



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

TEMA:

**Evaluación De Respuesta Estructural De Edificaciones
Flexibles Sobre Sistemas De Aislación Sísmica**

AUTOR:

Aroca Aldaz, María Daniela

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

TUTOR:

Hernández Barredo, Jaime Francisco

Guayaquil, Ecuador

14 de septiembre del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Aroca Aldaz, Maria Daniela**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____
Hernández Barredo, Jaime Francisco

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Aroca Aldaz, Maria Daniela**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación De Respuesta Estructural De Edificaciones Flexibles Sobre Sistemas De Aislación Sísmica** 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 14 del mes de septiembre del año 2021

LA AUTORA

f. _____
Aroca Aldaz, Maria Daniela



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Aroca Aldaz, Maria Daniela**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación De Respuesta Estructural De Edificaciones Flexibles Sobre Sistemas De Aislación Sísmica**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2021

LA AUTORA:

f. _____
Aroca Aldaz, Maria Daniela

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Aroca_Maria_Final.docx (D112903750)
Submitted: 9/19/2021 1:52:00 PM
Submitted By: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

https://www.academia.edu/16803801/Design_of_Seismic_Isolated_Structures_From_Theory_to_PracticeFrasiacomo,
<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016>Kulkarni,
<https://docplayer.es/90006109-Universidad-nacional-del-centro-del-peru-facultad-de-ingenieria-civil.html>

Instances where selected sources appear:

9

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a Dios, por las oportunidades, por la guía y por el infinito amor que me ha permitido experimentar a lo largo de mi vida.

Agradezco a mis padres Luis y Ximena por su entrega, y su apoyo incondicional.

A mis hermanos Xavier y Maria José por estar siempre para mí.

A mi abuela Carmen Aldaz por compartir sus experiencias, por sus consejos y todo su amor.

A José Luis Caisapanta por su apoyo incondicional, por creer en mí y por siempre impulsarme a cumplir mis metas.

A mi Tutor Ing. Jaime Hernández Barredo, por todas las oportunidades brindadas, por la paciencia, dedicación y conocimientos puestos en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. José Barros Cabezas, por aportar con sus conocimientos y consejos durante este proceso.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mamá, sin ella nada de esto sería posible. Por ser quien me ha demostrado que la constancia, la paciencia y sobre todo el esfuerzo nos llevan a donde nos proponemos, que no existen límites para lograrlo y que todo tiene solución.

Maria Daniela Aroca Aldaz



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Carlos Chon Diaz, M.Sc.

DECANO

f. _____

Ing. Guillermo Ponce Vásquez, M.Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. José Barros Cabezas, M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	2
1.1.1 ANTECEDENTES	2
1.1.2 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.1.4 ALCANCE.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1.1 ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA NO-LINEAL.....	4
2.1.2 RESPUESTA DINÁMICA DE SISTEMAS DE VARIOS GRADOS DE LIBERTAD.....	4
2.1.3 AISLADORES SÍSMICOS	5
2.1.4 AISLADORES DE CAUCHO	5
2.1.5 MODELOS DE LOS GRADOS DE LIBERTAD.....	6
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	8
3.1.1 SELECCIÓN DE REGISTROS.....	8
3.1.2 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS.....	14
3.1.3 SELECCIÓN DE LA MASA	15
3.1.4 SELECCIÓN DE RIGIDEZ	15
3.1.5 SELECCIÓN DE AMORTIGUAMIENTO	19
CAPITULO IV: RESULTADOS	20
4.1.1 DESPLAZAMIENTOS	20
4.1.2 ACELERACIONES	26
4.1.3 DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS DE ENTREPISO	32

CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle de los Grados de Libertad correspondientes a Sistemas Empotrados y Aislados.	15
Tabla 2. Prediseño de los sistemas de aislación.	18
Tabla 3. Rango de Periodos para Sistemas Empotrados.....	19
Tabla 4. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro ACHN-E.	21
Tabla 5. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro APO1-N.	30
Tabla 6. Relación de derivas (E Aislada/ E Empotrada) para registro ACHN-E.	34
Tabla 7. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro APED-E.	83
Tabla 8. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro APO1-N.	83
Tabla 9. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro AMNT-E.....	84
Tabla 10. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro AES2-E.....	84
Tabla 11. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro.....	85
Tabla 12. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro ACHN-E.	85
Tabla 13. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro AMNT-E.....	86

Tabla 14. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro AES2-E.....	86
Tabla 15. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro APED-E.....	87
Tabla 16. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro APO1-N.....	88
Tabla 17. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro AMNT-E.	89
Tabla 18. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro AES2-E.	90

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de modelo bilineal para aisladores de caucho. Tomada de (Hameed, Saleem, Qazi, & Rizwana, 2013)	6
Ilustración 2. Registro Sísmico de Pedernales en dirección Este-Oeste.....	9
Ilustración 3. Registro Sísmico de Pedernales en dirección Norte-Sur.	9
Ilustración 4. Registro Sísmico de Chone en dirección Este-Oeste.	10
Ilustración 5. Registro Sísmico de Chone en dirección Norte-Sur.....	10
Ilustración 6. Registro Sísmico de Manta en dirección Este-Oeste.....	11
Ilustración 7. Registro Sísmico de Manta en dirección Norte-Sur	11
Ilustración 8. Registro Sísmico de Esmeraldas en dirección Este-Oeste...	12
Ilustración 9. Registro Sísmico de Esmeraldas en dirección Norte-Sur.	12
Ilustración 10. Registro Sísmico de Portoviejo en dirección Este-Oeste....	13
Ilustración 11. Registro Sísmico de Portoviejo en dirección Norte-Sur.	13
Ilustración 12. (a) Grados de Libertad de Estructura empotrada, (b) Grados de Libertad de Estructura aislada.	14
Ilustración 13. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos.	20
Ilustración 14. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro ACHN-E	22
Ilustración 15. Máximas respuestas de la estructura aislada y del sistema de aislación para registro APED-E.....	23
Ilustración 16. Máximas respuestas de la estructura aislada y del sistema de aislación para registro ACHN-E.	23

Ilustración 17. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APED-E.	24
Ilustración 18. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro ACHN-E.	25
Ilustración 19. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 27 Pisos para Registro ACHN-E.	26
Ilustración 20. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 39 Pisos para Registros ACHN-E.	26
Ilustración 21. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 39 Pisos con Registro APED-E.	28
Ilustración 22. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 39 Pisos con Registro APO1-N.	28
Ilustración 23. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación.	29
Ilustración 24. Derivas de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada -S.39 para el registro sísmico ACHN-E.	32
Ilustración 25. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada -S.39 para el registro sísmico APO1-N.	33
Ilustración 26. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro APED-E.	38
Ilustración 27. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro APED-E.	38
Ilustración 28. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro APED-E.	39
Ilustración 29. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro APED-E.	39

Ilustración 30. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro APED-E.	39
Ilustración 31. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro APED-E.	39
Ilustración 32. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro APED-E.	40
Ilustración 33. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro APED-E.	40
Ilustración 34. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro APED-E.	40
Ilustración 35. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro APED-E.	41
Ilustración 36. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro ACHN-E.....	41
Ilustración 37. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro ACHN-E.....	41
Ilustración 38. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro ACHN-E.....	42
Ilustración 39. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro ACHN-E.....	42
Ilustración 40. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro ACHN-E.....	42
Ilustración 41. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro ACHN-E.....	43
Ilustración 42. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro ACHN-E.....	43

Ilustración 43. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro ACHN-E.....	43
Ilustración 44. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro APO1-N.	44
Ilustración 45. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro APO1-N.	44
Ilustración 46. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro APO1-N.	44
Ilustración 47. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro APO1-N.	45
Ilustración 48. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro APO1-N.	45
Ilustración 49. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro APO1-N.	45
Ilustración 50. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro APO1-N.	46
Ilustración 51. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro APO1-N.	46
Ilustración 52. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro APO1-N.	46
Ilustración 53. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro APO1-N.	47
Ilustración 54. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro AMNT-E.....	47
Ilustración 55. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro AMNT-E.....	47

Ilustración 56. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro AMNT-E.....	48
Ilustración 57. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro AMNT-E.....	48
Ilustración 58. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro AMNT-E.....	48
Ilustración 59. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro AMNT-E.....	49
Ilustración 60. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro AMNT-E.....	49
Ilustración 61. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro AMNT-E.....	49
Ilustración 62. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro AMNT-E.....	50
Ilustración 63. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro AMNT-E.....	50
Ilustración 64. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro AES2-E.....	50
Ilustración 65. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro AES2-E.....	51
Ilustración 66. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro AES2-E.....	51
Ilustración 67. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro AES2-E.....	51
Ilustración 68. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro AES2-E.....	52

Ilustración 69. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro AES2-E.....	52
Ilustración 70. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro AES2-E.....	52
Ilustración 71. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro AES2-E.....	53
Ilustración 72. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro AES2-E.....	53
Ilustración 73. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro AES2-E.....	53
Ilustración 74. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico APED-E.....	54
Ilustración 75. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico APED-E.....	54
Ilustración 76. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico APED-E....	54
Ilustración 77. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico APED-E....	55
Ilustración 78. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico APED-E....	55
Ilustración 79. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico APED-E....	55
Ilustración 80. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.27 para el registro sísmico APED-E....	56
Ilustración 81. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico APED-E....	56

- Ilustración 82.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico APED-E.... 56
- Ilustración 83.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico APED-E.... 57
- Ilustración 84.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico ACHN-E. .. 57
- Ilustración 85.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico ACHN-E. .. 57
- Ilustración 86.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico ACHN-E. .. 58
- Ilustración 87.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico ACHN-E. .. 58
- Ilustración 88.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico ACHN-E. .. 58
- Ilustración 89.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico ACHN-E. .. 59
- Ilustración 90.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico ACHN-E. .. 59
- Ilustración 91.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico ACHN-E. 59
- Ilustración 92.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico ACHN-E. 60
- Ilustración 93.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico APO1-N..... 60
- Ilustración 94.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico APO1-N..... 60

- Ilustración 95.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico APO1-N.... 61
- Ilustración 96.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico APO1-N.... 61
- Ilustración 97.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico APO1-N.... 61
- Ilustración 98.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico APO1-N.... 62
- Ilustración 99.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico APO1-N.... 62
- Ilustración 100.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico APO1-N.... 62
- Ilustración 101.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico APO1-N.... 63
- Ilustración 102.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico AMNT-E. 63
- Ilustración 103.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico AMNT-E. 63
- Ilustración 104.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico AMNT-E. ... 64
- Ilustración 105.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico AMNT-E. ... 64
- Ilustración 106.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico AMNT-E. ... 64
- Ilustración 107.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico AMNT-E. ... 65

- Ilustración 108.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.27 para el registro sísmico AMNT-E. ... 65
- Ilustración 109.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico AMNT-E. ... 65
- Ilustración 110.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico AMNT-E. ... 66
- Ilustración 111.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico AMNT-E. ... 66
- Ilustración 112.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico AES2-E. 67
- Ilustración 113.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico AES2-E. 67
- Ilustración 114.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico AES2-E. ... 67
- Ilustración 115.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico AES2-E. ... 67
- Ilustración 116.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico AES2-E. ... 68
- Ilustración 117.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico AES2-E. ... 68
- Ilustración 118.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.27 para el registro sísmico AES2-E. ... 68
- Ilustración 119.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico AES2-E. ... 69
- Ilustración 120.** Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico AES2-E. ... 69

Ilustración 121. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico AES2-E. ...	69
Ilustración 122. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro APED-E.	70
Ilustración 123. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro APED-N.	70
Ilustración 124. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro ACHN-N.	71
Ilustración 125. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro APO1-N.	71
Ilustración 126. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro APO1-E.	72
Ilustración 127. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AMNT-E.	72
Ilustración 128. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AMNT-N.	73
Ilustración 129. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AES2-E.	73
Ilustración 130. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AES2-N.	74

Ilustración 131. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APED-N.	74
Ilustración 132. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro ACHN-N.	75
Ilustración 133. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APO1-N.	75
Ilustración 134. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APO1-E.	76
Ilustración 135. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AMNT-E.	76
Ilustración 136. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AMNT-N.	77
Ilustración 137. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AES2-E.	77
Ilustración 138. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AES2-N.	78
Ilustración 139. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro APED-E.	78
Ilustración 140. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro APED-N.	79
Ilustración 141. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro ACHN-E.	79
Ilustración 142. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro ACHN-N.	80

Ilustración 143. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro APO1-E.	80
Ilustración 144. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AMNT-E.....	81
Ilustración 145. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AMNT-N.	81
Ilustración 146. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AES2-E.....	82
Ilustración 147. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AES2-N.	82

RESUMEN

Uno de los objetivos principales de la ingeniería sísmica es proteger a las edificaciones de las consecuencias destructivas que pueden provocar los movimientos telúricos. Es por esto, que desde hace años atrás se ha introducido el método de aislación sísmica, con el fin de proteger a la superestructura controlando y/o mitigando las respuestas generadas por los sismos. Sin embargo, para sistemas de gran altura, la respuesta del sistema de aislación es poco conocida, así como la de la superestructura. En este trabajo se busca evaluar la eficiencia de los sistemas de aislación sobre estructuras flexibles, para lo cual, se han desarrollado diez distintos modelos estructurales simplificados con base fija y con base aislada, para cinco registros sísmicos del Ecuador. Con el objetivo de estudiar en relación a los desplazamientos máximos, aceleraciones máximas absolutas y derivas, las ventajas o desventajas de introducir aislación sísmica. Además de evaluar por separado el comportamiento de la superestructura y de los aisladores.

Palabras Claves: Aislación sísmica, registros sísmicos, estructuras flexibles, desplazamientos, aceleraciones, derivas.

ABSTRACT

One of the main objectives of seismic engineering is to protect buildings from the destructive consequences that earthquakes cause. This is why the seismic isolation method has been introduced for years, to protect the superstructure by controlling and/or mitigating the responses generated by earthquakes. However, for high-rise systems, the response of the isolation system is poorly understood, as is that of the superstructure. This work pursues to evaluate the efficiency of isolation systems on flexible structures, for which ten different simplified structural models with fixed base and isolated base have been developed for five seismic records from Ecuador. To study the advantages or disadvantages of introducing seismic isolation concerning maximum displacements, absolute maximum accelerations, and drifts. Additionally, to separately evaluate the behavior of the superstructure and the isolators.

Keywords: Seismic isolation, ground motion records, flexible structures, deformations, accelerations, drifts.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.1 ANTECEDENTES

La aislación sísmica en términos generales, es un método que separa a la estructura del suelo, logrando controlar o mitigar la respuesta de la misma bajo acción de movimientos telúricos, a través de aparatos de disipación de energía llamados aisladores sísmicos. Esto se da debido a que se reducen las aceleraciones que recepta la superestructura (Kulkarni & Jangid, 2003). Este método se ha desarrollado con el fin de evitar usar técnicas convencionales como reforzar los elementos estructurales, lo cual hace que inevitablemente se genere mayor masa, por ende, fuerzas sísmicas más altas (Ahmadi, Fan, & Tadjbakhsh, 1988).

Existen muchos estudios sobre los beneficios que presentan los sistemas de aislación sísmica para estructuras de media a baja altura. Sin embargo, se ha tratado de introducir bajo estructuras altas, pero el comportamiento del sistema de aislación en estos casos, es poco conocido. Es por esto, que la eficiencia del comportamiento de sistemas flexibles con aislación ha sido cuestionada.

Para análisis donde el fin es estudiar la teoría, comportamientos, etc. tradicionalmente se han usado modelos simplificados donde la superestructura se considera completamente rígida y se la analiza como un grado de libertad. Sin embargo, cuando la superestructura es flexible el comportamiento del sistema no se puede aproximar con modelos tan simplificados (Tu & Zheng, 2007), por lo cual se deben implementar otros procesos.

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de los sistemas de aislación al incorporarlos bajo estructuras flexibles.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la respuesta de estructuras flexibles sobre un sistema de aislación sísmica.
- Evaluar la respuesta del sistema de aislación aplicado bajo una estructura flexible.
- Identificar la relación entre la flexibilidad de la estructura y la rigidez del sistema de aislación que proporciona resultados más eficientes.

1.1.4 ALCANCE

- Obtener la influencia de la relación entre la rigidez del sistema de aislación y la estructura sobre el sistema de aislación en la respuesta estructural.
- Analizar en qué casos la flexibilidad de la estructura afecta la eficiencia del sistema de aislación.

DESARROLLO

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.1 ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA NO-LINEAL

Según lo detallan (Deierlein, Reinhorn, & Willford, 2010) en su guía para ingenieros, los análisis no lineales tienen como objetivo principal tomar en cuenta la respuesta estructural más allá del rango lineal, este concepto está asociado tanto a las grandes deformaciones como al comportamiento inelástico de los distintos materiales. Generalmente el análisis no lineal es utilizado para diseñar o evaluar elementos y/o edificaciones bajo acciones sísmicas. Este análisis al ser realizado paso a paso en el tiempo, quiere decir que las soluciones están en dominio del mismo.

Para tomar en cuenta las propiedades no lineales de los elementos es necesario definir los modelos de comportamiento que muestran la respuesta fuerza-deformación, la cual es dependiente de rigidez, deformaciones y resistencia (Deierlein, Reinhorn, & Willford, 2010).

Los análisis no lineales precisan tomar en cuenta no solo el comportamiento inelástico sino también los distintos estados límites, lo cuales dependen de fuerzas y deformaciones admitidas en los puntos de análisis (Deierlein, Reinhorn, & Willford, 2010).

2.1.2 RESPUESTA DINÁMICA DE SISTEMAS DE VARIOS GRADOS DE LIBERTAD

La ecuación de movimiento para sistemas de Varios Grados de Libertad sometida a excitación sísmica es una ecuación diferencial de segundo orden (Chopra, 2014), la cual se presenta a continuación.

$$[M] * \ddot{U} + [C] * \dot{U} + F_s(U) = -[M] * \ddot{U}_g$$

Donde:

- M es la matriz de Masa del sistema,

- F_s es la fuerza restauradora que se basa en los Modelos de los Gados de Libertad detallado en la **sección 2.5**.
- C es la matriz de amortiguamiento, y
- \ddot{U}, \dot{U}, U y \ddot{U}_g son aceleraciones, velocidades, desplazamientos y aceleraciones del suelo respectivamente.

2.1.3 AISLADORES SÍSMICOS

Son instrumentos que trabajan conjuntamente en la base de la estructura, con dos objetivos principales. Primero incrementar el periodo fundamental de la estructura aislada al proveer flexibilidad lateral al sistema, llevando a que esté por encima de su periodo natural. Segundo, aportar con amortiguamiento adicional para disipar la energía sísmica (Fragiacomo, Rajgelk, & Cimadom, 2003).

El concepto de una superestructura con aisladores sísmicos, es desacoplar la estructura de las componentes horizontales del movimiento de tierra gracias a su baja rigidez lateral, generando reducción de efectos como aceleraciones de piso, cortante basal y derivas de entrepiso (Fazard & James, 1999).

2.1.4 AISLADORES DE CAUCHO

Los aisladores de caucho se componen generalmente de caucho natural. Estos se dividen en dos categorías; de alto y bajo amortiguamiento. Los utilizados para el desarrollo de este trabajo pertenecen a la primera categoría, debido a que poseen altos niveles de amortiguamiento crítico entre 10 y 20 % a deformaciones de corte de hasta 100%, como se menciona en la publicación de (Fazard & James, 1999).

Para considerar la no-linealidad de estos instrumentos, se usan modelos bilineales que dan una gran aproximación. Este modelo se detalla en la **Sección 2.5**.

2.1.5 MODELOS DE LOS GRADOS DE LIBERTAD

Los modelos de comportamiento para los grados de libertad bajo variaciones de esfuerzos-deformaciones unitaria se detallan a continuación:

- *Primer Grado de Libertad – Sistema de Aislación Sísmica*

Para poder modelar el sistema de aislación en un modelo estructural, se usa un modelo bilineal. Que se presenta a continuación en la **Ilustración 1**:

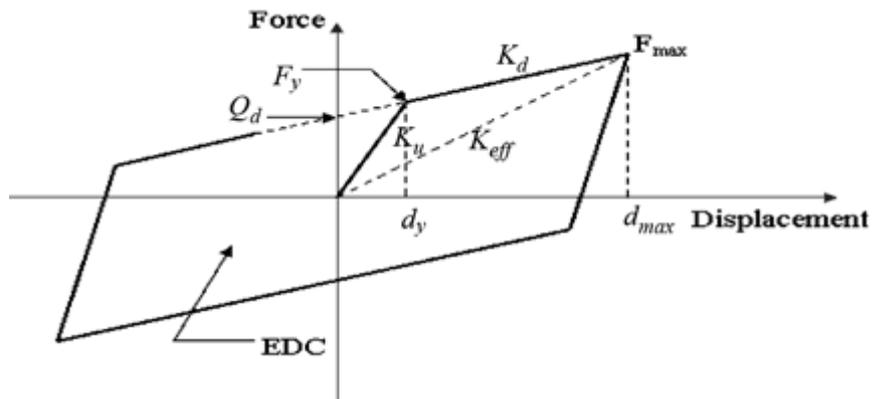


Ilustración 1. Esquema de modelo bilineal para aisladores de caucho. Tomada de (Hameed, Saleem, Qazi, & Rizwana, 2013)

Donde:

- Q_d : Resistencia característica.
- F_y : Fuerza de Fluencia.
- K_u : Rigidez elástica.
- K_d : Rigidez post-fluencia
- K_{eff} : Rigidez efectiva.
- d_y : Desplazamiento de fluencia.
- d_{max} : Desplazamiento máximo.

A partir de estos parámetros se calcula el Periodo efectivo:

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{m/K_{eff}}$$

- Donde m es la masa del aislador.

Y la Razón de amortiguamiento crítico efectivo se calcula:

$$\beta_{eff} = \frac{4Q_d(d_{max} - d_y)}{2\pi K_{eff} d_{max}^2}$$

Para poder formar la curva de Histéresis del elemento se debe tomar en cuenta la dirección, es decir, si las deformaciones crecen o decrecen. Por lo tanto, la fuerza restauradora se obtiene como una función implícita de la deformación (Chopra, 2014).

- *Grados de Libertad de la Estructura*

Los Grados de Libertad de la estructura se consideran lineales, por lo tanto, sus modelos se basan únicamente en un valor de rigidez lateral elástica, así como en pequeñas y grandes deformaciones. Las propiedades y respuestas son correspondientes a cada Grado de Libertad de la estructura.

La respuesta se obtiene:

$$F = K * u(i)$$

Donde:

- K es la rigidez lateral y,
- u(i) son los desplazamientos en el tiempo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Con el fin de obtener y estudiar la respuesta de estructuras con aislación sísmica en este trabajo se desarrollan varios modelos estructurales en el plano, para el desarrollo de los modelos estructurales y la realización del análisis dinámico paso a paso en el tiempo se crea un código para sistemas de 40 Grados de Libertad.

El sistema de aislación sísmica debido a que es un método de disipación de energía se programa con comportamiento no lineal, y, por otra parte, los grados de libertad de la estructura con modelos lineales.

Para los cuales se han considerado las características que se presentan a continuación.

3.1.1 SELECCIÓN DE REGISTROS

Los registros utilizados en el desarrollo de este trabajo se obtuvieron a partir de la base de datos del (Instituto Geofísico-EPN, 2016) pertenecientes al sismo de Pedernales ocurrido el 16 de abril de 2016. Con magnitud 7.8 (Mw magnitud momento), el hipocentro estuvo ubicado frente a Pedernales en la provincia de Manabí a una profundidad de 20km. Se seleccionaron 5 registros, cuyas características se muestran a continuación:

Estación APED

- Latitud: 0.068.
- Longitud: -80.057
- Altitud: 15 m.
- Repi: 36 km.
- PGA E: 13.80 m²/seg.
- PGA N: 8.32 m²/seg.

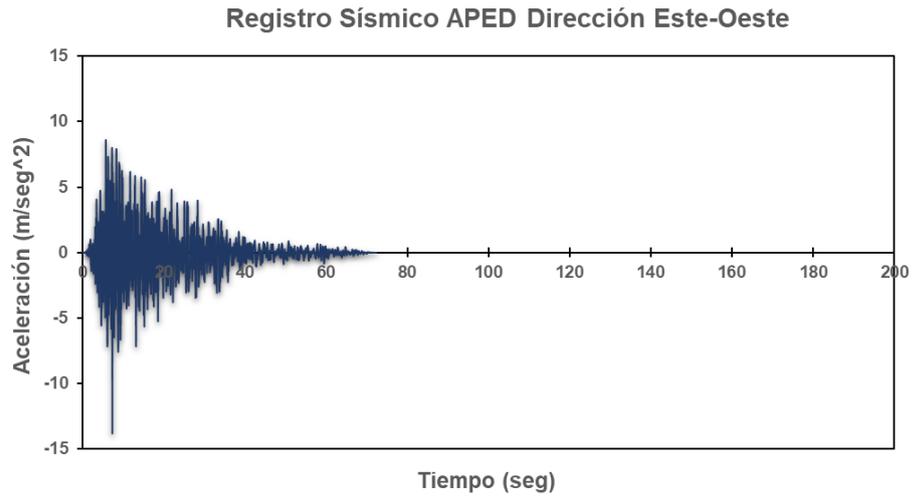


Ilustración 2. Registro Sísmico de Pedernales en dirección Este-Oeste.

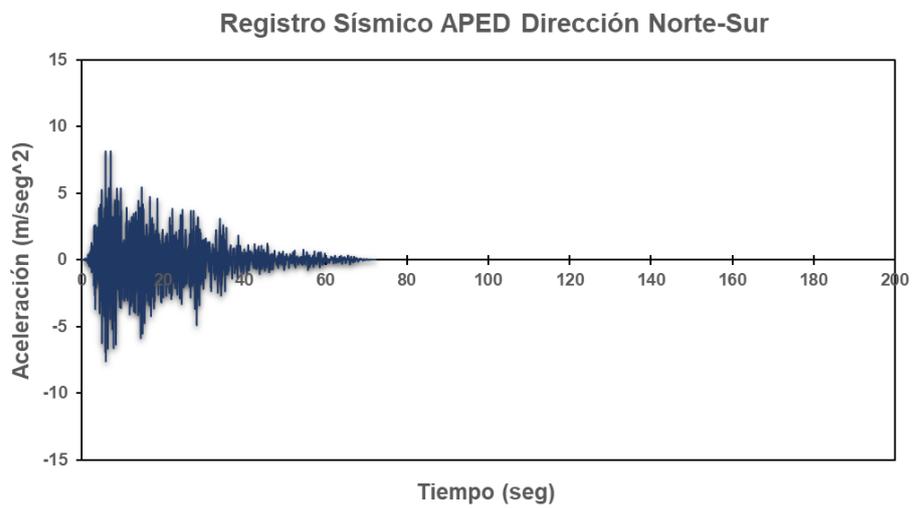


Ilustración 3. Registro Sísmico de Pedernales en dirección Norte-Sur.

Estación ACHN

- Latitud: -0.698.
- Longitud: -80.084
- Altitud: 18 m.
- Repi: 120 km.
- PGA E: 3.23 m²/seg.
- PGA N: 3.63 m²/seg.

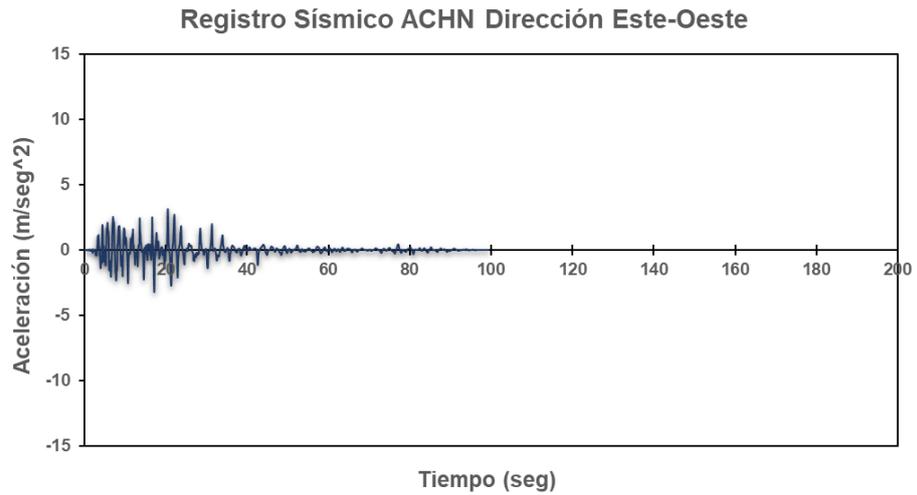


Ilustración 4. Registro Sísmico de Chone en dirección Este-Oeste.

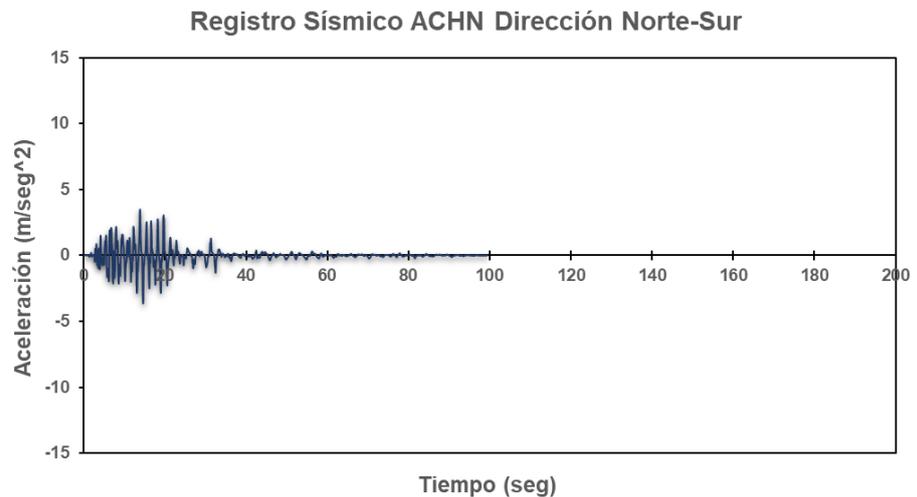


Ilustración 5. Registro Sísmico de Chone en dirección Norte-Sur.

Estación AMNT

- Latitud: -0.941.
- Longitud: -80.735.
- Altitud: 38 m.
- Repi: 171 km.
- PGA E: 3.97 m²/seg.
- PGA N: 5.14 m²/seg.

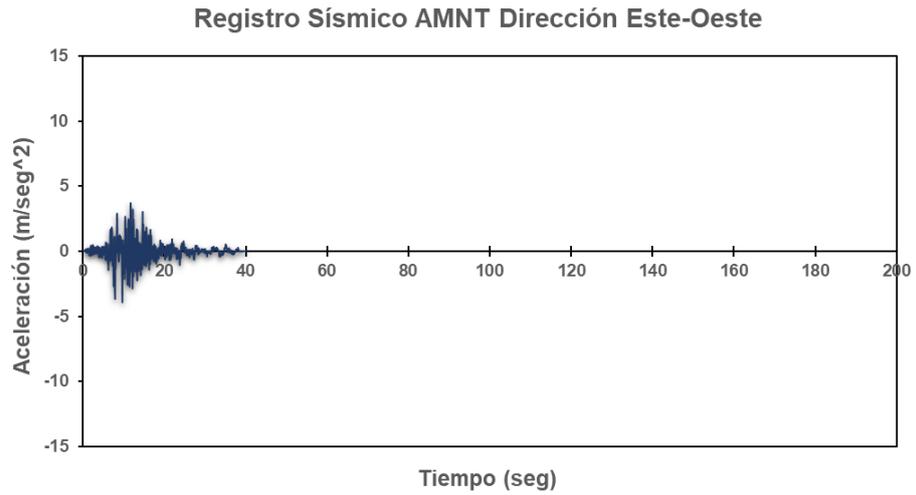


Ilustración 6. Registro Sísmico de Manta en dirección Este-Oeste.

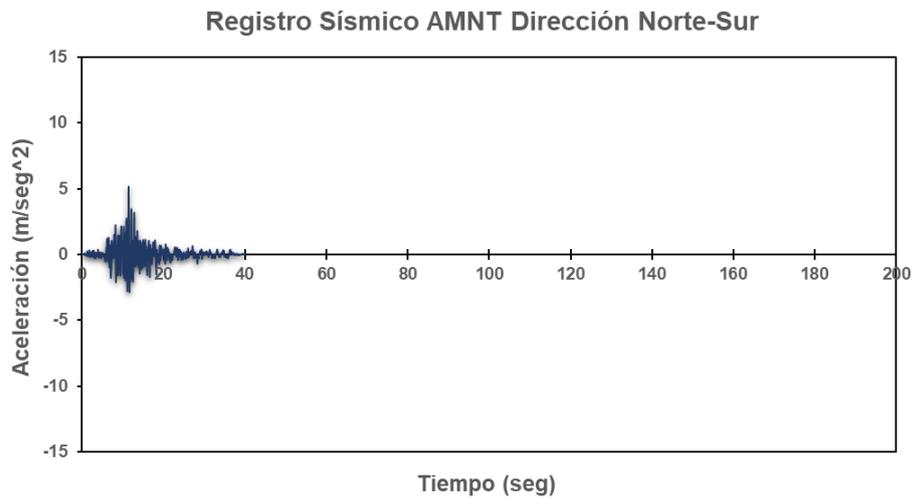


Ilustración 7. Registro Sísmico de Manta en dirección Norte-Sur

Estación AES2

- Latitud: 0.991.
- Longitud: -76.646
- Altitud: 4 m.
- Repi: 76 km.
- PGA E: 1.51 m²/seg.
- PGA N: 1.08 m²/seg.

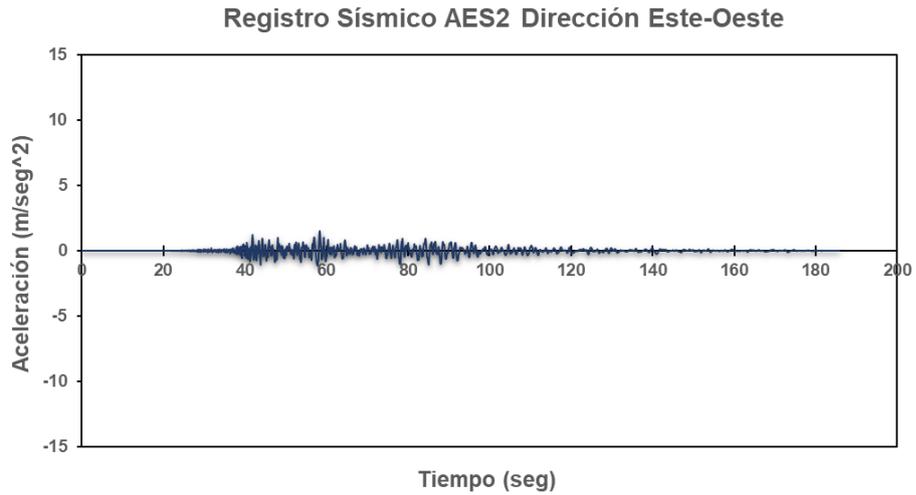


Ilustración 8. Registro Sísmico de Esmeraldas en dirección Este-Oeste.

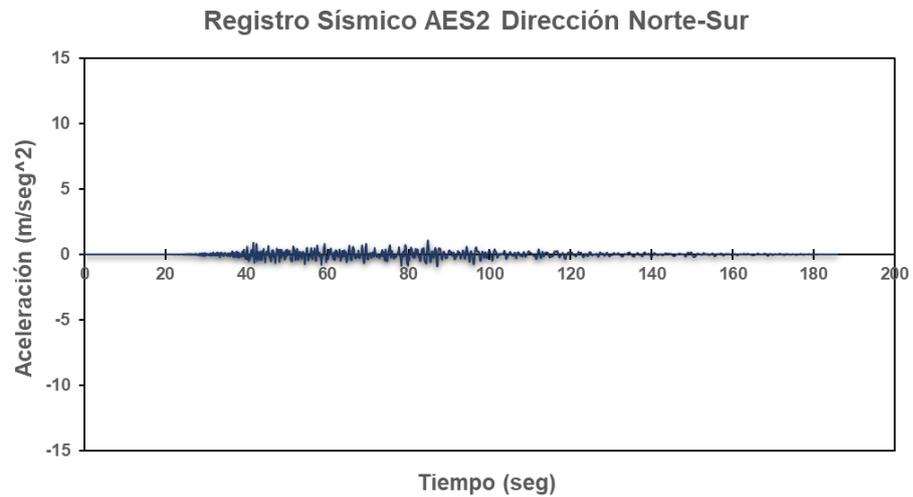


Ilustración 9. Registro Sísmico de Esmeraldas en dirección Norte-Sur.

Estación APO1

- Latitud: -1.038.
- Longitud: -80.460.
- Altitud: 47 m.
- Repi: 167 km.
- PGA E: 3.12 m²/seg.
- PGA N: 3.73 m²/seg.

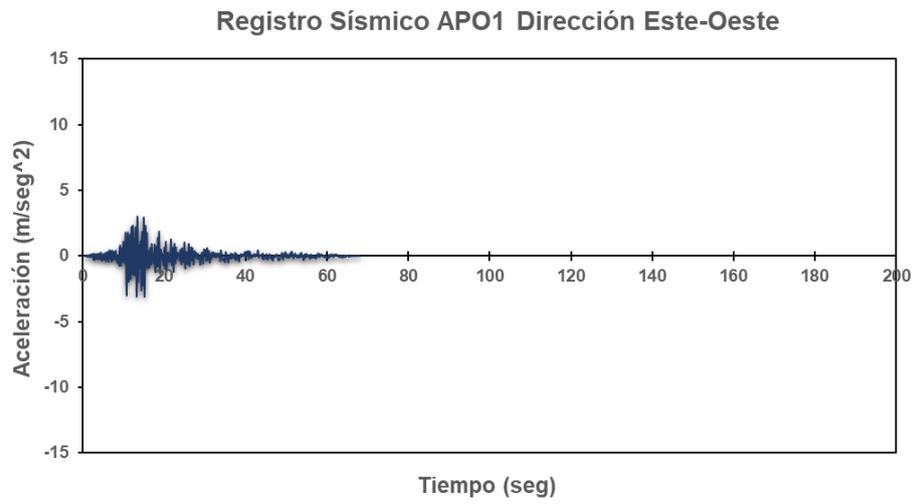


Ilustración 10. Registro Sísmico de Portoviejo en dirección Este-Oeste.

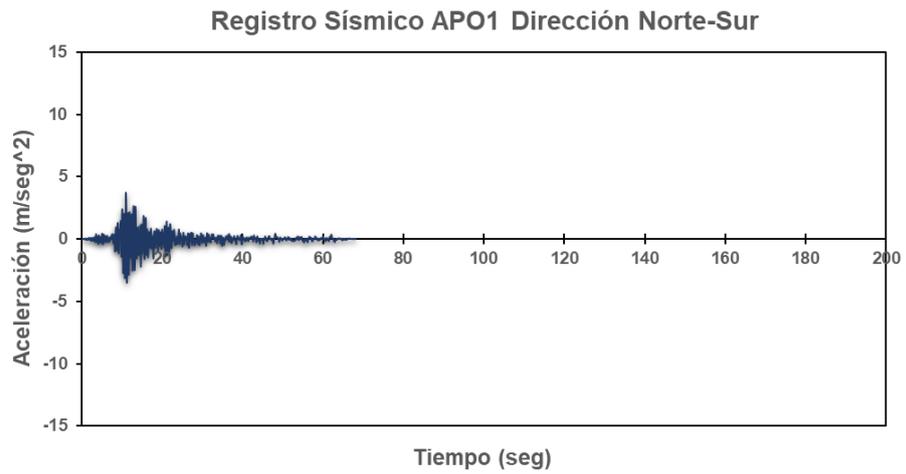


Ilustración 11. Registro Sísmico de Portoviejo en dirección Norte-Sur.

3.1.2 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS

Se analizan 10 sistemas simplificados con base empotrada y 10 con base aislada, para estudiar la eficiencia del sistema de aislación se comparan los resultados obtenidos en ambos casos.

A continuación, en la **Ilustración 12** se muestra la simplificación esquemática de los sistemas, y en la **Tabla 1** el detalle de cada sistema (empotrado y aislado).

Los grados de libertad con nomenclatura GDL- n representan a los pisos de las estructuras. El sistema de aislación tiene su propia etiqueta como se puede observar en la **Ilustración 12**. A lo largo de este documento al conjunto de los grados de libertad que representan a la estructura se los nombra como “Estructura Empotrada (E. Empotrada)” y “Estructura Aislada (E. Aislada)”. Al GDL-Aislación se lo menciona como “sistema de aislación” o “aislador”. Y para hacer referencia a la unión de superestructura más aislador se usa “Sistema Aislado”.

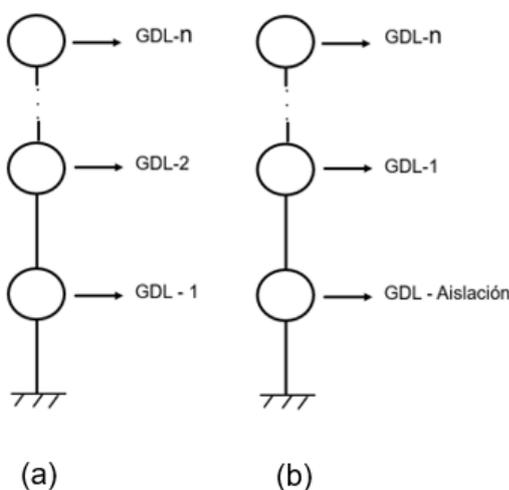


Ilustración 12. (a) Grados de Libertad de Estructura empotrada, (b) Grados de Libertad de Estructura aislada.

Tabla 1. Detalle de los Grados de Libertad correspondientes a Sistemas Empotrados y Aislados.

Sistemas	Sin Aislación		Con Aislación	
	#Pisos	GDL	#Pisos	GDL
S.3	3	-	3	1-Aislación
		3-Estructura		3-Estructura
S.7	7	-	7	1-Aislación
		7-Estructura		7-Estructura
S.11	11	-	11	1-Aislación
		11-Estructura		11-Estructura
S.15	15	-	15	1-Aislación
		15-Estructura		15-Estructura
S.19	19	-	19	1-Aislación
		19-Estructura		19-Estructura
S.23	23	-	23	1-Aislación
		23-Estructura		23-Estructura
S.27	27	-	27	1-Aislación
		27-Estructura		27-Estructura
S.31	31	-	31	1-Aislación
		31-Estructura		31-Estructura
S.35	35	-	35	1-Aislación
		35-Estructura		35-Estructura
S.39	39	-	39	1-Aislación
		39-Estructura		39-Estructura

3.1.3 SELECCIÓN DE LA MASA

Se establece que la masa sea unitaria para cada piso y sistema de aislación con la intención de hacer un análisis general.

$$m = 1 \text{ ton} * \frac{m}{\text{seg}^2}$$

3.1.4 SELECCIÓN DE RIGIDEZ

- *Rigidez de los Pisos de la estructura*

Con el fin de simplificar el análisis se decide ingresar directamente los valores de rigidez para los grados de libertad que representan los pisos de la estructura.

Se propone seleccionar un solo valor de rigidez para todos los pisos, el cual debe cumplir la condición de que una estructura empotrada de un Grado de Libertad tenga un periodo de 0.1 segundos y que una estructura empotrada

de 39 Grados de Libertad tenga un periodo de 3 segundos. Este proceso se lo realizó con la ayuda de otro programa para análisis estructural. El valor que cumple la condición descrita anteriormente es de 2775 ton/m para todos los grados de libertad que representan los pisos de la estructura.

- *Rigidez del Sistema de Aislación*

Se realiza un prediseño del sistema de aislación para cada estructura en análisis y así lograr que en todos los casos el periodo efectivo sea el mismo o muy similar. El objetivo de esto es poder simplificar el estudio de las distintas estructuras aisladas, ya que para poder revisar la eficiencia de la aislación lo que se propone variar es la rigidez de la estructura sobre el sistema de aislación.

Se decide que el periodo efectivo de los aisladores sea 3 segundos, esto se debe a que este valor de periodo es un número por el cual se están manejando los sistemas aislados.

El prediseño del sistema de aislación para todos los casos en estudio, se realiza con base al sismo de Chone, considerando un periodo de 4.5 segundos para los sistemas aislados (periodo usado para el cálculo de la matriz de amortiguamiento) al cual le corresponde un desplazamiento máximo de aproximadamente 30 cm.

Para el prediseño se definieron los parámetros de la siguiente manera:

- **Masa:** La masa sobre el sistema de aislación se obtiene multiplicando el número de grados de libertad (incluyendo al sistema de aislación) con la masa definida por piso, la cual se repite aquí por conveniencia $m = 1 \text{ ton} \cdot \text{seg}^2/\text{m}$.
- **Fuerza de Fluencia (Fy):** Se calcula considerando el 4% del peso total de la estructura, es decir, la masa obtenida multiplicada por la gravedad.
- **Desplazamiento máximo (dmax):** Se establece 30 cm de desplazamiento máximo para el prediseño del sistema de Aislación.

- **Rigidez Inicial (Ku):** La rigidez inicial es el valor que se va cambiando hasta lograr que el periodo efectivo sea 3 segundos en todos los casos.
- **Rigidez Post-elástica (Kd):** 10% de la Rigidez Inicial.
- **Desplazamiento de Fluencia (dy):** Se calcula como la fuerza de fluencia dividida para la rigidez inicial.
- **ΔF:** Incremento entre fuerza de fluencia y fuerza post-elástica, se obtiene de la siguiente manera:

$$\Delta F = K2 * (Desplazamiento\ máximo - Desplazamiento\ de\ Fluencia)$$
- **Fuerza Máxima (Fmax):** Suma entre la fuerza de fluencia y ΔF.
- **Rigidez Efectiva (Keff):** Se calcula dividiendo la Fuerza Máxima entre el Desplazamiento Máximo.
- **Periodo Efectivo (Teff):**

$$T_{eff} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{K_{eff}}{m}}}$$

Con lo antes mencionado se obtiene que los parámetros correspondientes a cada sistema de aislación como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Prediseño de los sistemas de aislación.

Sistema	S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Grados de Libertad	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Masa (ton*seg²/m)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Peso (ton)	39	78	118	157	196	235	275	314	353	392
dmax (cm)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
dy (cm)	1.23	1.23	1.22	1.23	1.23	1.22	1.23	1.23	1.23	1.23
ΔF (ton)	3.68	7.34	11.08	14.67	18.42	22.16	25.75	29.34	33.09	36.83
Fy (ton)	1.57	3.14	4.71	6.28	7.85	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70
Fmax (ton)	5.25	10.48	15.79	20.95	26.26	31.58	36.74	41.90	47.21	52.53
Ku (ton/m)	128.00	255.00	385.00	510.00	640.00	770.00	895.00	1020.00	1150.00	1280.00
Kd (ton/m)	12.80	25.50	38.50	51.00	64.00	77.00	89.50	102.00	115.00	128.00
Keff (ton/m)	17.51	34.92	52.63	69.84	87.54	105.25	122.46	139.67	157.38	175.09

3.1.5 SELECCIÓN DE AMORTIGUAMIENTO

Se hace uso del amortiguamiento de Rayleigh para lograr que la fracción de amortiguamiento en los modos correspondientes a los periodos de T_i y T_j sea del 5% y que garanticen que los demás modos que contribuyen a la respuesta tengan fracciones de amortiguamiento razonables (Chopra, 2014).

El rango de periodos T_i y T_j , para los sistemas con base aislada, es de 4.5 segundos y 0.1 segundos, se escogen estos valores para todos los casos aislados. Se decide usar 4.5 segundos para el rango superior, debido a que el periodo del sistema de aislación se prediseña para un T_{eff} de 3 segundos. Si se considera estructuras rígidas sobre este, es muy probable que el periodo fundamental del sistema global sea el del sistema de aislación. Sin embargo, esto no podría ocurrir para estructuras con muchos pisos, es por esto, que al no conocer con certeza los periodos a los que pueden llegar los distintos sistemas, se decide incrementar dicho valor por un factor de 1.5, con el fin de cubrir la incertidumbre del cambio de periodos.

El rango de periodos T_i y T_j para estructuras de base empotrada varía para cada una de estas, en relación al periodo fundamental calculado considerando base fija. Además, al igual que para los sistemas aislados se incrementa el rango superior por un factor de 1.5, pero con el único objetivo de evitar soluciones sobreamortiguadas. En la **Tabla 3** se muestran los rangos usados para el análisis de todos los sistemas empotrados.

Tabla 3. Rango de Periodos para Sistemas Empotrados

Sistemas	Ti (seg)	Tj (seg)
S.3	0.50	0.10
S.7	1.00	0.10
S.11	1.45	0.10
S.15	1.90	0.10
S.19	2.35	0.10
S.23	2.80	0.10
S.27	3.25	0.10
S.31	3.60	0.10
S.35	4.05	0.10
S.39	4.50	0.10

CAPITULO IV: RESULTADOS

Con las propiedades del sistema de aislación, la rigidez de la estructura, la masa y el amortiguamiento definidos en cada modelo, se procedió a obtener los resultados de desplazamientos, aceleraciones y derivas por piso de todos los sistemas en análisis para cada uno de los registros sísmicos utilizados.

4.1.1 DESPLAZAMIENTOS

Los resultados obtenidos corresponden a los desplazamientos máximos absolutos relativos a la base por piso de las estructuras y empotradas, por ejemplo, se muestra en la **Ilustración 13** un sistema de 39 pisos para el registro sísmico ACHN-E. Las ilustraciones de los demás sistemas y con distintas demandas sísmicas se encuentran en el **Anexo 1**.

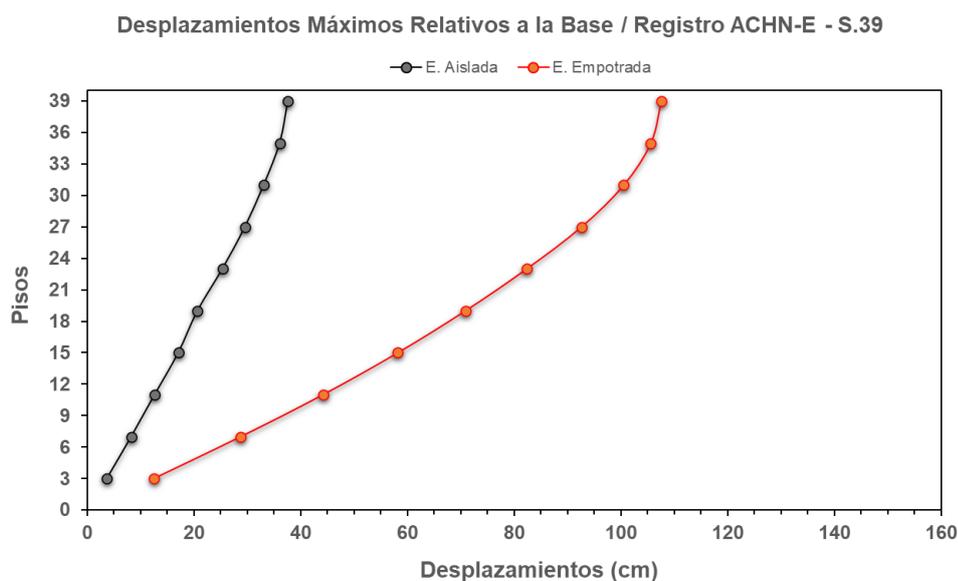


Ilustración 13. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos.

A partir de los máximos desplazamientos relativos a la base por piso de todas las estructuras aisladas y empotradas, se calculó una relación entre ellos para conocer en cuanto varía la respuesta. En la **Tabla 4** se muestran los resultados para el registro ACHN-E.

Tabla 4. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro ACHN-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	Desplaz. Aislador (cm)	33.69	33.59	31.69	31.56	30.73	25.51	22.51	20.67	18.79	15.72
	3	0.27	0.25	0.24	0.14	0.12	0.20	0.16	0.31	0.24	0.30
	7		0.24	0.25	0.14	0.11	0.20	0.16	0.31	0.24	0.29
	11			0.26	0.14	0.12	0.20	0.16	0.30	0.23	0.29
	15				0.14	0.12	0.20	0.17	0.32	0.23	0.29
	19					0.12	0.19	0.17	0.33	0.22	0.29
	23						0.20	0.17	0.33	0.22	0.31
	27							0.17	0.33	0.24	0.32
	31								0.33	0.25	0.33
	35									0.26	0.34
	39										0.35

Estos resultados han sido útiles para observar cómo va variando el desplazamiento del aislador en los distintos sistemas. Además, en todos los casos y con distintos registros sísmicos (Ver **Anexo 6**), las relaciones de desplazamientos relativos de los pisos son menores a la unidad. Esto quiere decir que, a pesar de que el aislador bajo estructuras altas en ciertos casos se deforma menos de lo que se deforma la edificación aislada, el sistema de aislación siempre genera reducción de respuesta, si se compara con los máximos desplazamientos considerando base fija.

Lo mencionado anteriormente se puede observar en la **Ilustración 14**, la misma que muestra en las ordenadas desplazamientos máximos absolutos relativos a la base en centímetros y en las abscisas los distintos sistemas. Para las estructuras empotradas y aisladas los desplazamientos corresponden al último piso. En el **Anexo 3** se presentan todas las Ilustraciones correspondientes a cada registro sísmico.

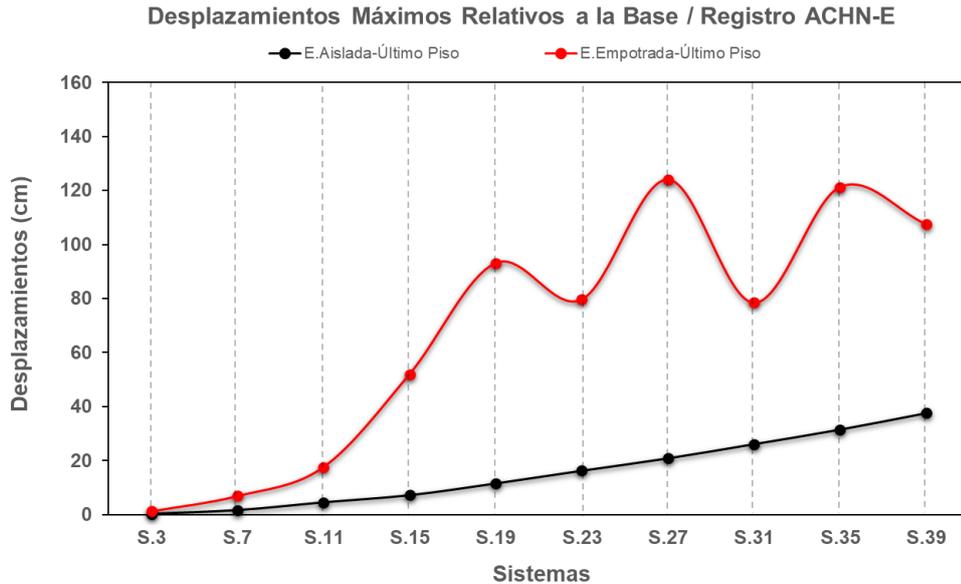


Ilustración 14. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro ACHN-E

Para estudiar como es el comportamiento de los distintos sistemas aislados con base al cambio de rigidez de la estructura, se obtienen las relaciones entre los periodos fundamentales de los aisladores y de las estructuras asumiendo empotramiento. Para los cuales se consideran los desplazamientos correspondientes al sistema de aislación (GDL-Aislación) y al último piso de los 10 sistemas. El periodo de los sistemas de aislación se calcula a partir de sus respuestas máximas.

Los resultados se pueden observar en la **Ilustración 15** para el registro APED-E y en la **Ilustración 16** para ACHN-E. Este proceso se realiza para todos los registros sísmicos seleccionados, los cuales se encuentran en **Anexos 4**.

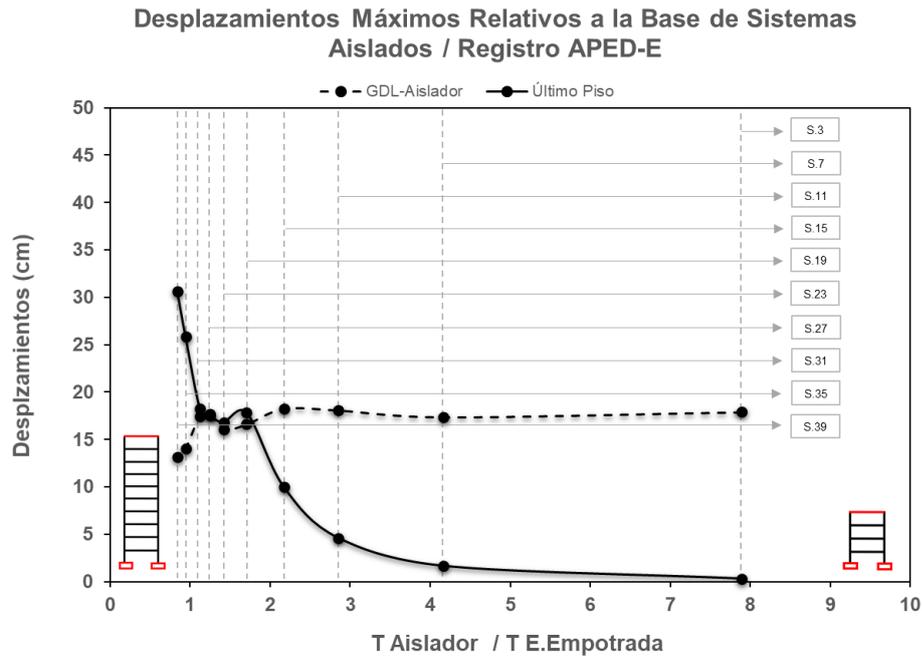


Ilustración 15. Máximas respuestas de la estructura aislada y del sistema de aislación para registro APED-E.

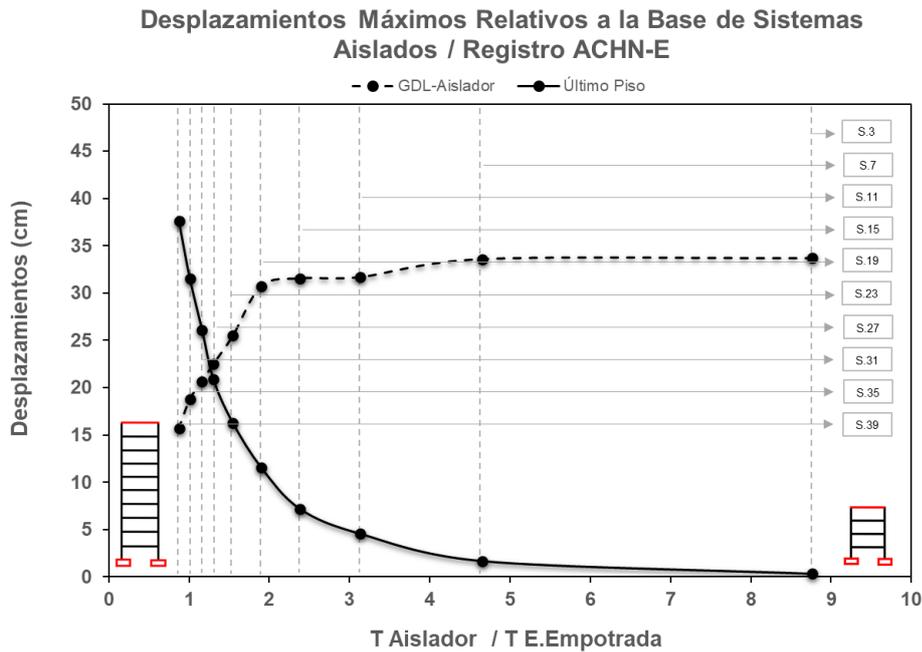


Ilustración 16. Máximas respuestas de la estructura aislada y del sistema de aislación para registro ACHN-E.

Se ha observado que para todos los registros estudiados a partir de relaciones de periodos mayores a 2 o valores aproximados a este, los desplazamientos relativos de las estructuras en general se mantienen

estables. Pero a partir de valores menores a 2 la respuesta de la estructura empieza a crecer rápidamente.

Con respecto al comportamiento de los sistemas de aislamiento, para la mayoría las demandas, en general el aislador mantiene un comportamiento prácticamente constante y cuando sobre este tiene estructuras muy flexibles la curva presenta un pequeño decaimiento (ver **Ilustración 15**), aun cuando cada sistema aislado experimenta distintas respuestas máximas globales como se muestra en la **Ilustración 17**.

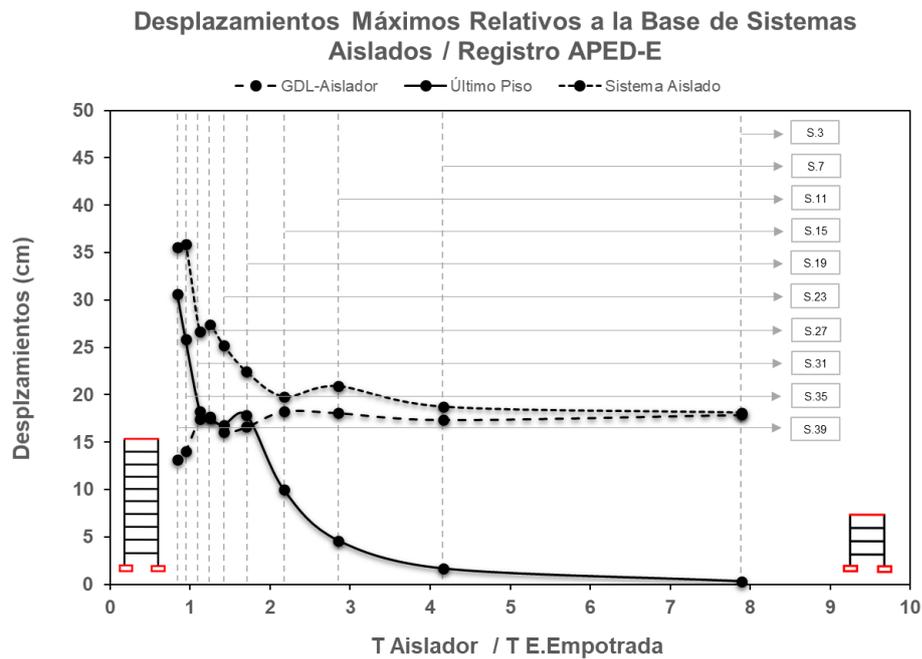


Ilustración 17. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APED-E.

Sin embargo, con el registro ACHN-E como se puede observar en la **Ilustración 16** para relaciones menores a 2, el comportamiento del aislador decae significativamente. Si se observan los máximos desplazamientos globales de los sistemas en estudio para este registro (presentada en la **Ilustración 18**), estos no crecen tanto para los sistemas más altos, como ocurre para los otros registros.

Lo mencionado en el párrafo anterior, podría llegar a ser una razón que justifique el comportamiento diferente del sistema de aislamiento en comparación con la tendencia que presentan los otros registros. Debido a que como se ha revisado, a medida que se va flexibilizando la estructura

sobre el sistema de aislación, esta empieza a tomar cada vez más parte de la respuesta máxima global, obligando al sistema de aislación a deformarse menos.

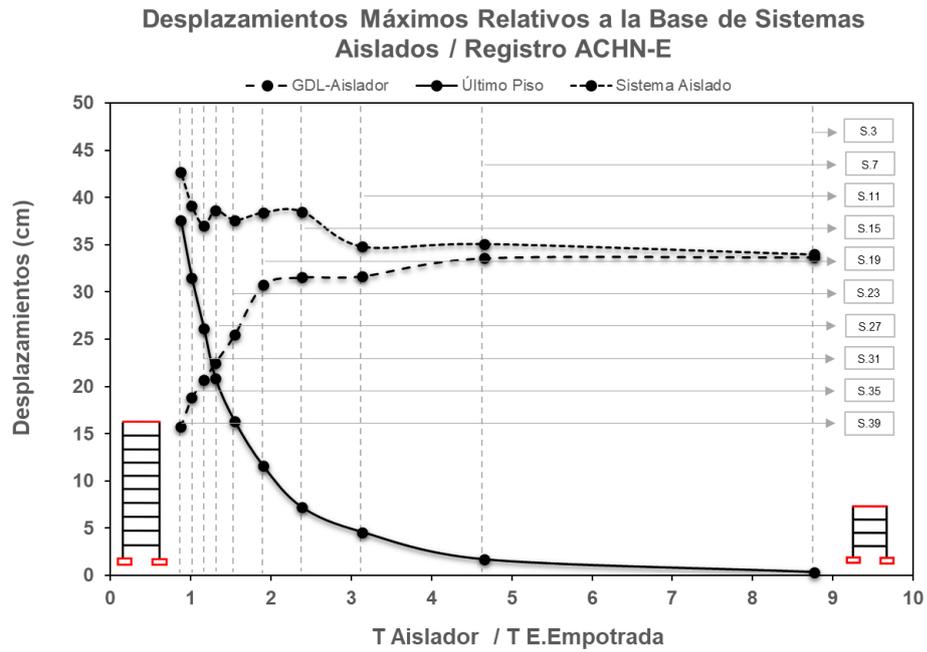


Ilustración 18. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro ACHN-E.

4.1.2 ACELERACIONES

Los resultados obtenidos corresponden a las aceleraciones máximas absolutas de los sistemas aislados y empotrados, para lo cual primero se determinaron los máximos en cada piso como se presenta en la **Ilustración 19 y 20**.

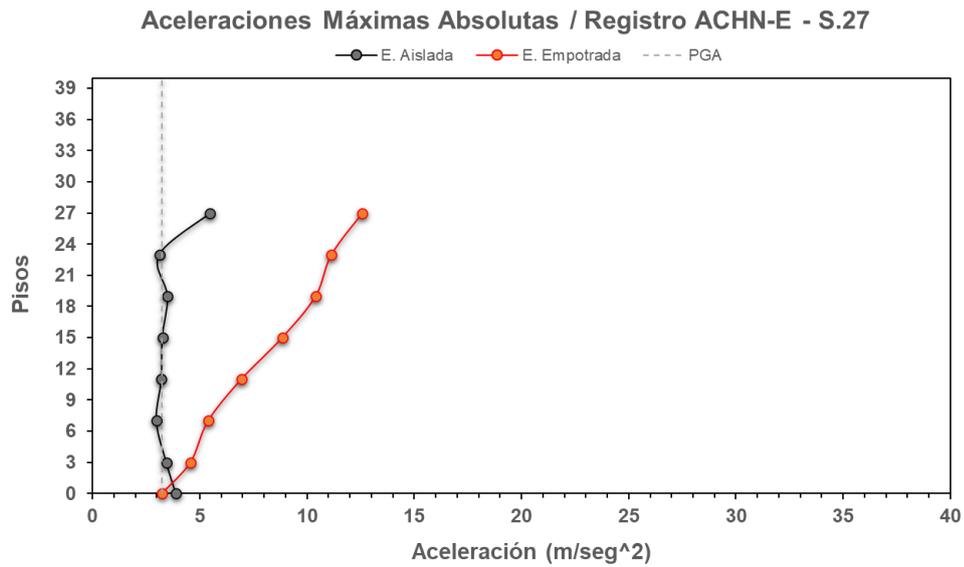


Ilustración 19. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 27 Pisos para Registro ACHN-E.

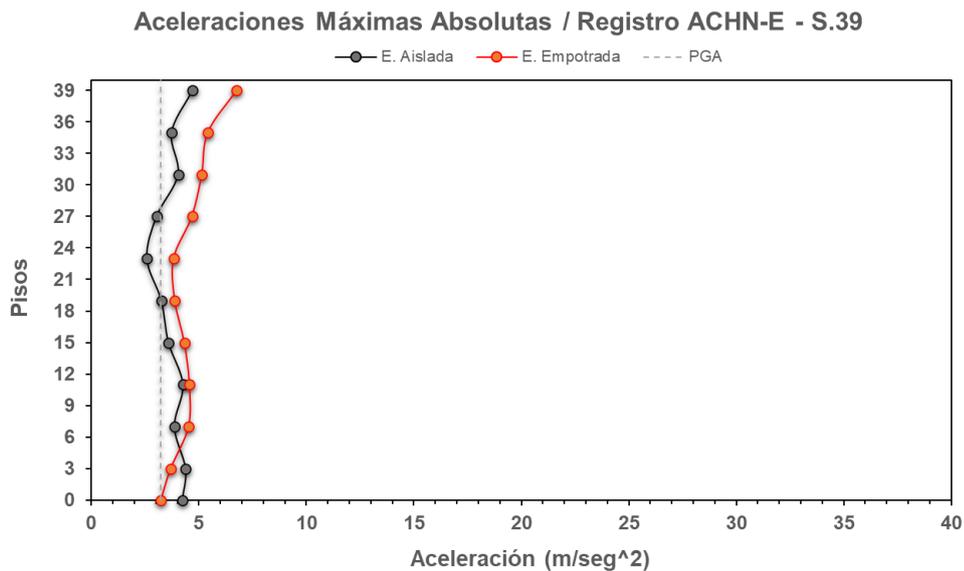


Ilustración 20. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 39 Pisos para Registros ACHN-E.

En estas Ilustraciones el valor de la aceleración en el piso 0 para el caso de la estructura aislada corresponde a la aceleración máxima del sistema de aislación y para la estructura empotrada al valor de la aceleración máxima del suelo.

Se realizó un análisis comparativo entre aceleraciones de los distintos sistemas empotrados. Las aceleraciones máximas absolutas por piso, en algunos casos tuvieron un incremento progresivo por nivel como se puede observar en la **Ilustración 19**. Sin embargo, en otros casos con el mismo registro, no existe esta tendencia en los valores de aceleraciones a medida que se analizan los pisos superiores como se muestra en la **Ilustración 20** para el registro ACHN-E.

Lo mencionado en el párrafo anterior quiere decir que para cada demanda las estructuras pueden responder de distinta forma. Además de que los edificios empotrados que mantengan una tendencia de aumento progresivo de aceleraciones, no necesariamente serán las mismas estructuras que lo tendrán para otro registro. Por ejemplo, para el registro sísmico APO1-N las estructuras que van aumentando las aceleraciones a medida que se va escalando en pisos, son de 3 a 11 niveles, mientras que en los sistemas de 15 a 35 niveles los valores de las aceleraciones son irregulares. Esto puede ser debido a que cada registro posee diferentes características específicas, sea contenido de frecuencias o periodo fundamental, en el que hará que la respuesta entre estructuras difiera.

Pero en general para todos los registros sísmicos empleados en este trabajo, coincide que las estructuras que no tienen crecimiento gradual de aceleraciones son las de 31, 35 y 39 pisos. Con respecto a las otras estructuras el comportamiento depende del tipo de registro utilizado.

Por otro lado, se compararon las aceleraciones máximas absolutas de cada piso (estructura empotrada) con el valor de la aceleración máxima del suelo. Como resultado se encontró que dependiendo de los registros hay estructuras en donde sus pisos alcanzan una respuesta menor al valor del PGA y en otros las aceleraciones de piso son mayores. Como ejemplo de

esto, se hace la comparación entre las respuestas del sistema S.39 para dos registros, mostradas en la **Ilustración 21** e **Ilustración 22**.

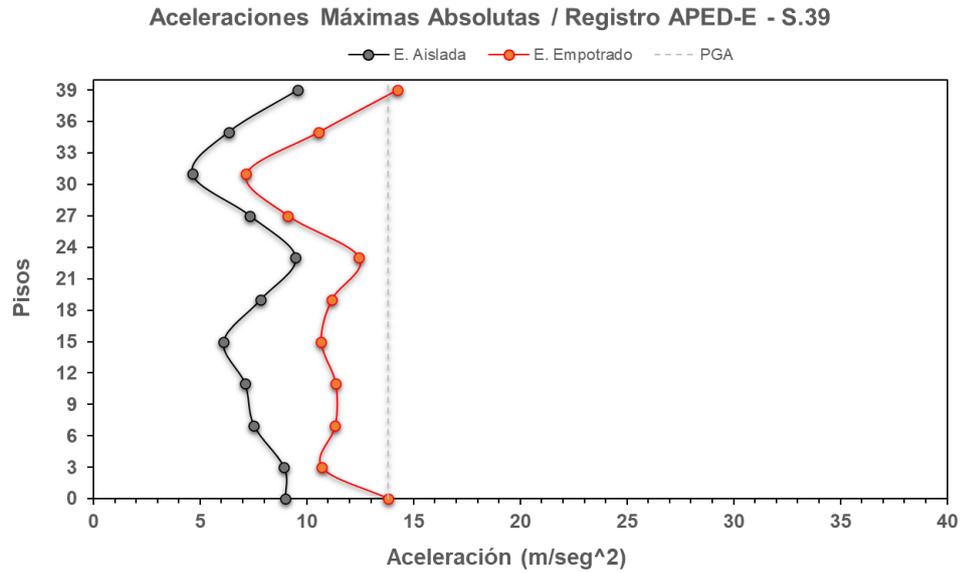


Ilustración 21. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 39 Pisos con Registro APED-E.

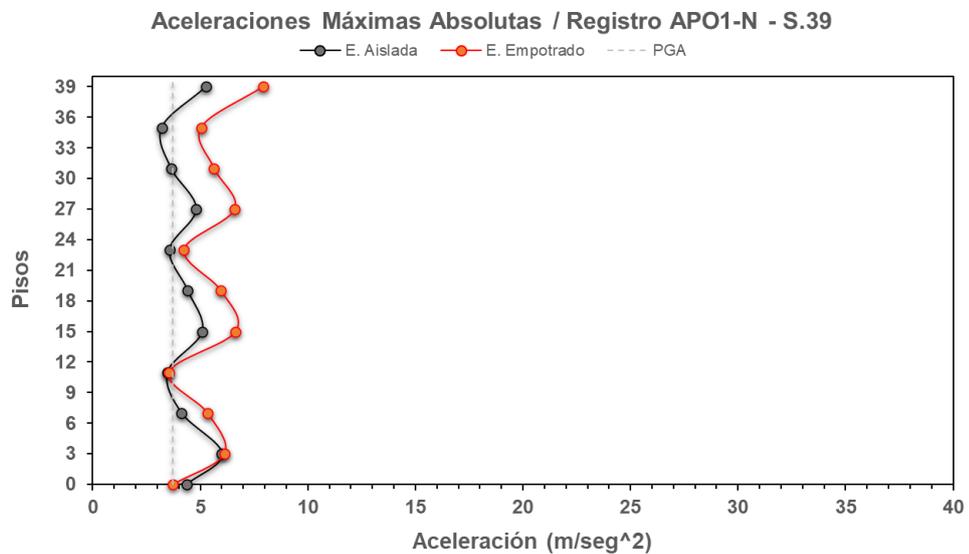


Ilustración 22. Aceleraciones Máximas Absolutas de Estructura Empotrada y Aislada de 39 Pisos con Registro APO1-N.

En los sistemas aislados tampoco se presenta una tendencia en como varían las aceleraciones máximas absolutas por piso, es decir, que para ciertos sistemas hay un aumento gradual, para otros no. Pero en general siguen la forma de la respuesta de la estructura empotrada correspondiente.

Con el fin de estudiar el comportamiento de los sistemas empotrados y aislados, se obtienen las máximas respuestas de cada sistema. Coincide que la máxima aceleración se encuentra en los últimos pisos de las distintas estructuras tanto empotrados como aislados, lo cual se presenta en la **Ilustración 23** para el registro APO1-N. En los **Anexos 5** se pueden encontrar los resultados para las otras demandas.

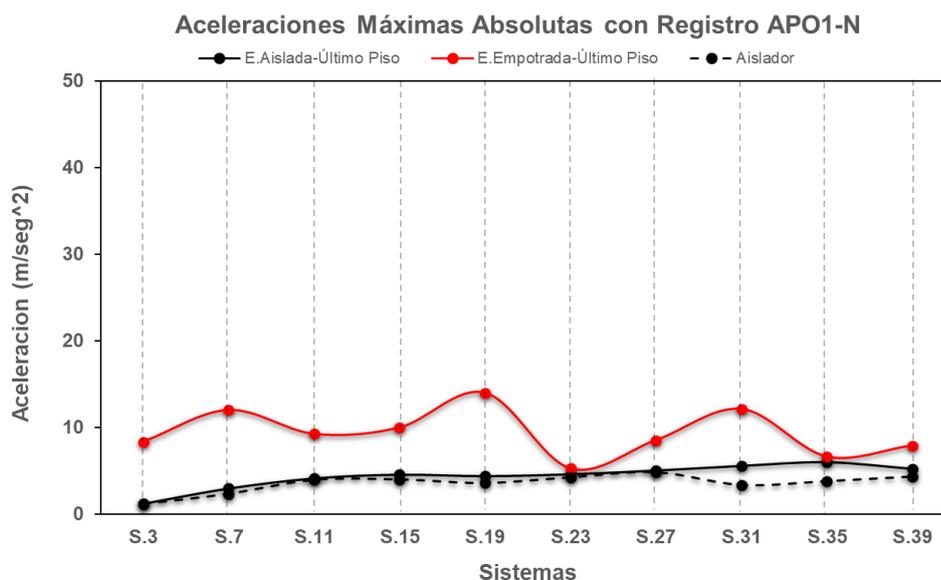


Ilustración 23. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación.

Además, se calculan las relaciones entre las máximas respuestas por piso (obtenidas anteriormente) de las estructuras aisladas con las respuestas de las estructuras empotradas correspondientes a la misma demanda. Este proceso se realiza para cada registro utilizado, se muestra en **Tabla 5** para el Registro APO1-N. Adicionalmente, en la tabla también se presentan los valores de las aceleraciones máximas absolutas de los aisladores de cada sistema en estudio.

Tabla 5. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro APO1-N.

		SISTEMAS									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
PISOS	PGA (m/seg ²)	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
	Acel.Aislador (m/seg ²)	1.16	2.34	3.96	4.02	3.60	4.26	4.85	3.37	3.81	4.35
	3	0.15	0.17	0.50	0.53	0.34	0.73	0.66	0.47	0.80	0.98
	7		0.25	0.33	0.55	0.24	0.62	0.63	0.41	0.56	0.77
	11			0.45	0.56	0.45	0.67	0.93	0.60	0.86	0.98
	15				0.46	0.33	1.03	0.54	0.42	0.79	0.76
	19					0.32	0.62	0.63	0.41	0.61	0.74
	23						0.88	0.72	0.62	0.72	0.84
	27							0.59	0.43	0.91	0.73
	31								0.46	0.68	0.64
	35									0.90	0.64
	39										0.66

Tomando en cuenta la máxima respuesta de cada estructura, se puede observar que en ningún caso el sistema de aislación llega a ser perjudicial. Esto es demostrado por los valores en negrita de la **Tabla 5** donde ninguna magnitud de respuesta del sistema aislado es mayor que a la del empotrado. No obstante, existen estructuras que tienen muy poca reducción como se puede observar en las relaciones para el último piso de los sistemas S.23 y S.35 con un porcentaje de reducción del 12% y 10% respectivamente, esto también es mostrado en la **Ilustración 23**.

Por otro lado, en la **Tabla 5** se observa que para ciertos sistemas la respuesta del aislador presenta una pequeña amplificación de la aceleración máxima del suelo. En este caso los sistemas que presentan este comportamiento no son los mismos que lo tienen para otros registros.

Por ejemplo, para ACHN-E los sistemas de aislación que presentaron amplificación de la aceleración del suelo pertenecen a los sistemas desde S.15 a S.39. Por otro lado, para AES2-E los aisladores que amplificaron el valor del PGA son estructuras desde S.7 a S.39, mientras que para APED-E ninguno de los aisladores de los distintos sistemas de aislación se acercó o

amplificó los valores de aceleración máxima del suelo. Las Tablas mencionadas para los distintos registros se encuentran en **Anexos 7**.

De la misma manera, las aceleraciones en los primeros pisos de sistemas aislados donde la estructura es muy flexible, en términos generales alcanzan valores altos similares a los correspondientes a los primeros pisos de las estructuras empotradas. Como se puede observar en la **Tabla 5**, donde para el registro APO1-N, las relaciones son cercanas la unidad en los niveles inferiores de los dos últimos sistemas.

4.1.3 DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS DE ENTREPISO

Se calcularon las derivas de entrepiso restando a los desplazamientos de cada nivel las respuestas del piso inferior a este. Al ser modelos simplificados no se tienen definidas las alturas de entre piso (H), es por esto, que no se pueden calcular derivas. Los datos se obtuvieron para todos los pisos de cada sistema.

En la **Ilustración 24** se muestran los resultados calculados para el sistema S.27 correspondiente al registro ACHN-E y en la **Ilustración 25** para APO1-N. En **Anexos 2**, se pueden encontrar las derivas para todos los sistemas con distinta demanda.

Claramente se puede observar en las Ilustraciones presentadas para Chone las repuestas de los sistemas empotrados van variando gradualmente, lo cual también ocurre para Registros como los de Esmeraldas y Manta. Mientras que para Portoviejo hay cambios bruscos, al igual que para Pedernales. Por otro lado, los sistemas aislados presentan curvas atenuadas en todos los casos.

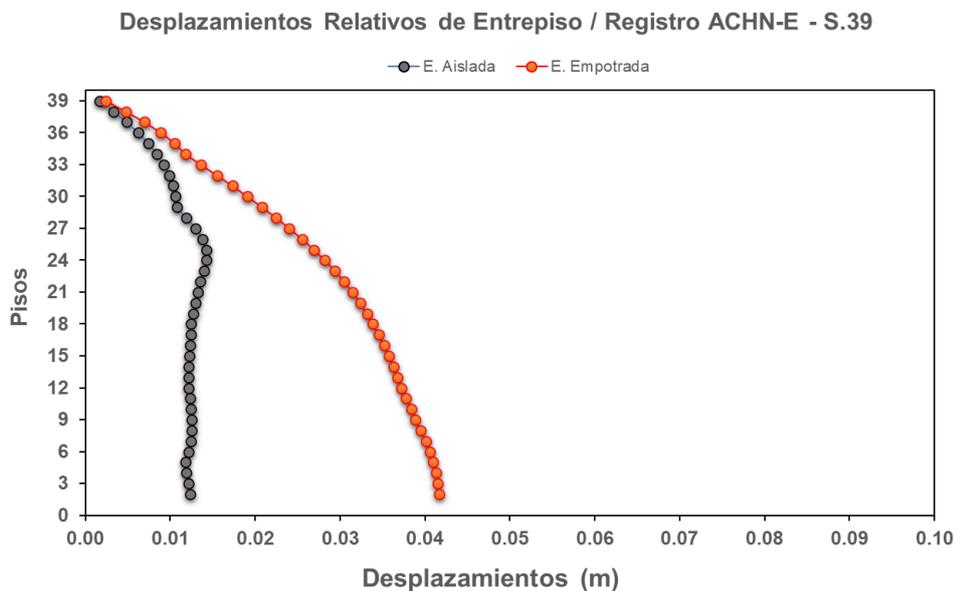


Ilustración 24. Derivas de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada -S.39 para el registro sísmico ACHN-E.

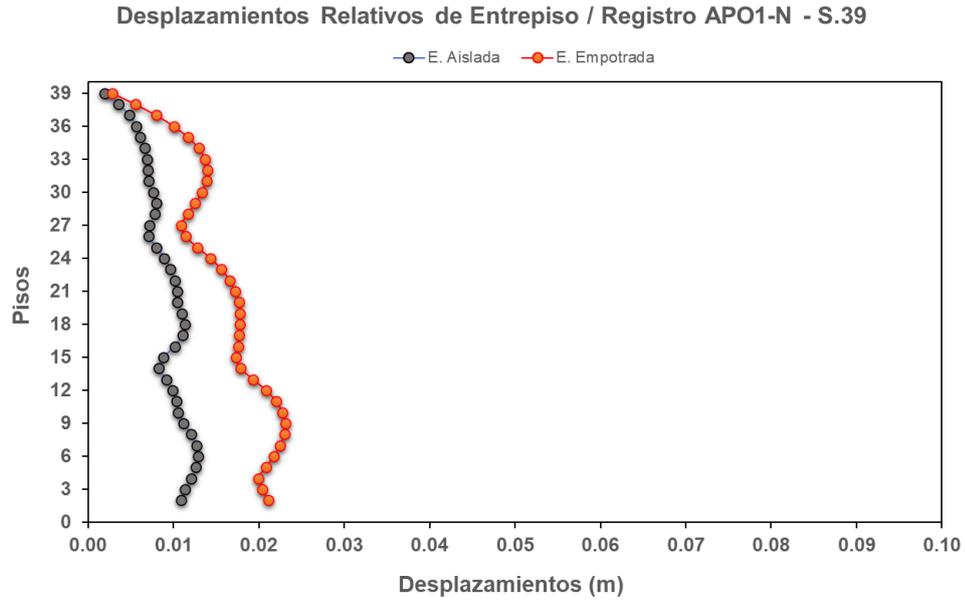


Ilustración 25. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada -S.39 para el registro sísmico APO1-N.

Con los datos calculados se obtuvieron las relaciones entre las respuestas de los sistemas empotrados y sistemas aislados los cuales se presentan en la **Tabla 6**. Con base a los resultados se pudo observar que para el registro de Chone los valores son similares en los pisos inferiores y para los pisos superiores varían muy poco. Sin embargo, esta tendencia no se repite para todos los resultados con las distintas demandas (**Anexo 8**). Esto podría ser debido a que las respuestas individuales de ciertas estructuras empotradas, tienen cambios irregulares como se observó en la **Ilustración 25**.

Tabla 6. Relación de derivas (E Aislada/ E Empotrada) para registro ACHN-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	39										0.70
	38										0.70
	37										0.70
	36										0.70
	35									0.61	0.71
	34									0.59	0.71
	33									0.57	0.68
	32									0.55	0.64
	31								0.63	0.52	0.59
	30								0.62	0.49	0.56
	29								0.60	0.45	0.52
	28								0.57	0.42	0.53
	27							0.43	0.53	0.38	0.54
	26							0.42	0.49	0.38	0.54
	25							0.40	0.45	0.39	0.53
	24							0.37	0.42	0.39	0.50
	23						0.45	0.33	0.40	0.39	0.48
	22						0.44	0.30	0.38	0.38	0.44
	21						0.43	0.28	0.36	0.36	0.42
	20						0.42	0.26	0.35	0.35	0.40
19					0.28	0.39	0.25	0.33	0.34	0.38	
18					0.26	0.36	0.23	0.33	0.32	0.37	
17					0.22	0.33	0.21	0.34	0.30	0.36	
16					0.18	0.30	0.21	0.34	0.29	0.35	
15				0.30	0.16	0.29	0.21	0.34	0.27	0.34	
14				0.28	0.15	0.27	0.21	0.34	0.25	0.34	
13				0.26	0.14	0.26	0.21	0.34	0.24	0.33	
12				0.24	0.14	0.24	0.20	0.34	0.24	0.33	
11			0.34	0.22	0.13	0.22	0.20	0.34	0.24	0.33	
10			0.33	0.20	0.13	0.22	0.19	0.34	0.24	0.32	
9			0.32	0.18	0.13	0.22	0.18	0.35	0.24	0.32	
8			0.30	0.17	0.13	0.22	0.17	0.34	0.24	0.32	
7		0.34	0.28	0.16	0.12	0.21	0.17	0.32	0.24	0.31	
6		0.33	0.27	0.15	0.12	0.21	0.16	0.31	0.25	0.30	
5		0.30	0.26	0.14	0.12	0.20	0.16	0.31	0.25	0.29	
4		0.27	0.25	0.14	0.11	0.20	0.16	0.31	0.24	0.29	
3	0.26	0.24	0.24	0.14	0.12	0.20	0.16	0.31	0.24	0.29	
2	0.27	0.25	0.24	0.14	0.12	0.20	0.16	0.31	0.24	0.30	
1											

CONCLUSIONES

Con base a los resultados se concluye que, para los sismos utilizados en este trabajo, el sistema de aislación siempre reduce la respuesta máxima (entre todos los pisos) que llega a experimentar la superestructura en cualquier instante de tiempo, tanto para los desplazamientos relativos a la base, como para las aceleraciones absolutas y desplazamientos relativos de entrepiso.

Los sistemas aislados que presentan un mejor comportamiento de la superestructura y el aislador en la mayoría de los casos son los que tiene relaciones de periodos mayores a 2, es decir, que la eficiencia del sistema de aislación es clara. Para relaciones menores a 2 la estructura tiene un crecimiento significativo de respuesta, limitando la participación del sistema de aislación, por la tanto la eficiencia de los aisladores se ve reducida.

Se puede deducir que la distribución de la máxima respuesta de los pisos de cada estructura no depende únicamente del número de pisos, sino también del tipo de registro utilizado.

Se observó que para registros con bajo valor de PGA, las aceleraciones de la planta baja de ciertas estructuras aisladas, podrían llegar a ser mayores que los valores de aceleración máxima absolutas de estructuras empotradas.

Los mayores beneficios en la reducción de respuesta, se dan en los sistemas con mayor demanda.

RECOMENDACIONES

Una de las ideas que se generaron, es que el sistema de aislación es más eficiente cuando la demanda es más grande, para lo cual se recomienda obtener resultados escalando los registros sísmicos utilizados y para más demandas sísmicas. Con el fin de identificar si esto realmente sucede, y si se cumple en todos los casos.

Se recomienda usar una mayor cantidad de registros para estudiar más a profundidad el comportamiento del sistema de aislación.

Con respecto a los cambios bruscos de las respuestas de un piso a otro, tanto de aceleraciones como desplazamientos relativos para ciertos casos, se propone estudiar más a profundidad las características de los registros sísmicos.

Los grados de libertad de la superestructura se analizaron con comportamiento lineal, pero sería útil considerar la posibilidad de que entren a rango no lineal, y poder identificar niveles de daño.

En este estudio se han definido características específicas del aislador, sería conveniente evaluar si los resultados cambiarían con otro diseño de los sistemas de aislación.

Se asumieron propiedades específicas de rigidez, masa y amortiguamiento para los modelos estudiados, que no necesariamente corresponden a las características de los edificios reales, por lo cual sería conveniente estudiar si estas respuestas son consistentes para otras propiedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmadi, G., Fan, F.-G., & Tadjbakhsh, I. (1988). *Base Isolation of Multi-Story building Under Harmonic Ground Motion - A Comparison of performances of various systems*. Obtenido de <https://nehrpsearch.nist.gov/static/files/NSF/PB89122238.pdf>
- Chopra, A. (2014). *Amortiguamiento de Estructuras*. En A. Chopra, *Dinamica de Estructuras*. Pearson.
- Deierlein, G., Reinhorn, A., & Willford, M. (2010). *Nonlinear Structural Analysis For Seismic Design*. Obtenido de <https://nehrp.gov/pdf/nistgcr10-917-5.pdf>
- Fazard, N., & James, K. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures*. Obtenido de https://www.academia.edu/16803801/Design_of_Seismic_Isolated_Structures_From_Theory_to_Practice
- Fragiacomo, M., Rajgelk, S., & Cimadam, F. (2003). *Design of bilinear Hysteretic isolation systems*. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eqe.276>
- Hameed, A., Saleem, M., Qazi, U., & Rizwana, H. (2013). *Seismic Response Evaluation of Base Isolated Buildings*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/273757785_SEISMIC_RESPONSE_EVALUATION_OF_BASE_ISOLATED_BUILDINGS
- Instituto Geofísico-EPN*. (2016). Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016>
- Kulkarni, J., & Jangid, R. (2003). *Effects of superstructure flexibility on the response of base-isolated structures*.
- Tu, Y., & Zheng, G. (2007). *On the Vibration Isolation of Flexible Structures*.

ANEXOS

ANEXO 1: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS RELATIVOS A LA BASE POR PISO

APED-E

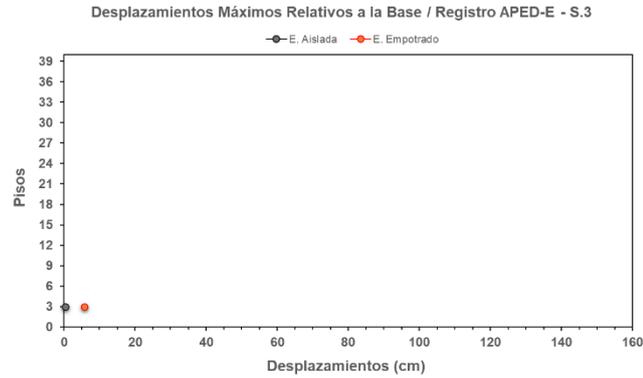


Ilustración 26. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro APED-E.

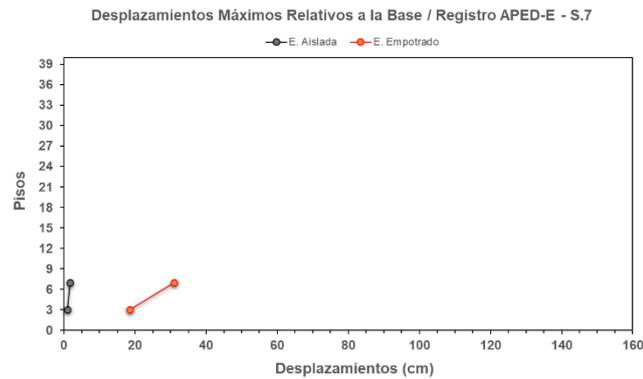


Ilustración 27. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro APED-E.

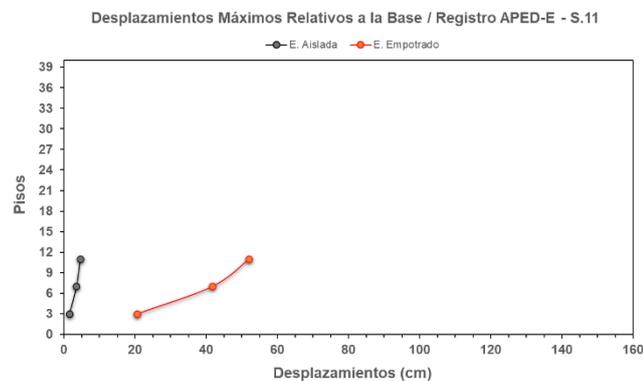


Ilustración 28. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro APED-E.

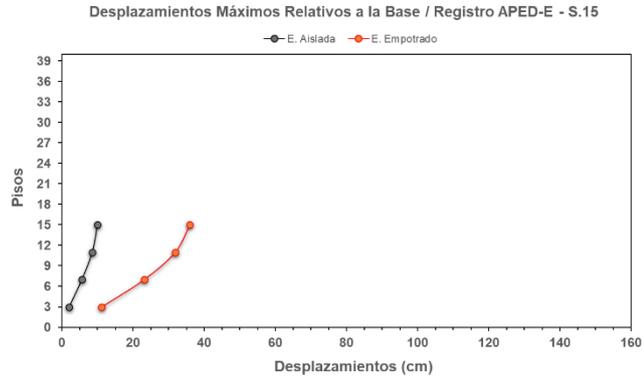


Ilustración 29. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro APED-E.

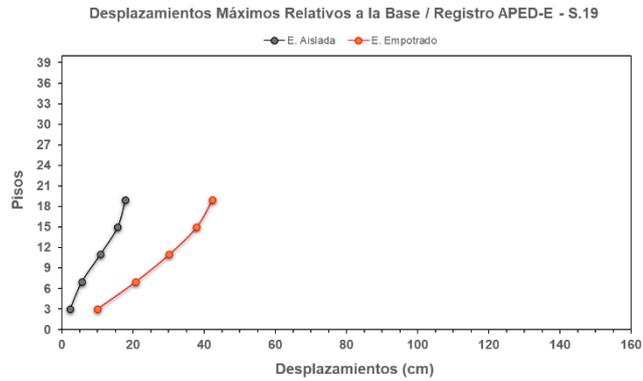


Ilustración 30. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro APED-E.

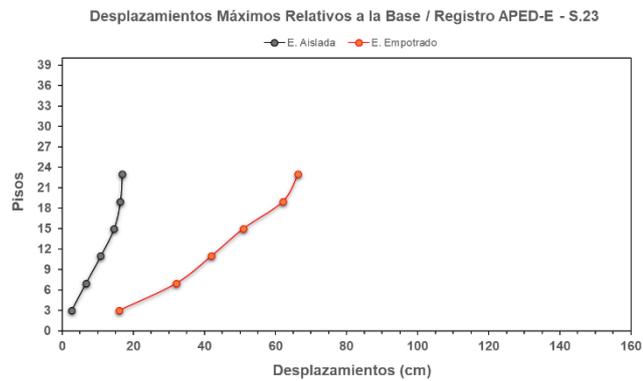


Ilustración 31. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro APED-E.

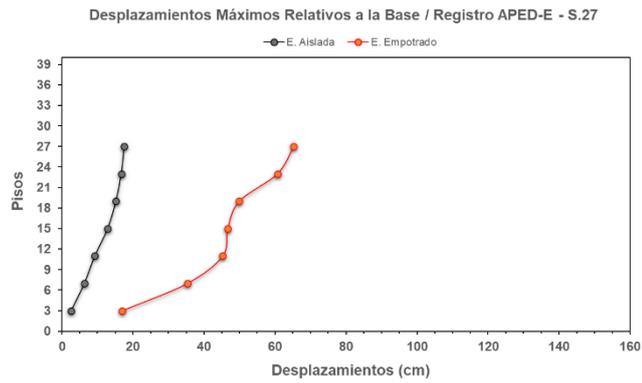


Ilustración 32. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro APED-E.

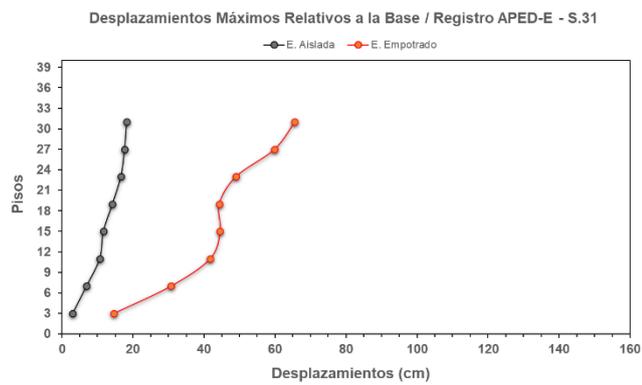


Ilustración 33. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro APED-E.

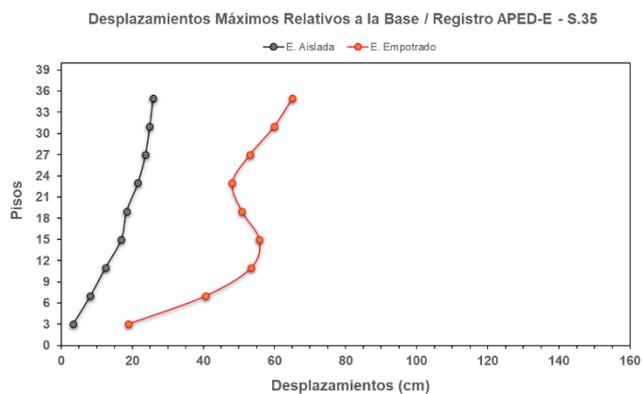


Ilustración 34. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro APED-E.

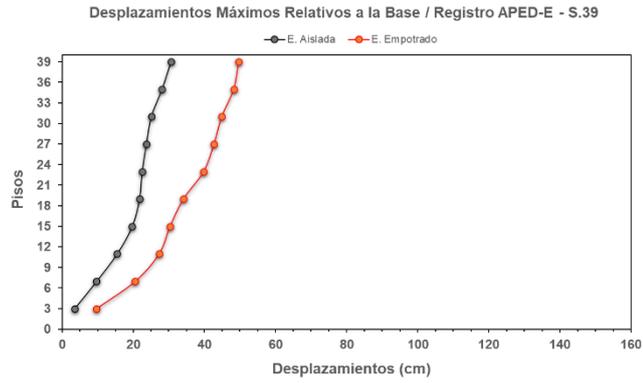


Ilustración 35. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro APED-E.

ACHN-E

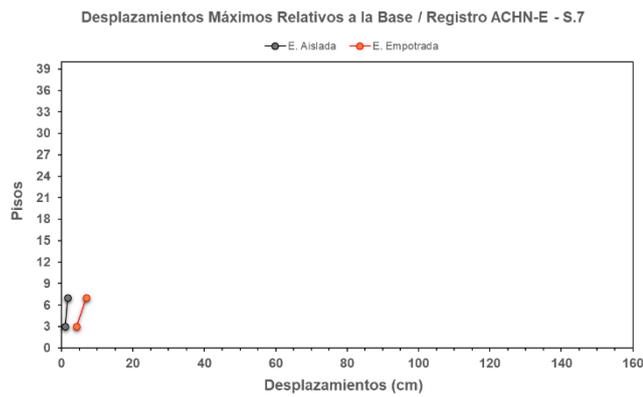


Ilustración 36. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro ACHN-E.

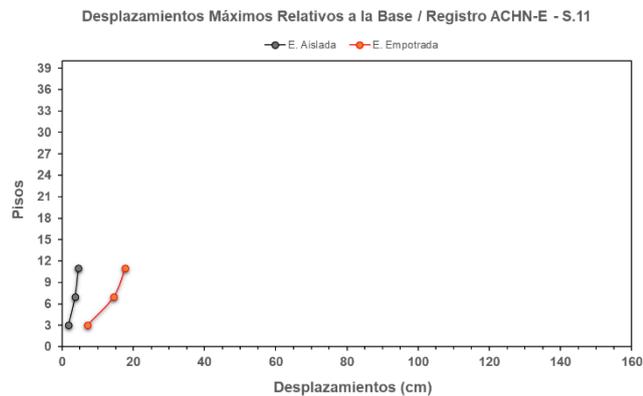


Ilustración 37. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro ACHN-E.

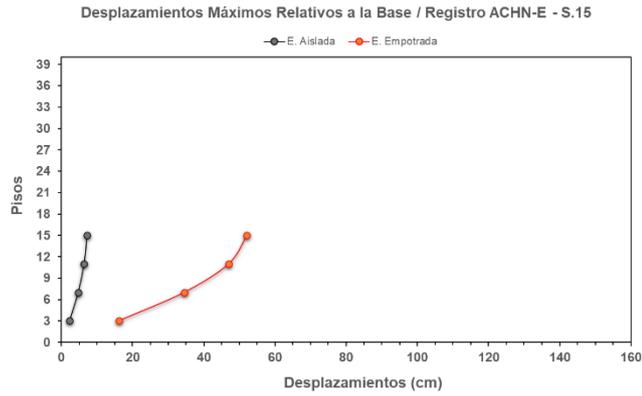


Ilustración 38. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro ACHN-E.

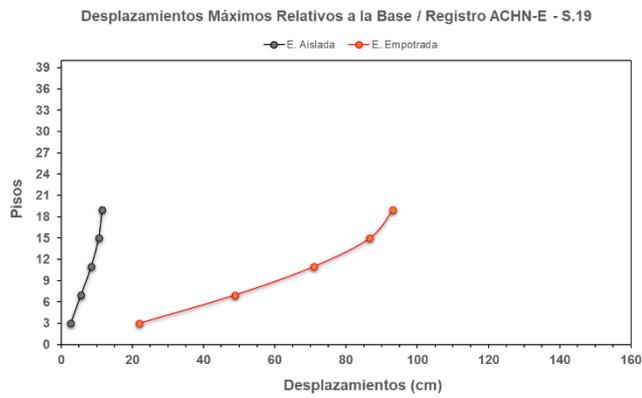


Ilustración 39. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro ACHN-E.

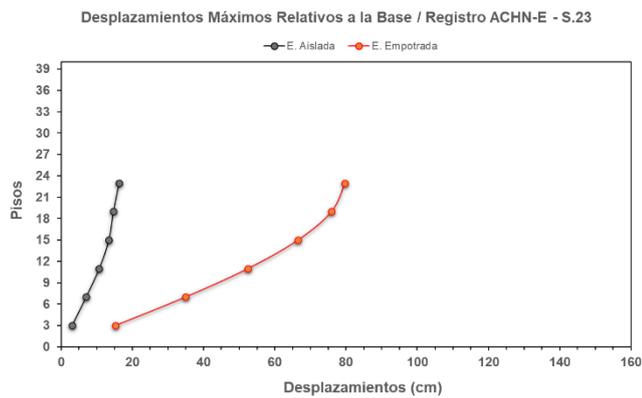


Ilustración 40. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro ACHN-E.

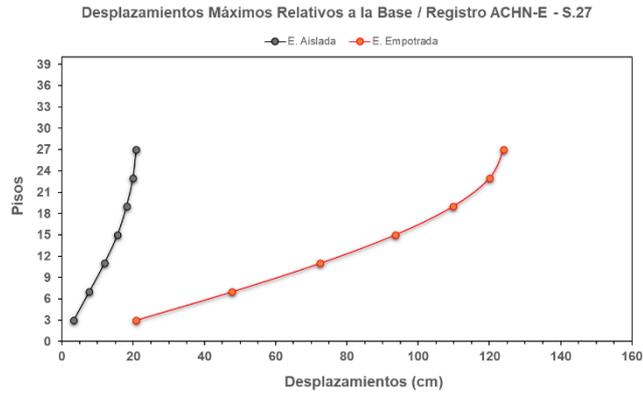


Ilustración 41. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro ACHN-E.

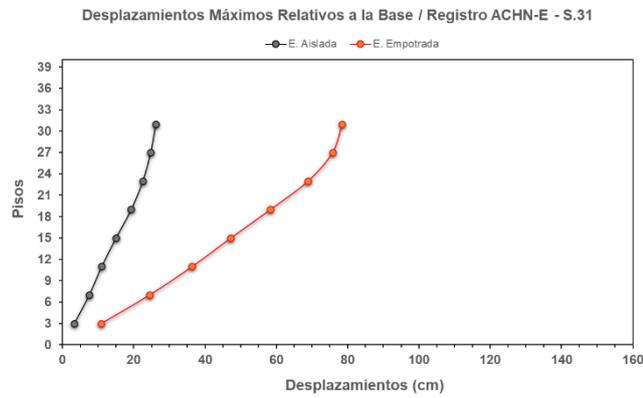


Ilustración 42. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro ACHN-E.

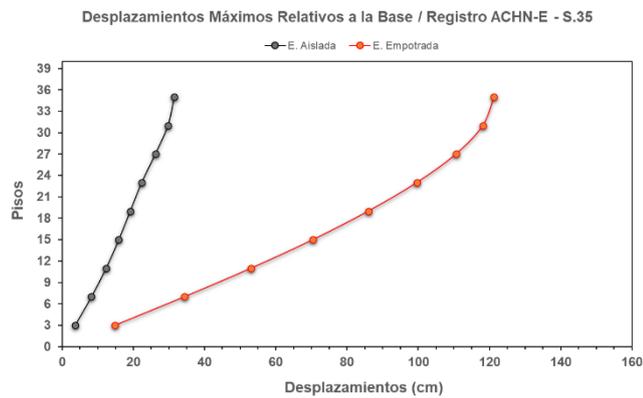


Ilustración 43. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro ACHN-E.

APO1-N

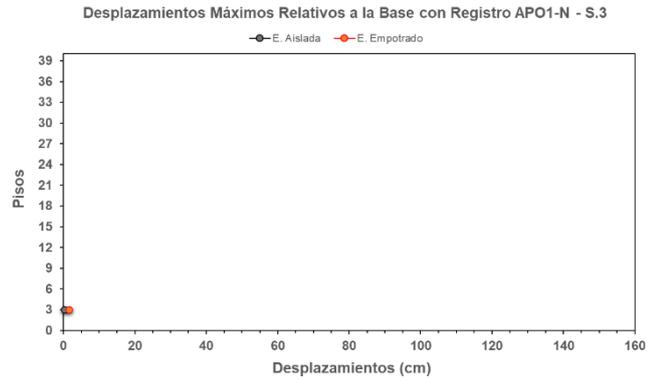


Ilustración 44. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro APO1-N.

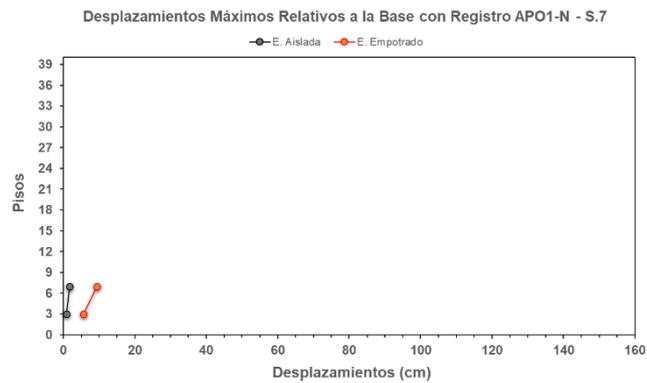


Ilustración 45. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro APO1-N.

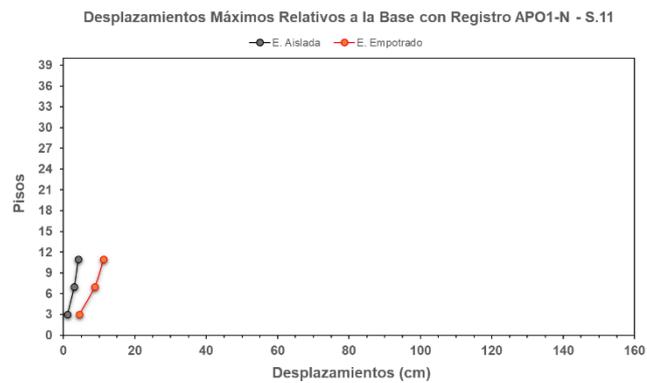


Ilustración 46. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro APO1-N.

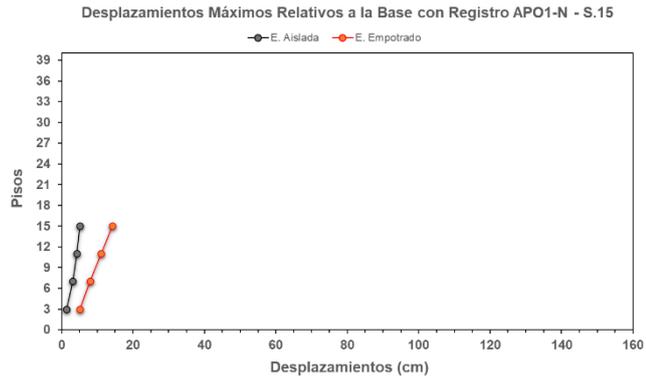


Ilustración 47. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro APO1-N.

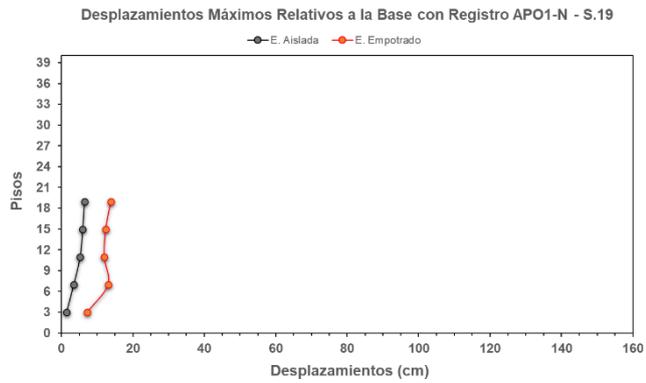


Ilustración 48. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro APO1-N.

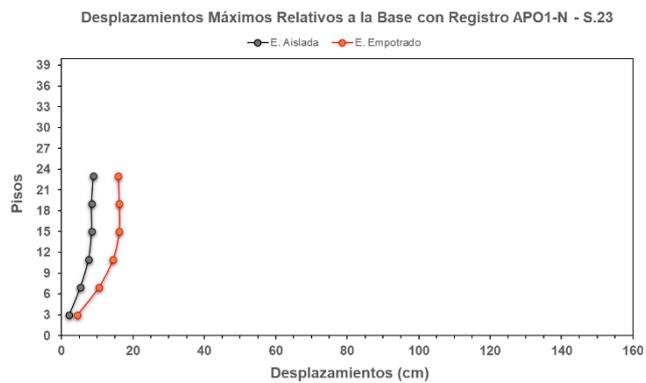


Ilustración 49. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro APO1-N.

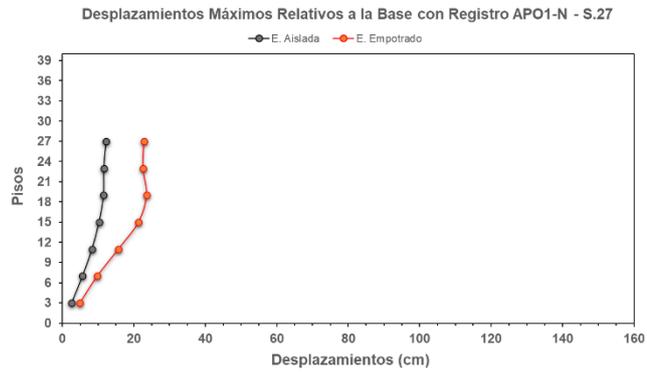


Ilustración 50. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro APO1-N.

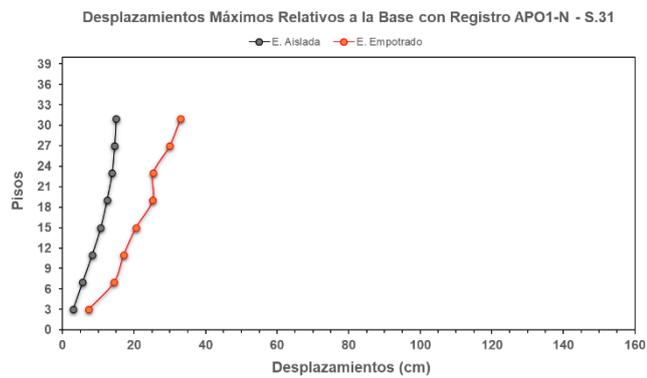


Ilustración 51. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro APO1-N.

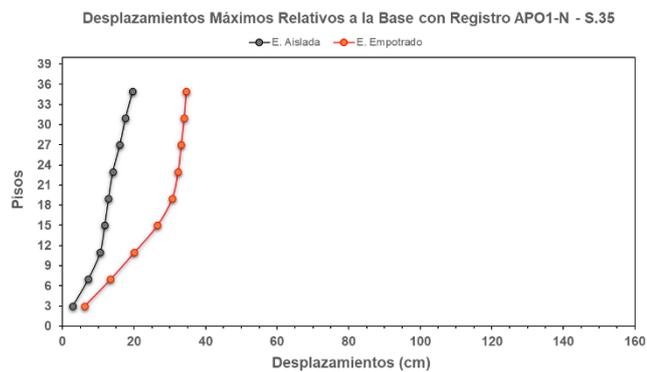


Ilustración 52. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro APO1-N.

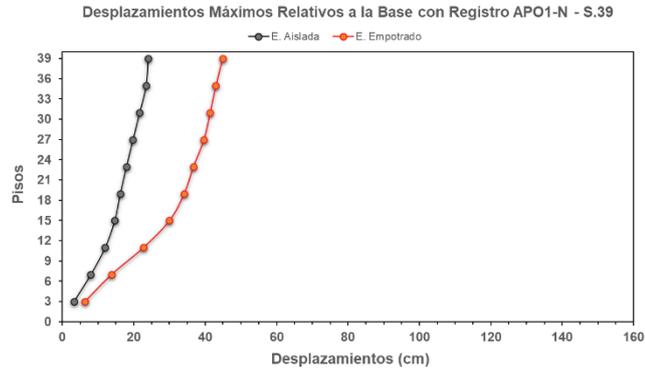


Ilustración 53. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro APO1-N.

AMNT-E

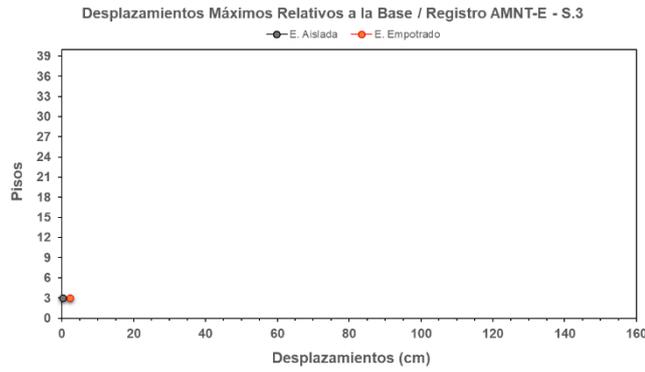


Ilustración 54. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro AMNT-E.

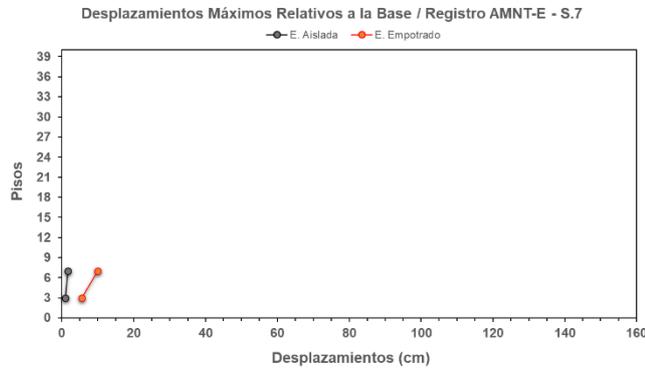


Ilustración 55. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro AMNT-E.

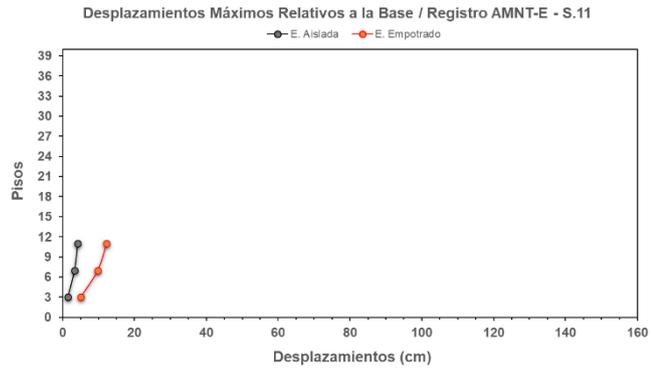


Ilustración 56. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro AMNT-E.

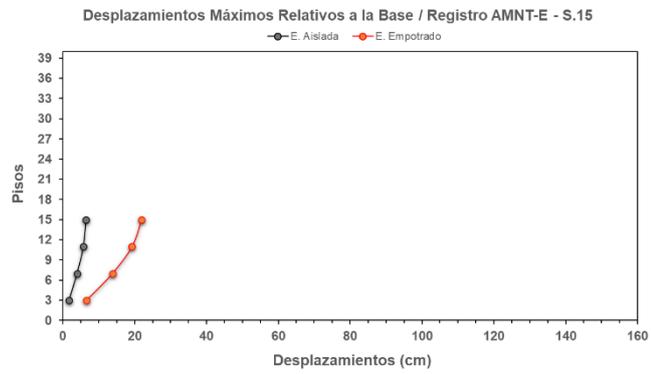


Ilustración 57. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro AMNT-E.

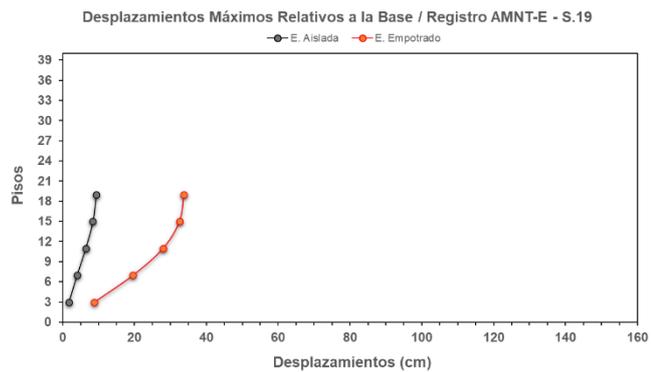


Ilustración 58. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro AMNT-E.

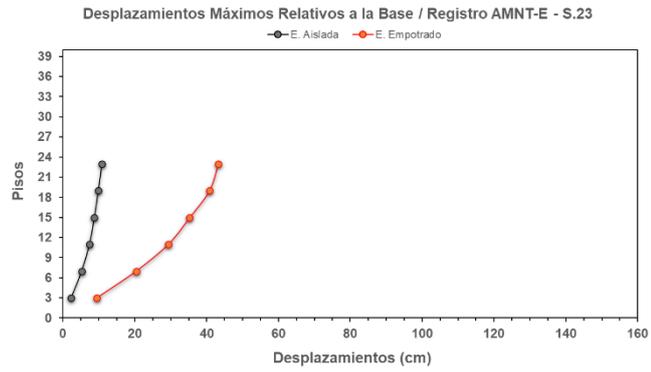


Ilustración 59. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro AMNT-E.

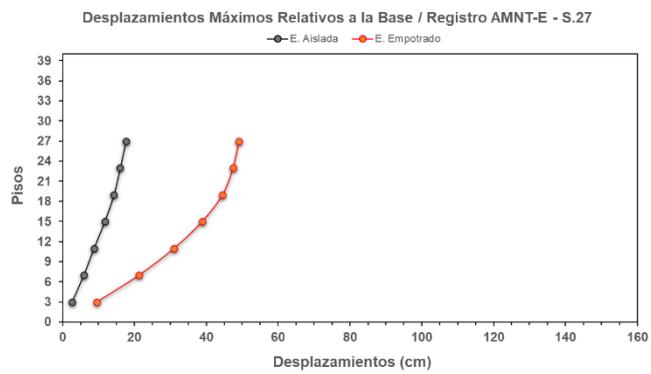


Ilustración 60. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro AMNT-E.

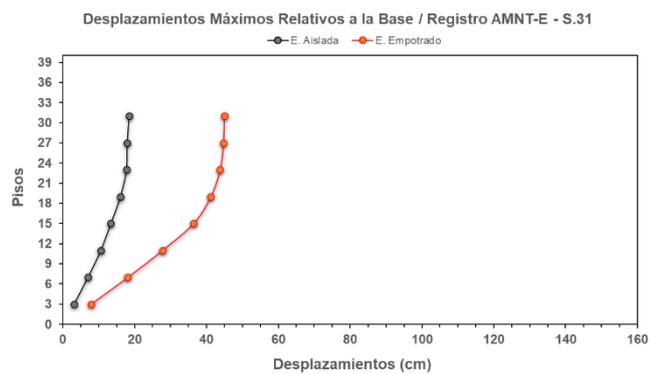


Ilustración 61. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro AMNT-E.

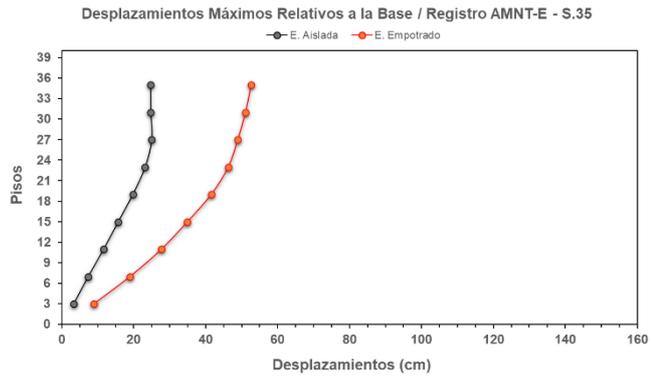


Ilustración 62. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro AMNT-E.

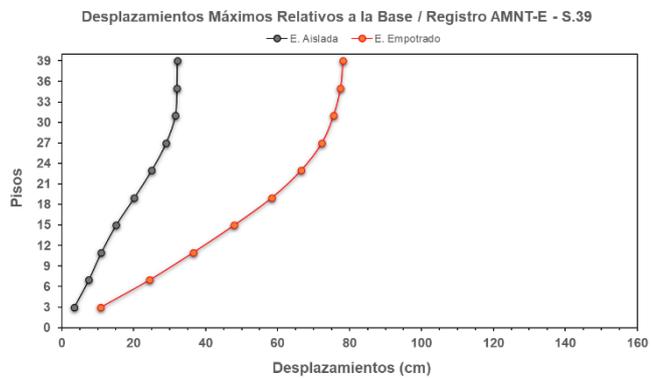


Ilustración 63. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro AMNT-E.

AES2-E

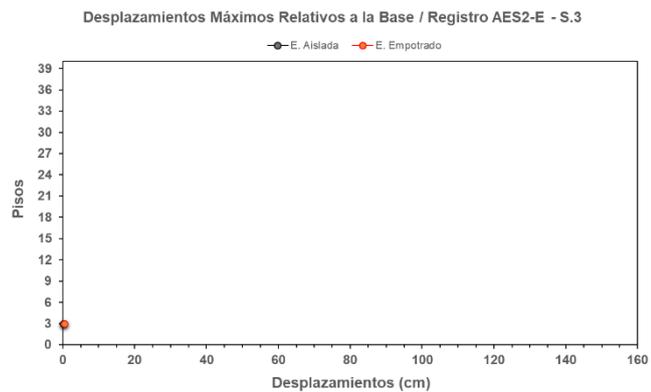


Ilustración 64. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 3 Pisos para Registro AES2-E.

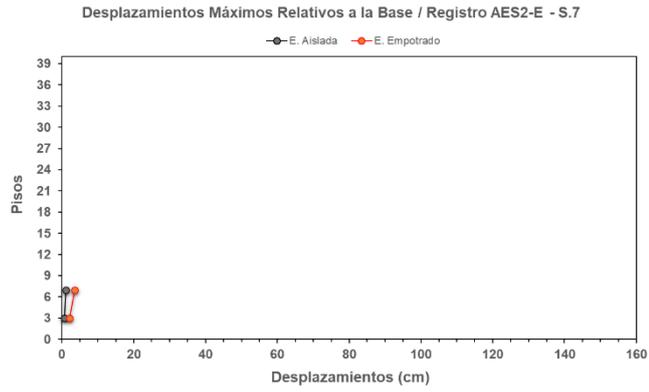


Ilustración 65. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 7 Pisos para Registro AES2-E.

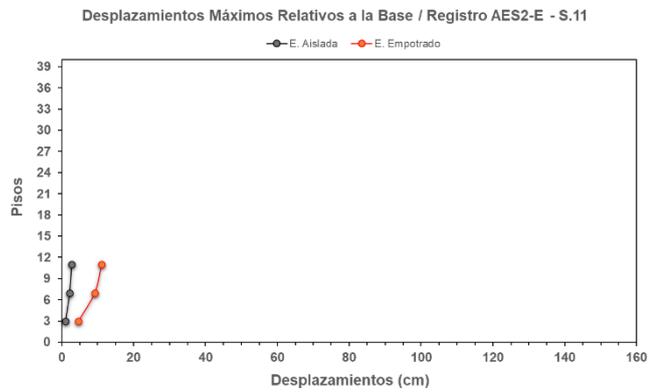


Ilustración 66. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 11 Pisos para Registro AES2-E.

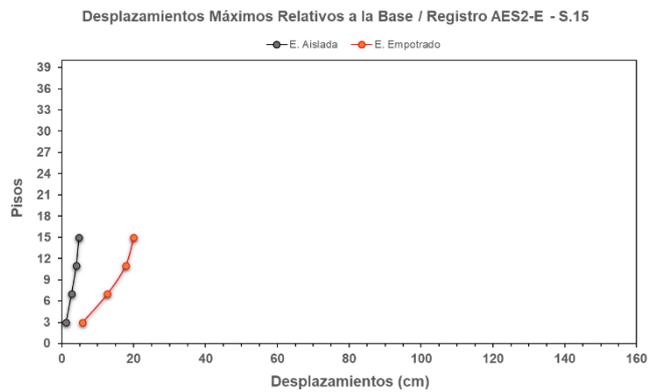


Ilustración 67. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 15 Pisos para Registro AES2-E.

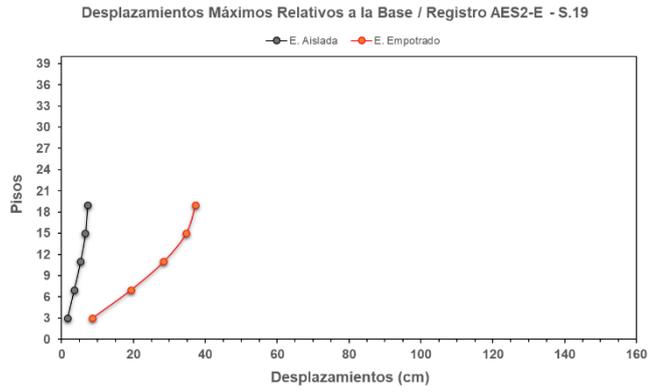


Ilustración 68. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 19 Pisos para Registro AES2-E.

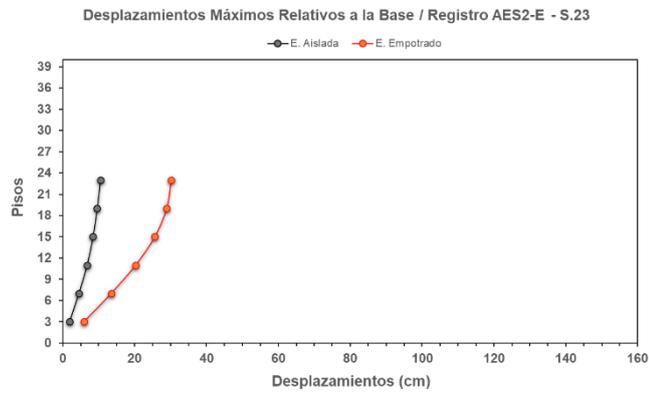


Ilustración 69. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 23 Pisos para Registro AES2-E.

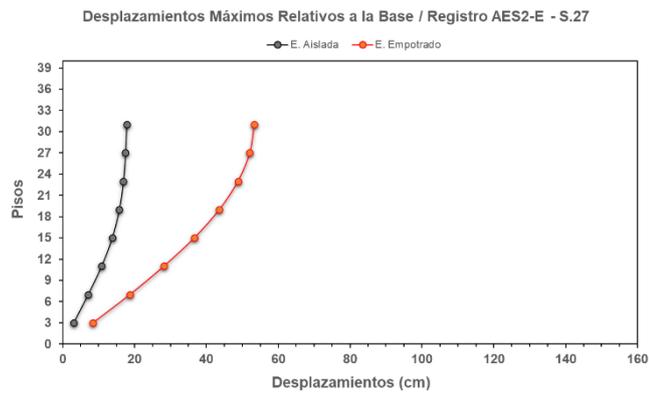


Ilustración 70. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 27 Pisos para Registro AES2-E.

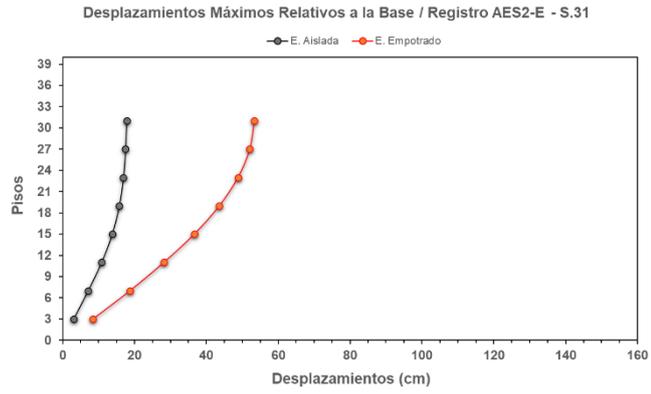


Ilustración 71. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 31 Pisos para Registro AES2-E.

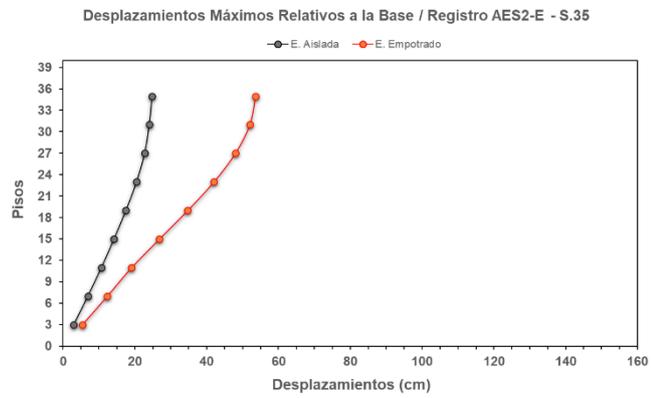


Ilustración 72. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 35 Pisos para Registro AES2-E.

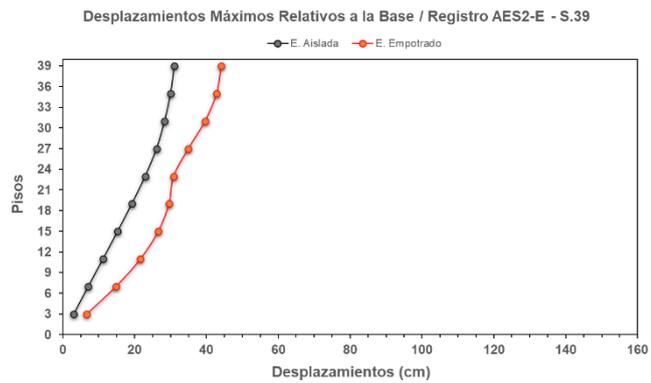


Ilustración 73. Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Estructura Aislada y Estructura Empotrada de 39 Pisos para Registro AES2-E.

ANEXO 2: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS RELATIVOS DE ENTREPISO

APED-E

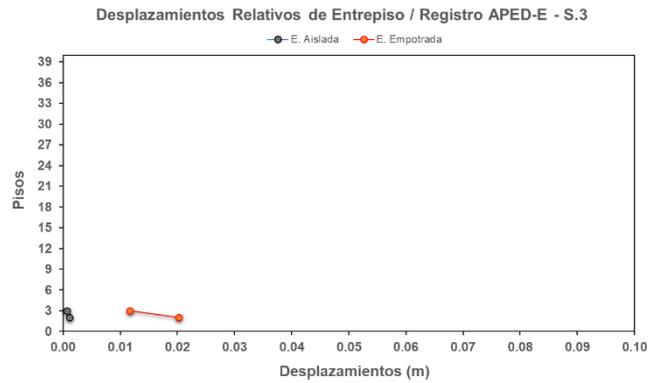


Ilustración 74. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico APED-E.

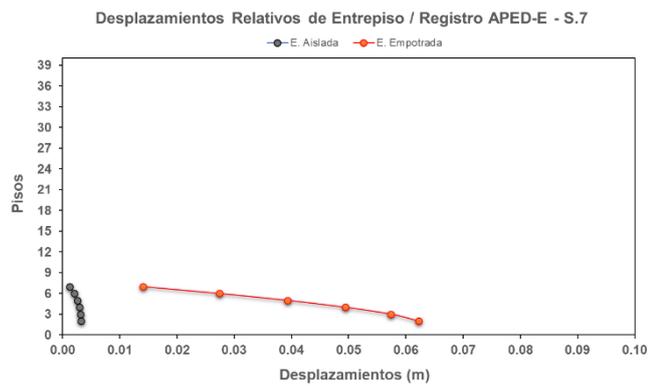


Ilustración 75. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico APED-E.

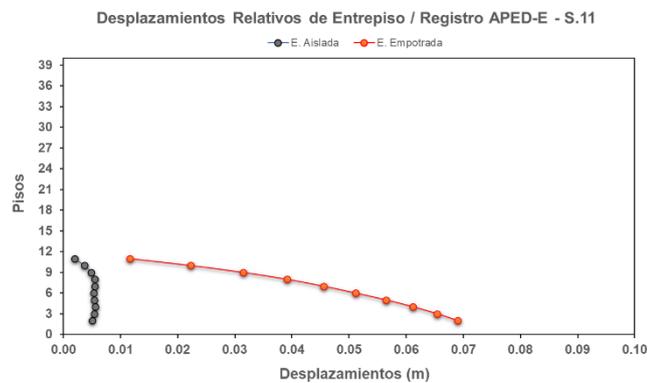


Ilustración 76. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico APED-E.

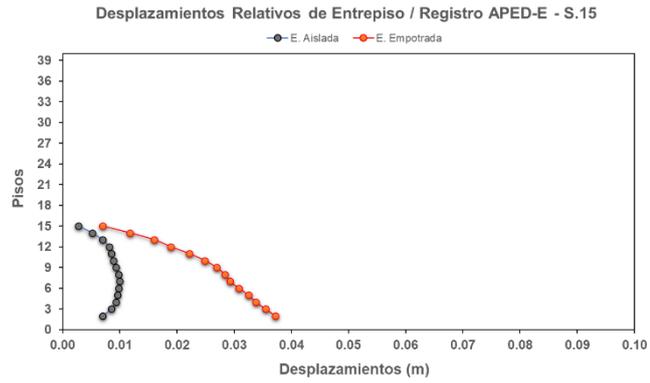


Ilustración 77. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico APED-E.

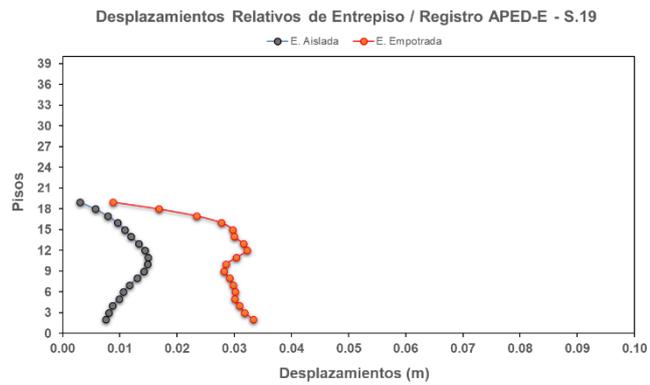


Ilustración 78. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico APED-E.

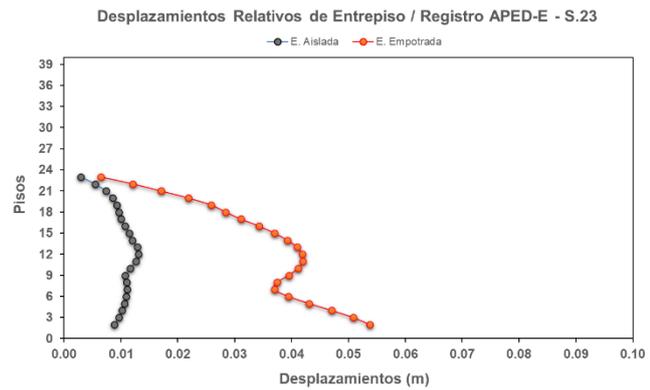


Ilustración 79. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico APED-E.

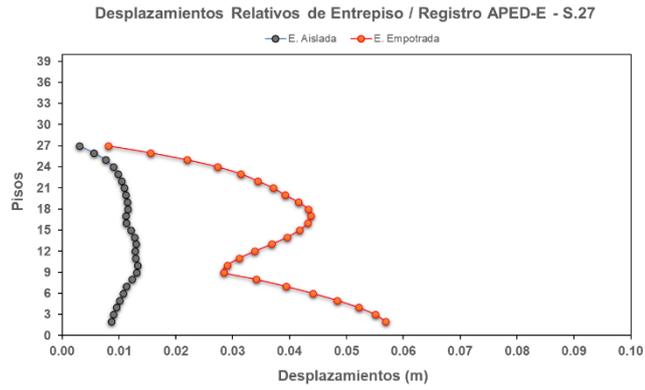


Ilustración 80. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.27 para el registro sísmico APED-E.

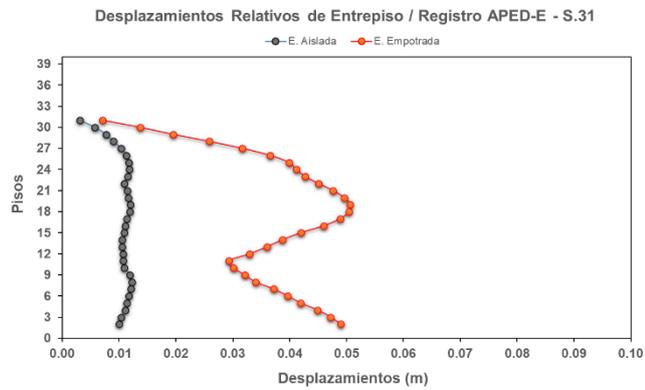


Ilustración 81. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico APED-E.

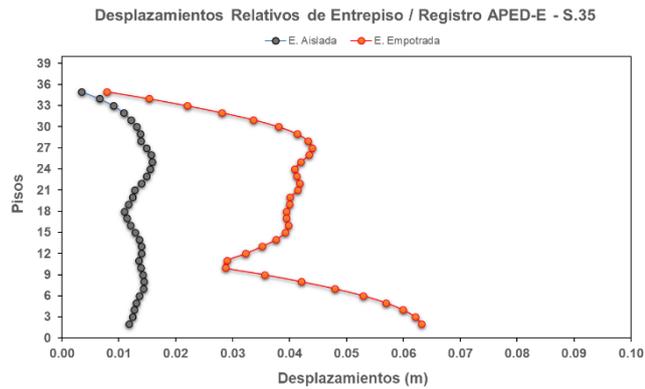


Ilustración 82. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico APED-E.

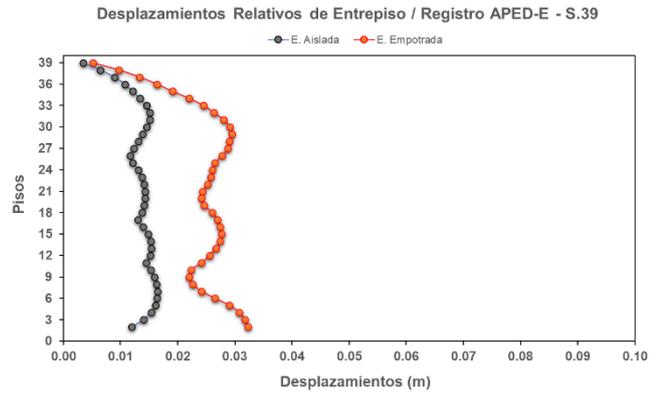


Ilustración 83. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico APED-E.

ACHN-E

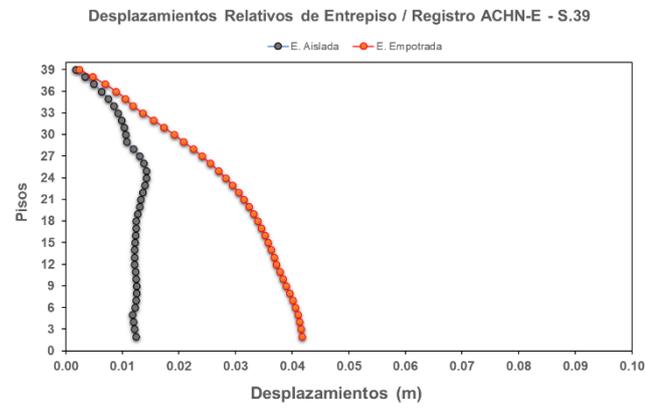


Ilustración 84. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico ACHN-E.

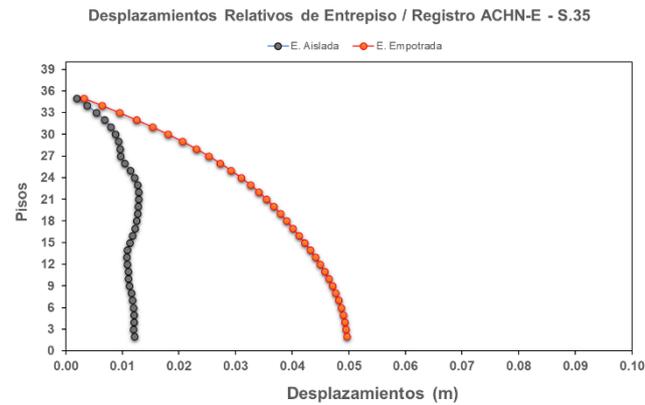


Ilustración 85. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico ACHN-E.

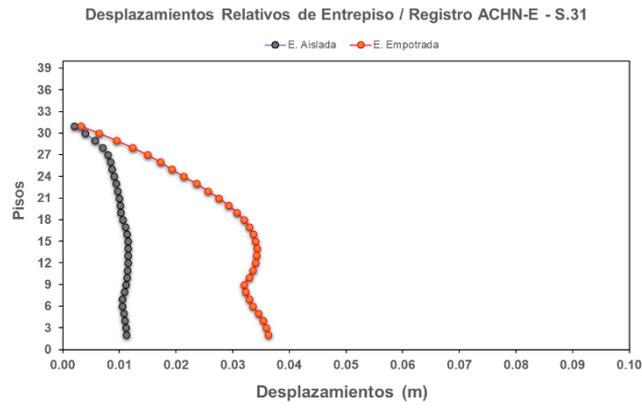


Ilustración 86. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico ACHN-E.

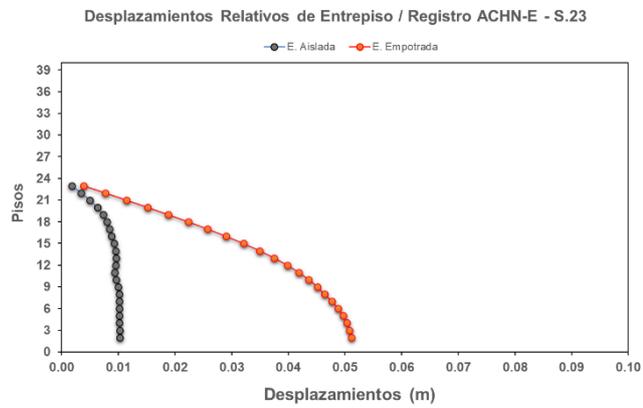


Ilustración 87. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico ACHN-E.

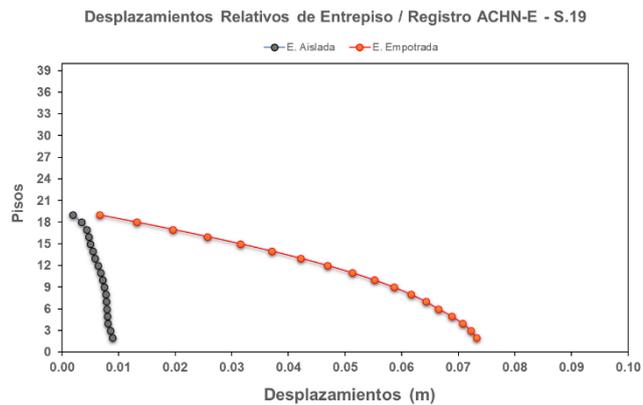


Ilustración 88. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico ACHN-E.

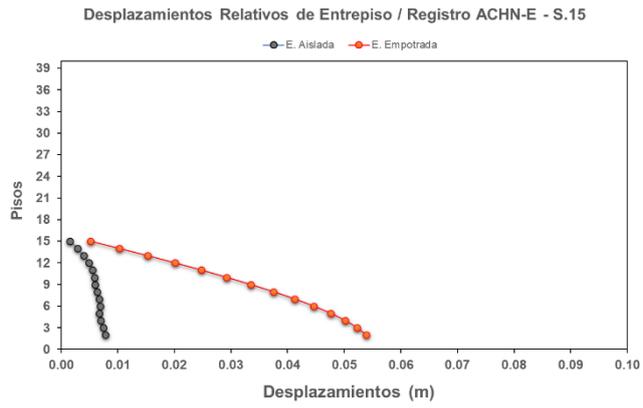


Ilustración 89. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico ACHN-E.

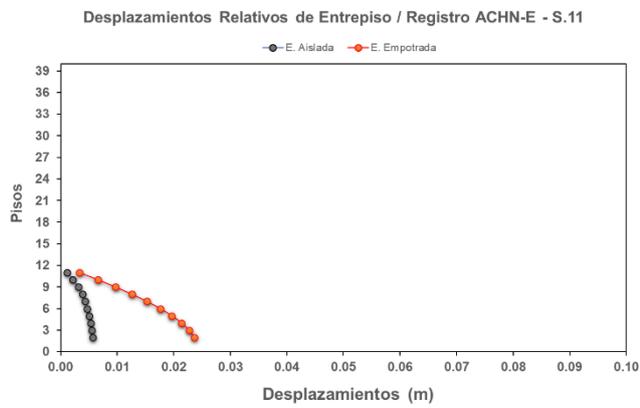


Ilustración 90. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico ACHN-E.

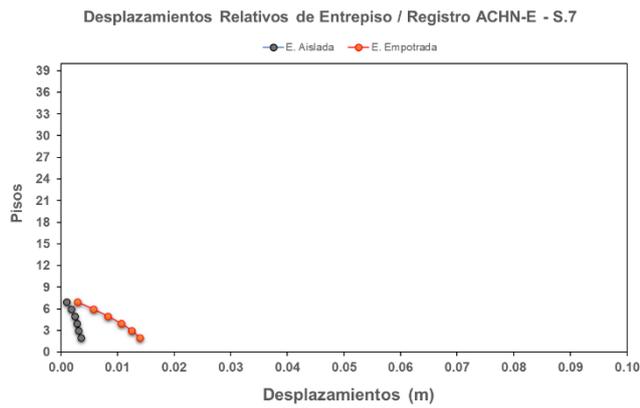


Ilustración 91. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico ACHN-E.

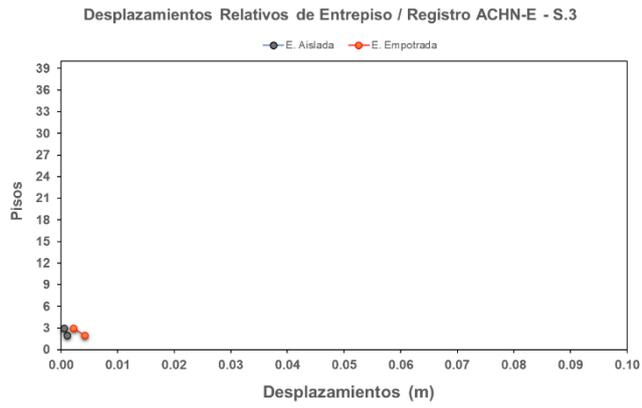


Ilustración 92. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico ACHN-E.

APO1-N

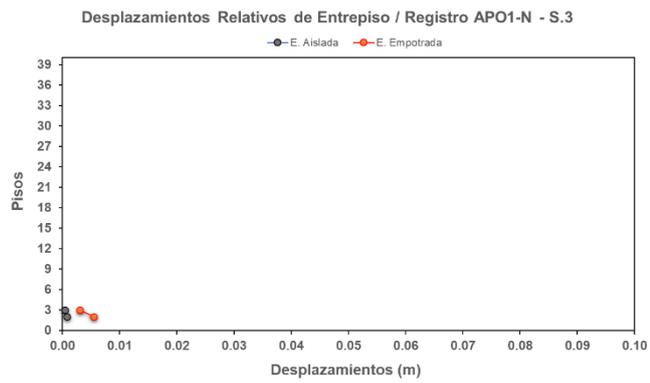


Ilustración 93. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico APO1-N.

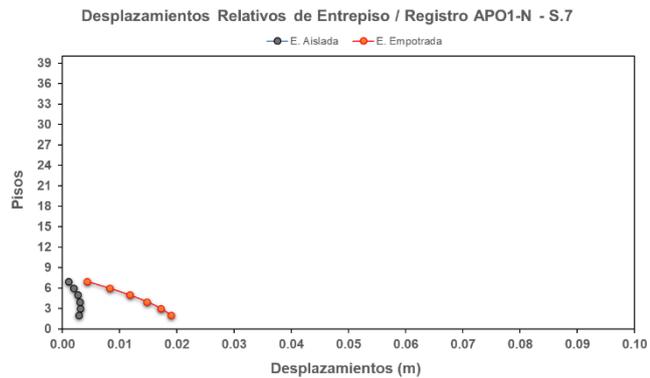


Ilustración 94. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico APO1-N.

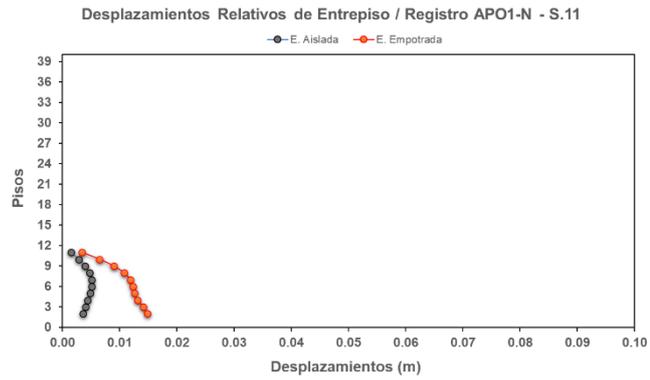


Ilustración 95. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico APO1-N.

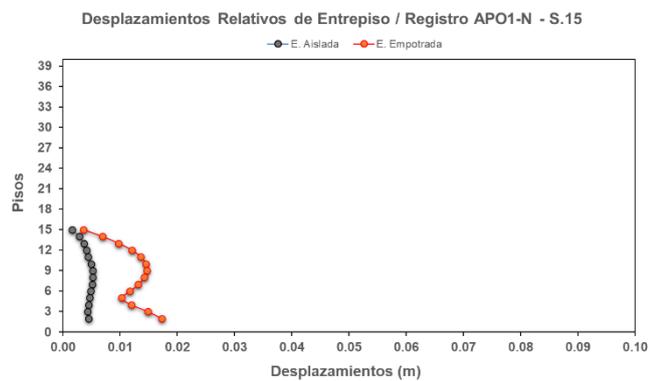


Ilustración 96. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico APO1-N.

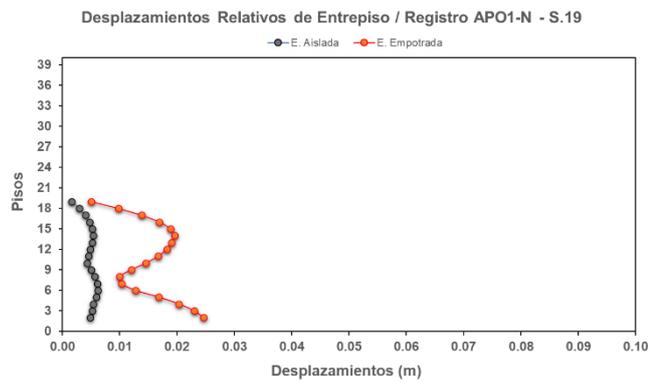


Ilustración 97. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico APO1-N.

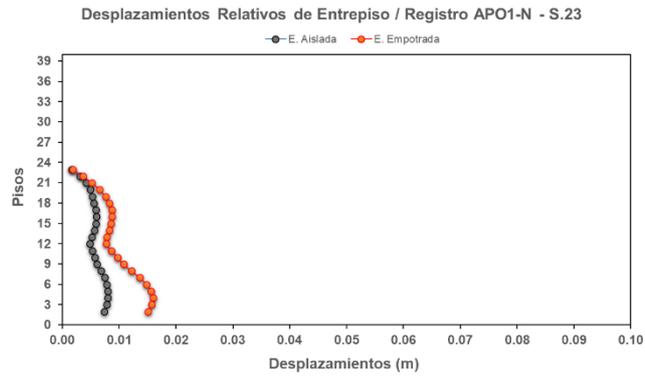


Ilustración 98. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico APO1-N.

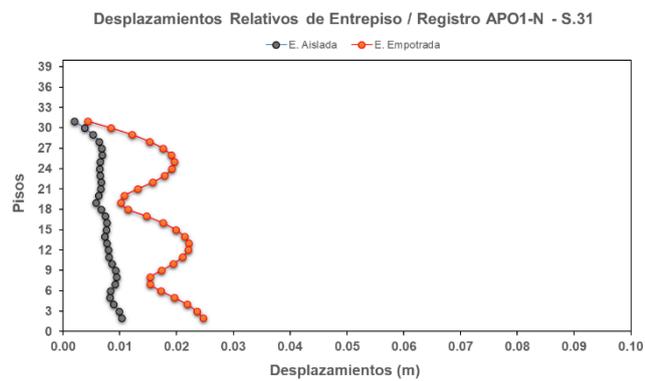


Ilustración 99. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico APO1-N.



Ilustración 100. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico APO1-N.

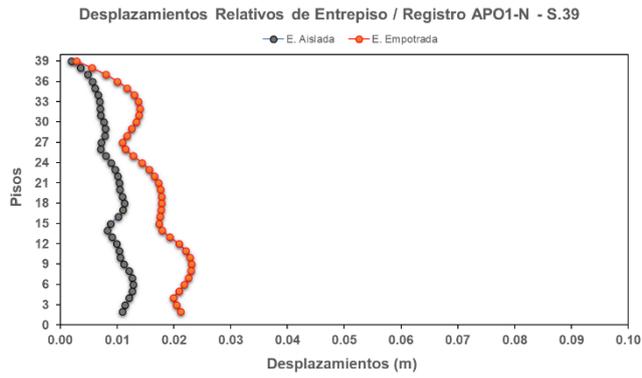


Ilustración 101. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico APO1-N.

AMNT-E

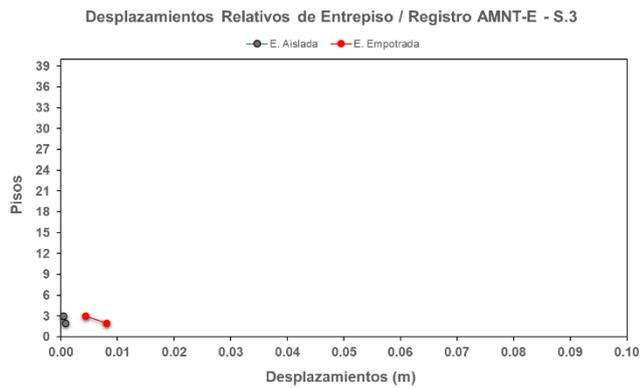


Ilustración 102. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico AMNT-E.

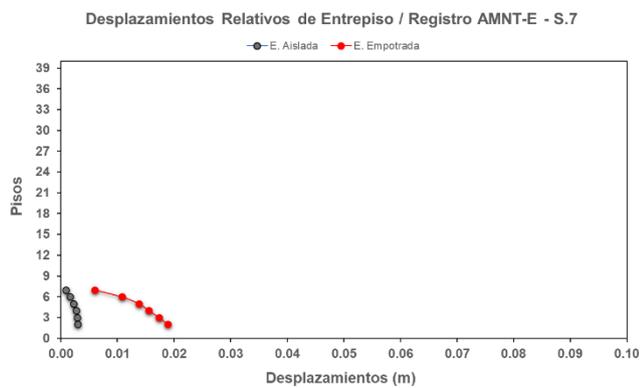


Ilustración 103. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico AMNT-E.

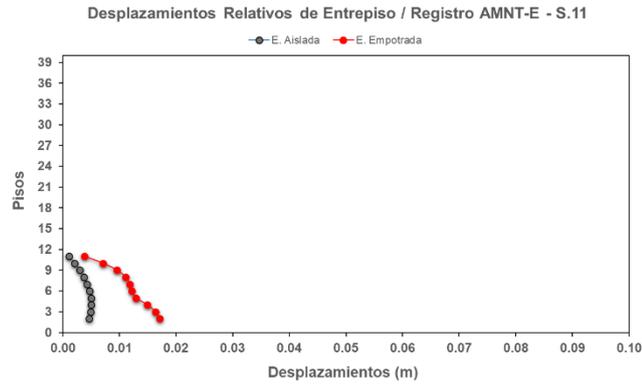


Ilustración 104. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico AMNT-E.

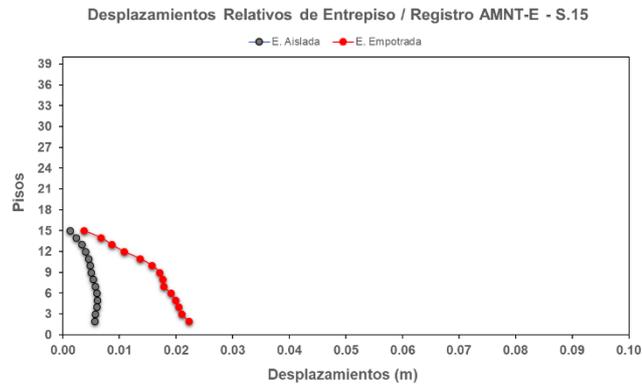


Ilustración 105. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico AMNT-E.

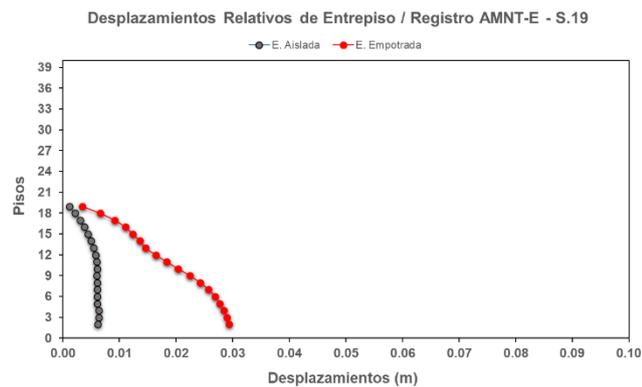


Ilustración 106. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico AMNT-E.

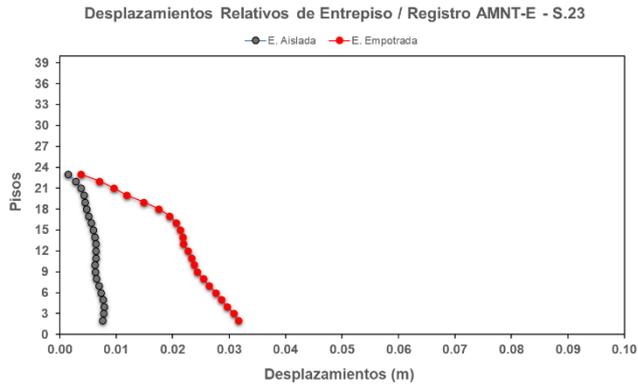


Ilustración 107. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico AMNT-E.

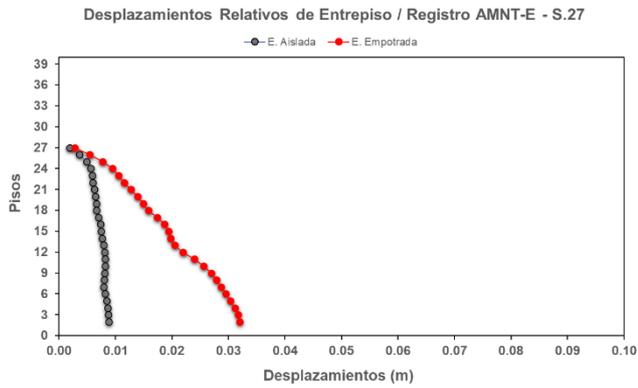


Ilustración 108. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.27 para el registro sísmico AMNT-E.

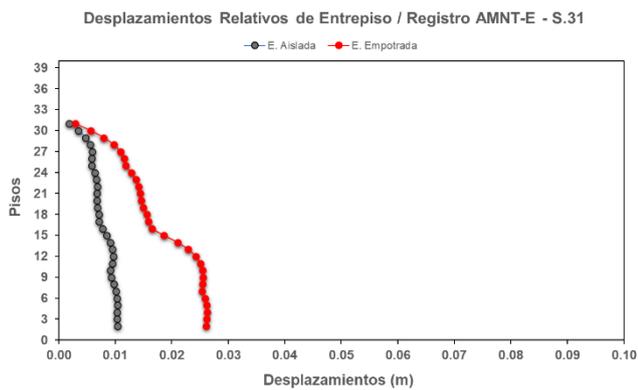


Ilustración 109. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico AMNT-E.

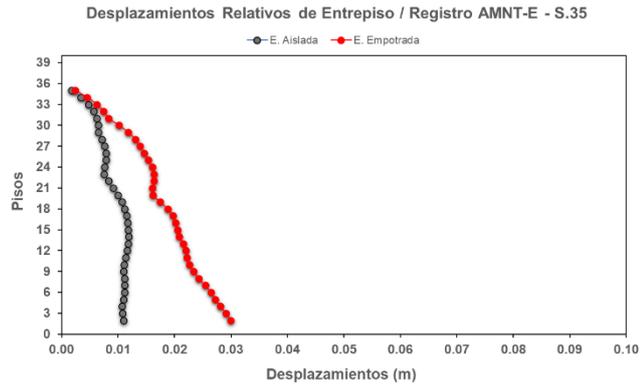


Ilustración 110. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico AMNT-E.

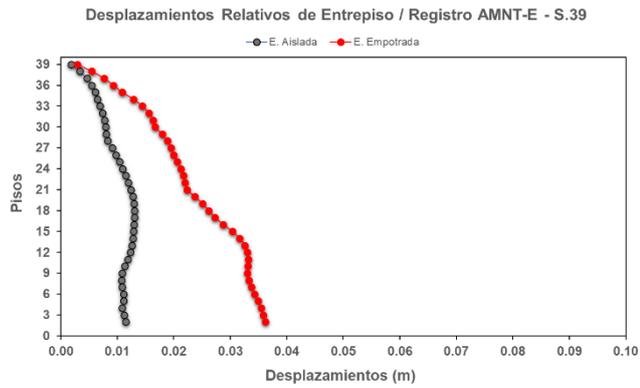


Ilustración 111. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico AMNT-E.

AES2-E

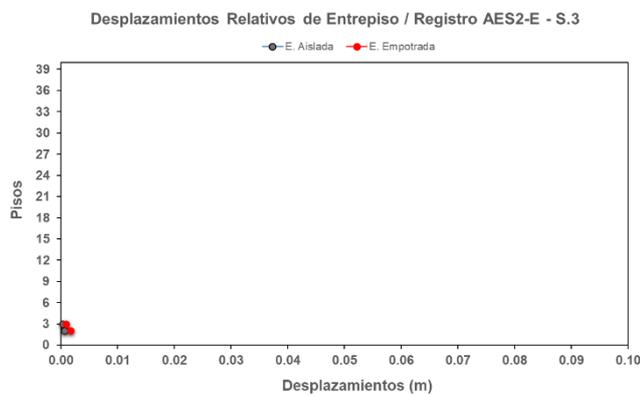


Ilustración 112. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.3 para el registro sísmico AES2-E.

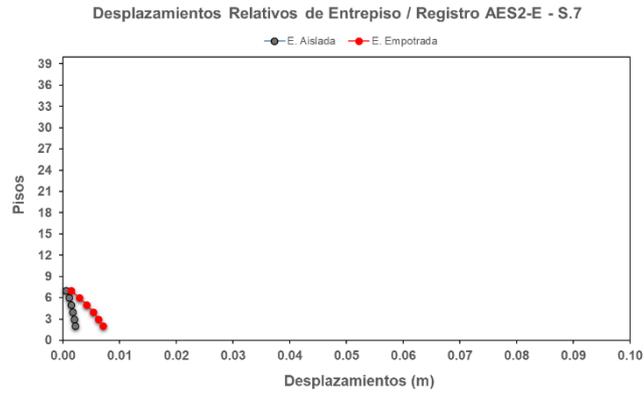


Ilustración 113. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.7 para el registro sísmico AES2-E.

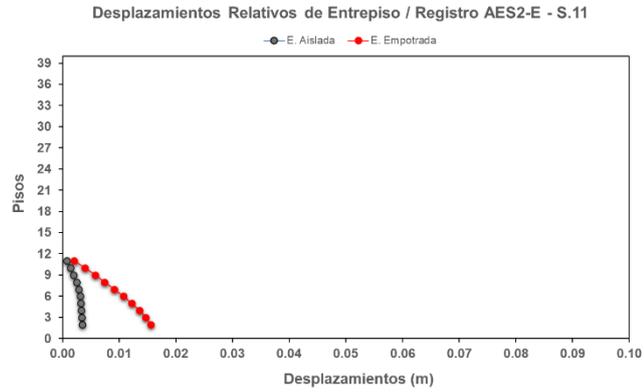


Ilustración 114. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.11 para el registro sísmico AES2-E.

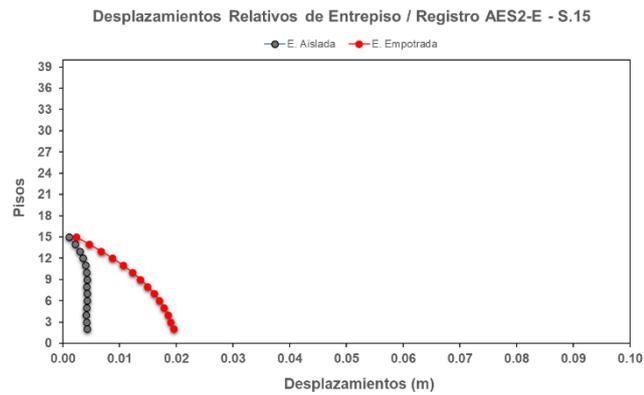


Ilustración 115. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.15 para el registro sísmico AES2-E.

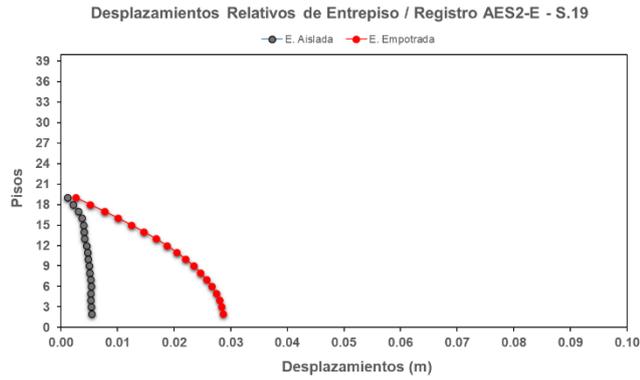


Ilustración 116. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.19 para el registro sísmico AES2-E.

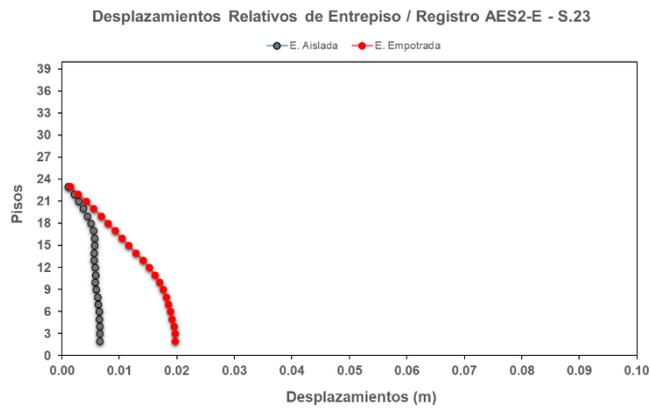


Ilustración 117. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.23 para el registro sísmico AES2-E.

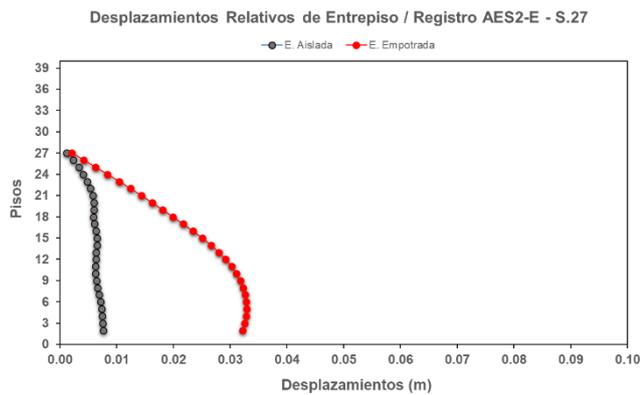


Ilustración 118. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.27 para el registro sísmico AES2-E.

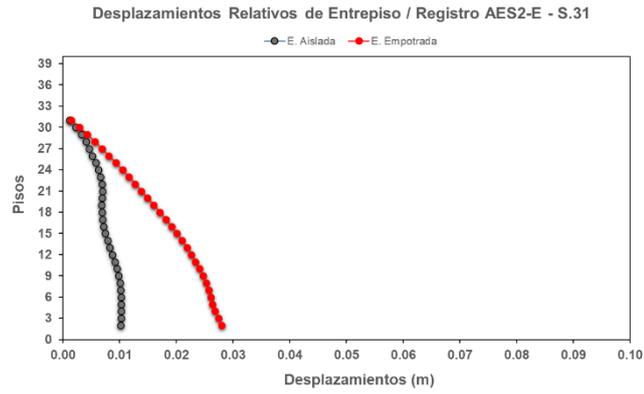


Ilustración 119. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.31 para el registro sísmico AES2-E.

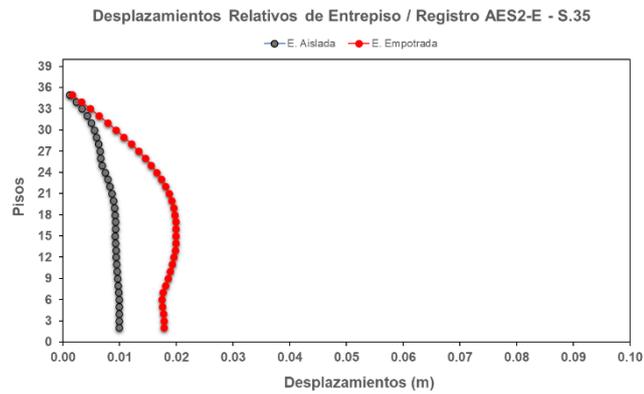


Ilustración 120. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.35 para el registro sísmico AES2-E.

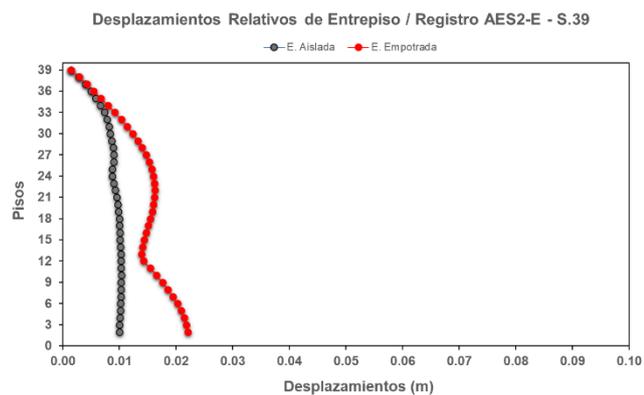


Ilustración 121. Desplazamientos Relativos de Entrepiso de Estructura Aislada y Estructura Empotrada - S.39 para el registro sísmico AES2-E.

ANEXO 3: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS DEL ÚLTIMO PISO RELATIVOS A LA BASE

APED

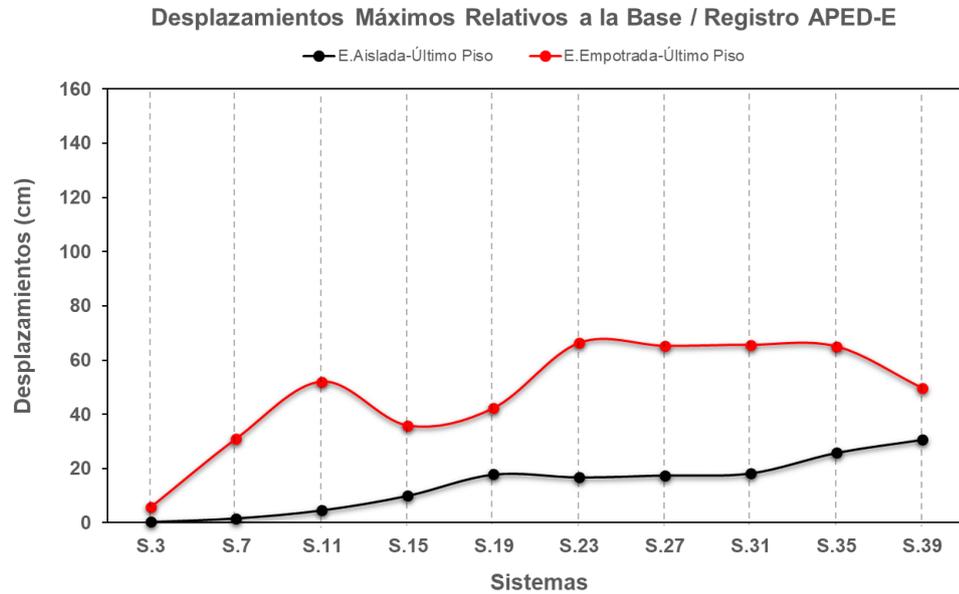


Ilustración 122. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Emprotadas y Estructuras Aisladas para registro APED-E.

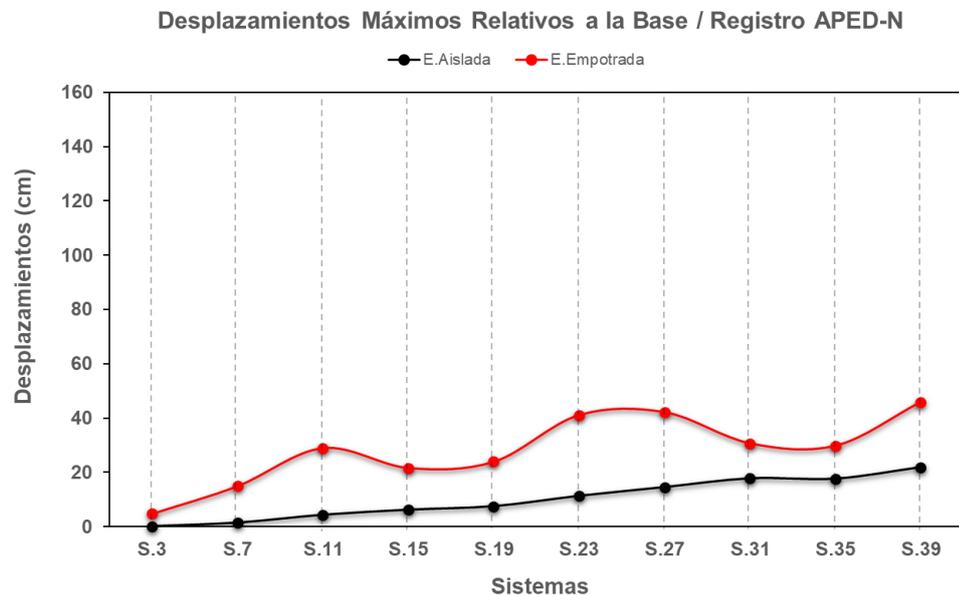


Ilustración 123. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Emprotadas y Estructuras Aisladas para registro APED-N.

ACHN

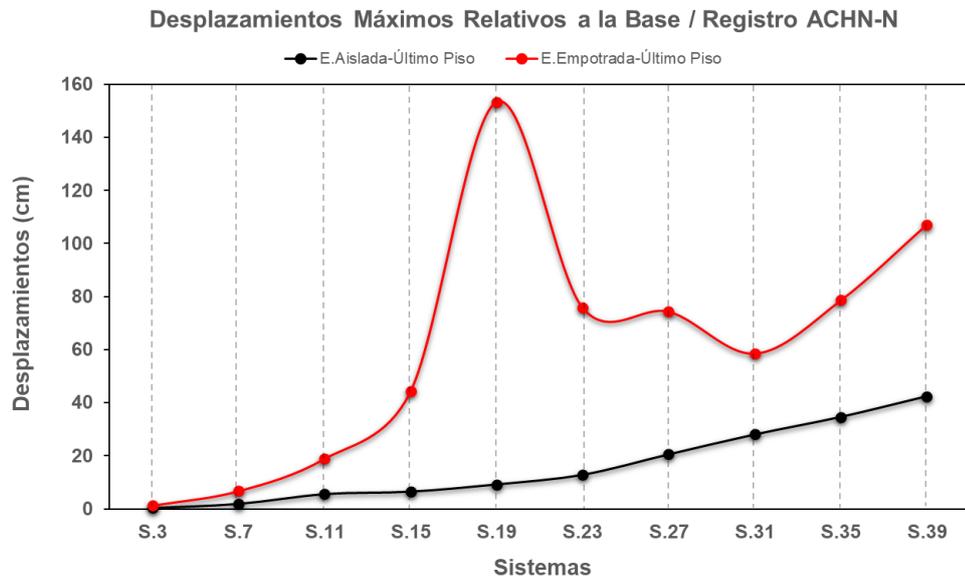


Ilustración 124. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Emprotadas y Estructuras Aisladas para registro ACHN-N.

APO1

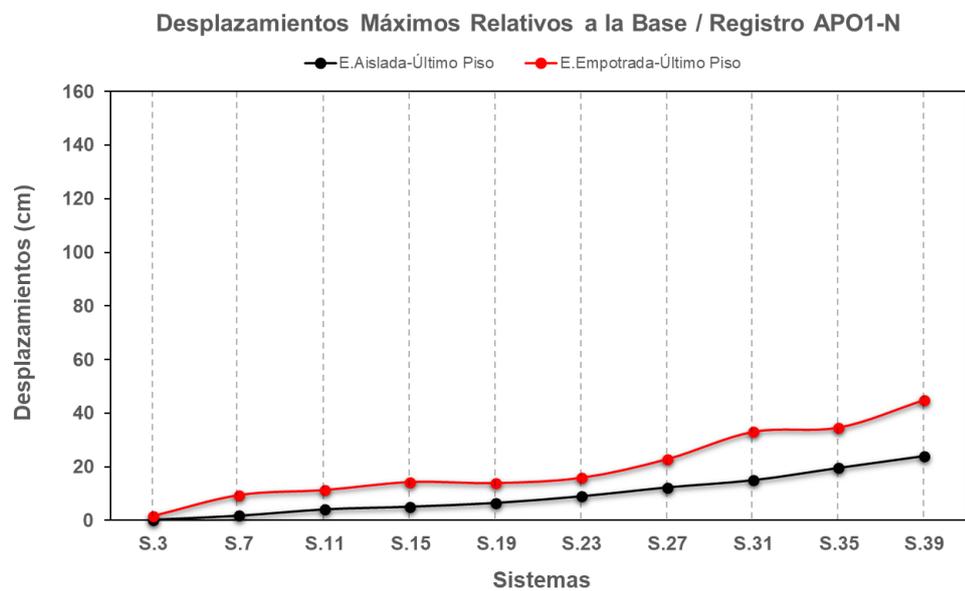


Ilustración 125. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Emprotadas y Estructuras Aisladas para registro APO1-N.

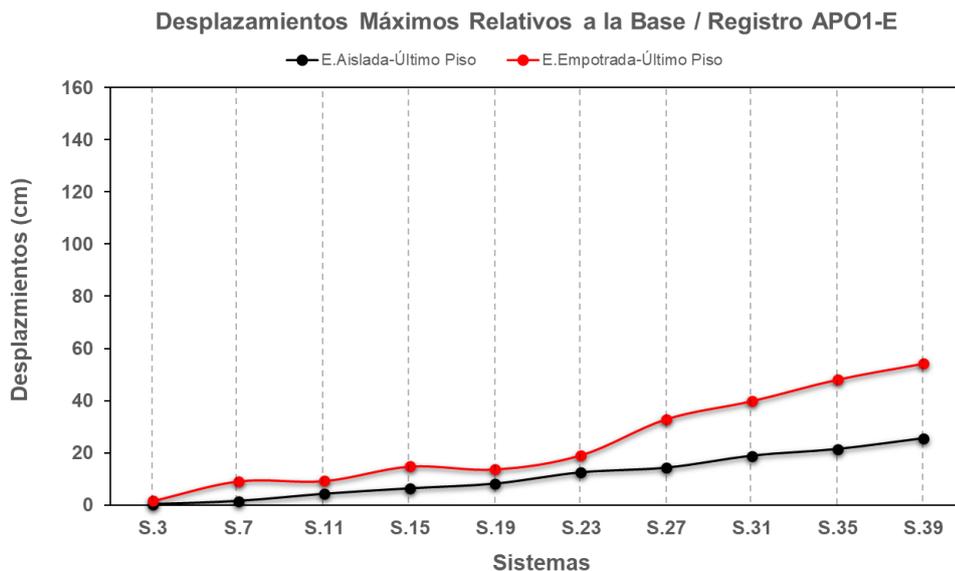


Ilustración 126. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro APO1-E.

AMNT

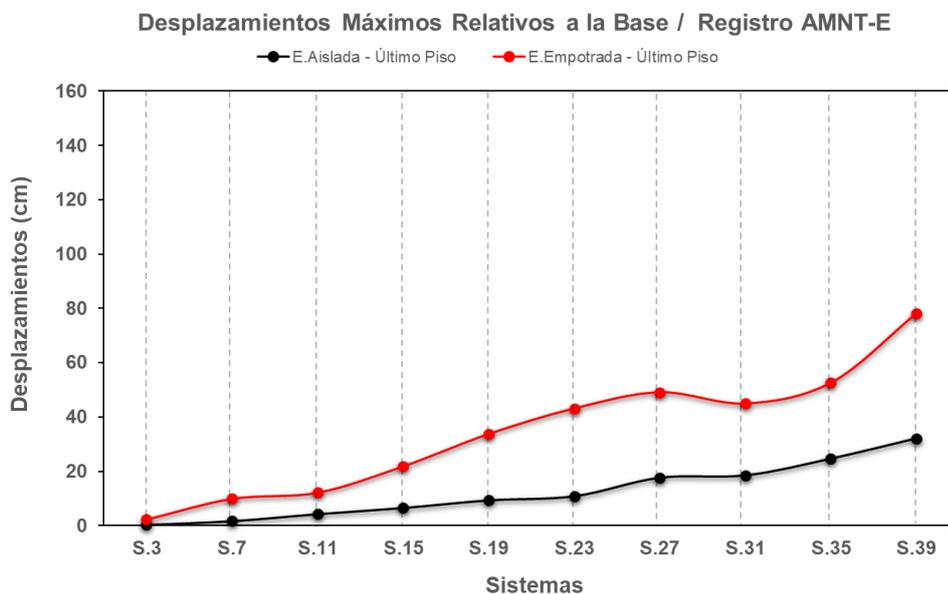


Ilustración 127. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AMNT-E.

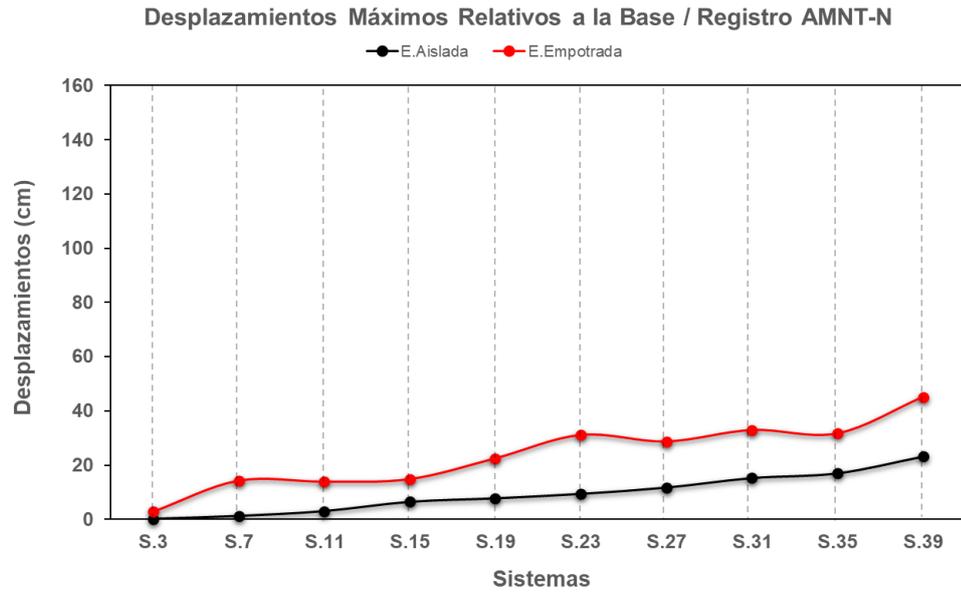


Ilustración 128. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AMNT-N.

AES2

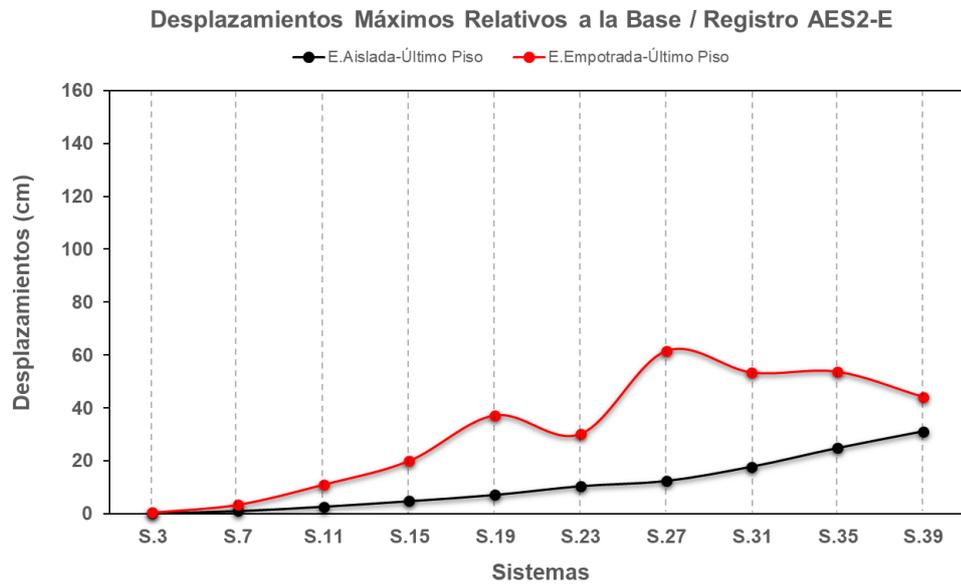


Ilustración 129. Comparación de los máximos desplazamiento relativos a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AES2-E.

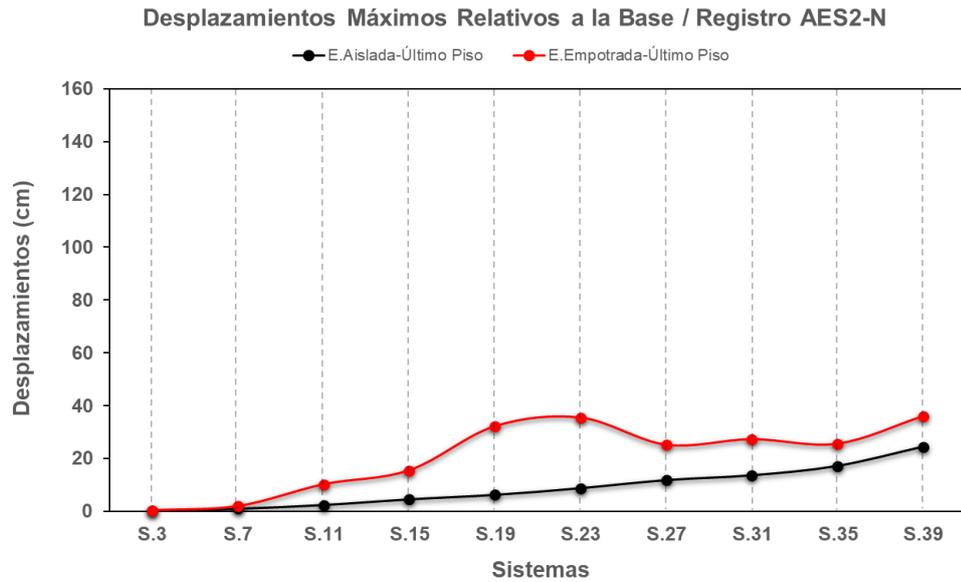


Ilustración 130. Comparación de los máximos desplazamiento relativo a la base de las Estructuras Empotradas y Estructuras Aisladas para registro AES2-N.

ANEXO 4: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS RELATIVOS A LA BASE DE SISTEMAS AISLADOS – RELACIÓN DE PERIODOS

APED

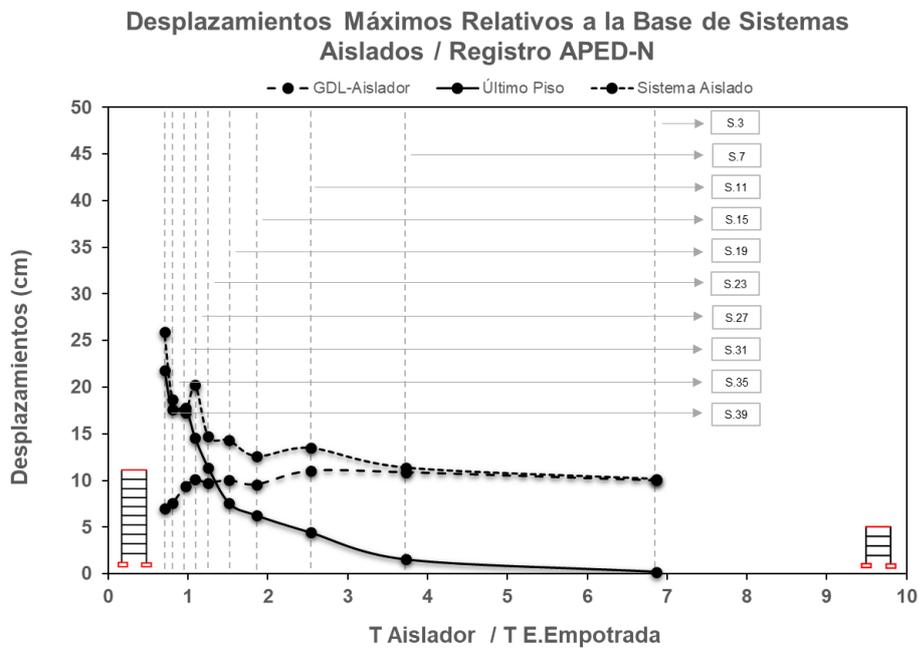


Ilustración 131. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APED-N.

ACHN

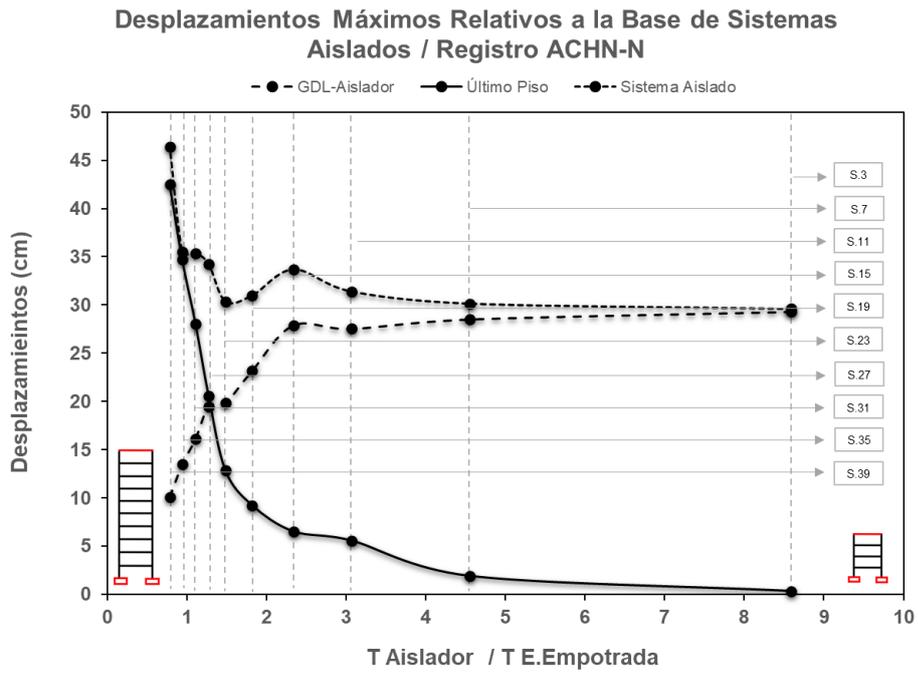


Ilustración 132. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro ACHN-N.

APO1

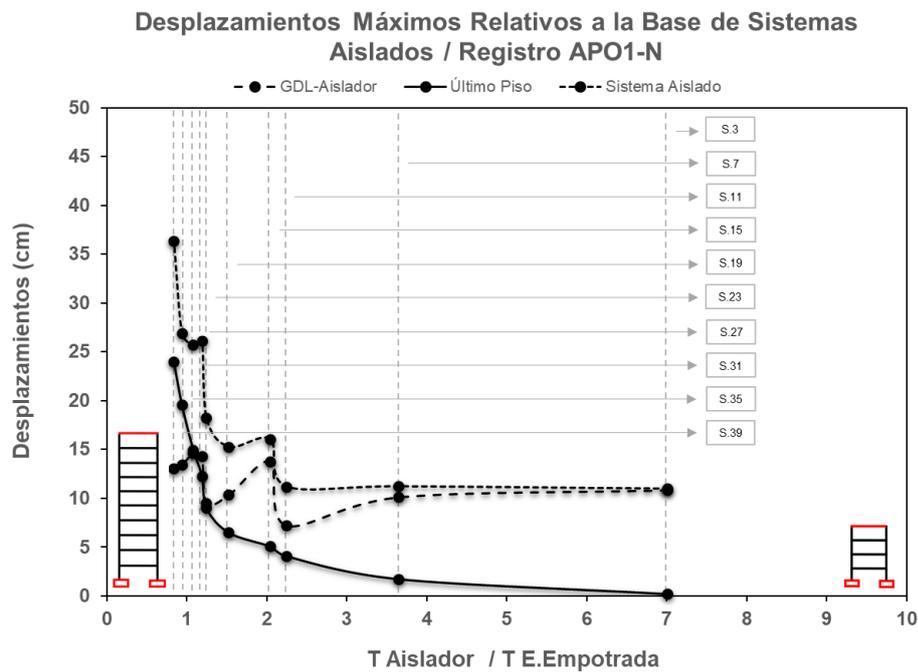


Ilustración 133. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APO1-N.

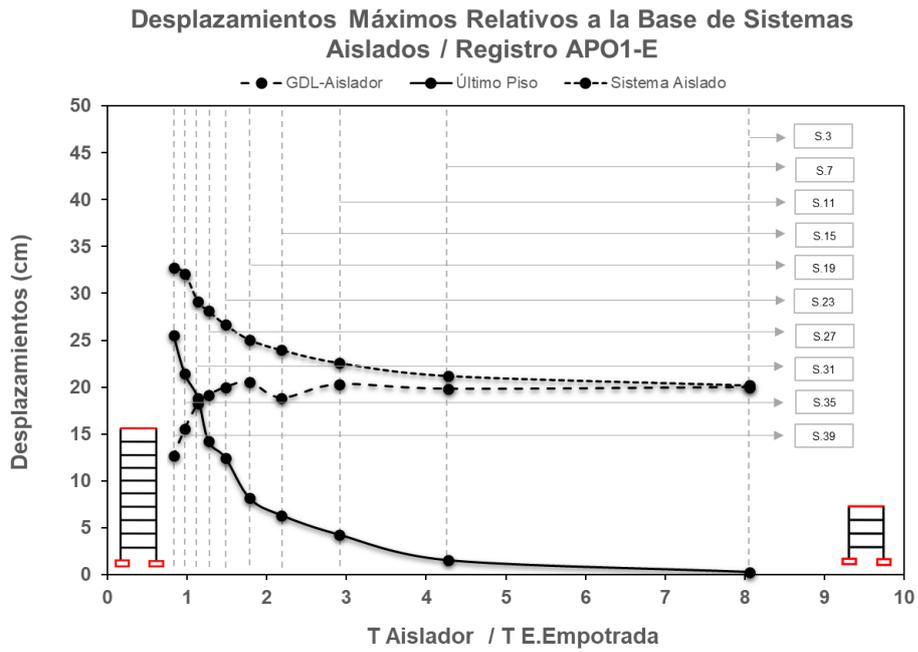


Ilustración 134. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro APO1-E.

AMNT

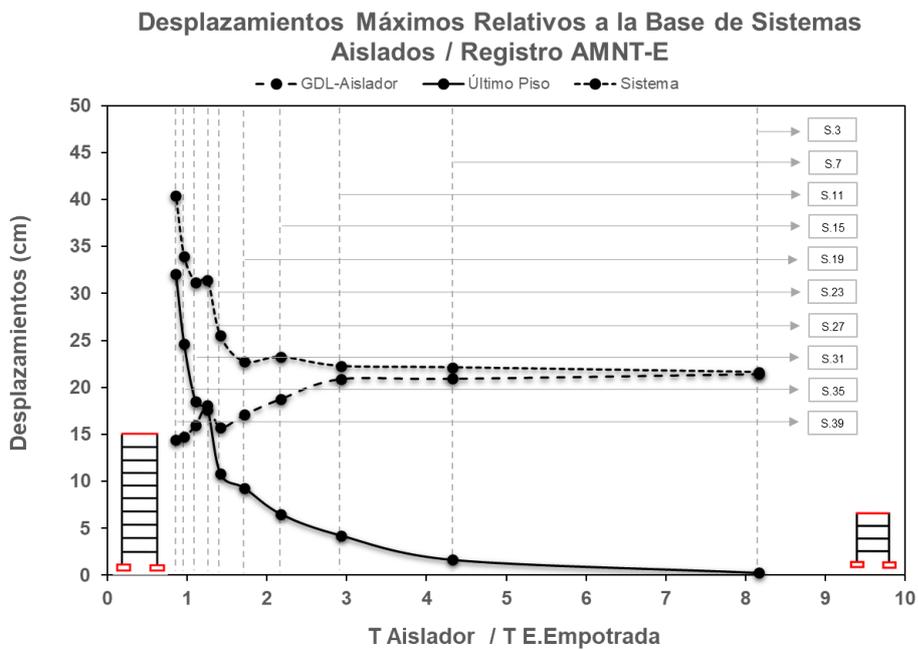


Ilustración 135. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AMNT-E.

Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Sistemas Aislados / Registro AMNT-N

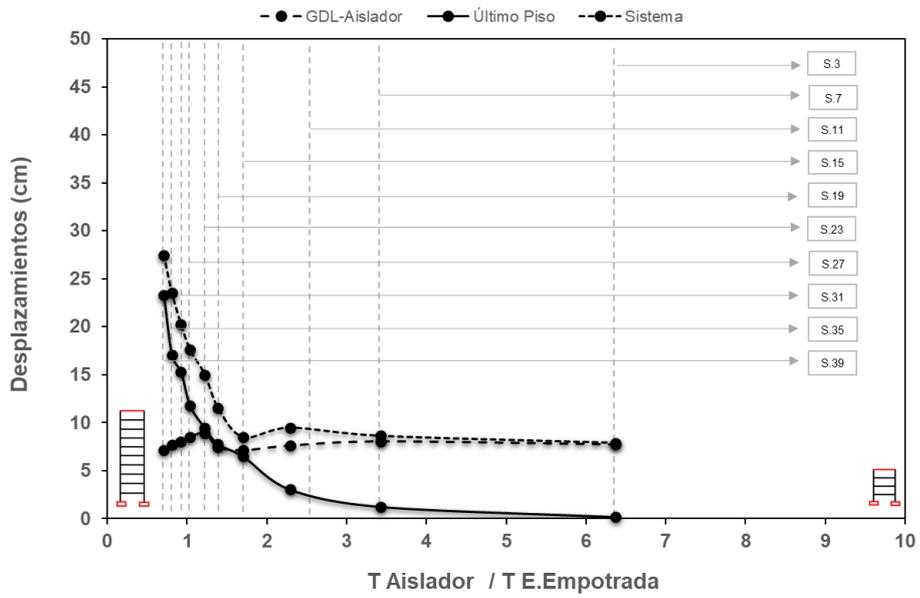


Ilustración 136. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AMNT-N.

AES2

Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Sistemas Aislados / Registro AES2-E

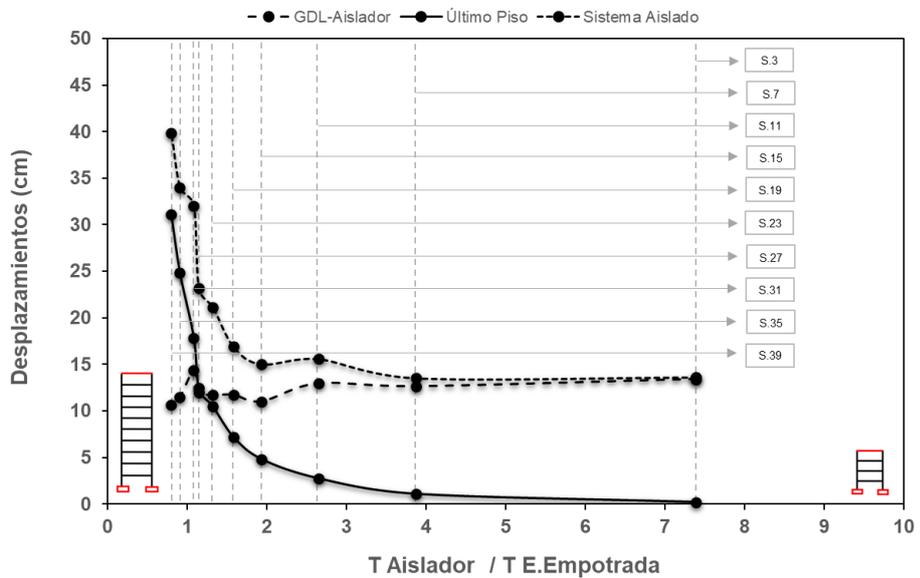


Ilustración 137. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AES2-E.

Desplazamientos Máximos Relativos a la Base de Sistemas Aislados / Registro AES2-N

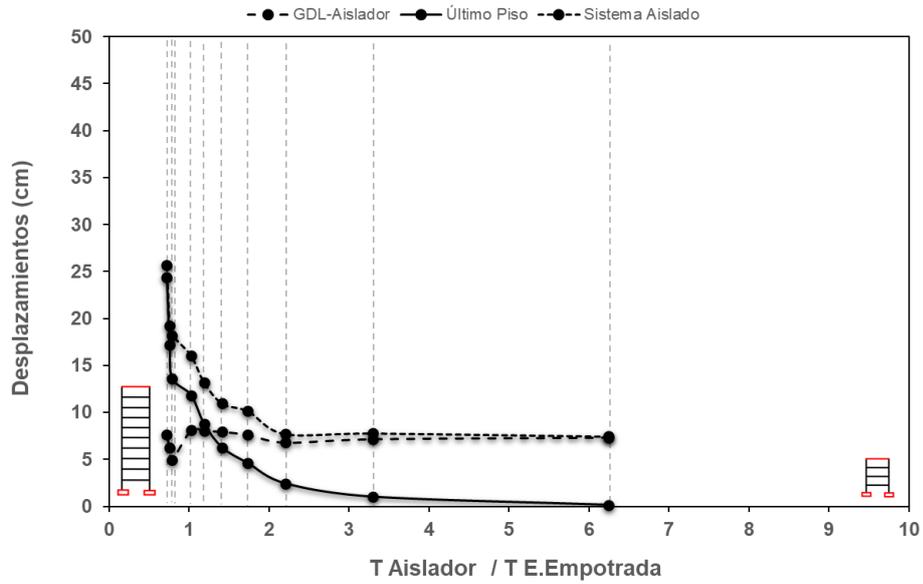


Ilustración 138. Máximas respuestas del sistema aislado para el registro AES2-N.

ANEXO 5: ACELERACIONES MÁXIMAS ABSOLUTAS DE LOS SISTEMAS

APED

Aceleraciones Máximas Absolutas / Registro APED-E

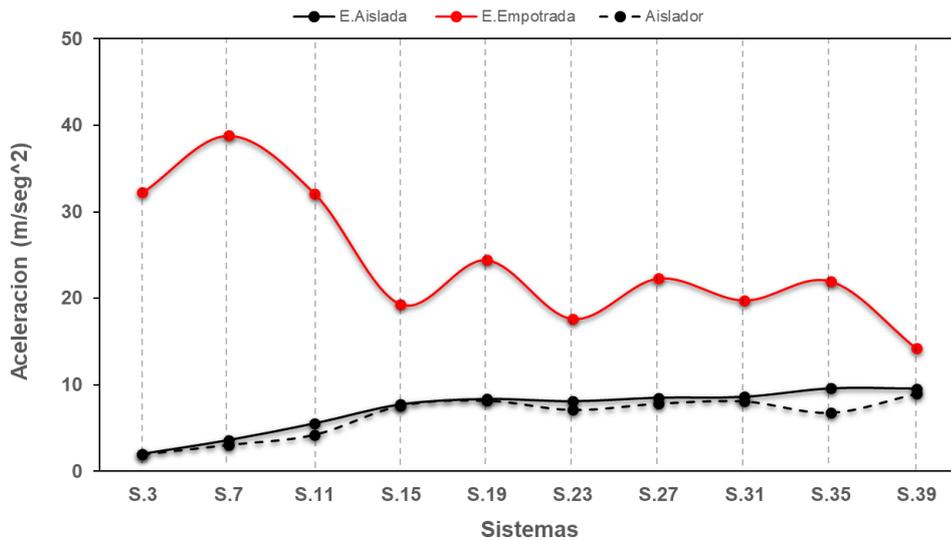


Ilustración 139. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro APED-E.

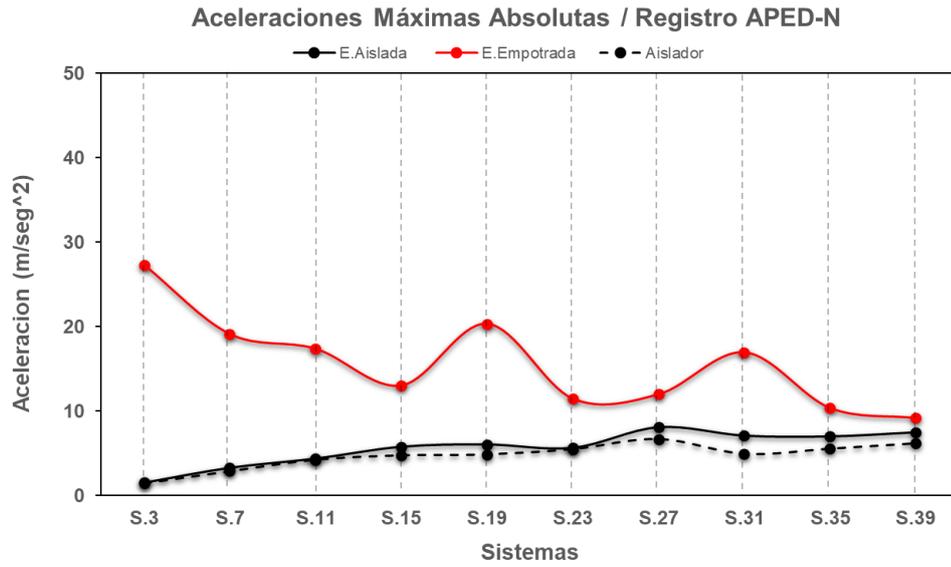


Ilustración 140. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro APED-N.

ACHN

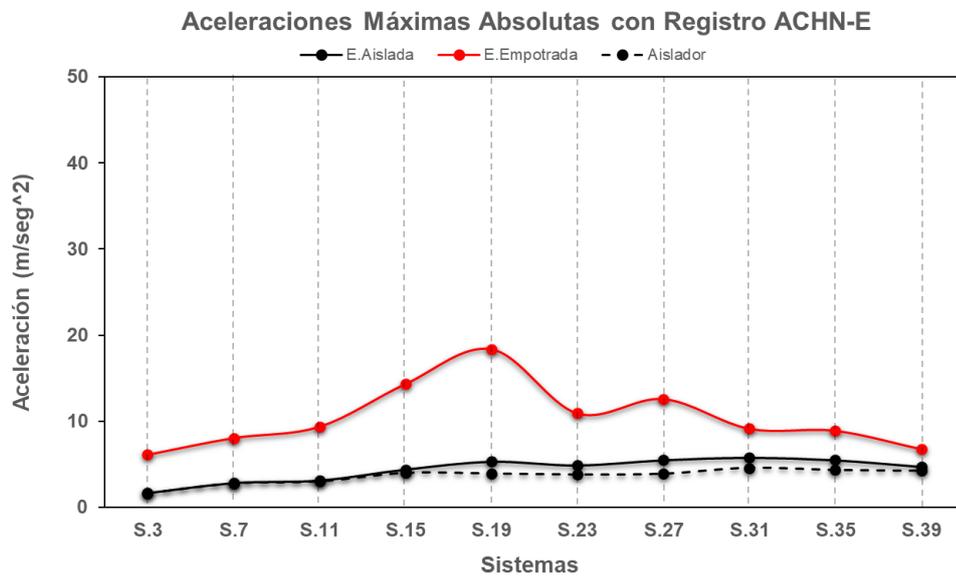


Ilustración 141. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro ACHN-E.

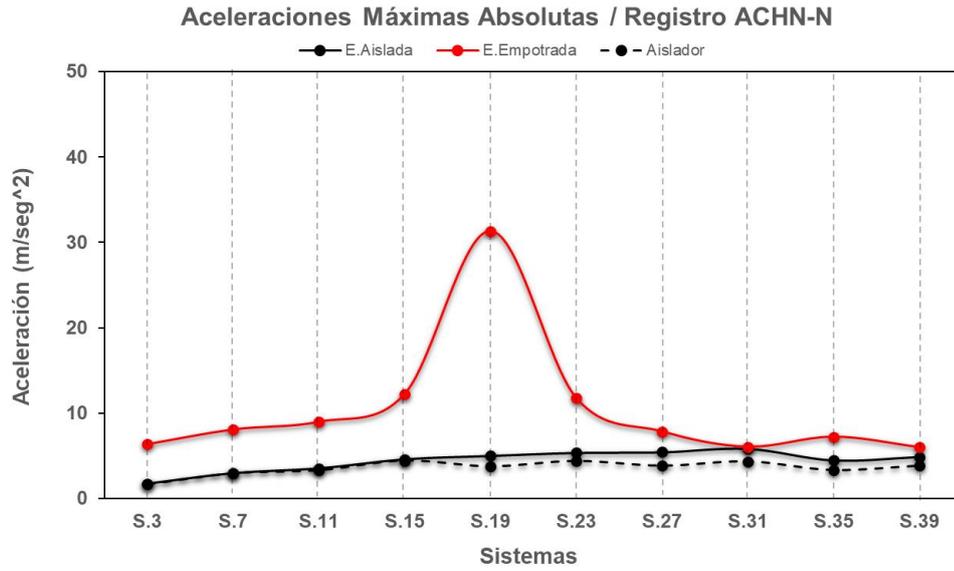


Ilustración 142. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro ACHN-N.

APO1

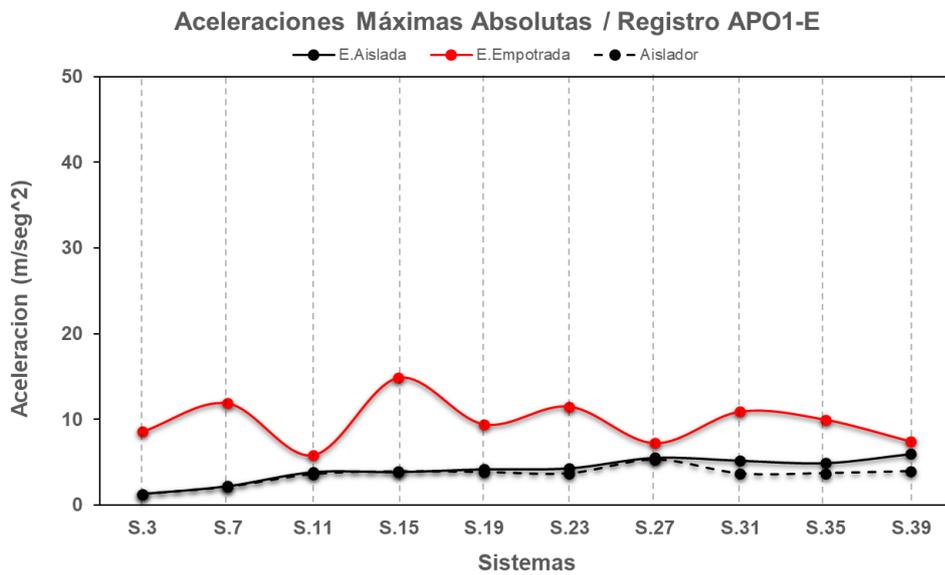


Ilustración 143. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro APO1-E.

AMNT

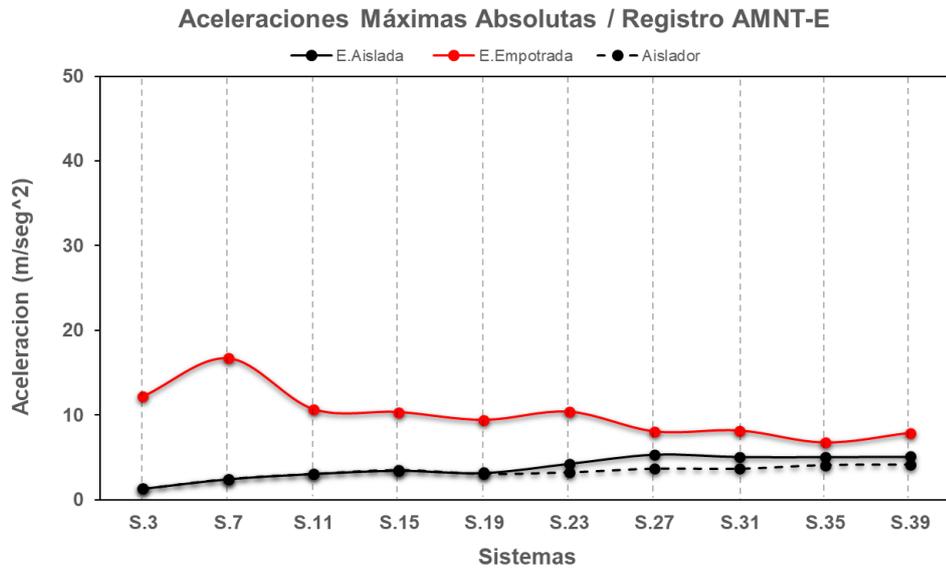


Ilustración 144. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AMNT-E.

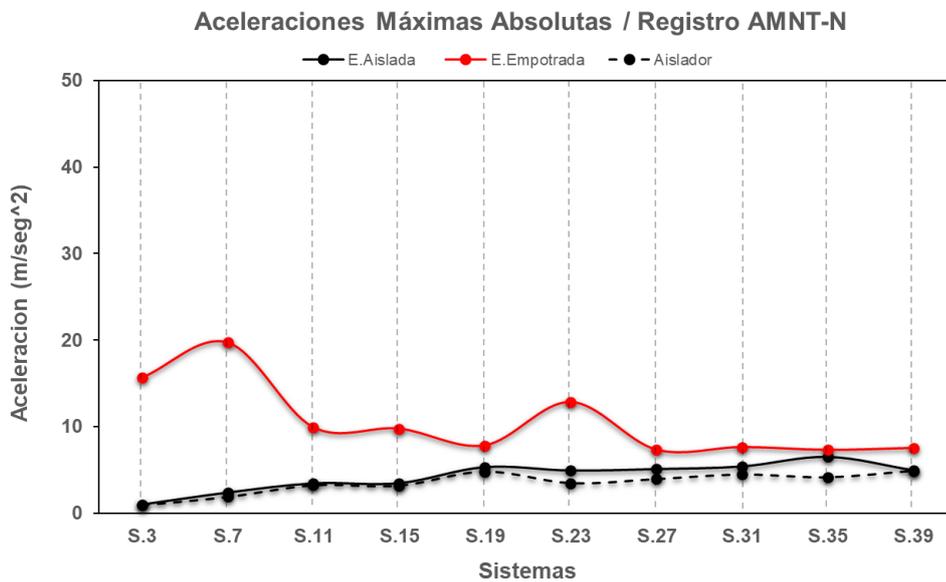


Ilustración 145. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AMNT-N.

AES2

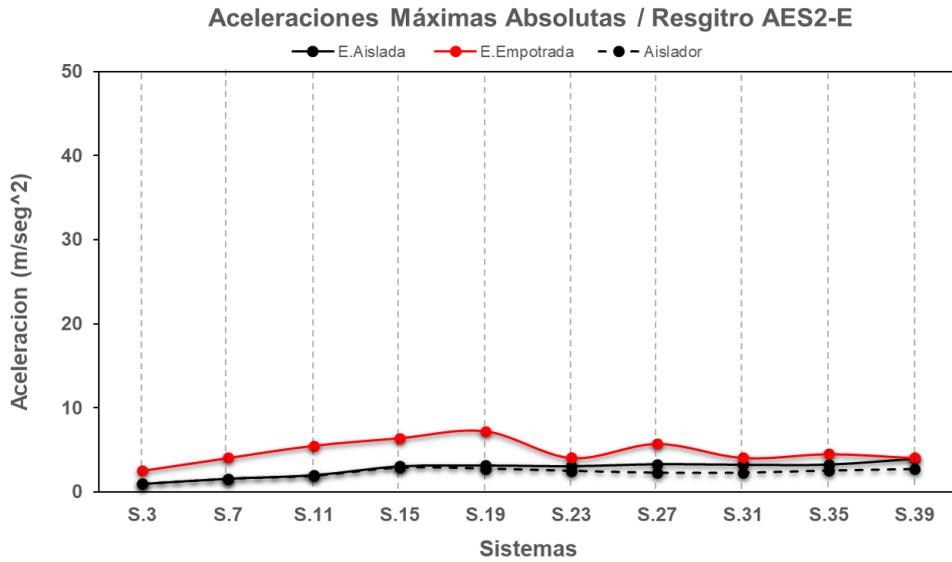


Ilustración 146. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AES2-E.

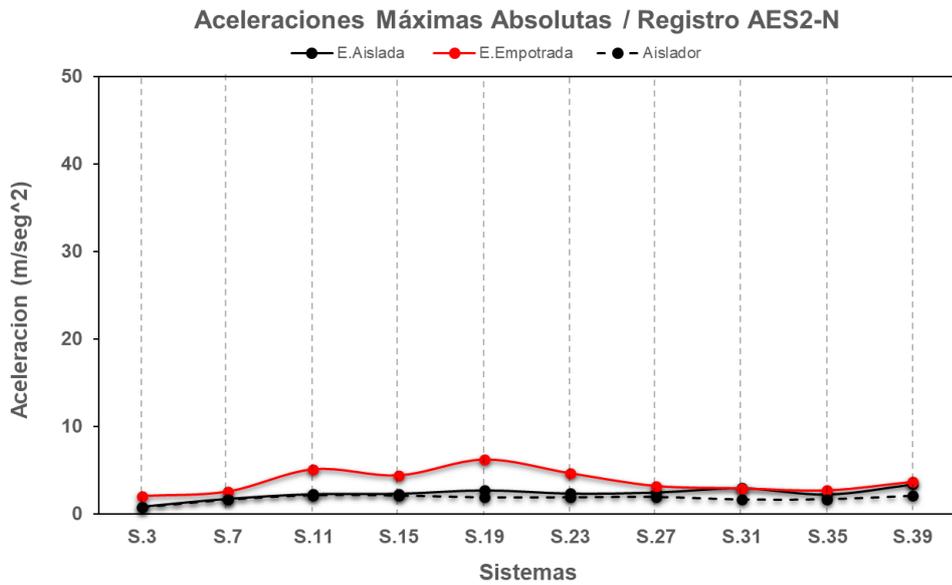


Ilustración 147. Comparación de las máximas aceleraciones absolutas de las estructuras aisladas, estructuras con base fija y el sistema de aislación para Registro AES2-N.

ANEXO 6: RELACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS

APED-E

Tabla 7. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro APED-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	Desplaz.Aislador (cm)	17.90	17.37	18.09	18.24	16.60	16.07	17.67	17.48	14.02	13.12
	3	0.05	0.05	0.07	0.18	0.22	0.16	0.15	0.20	0.18	0.37
	7		0.05	0.08	0.24	0.27	0.21	0.18	0.22	0.20	0.47
	11			0.09	0.27	0.36	0.26	0.20	0.25	0.23	0.57
	15				0.28	0.41	0.29	0.28	0.26	0.30	0.65
	19					0.42	0.26	0.30	0.32	0.36	0.64
	23						0.25	0.28	0.34	0.45	0.57
	27							0.27	0.29	0.45	0.55
	31								0.28	0.42	0.56
	35									0.40	0.58
	39										0.62

APO1-N

Tabla 8. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro APO1-N.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	Desplaz.Aislador (cm)	10.83	10.10	7.21	13.74	10.33	9.51	14.29	14.61	13.41	13.02
	3	0.13	0.15	0.24	0.26	0.19	0.49	0.52	0.41	0.47	0.51
	7		0.19	0.33	0.38	0.26	0.51	0.57	0.39	0.54	0.58
	11			0.36	0.38	0.43	0.53	0.53	0.49	0.52	0.53
	15				0.36	0.48	0.53	0.48	0.52	0.45	0.49
	19					0.47	0.52	0.49	0.49	0.42	0.47
	23						0.57	0.52	0.55	0.44	0.49
	27							0.54	0.49	0.48	0.50
	31								0.45	0.52	0.52
	35									0.57	0.55
	39										0.53

AMNT-E

Tabla 9. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro AMNT-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	Desplaz.Aislador (cm)	21.42	20.92	20.90	18.79	17.10	15.76	18.11	15.98	14.73	14.40
	3	0.11	0.16	0.27	0.25	0.21	0.24	0.28	0.40	0.37	0.32
	7		0.17	0.34	0.29	0.21	0.26	0.28	0.39	0.39	0.31
	11			0.35	0.30	0.23	0.25	0.28	0.38	0.42	0.30
	15				0.30	0.26	0.25	0.30	0.37	0.45	0.32
	19					0.28	0.24	0.32	0.39	0.47	0.34
	23						0.25	0.34	0.41	0.50	0.38
	27							0.36	0.40	0.51	0.40
	31								0.41	0.48	0.42
	35									0.47	0.41
	39										0.41

AES2-E

Tabla 10. Relación de Desplazamientos Máximos Relativos a la Base (E. Aislada/ E. Empotrada) para Registro AES2-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	Desplaz.Aislador (cm)	13.42	12.64	12.97	11.02	11.71	11.70	12.02	14.37	11.49	10.67
	3	0.39	0.30	0.22	0.21	0.19	0.33	0.24	0.36	0.56	0.45
	7		0.31	0.24	0.22	0.18	0.34	0.22	0.38	0.56	0.48
	11			0.25	0.23	0.18	0.34	0.21	0.38	0.56	0.52
	15				0.24	0.19	0.33	0.20	0.38	0.53	0.57
	19					0.19	0.33	0.19	0.36	0.50	0.65
	23						0.35	0.20	0.35	0.49	0.74
	27							0.20	0.34	0.47	0.75
	31								0.33	0.46	0.72
	35									0.46	0.70
	39										0.70

ANEXO 7: RELACIÓN DE ACELERACIONES MÁXIMAS ABSOLUTAS

APED-E

Tabla 11. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro

APED-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	PGA (m/seg²)	13.81	13.81	13.81	13.81	13.81	13.81	13.81	13.81	13.81	13.81
	Acel.Aislador (m/seg²)	1.95	3.06	4.24	7.61	8.20	7.12	7.85	8.11	6.79	8.99
	3	0.06	0.10	0.17	0.30	0.34	0.48	0.61	0.40	0.53	0.83
	7		0.09	0.14	0.29	0.26	0.38	0.43	0.46	0.39	0.66
	11			0.17	0.33	0.38	0.48	0.36	0.47	0.34	0.63
	15				0.40	0.40	0.45	0.63	0.45	0.54	0.57
	19					0.34	0.43	0.51	0.32	0.58	0.70
	23						0.46	0.36	0.48	0.57	0.76
	27							0.38	0.34	0.57	0.81
	31								0.44	0.35	0.65
	35									0.44	0.60
	39										0.67

ACHN-E

Tabla 12. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro

ACHN-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	PGA (m/seg²)	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
	Acel.Aislador (m/seg²)	1.61	2.76	2.99	3.99	3.91	3.80	3.89	4.58	4.32	4.24
	3	0.27	0.28	0.46	0.45	0.50	0.78	0.75	0.92	0.90	1.19
	7		0.35	0.26	0.28	0.30	0.50	0.55	0.62	0.87	0.85
	11			0.33	0.23	0.21	0.43	0.46	0.50	0.78	0.93
	15				0.31	0.19	0.36	0.37	0.48	0.70	0.83
	19					0.29	0.30	0.34	0.61	0.52	0.84
	23						0.45	0.28	0.48	0.54	0.68
	27							0.44	0.45	0.56	0.65
	31								0.63	0.40	0.78
	35									0.62	0.69
	39										0.70

AMNT-E

Tabla 13. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro AMNT-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	PGA (m/seg ²)	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
	Acel.Aislador (m/seg ²)	1.31	2.45	3.03	3.49	3.04	3.22	3.65	3.64	4.07	4.12
	3	0.11	0.13	0.34	0.44	0.38	0.49	0.65	0.54	0.75	0.87
	7		0.15	0.28	0.32	0.43	0.30	0.44	0.70	0.77	0.58
	11			0.29	0.23	0.26	0.34	0.45	0.60	0.64	0.54
	15				0.33	0.33	0.35	0.48	0.47	0.69	0.60
	19					0.34	0.25	0.62	0.70	0.67	0.55
	23						0.41	0.49	0.67	0.83	0.52
	27							0.66	0.50	0.87	0.61
	31								0.62	0.51	0.80
	35									0.75	0.46
	39										0.65

AES2-E

Tabla 14. Relaciones de aceleraciones máximas absolutas (E. Aislada/E Empotrada) para Registro AES2-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	PGA (m/seg ²)	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
	Acel.Aislador (m/seg ²)	0.96	1.57	1.92	2.87	2.76	2.50	2.29	2.28	2.53	2.71
	3	0.38	0.37	0.48	0.79	0.80	1.44	1.06	1.07	1.48	0.93
	7		0.39	0.27	0.49	0.49	0.75	0.91	0.68	0.90	0.74
	11			0.36	0.30	0.38	0.62	0.62	0.58	0.96	0.96
	15				0.48	0.27	0.49	0.43	0.73	0.77	0.79
	19					0.44	0.56	0.44	0.64	0.82	0.77
	23						0.76	0.39	0.61	0.74	0.89
	27							0.58	0.62	0.61	1.13
	31								0.80	0.54	0.82
	35									0.73	0.80
	39										0.98

ANEXO 8: RELACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS DE ENTREPISO

APED-E

Tabla 15. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro APED-E.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	39										0.67
	38										0.67
	37										0.67
	36										0.66
	35									0.44	0.63
	34									0.43	0.61
	33									0.41	0.59
	32									0.39	0.57
	31								0.43	0.36	0.54
	30								0.42	0.35	0.50
	29								0.40	0.33	0.47
	28								0.35	0.32	0.45
	27							0.37	0.33	0.34	0.43
	26							0.36	0.31	0.36	0.42
	25							0.35	0.29	0.38	0.46
	24							0.33	0.29	0.38	0.50
	23						0.45	0.31	0.27	0.36	0.53
	22						0.45	0.30	0.24	0.33	0.56
	21						0.43	0.29	0.24	0.31	0.59
	20						0.39	0.29	0.24	0.31	0.59
	19					0.34	0.36	0.28	0.24	0.29	0.57
	18					0.34	0.34	0.27	0.24	0.28	0.53
	17					0.34	0.32	0.26	0.23	0.29	0.49
	16					0.35	0.31	0.26	0.24	0.30	0.51
	15				0.40	0.36	0.31	0.29	0.26	0.33	0.54
	14				0.44	0.40	0.31	0.32	0.27	0.36	0.56
	13				0.44	0.42	0.31	0.35	0.29	0.40	0.58
	12				0.43	0.45	0.31	0.38	0.32	0.43	0.59
	11			0.17	0.39	0.49	0.30	0.42	0.37	0.47	0.60
	10			0.16	0.36	0.52	0.28	0.46	0.36	0.48	0.68
9			0.15	0.35	0.50	0.27	0.46	0.37	0.40	0.73	
8			0.14	0.35	0.45	0.29	0.36	0.36	0.34	0.72	
7		0.09	0.12	0.34	0.39	0.30	0.29	0.33	0.30	0.68	
6		0.07	0.10	0.32	0.35	0.28	0.24	0.30	0.26	0.62	
5		0.07	0.10	0.29	0.33	0.25	0.21	0.27	0.23	0.56	
4		0.06	0.09	0.28	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.50	
3	0.06	0.05	0.08	0.24	0.25	0.19	0.16	0.22	0.20	0.44	
2	0.06	0.05	0.07	0.19	0.23	0.16	0.15	0.20	0.19	0.37	
1											

APO1-N

Tabla 16. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro APO1-N.

		Sistemas									
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39
Pisos	39										0.67
	38										0.64
	37										0.61
	36										0.56
	35									0.91	0.52
	34									0.91	0.51
	33									0.92	0.50
	32									0.92	0.50
	31								0.46	0.89	0.51
	30								0.45	0.86	0.58
	29								0.43	0.82	0.63
	28								0.41	0.78	0.67
	27							0.59	0.39	0.73	0.66
	26							0.57	0.36	0.63	0.62
	25							0.54	0.33	0.60	0.63
	24							0.54	0.34	0.62	0.62
	23						0.87	0.53	0.37	0.60	0.62
	22						0.85	0.51	0.42	0.68	0.61
	21						0.81	0.50	0.51	0.74	0.60
	20						0.75	0.49	0.58	0.77	0.59
	19					0.32	0.70	0.55	0.57	0.70	0.61
	18					0.31	0.67	0.60	0.58	0.66	0.64
	17					0.29	0.68	0.61	0.51	0.64	0.62
	16					0.28	0.68	0.58	0.44	0.64	0.58
	15				0.46	0.28	0.69	0.55	0.38	0.60	0.51
	14				0.42	0.28	0.68	0.52	0.34	0.56	0.46
	13				0.38	0.27	0.66	0.48	0.35	0.48	0.47
	12				0.34	0.27	0.62	0.46	0.36	0.43	0.48
	11			0.45	0.33	0.27	0.61	0.43	0.38	0.40	0.47
	10			0.44	0.34	0.29	0.59	0.42	0.44	0.41	0.46
9			0.44	0.36	0.42	0.57	0.44	0.53	0.47	0.48	
8			0.44	0.37	0.57	0.56	0.47	0.62	0.53	0.53	
7		0.25	0.43	0.39	0.59	0.55	0.51	0.60	0.58	0.56	
6		0.24	0.42	0.41	0.49	0.53	0.56	0.49	0.62	0.59	
5		0.23	0.39	0.46	0.35	0.51	0.60	0.42	0.61	0.61	
4		0.21	0.33	0.38	0.26	0.50	0.59	0.41	0.56	0.61	
3	0.14	0.18	0.28	0.29	0.23	0.50	0.56	0.42	0.50	0.56	
2	0.14	0.15	0.24	0.26	0.19	0.49	0.52	0.42	0.47	0.52	
1											

AMNT-E

Tabla 17. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro AMNT-E.

		Sistemas										
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39	
Pisos	39										0.62	
	38										0.62	
	37										0.61	
	36										0.59	
	35									0.75	0.56	
	34									0.76	0.50	
	33									0.77	0.48	
	32									0.77	0.47	
	31								0.62	0.75	0.47	
	30								0.61	0.64	0.48	
	29								0.60	0.55	0.45	
	28								0.57	0.55	0.44	
	27								0.67	0.54	0.55	0.47
	26								0.66	0.51	0.54	0.49
	25								0.63	0.50	0.51	0.50
	24								0.59	0.49	0.47	0.51
	23							0.41	0.56	0.49	0.46	0.53
	22							0.40	0.52	0.48	0.51	0.54
	21							0.39	0.49	0.47	0.57	0.56
	20							0.36	0.46	0.47	0.62	0.54
	19						0.33	0.30	0.44	0.46	0.61	0.52
	18						0.33	0.27	0.42	0.46	0.60	0.50
	17						0.33	0.26	0.40	0.45	0.59	0.48
	16						0.34	0.27	0.40	0.47	0.58	0.45
	15					0.34	0.36	0.28	0.39	0.45	0.57	0.42
	14					0.35	0.36	0.28	0.39	0.43	0.57	0.40
	13					0.39	0.37	0.29	0.39	0.42	0.55	0.39
	12					0.37	0.35	0.28	0.37	0.40	0.53	0.37
	11			0.29	0.33	0.33	0.27	0.34	0.38	0.51	0.36	
	10			0.30	0.31	0.30	0.26	0.32	0.36	0.49	0.34	
9			0.31	0.29	0.27	0.26	0.30	0.37	0.47	0.33		
8			0.33	0.30	0.25	0.26	0.29	0.38	0.46	0.32		
7			0.15	0.36	0.32	0.24	0.26	0.28	0.40	0.44	0.32	
6			0.15	0.39	0.31	0.23	0.27	0.28	0.40	0.42	0.32	
5			0.16	0.39	0.31	0.22	0.27	0.28	0.40	0.40	0.32	
4			0.17	0.34	0.29	0.22	0.26	0.28	0.39	0.38	0.31	
3	0.11	0.17	0.30	0.27	0.22	0.25	0.27	0.39	0.37	0.31		
2	0.11	0.16	0.27	0.25	0.21	0.24	0.28	0.40	0.37	0.32		
1												

AES2-E

Tabla 18. Relación de Desplazamientos Relativos de Entrepiso (E Aislada/ E Empotrada) para registro AES2-E.

		Sistemas										
		S.3	S.7	S.11	S.15	S.19	S.23	S.27	S.31	S.35	S.39	
Pisos	39											0.97
	38											0.96
	37											0.95
	36											0.91
	35										0.72	0.86
	34										0.71	0.83
	33										0.69	0.80
	32										0.67	0.76
	31									0.79	0.63	0.71
	30									0.78	0.59	0.68
	29									0.76	0.55	0.65
	28									0.72	0.52	0.63
	27								0.57	0.68	0.49	0.61
	26								0.55	0.64	0.46	0.59
	25								0.53	0.62	0.45	0.56
	24								0.49	0.60	0.45	0.54
	23							0.78	0.46	0.57	0.45	0.56
	22							0.75	0.43	0.54	0.46	0.57
	21							0.70	0.40	0.50	0.46	0.59
	20							0.67	0.37	0.46	0.46	0.60
	19						0.44	0.65	0.33	0.42	0.46	0.62
	18						0.42	0.63	0.29	0.40	0.47	0.64
	17						0.40	0.59	0.28	0.39	0.47	0.66
	16						0.36	0.54	0.27	0.37	0.46	0.68
	15					0.47	0.32	0.49	0.26	0.37	0.46	0.71
	14					0.46	0.27	0.43	0.25	0.37	0.47	0.72
	13					0.44	0.25	0.40	0.23	0.38	0.47	0.73
	12					0.41	0.24	0.38	0.22	0.39	0.48	0.72
	11			0.36	0.37	0.23	0.36	0.21	0.39	0.49	0.49	0.67
	10			0.35	0.34	0.22	0.34	0.20	0.40	0.50	0.50	0.62
	9			0.34	0.31	0.21	0.34	0.20	0.40	0.52	0.52	0.59
	8			0.33	0.28	0.21	0.34	0.20	0.40	0.54	0.54	0.55
	7			0.38	0.31	0.26	0.20	0.34	0.21	0.40	0.56	0.53
	6			0.36	0.29	0.25	0.20	0.34	0.22	0.39	0.57	0.50
	5			0.34	0.26	0.23	0.19	0.34	0.22	0.39	0.56	0.49
	4			0.33	0.24	0.22	0.19	0.34	0.23	0.38	0.56	0.47
	3	0.37	0.32	0.23	0.22	0.19	0.33	0.23	0.37	0.56	0.56	0.46
	2	0.38	0.30	0.23	0.22	0.19	0.33	0.24	0.36	0.56	0.56	0.45
	1											



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Aroca Aldaz, María Daniela**, con C.C: # **0250195419** autor/a del trabajo de titulación: **Evaluación De Respuesta Estructural De Edificaciones Flexibles Sobre Sistemas De Aislación Sísmica** 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, **14 de septiembre de 2021**

f. _____

Nombre: **Aroca Aldaz, Maria Daniela**

C.C: **0250195419**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación De Respuesta Estructural De Edificaciones Flexibles Sobre Sistemas De Aislación Sísmica		
AUTOR(ES)	María Daniela, Aroca Aldaz		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Jaime Francisco, Hernández Barredo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de septiembre de 2021	No. PÁGINAS:	90
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería Civil, Ingeniería Sísmica, Ingeniería Estructural.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Aislación sísmica, registros sísmicos, estructuras flexibles, desplazamientos, aceleraciones, derivas.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Uno de los objetivos principales de la ingeniería sísmica es proteger a las edificaciones de las consecuencias destructivas que pueden provocar los movimientos telúricos. Es por esto, que desde hace años atrás se ha introducido el método de aislación sísmica, con el fin de proteger a la superestructura controlando y/o mitigando las respuestas generadas por los sismos. Sin embargo, para sistemas de gran altura, la respuesta del sistema de aislación es poco conocida, así como la de la superestructura. En este trabajo se busca evaluar la eficiencia de los sistemas de aislación sobre estructuras flexibles, para lo cual, se han desarrollado diez distintos modelos estructurales simplificados con base fija y con base aislada, para cinco registros sísmicos del Ecuador. Con el objetivo de estudiar en relación a los desplazamientos máximos, aceleraciones máximas absolutas y derivas, las ventajas o desventajas de introducir aislación sísmica. Además de evaluar por separado el comportamiento de la superestructura y de los aisladores.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-982879290	E-mail: mariadaniela.aroca@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Catalina Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			