmico	110
5.10.3.2	Deriva inelástica	112
5.10.3.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	113
5.10.4	Estadio Jocay – Manta – Suelo tipo D	115
5.10.4.1	Desempeño sísmico	115
5.10.4.2	Deriva inelástica	117
5.10.4.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	118
5.10.5	Yacht Club – Manta – Suelo tipo D.....	120
5.10.5.1	Desempeño sísmico	120
5.10.5.2	Deriva inelástica	122
5.10.5.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	124
5.10.6	Yacht Club – Bahía de Caráquez – Suelo tipo D.....	125
5.10.6.1	Desempeño sísmico	125
5.10.6.2	Deriva inelástica	127
5.10.6.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	129
5.10.7	Tenis Club – Bahía de Caráquez – Suelo tipo D.....	131
5.10.7.1	Desempeño sísmico	131
5.10.7.2	Deriva inelástica	133
5.10.7.3	Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo).....	135
6	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
6.1	Conclusiones	137
6.1.1	Resumen de resultados R efectivo y derivas obtenidos del análisis de los escenarios deportivos	139
6.1.2	Resumen de resultados desempeño sísmico obtenidos del análisis de los escenarios deportivos	139
6.2	Recomendaciones	140
7	BIBLIOGRAFÍA	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de escenarios deportivos seleccionados para el estudio.....	11
Tabla 2. Valor factor Z en función de la zona sísmica y la ubicación de la estructura.	34
Tabla 3. Clasificación del tipo de suelo	35
Tabla 4. Clasificación del tipo de suelo	36
Tabla 5. Tipo de suelo y factor de sitio Fa.....	37
Tabla 6. Tipo de suelo y factor de sitio Fd.....	38
Tabla 7. Tipo de suelo y factor de sitio Fs	38
Tabla 8. Límites para derivas máximas.....	43
Tabla 9. Niveles de amenaza sísmica.....	44
Tabla 10. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.....	44
Tabla 11. Parámetros de Ct y Alfa.	45
Tabla 12. Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles.	46
Tabla 13. Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles.	46
Tabla 14. Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles.	46
Tabla 15. Tipo de suelo de las estructuras seleccionadas.	55
Tabla 16. Características de las estaciones de acelerógrafos con los registros de movimiento del suelo sismo del 16 de abril del 2016.....	58
Tabla 17. Tipo de suelo y parámetros de las estaciones para el diseño del espectro de aceleración.....	59
Tabla 18. Valores de aceleración para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo B. ...	63
Tabla 19. Valores de aceleración para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo B.	64
Tabla 20. Valores de aceleración para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo B.....	65
Tabla 21. Valores de aceleración para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo B.....	66

Tabla 22. Valores de aceleración para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B	68
Tabla 23. Valores de aceleración para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B	69
Tabla 24. Valores de aceleración para sismo raro, Portoviejo suelo tipo B.....	70
Tabla 25. Valores de aceleración para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B.	71
Tabla 26. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo E.....	73
Tabla 27. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo E.....	74
Tabla 28. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo E.....	75
Tabla 29. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Esmeraldas suelo tipo E.....	76
Tabla 30. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo D.	78
Tabla 31. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo D.	79
Tabla 32. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Portoviejo suelo tipo D.....	80
Tabla 33. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo D.	81
Tabla 34. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Manta suelo tipo D.....	83
Tabla 35. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Manta suelo tipo D.....	84
Tabla 36. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Manta suelo tipo D.....	85
Tabla 37. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Manta suelo tipo D.....	86

Tabla 38. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	88
Tabla 39. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	89
Tabla 40. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	90
Tabla 41. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	91
Tabla 42. Período de vibración del Estadio Folke Anderson - Esmeraldas.	93
Tabla 43. Período de vibración del Estadio Reales Tamarindos - Portoviejo.	93
Tabla 44. Período de vibración de la Ciudad Deportiva la California - Portoviejo.	94
Tabla 45. Período de vibración del Estadio Jocay - Manta.	94
Tabla 46. Período de vibración del Yacht Club - Manta.	94
Tabla 47. Período de vibración del Yacht Club – Bahía de Caráquez.	95
Tabla 48. Período de vibración del Tenis Club – Bahía de Caráquez.	95
Tabla 49. Tipo de sismo Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.	100
Tabla 50. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.	101
Tabla 51. Derivas inelásticas del Estadio Folke Anderson - Esmeraldas, suelo tipo E.	103
Tabla 52. Factor R efectivo del Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.	104
Tabla 53. Tipo de sismo Estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.	105
Tabla 54. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.	106
Tabla 55. Derivas inelásticas del Estadio Reales Tamarindos - Portoviejo, suelo tipo D.	108
Tabla 56. Factor R efectivo del Estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.	109

Tabla 57. Tipo de sismo Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.	110
Tabla 58. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.....	111
Tabla 59. Derivas inelásticas de la Ciudad Deportiva la California - Portoviejo, suelo tipo D.....	113
Tabla 60. Factor R efectivo de la Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.....	114
Tabla 61. Tipo de sismo Estadio Jocay, Manta suelo tipo D.....	115
Tabla 62. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.....	116
Tabla 63. Derivas inelásticas del Estadio Jocay - Manta, suelo tipo D.	118
Tabla 64. Factor R efectivo del Estadio Jocay, Manta suelo tipo D.....	119
Tabla 65. Tipo de sismo Yacht Club, Manta suelo tipo D.....	120
Tabla 66. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.....	121
Tabla 67. Derivas inelásticas del Yacht Club - Manta, suelo tipo D.	123
Tabla 68. Factor R efectivo del Yacht Club, Manta suelo tipo D.....	124
Tabla 69. Tipo de sismo Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	125
Tabla 70. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.....	126
Tabla 71. Derivas inelásticas del Yacht Club – Bahía de Caráquez, suelo tipo D..	128
Tabla 72. Factor R efectivo del Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.....	130
Tabla 73. Tipo de sismo Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.....	131
Tabla 74. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.....	132
Tabla 75. Derivas inelásticas del Tenis Club – Bahía de Caráquez, suelo tipo D ...	134
Tabla 76. Factor R efectivo del Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.....	136

Tabla 77. Resumen de resultados R efectivo y derivas de los escenarios deportivos analizados.....	139
Tabla 78. Resumen de resultados desempeño sísmico de los escenarios deportivos analizados.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estadio Reales Tamarindo de Portoviejo. Recuperado de: http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390737-mas-de-30-anos-pasaron-y-pocos-danos-quedaron/	5
Ilustración 2. Daños en el cerramiento del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de: https://www.expreso.ec/deportes/el-jocay-de-manta-el-escenario-que-mas-danos-tiene-tras-el-terremoto-YH283023	6
Ilustración 3. Artículo recuperado del Diario el Expreso p.12 sobre escenarios deportivos en Guayas y Pichincha.	6
Ilustración 4. Artículo recuperado del Diario El Mercurio p.10 sobre los daños en el Estadio Jocay de Manta.....	2
Ilustración 5. La ruta de la desolación, Infografía: Miguel Rodríguez artículo recuperado del Diario Expreso p.8.....	3
Ilustración 6. Daños en el estadio Folke Anderson de Esmeraldas afectado por el Sismo del 2016. Recuperado de : http://www.esmeraldasnews.com/deportes/otros/item/798-se-realizo-inspeccion-al-estadio-folke-anderson-por-danos-producto-del-terremoto..	5
Ilustración 7.Luminarias del estadio Folke Anderson de esmeraldas caídas. Recuperado de: https://www.ecuavisa.com/articulo/terremoto/deportes/146811-estadio-folke-anderson-esmeraldas-sufrio-danos-su-estructura	6
Ilustración 8. Daños en los graderíos y cerramiento del estadio Folke Anderson de Esmeraldas. Recuperado de http://www.futbolecuador.com/site/noticia/el-estadio-folke-anderson-de-esmeraldas-resulta-con-varios-danos-tras-el-terremoto/66134	6
Ilustración 9. Caída de paredes del cerramiento del estadio Folke Anderson de Esmeraldas. Recuperado de : http://studiofutbol.com.ec/2016/04/18/fotos-muchos-danos-en-el-folke-anderson-de-esmeraldas/	7
Ilustración 10. Portoviejo Tenis Club. Recuperado de https://www.fet.org.ec/noticia.php?id=879	8
Ilustración 11. Mapa de intensidades del sismo 16 de abril del 2016. Recuperado de http://www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html	10

Ilustración 12. Fachada principal del Estadio Folke Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : https://lahora.com.ec/esmeraldas/noticia/1102176169/estadio-folke-anderson-80-anos-de-historia-deportiva	12
Ilustración 13. Daños en las paredes de los graderíos del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto	13
Ilustración 14. Daños en los graderíos del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de: http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto	13
Ilustración 15. Daños en las torres de alumbrado del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto	14
Ilustración 16. Daños en el cerramiento del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto	14
Ilustración 17. Daños por sismo del 16 de abril del 2016 Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto	15
Ilustración 18. Fachada principal Estadio Reales Tamarindo de Portoviejo. Recuperado de : https://compratusentradas.wordpress.com/reales-tamarindo-portoviejo-640x424/	15

Ilustración 19. Estadio Reales Tamarindo de Portoviejo. Recuperado de: http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390737-mas-de-30-anos-pasaron-y-pocos-danos-quedaron/	16
Ilustración 20. Daños villa de alojamiento de la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo. Fuente: Ing. Alex Villacrés.....	17
Ilustración 21. Daños en el cerramiento de la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo. Fuente: Ing. Alex Villacrés.....	17
Ilustración 22. Daños en el cerramiento del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de: https://www.expreso.ec/deportes/el-jocay-de-manta-el-escenario-que-mas-danos-tiene-tras-el-terremoto-YH283023	18
Ilustración 23. Demolición de la tribuna del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de : http://studiofutbol.com.ec/2018/04/18/ya-se-firmo-se-viene-la-reconstruccion-del-jocay/	19
Ilustración 24. Proceso constructivo de la nueva tribuna del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de : https://www.primicias.ec/noticias/jugada/la-nueva-tribuna-del-estadio-jocay-se-inaugurara-en-enero-de-2020/	19
Ilustración 25. Sistema de pórticos y pilotes para soportar las nuevas gradas de la tribuna del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de : https://www.primicias.ec/noticias/jugada/la-nueva-tribuna-del-estadio-jocay-se-inaugurara-en-enero-de-2020/	20
Ilustración 26. Yacht Club de Manta. Recuperado de : https://es.foursquare.com/v/manta-yacht-club/4bcc5f890687ef3b5b15dfcc?openPhotoId=516b0b0fe4b056efa176d5d7	21
Ilustración 27. Daños en el edificio principal del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	21
Ilustración 28. Daños en el muelle del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	22
Ilustración 29. Daños en el muelle del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	22

Ilustración 30. Daños en la rampa de acceso de botes del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	23
Ilustración 31. Daños en vigas del área de la cocina del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	23
Ilustración 32.Desacople de la unión viga-columna del área de la cocina del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	24
Ilustración 33. Daños en del edificio principal colapso parcial de la pared del Yacht Club de Manta 2020.....	24
Ilustración 34. Yacht Club Bahía de Caráquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	25
Ilustración 35. Daños en la edificación principal del Yacht Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	26
Ilustración 36.Daños en la rampa de acceso para los botes del Yacht Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	26
Ilustración 37. Área social Yacht Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	27
Ilustración 38. Bahía Tennis Club. Recuperado de: https://mapio.net/pic/p-44038577/	28
Ilustración 39. Daños en la entrada principal del Tennis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	29
Ilustración 40.Daños en las canchas de tenis del Tennis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	29
Ilustración 41. Daños en las canchas de tenis y cerramiento del Tennis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	30
Ilustración 42. Daños en cerramiento del Tennis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.....	30
Ilustración 43. Área social del Tennis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.	31
Ilustración 44. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	33

Ilustración 45. Ejemplo curvas de peligro sísmico	35
Ilustración 46. Espectro sísmico elástico de aceleraciones. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	39
Ilustración 47. Parámetros para el diseño del espectro de aceleración. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	39
Ilustración 48. Ecuaciones y parámetros para el cálculo de Sa dependiendo del rango T. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	40
Ilustración 49. Ecuaciones para el cálculo del espectro elástico de desplazamientos. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	42
Ilustración 50. Espectro sísmico elástico de desplazamiento para diseño. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	42
Ilustración 51. Ecuación y parámetros para el cálculo del período vibración T. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015	45
Ilustración 52. Caracterización del tipo de suelo del Estadio Jocay-Manta. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps,	48
Ilustración 53. Caracterización del tipo de suelo del Estadio Reales Tamarindos-Portoviejo. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.	49
Ilustración 54. Caracterización del tipo de suelo del Estadio Folke Anderson - Esmeraldas. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.....	50
Ilustración 55. Caracterización del tipo de suelo del Yacht Club-Manta. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.	51
Ilustración 56. Caracterización del tipo de suelo del Yacht Club-Bahía de Caráquez. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.	52
Ilustración 57. Caracterización del tipo de suelo del Tenis Club-Bahía de Caráquez. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.	53
Ilustración 58. Caracterización del tipo de suelo de la Ciudad Deportiva la California-Portoviejo. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.	54
Ilustración 59. Distribución espacial de las estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos. Recuperado de: http://www.igepn.edu.ec/1323-informe-sismico-especial-n-17-2016.html	55

Ilustración 60. Acelerogramas del terremoto del 16 de abril del 2016. Recuperado de: www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html	56
Ilustración 61. Espectros de respuesta de aceleración. Recuperado de: http://www.igepn.edu.ec/1323-informe-sismico-especial-n-17-2016.html	57
Ilustración 62. Series de tiempo de aceleración de las principales ciudades del Ecuador y sus estaciones codificados por colores por la intensidad del movimiento del suelo en términos de aceleración PGA. Recuperado de: GEER-ATC Earthquake Reconnaissance 2016, RENAC.....	59
Ilustración 63. Comparación de espectros de aceleración en sitio y espectros de diseño NEC-15 para las estaciones. Recuperado de: GEER-ATC Earthquake Reconnaissance 2016, RENAC, NEC-15.....	60
Ilustración 64. Caracterización del factor Z mediante curvas de peligro sísmico para Esmeraldas. Recuperado: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico.....	61
Ilustración 65. Caracterización del factor Z mediante curvas de peligro sísmico para Portoviejo. Recuperado: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico.....	62
Ilustración 66. Espectro de respuesta para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo B.	63
Ilustración 67. Espectro de respuesta para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo B.	64
Ilustración 68. Espectro de respuesta para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo B.	65
Ilustración 69. Espectro de respuesta para sismo muy raro, Esmeraldas suelo tipo B	66
Ilustración 70. Resultado espectros de respuesta elástica, Esmeraldas suelo tipo B.	67
Ilustración 71. Espectro de respuesta para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B.	68
Ilustración 72. Espectro de respuesta para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B.	69
Ilustración 73. Espectro de respuesta para sismo raro, Portoviejo suelo tipo B.	70
Ilustración 74. Espectro de respuesta para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B.	71
Ilustración 75. Resultado espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo B. ...	72
Ilustración 76. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo E.	73

Ilustración 77.Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo E.	74
Ilustración 78.Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo E.	75
Ilustración 79.Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Esmeraldas suelo tipo E.	76
Ilustración 80.Resultado espectros de respuesta de diseño, Esmeraldas suelo tipo E.	77
Ilustración 81.Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo D.....	78
Ilustración 82.Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo D.....	79
Ilustración 83.Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Portoviejo suelo tipo D.....	80
Ilustración 84.Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo D.....	81
Ilustración 85.Resultado espectros de respuesta de diseño, Portoviejo suelo tipo D.	82
Ilustración 86. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Manta suelo tipo D.....	83
Ilustración 87. Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Manta suelo tipo D.....	84
Ilustración 88. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Manta suelo tipo D.	85
Ilustración 89. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Manta suelo tipo D.....	86
Ilustración 90.Resultado espectros de respuesta de diseño, Manta suelo tipo D.	87
Ilustración 91. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	88

Ilustración 92. Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	89
Ilustración 93. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	90
Ilustración 94. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	91
Ilustración 95. Resultado espectros de respuesta de diseño, Bahía de Caráquez suelo tipo D.....	92
Ilustración 96.Espectro de respuesta estación AES2 (N-S): Esmeraldas – Suelo tipo E.	96
Ilustración 97.Espectro de respuesta estación APO1 (N-S): Portoviejo – Suelo tipo D.	96
Ilustración 98. Espectro de respuesta estación ACHN (N-S): Chone – Suelo tipo D.	97
Ilustración 99. Espectro de respuesta estación AMNT (N-S): Manta –Modificado Suelo tipo	98
Ilustración 100. Ficha de desempeño sísmico Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.....	100
Ilustración 101. Desplazamiento de respuesta Estadio Folke Anderson -Esmeraldas AES2, suelo tipo E.	102
Ilustración 102.Espectros de respuesta de aceleración del Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.	104
Ilustración 103. Ficha de desempeño sísmico estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.	105
Ilustración 104. Desplazamiento de respuesta Estadio Reales Tamarindos -Portoviejo APO1, suelo tipo D.	107
Ilustración 105.Espectros de respuesta de aceleración del Estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.	109
Ilustración 106.Ficha de desempeño sísmico Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.	110

Ilustración 107.Desplazamiento de respuesta Ciudad Deportiva la California - Portoviejo APO1, suelo tipo D.	112
Ilustración 108.Espectros de respuesta de aceleración de la Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.	114
Ilustración 109.Ficha de desempeño sísmico Estadio Jocay, Manta suelo tipo D..	115
Ilustración 110.Desplazamiento de respuesta Estadio Jocay -Manta AMNT, suelo tipo D.....	117
Ilustración 111. Espectros de respuesta de aceleración del Estadio Jocay, Manta suelo tipo D.....	119
Ilustración 112.Ficha de desempeño sísmico Yacht Club, Manta suelo tipo D.....	120
Ilustración 113.Desplazamiento de respuesta Yacht Club -Manta AMNT, suelo tipo D.....	123
Ilustración 114. Espectros de respuesta de aceleración del Yacht Club, Manta suelo tipo D.....	124
Ilustración 115. Ficha de desempeño sísmico Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.....	125
Ilustración 116. Desplazamiento de respuesta Yacht Club -Bahía de Caráquez ACHN, suelo tipo D.	128
Ilustración 117.Espectros de respuesta de aceleración del Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.	129
Ilustración 118. Ficha de desempeño sísmico Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.....	131
Ilustración 119.Desplazamiento de respuesta del Tenis Club -Bahía de Caráquez ACHN, suelo tipo D.....	134
Ilustración 120. Espectros de respuesta de aceleración del Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D	135

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador a partir de 1997, enfocándose en los escenarios deportivos como estadios, complejos deportivos, coliseos, etc. en las provincias de Manabí y Esmeraldas. Muchas de estas estructuras especiales han sufrido daños durante estos sismos de esta manera se podrá determinar los parámetros que afectaron su desempeño sísmico, mediante la recopilación de información de las fuentes disponibles para el análisis donde se pudo evidenciar los daños y falencias en la construcción de estas edificaciones. Se pudo establecer el tipo de suelo donde se encuentran asentadas estas estructuras y así poder elaborar los espectros de respuesta de aceleración correspondiente mediante las Curvas de Peligro Sísmico que reflejan las aceleraciones en roca PGA, como también los espectros de respuesta elástica de diseño en aceleración. Se obtuvo los valores de derivas inelásticas y periodos de vibración de cada estructura para que mediante el uso de los registros de acelerógrafos de las ciudades poder concluir que tipo de sismo de sitio ocurrió para cada caso, el cálculo del factor R efectivo se lo realizó con los registros de los espectros de respuesta de diseño medido en aceleraciones y los espectros de respuesta de las estaciones, este proceso investigativo se lo realizó con el propósito de evaluar el desempeño sísmico de estas edificaciones basándose en los parámetros de la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015 para diseño sismo-resistente y si estos parámetros son seguros para este tipo de estructuras especiales.

Palabras Clave: Peligro sísmico, Escenarios deportivos, Acelerógrafos, Aceleraciones en roca, Derivas inelásticas, Periodos de vibración, Espectros de respuesta.

ABSTRACT

The purpose of this work is to determine the performance of special buildings during earthquakes in Ecuador from 1997, focusing on sports venues such as stadiums, sports complexes, coliseums, etc. in the provinces of Manabí and Esmeraldas. Many of these special structures have suffered damage during these earthquakes, in this way it is possible to determine the parameters that affected their seismic performance, by collecting information from the sources available for analysis where it was possible to show damage and failure in the construction of these buildings. It was possible to establish the type of soil where these structures are located and thus be able to prepare the corresponding acceleration response spectra by mean of Seismic Hazard Curves that reflect the acceleration in PGA rock, as well as the elastic response spectra of acceleration design. The values of inelastic drifts and vibration periods of each structure were obtained so that through the use of the accelerometer records of cities it was possible to conclude what type of site earthquake occurred for each case. The calculation of the effective R factor was performed with the records of the design response spectra measured in accelerations and the response spectra for design of the stations, this research process was carried out with the purpose of evaluating the seismic performance of these buildings based on the parameters of the 2015 Ecuadorian Construction Standard for earthquake-resistant design and if these parameters are safe for this type of special structures.

Keywords: Seismic hazard, Sports stages, Accelerators, Rock accelerations, Inelastic drifts, Vibration periods, Response spectra.

1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El desempeño o comportamiento de los edificios sismo-resistentes en el Ecuador ha sido diferenciado por los códigos y normas de la construcción para tres categorías de estructuras definidas como edificaciones esenciales, de ocupación especial y otras estructuras.

En el caso de las estructuras de ocupación especial, entre ellas se consideran los edificios para escenarios deportivos que albergan más de 300 personas.

Según las normas, en dichas edificaciones se deben limitar los daños estructurales, buscando elevar el nivel de protección y propender a que dichas estructuras puedan mantenerse operacionales aun después de la ocurrencia del sismo de diseño, definido como el sismo con período de retorno de 475 años (tasa anual de excedencia de 0,00211) que las normas ecuatorianas denominan sismo raro.

No obstante, durante los sismos ocurridos después de la aparición del Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977, se pudo observar numerosos casos de edificios de escenarios deportivos; que sufrieron daños que los dejaron fuera de operación, aun cuando las características de dichos sismos en los sitios de ubicación de esas edificaciones, correspondían a sismos frecuentes u ocasionales. En el caso del sismo del 16 de abril de 2016, hubo varios casos de este tipo de edificaciones que quedaron fuera de operación después del evento.

Y, por el contrario, hubo casos de edificaciones de este tipo que continuaron en operación y prestando servicios, aún después de sismos ocasionales o raros.

1.2 Justificación

Este trabajo de titulación busca enfocarse en los sismos que afectaron al Ecuador a partir del año 1977 siendo así el análisis de los escenarios deportivos frente

a los sismos de vital importancia debido a la masiva afluencia de personas que estos generan, de esta manera poder salvaguardar vidas y reducir riesgos.

Por lo tanto, es necesario estudiar las causas de ese comportamiento diverso de estas estructuras especiales durante estos fenómenos naturales, a fin de reformular las normas para el diseño y construcción sismo-resistente de las mismas en el país.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Definir si el desempeño de los edificios de escenarios deportivos; durante los sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977, cumplió o no con las especificaciones de los códigos o normas ecuatorianas para el diseño y construcción sismo-resistentes.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir las causas del buen o mal desempeño de esas edificaciones especiales durante los sismos en Ecuador.
- Proponer mejoras en las especificaciones de las normas ecuatorianas de diseño y construcción sismo-resistentes, para evitar las fallas en el desempeño de esas edificaciones especiales durante sismos frecuentes, ocasionales o raros.

1.4 Alcance

Para el estudio de cada escenario deportivo se determinará el nivel de frecuencia y amenaza sísmica: frecuente, ocasional, raro o muy raro lo que genera un análisis del tipo de suelo de cimentación, así como también las características de los movimientos del suelo y los efectos que producen estos sismos a las estructuras analizadas.

En los casos de estudio se determinará el factor de reducción efectivo de la respuesta elástica: relación entre el espectro de respuesta de norma definido para 475

años de período de retorno y el espectro de respuesta del movimiento sísmico real. De esta manera se obtendrá como resultado el nivel de deriva elástica o inelástica: obtenida a partir del espectro de desplazamiento elástico del sismo real.

Finalmente, en cada caso, se determinará si el desempeño o comportamiento estructural de cada escenario deportivo correspondió a lo definido por las normas o no, en ambos casos de ser el estudio positivo o negativo, se proveerá una explicación del desempeño de cada estructura analizada y se propondrá recomendaciones para mejorar el comportamiento frente a futuros sismos a partir de la información recopilada.

1.5 Metodología

El estudio comprende los escenarios deportivos detallados a continuación: El estadio de Jocay de Manta, Yacht Club de Manta, el Yacht Club de Bahía de Caráquez, el estadio Reales Tamarindos de Portoviejo, la ciudad Deportiva en la California de Portoviejo, el Tennis Club de Bahía de Caráquez y el estadio Folke Anderson de Esmeraldas.

Se recopilará información existente en fuentes como informes técnicos, inspecciones, diarios, repositorios o estudios realizados en las áreas afectadas sobre edificios de escenarios deportivos; que hayan sufrido daños durante los sismos ocurridos en el Ecuador a partir de 1977.

También se definirán los factores de irregularidad en planta y elevación, los factores de vulnerabilidad estructural y el período de vibración fundamental de cada edificación, de acuerdo a las especificaciones de la misma norma.

De esta manera se obtendrá información que permita definir el tipo de suelo existente en cada una de las edificaciones antes señaladas, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (suelos tipo A, B, C, D, E o F).

Se obtendrán los acelerogramas y los espectros de respuesta de los movimientos del suelo durante sismos, para las ubicaciones de las estructuras en estudio.

2 CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En el desarrollo del presente trabajo de titulación se recopiló información sobre los sismos que han afectado al territorio ecuatoriano a partir de 1977, donde se estableció que edificaciones especiales en este caso escenarios deportivos en distintas ciudades del país resultaron afectados a consecuencia de los eventos sísmicos.

En consecuencia, la recopilación de información de las distintas estructuras afectadas por los sismos se realizó por medio de estudios de vulnerabilidad estructural, informes técnicos, publicaciones de diarios, papers de ingeniería sísmica, proyecto RADIUS, Ecuador Report Geer, sitios webs, entre otros archivos necesarios para el estudio de los casos.

2.1 Reportes de periódicos

“Más de 30 años pasaron y pocos daños quedaron”. El Diario, 6 de mayo del 2016

El 6 de mayo del 2016 el periódico “El Diario” redactó que el estadio Reales Tamarindos de Portoviejo no colapso, pero sufrió daños leves:

Pero ¿por qué el escenario deportivo no colapsó?

El ingeniero civil Juan José Arteaga Roldán, encargado del control de escenarios y residencia deportiva de la Federación Deportiva de Manabí (FDM), explica que el Reales Tamarindos, por ser un lugar donde muchas personas se dan cita e incluso imprimen fuerza con saltos y más durante eventos deportivos y artísticos, es sismo resistente, el Reales cuenta con una gran cantidad de muros estructurales en la base y esto mejora también la estabilidad y resistencia frente a un terremoto (El Diario, 2016).Fácil soportó los 7.8, dice Arteaga, quien añade que en el estadio sólo existen daños en la sala de prensa y en una de las torres luminarias, pero de manera mínima (El Diario, 2016).



Ilustración 1. Estadio Reales Tamarindo de Portoviejo. Recuperado de: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390737-mas-de-30-anos-pasaron-y-pocos-danos-quedaron/>

“El Jocay de Manta, el escenario que más daños tiene tras el terremoto”. Diario Expreso, 26 de abril del 2016

El 26 de abril del 2016 el periódico “Diario Expreso” redactó que el estadio Jocay de Manta sufrió daños considerables en sus graderíos torres de alumbrado y cerramiento:

El estadio Jocay de Manta es el más afectado por el terremoto que azotó a Manabí y Esmeraldas el pasado 16 de abril. El cerramiento que fue construido hace alrededor de 50 años está con fisuras en ciertos sectores, lo cual puede representar un peligro para los aficionados. En la parte frontal también se observan daños y según el Javier Macías, presidente de Liga Deportiva Cantonal de Manta (entidad dueña del estadio), su reparación o demolición depende del informe técnico que emita la Ecuafútbol (Expreso.ec, 2016).

La general norte y sur, así como la tribuna y palco Jaime Estrada Bonilla tienen graderíos intactos, solo presentan pequeñas fisuras en las paredes, el sector de preferencia está bien ‘abollado’, su estructura presenta deterioro profundo en losetas y paredes, el terremoto también

hizo que las torres de alumbrado cambien de dirección (Expreso.ec, 2016).



Ilustración 2. Daños en el cerramiento del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de: <https://www.expreso.ec/deportes/el-jocay-de-manta-el-esenario-que-mas-danos-tiene-tras-el-terremoto-YH283023>

“Escenarios deportivos sin mayor afectación”. Diario Expreso Quito, 18 de abril del 2016

En la publicación del diario el Expreso de Quito el 18 de abril del 2016 redactó que “luego de una inspección a los escenarios deportivos de Guayas y Pichincha no sufrieron daños” (Diario Expreso, 2016, p.12).



Ilustración 3. Artículo recuperado del Diario el Expreso p.12 sobre escenarios deportivos en Guayas y Pichincha.

“Estadio Jocay con pocos daños”. Diario El Mercurio Manta, 27 de abril del 2016

En esta publicación del 27 de abril del 2016 el diario “El Mercurio” redactó que el estadio “Jocay de Manta sufrió daños leves constatados en un recorrido que realizaron las autoridades pertinentes en donde encontraron que la general norte y sur están intactas, los baños de la general sur presentan daños leves en una pared” (El Mercurio, 2016, p.10).

Las vigas y toda la infraestructura se encuentran bien , en la preferencia hay daños en las baterías sanitarias , en la general norte no se presentan daños y en la parte de la tribuna del sector sur se pudo observar que la visera se encuentra caída unos 20 a 30 centímetros (El Mercurio, 2016, p.10).

Según informaron a este diario los delegados del Ministerio junto al Ing. Javier Macas (Presidente de la Liga Cantonal de Manta) (El Mercurio, 2016, p.10).



Ilustración 4. Artículo recuperado del Diario El Mercurio p.10 sobre los daños en el Estadio Jocay de Manta.

“La vida cambió en Bahía”. Diario Expreso, 31 de julio del 2016

En esta publicación se informaba que “el escenario deportivo Bahía Tennis Club sufrió daños estructurales” (Diario Expreso, 2016, p.8) sin embargo no hay detalles de los mismos.

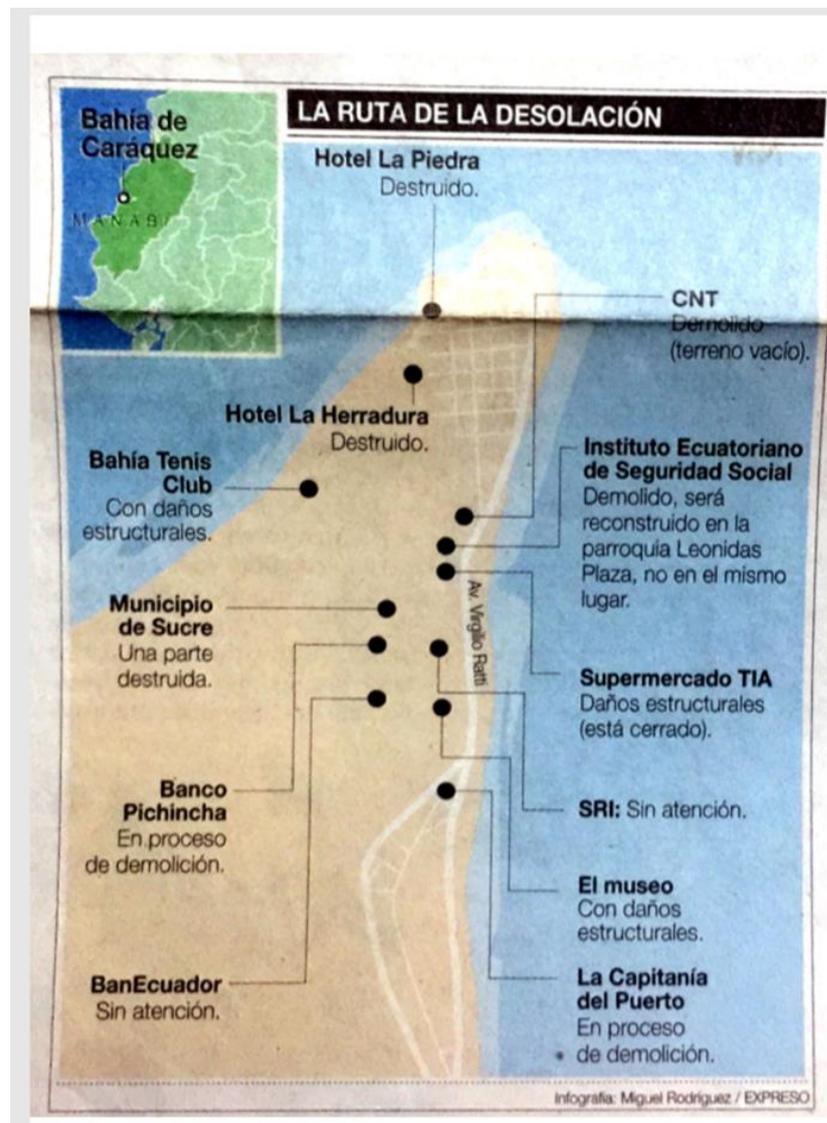


Ilustración 5. La ruta de la desolación, Infografía: Miguel Rodríguez artículo recuperado del Diario Expreso p.8

2.2 Reportes de sitios web

“Estadios de Esmeraldas y Manta han sufrido daños considerables tras terremoto”. Info Cancha, 20 de abril del 2016

A pocos días del movimiento sísmico el 20 de abril del 2016 la página web “Info Cancha” informaba que:

José Vinuesa Jefe de Seguridad de la Federación Ecuatoriana de Fútbol en declaraciones a Radio Caravana, se refirió a las primeras inspecciones que se han realizado a los estadios de las provincias de Esmeraldas, Manabí, confirmando que los del puerto principal no han sufrido daños que lamentar y preocupar en su estructura (Info Cancha, 2016).

Así como menciono que “Una vez hecha la revisión en los estadios, el Folke Anderson de Esmeraldas las mallas se han ido al suelo, las luminarias se cayeron. El Estadio Jocay de Manta tiene un problema en el cerramiento que fue destruido por completo” (Info Cancha, 2016).

“Se realizó inspección al estadio Folke Anderson por daños producto del terremoto” (EsmeraldasNews, 2016). EsmeraldasNews, 5 de mayo del 2016

El 5 de mayo del 2016 la página web “EsmeraldasNews” redactó que:

El 19 de abril como AFE solicitamos a la Federación Ecuatoriana de Fútbol una inspección estructural a las instalaciones del principal escenario deportivo de la provincia el mítico Estadio Folke Anderson de tal forma que el jueves 21 de abril se hizo presente el Ing. Civil César Izurieta especialista en Estructura con 30 años de experiencia en cuyo recorrido pudo determinar los serios estragos en los graderíos del sector de General sobre la calle Séptima especialmente, el peligro que se corre con las torres de iluminación y el buen estado de los graderíos de la

calle 6 de Diciembre, de la calle Salinas y de la calle Rocafuerte (EsmeraldasNews, 2016).



Ilustración 6. Daños en el estadio Folke Anderson de Esmeraldas afectado por el Sismo del 2016. Recuperado de : <http://www.esmeraldasnews.com/deportes/otros/item/798-se-realizo-inspeccion-al-estadio-folke-anderson-por-danos-producto-del-terremoto>

“Estadio Folke Anderson de Esmeraldas sufrió daños en su estructura. Ecuavisa 18 de abril del 2016”

El 18 de abril del 2016 la página web de “Ecuavisa” informó que:

Debido al sismo “el estadio Folke Anderson de la ciudad de Esmeraldas sufrió daños en sus estructura a consecuencia del terremoto suscitado el pasado sábado 16 de abril del 2016, las luminarias y varios sectores del escenario deportivo están en malas condiciones y se espera que las autoridades evalúen la situación” (Ecuavisa, 2016).



Ilustración 7. Luminarias del estadio Folke Anderson de esmeraldas caídas. Recuperado de: <https://www.ecuavisa.com/articulo/terremoto/deportes/146811-estadio-folke-anderson-esmeraldas-sufrieron-danos-su-estructura>



Ilustración 8. Daños en los graderíos y cerramiento del estadio Folke Anderson de Esmeraldas. Recuperado de <http://www.futbolecuador.com/site/noticia/el-estadio-folke-anderson-de-esmeraldas-resulto-con-varios-danos-tras-el-terremoto/66134>



Ilustración 9. Caída de paredes del cerramiento del estadio Folke Anderson de Esmeraldas. Recuperado de : <http://studiofutbol.com.ec/2016/04/18/fotos-muchos-danos-en-el-folke-anderson-de-esmeraldas/>

“Escenarios de Copa Davis en Manabí no sufrieron daños por terremoto. FET 20 de abril del 2016”

La pagina web de la Federacion Ecuatoriana de Tensis el 20 de abril del 2016 informó que:

El Portoviejo Tenis Club y el Umiña Tenis Club, sedes de dos series de la Copa Davis por BNP Paribas, no sufrieron daños a causa del terremoto registrado en Ecuador la noche del sábado el cual alcanzó una magnitud de 7.8 y que hasta ahora suma más de 500 muertos. Según directivos del mencionado el club, este no ha sufrido daños, excepto en la piscina, por lo que se pueden realizar las actividades con normalidad (FET, 2016).



Ilustración 10. Portoviejo Tennis Club. Recuperado de <https://www.fet.org.ec/noticia.php?id=879>

3 CAPÍTULO III: ESCENARIOS DEPORTIVOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016

3.1 Historial de sismos en Manabí y Esmeraldas

3.1.1 Sismo 12 de diciembre de 1979

Este terremoto ocurrió frente a las costas de Ecuador y Colombia a las 07:59:4.3 (UT) con una magnitud de 7.9 en escala de Richter a 75 km de la costa de Tumaco sufriendo afectaciones Esmeraldas y otras aldeas de Ecuador, producto del sismo se produjo un tsunami que destruyó varias aldeas en el estado de Nariño. El terremoto fue sentido en Bogotá, Cali, Popayán, Buenaventura y otras ciudades de Colombia, así como también en Guayaquil, Esmeraldas, Quito y otras partes de Ecuador (Oceanográfico, 2012).

3.1.2 Sismo 4 de agosto de 1998

Este terremoto ocurrió frente a la ciudad de Bahía de Caráquez -Ecuador a las 13:59 pm (UT) con una intensidad de 7.1 (Mw) como consecuencia se registraron desplomes y daños estructurales de algunos edificios de la ciudad, así como también daños graves en Canoa y otras localidades cercanas, en otras ciudades de Manabí los daños fueron de menor magnitud (Geofísico, 2011).

3.1.3 Sismo 16 de abril del 2016

Este terremoto se registró a las 18:58 pm (UT) con una magnitud de 7.8 (Mw) cuyo hipocentro se ubicó frente a la ciudad de Pedernales en Manabí a 20 km de profundidad y fue resultado del desplazamiento entre la placa tectónica de Nazca que se sumerge bajo la placa Sudamericana conocido como efecto de subducción (Instituto Geofísico , 2016).

Se reportaron colapsos y graves daños en edificios y viviendas de la ciudad de Manta, Portoviejo, Pedernales, Bahía de Caráquez, Esmeraldas y Guayaquil (Instituto Geofísico , 2016).

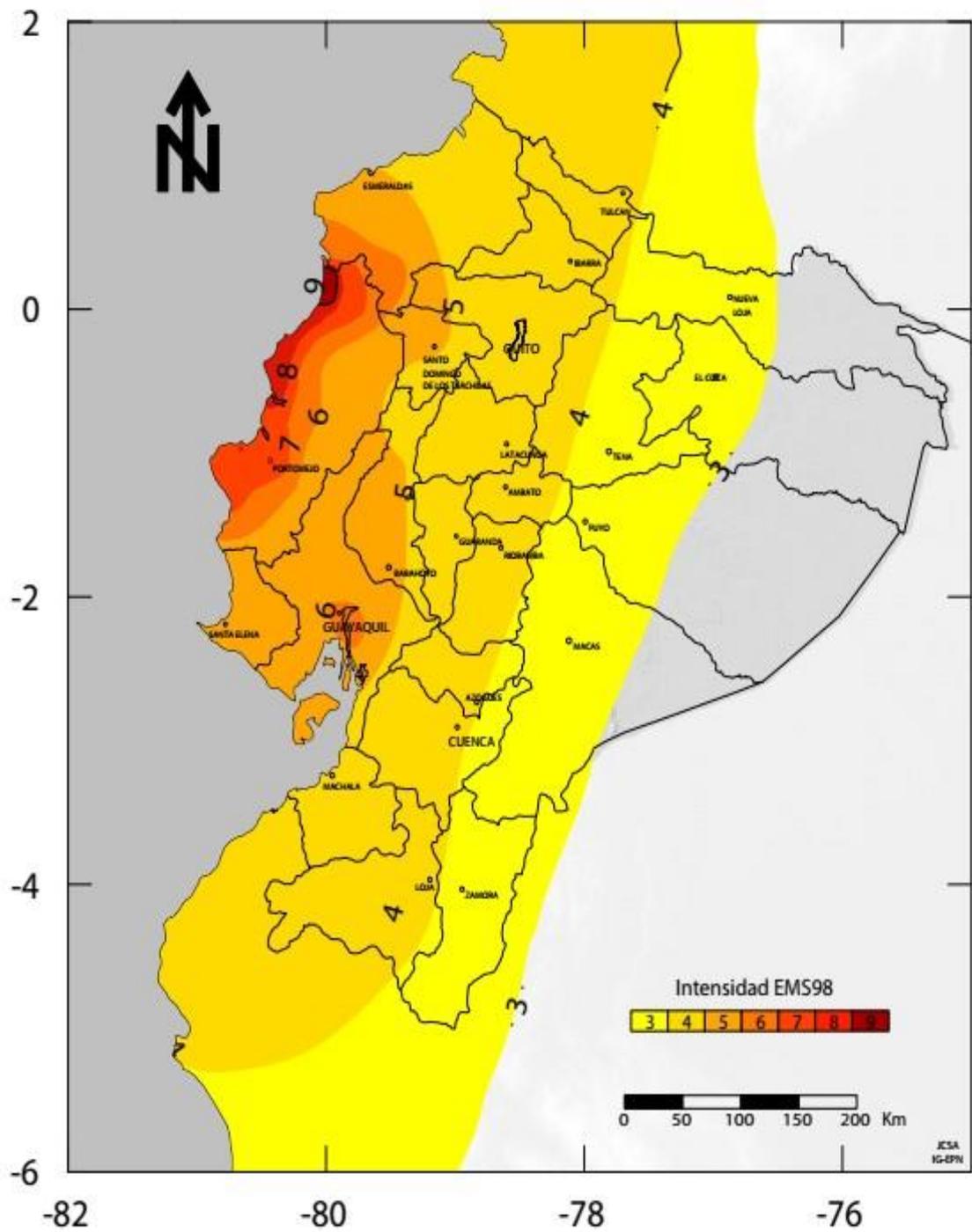


Ilustración 11. Mapa de intensidades del sismo 16 de abril del 2016. Recuperado de <http://www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html>

3.2 Estructuras seleccionadas para el análisis

Se seleccionó los distintos escenarios deportivos entre estadios, coliseos y complejos deportivos afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 y con la información recopilada determinar cuál fue su desempeño estructural frente a este sismo

Para el estudio del comportamiento estructural se usará la metodología detallada en el capítulo IV del presente trabajo de cada uno de ellos de esta manera se pudo proceder con los cálculos respectivos detallados en el capítulo V del presente trabajo con sus respectivas observaciones y recomendaciones.

En la tabla 1 a continuación se detalla las estructuras seleccionadas para el análisis:

Tabla 1. Lista de escenarios deportivos seleccionados para el estudio.

Nº	ESTRUCTURA	CIUDAD
1	ESTADIO FOLKE ANDERSON	ESMERALDAS
2	ESTADIO REALES TAMARINDOS	PORTOVIEJO
3	CIUDAD DEPORTIVA LA CALIFORNIA	PORTOVIEJO
4	ESTADIO JOCAY	MANTA
5	YACHT CLUB	MANTA
6	TENIS CLUB	BAHÍA DE CARÁQUEZ
7	YACHT CLUB	BAHÍA DE CARÁQUEZ

3.3 Estadio Folke Anderson – Esmeraldas

3.3.1 Descripción de la estructura

Este estadio tiene una capacidad para 16000 espectadores fue inaugurado en el año de 1956 y hasta la fecha del sismo no fue sometido a ningún tipo de reconstrucción o rehabilitación estructural, este escenario deportivo fue uno de los más afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 ya que presentó daños estructurales y arquitectónicos.

Fachada principal del Estadio Folke Anderson de Esmeraldas



Ilustración 12. Fachada principal del Estadio Folke Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : <https://lahora.com.ec/esmeraldas/noticia/1102176169/estadio-folke-anderson-80-anos-de-historia-deportiva>

Se presentaron daños estructurales como grietas en las losetas de los graderíos del área de General, colapso de paredes del cerramiento con desprendimiento de hormigón, daños en las mallas del cerramiento.



Ilustración 13. Daños en las paredes de los graderíos del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : <http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto>



Ilustración 14. Daños en los graderíos del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de: <http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto>

Colapso y daños en las torres de iluminación se inclinaron debido al fuerte sismo, la cancha no sufrió daños.



Ilustración 15. Daños en las torres de alumbrado del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : <http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto>

Daños y colapso parcial de las paredes del cerramiento del estadio



Ilustración 16. Daños en el cerramiento del Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : <http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto>

Caída de luminarias, daños en las casetas de las torres de iluminación, fisuras en el suelo.



Ilustración 17. Daños por sismo del 16 de abril del 2016 Estadio Folk Anderson – Esmeraldas. Recuperado de : <http://www.elfutbolero.com.ec/news/12820.html?title=%28FOTOS%29+FUE+AFECTADO%3A+Mira+como+quedó+el+ESTADIO+donde+iniciaron+VARIOS+SELECCIONADOS+tras+el+terremoto>

3.4 Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo

3.4.1 Descripción de la estructura

Este estadio de fútbol tiene una capacidad para 21000 espectadores fue inaugurado en el año de 1970, desde el año 1985 al 1993 fue sometido a varias remodelaciones, ampliaciones y reconstrucciones.

Este escenario deportivo no sufrió daños estructurales solo arquitectónicos ya que posee muros estructurales en las bases de los graderios, daños en la sala de prensa y en una de las torres de luminarias.



Ilustración 18. Fachada principal Estadio Reales Tamarindo de Portoviejo. Recuperado de : <https://compratusentradas.wordpress.com/reales-tamarindo-portoviejo-640x424/>



Ilustración 19. Estadio Reales Tamarindo de Portoviejo. Recuperado de: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390737-mas-de-30-anos-pasaron-y-pocos-danos-quedaron/>

3.5 Ciudad Deportiva la California – Portoviejo

3.5.1 Descripción de la estructura

Este complejo deportivo cuenta con varios coliseos donde se practican distintas disciplinas deportivas, canchas de futbol, béisbol, piscina olímpica y un coliseo mayor también posee dentro de sus instalaciones villas de hospedaje para deportistas.

Una de sus villas para hospedaje de deportistas sufrió daños estructurales y arquitectónicos, así como también el coliseo de gimnasia sufrió daños arquitectónicos, el muro de escalar del coliseo presento daños debido al sismo.

Se presentaron daños estructurales y arquitectónicos en las columnas del primer piso, así como también colapso de las paredes del primer piso, fisuras en las paredes del segundo piso a causa del sismo.

Como se observa en la siguiente imagen:



Ilustración 20. Daños villa de alojamiento de la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo. Fuente: Ing. Alex Villacrés

Colapso de paredes y daños en el cerramiento de uno de los coliseos.



Ilustración 21. Daños en el cerramiento de la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo. Fuente: Ing. Alex Villacrés

3.6 Estadio Jocay – Manta

3.6.1 Descripción de la estructura

Este escenario deportivo tiene una capacidad para 20000 espectadores su construcción fue en el año de 1962 a lo largo de los últimos años hasta la fecha del sismo fue sometido a varias reconstrucciones.

Esta estructura sufrió daños estructurales y arquitectónicos, en el sector de la preferencia su estructura presento deterioros profundos en losetas y paredes de los graderíos, hubo colapso de las paredes en ciertas áreas del cerramiento, debido al sismo las torres de iluminación cambiaron de dirección.

El sector de los graderíos de preferencia entró en proceso de demolición después del sismo debido a sus daños.

Colapso de las paredes del cerramiento, desprendimiento de hormigón en las columnas del cerramiento.



Ilustración 22. Daños en el cerramiento del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de: <https://www.expreso.ec/deportes/el-jocay-de-manta-el-escenario-que-mas-danos-tiene-tras-el-terremoto-YH283023>

Proceso de demolición de la tribuna del estadio Jocay de Manta debido a daños en el sismo del 16 de abril del 2016



Ilustración 23. Demolición de la tribuna del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de : <http://studiofutbol.com.ec/2018/04/18/ya-se-firmo-se-viene-la-reconstruccion-del-jocay/>

Proceso de construcción de la nueva tribuna del estadio Jocay de Manta, se usaron pilotes y un sistema de pórticos para soportar los nuevos graderíos.



Ilustración 24. Proceso constructivo de la nueva tribuna del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de : <https://www.primicias.ec/noticias/jugada/la-nueva-tribuna-del-estadio-jocay-se-inaugurara-en-enero-de-2020/>

Se usaron gradas prefabricadas, pero de alta resistencia y actualmente sigue en proceso constructivo.



Ilustración 25. Sistema de pórticos y pilotes para soportar las nuevas gradas de la tribuna del Estadio Jocay de Manta. Recuperado de : <https://www.primicias.ec/noticias/jugada/la-nueva-tribuna-del-estadio-jocay-se-inaugurara-en-enero-de-2020/>

3.7 Yacht Club – Manta

3.7.1 Descripción de la estructura

Estos escenarios deportivos se encuentran ubicados principalmente junto al mar y es usado para realizar deportes acuáticos, principalmente por los dueños de yates y embarcaciones pequeñas ya que cuenta con su propio muelle, también dentro de sus instalaciones cuenta con áreas sociales como un edificio para eventos, restaurante, parques, canchas de fútbol y tenis, etc.

Este escenario deportivo sufrió daños estructurales y arquitectónicos por el sismo del 16 de abril del 2016 quedando parcialmente operativo después del sismo.



Ilustración 26. Yacht Club de Manta. Recuperado de : <https://es.foursquare.com/v/manta-yacht-club/4bcc5f890687ef3b5b15dfcc?openPhotoId=516b0b0fe4b056efa176d5d7>

El edificio principal sufrió daños arquitectónicos como desprendimiento del concreto en las paredes, así como también se evidenció grietas considerables en las paredes dejando las columnas expuestas donde se puede apreciar el acero de refuerzo.

El área del suelo junto al edificio principal presentó grietas profundas, esta edificación no sufrió daños estructurales sin embargo dejó de operar por motivos de seguridad.



Ilustración 27. Daños en el edificio principal del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

El área del muelle sufrió daños en el piso los tablonces se deformaron, otros sufrieron grietas y en algunas áreas colapsaron.



Ilustración 28. Daños en el muelle del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.



Ilustración 29. Daños en el muelle del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

La rampa de acceso y salida de los yates y botes colapsó totalmente, los pilares de la rampa sufrieron daños estructurales considerables.



Ilustración 30. Daños en la rampa de acceso de botes del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

La edificación del área de la cocina presentó daños estructurales como roturas por corte en vigas, desacople de la unión entre viga-columna dejando el acero de refuerzo expuesto.



Ilustración 31. Daños en vigas del área de la cocina del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.



Ilustración 32. Desacople de la unión viga-columna del área de la cocina del Yacht Club de Manta. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

También se evidencio el colapso parcial y grietas de una de las paredes del edificio principal dejando la columna totalmente expuesta.



Ilustración 33. Daños en del edificio principal colapso parcial de la pared del Yacht Club de Manta 2020

3.8 Yacht Club – Bahía de Caráquez

3.8.1 Descripción de la estructura

Estos escenarios deportivos se encuentran ubicados principalmente junto al mar y es usado para realizar deportes acuáticos, principalmente por los dueños de yates y embarcaciones pequeñas ya que cuenta con su propio muelle, también dentro de sus instalaciones cuenta con áreas sociales como un edificio para eventos, restaurante, parques, canchas de fútbol y tenis, etc.

Este escenario deportivo sufrió daños arquitectónicos en la edificación principal, el área social como el área de las oficinas presentaron daños estructurales.

La rampa de acceso y salidas de botes colapso debido a los daños en sus pilares, así como también se evidencio daños en las paredes del cerramiento, la piscina fue demolida debido a los daños estructurales que presentaba.



Ilustración 34. Yacht Club Bahía de Caráquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

La estructura principal donde funcionan varios restaurantes sufrió daños arquitectónicos como fisuras en paredes y fisuras en las paredes del cerramiento.



Ilustración 35. Daños en la edificación principal del Yacht Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

La rampa para acceso y salida de las embarcaciones presentó daños estructurales en la losa y pilares.



Ilustración 36. Daños en la rampa de acceso para los botes del Yacht Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

Después del sismo del 16 de abril del 2016 el área social de Yacht Club de Bahía de Caraquez quedo destruida por esta razón entró en proceso de demolición, en la actualidad se encuentra un terreno compactado cubierto con arena de playa.

Este escenario deportivo dejo de funcionar después del sismo ya que no cuenta con las instalaciones necesarias para las actividades acuáticas, solo el area de restaurantes sigue operando con normalidad.



Ilustración 37. Área social Yacht Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

3.9 Tenis Club – Bahía de Caráquez

3.9.1 Descripción de la estructura

Este escenario deportivo resulto con daños arquitectónicos y estructurales después del sismo del 16 de abril del 2016, la edificación del área social para realizar eventos presentó daños estructurales, las canchas de tenis registraron grietas considerables.

El gimnasio y el área de las piscinas no sufrieron daños estructurales ni arquitectónicos, este escenario deportivo después del sismo continuó operando de manera parcial, actualmente se encuentra en proceso de reconstrucción.

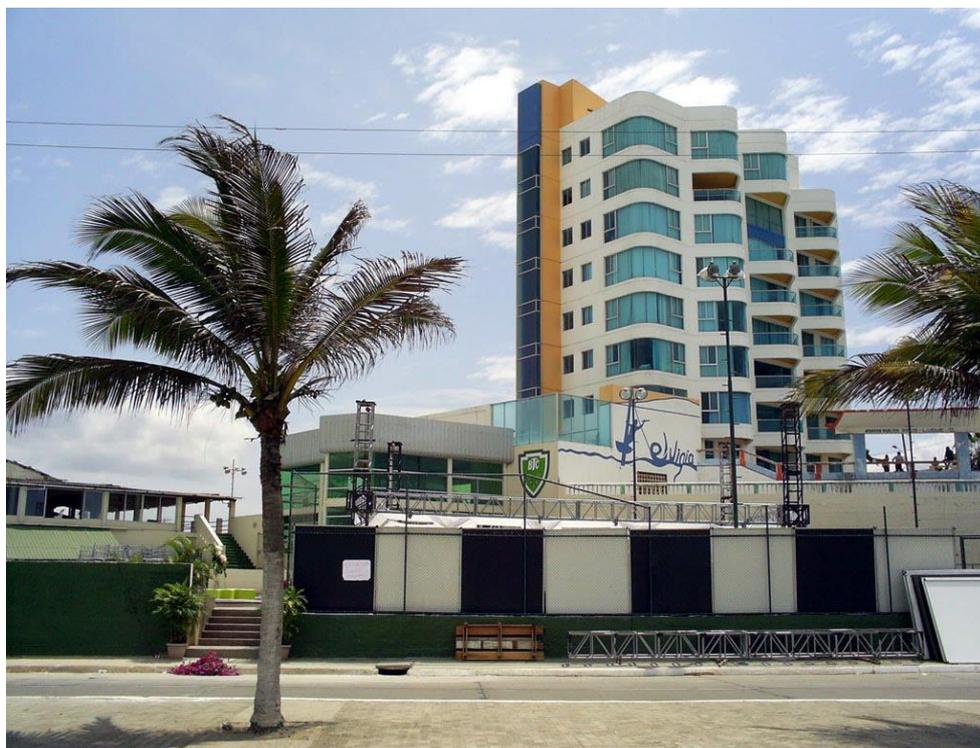


Ilustración 38. Bahía Tenis Club. Recuperado de: <https://mapio.net/pic/p-44038577/>.

Desprendimiento de concreto en columnas de la entrada principal.



Ilustración 39. Daños en la entrada principal del Tenis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

Daños en las canchas de tenis también se registraron daños en las paredes del cerramiento como fisuras y desprendimiento de concreto en columnas.



Ilustración 40. Daños en las canchas de tenis del Tenis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.



Ilustración 41. Daños en las canchas de tenis y cerramiento del Tenis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.



Ilustración 42. Daños en cerramiento del Tenis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

No se registraron daños estructurales ni arquitectónicos en el área social como la piscina y el área donde se encuentra el gimnasio, después del sismo estas áreas siguieron operando con normalidad.



Ilustración 43. Área social del Tenis Club de Bahía de Caraquez. Fuente: Carlos Reyna Ochoa 2020.

4 CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1 Descripción del estudio

Mediante la recopilación de la información de los sismos que han afectado al territorio del Ecuador a partir de 1997, se procedió a realizar un análisis de los daños tanto estructurales como no estructurales que sufrieron las estructuras especiales en este caso los escenarios deportivos de las provincias de Manabí y Esmeraldas usando los distintos canales de información para estudiar y medir los efectos de estos fenómenos naturales.

Se procede a clasificar los escenarios deportivos para su estudio con la información anteriormente recopilada, analizar las zonas donde se encuentran estas estructuras y los efectos sísmicos sobre las mismas de esta manera poder evaluar los parámetros de diseño sismo resistente que constan en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 en el capítulo de Peligro Sísmico.

Con la ayuda de la Norma NEC-15 se procede a la elaboración de los espectros de diseño de las Curvas de Peligro Sísmico de esta manera se determina los PGA (aceleraciones en roca) para las distintas estructuras especiales seleccionadas determinando el tipo de sismo: Sismo Frecuente, Sismo Ocasional, Sismo Raro y Sismo Muy Raro, que dependen del tipo de suelo (A, B, C, D, E, F) NEC-15 donde se encuentran construidas estas estructuras, el factor Z que se lo obtiene mediante los espectros de las Curvas de Peligro Sísmico NEC-15.

Para los registros de las aceleraciones del suelo durante los movimientos sísmicos se los obtuvo de la red de estaciones del Instituto Geofísico Nacional (IGN), esta información se relacionó con el cálculo de los periodos de vibración de las estructuras especiales.

Con esta información se procede a establecer el tipo de sismo que afecto a las estructuras especiales seleccionadas y si su desempeño frente a un sismo determinado cumple o no con los parámetros de diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015) a su vez proponiendo las debidas mejoras.

4.2 Parámetros para el diseño sismo resistente Norma NEC-15

4.2.1 Zona sísmica factor “Z”

Se establece el factor Z para el sitio donde se encuentra construidos los escenarios deportivos, se usa dicho valor que representa la aceleración máxima esperada en roca para el sismo de diseño según la NEC-2015.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 establece que “el mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI” (NEC, 2015).

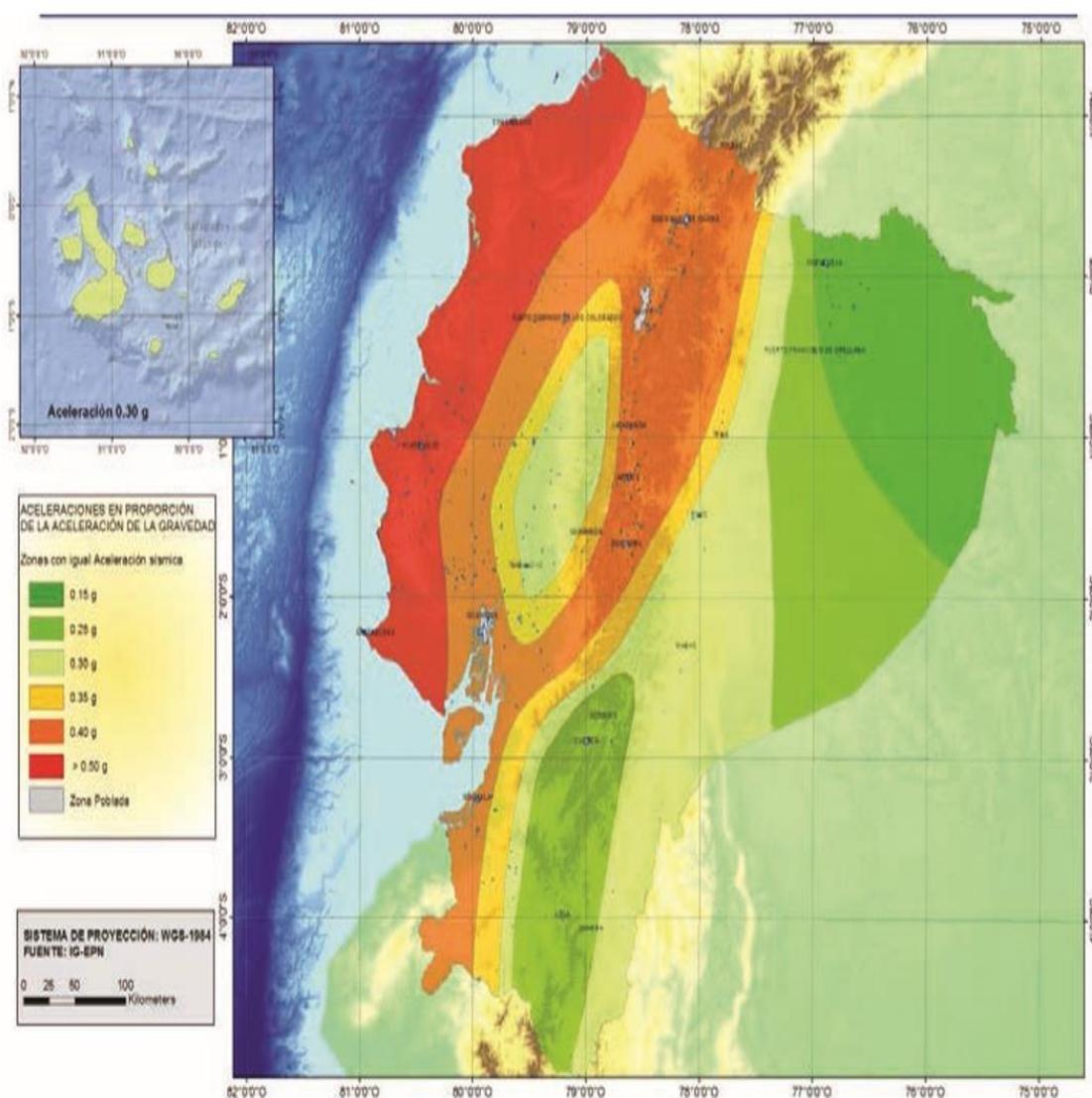


Ilustración 44. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Tabla 2. Valor factor Z en función de la zona sísmica y la ubicación de la estructura.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.2 Curvas de peligro sísmico

Según la Norma NEC-15 detalla que “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” (NEC, 2015).

Así como también “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” (NEC, 2015).

De esta manera “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, 2015).

Dentro de los apéndices que la norma NEC-15 detalla que “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” (NEC, 2015).

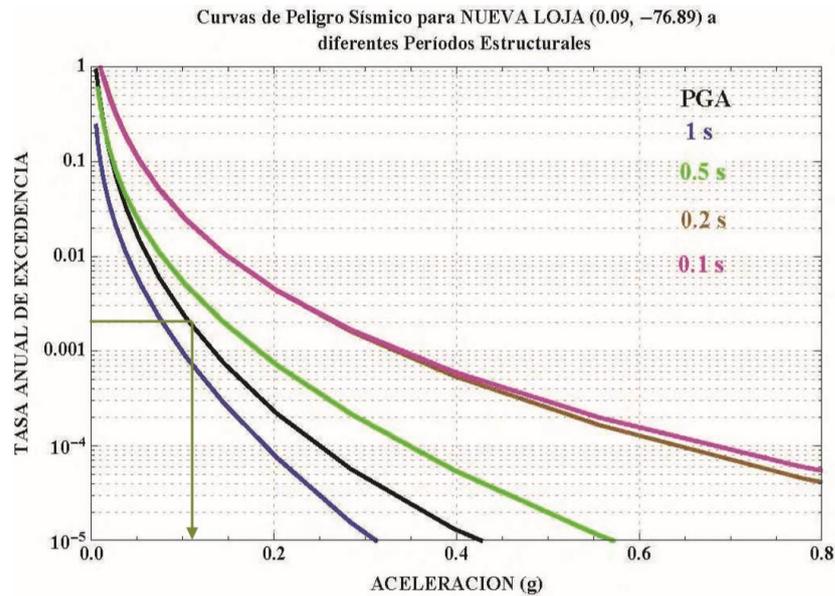


Ilustración 45. Ejemplo curvas de peligro sísmico

4.2.3 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción se definen seis tipos de perfiles de suelo los cuales se detallan a continuación en la Tabla 3 y 4:

Para 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 (NEC, 2015).

Tabla 3. Clasificación del tipo de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Tabla 4. Clasificación del tipo de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. 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 > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 —Arcillas 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 > 30m)	
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia α 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.	

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.4 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

4.2.4.1 Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

En la Tabla 5 “se representan los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio” (NEC, 2015).

Tabla 5. Tipo de suelo y factor de sitio 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	≥0.5
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 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.4.2 Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamiento para diseño en roca

En la Tabla 6 “se representan los valores del coeficiente Fd que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio” (NEC, 2015).

Tabla 6. Tipo de suelo y factor de sitio F_d

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	≥ 0.5
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 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.4.3 F_s : Comportamiento no lineal de los suelos

En la Tabla 7 “se representan 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, 2015).

Tabla 7. Tipo de suelo y factor de sitio F_s

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	≥ 0.5
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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.5 Espectro elástico de diseño en aceleraciones S_a

Para la elaboración del espectro elástico de aceleraciones S_a se debe determinar el factor de zona sísmica Z , el tipo de suelo del sitio de la estructura, los coeficientes de amplificación del suelo F_a , F_d , y F_s (NEC, 2015).

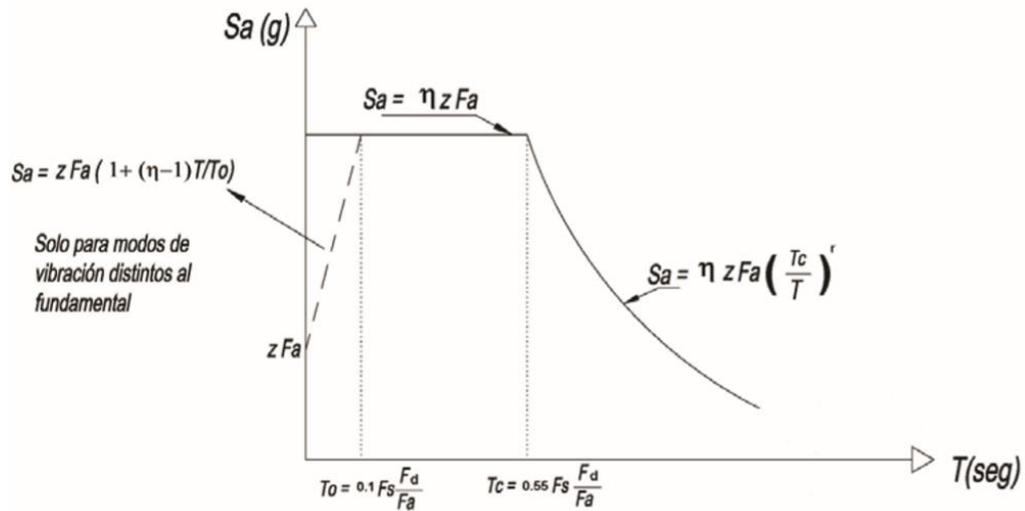


Ilustración 46. Espectro sísmico elástico de aceleraciones. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

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
- S_a 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
- T_0 Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- T_c 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

Ilustración 47. Parámetros para el diseño del espectro de aceleración. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Para la construcción de “dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural **T** pertenecientes a 2 rangos” (NEC, 2015) detallados a continuación:

$S_a = \eta Z F_a$	para $0 \leq T \leq T_c$
$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$	para $T > T_c$
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.
S_a	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
T_c	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

Ilustración 48. Ecuaciones y parámetros para el cálculo de S_a dependiendo del rango T . Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Para la determinación de los factores η se debe tener en cuenta que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores (NEC, 2015):

- $\eta = 1.80$: Para las provincias de la Costa (excepto Esmeraldas).
- $\eta = 2.48$: Para las provincias de la Sierra , Esmeraldas y Galápagos .
- $\eta = 2.60$: Para las provincias del Oriente.

Fuente : NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Para el cálculo de los límites del periodo de vibración T_C y T_L se los obtiene de las siguientes ecuaciones (NEC, 2015):

- $T_C = 0.55 F_S \frac{F_d}{F_a}$
- $T_L = 2.4 F_d$

Donde:

- T_C = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representan el sismo de diseño.
- T_L = Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos.

Fuente : NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Para análisis dinámico y evaluar la repuesta de los modos de vibración diferentes al fundamental, el valores de S_a para valores de vibración menores a T_0 se debe evaluar con la siguiente ecuación (NEC, 2015):

- $S_a = Z F_a [1 + (\eta - 1) \frac{T}{T_0}]$ para $T \leq T_0$
- $T_0 = 0.10 F_S \frac{F_d}{F_a}$

Donde:

- T_0 = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representan el sismo de diseño.
- Z = Aceleración máxima en roca esperada para el diseño, expresada como fracción de la aceleración g.

Fuente : NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.6 Espectro elástico de diseño de desplazamientos

Para el diseño de los “desplazamientos espectrales elásticos correspondientes al sismo de diseño se debe utilizar el siguiente espectro elástico de diseño de desplazamientos S_d (en metros) definido a partir del espectro de aceleraciones, mediante las siguientes ecuaciones” (NEC, 2015).

$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$	para	$0 \leq T \leq T_L$
$S_d = S_a(g) \cdot (T_L/2\pi)^2$	para	$T > T_L$
Dónde:		
g	Aceleración de la gravedad	
S_d	Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del período o modo de vibración de la estructura	

Ilustración 49. Ecuaciones para el cálculo del espectro elástico de desplazamientos. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Donde los valores de los periodos límite T_0 , T_C y T_L son los mismos que fueran definidos para el espectro elástico de aceleraciones (NEC, 2015):

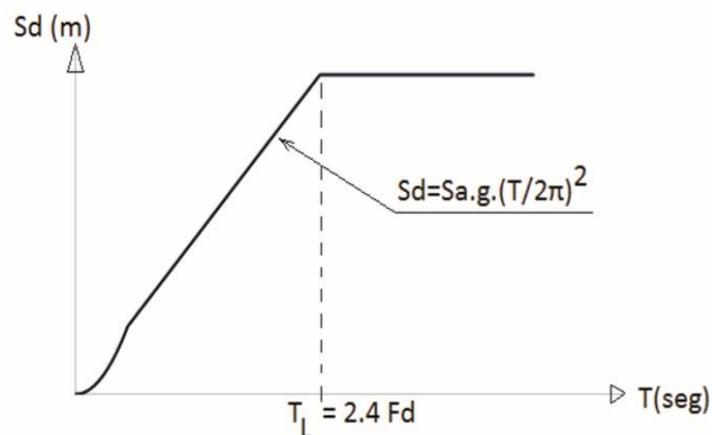


Ilustración 50. Espectro sísmico elástico de desplazamiento para diseño. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.7 Deriva máxima

Para determinar la deriva máxima de la estructura se necesita conocer el espectro de desplazamiento S_d y la altura H del edificio mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta m = 0.75 * \frac{S_d}{H}$$

Los valores de deriva máxima para cualquier tipo no deben exceder los límites de deriva inelástico establecidos por la NEC-15

Tabla 8. Límites para derivas máximas.

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.8 Estructuras de ocupación especial

Según la NEC-15 establece que “para estructuras de ocupación especial es necesario la verificación del desempeño estructural, se deberá limitar los daños estructurales buscando elevar el nivel de protección y proponiendo a que las estructuras puedan mantenerse operacionales aun después de la ocurrencia del sismo de diseño” (NEC, 2015).

4.2.9 Niveles de amenaza sísmica

La verificación de desempeño se hace para los siguientes niveles de amenaza sísmica detallados a continuación (NEC, 2015):

Tabla 9. Niveles de amenaza sísmica.

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno T_r (años)	Tasa anual de excedencia ($1/T_r$)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro* (extremo)	2%	2 500	0.00040

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Para el caso de estructuras de ocupación especial se deberá verificar un correcto desempeño sísmico en el rango elástico para:

- No-colapso (nivel de prevención de colapso) ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno (probabilidad anual de excedencia 0.00004) (NEC, 2015).

Tabla 10. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.2.10 Cálculo del periodo de vibración T

Para la determinación del periodo de la estructura la norma NEC-15 establece que “el período de vibración aproximativo de la estructura T, para cada dirección principal, será estimado a partir de uno de los 2 métodos descritos” (NEC, 2015).

De esta manera se establece que “el valor de T obtenido al utilizar estos métodos es una estimación inicial razonable del período estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura y realizar su dimensionamiento” (NEC, 2015).

A continuación, se detalla el Método 1 a usarse para estructuras de edificación en donde el valor T se determina de manera aproximada mediante la siguiente ecuación:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Dónde:

C_t Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

T Período de vibración

Ilustración 51. Ecuación y parámetros para el cálculo del período vibración T. Recuperado de: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Tabla 11. Parámetros de C_t y Alfa.

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

4.2.11 Coeficiente R sistema dúctiles

Se seleccionar uno de los valores según el tipo de estructura para el coeficiente R establecido por la norma NEC-15:

Tabla 12. Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Tabla 13. Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Tabla 14. Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles.

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

4.3 Caracterización del tipo de suelo de las estructuras seleccionadas

La caracterización del suelo ayuda a determinar en qué tipo de suelo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) en su capítulo de Peligro Sísmico se encuentra cada escenario deportivo a analizarse, el tipo de suelo puede ser: A, B, C, D, E, F.

Usando el documento de la Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE) “Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez” (García & Haro, 2017) donde se detalla el rango de las ondas de corte Vs30 y con la ayuda de la herramienta satelital Google Maps para encontrar la ubicación exacta de la estructura donde se asienta se procede a determinar el tipo de suelo para cada estructura a analizarse.

En el caso de Esmeraldas no existe un mapa de caracterización del tipo de suelo mediante ondas de corte Vs30 así que se lo determino mediante la geología local de la zona y otras fuentes de información del suelo donde se encuentra asentada la estructura a analizarse.

Usando esta metodología se pudo determinar el tipo de suelo para los siguientes escenarios deportivos detallados a continuación:

- Estadio Jocay - Manta
- Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo
- Estadio Folke Anderson – Esmeraldas
- Yacht Club – Manta
- Yacht Club – Bahía de Caráquez
- Tenis Club – Bahía de Caráquez
- Ciudad Deportiva la California – Portoviejo

4.3.1 Tipo de suelo del Estadio Jocay – Manta

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del mapa “Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 – Manta” se encuentra en el rango de 258.3-287.1 m/s, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

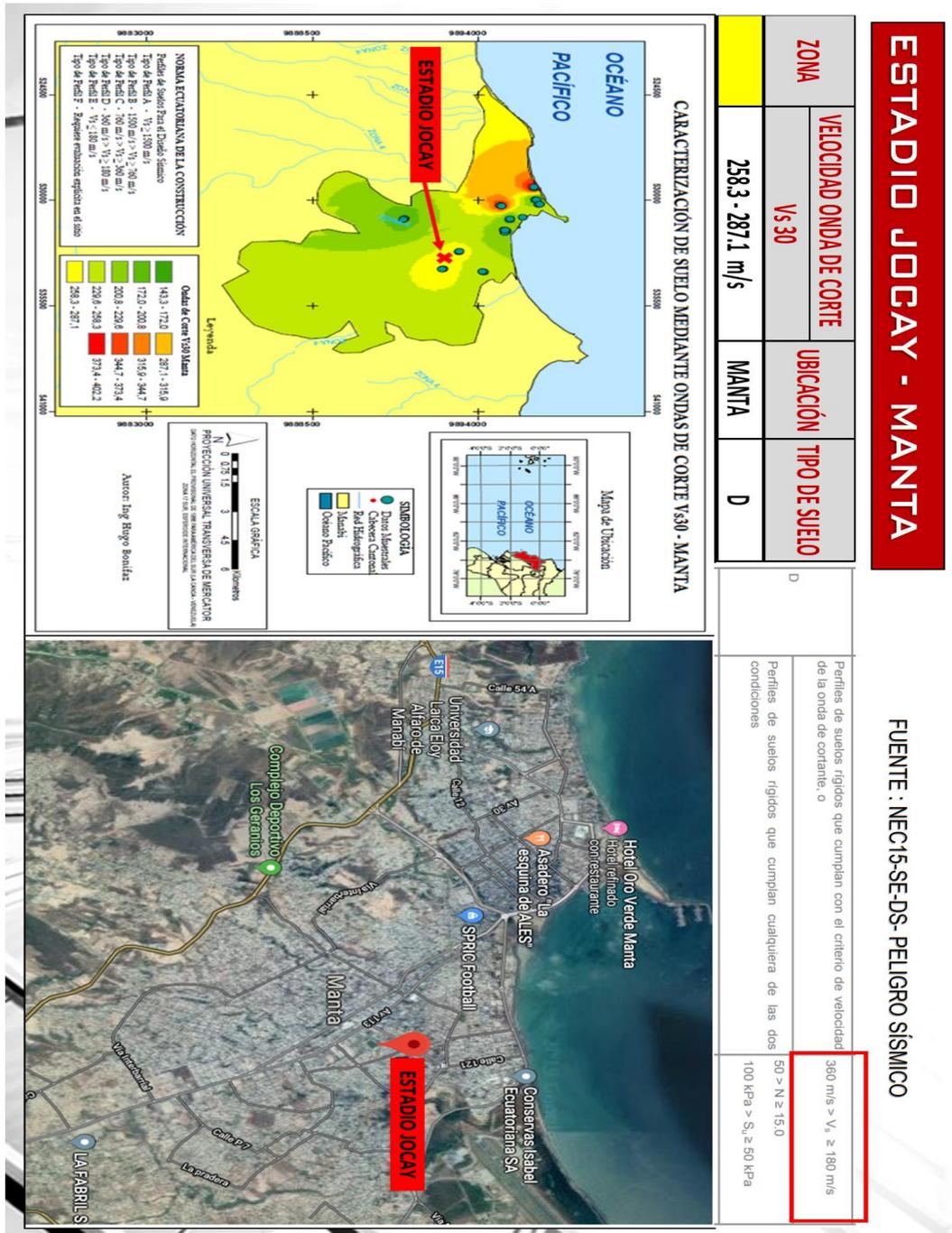


Ilustración 52. Caracterización del tipo de suelo del Estadio Jocay-Manta. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps, .

4.3.2 Tipo de suelo del Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del mapa “Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 – Portoviejo” se encuentra en el rango de 237-252 m/s, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

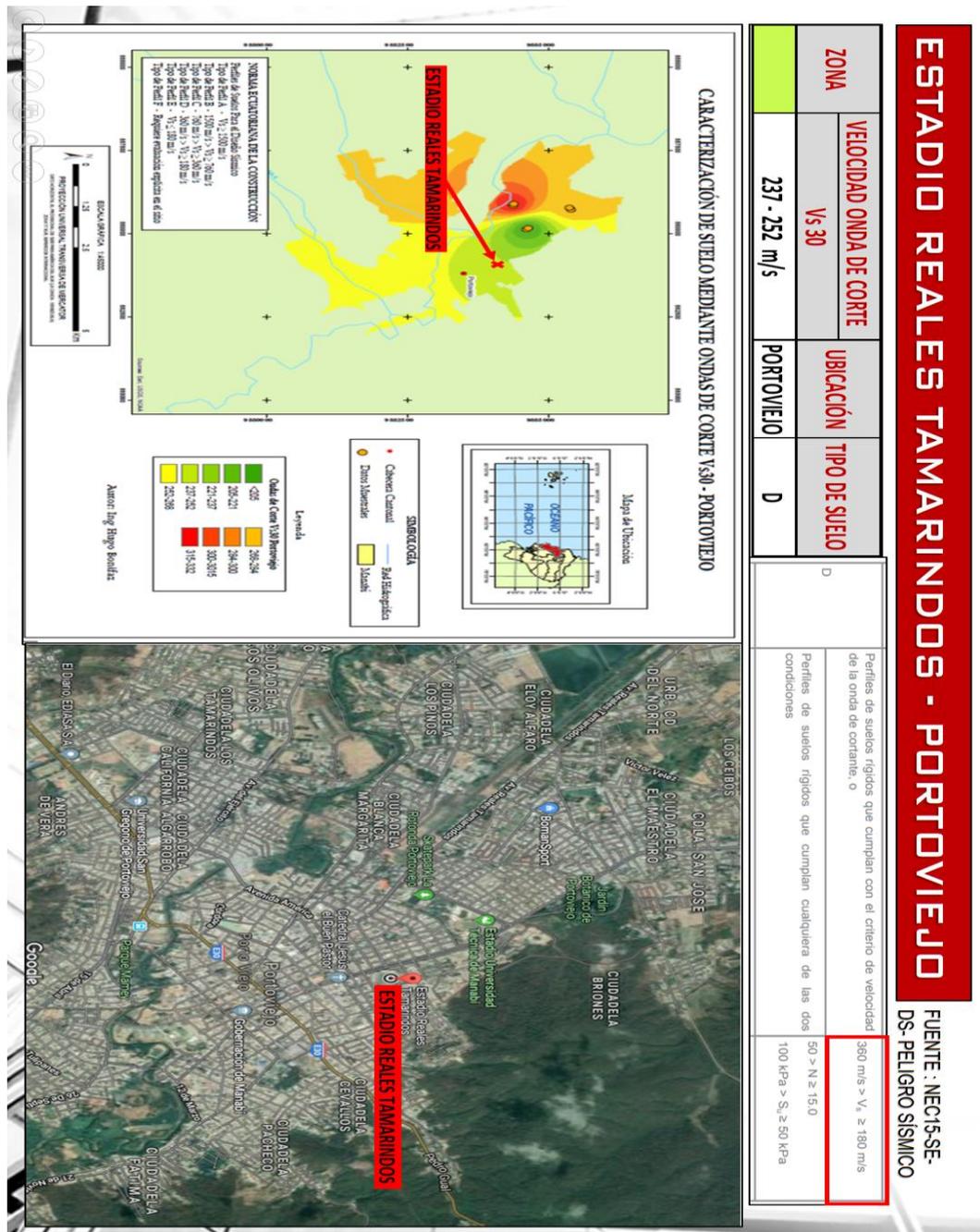


Ilustración 53. Caracterización del tipo de suelo del Estadio Reales Tamarindos-Portoviejo. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.

4.3.3 Tipo de suelo del Estadio Folke Anderson – Esmeraldas

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del “Mapa Geológico Provincia de Esmeraldas” se encuentra sobre arcillas blandas con un espesor mayor a 3m, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo E.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

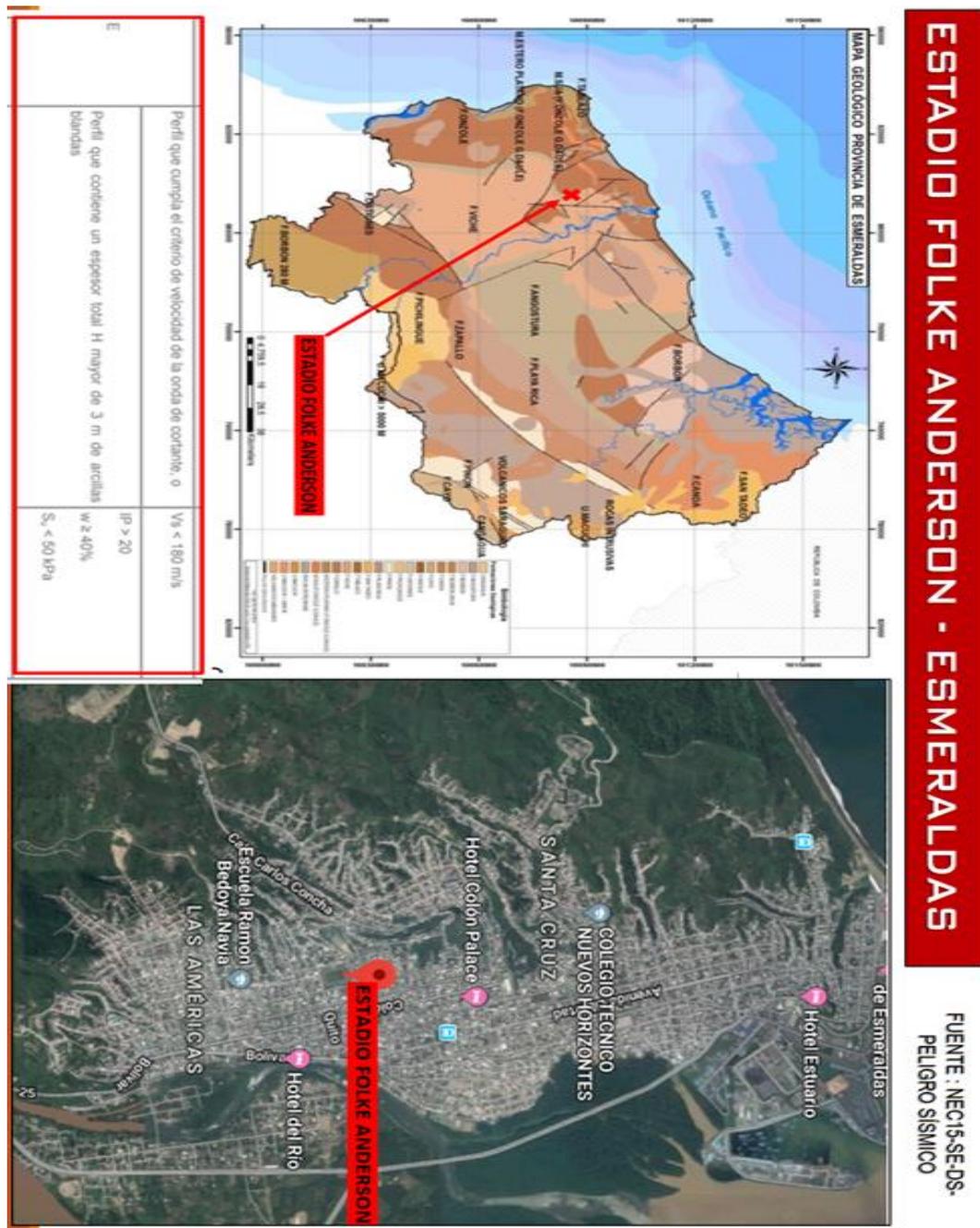


Ilustración 54. Caracterización del tipo de suelo del Estadio Folke Anderson -Esmeraldas. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.

4.3.4 Tipo de suelo del Yacht Club – Manta

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del mapa “Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 – Manta” se encuentra en el rango de 229.6-258.3 m/s, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

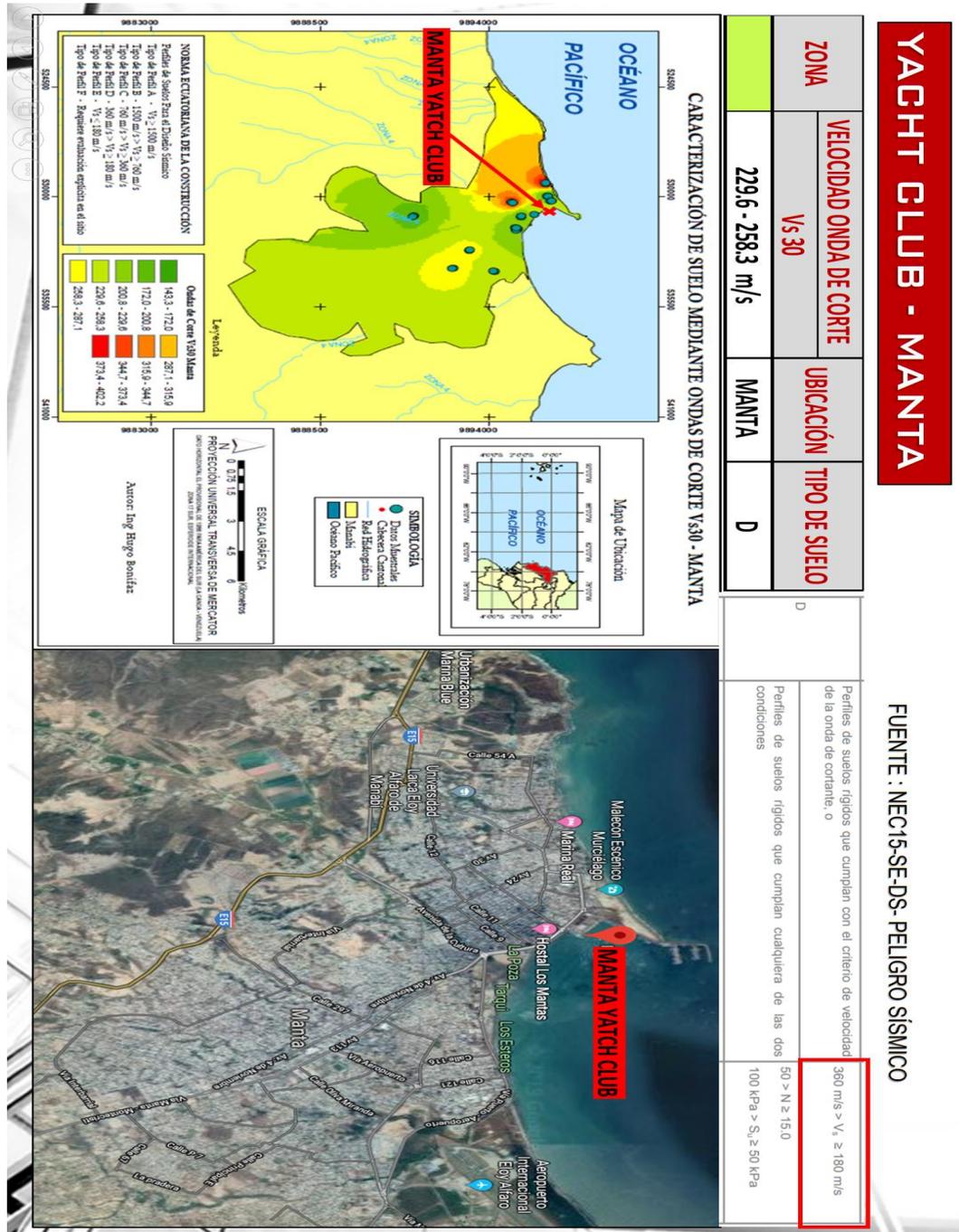


Ilustración 55. Caracterización del tipo de suelo del Yacht Club-Manta. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.

4.3.5 Tipo de suelo del Yacht Club – Bahía de Caráquez

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del mapa “Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 – Bahía de Caráquez” se encuentra en el rango de 268-284 m/s, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

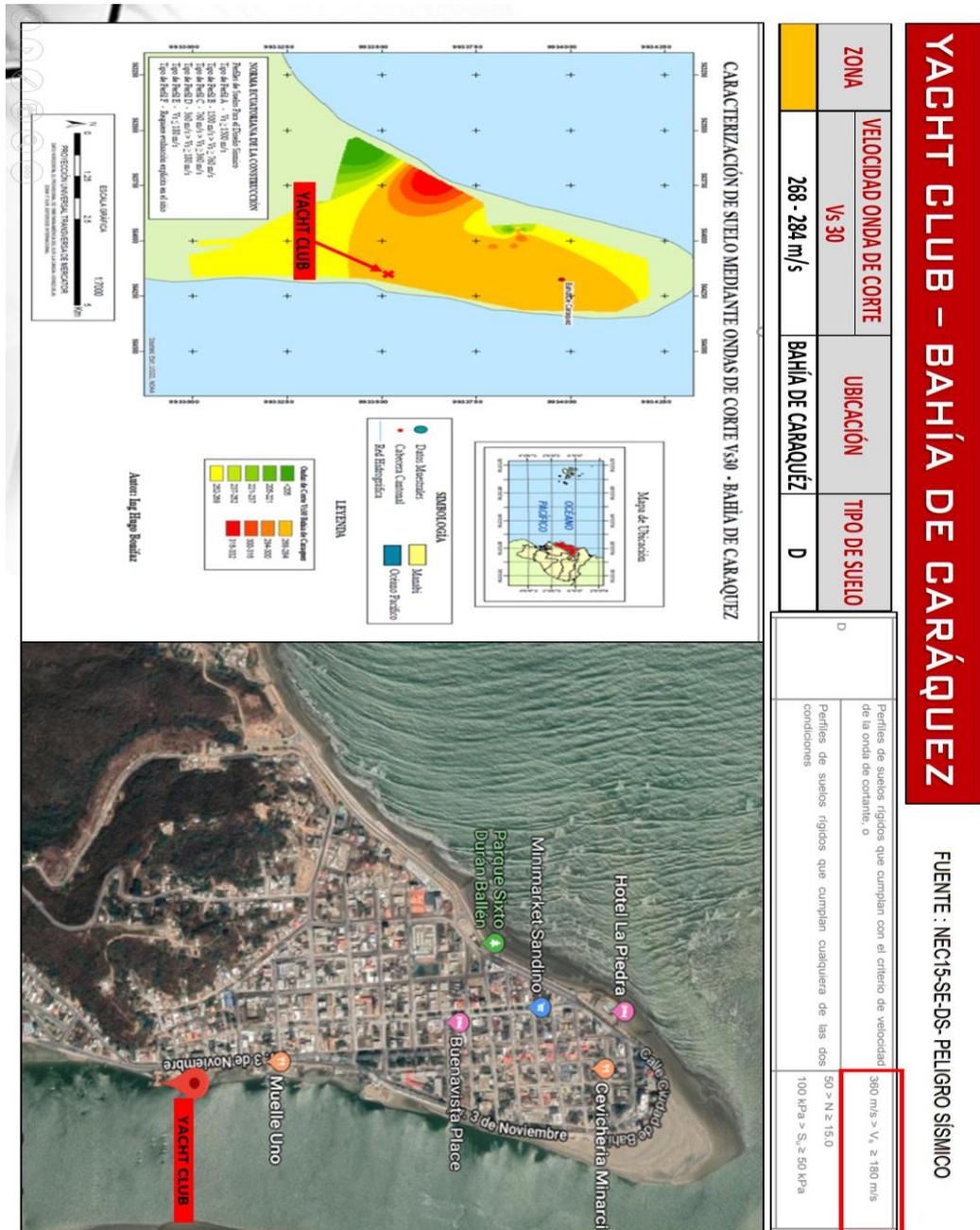


Ilustración 56. Caracterización del tipo de suelo del Yacht Club-Bahía de Caráquez. Fuentes: NEC15-SE-DS- Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.

4.3.6 Tipo de suelo del Tenis Club – Bahía de Caráquez

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del mapa “Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 – Bahía de Caráquez” se encuentra en el rango de 316-332 m/s, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

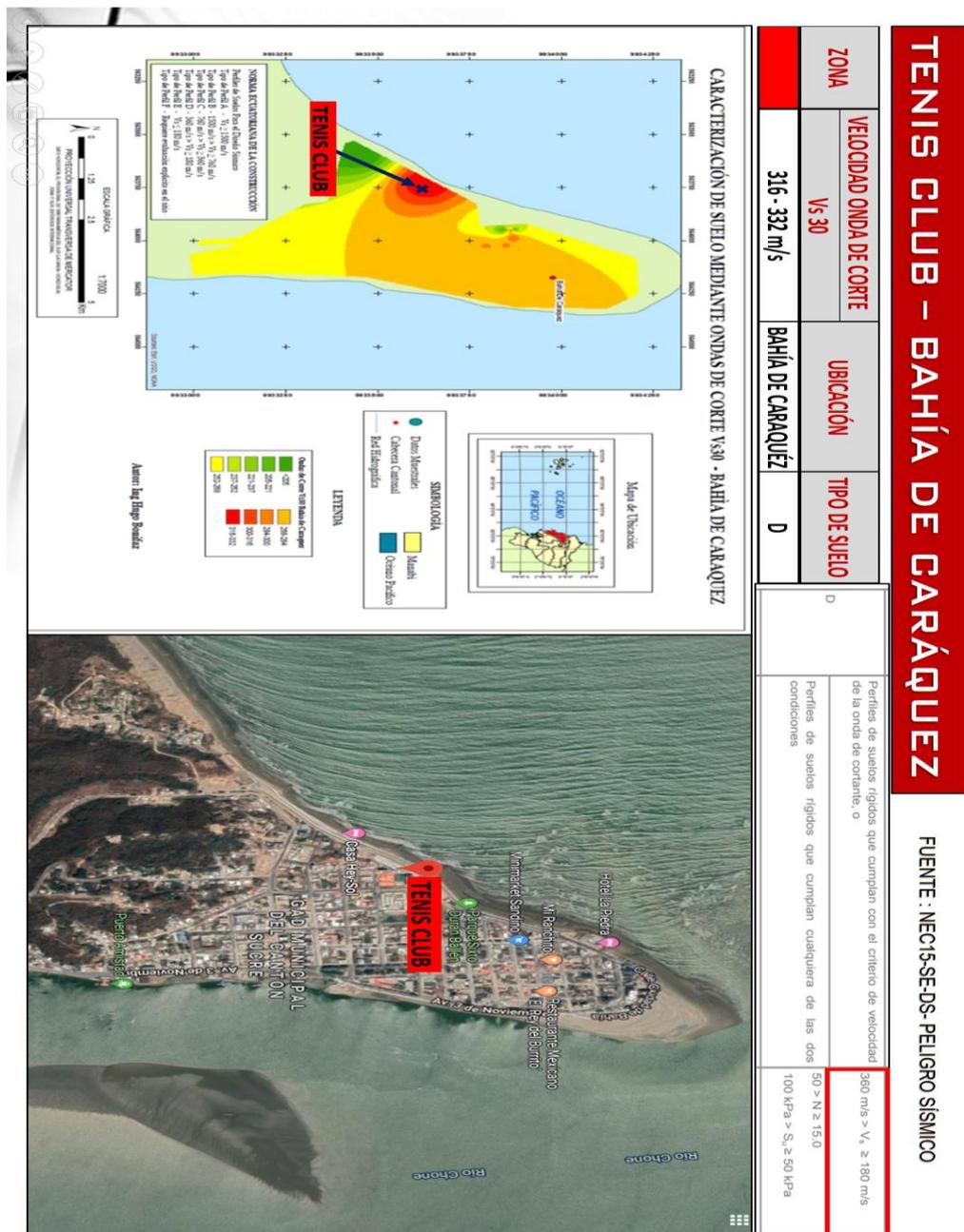


Ilustración 57. Caracterización del tipo de suelo del Tenis Club-Bahía de Caráquez. Fuentes: NEC15-SE-DS- Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.

4.3.7 Tipo de suelo de la Ciudad Deportiva la California – Portoviejo

Este escenario deportivo según su ubicación en la zona del mapa “Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 – Portoviejo” se encuentra en el rango de 268-284 m/s, mediante los parámetros de la Tabla 4 del capítulo IV del presente estudio se determina que la estructura se encuentra sobre un suelo: Tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

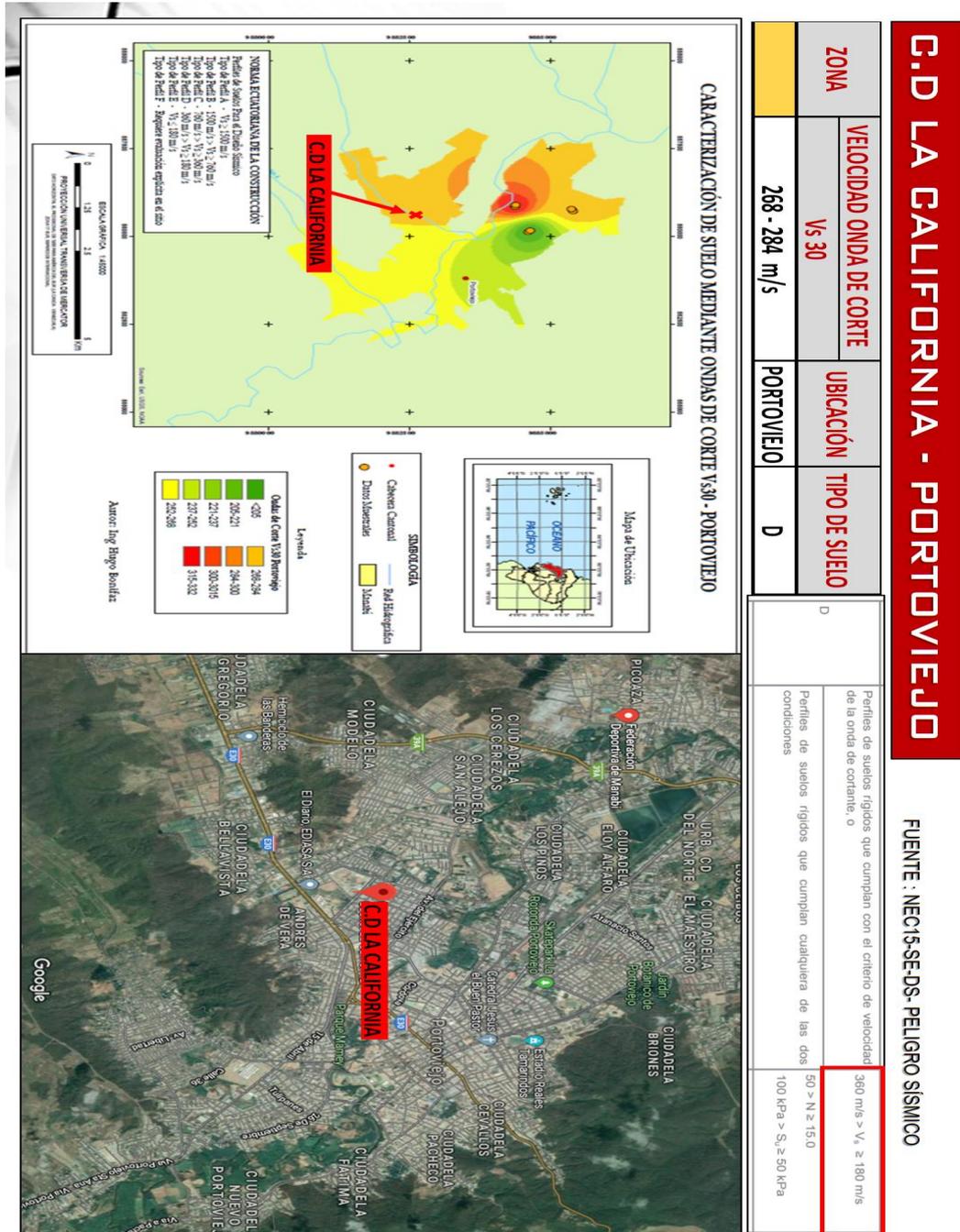


Ilustración 58. Caracterización del tipo de suelo de la Ciudad Deportiva la California-Portoviejo. Fuentes: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico, ESPE, Google Maps.

4.3.8 Resultado caracterización del tipo de suelo de las estructuras seleccionadas

Tabla 15. Tipo de suelo de las estructuras seleccionadas.

Nº	ESTRUCTURA	CIUDAD	TIPO DE SUELO
1	ESTADIO FOLKE ANDERSON	ESMERALDAS	E
2	ESTADIO REALES TAMARINDOS	PORTOVIEJO	D
3	CIUDAD DEPORTIVA LA CALIFORNIA	PORTOVIEJO	
4	ESTADIO JOCAJ	MANTA	
5	YACHT CLUB	MANTA	
6	TENIS CLUB	BAHÍA DE CARÁQUEZ	
7	YACHT CLUB	BAHÍA DE CARÁQUEZ	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

4.4 Registros de la red de acelerógrafos del Ecuador

El Instituto Geofísico detalla que “la red nacional de acelerógrafos del instituto geofísico (RENAC) consta actualmente con 82 acelerógrafos digitales que funcionan como estaciones de grabación en el sitio” (Geofísico I. , 2014). A continuación, se detalla la distribución espacial de 15 acelerogramas que corresponden a las estaciones y sus registros durante el sismo del 16 de abril del 2016:

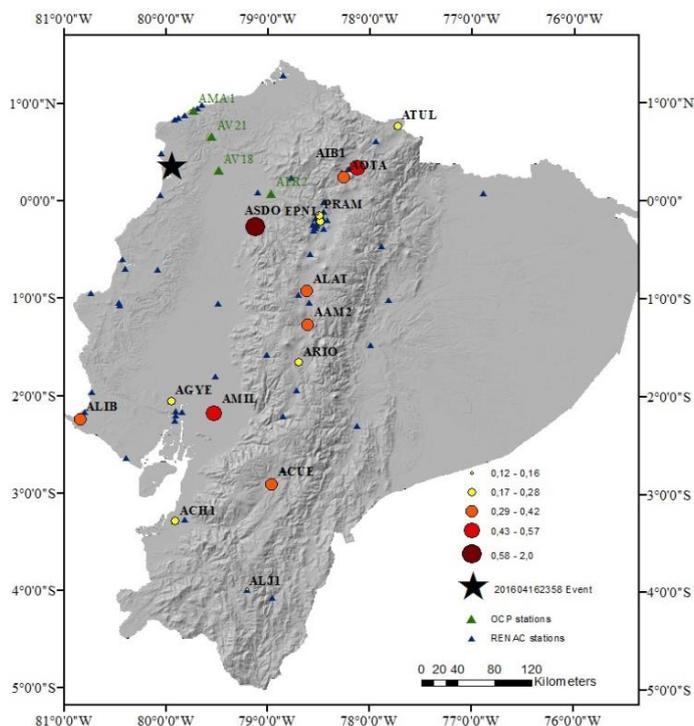


Ilustración 59. Distribución espacial de las estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos. Recuperado de: <http://www.igepn.edu.ec/1323-informe-sismico-especial-n-17-2016.html>.

En este informe que emitió el Instituto Geofísico del sismo del 16 de abril del 2016 detalla que “ se muestran los acelerogramas para las tres componentes (Norte, Este y Vertical) de cada estación que contiene la máxima amplitud (PGA) la máxima aceleración registrada es de 108.84 cm/s² en la estación ASDO, los acelerogramas están ordenados de acuerdo a la distancia epicentral del sismo” (Instituto Geofísico , 2016).

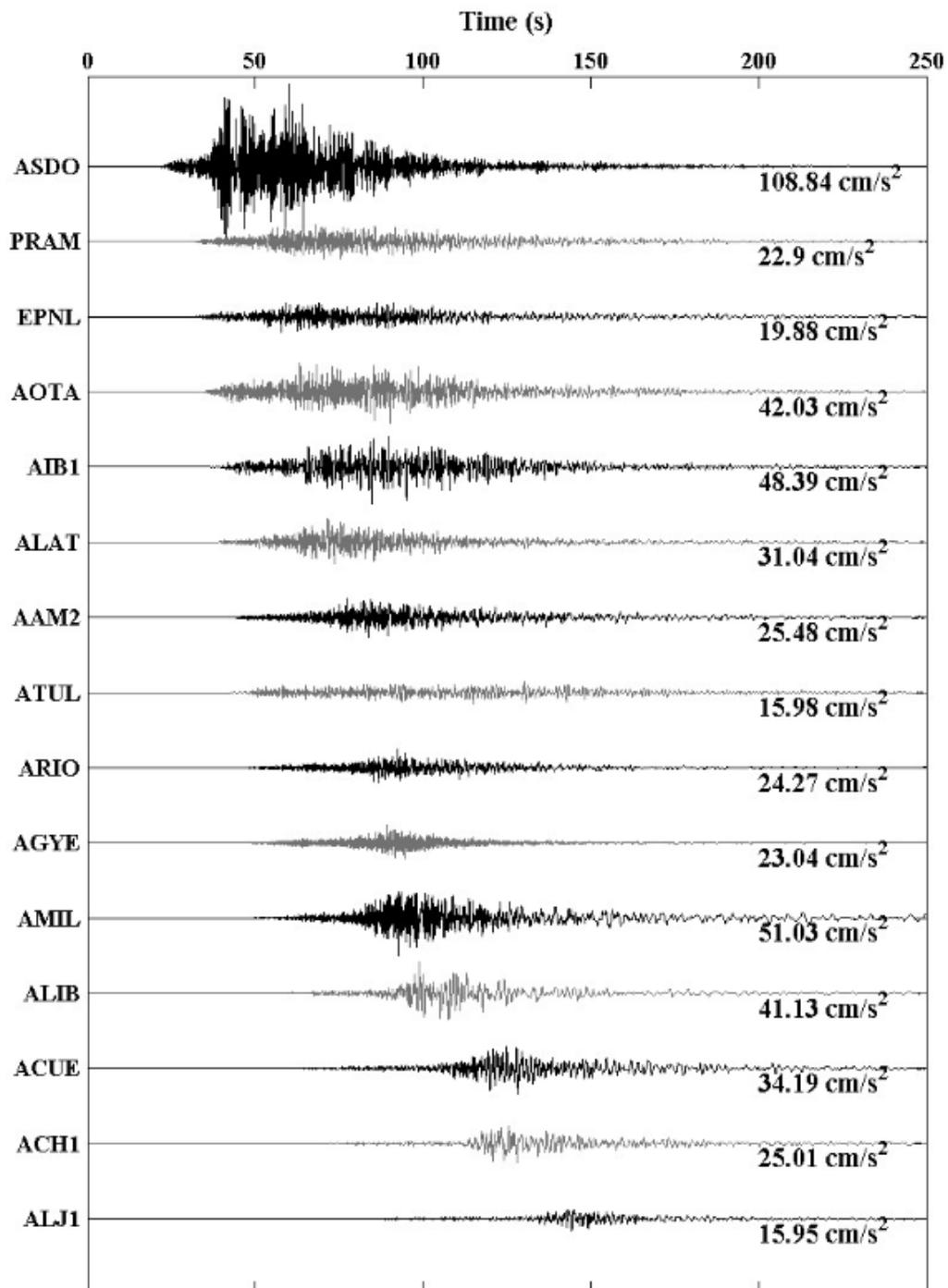


Ilustración 60. Acelerogramas del terremoto del 16 de abril del 2016. Recuperado de: www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html

También este reporte del Instituto Geofísico muestra “ el espectro de respuesta de aceleración con el 5% de amortiguamiento [SA] para las tres componentes ortogonales” (Instituto Geofísico , 2016). Detallados a continuación:

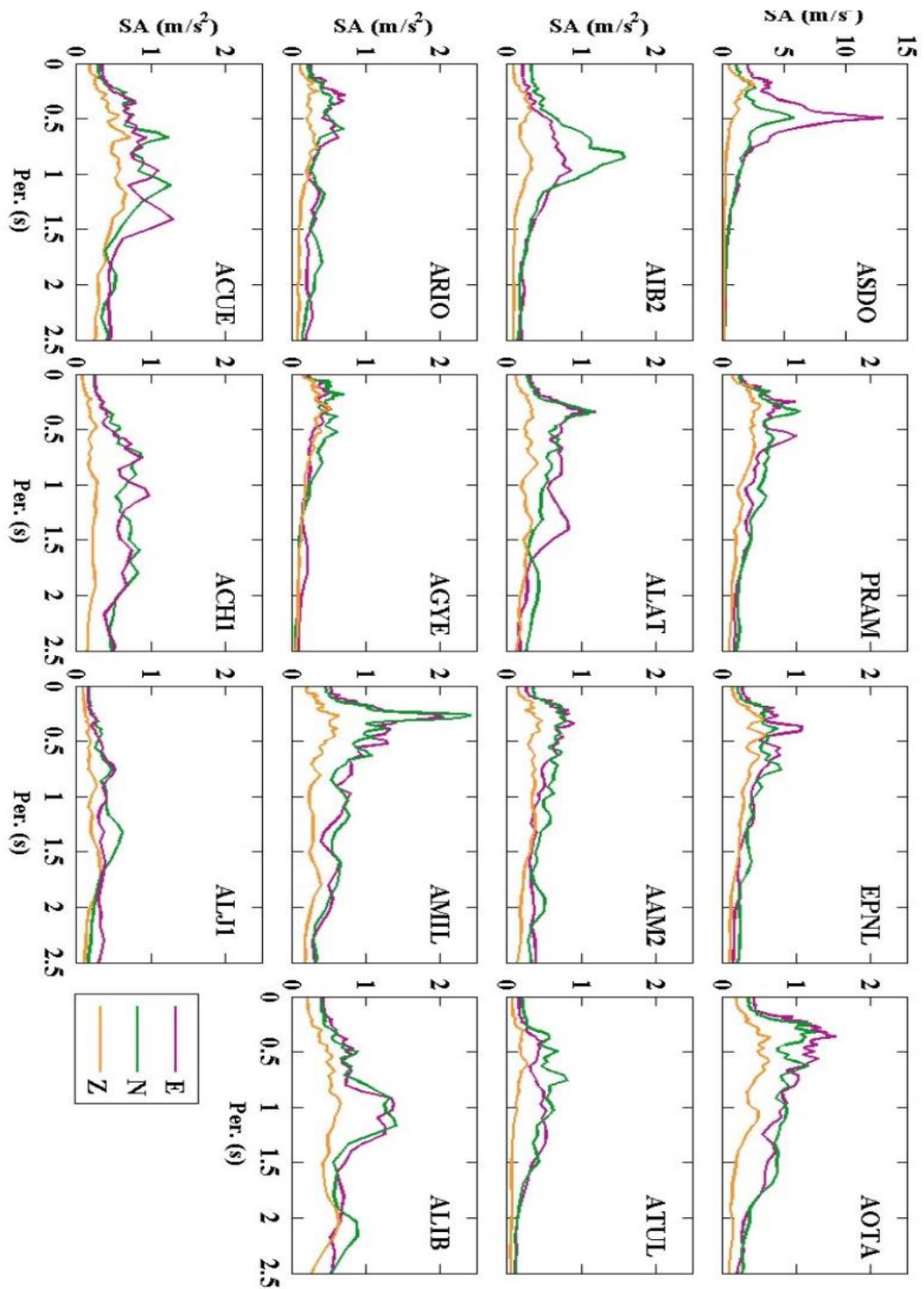


Ilustración 61. Espectros de respuesta de aceleración. Recuperado de: <http://www.igepn.edu.ec/1323-informe-sismico-especial-n-17-2016.html>.

4.4.1 Ubicación de las estaciones de acelerógrafos

Según el paper GEER-ATC Mw7.8 ECUADOR 4/16/16 EARTHQUAKE RECONNAISSANCE, PART I: SEISMOLOGICAL & GROUND MOTION ASPECTS detalla que “la ubicación de las estaciones con las coordenadas de cada estación, el tipo de instrumento usado para medir las aceleraciones y los valores de la velocidad de onda de corte V_{s30} medidas en m/s” (GEER-ATC, 2017).

Con estos datos la asociación “Geotechnical Extreme Events Reconnaissance (GEER)” usando el método PEER pudo determinar el tipo de suelo sobre el cual se encuentran asentadas las estaciones de acelerógrafos mediante los valores de aceleración en roca (PGA) para las componentes ESTE-OESTE, NORTE-SUR y la componente VERTICAL (GEER-ATC, 2017).

Se usaron estos registros para el presente trabajo de investigación para las ciudades de Manta, Portoviejo y Esmeraldas en el caso de Bahía de Caráquez no cuenta con estación de acelerógrafo por lo que se usaron los registros de Chone por su cercanía los cuales se detallan a continuación en la tabla 16:

Tabla 16. Características de las estaciones de acelerógrafos con los registros de movimiento del suelo sismo del 16 de abril del 2016.

Station	City	Geographic Coordinates		R_{RUP} (km)	V_{S30} (m/s)	PGA (g)		
		Latitude	Longitude			EW	NS	VER
PDNS	Pedernales	0° 6' 39.6" N	79° 59' 27.6" W	21	-	1.034	0.942	0.573
APED	Pedernales	0° 4' 4.8" N	80° 3' 25.2" W	20	342 ^a	1.408	0.83	0.742
AES2	Esmeraldas	0° 59' 27.6" N	79° 38' 45.6" W	51	-	0.154	0.111	0.044
ACHN	Chone	0° 41' 52.8" S	80° 5' 2.4" W	34	200 ^a	0.328	0.371	0.173
APO1	Portoviejo	1° 2' 16.8" S	80° 27' 36" W	73	224 ^a	0.317	0.381	0.105
AMNT	Manta	0° 56' 27.6" S	80° 44' 6" W	76	496 ^a	0.404	0.525	0.162
EPNL	Quito	0° 12' 43.2" S	78° 29' 31.2" W	104	-	0.027	0.02	0.013
AGYE	Guayaquil	2° 3' 14.4" S	79° 57' 7.2" W	155	1800 ^b	0.019	0.024	0.015
AGY1	Guayaquil	2° 15' 3.6" S	79° 54' 36" W	175	178 ^b	0.059	0.065	0.02
AGY2	Guayaquil	-2° 11' 56.4" S	79° 53' 56.4" W	170	101 ^b	0.094	0.098	0.038

Fuente: GEER-ATC Earthquake Reconnaissance 2016, RENAC.

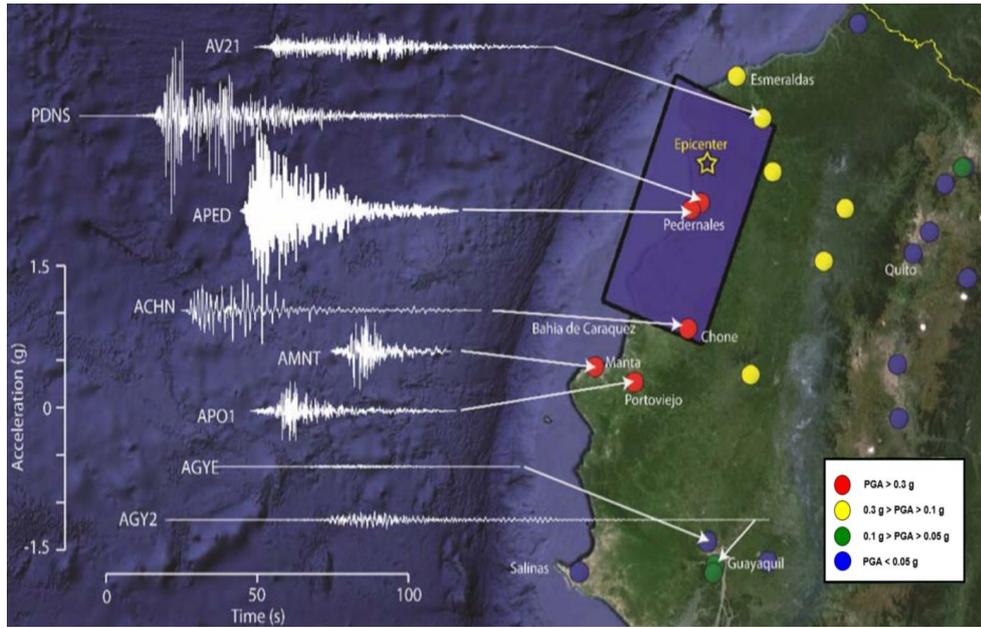


Ilustración 62. Series de tiempo de aceleración de las principales ciudades del Ecuador y sus estaciones codificados por colores por la intensidad del movimiento del suelo en términos de aceleración PGA. Recuperado de: GEER-ATC Earthquake Reconnaissance 2016, RENAC.

4.4.2 Tipo de suelo de las estaciones de acelerógrafos

Para la determinación “del tipo de suelo de las estaciones se usó la clasificación de suelos mediante onda de corte V_{s30} de la NEC-15 en conjunto con los registros de la ASCE 7-10 [16]” (GEER-ATC, 2017), para las ciudades de Manta, Portoviejo, Chone, detallado a continuación en la tabla 17:

Tabla 17. Tipo de suelo y parámetros de las estaciones para el diseño del espectro de aceleración.

Station	Z	Site Class	V_{s30}	η	r	F_a	F_d	F_s
APED	0.5	D	342	1.8	1.0	1.12	1.11	1.40
PDNS	0.5	C	400	1.8	1.0	1.18	1.06	1.23
AMNT	0.5	C	496	1.8	1.0	1.18	1.06	1.23
APO1	0.5	D	224	1.8	1.0	1.18	1.11	1.40
ACHN	0.5	D	200	1.8	1.0	1.12	1.11	1.40
AGY2 ¹	0.4	F	101	1.8	1.5	1.00	1.60	1.90

Fuente: GEER-ATC Earthquake Reconnaissance 2016, RENAC, NEC-15.

Espectros de aceleración en sitio y espectros de diseño según NEC-15 para las estaciones de acelerógrafos en la ciudad de Manta, Portoviejo y Chone considerando los parámetros detallados en la tabla 17:

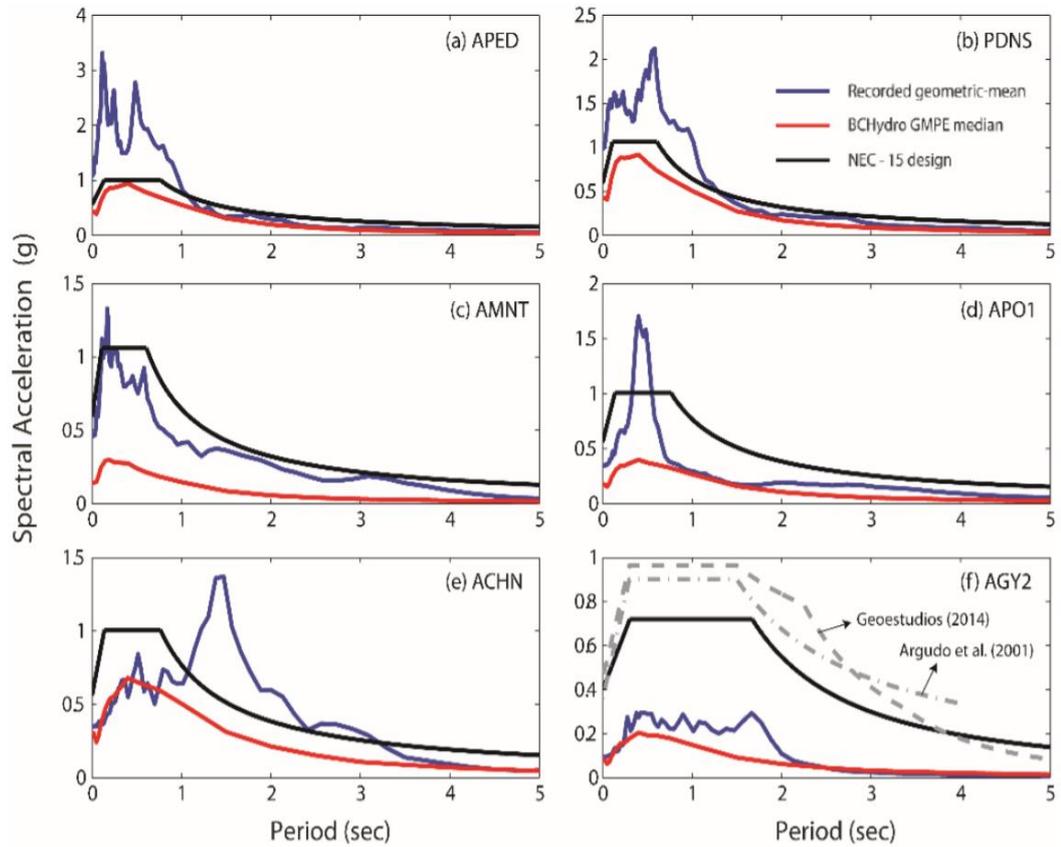


Ilustración 63. Comparación de espectros de aceleración en sitio y espectros de diseño NEC-15 para las estaciones. Recuperado de: GEER-ATC Earthquake Reconnaissance 2016, RENAC, NEC-15.

5 CAPÍTULO V: MEMORIA DE CÁLCULO

5.1 Caracterización del factor Z mediante curvas de peligro sísmico

Se usaron las curvas de peligro sísmico de la NEC-15 para determinar el factor Z para un sismo: Frecuente, ocasional, raro y muy raro, en conjunto con la tasa anual de excedencia de un sismo para estructuras especiales parámetros (Ver tabla 9) obteniendo los valores de aceleración en roca PGA.

Con esta metodología se elaboró el espectro de aceleración para las ciudades capitales de Esmeraldas y Portoviejo, para las ciudades no capitales como Manta y Bahía de Caráquez se utilizó la curva de peligro sísmico de la capital correspondiente a la misma provincia es decir la curva de peligro sísmico de Portoviejo.

Donde se obtuvieron los siguientes resultados para Esmeraldas:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

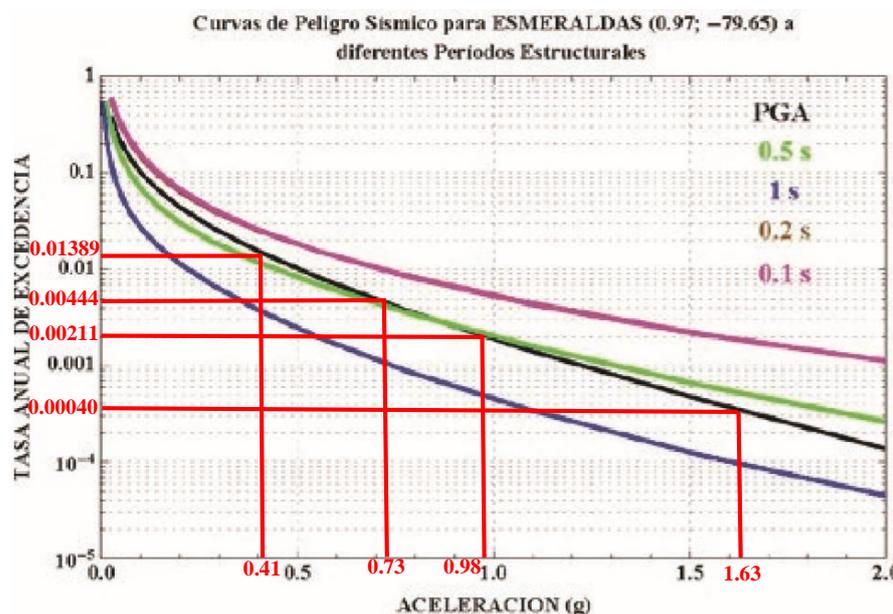


Ilustración 64. Caracterización del factor Z mediante curvas de peligro sísmico para Esmeraldas. Recuperado: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico.

Donde se obtuvieron los siguientes resultados para Portoviejo:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

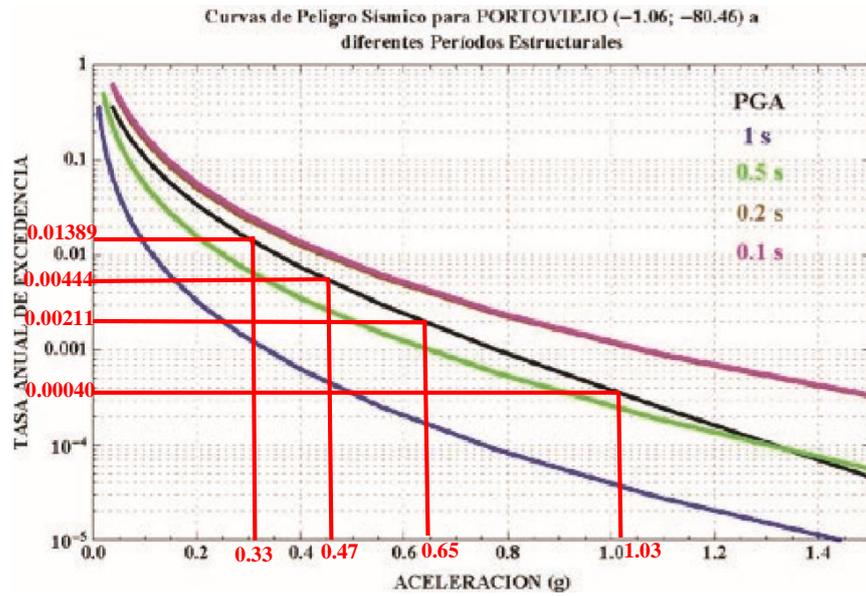


Ilustración 65. Caracterización del factor Z mediante curvas de peligro sísmico para Portoviejo. Recuperado: NEC15-SE-DS-Peligro Sísmico.

5.2 Espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Esmeraldas

5.2.1 Sismo frecuente suelo tipo B – Esmeraldas

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Esmeraldas, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo frecuente detallado a continuación:

Tabla 18. Valores de aceleración para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo B.

SISMO FRECUENTE	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	0.41
1	0.18
0.5	0.33
0.2	0.5
0.1	0.5

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 18), se elaboró el espectro de respuesta para sismo frecuente de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

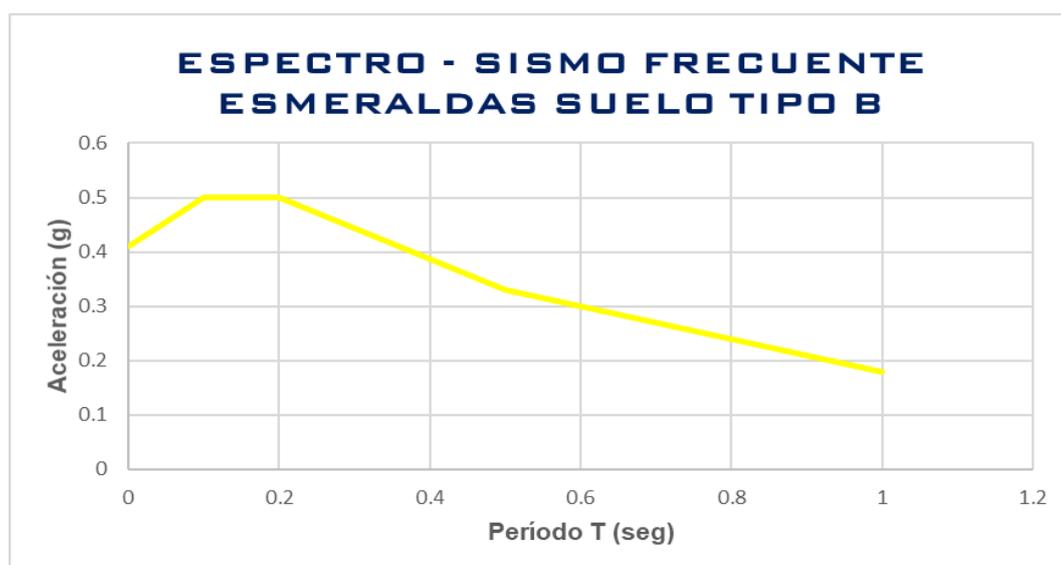


Ilustración 66. Espectro de respuesta para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo B.

5.2.2 Sismo ocasional suelo tipo B – Esmeraldas

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Esmeraldas, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo ocasional detallado a continuación:

Tabla 19. Valores de aceleración para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo B.

SISMO OCASIONAL	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	0.73
1	0.4
0.5	0.73
0.2	1.15
0.1	1.15

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 19), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

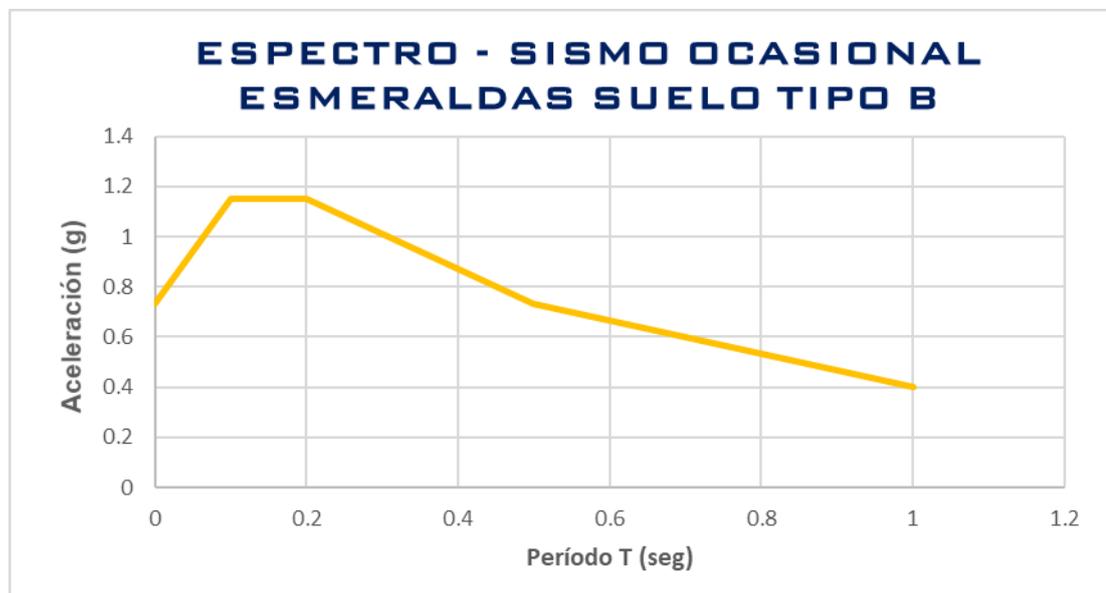


Ilustración 67. Espectro de respuesta para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo B.

5.2.3 Sismo raro suelo tipo B – Esmeraldas

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Esmeraldas, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 20. Valores de aceleración para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo B.

SISMO RARO	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	0.98
1	0.56
0.5	0.98
0.2	1.51
0.1	1.51

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 20), se elaboró el espectro de respuesta para sismo raro de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

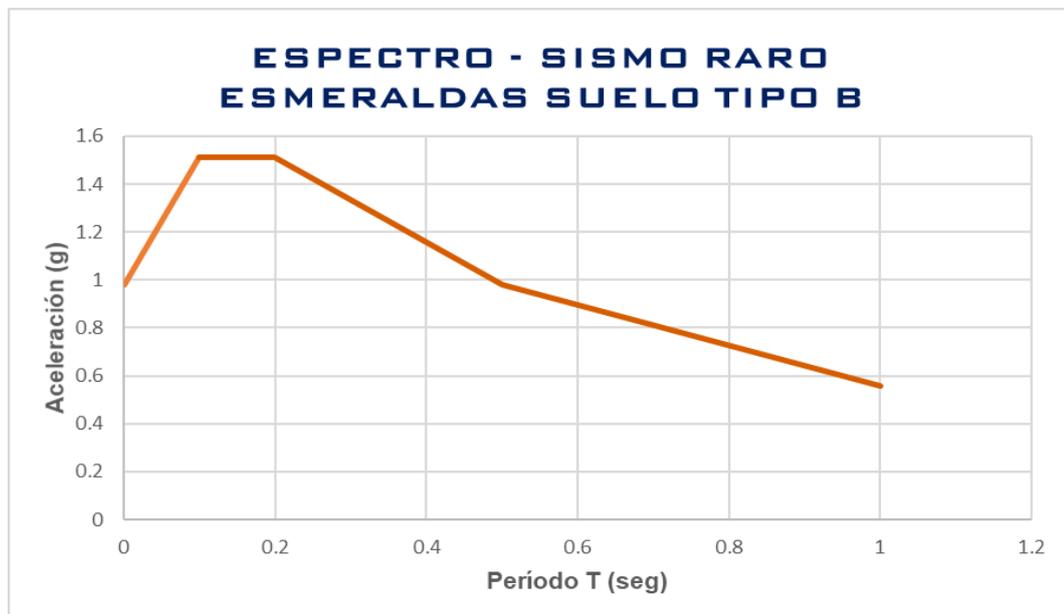


Ilustración 68. Espectro de respuesta para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo B.

5.2.4 Sismo muy raro suelo tipo B – Esmeraldas

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Esmeraldas, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo muy raro detallado a continuación:

Tabla 21. Valores de aceleración para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo B

SISMO MUY RARO	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	1.63
1	1.15
0.5	1.8
0.2	2
0.1	2

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 21), se elaboró el espectro de respuesta para sismo muy raro de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

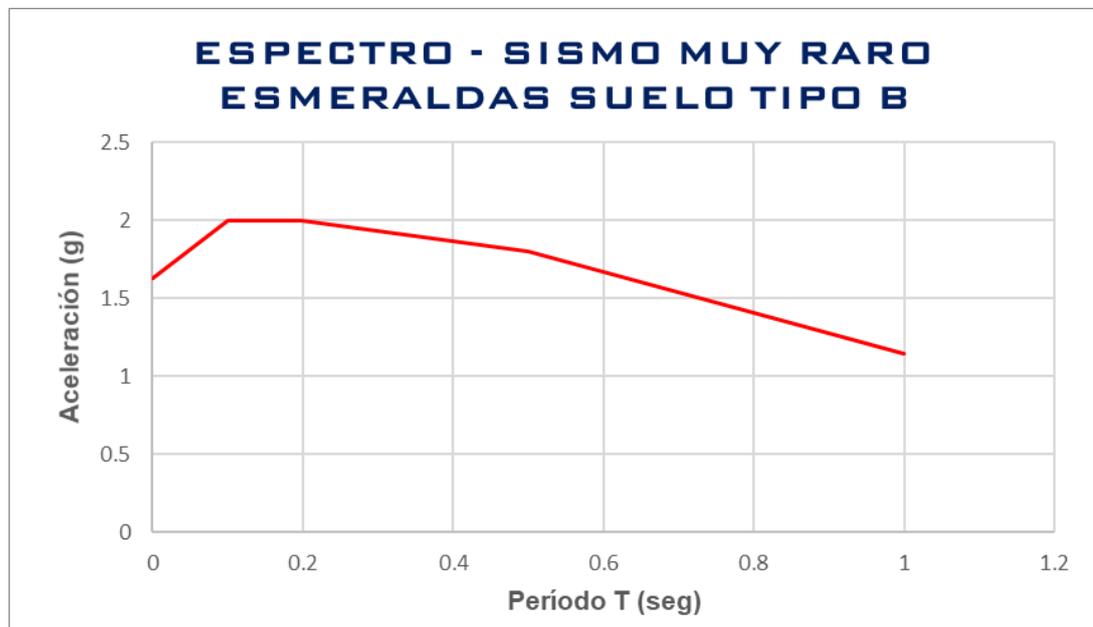


Ilustración 69. Espectro de respuesta para sismo muy raro, Esmeraldas suelo tipo B

5.2.5 Resultado espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Esmeraldas

Resultado de los espectros de respuesta para sismo frecuente, ocasional, raro, y muy raro de la ciudad de Esmeraldas para suelo tipo B.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

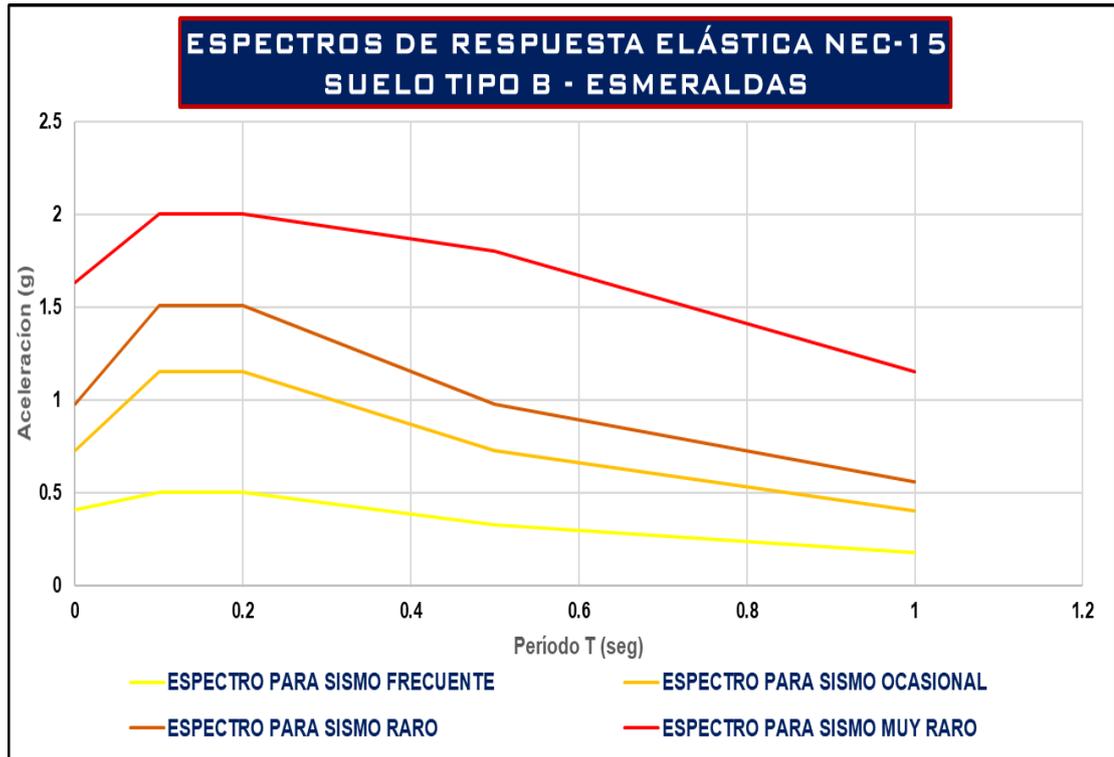


Ilustración 70. Resultado espectros de respuesta elástica, Esmeraldas suelo tipo B.

5.3 Espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Portoviejo

5.3.1 Sismo frecuente suelo tipo B – Portoviejo

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Portoviejo, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo frecuente detallado a continuación:

Tabla 22. Valores de aceleración para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B

SISMO FRECUENTE	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	0.33
1	0.1
0.5	0.2
0.2	0.36
0.1	0.38

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 22), se elaboró el espectro de respuesta para sismo frecuente de la ciudad de Portoviejo suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

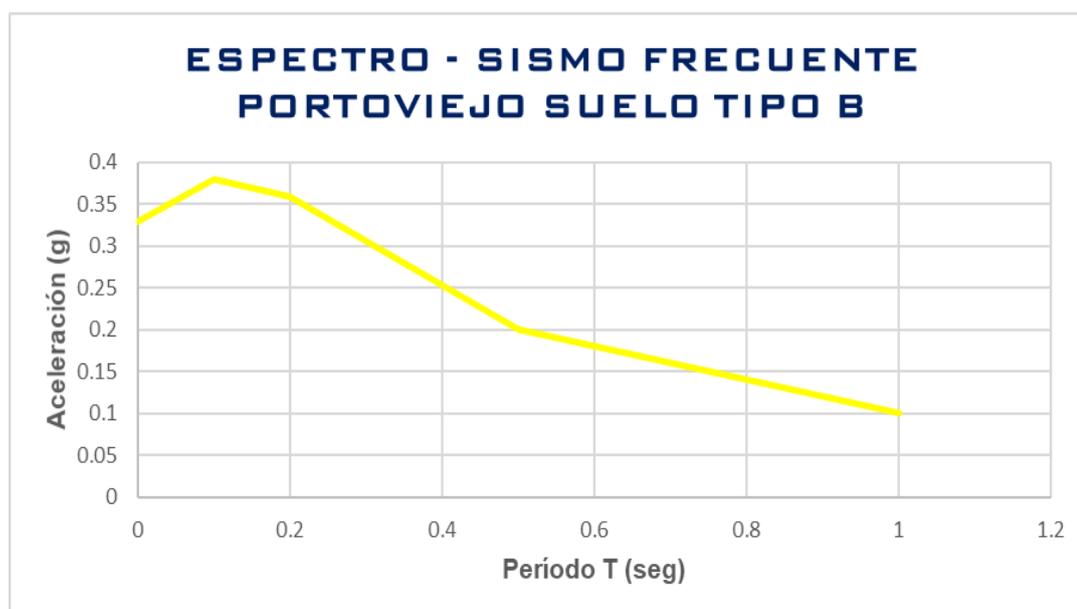


Ilustración 71. Espectro de respuesta para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B.

5.3.2 Sismo ocasional suelo tipo B – Portoviejo

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Portoviejo, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo ocasional detallado a continuación:

Tabla 23. Valores de aceleración para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B

SISMO OCASIONAL	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	0.47
1	0.2
0.5	0.38
0.2	0.7
0.1	0.65

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 23), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Portoviejo suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

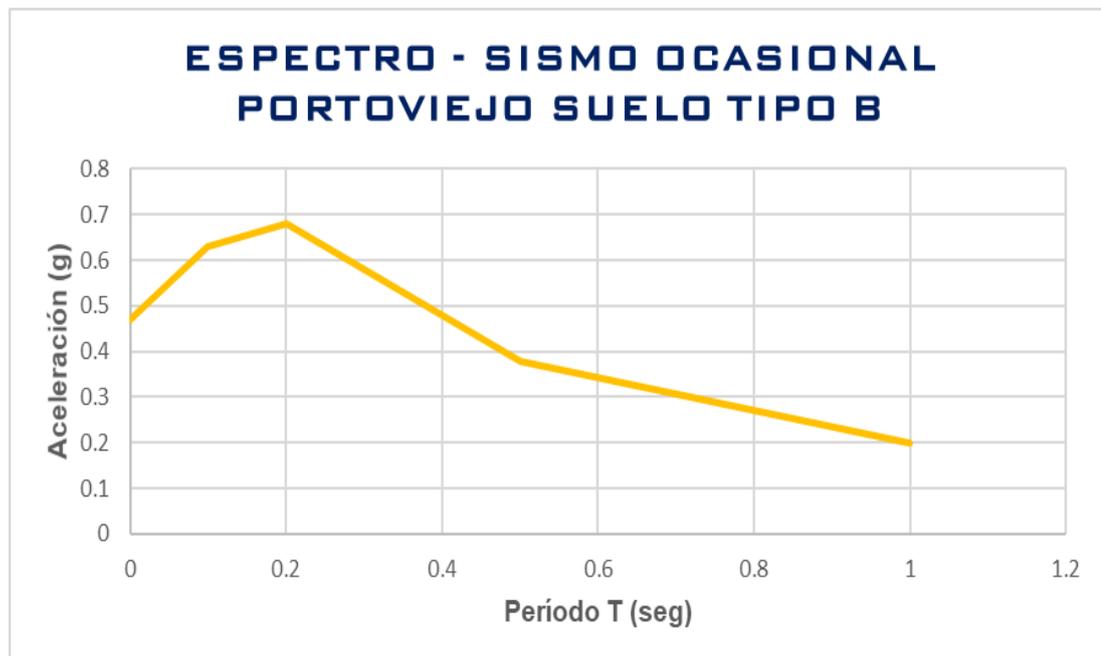


Ilustración 72. Espectro de respuesta para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B.

5.3.3 Sismo raro suelo tipo B – Portoviejo

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Portoviejo, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 24. Valores de aceleración para sismo raro, Portoviejo suelo tipo B.

SISMO RARO	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	0.65
1	0.24
0.5	0.48
0.2	0.8
0.1	0.81

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 24), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Portoviejo suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

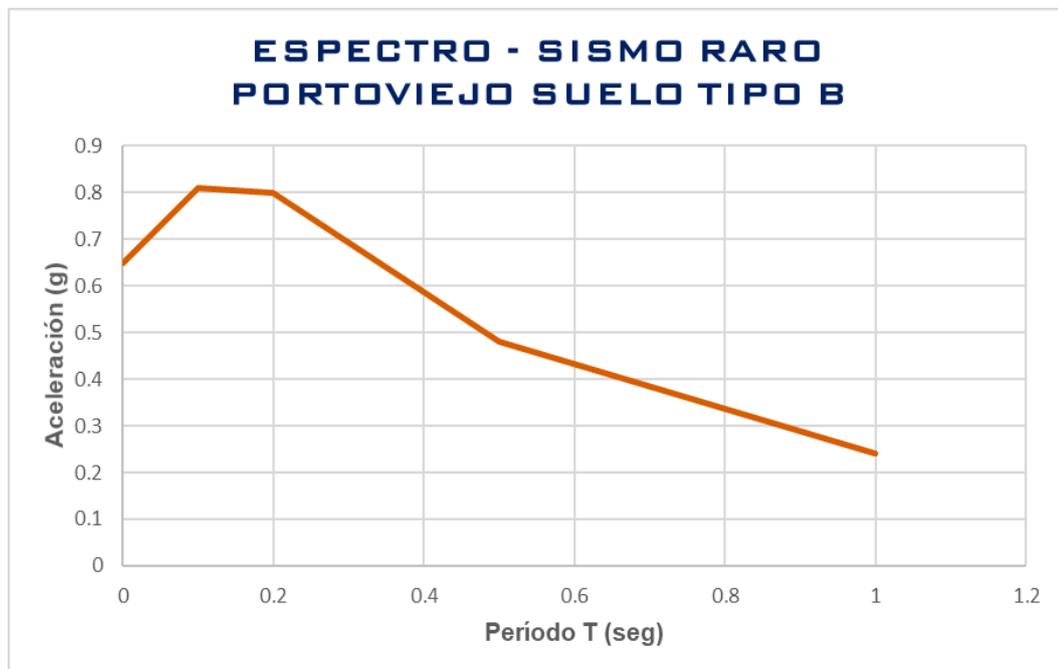


Ilustración 73. Espectro de respuesta para sismo raro, Portoviejo suelo tipo B.

5.3.4 Sismo muy raro suelo tipo B – Portoviejo

Mediante las curvas de peligro sísmico y los períodos en segundos (T) parámetros de la (NEC-15) para la ciudad de Portoviejo, se determinó el valor de la aceleración en roca (PGA) para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 25. Valores de aceleración para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B.

SISMO MUY RARO	
Sa	ACELERACIÓN (g)
PGA	1.03
1	0.48
0.5	0.9
0.2	1.5
0.1	1.5

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 25), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Portoviejo suelo tipo B:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

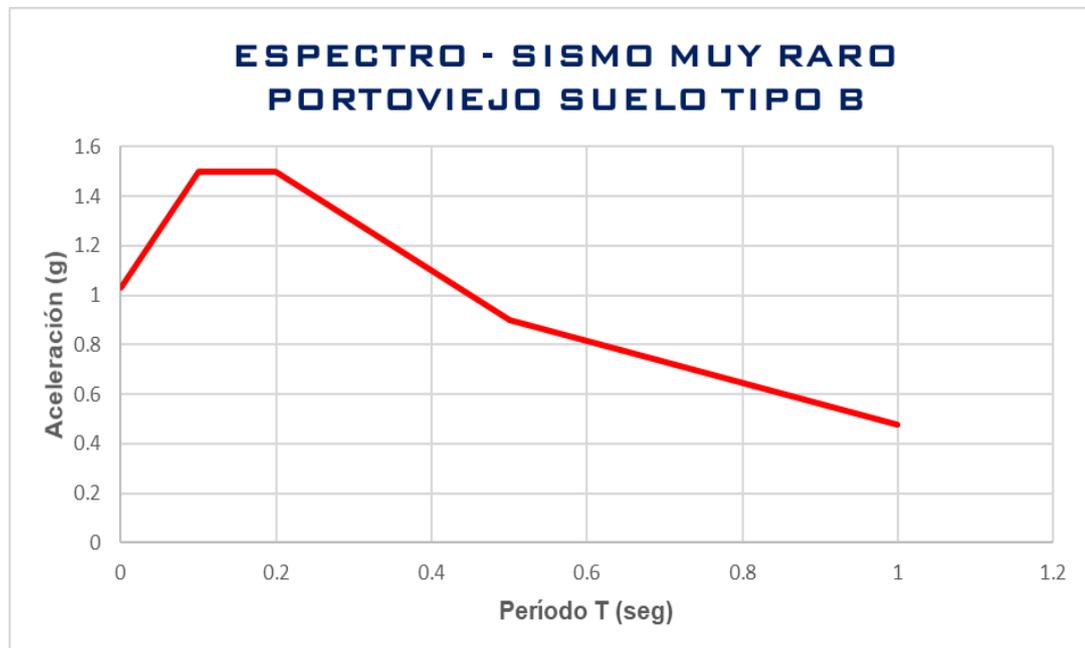


Ilustración 74. Espectro de respuesta para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B.

5.3.5 Resultado espectros de respuesta mediante curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de Portoviejo

Resultado de los espectros de respuesta para sismo frecuente, ocasional, raro, y muy raro de la ciudad de Esmeraldas para suelo tipo B.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

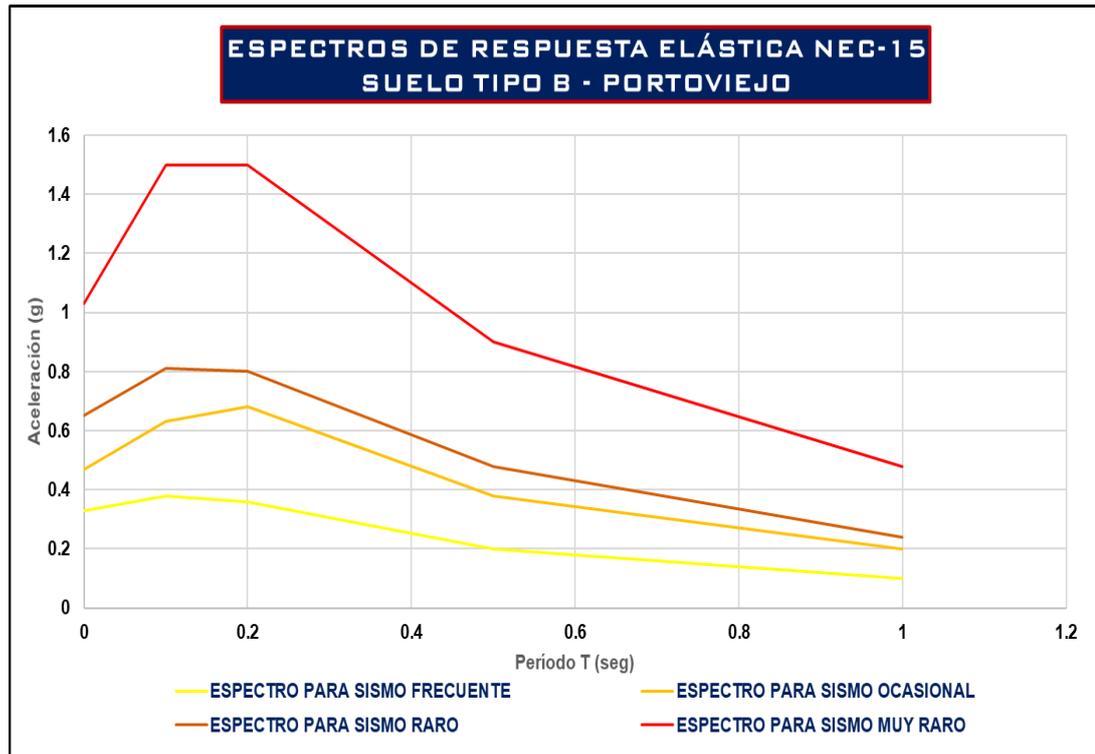


Ilustración 75. Resultado espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo B.

5.4 Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo E de Esmeraldas

5.4.1 Sismo frecuente suelo tipo E – Esmeraldas

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo E, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo frecuente detallado a continuación:

Tabla 26. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo E.

SUELO TIPO E	
SISMO FRECUENTE	
Tr	72 años
1/Tr	0.0139
Z	0.41
Fa	0.93
Fd	1.55
Fs	1.95
n	2.48
r	1.5
Z	0.41
nzFa	0.95
To	0.33
Tc	1.79
TI	3.72

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 26), se elaboró el espectro de respuesta para sismo frecuente de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo E:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

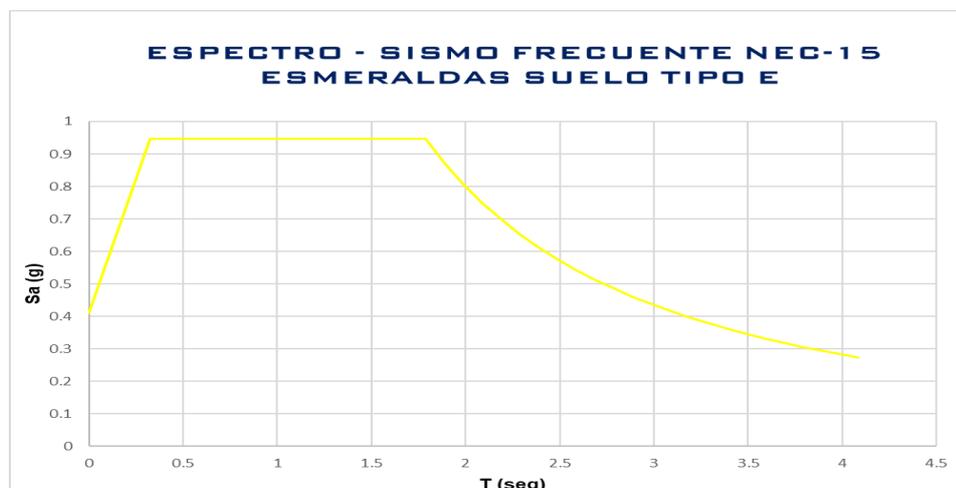


Ilustración 76. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Esmeraldas suelo tipo E.

5.4.2 Sismo ocasional suelo tipo E – Esmeraldas

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo E, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo ocasional detallado a continuación:

Tabla 27. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo E.

SUELO TIPO E	
SISMO OCASIONAL	
Tr	225 años
1/Tr	0.0044
Z	0.73
Fa	0.85
Fd	1.5
Fs	2
n	2.48
r	1.5
Z	0.73
nzFa	1.54
To	0.35
Tc	1.94
TI	3.60

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 27), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo E:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

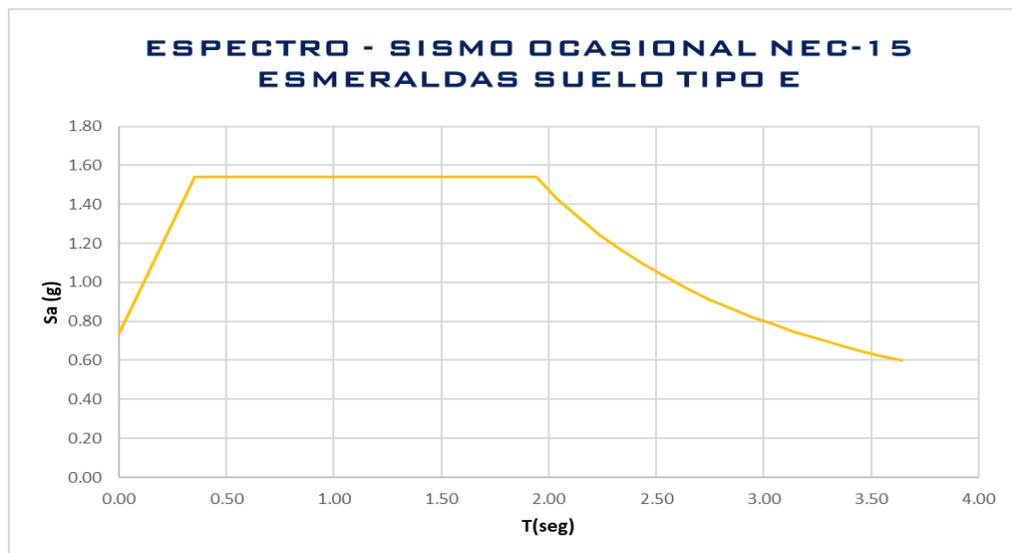


Ilustración 77. Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Esmeraldas suelo tipo E.

5.4.3 Sismo raro suelo tipo E – Esmeraldas

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo E, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 28. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo E.

SUELO TIPO E	
SISMO RARO	
Tr	475 años
1/Tr	0.002105263
Z	0.98
Fa	0.85
Fd	1.5
Fs	2
n	2.48
r	1.5
Z	0.98
nzFa	2.07
To	0.35
Tc	1.94
TI	3.60

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 28), se elaboró el espectro de respuesta para sismo raro de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo E:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

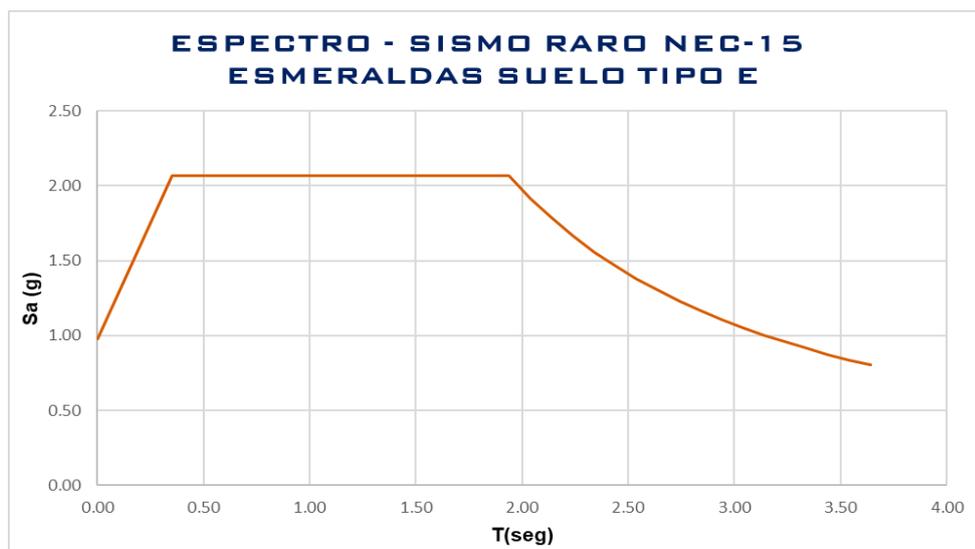


Ilustración 78. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Esmeraldas suelo tipo E.

5.4.4 Sismo muy raro suelo tipo E – Esmeraldas

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo E, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo muy raro detallado a continuación:

Tabla 29. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Esmeraldas suelo tipo E.

SUELO TIPO E	
SISMO MUY RARO	
Tr	2500 años
1/Tr	0.0004
Z	1.63
Fa	0.85
Fd	1.5
Fs	2
n	2.48
r	1.5
Z	1.63
nzFa	3.44
To	0.35
Tc	1.94
TI	3.60

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 29), se elaboró el espectro de respuesta para sismo muy raro de la ciudad de Esmeraldas suelo tipo E:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

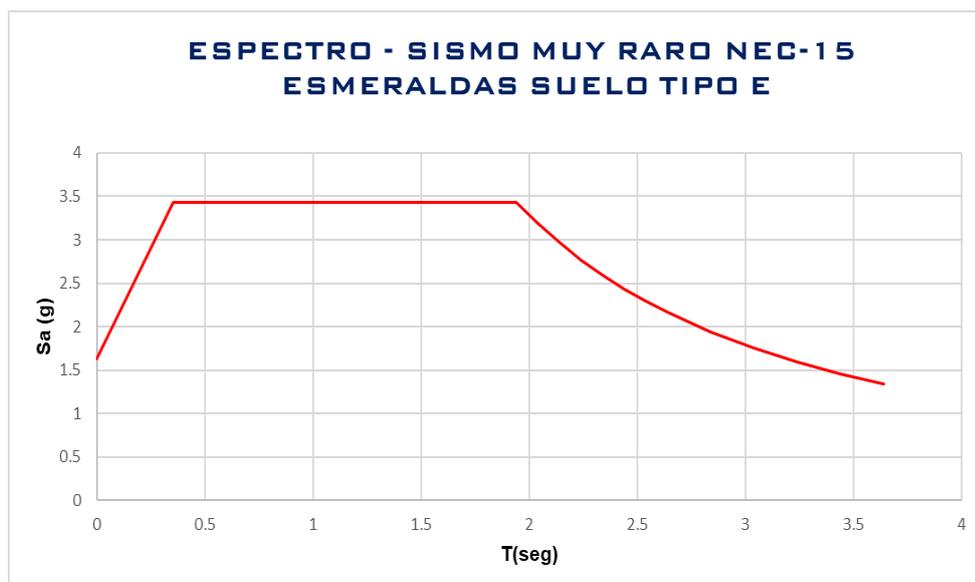


Ilustración 79. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Esmeraldas suelo tipo E.

5.4.5 Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo E de Esmeraldas

Resultado de los espectros de respuesta de diseño para sismo frecuente, ocasional, raro, y muy raro de la ciudad de Esmeraldas para suelo tipo E.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

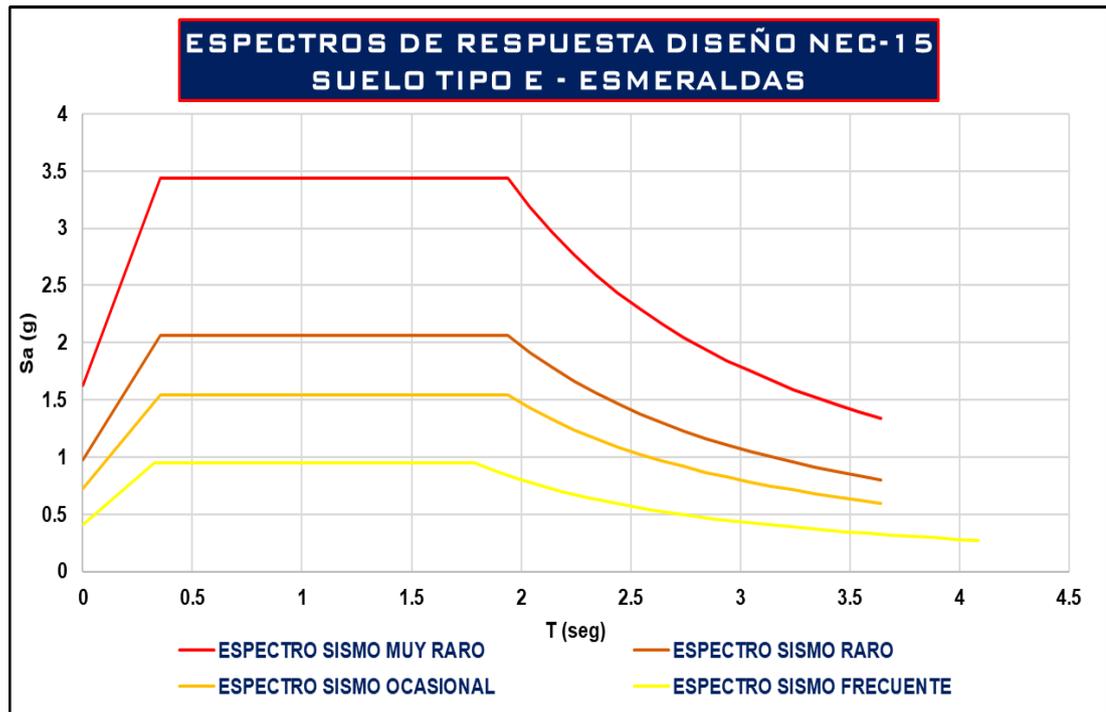


Ilustración 80. Resultado espectros de respuesta de diseño, Esmeraldas suelo tipo E.

5.5 Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Portoviejo

5.5.1 Sismo frecuente suelo tipo D – Portoviejo

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo frecuente detallado a continuación:

Tabla 30. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO FRECUENTE	
Tr	72 años
1/Tr	0.0139
Z	0.33
Fa	1.27
Fd	1.31
Fs	1.16
n	1.8
r	1
Z	0.33
nzFa	0.75
To	0.12
Tc	0.66
TI	3.14

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 30), se elaboró el espectro de respuesta para sismo frecuente de la ciudad de Portoviejo suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

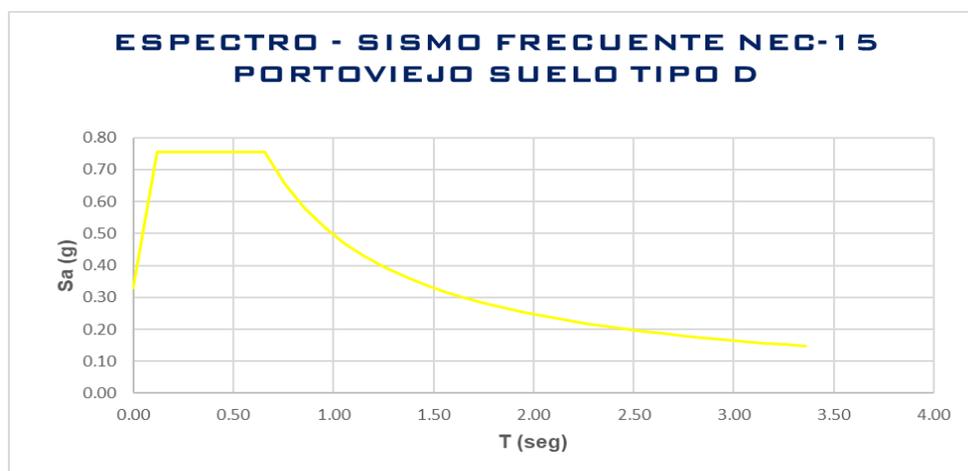


Ilustración 81. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo D.

5.5.2 Sismo ocasional suelo tipo D – Portoviejo

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo ocasional detallado a continuación:

Tabla 31. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO OCASIONAL	
Tr	225 años
1/Tr	0.0044
Z	0.47
Fa	1.14
Fd	1.134
Fs	1.36
n	1.8
r	1
Z	0.47
nzFa	0.96
To	0.14
Tc	0.75
TI	2.72

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 31), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Portoviejo suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

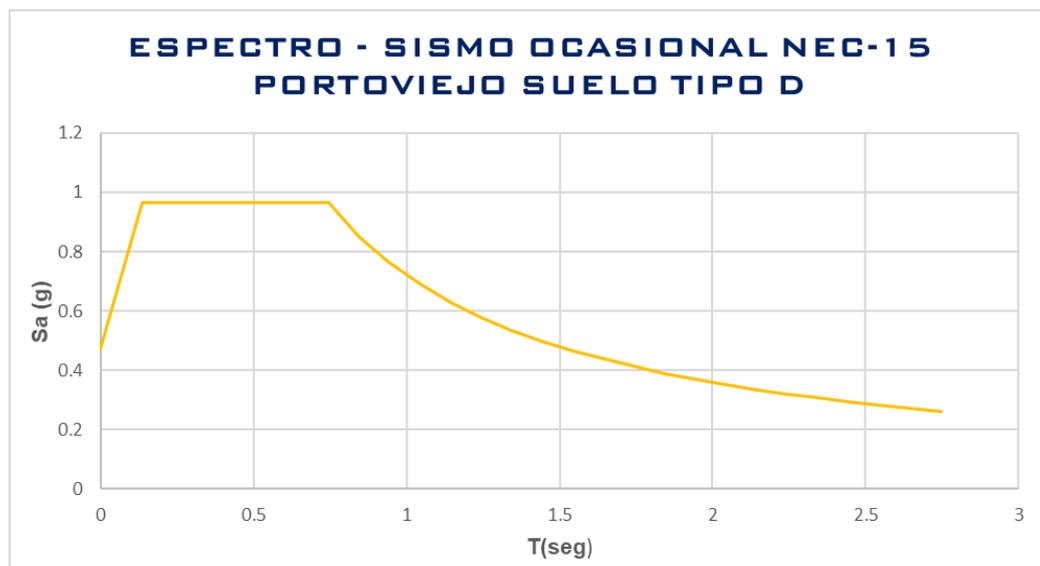


Ilustración 82. Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo D.

5.5.3 Sismo raro suelo tipo D – Portoviejo

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 32. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Portoviejo suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO RARO	
Tr	475 años
1/Tr	0.0021
Z	0.65
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
n	1.8
r	1
Z	0.65
nzFa	1.31
To	0.14
Tc	0.76
TI	2.66

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 32), se elaboró el espectro de respuesta para sismo raro de la ciudad de Portoviejo suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

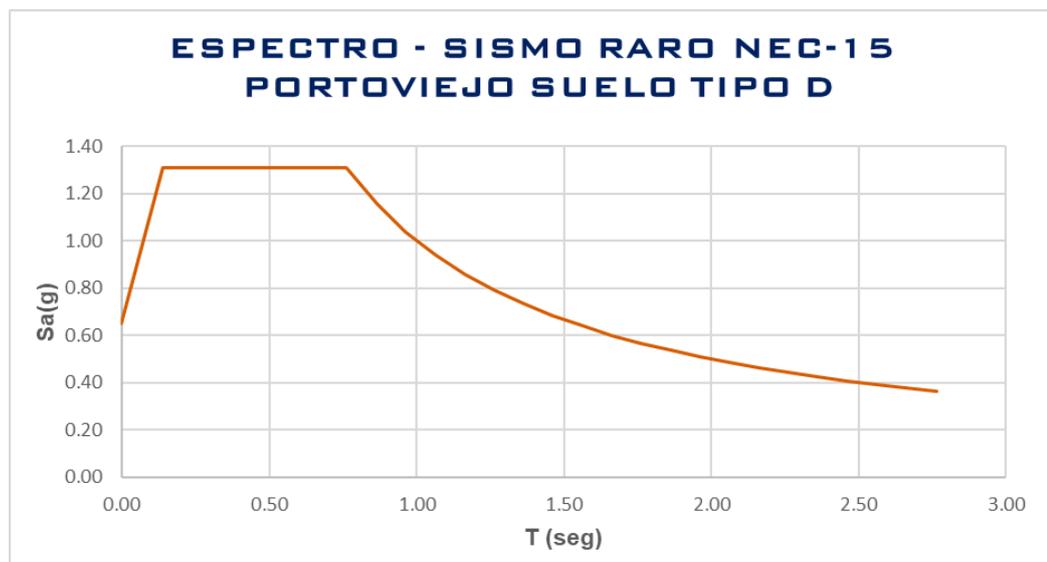


Ilustración 83. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Portoviejo suelo tipo D.

5.5.4 Sismo muy raro suelo tipo D – Portoviejo

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo muy raro detallado a continuación:

Tabla 33. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO MUY RARO	
Tr	2500 años
1/Tr	0.0004
Z	1.03
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
n	1.8
r	1
Z	1.03
nzFa	2.08
To	0.14
Tc	0.76
TI	2.66

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 33), se elaboró el espectro de respuesta para sismo muy raro de la ciudad de Portoviejo suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

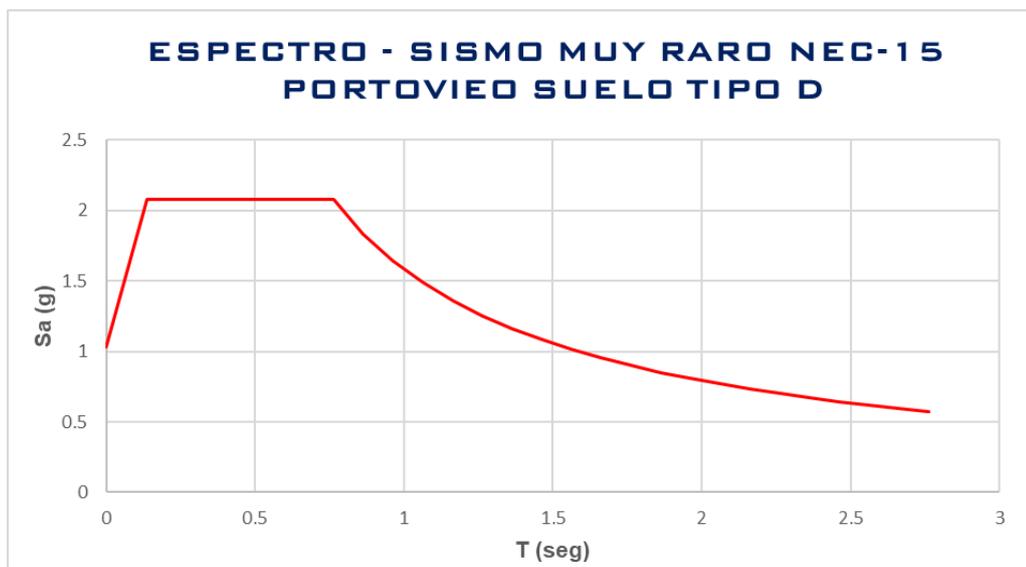


Ilustración 84. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo D.

5.5.5 Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Portoviejo

Resultado de los espectros de respuesta de diseño para sismo frecuente, ocasional, raro, y muy raro de la ciudad de Portoviejo para suelo tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

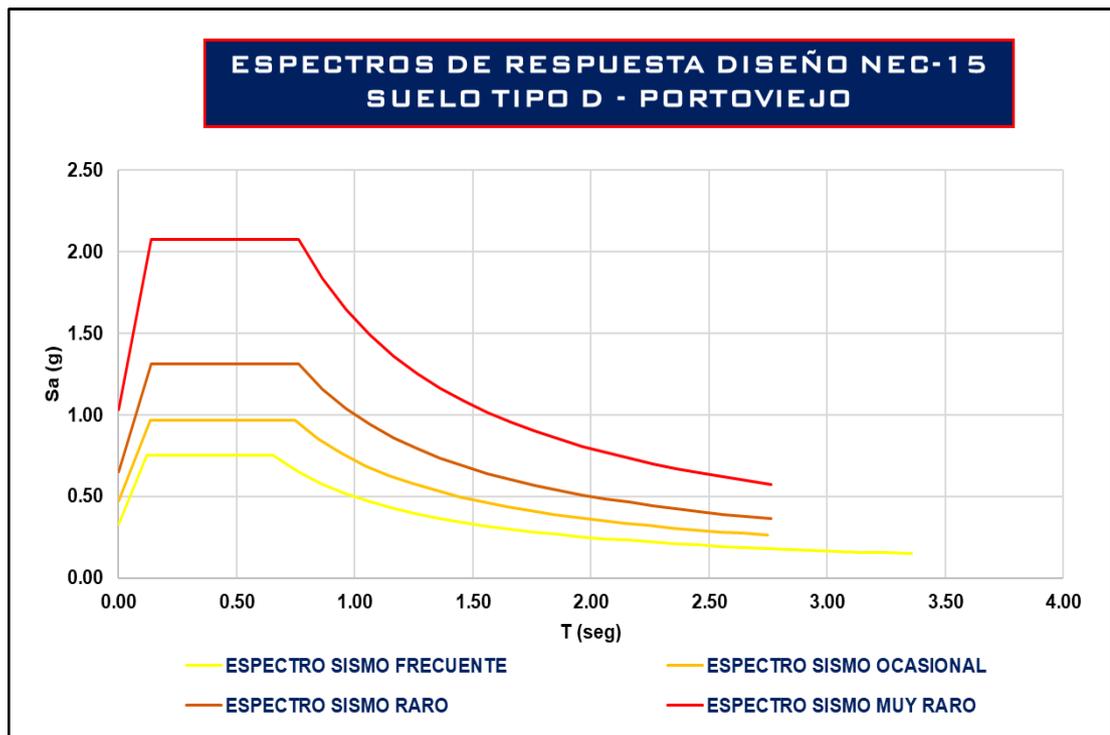


Ilustración 85. Resultado espectros de respuesta de diseño, Portoviejo suelo tipo D.

5.6 Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Manta

5.6.1 Sismo frecuente suelo tipo D – Manta

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo frecuente detallado a continuación:

Tabla 34. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Manta suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO FRECUENTE	
Tr	72 años
1/Tr	0.0139
Z	0.33
Fa	1.27
Fd	1.31
Fs	1.16
n	1.8
r	1
Z	0.33
nzFa	0.75
To	0.12
Tc	0.66
TI	3.14

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 34), se elaboró el espectro de respuesta para sismo frecuente de la ciudad de Manta suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

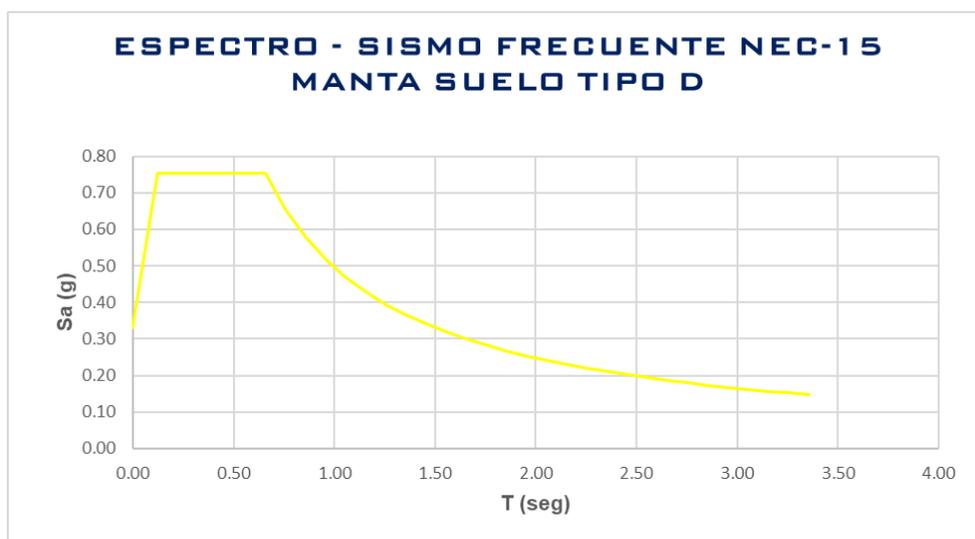


Ilustración 86. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Manta suelo tipo D.

5.6.2 Sismo ocasional suelo tipo D – Manta

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo ocasional detallado a continuación:

Tabla 35. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Manta suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO OCASIONAL	
Tr	225 años
1/Tr	0.0044
Z	0.47
Fa	1.14
Fd	1.134
Fs	1.36
n	1.8
r	1
Z	0.47
nzFa	0.96
To	0.14
Tc	0.75
TI	2.72

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 35), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Manta suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

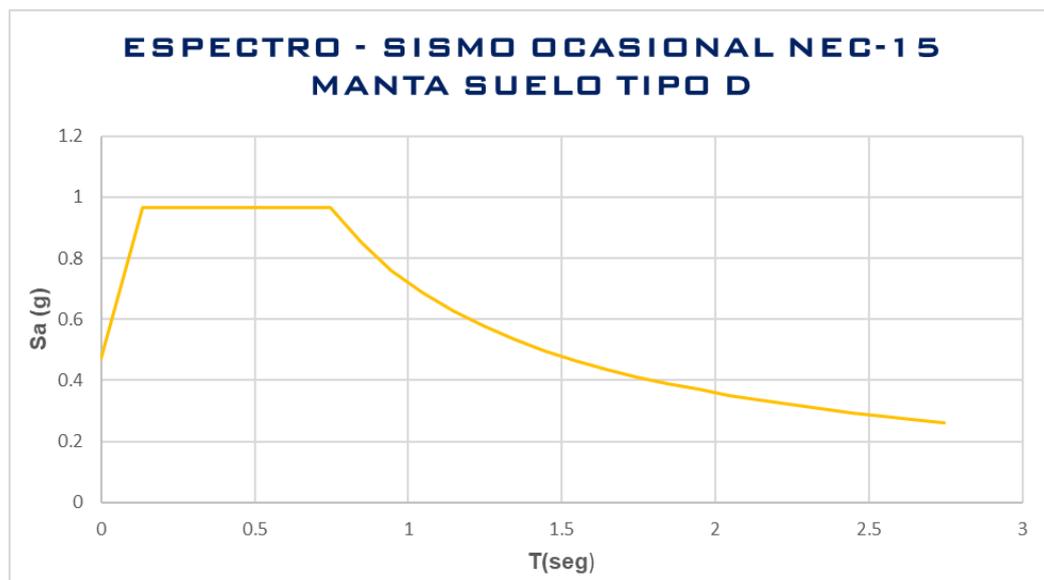


Ilustración 87. Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Manta suelo tipo D.

5.6.3 Sismo raro suelo tipo D – Manta

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 36. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Manta suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO RARO	
Tr	475 años
1/Tr	0.0021
Z	0.65
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
n	1.8
r	1
Z	0.65
nzFa	1.31
To	0.14
Tc	0.76
TI	2.66

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 36), se elaboró el espectro de respuesta para sismo raro de la ciudad de Manta suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

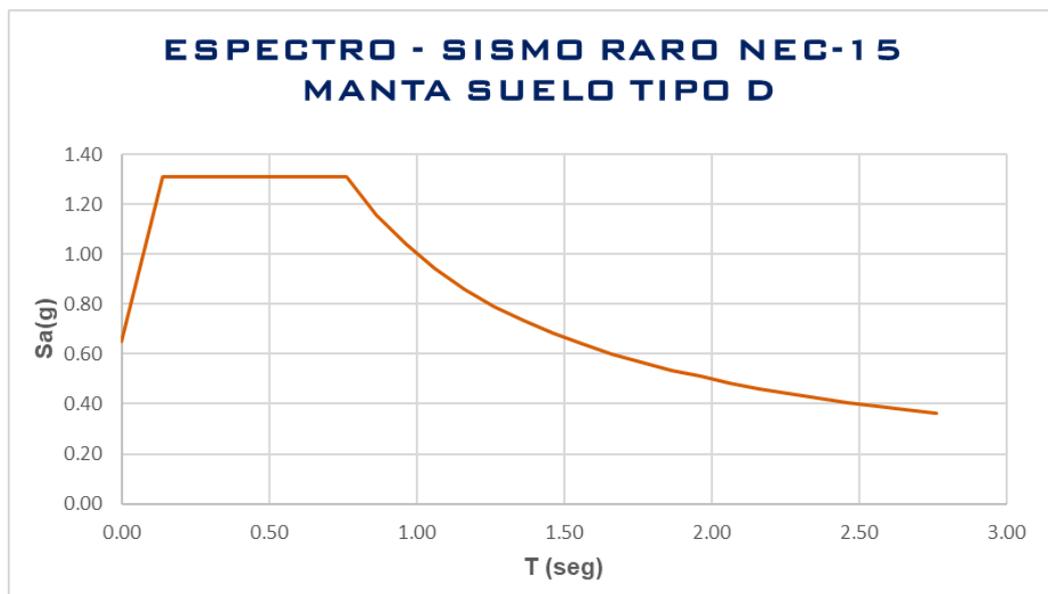


Ilustración 88. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Manta suelo tipo D.

5.6.4 Sismo muy raro suelo tipo D – Manta

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo muy raro detallado a continuación:

Tabla 37. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Manta suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO MUY RARO	
Tr	2500 años
1/Tr	0.0004
Z	1.03
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
n	1.8
r	1
Z	1.03
nzFa	2.08
To	0.14
Tc	0.76
TI	2.66

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 37), se elaboró el espectro de respuesta para sismo muy raro de la ciudad de Portoviejo suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.



Ilustración 89. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Manta suelo tipo D.

5.6.5 Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Manta

Resultado de los espectros de respuesta de diseño para sismo frecuente, ocasional, raro, y muy raro de la ciudad de Manta para suelo tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

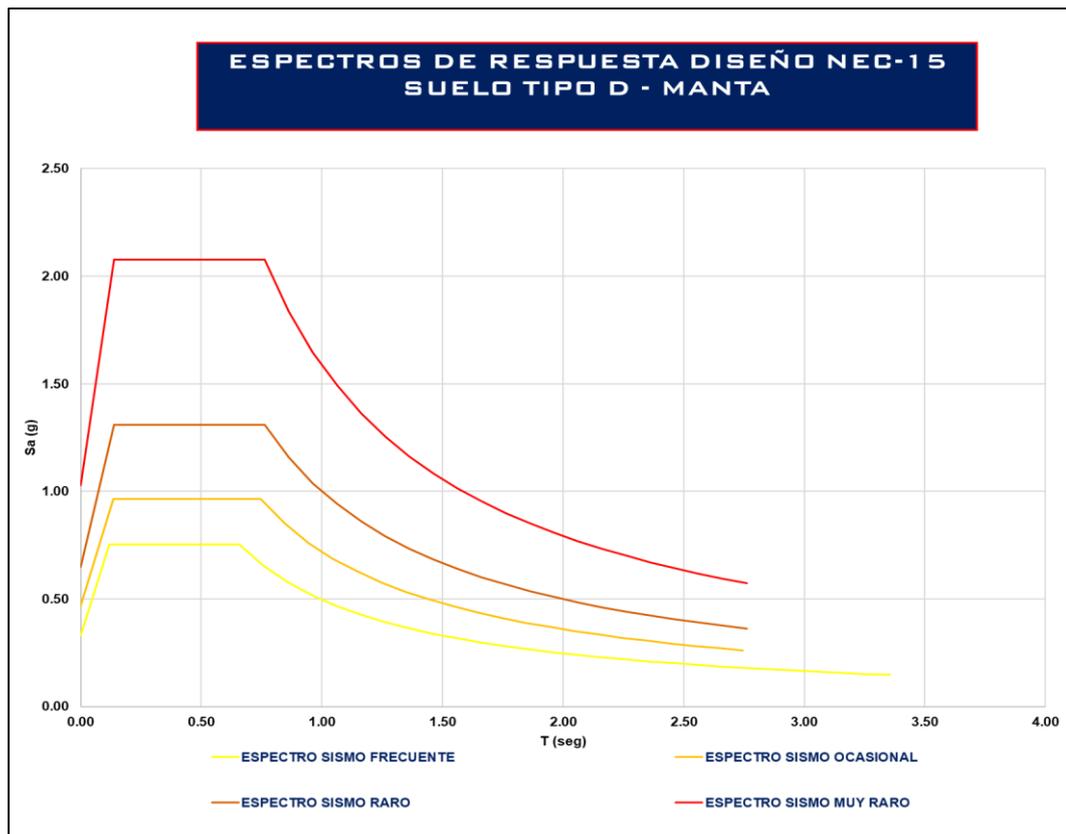


Ilustración 90. Resultado espectros de respuesta de diseño, Manta suelo tipo D.

5.7 Espectro de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Bahía de Caráquez

5.7.1 Sismo frecuente suelo tipo D – Bahía de Caráquez

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo frecuente detallado a continuación:

Tabla 38. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO FRECUENTE	
Tr	72 años
1/Tr	0.0139
Z	0.33
Fa	1.27
Fd	1.31
Fs	1.16
n	1.8
r	1
Z	0.33
nzFa	0.75
To	0.12
Tc	0.66
TI	3.14

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 38), se elaboró el espectro de respuesta para sismo frecuente de la ciudad de Bahía de Caráquez suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

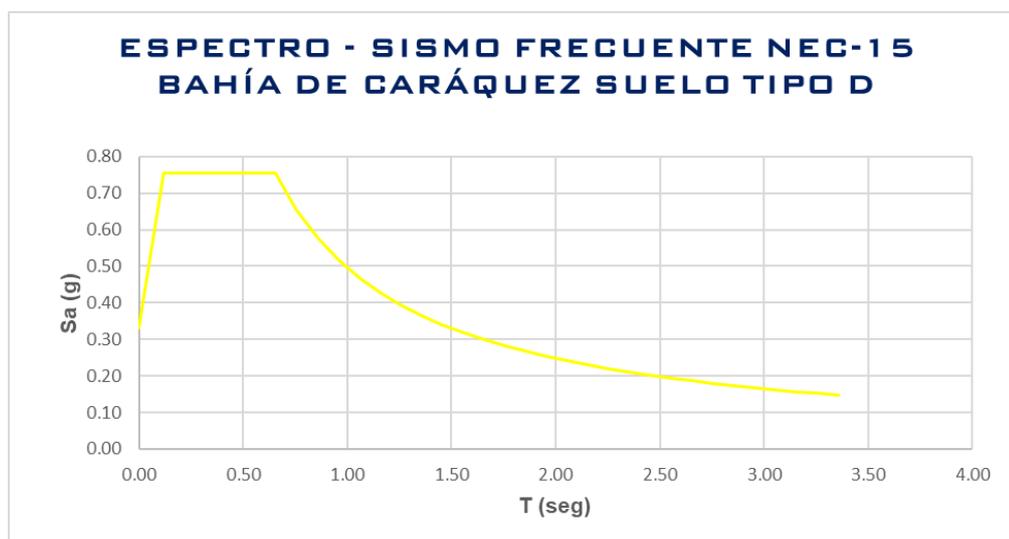


Ilustración 91. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

5.7.2 Sismo ocasional suelo tipo D – Bahía de Caráquez

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo ocasional detallado a continuación:

Tabla 39. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO OCASIONAL	
Tr	225 años
1/Tr	0.0044
Z	0.47
Fa	1.14
Fd	1.134
Fs	1.36
n	1.8
r	1
Z	0.47
nzFa	0.96
To	0.14
Tc	0.75
TI	2.72

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 39), se elaboró el espectro de respuesta para sismo ocasional de la ciudad de Bahía de Caráquez suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

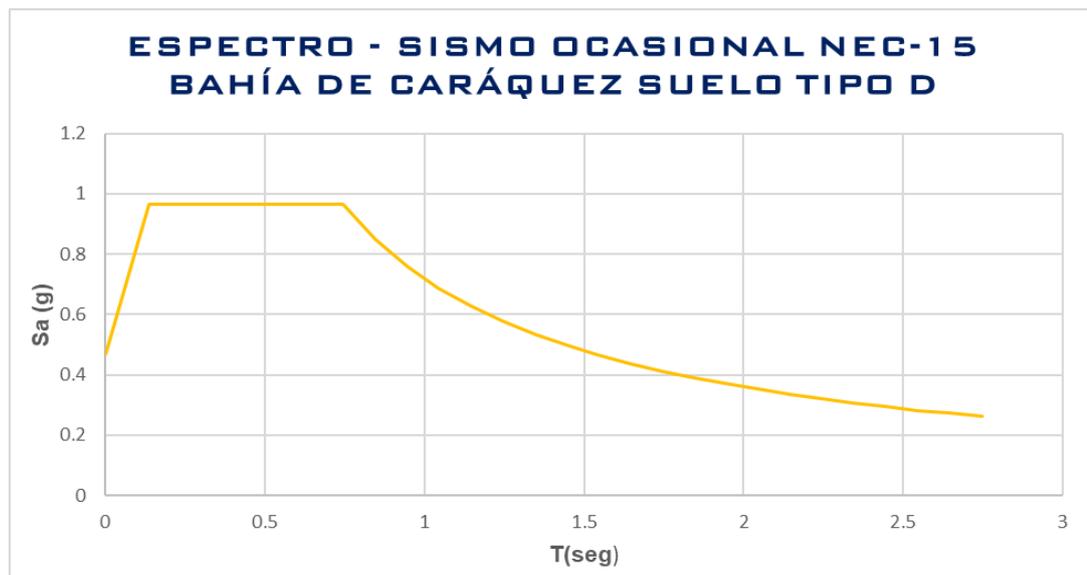


Ilustración 92. Espectro de respuesta de diseño para sismo ocasional, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

5.7.3 Sismo raro suelo tipo D – Bahía de Caráquez

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo raro detallado a continuación:

Tabla 40. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

SUELO TIPO D	
SISMO RARO	
Tr	475 años
1/Tr	0.0021
Z	0.65
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
n	1.8
r	1
Z	0.65
nzFa	1.31
To	0.14
Tc	0.76
TI	2.66

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 40), se elaboró el espectro de respuesta para sismo raro de la ciudad de Bahía de Caráquez suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

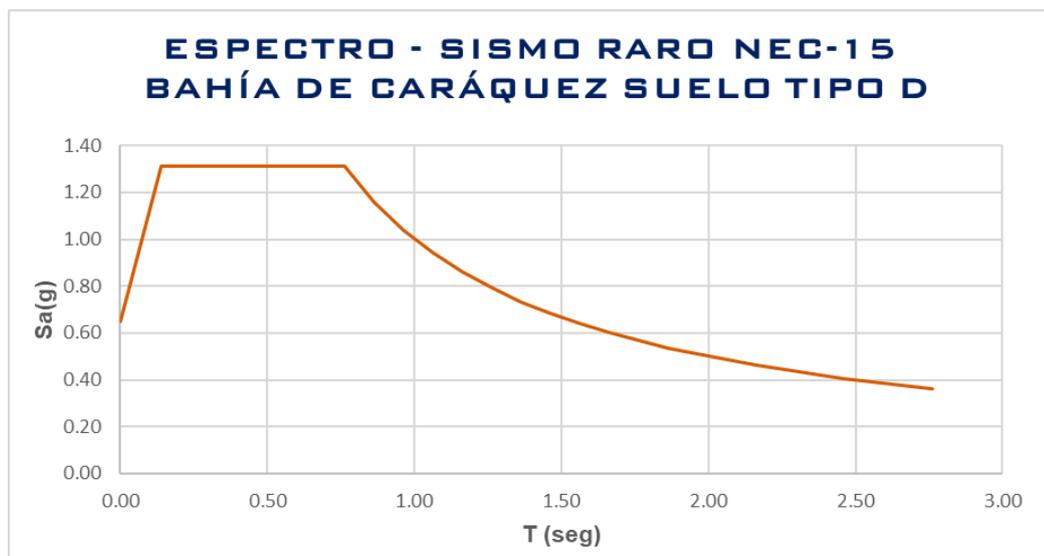


Ilustración 93. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

5.7.4 Sismo muy raro suelo tipo D – Bahía de Caráquez

Con la caracterización del factor Z y los parámetros de diseño según la norma NEC-15 para un suelo tipo D, se procede a determinar los factores de amplificación y períodos para un sismo muy raro detallado a continuación:

Tabla 41. Valores espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D

SUELO TIPO D	
SISMO MUY RARO	
Tr	2500 años
1/Tr	0.0004
Z	1.03
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
n	1.8
r	1
Z	1.03
nzFa	2.08
To	0.14
Tc	0.76
TI	2.66

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 41), se elaboró el espectro de respuesta para sismo muy raro de la ciudad de Bahía de Caráquez suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

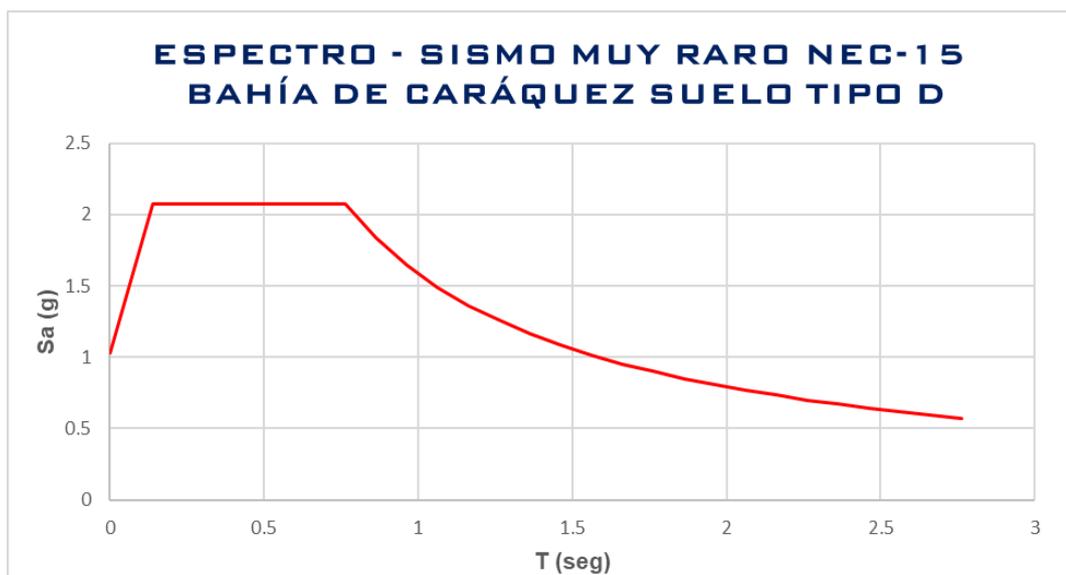


Ilustración 94. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

5.7.5 Resultado espectros de respuesta mediante parámetros de diseño NEC-15 para suelo tipo D de Bahía de Caráquez

Resultado de los espectros de respuesta de diseño para sismo frecuente, ocasional, raro, y muy raro de la ciudad de Bahía de Caráquez para suelo tipo D.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

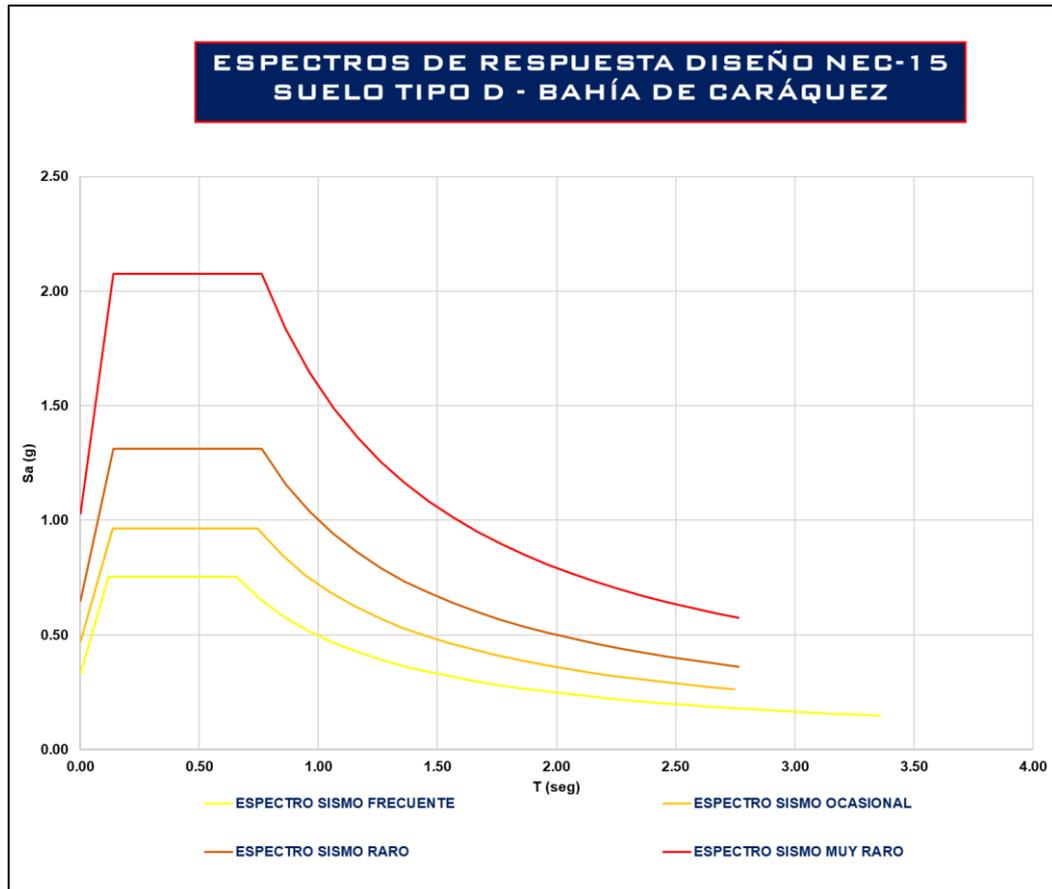


Ilustración 95. Resultado espectros de respuesta de diseño, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

5.8 Períodos de vibración de las estructuras seleccionadas

Mediante los parámetros de la norma NEC-15 y las características de cada estructura seleccionada se procedió a determinar los períodos de vibración de las mismas, detallados a continuación:

5.8.1 Estadio Folke Anderson – Esmeraldas

Tabla 42. Período de vibración del Estadio Folke Anderson - Esmeraldas.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
ESTADIO FOLKE ANDERSON	ESMERALDAS
DATOS	
Hn (Altura) mts.	20
Ct	0.055
α	0.9
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.82	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.8.2 Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo

Tabla 43. Período de vibración del Estadio Reales Tamarindos - Portoviejo.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
ESTADIO REALES TAMARINDOS	PORTOVIEJO
DATOS	
Hn (Altura) mts.	20
Ct	0.055
α	0.75
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.52	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.8.3 Ciudad Deportiva la California – Portoviejo

Tabla 44. Período de vibración de la Ciudad Deportiva la California - Portoviejo.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
CIUDAD DEPORTIVA LA CALIFORNIA	PORTOVIEJO
DATOS	
Hn (Altura) mts.	15
Ct	0.055
α	0.9
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.63	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.8.4 Estadio Jocay – Manta

Tabla 45. Período de vibración del Estadio Jocay - Manta.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
ESTADIO JOCAY	MANTA
DATOS	
Hn (Altura) mts.	20
Ct	0.055
α	0.9
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.82	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.8.5 Yacht Club – Manta.

Tabla 46. Período de vibración del Yacht Club - Manta.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
YACHT CLUB	MANTA
DATOS	
Hn (Altura) mts.	8
Ct	0.055
α	0.9
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.36	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.8.6 Yacht Club – Bahía de Caráquez

Tabla 47. Período de vibración del Yacht Club – Bahía de Caráquez.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
YACHT CLUB	BAHÍA DE CARÁQUEZ
DATOS	
Hn (Altura) mts.	6
Ct	0.055
α	0.9
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.28	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.8.7 Tenis Club – Bahía de Caráquez

Tabla 48. Período de vibración del Tenis Club – Bahía de Caráquez.

ESTRUCTURA	UBICACIÓN
TENIS CLUB	BAHÍA DE CARÁQUEZ
DATOS	
Hn (Altura) mts.	6
Ct	0.055
α	0.9
FORMULA	
$T = Ct * Hn^{\alpha}$	
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
0.28	seg

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.9 Espectros de respuesta acelerogramas - Sismo 16 abril del 2016

5.9.1 Estación AES2 (N-S): Esmeraldas – Suelo tipo E

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

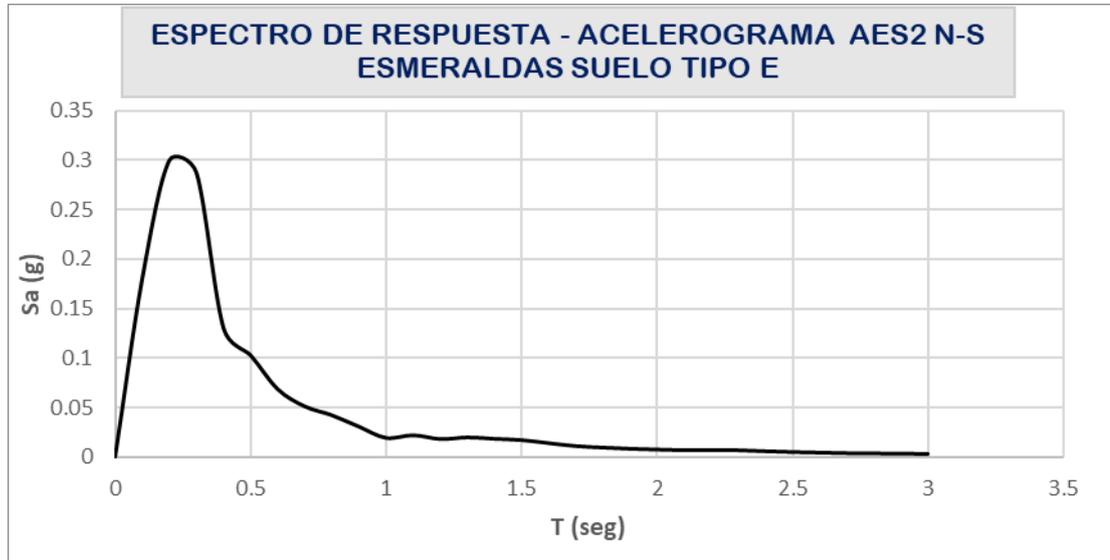


Ilustración 96. Espectro de respuesta estación AES2 (N-S): Esmeraldas – Suelo tipo E.

5.9.2 Estación APO1 (N-S): Portoviejo – Suelo tipo D

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

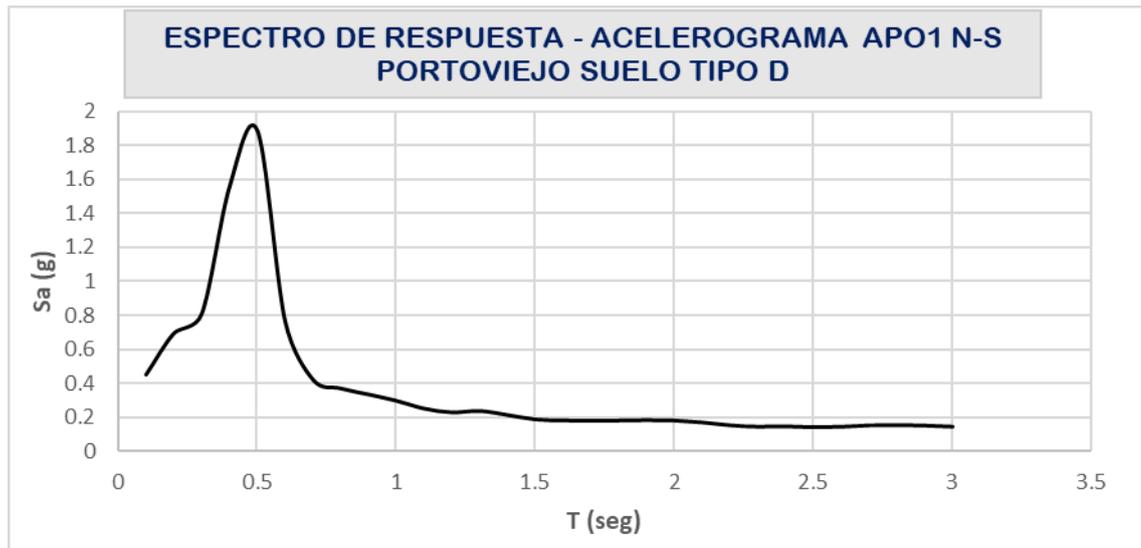


Ilustración 97. Espectro de respuesta estación APO1 (N-S): Portoviejo – Suelo tipo D.

5.9.3 Estación ACHN (N-S): Chone – Suelo tipo D

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

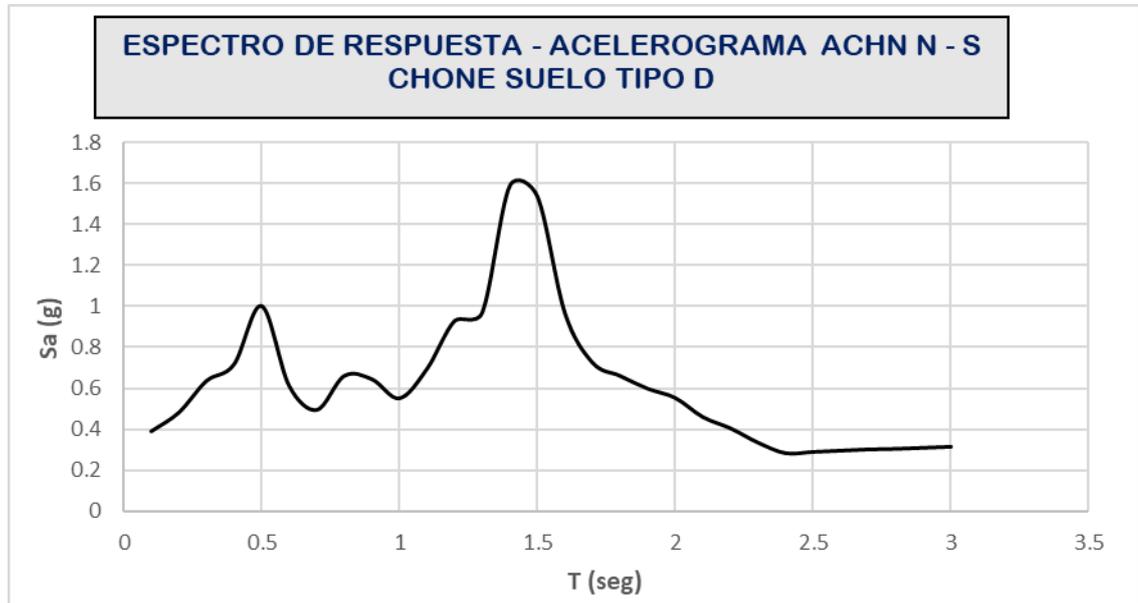


Ilustración 98. Espectro de respuesta estación ACHN (N-S): Chone – Suelo tipo D.

5.9.4 Estación AMNT (N-S): Manta – Modificado suelo tipo D

El registro de la estación se encuentra originalmente sobre un suelo tipo “C”, debido a que las estructuras seleccionadas para el estudio se encuentran sobre un suelo tipo “D” se procedió a modificar la estación original para que coincida con el tipo de suelo de la estructura a analizarse, se detalla la modificación de la siguiente forma:

Mediante los parámetros de norma NEC-15 y el siguiente artificio matemático se realiza la modificación.

5.9.4.1 Modificación de la estación AMNT (N-S): Manta - Suelo tipo D

➤ Modificación de las abscisas en funciones f1 y f2:

$$T_{o1} = 0.10 \frac{F_{s1} * F_{d1}}{F_{a1}} \quad T_{c1} = 0.55 \frac{F_{s1} * F_{d1}}{F_{a1}} \quad T_{l1} = 2.4 * F_{d1}$$

$$T_{o2} = 0.10 \frac{F_{s2} * F_{d2}}{F_{a2}} \quad T_{c2} = 0.55 \frac{F_{s2} * F_{d2}}{F_{a2}} \quad T_{l2} = 2.4 * F_{d2}$$

➤ Para los rangos de T_o , T_c y T_l :

$$0 \leq T \leq T_{o1} \quad 0 \leq T \leq T_{o2}$$

$$T_{o1} \leq T \leq T_{c1} \quad T_{o2} \leq T \leq T_{c2}$$

$$T_{c1} \leq T \leq T_{l1} \quad T_{c2} \leq T \leq T_{l2}$$

➤ En donde se obtiene como resultado las siguientes funciones:

$$0 \leq T \leq T_{o2} \quad \text{para la función} \quad f_2 = \left(\frac{F_{a1}}{F_{a2}} \right) * f_1$$

$$T_{o2} \leq T \leq T_{c2} \quad \text{para la función} \quad f_2 = \left(\frac{F_{a1}}{F_{a2}} \right) * f_1$$

$$T_{c2} \leq T \leq T_{l2} \quad \text{para la función} \quad f_2 = \left(\frac{F_{a1} * F_{d2} * F_{s2}}{F_{a2} * F_{d1} * F_{s1}} \right)^r * f_1$$

Donde se obtuvo como resultado el siguiente espectro de respuesta modificado de la estación de Manta para suelo tipo D:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

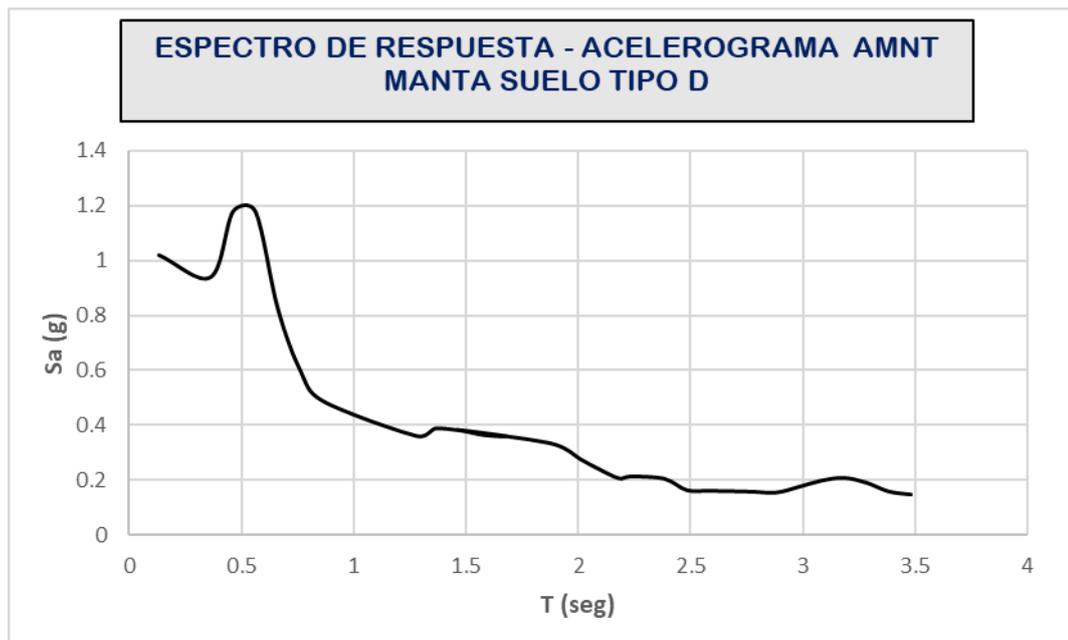


Ilustración 99. Espectro de respuesta estación AMNT (N-S): Manta –Modificado Suelo tipo

5.10 Fichas de desempeño sísmico de las estructuras especiales seleccionadas

Descripción:

Con los registros de los acelerogramas del sismo del 16 de abril del 2016 y los parámetros de cada estructura como el tipo de suelo donde se encuentran asentadas, tipo de construcción, periodos de vibración y espectros de diseño detallados en este capítulo, se procedió a determinar el desempeño sísmico de escenario deportivo seleccionado para el estudio.

Se procedió a determinar los valores de derivas inelásticas (Δm) y los desplazamientos espectrales elásticos para diseño (S_d) de cada estructura especial ya que no deben exceder los límites permisibles según la norma NEC-15 en su capítulo de diseño sismo resistente.

Así como también se calculó el factor de reducción de resistencia sísmica efectivo (R efectivo) para cada estructura especial ya que en los parámetros de la norma NEC-15 en su capítulo de diseño sismo resistente recomienda adoptar un valor dependiendo el tipo de construcción de la estructura.

De esta manera se pudo obtener los resultados del desempeño sísmico de cada escenario deportivo seleccionado para el estudio como también determinar si estas estructuras cumplieron con los parámetros estipulados en la Norma NEC-15 y poder generar recomendaciones en el aspecto constructivo de las mismas.

5.10.1 Estadio Folke Anderson – Esmeraldas – Suelo tipo E

5.10.1.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Esmeraldas (suelo tipo E) con el espectro de aceleración en sitio de la estación AES2- Esmeraldas (suelo tipo E) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa

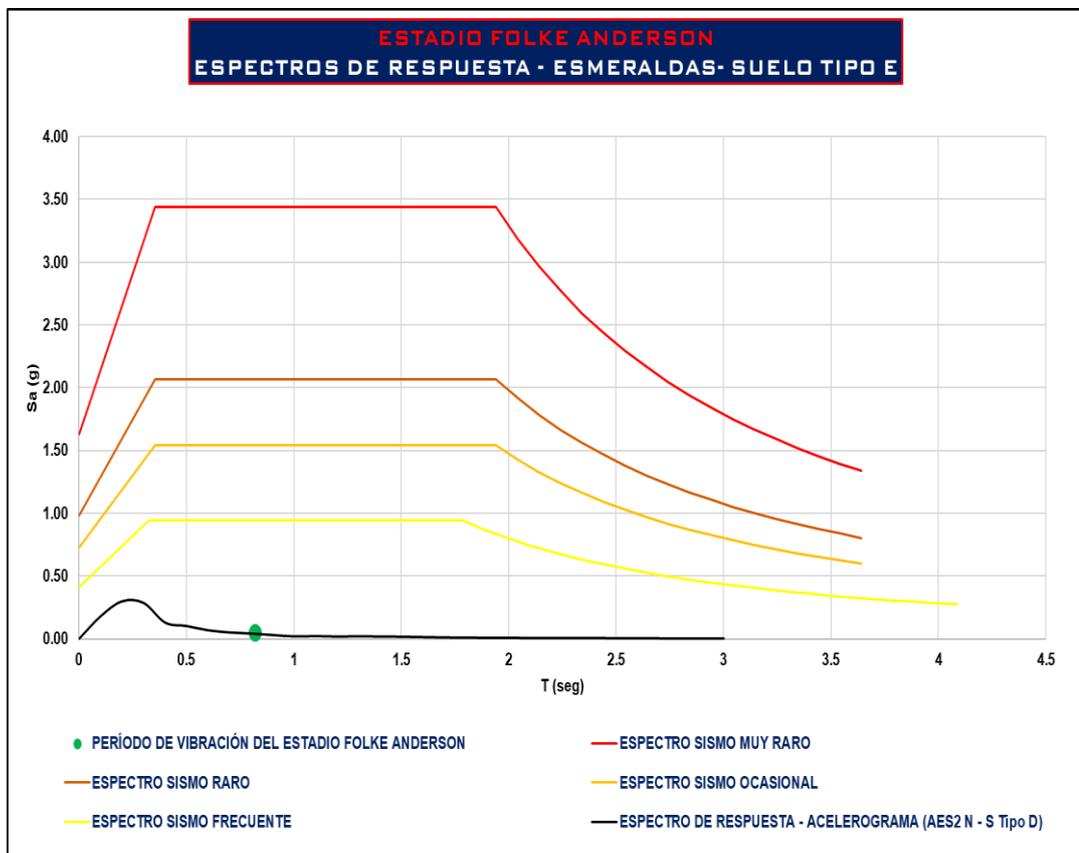


Ilustración 100. Ficha de desempeño sísmico Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.

Resultado:

Tabla 49. Tipo de sismo Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO FRECUENTE
0.05	0.82	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- Existieron daños estructurales y arquitectónicos.
- Los graderíos del sector de General presentaron daños estructurales como grietas en las losetas.
- Las torres de iluminación colapsaron.
- Colapso de las paredes del cerramiento.
- Colapso de las mallas metálicas.
- Daños arquitectónicos en el sector de las cabinas de prensa

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 50. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).
- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra El Estadio Folke Anderson de Esmeraldas ocurrió un “sismo frecuente” por esta razón se determinó que esta estructura no cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Este escenario deportivo sufrió daños estructurales en los graderíos del sector de General, así como también fisuras y desprendimientos de hormigón en las paredes, colapso en las paredes del cerramiento, colapso de las torres de iluminación.

Después del sismo este escenario deportivo continuo en funcionamiento ya que el sector de la cancha no sufrió afectaciones y otros sectores de graderíos tampoco, se restringió el acceso a los graderíos de General que si sufrieron daños estructurales.

5.10.1.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

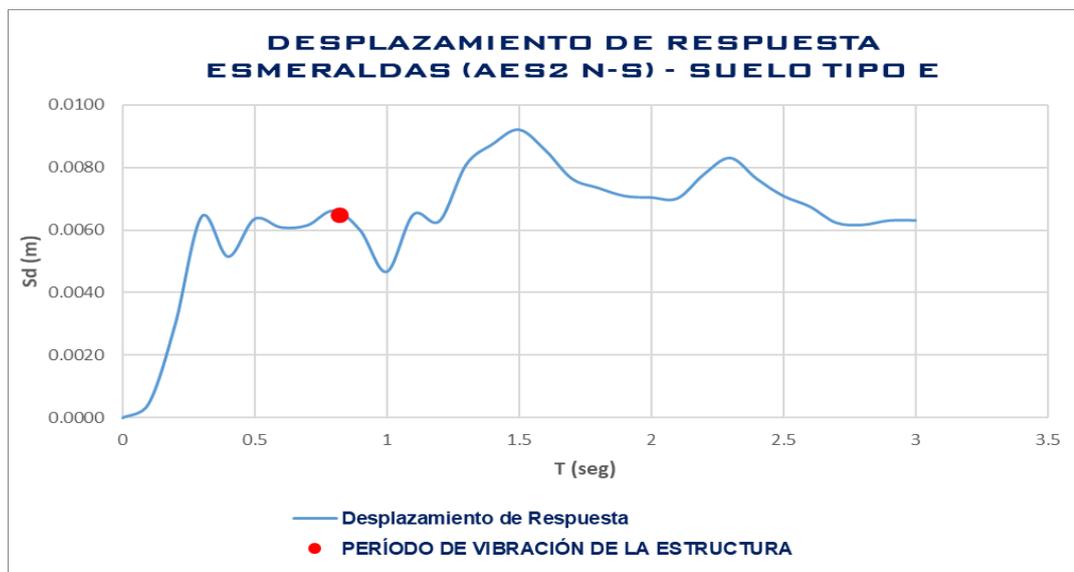


Ilustración 101. Desplazamiento de respuesta Estadio Folke Anderson -Esmeraldas AES2, suelo tipo E.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (Sd) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 51. Derivas inelásticas del Estadio Folke Anderson - Esmeraldas, suelo tipo E.

ESTADIO FOLKE ANDERSON	
Altura H (m)	20
Período T (seg)	0.82
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.007
DERIVAS	
$\Delta_e = Sd / H$	
Δ_e	0.0003
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0002
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas del Estadio Folke Anderson de Esmeraldas no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sismo-resistente en el caso de estructuras de hormigón armado, a esto se le puede atribuir que no obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.1.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (Re) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del Sa (sismo) y el Sa (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R \text{ efectivo} = \frac{Sa(\text{diseño})}{Sa(\text{sismo})}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

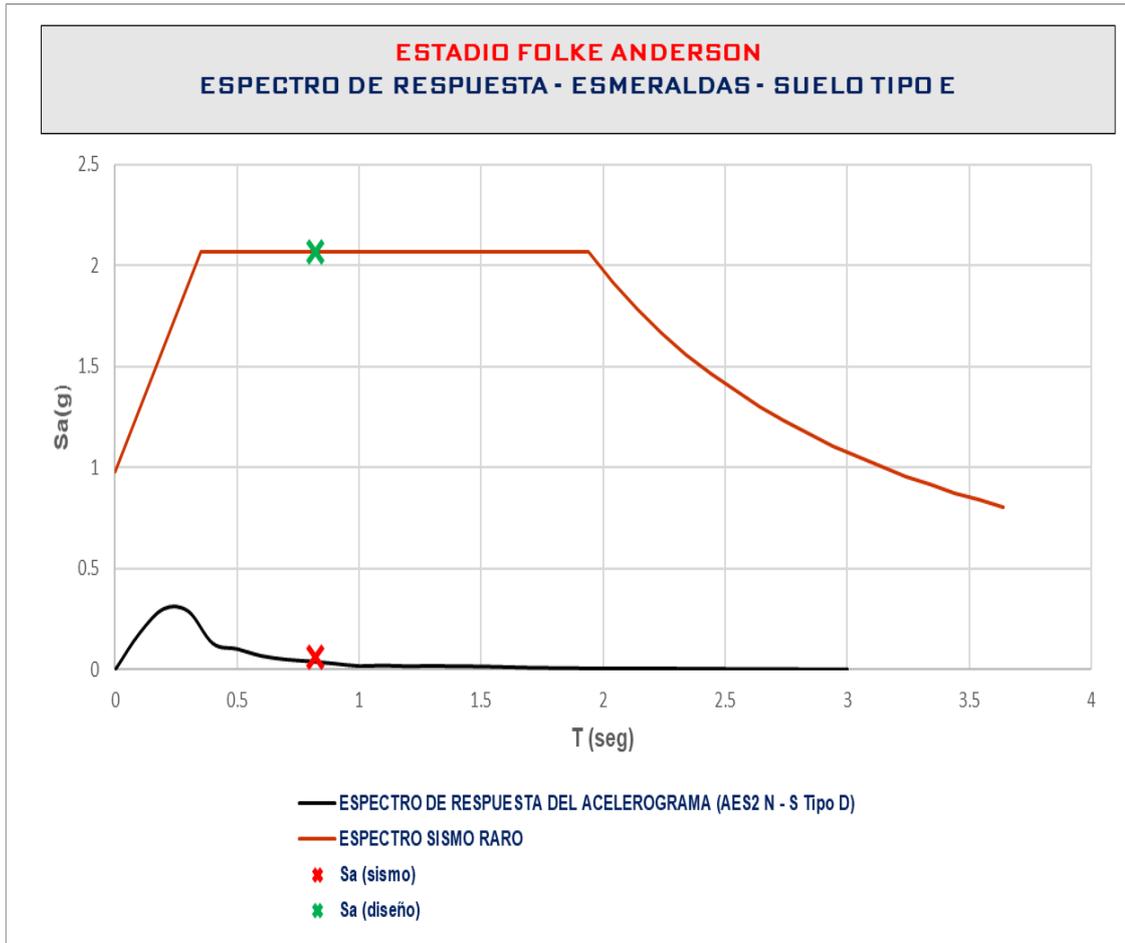


Ilustración 102. Espectros de respuesta de aceleración del Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.

Factor R efectivo:

Tabla 52. Factor R efectivo del Estadio Folke Anderson, Esmeraldas suelo tipo E.

ESTADIO FOLKE ANDERSON		
Período Estructura (T)	0.82	seg
Sa (Sismo)	0.06	g
Sa (Diseño)	2.07	
R NEC-15	8	
R efectivo	34.00	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.10.2 Estadio Reales Tamarindos – Portoviejo – Suelo tipo D

5.10.2.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Portoviejo (suelo tipo D) con el espectro de aceleración en sitio de la estación APO1- Portoviejo (suelo tipo D) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

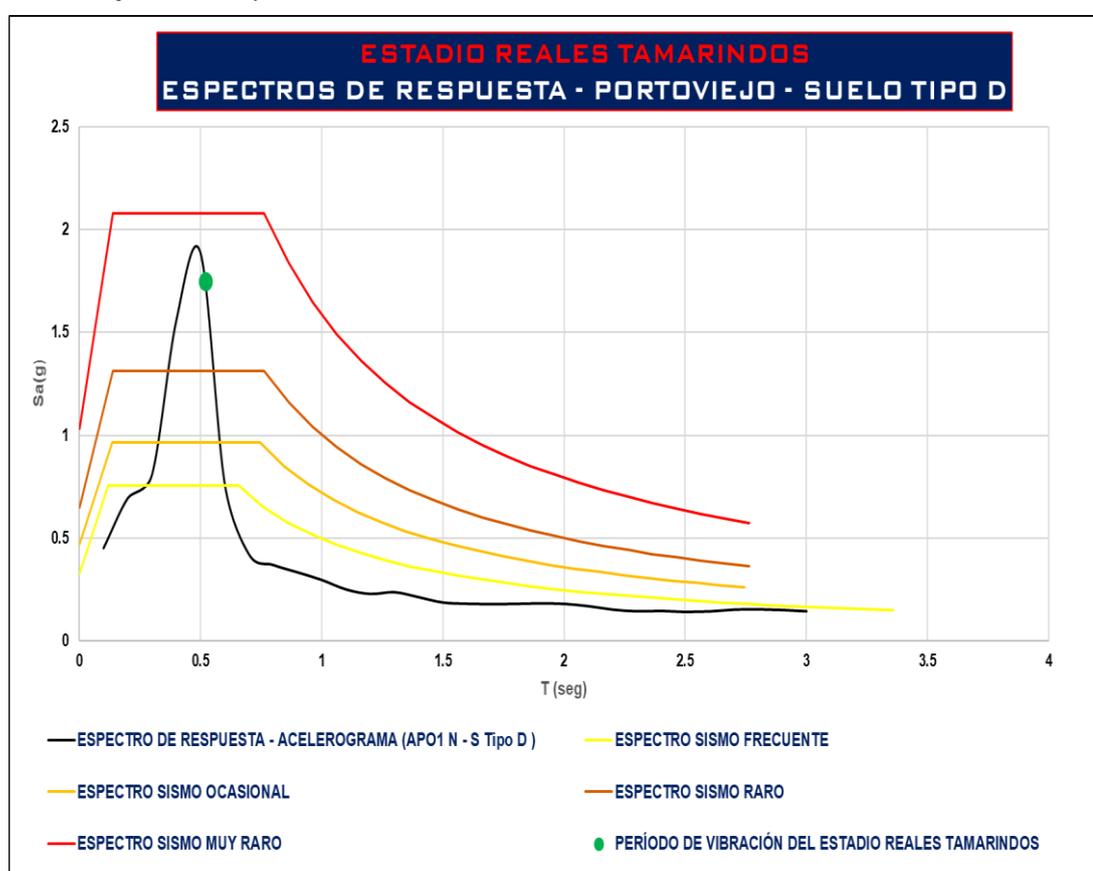


Ilustración 103. Ficha de desempeño sísmico estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D

Resultado:

Tabla 53. Tipo de sismo Estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO RARO - MUY RARO
1.75	0.52	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- No existieron daños estructurales, solo daños arquitectónicos.
- Parte de la visera de la cubierta de la tribuna se inclinó.
- Las paredes de la sala de prensa presentaron grietas.
- Una de las torres de iluminación sufrió daños leves.

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 54. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).
- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra El Estadio Reales Tamarindos de Portoviejo ocurrió un “sismo entre raro y muy raro” por esta razón se determinó que esta estructura si cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Este escenario deportivo no sufrió daños estructurales debido a que consta con una gran cantidad de muros estructurales en la base, esto mejora la estabilidad y resistencia frente a un sismo de sitio entre severo y extremo, el sector de la cancha no sufrió daños y la edificación continuó funcionando con normalidad.

5.10.2.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

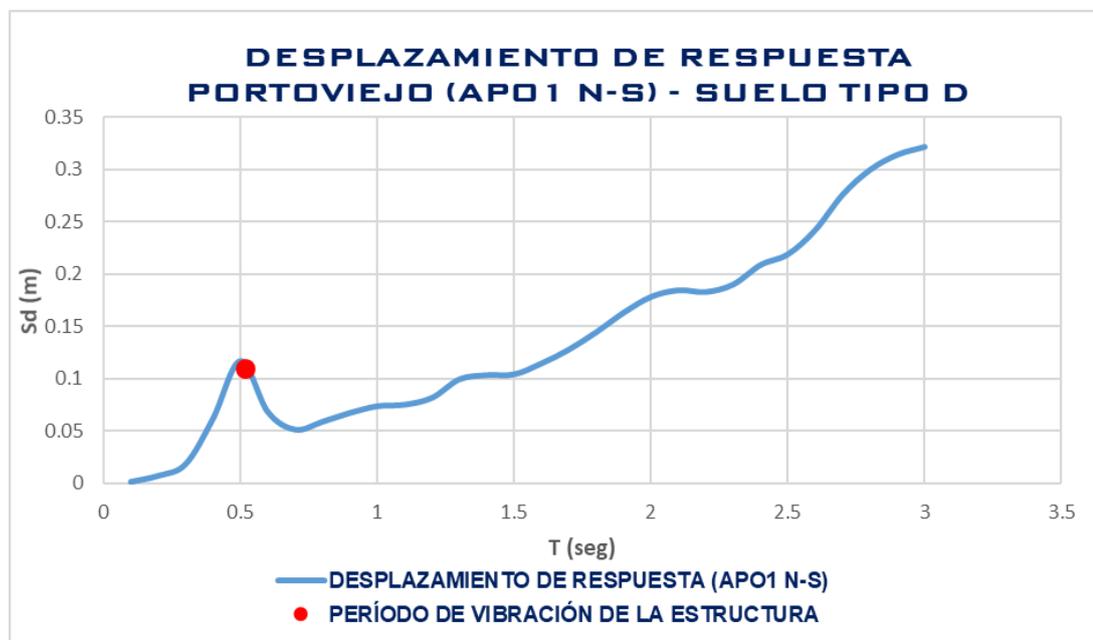


Ilustración 104. Desplazamiento de respuesta Estadio Reales Tamarindos -Portoviejo APO1, suelo tipo D.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 55. Derivas inelásticas del Estadio Reales Tamarindos - Portoviejo, suelo tipo D.

ESTADIO REALES TAMARINDOS	
Altura H (m)	20
Período T (seg)	0.52
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.11
DERIVAS	
$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0.0055
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0041
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas del Estadio Reales Tamarindos de Portoviejo no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sismo-resistente en el caso de estructuras de hormigón armado, se le puede atribuir que obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.2.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (R_e) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del S_a (sismo) y el S_a (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R_{efectivo} = \frac{S_a(diseño)}{S_a(sismo)}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

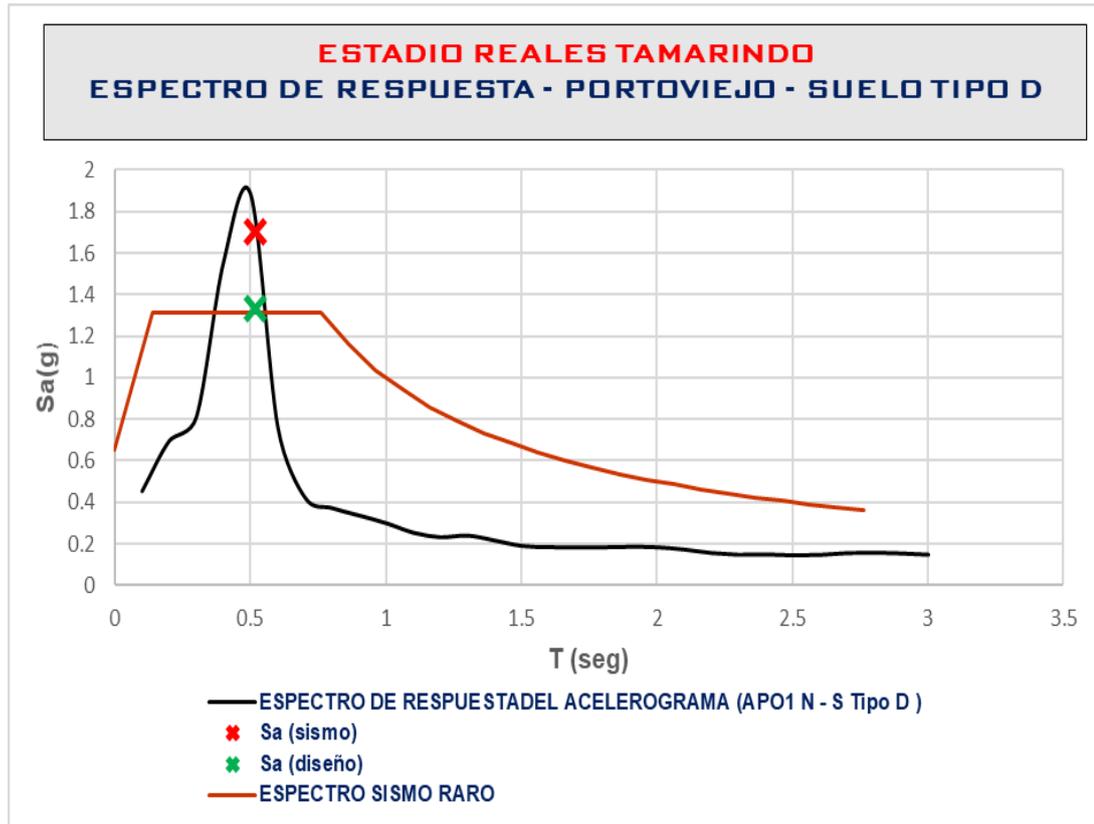


Ilustración 105. Espectros de respuesta de aceleración del Estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.

Factor R efectivo:

Tabla 56. Factor R efectivo del Estadio Reales Tamarindos, Portoviejo suelo tipo D.

ESTADIO REALES TAMARINDOS		
Período Estructura (T)	0.52	seg
Sa (Sismo)	1.7	g
Sa (Diseño)	1.33	
R NEC-15	5	
R efectivo	0.78	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.10.3 Ciudad Deportiva la California – Portoviejo – Suelo tipo D

5.10.3.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Portoviejo (suelo tipo D) con el espectro de aceleración en sitio de la estación APO1- Portoviejo (suelo tipo D) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

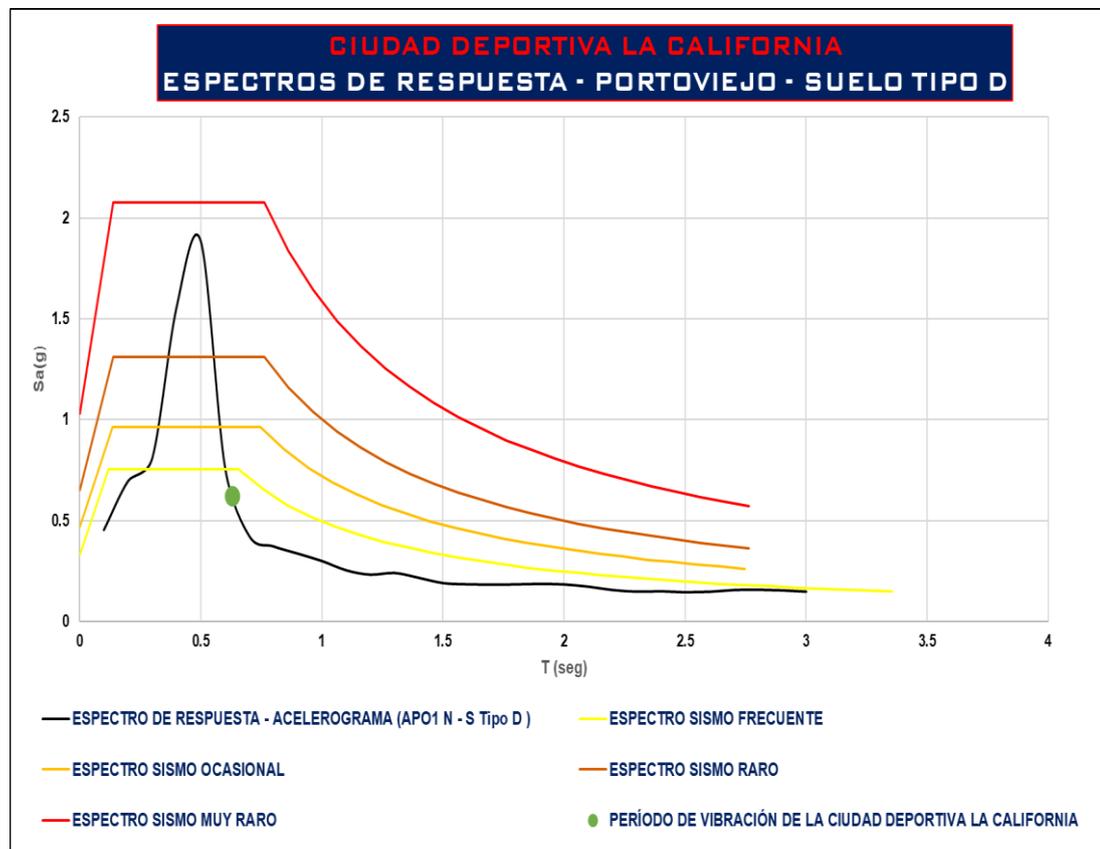


Ilustración 106. Ficha de desempeño sísmico Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.

Resultado:

Tabla 57. Tipo de sismo Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO FRECUENTE
0.62	0.63	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- Una de las villas de hospedaje para deportistas sufrió daños estructurales y arquitectónicos.
- Daños estructurales por cortante en las columnas del primer piso de la villa de hospedaje para deportistas.
- Desprendimiento de hormigón en las columnas del primer piso de la villa de hospedaje para deportista.
- Colapso de las paredes del primer piso de la villa de hospedaje para deportistas, daños en las instalaciones del coliseo de gimnasia, daños en el muro de escalar del coliseo de gimnasia, ventanas rotas, graderíos con fisuras.

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 58. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).
- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo ocurrió un “sismo frecuente” por esta razón se determinó que esta estructura no cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Para un sismo de sitio de magnitud baja el desempeño sísmico de esta estructura no fue el adecuado ya que una de las villas de hospedaje para deportistas de este escenario deportivo sufrió daños tanto en sus elementos estructurales principalmente en columnas y daños no estructurales como en paredes y graderíos del coliseo de gimnasia.

La estructura donde ocurrieron los daños más graves quedó fuera de funcionamiento después del sismo por motivos de seguridad y en la actualidad sigue sin operar hasta que se realice un nuevo informe en caso de necesitar entrar en un proceso de demolición.

5.10.3.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (Sd) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

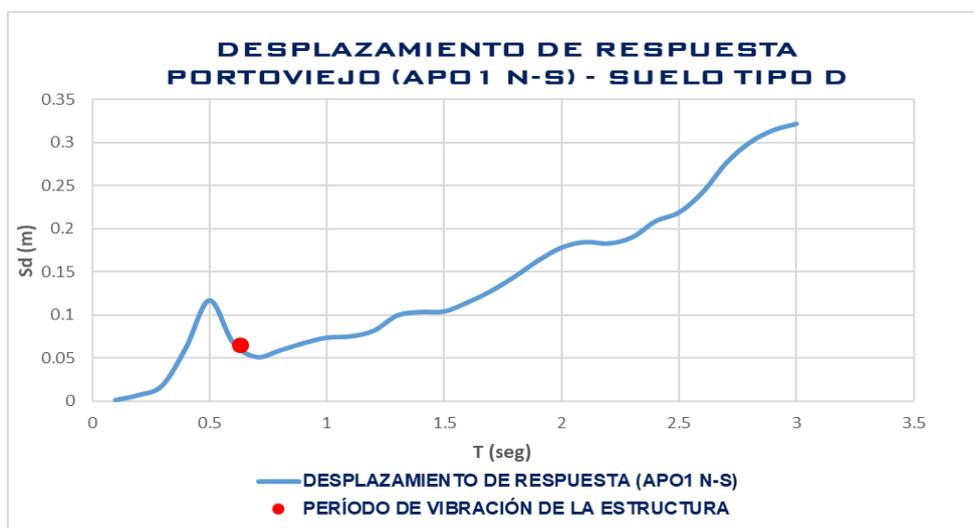


Ilustración 107. Desplazamiento de respuesta Ciudad Deportiva la California -Portoviejo APO1, suelo tipo D.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (Sd) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 59. Derivas inelásticas de la Ciudad Deportiva la California - Portoviejo, suelo tipo D.

C.DEPORTIVA LA CALIFORNIA	
Altura H (m)	15
Período T (seg)	0.63
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.065
DERIVAS	
$\Delta_e = Sd / H$	
Δ_e	0.0043
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0033
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas de la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sismo-resistente en el caso de estructuras de hormigón armado, sin embargo, se le puede atribuir que no obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.3.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (Re) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del Sa (sismo) y el Sa (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R \text{ efectivo} = \frac{Sa(\text{diseño})}{Sa(\text{sismo})}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

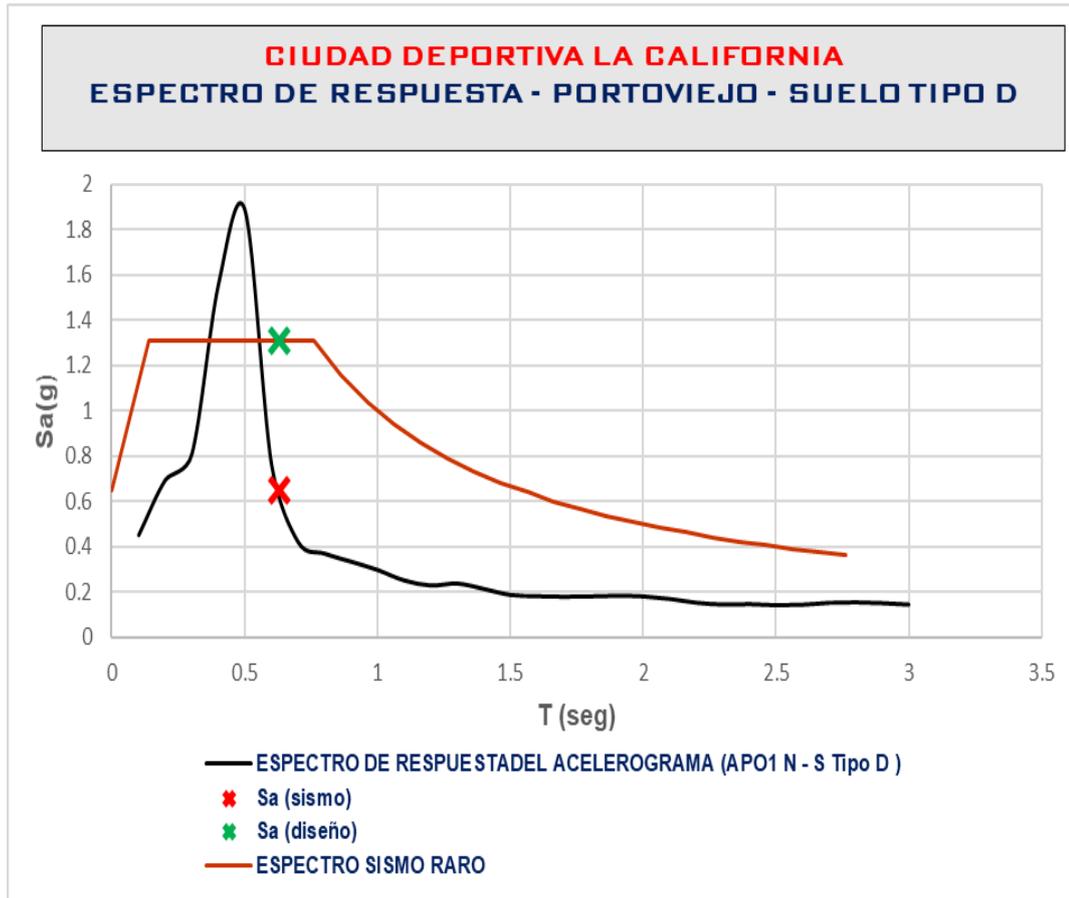


Ilustración 108. Espectros de respuesta de aceleración de la Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D.

Factor R efectivo:

Tabla 60. Factor R efectivo de la Ciudad Deportiva la California, Portoviejo suelo tipo D

CIUDAD DEPORTIVA LA CALIFORNIA		
Período Estructura (T)	0.63	seg
Sa (Sismo)	0.7	g
Sa (Diseño)	1.32	
R NEC-15	8	
R efectivo	2.02	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.10.4 Estadio Jocay – Manta – Suelo tipo D

5.10.4.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Portoviejo (suelo tipo D) con el espectro de aceleración en sitio de la estación AMNT- Manta (suelo tipo D) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

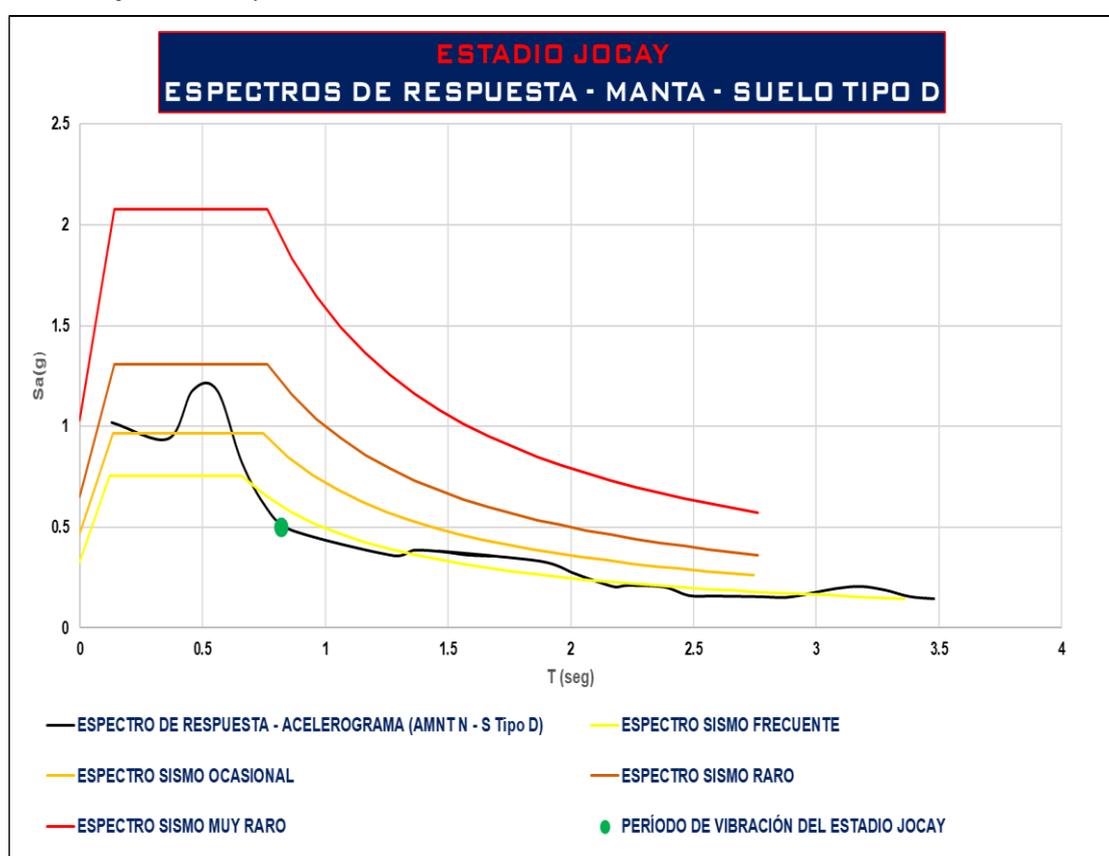


Ilustración 109. Ficha de desempeño sísmico Estadio Jocay, Manta suelo tipo D.

Resultado:

Tabla 61. Tipo de sismo Estadio Jocay, Manta suelo tipo D

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO FRECUENTE
0.50	0.82	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- Sufrió daños estructurales considerables y arquitectónicos.
- La estructura del sector de preferencia presento un deterioro profundo en las losetas de los graderíos y paredes.
- El sector de la general norte, sur, tribuna y palco presentaron fisuras en paredes.
- Colapso de las paredes del cerramiento del estadio.
- Las torres de alumbrado del estadio cambiaron de dirección, el sector de preferencia entró en proceso de demolición después del sismo.

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 62. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).
- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra el Estadio Jocay de Manta ocurrió un “sismo frecuente” por esta razón se determinó que esta estructura no cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Para un sismo de sitio de magnitud baja el desempeño sísmico de esta estructura no fue el adecuado ya que uno de los sectores de los graderíos sufrió daños en sus elementos estructurales, así como también daños en paredes y el cerramiento del estadio.

El sector de la cancha no sufrió daños, pero la estructura quedó parcialmente fuera de funcionamiento y el sector de preferencia entró en proceso de demolición después del sismo.

5.10.4.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (Sd) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

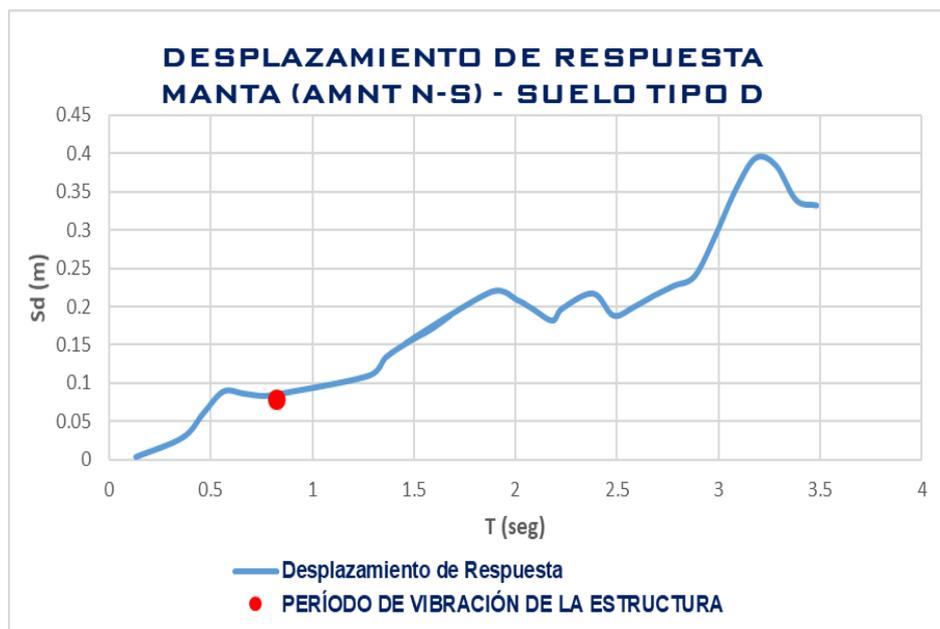


Ilustración 110. Desplazamiento de respuesta Estadio Jocay -Manta AMNT, suelo tipo D.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (Sd) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 63. Derivas inelásticas del Estadio Jocay - Manta, suelo tipo D.

ESTADIO JOCAY	
Altura H (m)	20
Período T (seg)	0.82
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.08
DERIVAS	
$\Delta_e = Sd / H$	
Δ_e	0.0040
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0030
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas del Estadio Jocay de Manta no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sismo-resistente en el caso de estructuras de hormigón armado, sin embargo, se le puede atribuir que no obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.4.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (Re) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del Sa (sismo) y el Sa (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R \text{ efectivo} = \frac{Sa(\text{diseño})}{Sa(\text{sismo})}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

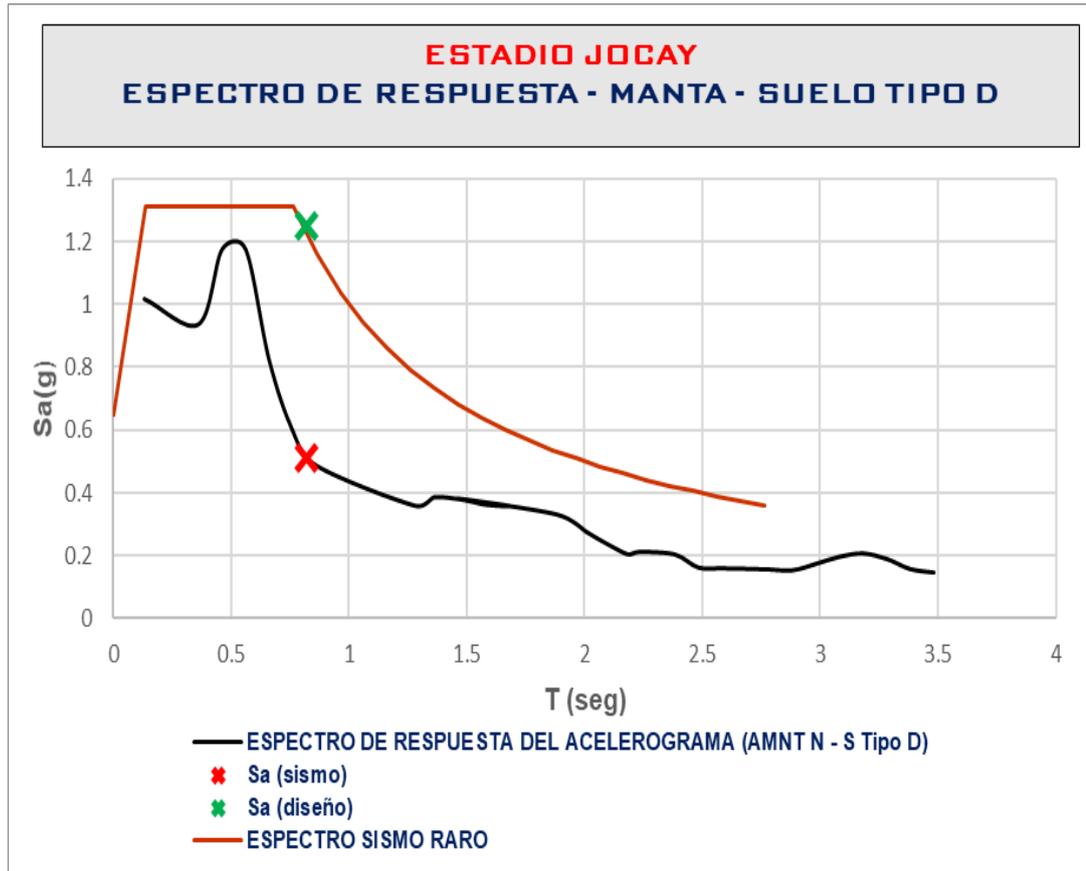


Ilustración 111. Espectros de respuesta de aceleración del Estadio Jocay, Manta suelo tipo D.

Factor R efectivo:

Tabla 64. Factor R efectivo del Estadio Jocay, Manta suelo tipo D

ESTADIO JOCAY		
Período Estructura (T)	0.82	seg
Sa (Sismo)	0.51	g
Sa (Diseño)	1.25	
R NEC-15	8	
R efectivo	2.45	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.10.5 Yacht Club – Manta – Suelo tipo D

5.10.5.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Portoviejo (suelo tipo D) con el espectro de aceleración en sitio de la estación AMNT- Manta (suelo tipo D) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

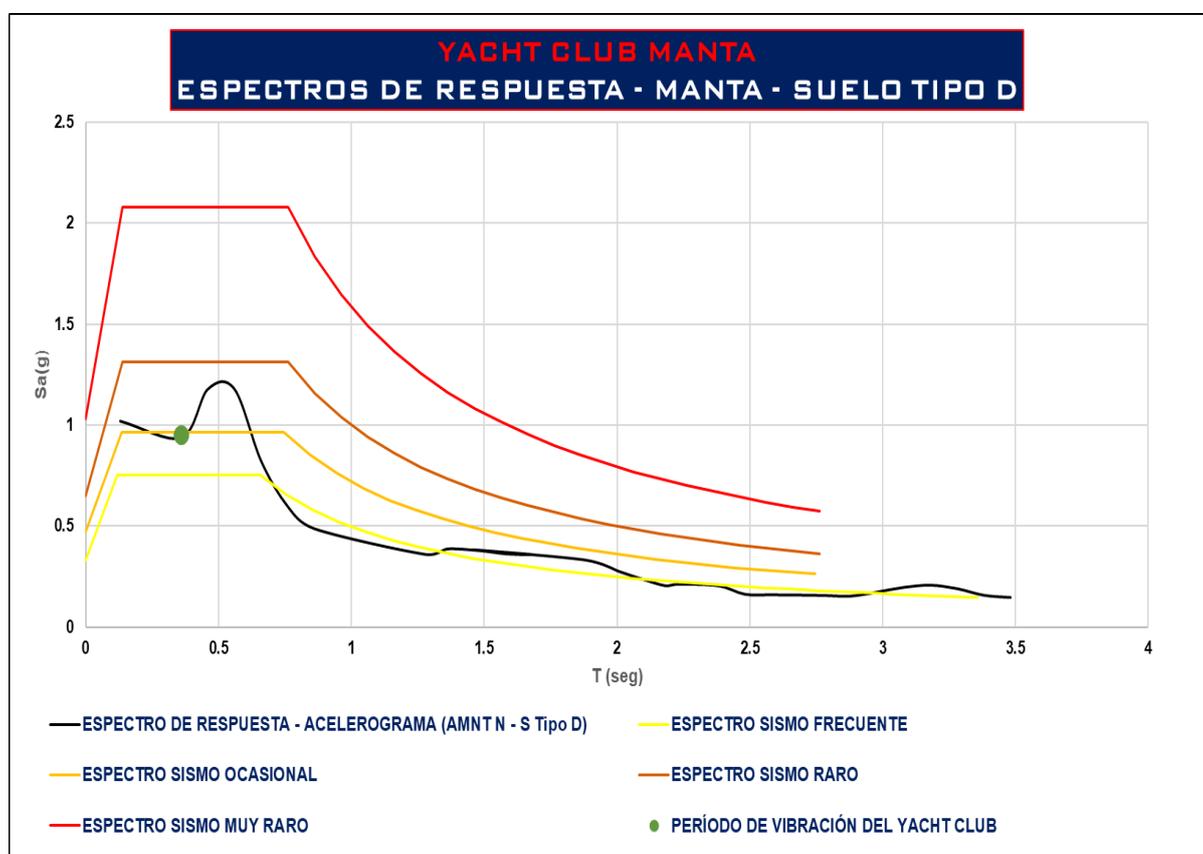


Ilustración 112. Ficha de desempeño sísmico Yacht Club, Manta suelo tipo D

Resultado:

Tabla 65. Tipo de sismo Yacht Club, Manta suelo tipo D

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO OCASIONAL
0.95	0.36	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- Se registraron daños estructurales y arquitectónicos.
- La rampa para el ingreso y salida de los botes colapsó.
- Grietas considerables en el suelo del área del muelle.
- Colapso de las paredes del cerramiento.
- Desprendimiento de concreto de las paredes del edificio principal, grietas en las paredes.
- La edificación del área de la cocina presentó daños estructurales como desacoples de la unión entre vigas y columnas, grietas y roturas verticales en vigas, daños en mampostería.
- Los pilotes y cimentación donde se encuentra asentada la estructura no presentaron daños estructurales solo fisuras menores.

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 66. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).

- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra el Yacht Club de Manta ocurrió un “sismo ocasional” por esta razón se determinó que esta estructura no cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Para un sismo de sitio de magnitud moderada el desempeño sísmico de esta estructura no fue el óptimo ya que se presentaron daños estructurales graves como en el suelo del área del muelle, en la rampa de acceso de los botes y la edificación del área de la cocina.

La edificación principal no sufrió daños estructurales solo arquitectónicos como desprendimiento del concreto en las paredes, los pilotes donde se asienta esta estructura se encuentran en buen estado y no presentan daños estructurales.

Solo el área del muelle continuó en funcionamiento después del sismo ya que las demás edificaciones presentaron daños.

La edificación del área de la cocina entró en proceso de demolición debido a los daños.

5.10.5.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

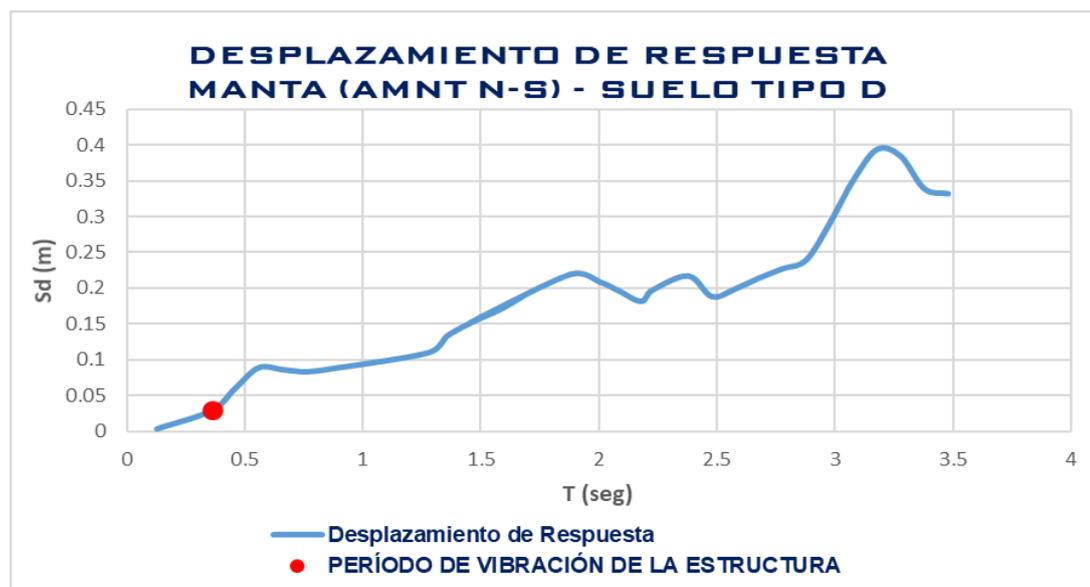


Ilustración 113. Desplazamiento de respuesta Yacht Club - Manta AMNT, suelo tipo D.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (Sd) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 67. Derivas inelásticas del Yacht Club - Manta, suelo tipo D.

YACHT CLUB MANTA	
Altura H (m)	8
Período T (seg)	0.36
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.03
DERIVAS	
$\Delta_e = Sd / H$	
Δ_e	0.0038
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0028
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas del Yacht Club de Manta no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sismo-resistente en el caso de estructuras de hormigón armado, sin embargo, se le puede atribuir que no obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.5.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (Re) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del Sa (sismo) y el Sa (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R \text{ efectivo} = \frac{Sa(\text{diseño})}{Sa(\text{sismo})}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

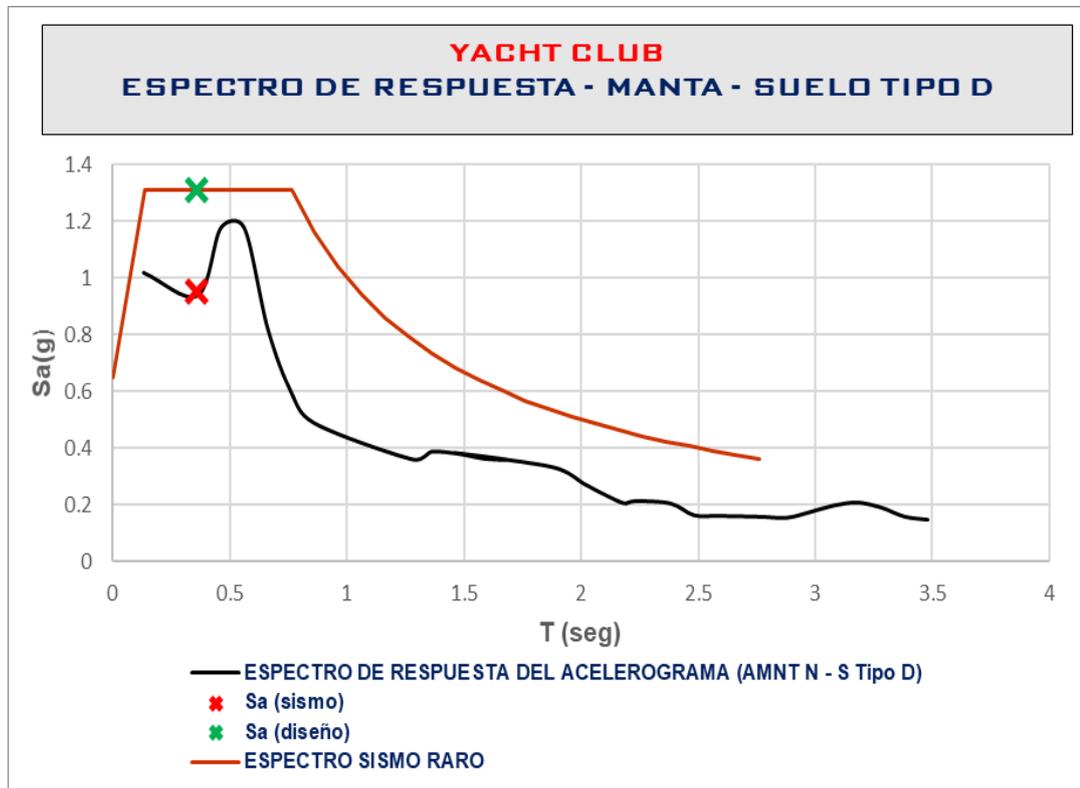


Ilustración 114. Espectros de respuesta de aceleración del Yacht Club, Manta suelo tipo D

Factor R efectivo:

Tabla 68. Factor R efectivo del Yacht Club, Manta suelo tipo D

YACHT CLUB MANTA		
Período Estructura (T)	0.36	seg
Sa (Sismo)	0.95	g
Sa (Diseño)	1.31	
R NEC-15	8	
R efectivo	1.38	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa

5.10.6 Yacht Club – Bahía de Caráquez – Suelo tipo D

5.10.6.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Portoviejo (suelo tipo D) con el espectro de aceleración en sitio de la estación ACHN- Chone (suelo tipo D) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

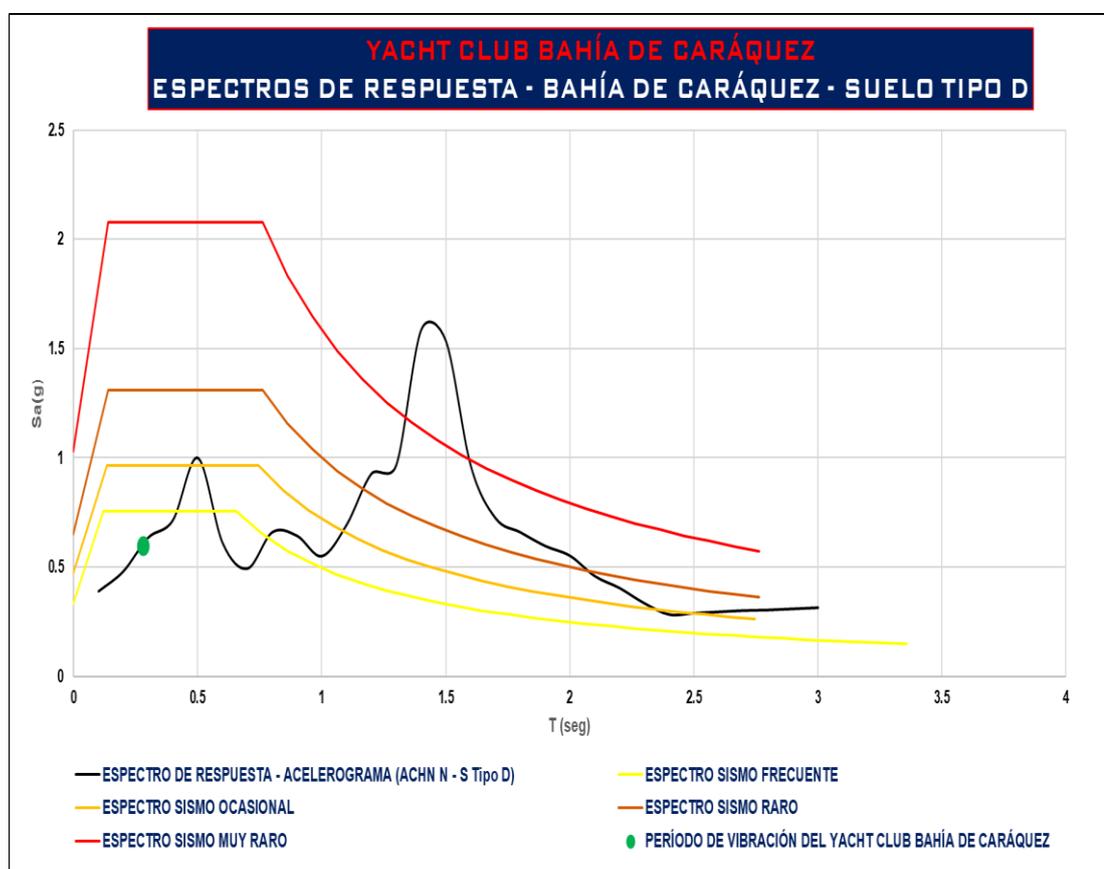


Ilustración 115. Ficha de desempeño sísmico Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D

Resultado:

Tabla 69. Tipo de sismo Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO FRECUENTE
0.60	0.28	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- Se registraron daños estructurales y arquitectónicos.
- La rampa de acceso de los botes colapso parcialmente, presentaron grietas.
- El área social sufrió daños estructurales principalmente en la piscina y sus alrededores levantamiento de la estructura y desfases diagonales.
- La edificación de oficinas sufrió daños estructurales en sus columnas y vigas fallas por corte.
- La edificación principal presentó fisuras en paredes y fisuras en vigas.
- Daños en las paredes del cerramiento presentaron grietas y desprendimientos de concreto.

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 70. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).

- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra el Yacht Club de Bahía de Caráquez ocurrió un “sismo frecuente” por esta razón se determinó que esta estructura no cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Para un sismo de sitio de magnitud baja el desempeño sísmico de esta estructura no fue el óptimo ya que se presentaron daños estructurales graves como en el suelo del área del muelle, en la rampa de acceso de los botes.

La edificación del área de oficinas, la edificación principal sufrió daños estructurales como fisuras en vigas y arquitectónicos como fisuras en las paredes, los pilotes donde se asienta esta estructura se encuentran en buen estado y no presentan daños estructurales.

La edificación de oficinas entró en proceso de demolición después del sismo debido a los daños estructurales que presentó, así como también la piscina del área social fue demolida debido a los daños.

Después del sismo del 16 de abril del 2016 este escenario deportivo dejó de operar.

5.10.6.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

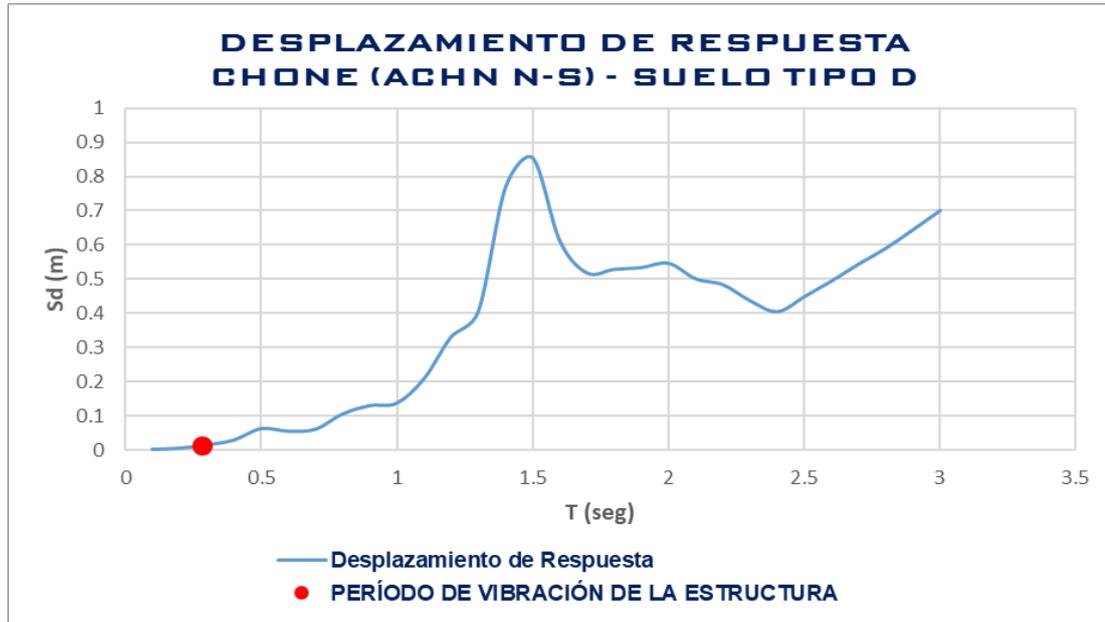


Ilustración 116. Desplazamiento de respuesta Yacht Club -Bahía de Caráquez ACHN, suelo tipo D.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 71. Derivas inelásticas del Yacht Club – Bahía de Caráquez, suelo tipo D

YACHT CLUB BAHÍA DE CARÁQUEZ	
Altura H (m)	6
Período T (seg)	0.28
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.02
DERIVAS	
$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0.0025
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0019
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas del Yacht Club de Bahía de Caráquez no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sísmo-resistente en el caso de

estructuras de hormigón armado, sin embargo, se le puede atribuir que no obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.6.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (Re) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del Sa (sismo) y el Sa (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R \text{ efectivo} = \frac{Sa(\text{diseño})}{Sa(\text{sismo})}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

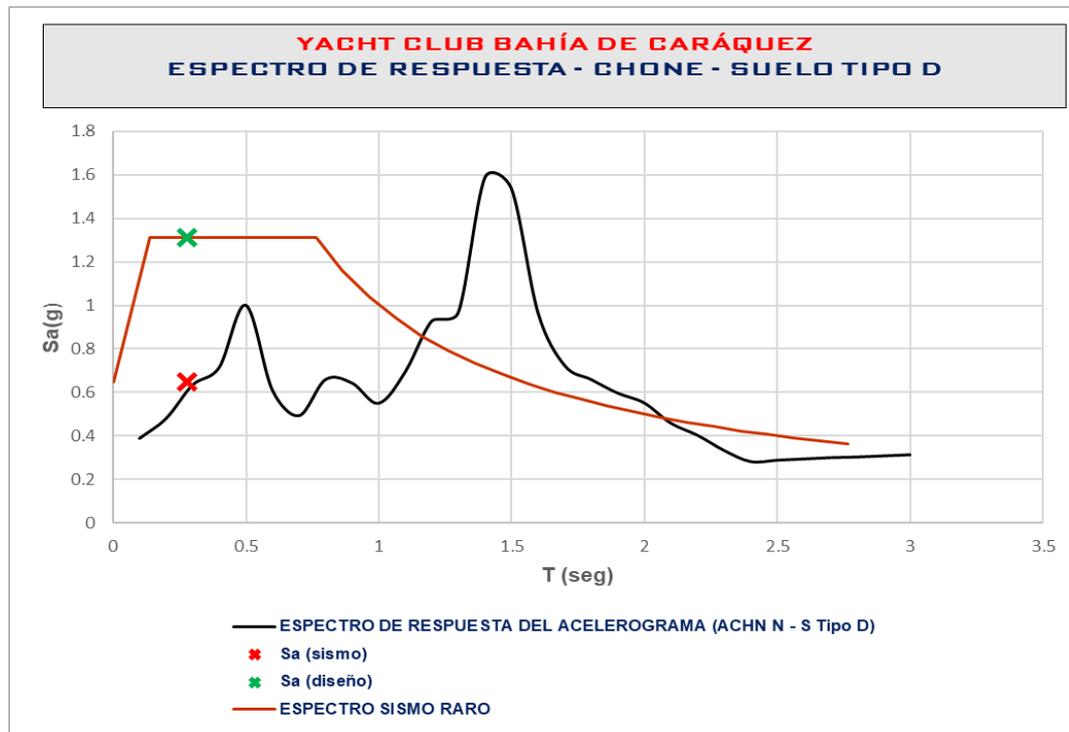


Ilustración 117. Espectros de respuesta de aceleración del Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

Factor R efectivo:

Tabla 72. Factor R efectivo del Yacht Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D

YACHT CLUB BAHÍA DE CARÁQUEZ		
Período Estructura (T)	0.28	seg
Sa (Sismo)	0.65	g
Sa (Diseño)	1.31	
R NEC-15	8	
R efectivo	2.45	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

5.10.7 Tenis Club – Bahía de Caráquez – Suelo tipo D

5.10.7.1 Desempeño sísmico

Mediante la comparación de los espectros de respuesta elásticos de aceleraciones para Portoviejo (suelo tipo D) con el espectro de aceleración en sitio de la estación ACHN- Chone (suelo tipo D) del sismo del 16 de abril del 2016 y el período de la estructura (T), se determinó el tipo de sismo que actuó sobre la estructura y sus efectos detallados a continuación:

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

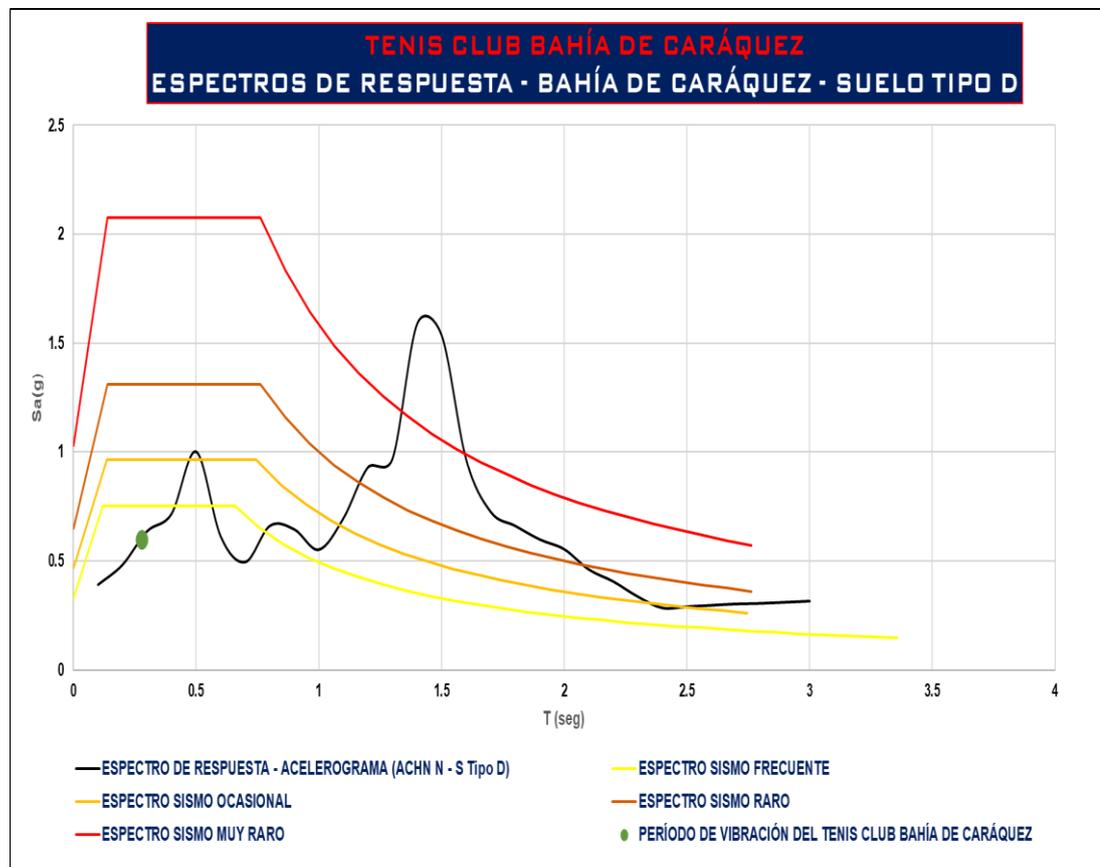


Ilustración 118. Ficha de desempeño sísmico Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D

Resultado:

Tabla 73. Tipo de sismo Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D.

RESPUESTA ESTRUCTURAL REAL	PERÍODO ESTRUCTURA	RESULTADO
(g)	(seg)	SISMO FRECUENTE
0.60	0.28	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Daños:

- Se registraron daños estructurales y arquitectónicos.
- Edificación del área para eventos sufrió daños estructurales en las columnas y vigas con grietas por cortante.
- El área de las piscinas no sufrió daños, el edificio del gimnasio tampoco solo vidrios rotos.
- Grietas considerables en el suelo en el área de las canchas de tenis de tierra y cemento, desprendimiento de concreto en las paredes y columnas del cerramiento con grietas por cortante.

Desempeño sísmico:

Para estructuras de ocupación especial, se deberá evaluar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico mediante la siguiente tabla (NEC, 2015), para :

Tabla 74. Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de ocupación especial.

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

- Daño: No se considera evitar daño ante un terremoto de 475 años de período de retorno, es decir un “sismo raro” (NEC, 2015).
- No-daño: Nivel de prevención de daño ante un terremoto de 225 años y 72 años de período de retorno, es decir “sismos ocasionales y frecuentes” (NEC, 2015).
- No-colapso: Nivel de prevención de colapso ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia de 0.00004, es decir un “sismo muy raro” (NEC, 2015).

Conclusión:

Según el sitio donde se encuentra el Tenis Club de Bahía de Caráquez ocurrió un “sismo frecuente” por esta razón se determinó que esta estructura no cumplió con un adecuado desempeño sísmico basados en los parámetros de la norma NEC-15 para estructuras especiales detallados anteriormente.

Para un sismo de sitio de magnitud baja el desempeño sísmico de esta estructura no fue el óptimo ya que se presentaron daños estructurales graves como en la edificación del área social que fue la más afectada sufriendo daños estructurales como grietas por corte en sus vigas y columnas.

También en el área de las canchas de tenis donde se presentaron grietas considerables, las paredes del cerramiento presentaron desprendimientos de concreto y fisuras.

El área de la piscina no sufrió daños como tampoco la edificación donde se encuentra el gimnasio.

Después del sismo del 16 de abril del 2016 este escenario deportivo continuo parcialmente en funcionamiento recibiendo a los miembros del club que usan las canchas de tenis de tierra que fueron reparadas a excepción del área de eventos y

Las canchas de tenis de cemento que siguen con daños y fuera de uso.

5.10.7.2 Deriva inelástica

Mediante el uso del espectro de respuesta de desplazamiento y el período de vibración de la estructura (T), se determinó el desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) de la edificación seleccionada.

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

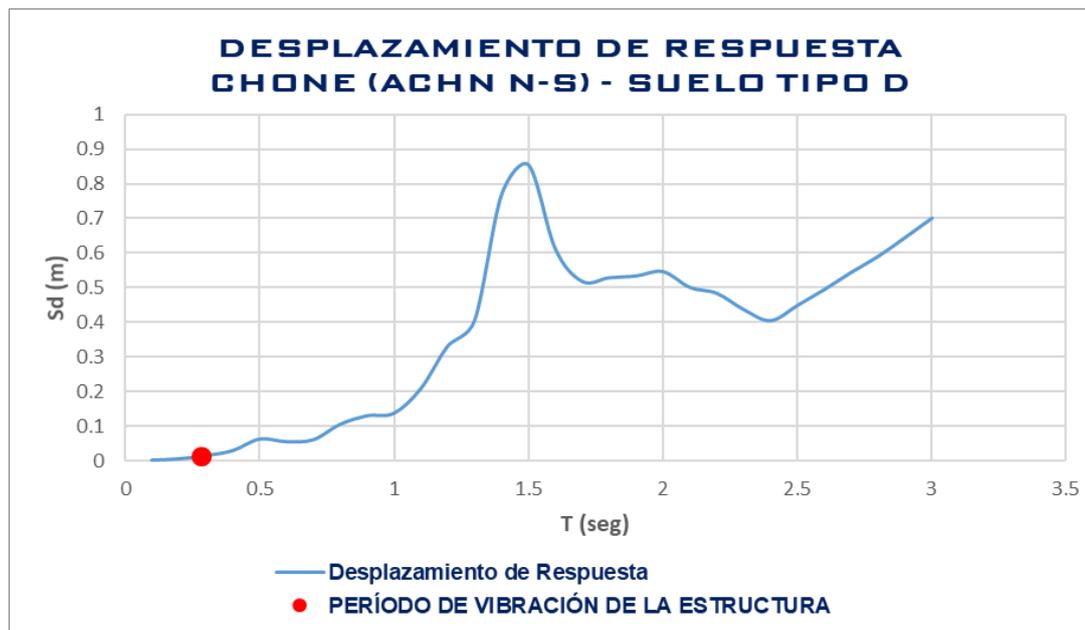


Ilustración 119. Desplazamiento de respuesta del Tenis Club - Bahía de Caráquez ACHN, suelo tipo D.

Con el valor del desplazamiento espectral elástico para diseño (S_d) se obtienen las derivas inelásticas de la estructura, detallado a continuación:

Tabla 75. Derivas inelásticas del Tenis Club – Bahía de Caráquez, suelo tipo D

TENIS CLUB BAHÍA DE CARÁQUEZ	
Altura H (m)	6
Período T (seg)	0.28
DESPLAZAMIENTO ELÁSTICO DISEÑO	
Sd (m)	0.02
DERIVAS	
$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0.0025
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0.0019
$\Delta_m \leq 0,02$	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

Derivas inelásticas:

Las derivas del Tenis Club de Bahía de Caráquez no sobrepasaron los límites establecidos por la norma NEC-15 para diseño sismo-resistente en el caso de

estructuras de hormigón armado, sin embargo, se le puede atribuir que no obtuvo un buen desempeño sismo resistente.

5.10.7.3 Factor de reducción de resistencia sísmica (R efectivo)

Para determinar el factor de reducción efectivo (Re) se debe considerar el periodo de la estructura seleccionada y obtener los valores del Sa (sismo) y el Sa (diseño) para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$R \text{ efectivo} = \frac{Sa(\text{diseño})}{Sa(\text{sismo})}$$

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

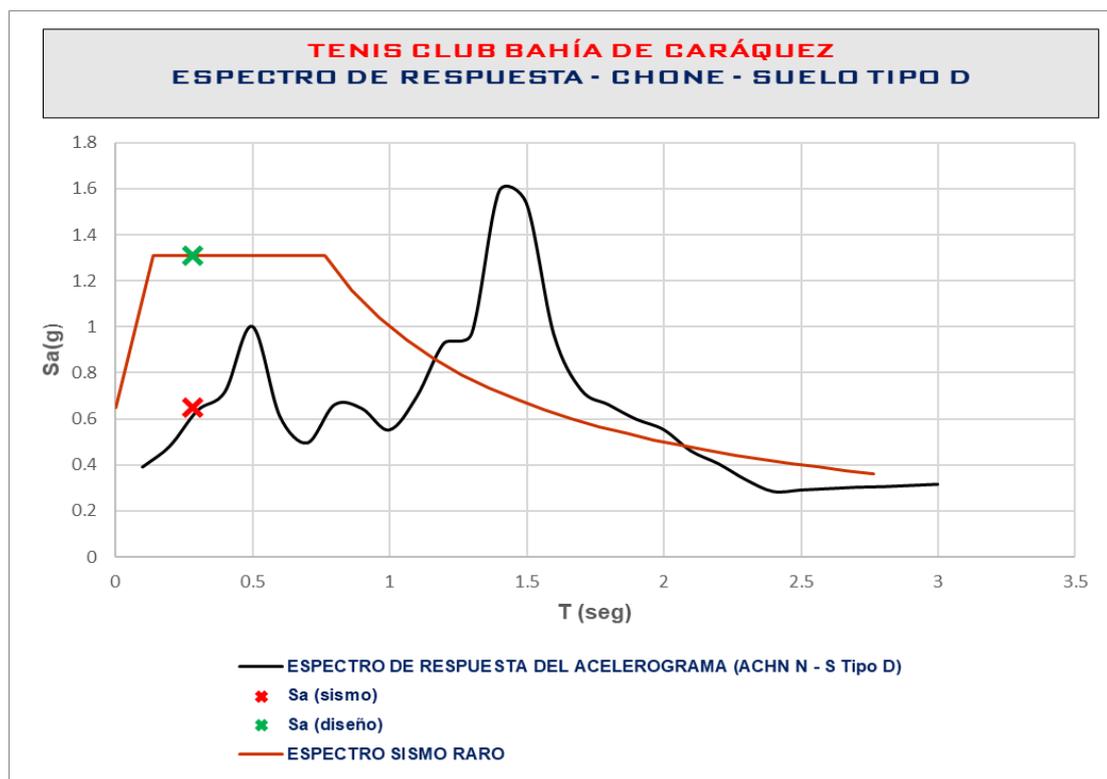


Ilustración 120. Espectros de respuesta de aceleración del Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D

Factor R efectivo:

Tabla 76. Factor R efectivo del Tenis Club, Bahía de Caráquez suelo tipo D

TENIS CLUB BAHÍA DE CARÁQUEZ		
Período Estructura (T)	0.28	seg
Sa (Sismo)	0.65	g
Sa (Diseño)	1.31	
R NEC-15	8	
R efectivo	2.45	

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

6 CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo definir el desempeño sísmico de las estructuras de ocupación especiales frente a los sismos que afectaron al Ecuador a partir de 1977.

Principalmente para el análisis se enfocó en el sismo del 16 de abril del 2016 uno de los más fuertes registrados dentro del territorio ecuatoriano ya que cuenta con mayor información y registros para acceder de esta manera poder desarrollar un correcto estudio.

Al ser escenarios deportivos que pueden albergar miles de personas se deben limitar los daños estructurales para prevenir colapsos y pérdidas de vidas humanas que es lo que siempre se busca al momento de diseñar una estructura.

Mediante este estudio se pudo determinar falencias al momento de diseñar y construir las estructuras de carácter especial, así como también en los parámetros que la norma Nec-15 establece para estructuras especiales como es el caso de los escenarios deportivos.

Por medio del análisis para determinar el tipo de sismo de sitio donde se encuentran asentadas estas estructuras se pudo evidenciar que la mayoría correspondían a un sismo de tipo frecuente que según la Norma Nec-15 es catalogado como sismo menor, sin embargo, muchas de las estructuras analizadas sufrieron daños estructurales considerables.

Cabe recalcar que ninguna estructura colapsó en parte se debe a que sus periodos de vibración se encontraban alejados de la zona de amplificación del sismo sin embargo presentaron daños estructurales en algunas de sus instalaciones, así como también daños arquitectónicos.

Los escenarios deportivos como la Ciudad Deportiva la California de Portoviejo el Yacht Club de Manta, Yacht Club de Bahía de Caráquez y Tenis Club de Bahía de Caráquez no tuvieron un adecuado desempeño sísmico para sismos frecuentes y ocasionales quedando algunas de sus instalaciones parcialmente fuera de funcionamiento y otras en proceso de demolición debido a los daños estructurales.

En cuanto a los estadios como el Estadio Jocay de Manta y el Estadio Folke Anderson de Esmeraldas tampoco tuvieron un desempeño sísmico adecuado, tuvieron daños estructurales en ciertos sectores de los graderíos y torres de iluminación sin embargo el área de la cancha no sufrió daños.

El estadio Reales Tamarindos de Portoviejo tuvo un buen desempeño sísmico dado que el tipo de sismo del sitio donde se encuentra dio como resultado un sismo entre raro y muy raro el cual refleja una intensidad muy alta sin embargo este escenario deportivo no sufrió daños estructurales debido al tipo de construcción que este presenta.

Otro aspecto importante que se pudo concluir con respecto a las derivas máximas permitidas por la Norma Nec-15 es que las estructuras sometidas a este análisis no excedieron los límites de derivas máximas, pero igual reportaron daños estructurales y arquitectónicos.

En cuanto al factor de reducción de resistencia sísmica, unos de los parámetros establecidos por la norma Nec-15 para diseño sismo resistente, se pudo evidenciar que se permite diseñar con valores de R muy altos que reducen mucho las fuerzas sísmicas para estas estructuras especiales. Según este estudio un valor de $R = 3$ sería el óptimo para diseñar estas edificaciones y asegurar que no sufran daños de ningún tipo durante sismos frecuentes.

6.1.1 Resumen de resultados R efectivo y derivas obtenidos del análisis de los escenarios deportivos

Tabla 77. Resumen de resultados R efectivo y derivas de los escenarios deportivos analizados.

Nº	ESTRUCTURA ANALIZADA	UBICACIÓN	Período T (seg)	R efectivo	Derivas (Δm)
1	ESTADIO FOLKE ANDERSON	ESMERALDAS	0.82	34	0.0002
2	ESTADIO REALES TAMARINDOS	PORTOVIEJO	0.52	0.78	0.0041
3	CIUDAD DEPORTIVA LA CALIFORNIA	PORTOVIEJO	0.63	2.02	0.0033
4	ESTADIO JOCAJ	MANTA	0.82	2.45	0.0030
5	YACHT CLUB	MANTA	0.36	1.38	0.0028
6	YACHT CLUB	BAHÍA DE CARAQUEZ	0.28	2.45	0.0019
7	TENIS CLUB	BAHÍA DE CARAQUEZ	0.28	2.45	0.0019

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa

6.1.2 Resumen de resultados desempeño sísmico obtenidos del análisis de los escenarios deportivos

Tabla 78. Resumen de resultados desempeño sísmico de los escenarios deportivos analizados.

Nº	ESTRUCTURA ANALIZADA	UBICACIÓN	TIPO DE SISMO	DESEMPEÑO SÍSMICO	FUNCIONAMIENTO
1	ESTADIO FOLKE ANDERSON	ESMERALDAS	FRECUENTE	BAJO	PARCIAL
2	ESTADIO REALES TAMARINDOS	PORTOVIEJO	RARO/MUY RARO	ALTO	OPERATIVO
3	CIUDAD DEPORTIVA LA CALIFORNIA	PORTOVIEJO	FRECUENTE	BAJO	PARCIAL
4	ESTADIO JOCAJ	MANTA	FRECUENTE	BAJO	PARCIAL
5	YACHT CLUB	MANTA	OCASIONAL	MODERADO	PARCIAL
6	YACHT CLUB	BAHÍA DE CARAQUEZ	FRECUENTE	BAJO	NO OPERATIVO
7	TENIS CLUB	BAHÍA DE CARAQUEZ	FRECUENTE	MODERADO	PARCIAL

Elaborado por Carlos Reyna Ochoa.

6.2 Recomendaciones

Para el caso de estas estructuras de carácter especial tener un adecuado desempeño sísmico estructural es de suma importancia, estos escenarios deportivos tienen capacidad para albergar a miles de personas principalmente los estadios de fútbol por ende se deben tratar de mitigar los riesgos de colapso de estas edificaciones.

Para ello se debe tener en cuenta algunos de los factores mencionados en este trabajo de investigación para evitar posibles tragedias y pérdidas de vidas humanas en caso de un sismo.

Como se pudo evidenciar algunos de estos escenarios deportivos sufrieron daños estructurales considerables debido al sitio donde se encuentran asentadas por eso es muy importante tener en consideración el tipo de suelo sobre el cual se va a construir la estructura y el periodo estructural, de esta manera tenerlos en cuenta en los parámetros de diseño.

Así como también se pudo constatar que para el caso de estadios se deberían diseñar y construir con muros estructurales en las bases de los graderíos, ya que estos mejoran la estabilidad y resistencia frente a un sismo a diferencia de un sistema de pórticos que no aporta la resistencia sísmica necesaria para evitar daños o posibles colapsos. Esta es una enseñanza obtenida de la observación del desempeño del estadio Reales Tamarindos de Portoviejo.

Para los escenarios deportivos con actividades acuáticas como los Yacht Club, se debe tomar en cuenta mejorar el tipo de diseño y construcción de las rampas de acceso de los botes con algún tipo de refuerzo estructural o dispositivo de control sísmico para disipar energía ya que se pudo constatar que esta fue la estructura más afectada inclusive para un sismo frecuente.

En cuanto a la Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2015 se recomienda revisar los parámetros de diseño sísmico resistente que no cumplen con los requisitos para que una estructura de esta categoría cumpla con un desempeño estructural adecuado.

Para el caso de las derivas máximas estipulado en la Norma Nec-15 se recomienda realizar una revisión a los límites ya que algunas estructuras no excedieron los límites de derivas inelásticas sin embargo las presentaron daños estructurales, el límite actual para las derivas es de 0,02 es decir 2% según la norma Nec-15 sin embargo este trabajo investigativo determinó que ese límite es muy alto y se sugiere bajar el límite permitido de derivas a 1 % aproximadamente que es lo que recomienda los códigos de construcción de Perú y Chile y se lo podría adoptar para el Ecuador.

También se recomienda revisar los valores de los factores de reducción sísmica R sugeridos por la norma Nec-15 ya que según los parámetros de esta norma para este tipo de edificaciones especiales considera un R muy alto y según lo que se determinó en este presente estudio para este tipo de estructura el factor R debería estar entre 2 y 5 dependiendo del tipo de construcción de la edificación.

7 BIBLIOGRAFÍA

Diario Expreso. (18 de abril de 2016). Escenarios deportivos sin mayor afectación. *Diario Expreso*, pág. 12.

Diario Expreso. (31 de julio de 2016). La vida cambió en Bahía. *Diario Expreso*, pág. 8.

Ecuavisa. (18 de abril de 2016). *Ecuavisa*. Obtenido de Estadio Folke Anderson de Esmeraldas sufrió daños en su estructura: <https://www.ecuavisa.com/articulo/terremoto/deportes/146811-estadio-folke-anderson-esmeraldas-sufrio-danos-su-estructura>

El Diario. (6 de mayo de 2016). *Más de 30 años pasaron y pocos daños quedaron*. Obtenido de El Diario: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390737-mas-de-30-anos-pasaron-y-pocos-danos-quedaron/>

El Mercurio. (27 de abril de 2016). Estadio Jocay con pocos daños. *El Mercurio*, pág. 10.

EsmeraldasNews. (5 de mayo de 2016). *EsmeraldasNews*. Obtenido de Se realizó inspección al estadio Folke Anderson por daños productos del terremoto: www.esmeraldasnews.com/deportes/otros/item/798-se-realizo-inspeccion-al-estadio-folke-anderson-por-danos-producto-del-terremoto

Expreso.ec. (26 de abril de 2016). *Expreso.ec*. Obtenido de El Jocay de Manta, el escenario que más daños tiene tras el terremoto: <https://www.expreso.ec/deportes/el-jocay-de-manta-el-escenario-que-mas-danos-tiene-tras-el-terremoto-YH283023>

FET. (20 de abril de 2016). *Escenarios de Copa Davis en Manabí no sufrieron daños por terremoto*. Obtenido de Federacion Ecuatoriana de Tenis: <https://www.fet.org.ec/noticia.php?id=879>

García, H. B., & Haro, J. L. (26 de Julio de 2017). *Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y*. Obtenido de ESPE: https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Bonifaz_Garcia/publication/3283

67680_Docente-Investigador/links/5bc8c1aca6fdcc03c790933d/Docente-Investigador.pdf

GEER-ATC. (9 de enero de 2017). *Mw7.8 ECUADOR 4/16/16 EARTHQUAKE RECONNAISSANCE*. Obtenido de PART I : SEISMOLOGICAL & GROUND MOTION ASPECTS: https://www.researchgate.net/profile/Theofilos_Toulkeridis/publication/313297424_GEER-ATC_Mw78_ECUADOR_41616_EARTHQUAKE_RECONNAISSANCE_PART_I_SEISMOLOGICAL_GROUND_MOTION_ASPECTS/links/5894d0d092851c8bb672cafe/GEER-ATC-Mw78-ECUADOR-4-16-16-EARTHQUAKE-RECON

Geofísico, I. (5 de agosto de 2011). *Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Sismo de Bahía de Caráquez: 4 de agosto de 1988: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/457-sismo-de-bah%C3%ADa-de-car%C3%A1quez-4-de-agosto-de-1998>

Geofísico, I. (22 de marzo de 2014). *Red Nacional de Acelerógrafos*. Obtenido de Red Nacional de Acelerógrafos: <https://www.igepn.edu.ec/red-nacional-de-acelerografos>

Info Cancha. (20 de abril de 2016). *Estadios de Esmeraldas y Manta han sufrido daños considerables tras terremoto*. Obtenido de Info Cancha: <http://www.infocancha.com/contenido/noticia/1/11403/estadios-de-esmeraldas-y-manta-han-sufrido-danos-considerables-tras-terremoto.html>

Instituto Geofísico . (04 de Mayo de 2016). *Instituto Geofísico*. Obtenido de Informe Sísmico Especial N. 18- 2016: www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html

NEC. (Diciembre de 2015). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*. Obtenido de NEC-SE-DS: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico-parte-1.pdf>

Oceanográfico, I. (4 de septiembre de 2012). *Instituto Oceanográfico de la Armada*.

Obtenido de Eventos en el Ecuador:

<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/estudio-de-tsunamis/73-eventos-en-el-ecuador>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Reyna Ochoa Carlos Eduardo**, con C.C: # 1725563652 autor del trabajo de titulación: **DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: ESCENARIOS DEPORTIVOS DE LAS PROVINCIAS DE MANABÍ Y ESMERALDAS**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **28 de febrero del 2020**

f. _____

Nombre: **Reyna Ochoa, Carlos Eduardo**

C.C: **1725563652**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: ESCENARIOS DEPORTIVOS DE LAS PROVINCIAS DE MANABÍ Y ESMERALDAS.		
AUTOR(ES)	Reyna Ochoa, Carlos Eduardo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 de febrero del 2020	No. DE PÁGINAS:	182
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructuras, Sísmica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Peligro sísmico, Escenarios deportivos, Acelerógrafos, Aceleraciones en roca, Derivas inelásticas, Periodos de vibración, Espectros de respuesta.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo tiene como objetivo determinar el desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador a partir de 1997, enfocándose en los escenarios deportivos como estadios, complejos deportivos, coliseos, etc. en las provincias de Manabí y Esmeraldas. Muchas de estas estructuras especiales han sufrido daños durante estos sismos de esta manera se podrá determinar los parámetros que afectaron su desempeño sísmico, mediante la recopilación de información de las fuentes disponibles para el análisis donde se pudo evidenciar los daños y falencias en la construcción de estas edificaciones. Se pudo establecer el tipo de suelo donde se encuentran asentadas estas estructuras y así poder elaborar los espectros de respuesta de aceleración correspondiente mediante las Curvas de Peligro Sísmico que reflejan las aceleraciones en roca PGA, como también los espectros de respuesta elástica de diseño en aceleración. Se obtuvo los valores de derivas inelásticas y periodos de vibración de cada estructura para que mediante el uso de los registros de acelerógrafos de las ciudades poder concluir que tipo de sismo de sitio ocurrió para cada caso, el cálculo del factor R efectivo se lo realizó con los registros de los espectros de respuesta de diseño medido en aceleraciones y los espectros de respuesta de las estaciones, este proceso investigativo se lo realizó con el propósito de evaluar el desempeño sísmico de estas edificaciones basándose en los parámetros de la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015 para diseño sismo-resistente y si estos parámetros son seguros para este tipo de estructuras especiales.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-87299218	E-mail: carlos-eduardo55@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593- 984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA	
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	