



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Neyder Yosmer Mires Acuña

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A mi padre por estar presente en cada etapa de mi vida, por el soporte económico incondicional que me brindó y me sigue brindando. Por aquellas acciones de perseverancia que me inculcó día a día para lograr mis metas trazadas.

A mi abuelita y a toda mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron para poder formarme como un buen profesional. También darles gracias por aquellos consejos sabios que me ofrecieron en los momentos más críticos de mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la vida, la sabiduría y por haberme guiado por la senda del bien. En segundo lugar, agradecer a los docentes de Universidad Privada del Norte de la carrera profesional de Ingeniería Civil por inculcarme buenos conocimientos durante mi formación académica.

Seguidamente, dar mi más sincero agradecimiento a mi asesora Ing. Anita Alva Sarmiento por haberme brindado su apoyo, su paciencia y sus sabios consejos en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, darle mi gesto de agradecimiento al director del colegio técnico Rafael Loayza Guevara al Mg. Jesús Castrejón Palomino por haberme proporcionado su ayuda para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema	37
1.3. Objetivos	37
1.3.1. Objetivo general	37
1.3.2. Objetivos específicos	37
1.4. Hipótesis.....	37
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	38
2.1. Tipo de investigación	38
2.2. Población y muestra	38
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS	80
3.1. Resultados para el módulo 01 de la Institución Educativa Técnica en la dirección “X”	80
3.2. Resultados para el módulo 01 de la Institución Educativa Técnica en la dirección “Y”	87
3.3. Resultados para el módulo 02 de la Institución Educativa Técnica en la dirección “X”	92
3.4. Resultados para el módulo 02 de la Institución Educativa Técnica en la dirección “Y”	97
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	102
REFERENCIAS	109
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los terremotos más fuertes del siglo XXI.....	15
Tabla 2. Niveles de amenaza asociados al ATC-40	28
Tabla 3. Aceleraciones máximas en las zonas de estudio asociadas al ATC-40.....	29
Tabla 4. Valores de Ca y Cv para cada nivel de amenaza.....	31
Tabla 5. Nivel de desempeño esperado de la edificación: criterio de seguridad básica.....	32
Tabla 6. Valores límites de desempeño propuesto por el ATC-40.....	32
Tabla 7. Propiedades mecánicas de los materiales	47
Tabla 8. Cargas vivas mínimas consideradas para cada ambiente según su uso.....	48
Tabla 9. Pesos muertos	48
Tabla 10. Parámetros sísmicos pertenecientes al M01	51
Tabla 11. Parámetros sísmicos pertenecientes al M02.....	51
Tabla 12. Cortante basal para el M01	51
Tabla 13. Cortante basal para el M02.....	52
Tabla 14. Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 7.....	56
Tabla 15. Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 6.....	56
Tabla 16. Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 5.....	57
Tabla 17. Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 4.....	58
Tabla 18. Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 3.....	58
Tabla 19. Resultados momento-curvatura y momento-giro VS 101,102,201,202,301 y 302 (0.25x0.40)	59
Tabla 20. Resultados momento-curvatura y momento-giro V 101,102,201 y 202 (0.30x0.60)	60
Tabla 21. Resultados momento-curvatura y momento-giro VA 101,102,103,201,202 y 203 (0.25x0.35)	61
Tabla 22. Resultados momento-curvatura y momento-giro V 103-203 (0.25 x 0.40)	62
Tabla 23. Resultados momento-curvatura y momento-giro VB 101,201 y301 (0.25 x 0.20)	63
Tabla 24. Resultados momento-curvatura y momento-giro V 104-204 (0.25 x 0.40)	64
Tabla 25. Resultados momento-curvatura y momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.60)	65
Tabla 26. Resultados momento-curvatura y momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.35)	66
Tabla 27. Resultados momento-curvatura y momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.40)	67

Tabla 28. Valores de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “X”	80
Tabla 29. Coeficientes sísmicos para cada nivel de amenaza	82
Tabla 30. Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “X” módulo 01	84
Tabla 31. Deriva calculada en la dirección “X” para cada nivel de amenaza para el módulo 01	84
Tabla 32. Valores de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “Y”	87
Tabla 33. Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “Y” módulo 01	90
Tabla 34. Deriva calculada en la dirección “Y” para cada nivel de amenaza para el módulo 01	90
Tabla 35. Valores de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección “X”	92
Tabla 36. Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “X”	95
Tabla 37. Deriva calculada en la dirección “X” para cada nivel de amenaza para el módulo 02	95
Tabla 38. Valores de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección “Y”	97
Tabla 39. Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “Y”	100
Tabla 40. Deriva calculada en la dirección “Y” para cada nivel de amenaza para el módulo 02	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Placas Tectónicas de Nazca y Sudamericana.....	16
Figura 2. Colegio Humboldt, daños sufridos después del terremoto de pisco (2007).....	17
Figura 3. Dos casas de adobe afectadas por el terremoto de pisco.....	18
Figura 4. Espectro elástico para un suelo S3	30
Figura 5. Espectro representativo del ATC-40.....	30
Figura 6. Procedimiento del análisis estático no lineal	33
Figura 7. Junta sísmica que divide al pabellón en 2 módulos	38
Figura 8. Situación actual de I.E	39
Figura 9. Presencia de una fisura vertical en la unión muro-columna	42
Figura 10. Tomando medidas de la columna C7 para su posterior verificación.	43
Figura 11. Tomando medidas del peralte de una viga en voladizo para su posterior verificación.	43
Figura 12. Ubicación de los puntos que fueron ensayados en el primer piso.....	44
Figura 13. Ubicación de los puntos que fueron ensayados en el segundo piso.....	44
Figura 14. Ubicación de los puntos que fueron ensayados en el tercer piso	45
Figura 15. Descubrimiento del tarrajeo en un área de 15*15 cm ² de la C1 del módulo 01 (Primer Piso).....	45
Figura 16. Realizando lo ensayos de esclerometría en el módulo 01 de la C6 del tercer piso, con el ingeniero Javier Colina Bernal y el Ing. Juan Villanueva	46
Figura 17. Área de influencia para elementos paralelos al sentido de losa, Eje A-A y C-C, Módulo 01	49
Figura 18. Área de influencia para elementos perpendicular al sentido de losa, Eje 9-9 y 10-10, Módulo 01	49
Figura 19. Longitud plástica.....	53
Figura 20. Idealización del diagrama momento-giro.....	53
Figura 21. Creación de la sección de la columna 7 en la opción Section Designer	54
Figura 22. Diagrama momento curvatura para la columna 7	55
Figura 23. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 7	56
Figura 24. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 6.....	57
Figura 25. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 5	57
Figura 26. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 4.....	58

Figura 27. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 3	59
Figura 28. Diagrama momento-curvatura, momento-giro VS 101,102,201,202,301 y 302 (0.25x0.40)	60
Figura 29. Diagrama momento-curvatura, momento-giro V 101,102,201 y 202 (0.30x0.60)	60
Figura 30. Diagrama momento-curvatura, momento-giro VA 101,102,103,201,202 y 203 (0.25x0.35)	61
Figura 31. Diagrama momento-curvatura, momento-giro V 103-203 (25 x 40).....	62
Figura 32. Diagrama momento-curvatura, momento- giro para la VB 101-201 0.25 x 0.20	63
Figura 33. Diagrama momento-curvatura, momento-giro V 104-204 (0.25 x 0.40).....	64
Figura 34. Diagrama momento-curvatura, momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.60).....	65
Figura 35. . Diagrama momento-curvatura, momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.35).....	66
Figura 36. Diagrama momento-curvatura, momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.40).....	67
Figura 37. Asignación de medidas en la grid data X, Y y Z para la creación del modelo aporticado.	68
Figura 38. Presentación de la estructura en 3D	69
Figura 39. Definición de materiales	69
Figura 40. Asignación de las dimensiones y acero de refuerzo a las secciones respectivas	70
Figura 41. Secciones asignadas a cada elemento estructural.....	71
Figura 42. Definición de patrones de cargas	71
Figura 43. Asignación de cargas a cada una de las vigas	72
Figura 44. Caso de carga gravitacional no lineal.....	73
Figura 45. Caso de carga lateral no lineal	74
Figura 46. Espectro según la norma E.030.....	74
Figura 47. Configuración de los parámetros para el método del Espectro de Capacidad ...	75
Figura 48. Asignación de rotulas plásticas	76
Figura 49. Casos que cargas que fueron corridas por el programa SAP2000	77
Figura 50. Curva de capacidad procedente del Análisis Estático no Lineal.....	78
Figura 51. Determinación del punto de desempeño	78
Figura 52. Formación de rótulas plásticas para la iteración 5 en la dirección X-X.....	79
Figura 53. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “X”	81

Figura 54. Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección “X” del módulo 01	81
Figura 55. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “X” para el módulo 01	82
Figura 56. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “X” para el módulo 01	83
Figura 57. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “X” para el módulo 01	83
Figura 58. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 01 sismo en la dirección “X”	85
Figura 59. Iteración 2: Formación de las primeras rótulas plásticas de nivel operacional en columnas en el módulo 01 sismo en la dirección “X”	85
Figura 60. Iteración 13: Formación de las primeras rótulas plásticas de seguridad de vida en las columnas en el módulo 01 sismo en la dirección “X”	86
Figura 61. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “Y”	87
Figura 62. Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección “Y” del módulo 01	88
Figura 63. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “Y” para el módulo 01	88
Figura 64. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “Y” para el módulo 01	89
Figura 65. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “Y” para el módulo 01	89
Figura 66. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 01 sismo en la dirección “Y”	91
Figura 67. Iteración 7: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en columnas en el módulo 01 sismo en la dirección "Y"	91
Figura 68. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección “X”	93
Figura 69. Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección “X” del módulo 02	93

Figura 70. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “X” para el módulo 02.....	94
Figura 71. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “X” para el módulo 02.....	94
Figura 72. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “X” para el módulo 02.....	95
Figura 73. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 02 sismo en la dirección “X”.....	96
Figura 74. Iteración 2: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 02 sismo en la dirección “X”.....	96
Figura 75. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección “Y”.....	98
Figura 76. Representación Bilineal de la curva de capacidad en la dirección “Y” del módulo 02.....	98
Figura 77. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “Y” para el módulo 02.....	99
Figura 78. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “Y” para el módulo 02.....	99
Figura 79. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “Y” para el módulo 02.....	100
Figura 80. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 02 sismo en la dirección “Y”.....	101
Figura 81. Realizando el lijado del punto donde se realizó el ensayo.....	115
Figura 82. Superficie preparada para el ensayo, C1 1° piso-Módulo 01.....	115
Figura 83. Realizando el ensayo en la C1 1° piso-Módulo 01.....	116
Figura 84. Realizando el ensayo en la C2 1° piso-Módulo 01.....	116
Figura 85. Superficie preparada para el ensayo, V1 1° piso-Módulo 01.....	117
Figura 86. Superficie preparada para el ensayo, V2 1° piso-Módulo 01.....	117
Figura 87. Superficie preparada para el ensayo, C1 1° piso-Módulo 02.....	118
Figura 88. Realizando el ensayo en la C1 1° piso-Módulo 02.....	118
Figura 89. Con el director del colegio Rafael Loayza Guevara el Mg. Jesús Castrejón Palomino.....	119

Figura 90. Con el director del colegio Rafael Loayza Guevara el Mg. Jesús Castrejón Palomino.....	119
Figura 91. Módulo 01: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión muro-columna en el eje A-A tramo del 4-10.....	120
Figura 92. Módulo 01: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión muro-columna en el eje B-B tramo del 4-10.....	120
Figura 93. Módulo 01: 2º piso columna "T" con desprendimiento del tarrajeo en el eje A-A intersección con el eje "5".....	121
Figura 94. Módulo 01: 3º piso columna "T" con desprendimiento del tarrajeo en el eje 8-8 intersección con el eje "A".....	121
Figura 95. Módulo 01: 3º piso columna "T" con desprendimiento del tarrajeo en el eje 9-9 intersección con el eje "B".....	122
Figura 96. Módulo 01: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una grieta en la unión del muro del voladizo en el eje 10-10 tramo voladizo.....	122
Figura 97. Módulo 02: 1º piso columna "L" con desprendimiento del tarrajeo en el eje 1-1 intersección con el eje "F".....	123
Figura 98. Módulo 02: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión del muro-columna en el eje 1-1 tramo A-F.....	123
Figura 99. Módulo 02: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión del muro-columna en el eje 2-2 tramo D-F.....	124
Figura 100. Módulo 02: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una grieta en la unión del muro del voladizo en el eje F-F tramo voladizo.....	124
Figura 101. Proceso de limpieza con una escobilla de acero.....	125
Figura 102. Colocación de boquillas.....	126
Figura 103. Sellado de boquillas.....	126
Figura 104. Inyección de la resina epóxicas.....	127

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Periodo largo.....	31
Ecuación 2. Periodo corto.....	31
Ecuación 3. Cortante basal	51

RESUMEN

Esta investigación tuvo como finalidad determinar el nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara. El estudio fue realizado en el pabellón nuevo de dicha institución, el cual tiene una antigüedad de ocho años. Está ubicada en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca perteneciente a la zona sísmica 3 según la Norma Técnica E.030 teniendo una alta probabilidad de la ocurrencia de un sismo. La información utilizada en lo referente a los planos, materiales, condiciones de la fundación y especificaciones técnicas fueron obtenidas del expediente técnico, para el caso de la resistencia a compresión del concreto endurecido en los elementos estructurales se realizó ensayos de esclerometría. La investigación se realizó haciendo uso del programa computacional SAP2000 versión 19.2.1, para ello se elaboró el modelo estructural de la edificación, para el cual se subdividió en Módulo 01 y Módulo 02 debido que existe una junta sísmica. Para determinar el punto de desempeño se empleó el análisis estático no lineal (Pushover) y la calificación del desempeño se realizó de acuerdo a los criterios propuesto en la metodología ATC-40. Los resultados muestran que, para un sismo de servicio, sismo de diseño y para un sismo máximo tiene un desempeño de inmediata ocupación. Con lo cual se llega a concluir que la hipótesis planteada se cumple.

Palabras clave: Desempeño sísmico, punto de desempeño, análisis estático no lineal.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A pesar de los grandes esfuerzos llevados a cabo para disminuir los actos desastrosos que traen los terremotos a una ciudad, siguen ocurriendo catástrofes a nivel mundial que muestran la necesidad de contrarrestar de manera eficiente este fenómeno natural. Por lo que, la principal causa de pérdidas humanas y económicas es el daño y colapso de las estructuras sujetas a una acción sísmica (Vargas, 2013).

Desde principios del siglo XXI, la humanidad ha seguido siendo víctima de numerosos terremotos, algunos de los cuales destacan especialmente por su magnitud y las consecuencias desastrosas que tuvieron. El más reciente ha sido el fortísimo sismo de magnitud 8,2 ocurrido en el año 2017 en México, del que todavía se evalúan los efectos que causó (Russia Today, 2017).

Si nos enfocamos en los eventos sísmicos producidos desde el 2000, los más fuertes fueron el terremoto en el océano Índico que provocó el devastador tsunami del 26 de diciembre de 2004 (de magnitud 9.3), el terremoto en Sichuan, China, del 12 de mayo de 2008 (magnitud 8.0), el terremoto en Haití del 12 de enero de 2010 (magnitud 7.0), el terremoto en Chile del 27 de febrero de 2010 (magnitud 8.8), el terremoto en Japón del 11 de marzo de 2011 (magnitud estimada entre 9.0 y 9.1), el terremoto en Nepal del 25 de abril de 2015 (magnitud 7.8), el terremoto en Afganistán del 26 de octubre de 2015 (magnitud 7.5) y el terremoto en Ecuador del 16 de abril de 2016 (magnitud 7.8) (Russia Today, 2017).

Todos estos movimientos telúricos han traído gran cantidad de fallecidos y heridos.

Demostrando su potencial efecto devastador, así como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Los terremotos más fuertes del siglo XXI

Fecha	Magnitud	Ciudad/Región	Consecuencias
26 de diciembre de 2004	9.3	Océano Índico	Alrededor de 230.000 muertos
12 de mayo de 2008	8	Sichuán-China	87.587 muertos, 374.643 heridos
12 de enero de 2010	7	Haití	222.570 muertos, 311.000 heridos
27 de febrero de 2010	8.8	Chile	799 muertos
11 de marzo de 2011	9 y 9.1	Japón	15.894 muertos, 6,152 heridos
25 de abril de 2015	7.8	Nepal	8.964 muertos, 21.952 heridos
26 de octubre de 2015	7.5	Afganistán	399 muertos, 2536 heridos
16 de abril de 2016	7.8	Ecuador	673 muertos

Fuente: Rusia Today, 2017.

En ese sentido, el Perú no es indiferente ante esta problemática que cada vez afecta más fuerte a la humanidad, generando grandes pérdidas humanas y económicas. En lo referente al marco tectónico, está ubicado a un borde de la convergencia entre la placa Sudamericana (este) y la placa de Nazca (oeste), esta región está marcada por la fosa Perú-Chile a unos 140 a 180 km al oeste de la costa peruana. La margen oeste de la placa Sudamericana se caracteriza por su angosta planicie costera, las elevadas montañas de su cordillera oriental y occidental, y las numerosas fallas y pliegues que enmarcan el límite este de los Andes en el Perú y el norte de Chile. La continua subducción de la placa de Nazca genera grandes sismos ($M > 7.0$) (Macedo, 2013). De tal forma que el Perú forma parte del llamado Círculo de Fuego del Pacífico, caracterizado por ser una zona de constante actividad sísmica donde se produce más del 80% de terremotos en el mundo (Tavera & Buffon, 1998).

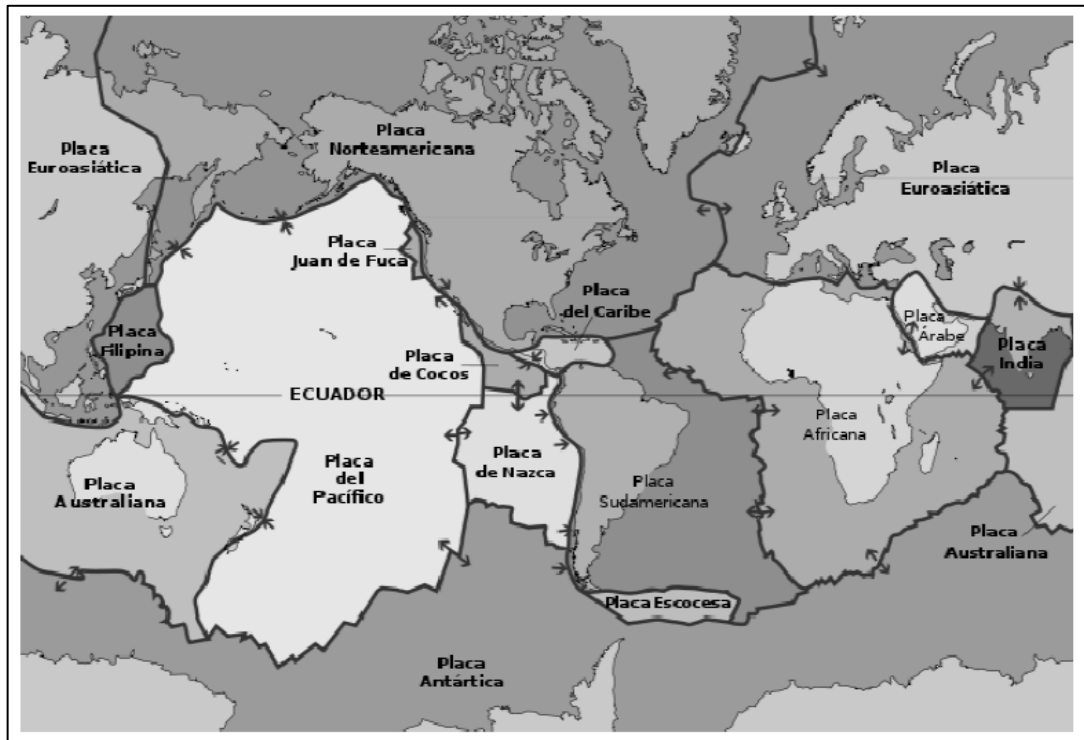


Figura 1. Placas Tectónicas de Nazca y Sudamericana. Gonzales (2010) Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño.

En mención a los párrafos anteriores y en donde se describe al Perú como parte de la zona más activa del mundo. Nuestro territorio ha sido escenario de grandes movimientos telúricos, siendo el más destacado el sismo del 15 de agosto del 2007 en Pisco-Ica. (Valcárcel, 2013). Ante ese suceso, grupos de evaluadores del Earthquake Engineering Research Institute (EERI) y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) realizaron inspecciones detalladas de los sistemas esenciales.

Encontraron que 18 centros de educación fueron destruidos, 118 fueron afectados (Organización Panamericana de la Salud, 2007). Los centros educativos típicos, en su mayoría, correspondían a edificios de hormigón armado con muros de relleno. En algunos casos, los paneles de relleno estaban rígidamente unidos a la estructura y formaron pilares cortos que fueron severamente agrietados en el evento (Earthquake Engineering Research Institute, 2007).

El evento también causó enormes daños en los edificios de adobe. La mayoría de las casas tenían más de 50 años de antigüedad. En Pisco, más del 80% de las casas de adobe colapsaron o tuvieron daños severos. Aparentemente, los bloques de adobe y mortero de la región afectada fueron hechos con suelos arenosos que no proporcionan la suficiente adhesión entre el mortero y los bloques. Debido a una insuficiente separación entre edificios, fallaron también los muros frontales de varias viviendas en conjunto (Earthquake Engineering Research Institute, 2007).



Figura 2. Colegio Humboldt, daños sufridos después del terremoto de pisco (2007). www.colegio-humboldt.edu.pe.



Figura 3. Dos casas de adobe afectadas por el terremoto de pisco. EERI (2007).

Algunos edificios de mampostería confinada que colapsaron presentaban pisos blandos e irregularidades considerables. Por otro lado, edificios bien diseñados resistieron el evento con daños menores. De los edificios de hormigón armado con previsiones sismorresistentes, los que más sufrieron daños fueron los pórticos de hormigón armado con muros de relleno. Estos edificios presentaron daños en las particiones. Este comportamiento se observó en escuelas y hospitales. Por otro lado, los edificios de muros estructurales de hormigón se comportaron bien durante el evento (Earthquake Engineering Research Institute, 2007).

Ante ello, el interés y avance en la gestión de la seguridad sísmica de los edificios y sistemas esenciales ha estado motivado por los daños y colapsos de los edificios durante los terremotos. A su vez, estos daños han motivado el desarrollo de códigos de construcción, en cuanto a la definición de la seguridad sísmica de nuevas instalaciones, así como de edificios existentes, con el fin de prevenir pérdidas

económicas y de funcionalidad. Estos avances han dado soporte para la gestión de programas nacionales y supranacionales enfocados hacia la reducción de la fragilidad de estos edificios (Valcárcel, 2013).

Por otro lado, el crecimiento de la población urbana a implicado la construcción de infraestructuras para cubrir las necesidades de vivienda, transporte, comunicación, salud, educación y dar apoyo a actividades comerciales, entre otras. No obstante, las consideraciones sismorresistentes en el diseño de las infraestructuras no han sido contemporáneas al crecimiento de los bienes expuestos. Así, el aumento de la infraestructura sin previsiones sísmicas ha propiciado que el número de desastres ocasionados por los terremotos también crezca. Originando la aparición de los códigos de construcción como el comité Structural Engineers Association of California (SEAOC) en 1968, el Applied Technology Council 3-06 (ATC 3-06) en 1978, el Applied Technology Council (ATC-40) en 1996 y el Uniform Building Code (UBC) en 1927 (Valcárcel, 2013).

En el Perú existen aproximadamente 4100 centros educativos públicos construidos en diferentes épocas, con diferente arquitectura y materiales. La mayoría de las edificaciones educativas son vulnerables a los terremotos debido a que fueron construidas en décadas en que los códigos de construcción no consideraban de manera seria la protección de los terremotos. Y ante ello, después de cada suceso los edificios educativos quedan seriamente dañados en la zona epicentral y el estado tiene que invertir sumas importantes en recuperar la infraestructura (Astorga & Aguilar, 2006).

En nuestro país, la norma sísmica vigente es la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, este código divide en 4 zonas al territorio nacional y la ciudad de Cajamarca se encuentra en la zona 3, correspondiente a una zona de alta sismicidad y el cual el factor “Z” se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

En Cajamarca en las últimas décadas no se ha presenciado una acción sísmica de gran intensidad. Sin embargo, debido a su formación geológica, naturaleza de sus suelos y con presencia volcánica, existe una gran posibilidad de ocurrencia de sismos, cuyos efectos se amplificarían por las características de sus suelos, es por esto que se la considera zona de silencio sísmico (Mosqueira, 2012).

Con respecto al tema de investigación existen estudios previos en el cual hacen uso del método Pushover. A continuación, se muestran investigaciones internacionales, nacionales y locales.

Guevara et al (2006) en su tesis de pregrado “Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura, utilizando un análisis estático no lineal (Pushover)”, determinan el comportamiento no-lineal de la edificación empleando los criterios del ATC-40, para el cual consideraron dos tipos de distribuciones de cargas laterales, la primera basándose en el porcentaje de masa tributaria de cada nivel y la otra basándose en el deformado modal del modo fundamental. Concluyendo que la estructura tiene suficiente capacidad para soportar grandes desplazamientos laterales provocados por fuertes aceleraciones sísmicas en la dirección paralela a los ejes de referencia. Sin embargo, en la dirección diagonal a los ejes de referencia la capacidad es menor, ya que cada elemento es sometido a acciones en sus dos direcciones ortogonales y esas acciones debilita la sección y provoca daños.

Allauca (2006) en su tesis de pregrado titulada “Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones”, evalúa el desempeño utilizando el análisis Pushover y la calificación del desempeño lo hizo de acuerdo a la metodología VISION 2000 del SEAOC. Sus resultados muestran que el desempeño para sismos raros la estructura tendría demandas de ductilidad, pero quedaría en un estado funcional. Concluyendo que la edificación tendría un buen desempeño, debido a que solo habrían consumido tan solo del 22% al 31% de su ductilidad disponible.

Sánchez (2010) en su investigación titulada “Diseño basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado” determina el desempeño sísmico de una edificación esencial existente y realiza una propuesta de diseño para su actualización, basándose en los criterios del ATC-40 y RCDF (Reglamento de Construcción del Distrito Federal). El cual concluye que los resultados obtenidos del diseño por desempeño resultan más precisos que el método RCDF. Además, que las distorsiones obtenidas del procedimiento RCDF provee un comportamiento adecuado al colapso.

Fajardo (2012) en su investigación “Evaluación estructural de una de las edificaciones del Hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método de espectro de capacidad” evaluó el comportamiento del edificio mediante el análisis estático no lineal. Y como resultado obtuvo que la estructura sujeta a un sismo de regular intensidad presenta formaciones plásticas en los extremos de las mayorías de las vigas (a niveles de inmediata ocupación en ambas direcciones del edificio), además el punto de desempeño incursiona en el intervalo de comportamiento inelástico.

Del mismo modo, Busso y Chahuayo (2015) en su investigación “Evaluación por desempeño sísmico de una construcción confinada de cinco pisos en la ciudad de Huancavelica utilizando un análisis no lineal estático, distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica, región Huancavelica” también hace uso del método del Espectro de Capacidad y concluye que ante sismos de servicio se agrieta, incursionando en el rango inelástico.

Intor y Martos (2017) en su tesis de pregrado titulada “Desempeño sísmico del módulo “A” de la I.E. San Ramón en la ciudad de Cajamarca – 2017” evalúan el desempeño sísmico de dicha I.E, y determinan la capacidad estructural de la estructura empleando la metodología ATC-40 (espectro de capacidad) y la calificación del desempeño lo hace mediante la metodología VISION 2000 del SEAOC considerando varios de niveles de amenaza (sismo frecuente, ocasional, raro, muy raro). A las conclusiones que llega es que ante un sismo raro la I.E se encuentra en un nivel funcional a seguridad de vida.

Soto (2015) en su tesis de pregrado “Evaluación del desempeño sismorresistente del edificio del centro pre universitario de la Universidad Nacional de Cajamarca” determina el comportamiento sísmico de la estructura utilizando la metodología ATC-40 y lo califica mediante la metodología VISION 2000 del SEAOC. Concluyendo que, para el sismo ocasional, sismo raro, sismo muy raro en la dirección “X” cumplen con los parámetros propuestos en la metodología VISION 2000. Sin embargo, en la dirección “Y” el sismo raro no cumple con los parámetros de la metodología VISION 2000.

La metodología Pushover es muy utilizado en el análisis por desempeño sísmico, debido a que los resultados que se obtiene son muy cercanos con la realidad. Por lo que en los siguientes párrafos se da un alcance de esta metodología.

La ingeniería sísmica busca un mejor control del desempeño de una edificación sujeta a distintos niveles de intensidad sísmica. Si bien el objetivo del diseño sísmico siempre ha sido el de concebir estructuras que tengan un comportamiento favorable ante un evento sísmico, el criterio actual de diseño sísmico basado en desempeño pretende no solo predecir de manera más clara el comportamiento estructural sino controlarlo, con el objeto de asegurar un desempeño adecuado acorde con la funcionalidad e importancia de la edificación (Fajardo, 2012).

La experiencia de los sismos ha demostrado las limitaciones de las normas de diseño sismorresistente que tienen para definir con exactitud el desempeño ante varios escenarios sísmicos. Debido a que dichos códigos solo consideran un nivel de moviente de terreno (sismo severo). Con la finalidad de definir el comportamiento óptimo de una edificación durante una acción sísmica, se han desarrollado propuestas para la evaluación y diseño de edificaciones basadas en conceptos de desempeño en múltiples niveles de severidad sísmica. Algunas de las propuestas más relevantes son las desarrolladas por la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), el Applied Technology Council 40 (ATC-40) publicado en 1996, Federal Emergency Management Agency 273 y 274 (FEMA) (Navarro & Fernández, 2006).

En esta investigación se ha hecho uso de la propuesta APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL más conocido por sus siglas ATC-40. Y a continuación se brindan más detalles de esta metodología.

ATC-40 es una propuesta que considera que el comportamiento esperado de una estructura debe establecerse en la fase conceptual, la cual está orientada al diseño estructural, donde debemos dimensionar y colocar el área de acero necesaria para que nuestra edificación cumpla con la meta planteada, eso sí sin dejar de lado la arquitectura. Y para establecer el desempeño sísmico de una edificación nos debemos basar en tres conceptos fundamentales que son: niveles de desempeño, Nivel de amenaza y desempeño esperado de la edificación (Alcántara & Nalvarte, 2016).

✓ **Niveles de desempeño:**

El ATC-40 especifica niveles de desempeño de forma separada para componentes estructurales y no estructurales. A continuación, se describen cada uno de ellos.

Cinco estados de daño se especifican para elementos estructurales del edificio, tres principales y dos intermedios. Ocupación Inmediata (IO), seguridad de vida (LS) y estabilidad estructural (CP) son los tres principales y se utilizan para definir criterios técnicos en el proceso de evaluación. Mientras que, los dos rangos intermedios son: daños controlado y seguridad limitada y estos nos permiten realizar un análisis más adecuado del desempeño de la estructura (Applied Technology Council, 1996).

SP-1. Inmediata ocupación: Los daños son muy limitados. El sistema resistente a cargas verticales y laterales permanece inalterado. No existen pérdidas de vidas humanas y la edificación permanece en funcionalidad en su totalidad (Applied Technology Council, 1996).

SP-2. Daño controlado: Corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad de vida. Proporciona un marcador de posición para las muchas situaciones en las que puede ser deseable limitar el daño estructural más allá del nivel de seguridad de la vida. Por ejemplo, el control de daño de los elementos arquitectónicos significativos de edificios históricos o contenidos valiosos (Applied Technology Council, 1996).

SP-3. Seguridad de vida: pueden haber ocurrido daños significativos en los elementos estructurales de la edificación, pero la estructura sigue en pie. Y está en peligro la seguridad de vida fuera o dentro del edificio (Applied Technology Council, 1996).

SP-4. Seguridad Limitada: Corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de seguridad y estabilidad estructural la vida de los ocupantes está en un alto peligro (Applied Technology Council, 1996).

SP-5. Estabilidad estructural: Corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Se han producido daños sustanciales y se ha afectado potencialmente la degradación en la rigidez y resistencia lateral del sistema estructura (Applied Technology Council, 1996).

SP-6. No considerado: No corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual solo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales (Applied Technology Council, 1996).

Para los elementos no estructurales (NP-n) se consideran 4 niveles de desempeño, y se pueden utilizar directamente en los procedimientos de evaluación y de la modificación para definir criterios técnicos.

Operacional, NP-A: Este estado de daño describe a los elementos y sistemas no estructurales permanecen en su totalidad en su lugar y en completa funcionalidad (Applied Technology Council, 1996).

Inmediata ocupación, NP-B: Se consideran a los elementos y sistemas no estructurales en su lugar con una interrupción menor- los servicios externos no se ven afectados a un nivel local. Y el estado de la seguridad de vida permanece impune (Applied Technology Council, 1996).

Seguridad de vida, NP-C: Este Estado de daño incluye un daño considerable a los componentes y sistemas no estructurales, pero se evita el colapso de objetos pesados como para producir lesiones dentro o fuera del edificio. El peligro de vida es muy bajo. (Applied Technology Council, 1996).

Amenaza reducida, NP-D: Incluye grandes daños a los componentes y sistemas no estructurales, pero no incluye el colapso o caída de objetos grandes y pesados que causen lesiones a grupos de personas, como parapetos, paredes exteriores de albañilería, revestimientos. El peligro para las personas es alto (Applied Technology Council, 1996).

No considerado, NP-E: No corresponde con un nivel de desempeño para elementos no estructurales. Solo se considera para otros distintos elementos que tienen un efecto sobre la respuesta estructural de la edificación, no son evaluados (Applied Technology Council, 1996).

✓ **Nivel de amenaza**

Se definen tres niveles de amenaza correspondientes a movimientos sísmicos identificados como:

Sismo de Servicio (SE): referente a movimientos de baja a moderada intensidad que ocurren frecuentemente, están asociados con un 50% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, o un período de retorno de 72 años aproximadamente, ya que puede llegar a ocurrir varias veces durante la vida útil de una edificación. Este movimiento representa aproximadamente la mitad del nivel de movimiento asociado al sismo de diseño tradicionalmente especificado en los códigos, por tratarse de sismos más frecuentes y de menor severidad. Puede asociarse al sismo ocasional, así como se muestra en la tabla 2 (Sánchez, 2010).

Sismo de Diseño (SD): Representa movimientos de moderada a severa intensidad de rara ocurrencia, están asociados con un 10% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, con un período medio de retorno de aproximadamente 475 años. Se corresponde con el nivel de movimiento tradicionalmente especificado por la mayoría de los códigos de diseño para edificaciones convencionales y se espera que ocurra al menos una vez en la vida útil de una edificación. Puede asociarse al sismo raro, así como se muestra en la tabla 2 (Sánchez, 2010).

Sismo Máximo (SM): correspondiente a movimientos de severa intensidad y ocurren muy raramente, generalmente asociados con un 5% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, con un período medio de retorno de aproximadamente 975 años. Se corresponde con el nivel de movimiento tradicionalmente especificado por los códigos de diseño para edificaciones

esenciales y representa cerca de 1.25 a 1.5 veces el nivel de movimiento asociado al sismo de diseño tradicionalmente especificados en los códigos, de allí que la mayoría asocian esta relación al factor de importancia de las edificaciones esenciales, por tratarse de sismos menos frecuentes de mayor severidad. Puede asociarse al sismo muy raro, así como se muestra en la tabla 2 (Sánchez, 2010).

Tabla 2.

Niveles de amenaza asociados al ATC-40

NIVELES DE AMENAZA SEGÚN ESTABLECE VISIÓN 2000			NIVELES DE AMENAZA ASOCIADOS AL ATC- 40
Movimiento sísmico de diseño	Intervalo de recurrencia	Probabilidad de excedencia	
Frecuentes	43 años	50 % en 30 años	
Ocasional	72 años	50 % en 50 años	Sismo de servicio
Raro	475 años	10 % en 50 años	Sismo de diseño
Muy raro	950 años	10 % en 100 años	Sismo máximo

Fuentes: Diseño sísmicos basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado, (Sánchez, 2010).

El espectro elástico que proporciona la Norma Técnica E.030 corresponde a un evento con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, perteneciente a un sismo de diseño para el ATC-40, y a un sismo raro para VISIÓN 2000 (Allauca, 2006).

Para establecer cada nivel de amenaza existen varias consideraciones, pero en esta investigación se aplicará lo que estipula la normativa ATC-40, el cual indica que el sismo de diseño es el que proporciona cada norma sísmica, para el sismo de servicio se le debe afectar por el 0.5 y 1.5 para el sismo máximo. Estos mismos criterios han

utilizado los siguientes autores (Alvarado, 2017) y (Vergara & Zevallos, 2014). A continuación, se presenta las aceleraciones asociadas al ATC-40.

Tabla 3.

Aceleraciones máximas en las zonas de estudio asociadas al ATC-40

	Nivel de sismo	Aceleración en la base
Criterios del ATC-40	Sismo de servicio	0.18 g
	Sismo de diseño (NTE-030)	0.35 g
	Sismo máximo	0.53g

Para facilidad del cálculo del punto de desempeño es necesario convertir el espectro de cada nivel de amenaza en función del espectro del ATC-40. Para ello el investigador (Allauca, 2006) en su tesis, propone que para obtener los valores C_a y C_v se determina haciendo relaciones directas de equivalencia.

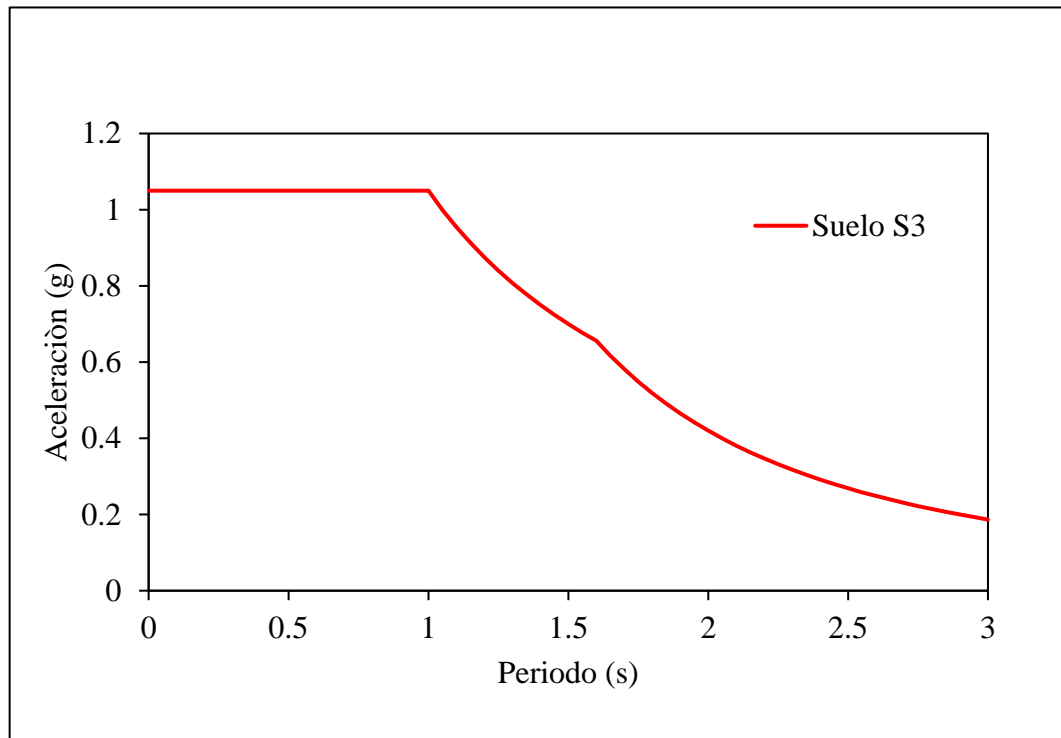


Figura 4. Espectro elástico para un suelo S3

En la figura anterior se muestra el espectro elástico según la normativa sísmica vigente, correspondiente a una zona 3 y un suelo S3, donde la aceleración es 0.35g, el factor de amplificación sísmica es 2.5 y el fin de la plataforma corresponde a 1.00 seg.

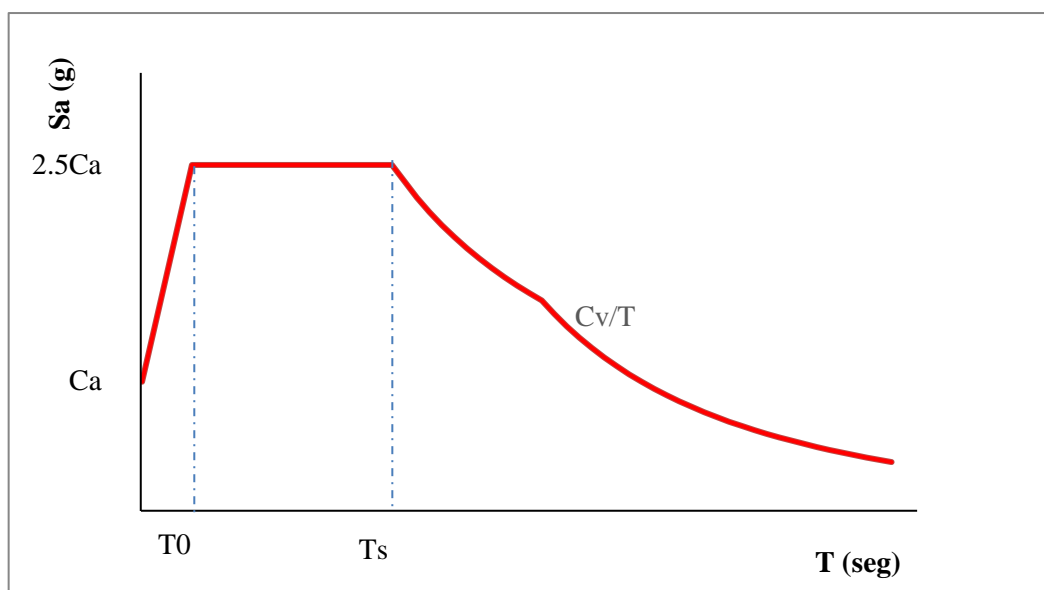


Figura 5. Espectro representativo del ATC-40. Applied Technology Council (1996).

La función del espectro representativo del ATC-40 satisface las siguientes relaciones, donde C_a y C_v son los términos independientes y T_0 y T_s son los periodos.

$$T_s = \frac{C_v}{2.5 C_a} \quad \text{Ecuación 1. Periodo largo}$$

$$T_0 = 0.2 T_s \quad \text{Ecuación 2. Periodo corto}$$

Y realizando relaciones directas de equivalencia se encontró que los valores de C_a y C_v para cada sismo de diseño son los siguientes.

Tabla 4.
Valores de C_a y C_v para cada nivel de amenaza

Sismo de diseño	Valor (C_a)	Valor (C_v)
Sismo de servicio	0.21	0.53
Sismo de diseño	0.42	1.05
Sismo máximo	0.63	1.58

✓ **Objetivos de rendimiento**

Un objetivo de rendimiento sísmico se define mediante la selección de un nivel de rendimiento de una edificación deseado para un nivel dado de amenaza sísmica. (Applied Technology Council, 1996). Para (Alcántara & Nalvarte, 2016) el nivel de desempeño esperado de la edificación se establece una vez identificados los límites de daños tolerables en una edificación y los movimientos del terreno debido a sismos. En la tabla 5 se muestra una combinación correspondiente a un nivel dual de desempeño esperado asociado al llamado criterio de seguridad básica.

Tabla 5.

Nivel de desempeño esperado de la edificación: criterio de seguridad básica.

Nivel de movimiento del terreno	Nivel de desempeño de la edificación			
	Operacional	Ocupación inmediata	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Servicio (SS)	X	No aceptable	No aceptable	No aceptable
Diseño (SD)	X	X	X	No aceptable
Máximo (SM)		X	X	X

Fuente: Applied Technology Council 40 (1996).

Para determinar si un edificio cumple con un objetivo de rendimiento específico, previo a un análisis estático no lineal, se debe tener en cuenta las deformaciones laterales (punto de desempeño) y se debe comprobar con los límites de deformación de la siguiente tabla.

Tabla 6.

Valores límites de desempeño propuesto por el ATC-40

Nivel de desempeño	Derivas entre piso
Ocupación inmediata	0.01
Seguridad de vida	0.02
Estabilidad estructural	0.33(Vi/Pi)

Fuente: Applied Technology Council 40 (1996).

✓ **Análisis estático no lineal (Técnica de “Pushover”)**

El método Pushover consiste en llevar al colapso la estructura ya diseñada, de la cual se conoce su armado. Se realiza mediante un patrón de cargas laterales incrementales y bajo cargas gravitacionales constantes, de tal manera que se aplican en a la misma dirección hasta que la estructura colapse o hasta cierto valor de carga.

Con esta técnica es posible evaluar el desempeño esperado de la estructura por

medio de la estimación de fuerzas y demanda de deformaciones en el diseño sísmico (Guevara, Osorio, & Arturo, 2006).

El análisis estático no lineal no posee un fundamento teórico profundo. En él se asume que los múltiples grados de libertad de la estructura están relacionados directamente a la respuesta sísmica de un sistema de un grado de libertad con características de histéresis apropiados. El modelo que se genera para realizar el análisis incorpora la no linealidad de los materiales, de manera que es empujado hasta un desplazamiento esperado (Guevara, Osorio, & Arturo, 2006).

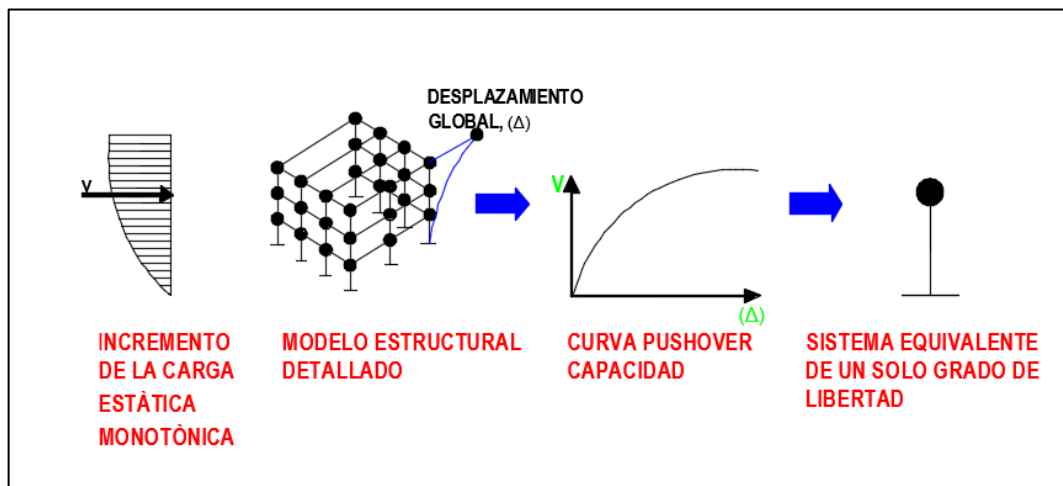


Figura 6. Procedimiento del análisis estático no lineal. Guevara, Osorio, & Arturo (2006) La técnica Pushover.

Patrón de cargas laterales

La metodología Pushover se realiza mediante la aplicación de cargas laterales, motivo por el cual existen muchos tipos de distribuciones de cargas laterales, generalmente las que más utilizan son los propuestos por Federal Emergency Management Agency (FEMA) y por el Applied Technology Council (ATC): un patrón de carga uniforme basado en la fuerza lateral proporcional a la masa de cada nivel sin tomar en cuenta la elevación (respuesta uniforme de aceleración), y una distribución de fuerzas proporcional al producto de la masa y la deformación modal

relacionada con el primer modo de vibración del edificio, que es un patrón modal que se determina utilizando un número suficiente de modos de vibración (Sánchez, 2010).

En este sentido, el ATC-40 establece 5 patrones de carga que son: Carga concentrada, distribución por código, primer modo, adaptativa y Pushover multimodal. Esta metodología recomienda usar el primer modo como patrón de carga lateral (Applied Technology Council, 1996). Sin embargo, (Toledo, 2011), menciona que también se puede utilizar las otras cargas antes mencionadas.

Para la aplicación del método Pushover es necesario saber los conceptos de algunos términos básicos que se muestran a continuación.

- **Capacidad estructural:** Es la habilidad que posee un edificio para soportar demandas sísmicas y depende de la resistencia y deformación máxima de cada uno de sus elementos (Guevara, Osorio, & Arturo, 2006).
- **Curva de capacidad:** Es la relación entre fuerza cortante en la base “V”, y el desplazamiento en el techo de la estructura “ δ ” (Vargas, 2013).
- **Deriva de entrepiso:** Desplazamiento horizontal relativo de entrepisos, calculado como la diferencia del desplazamiento horizontales de dos niveles consecutivos y divididos por la altura de la edificación (Applied Technology Council, 1996).
- **Espectro de capacidad:** Es la representación de la curva de capacidad transformada en coordenadas de aceleración espectrales (S_a) vs desplazamiento espectral (S_d) (Applied Technology Council, 1996).

- **Espectro de demanda:** Es el espectro de respuesta reducido utilizado para representar el movimiento del suelo en un sismo en el método de espectro de capacidad (Applied Technology Council, 1996).
- **Método del espectro de capacidad:** Es un procedimiento de análisis estático no lineal que proporciona la representación gráfica de la actuación sísmica esperada de la estructura existente (Applied Technology Council, 1996).
- **Punto de desempeño:** Es la intersección del espectro de capacidad con el espectro de demanda establecido en el método del espectro de capacidad (Applied Technology Council, 1996).
- **Objetivo de rendimiento:** Un nivel deseado del desempeño sísmico del edificio para un determinado nivel de amenaza (Applied Technology Council, 1996).
- **Nivel de rendimiento:** Un estado de daño o una condición limitada descrita por el daño físico dentro del edificio (Applied Technology Council, 1996).

Ante los párrafos expuestos anteriormente la investigación está orientada a determinar el nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover.

Anteriormente se mencionó que, gran parte de los centros educativos públicos peruanos fueron construidos en diferentes épocas, y donde los códigos de construcción no consideraban de manera decisiva la protección contra los terremotos. Por lo que la investigación es importante y se justifica por dos razones:

Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara, fue construida entre los años 2009-2010 (entrando en funcionamiento desde el año 2001), y desde la época de la construcción hasta la actualidad la Norma Técnica E.030 ha sufrido modificaciones, incorporando parámetros de diseño más actualizados. Y estas modificaciones le incorporan de manera conceptual deficiencias estructurales, y ante un sismo de magnitud severa es posible que colapse y ocasione daños humanitarios y materiales. Por eso, esta investigación es importante, ya que trata de determinar el desempeño estructural de la institución educativa ante la posible ocurrencia de un sismo.

La segunda razón en la que se justifica esta investigación es que: según la Norma Técnica E.030, una institución educativa es una edificación esencial y su función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo y así pueda servir de refugio después de un desastre. En ese sentido, es importante realizar esta investigación para verificar si cumple con lineamientos básicos de un comportamiento sismorresistente.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara, utilizando el método Pushover.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de respuesta estructural de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara mediante un análisis estático no lineal.
- Determinar el espectro de capacidad para diferentes niveles de amenaza.

1.4. Hipótesis

- El nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover es de inmediata ocupación.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es no experimental, transversal-descriptiva.

2.2. Población y muestra

En esta investigación la población es la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara, y la muestra está constituida por el “Pabellón Nuevo” construido en los años 2009-2010. La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia.

El pabellón tiene una forma geométrica en “L”, en la intersección de la esquina entrante existe una junta sísmica de 5 cm, en cual divide al pabellón en 2 módulos, de aquí en adelante se le denominará Módulo 01 (M01) y Módulo 02 (M02).

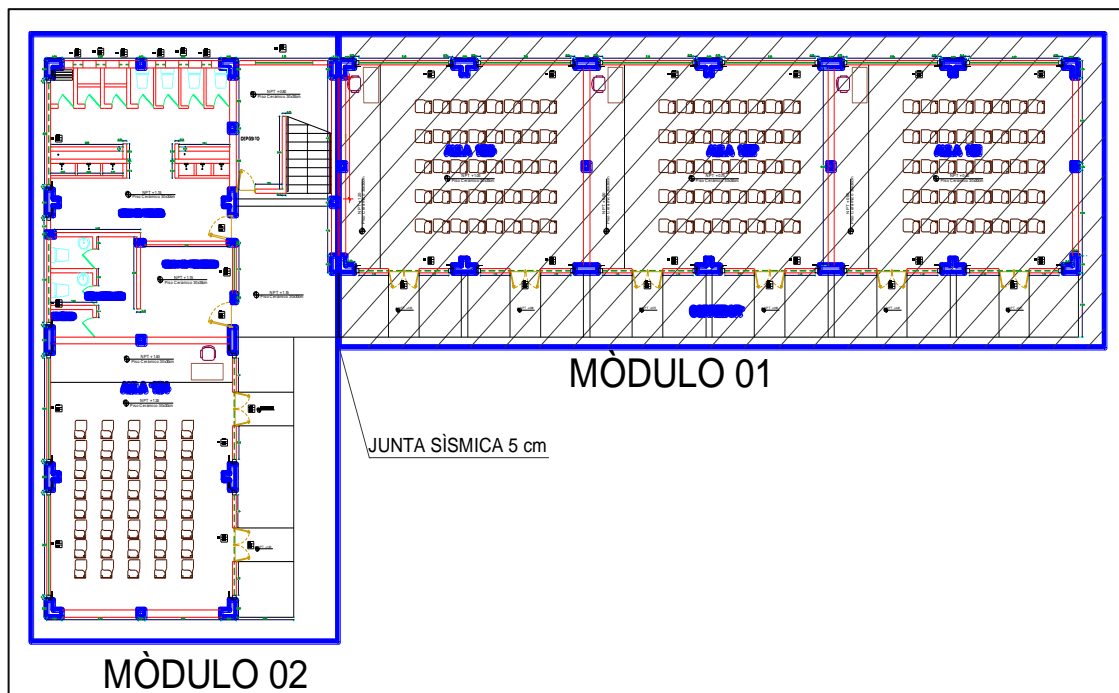


Figura 7. Junta sísmica que divide al pabellón en 2 módulos.

El pabellón tiene 8 años de funcionamiento y desde la época de la construcción hasta la actualidad la Norma Técnica E.030 han sufrido modificaciones, incorporando parámetros de diseño más actualizados. Y estas repetitivas modificaciones le incorporan de manera conceptual deficiencias estructurales es por eso que se eligió estudiar este pabellón.



Figura 8. Situación actual de I.E.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

➤ Las técnicas e instrumentos que se utilizó en la recolección de datos

Técnica

- **Recolección documental:** Se recopiló el expediente técnico de la I.E “Construcción y Mejoramiento de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara”.
- **Observación visual:** Se realizó una visita a la I.E para verificar las dimensiones de los elementos estructurales (Vigas, losas y columnas). Además, presenciar si existen fisuras o grietas estructurales y no estructurales.

Instrumento

- **Lista de chequeo:** Se utilizó para corroborar las dimensiones de los elementos estructurales de los planos con las de la situación actual. En este instrumento se pusieron las medidas de columnas, vigas y losas con su respectivo código por ejemplo C2 b= 0.15m y h=0.30m, y estas se verificaron en la visita a campo, el cual las dimensiones de ambas fueron homogéneas y por ello se marcó la casilla (SI) ver anexo 3.
- **Ficha de evaluación:** Se realizó la evaluación de la estructura para presenciar fallas estructurales y no estructurales. En la visita a campo se hizo la observación visual y a través de esta se presencié fisuras, grietas y desprendimiento del tarrajeo (algunas afectando el recubrimiento del acero). Estas se registraron de acuerdo a su ubicación en el plano teniendo en cuenta el eje-tramo y anotando una observación, ver anexo 4.

- **Las técnicas e instrumentos que se utilizó para el análisis de datos**
 - **Programa computacional SAP 2000 V 19.2.1:** Se utilizó para modelar la estructura, determinar la curva de capacidad y encontrar el punto de desempeño.
 - **Documentación Applied Technology Council:** Norma americana que se basa en el análisis sísmico por desempeño. Utilizada para realizar el análisis estático no lineal y para calificar el punto de desempeño.
 - **Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente:** Norma técnica peruana de diseño sismorresistente que brinda parámetros y consideraciones para realizar un análisis sísmico. Utilizada para para determinar la cortante basal y extraer los parámetros para la elaboración del espectro de demanda.
 - **Hojas de excel:** Se utilizó para calcular la cortante basal, realizar los metrados de carga y procesar los datos obtenidos del SAP2000 V 19.2.1 tales como la curva de capacidad y diagramas de momento-curvatura. Además, de ello para realizar las fichas de chequeo y de evaluación.

- **Los procedimientos para la recolección de datos se describen a continuación**

Recopilación de Información de la I.E.

- ✓ En primera instancia, se recopiló el expediente técnico de la I.E., este documento me proporcionó Municipalidad Provincial de Cajamarca en la oficina de Infraestructura, la información básica que se necesita para emprender esta investigación son los planos de ejecución, especificaciones técnicas y estudios de suelos.
- ✓ Teniendo toda la información necesaria, se realizó una visita a campo para realizar una inspección a la I.E con la finalidad de identificar daños estructurales y no estructurales. Logrando identificarse solamente daños no estructurales (fisuras en las uniones de los pórticos debido a presencia de una junta de 2.5 cm, desprendimiento del tarrajeo en las esquinas de las columnas).



Figura 9. Presencia de una fisura vertical en la unión muro-columna.

- ✓ Para confirmar que las medidas de los elementos estructurales (espesor de losas, medidas de las secciones de vigas y columnas, altura de entresijos) procedimos a tomar medidas de los mismos.



Figura 10. Tomando medidas de la columna C7 para su posterior verificación.



Figura 11. Tomando medidas del peralte de una viga en voladizo para su posterior verificación.

- ✓ Luego se realizó los ensayos de esclerometría de vigas y columnas, en esta investigación fueron 8 columnas y 9 vigas, repartidas en los dos módulos. Para el Módulo 1 se consideró 4 puntos (Vigas, columnas) en cada piso, excepto en el tercer piso que solo se consideró 1 vigas por motivos de acceso. Para el segundo módulo se considerando 2 puntos por cada piso repartidos equitativamente, cada uno de ellos fue identificado con un código (Ver figura 12,13 y 14).

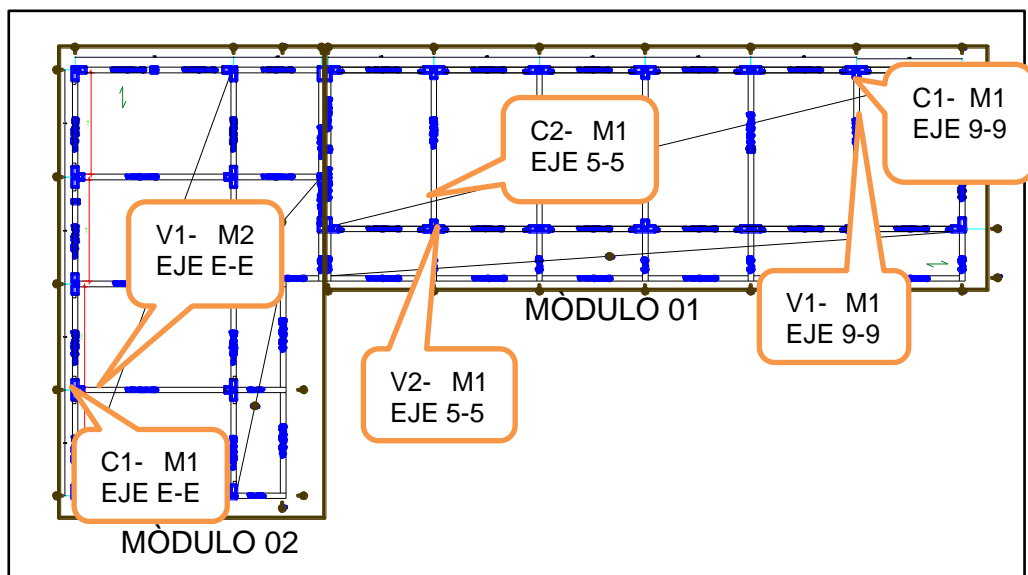


Figura 12. Ubicación de los puntos que fueron ensayados en el primer piso.

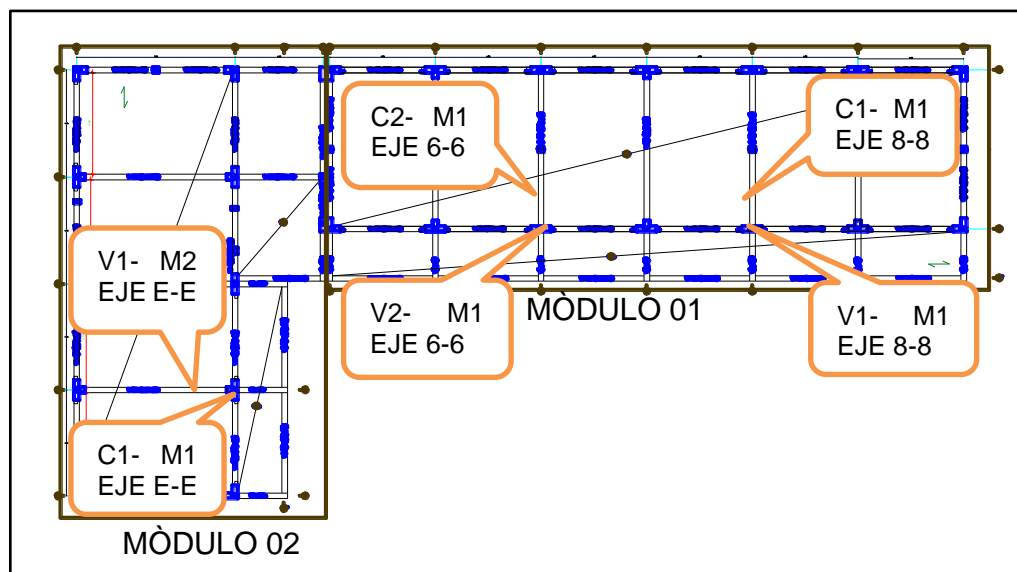


Figura 13. Ubicación de los puntos que fueron ensayados en el segundo piso.

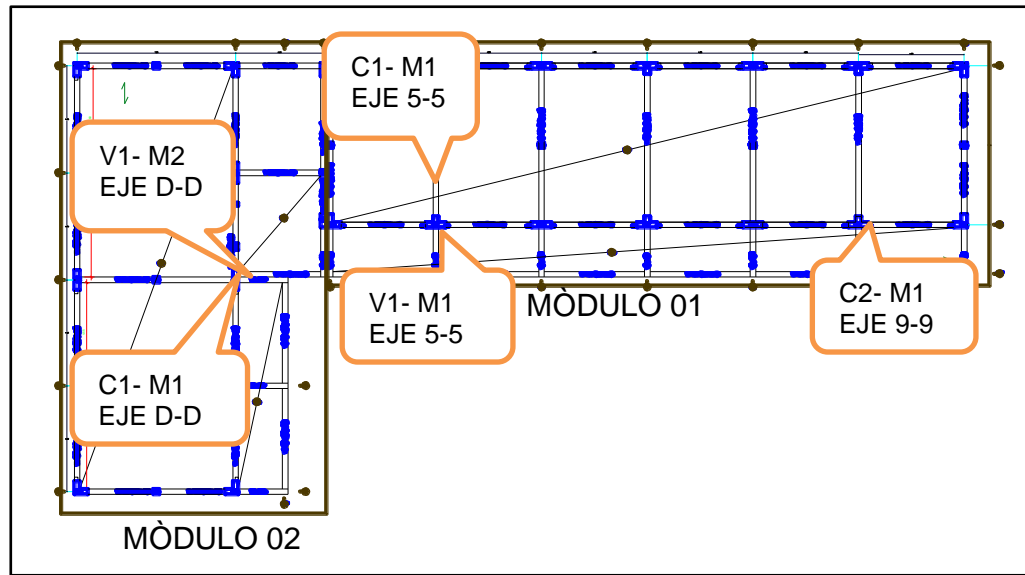


Figura 14. Ubicación de los puntos que fueron ensayados en el tercer piso.

- ✓ Seguidamente, se descubrió el tarrajeo en una de área de $15 \times 15 \text{ cm}^2$ de cada elemento estructural previamente establecido para ser ensayado. Estas medidas están establecidas en la Norma ASTM C 805-97.



Figura 15. Descubrimiento del tarrajeo en un área de $15 \times 15 \text{ cm}^2$ de la C1 del módulo 01 (Primer Piso).

- ✓ Luego, se realizaron la toma de datos con el esclerómetro “LA-0352”, se realizó 14 disparos por punto, así como menciona la norma ASTM C805-97, para luego ser descartados los 2 datos que no guardan relación con los demás o se alejan demasiado de manera ascendente y descendente.



Figura 16. Realizando los ensayos de esclerometría en el módulo 01 de la C6 del tercer piso, con el ingeniero Javier Colina Bernal y el Ing. Juan Villanueva.

- ✓ Posteriormente los datos obtenidos fueron procesados en gabinete.

▪ **Procedimiento de tratamiento y análisis de datos**

✓ **Propiedades mecánicas de los materiales**

La resistencia a compresión del concreto se determinó mediante los ensayos de esclerometría, otras propiedades consideradas en esta investigación se determinaron teniendo en cuenta consideraciones de las Normas E. 020, E.060 y también del expediente técnico de la I.E, en la siguiente tabla se muestra los valores.

Tabla 7.
Propiedades mecánicas de los materiales

Propiedad	Valor	Unidad
Peso Unitario del concreto	2400	Kg/m ³
Módulo de Fluencia del acero (A615-G60)	4200	Kg/cm ²
Relación de poisson C°A	0.15	-
Resistencia a compresión del concreto		
M01 Vigas	175.00	Kg/cm ²
M01 Columnas-Piso01	175.00	Kg/cm ²
M01 Columnas-Piso02	210.00	Kg/cm ²
M01 Columnas-Piso03	189.00	Kg/cm ²
M02 Vigas	175.00	Kg/cm ²
M02 Columnas-Piso01	204.00	Kg/cm ²
M02 Columnas-Piso02	193.00	Kg/cm ²
M02 Columnas-Piso03	173.00	Kg/cm ²
Peso unitario de la mampostería	1800	Kg/cm ³

✓ **Metrados de cargas**

Los metrados de cargas se realizaron considerando las cargas vivas y muertas según estipula nuestra normativa. Previo a realizar los metrados de cargas se definieron las cargas vivas para el cada ambiente según el uso que tiene, y también algunas cargas muertas. Estas cargas fueron determinadas con la norma E.020, en la siguiente tabla se muestra los valores.

Tabla 8.

Cargas vivas mínimas consideradas para cada ambiente según su uso

Ambiente	Carga viva (Kgf/m²)
Aula	250
SS-HH	300
Oficina de profesores	250
Corredor	400
Laboratorio de física y química	300
Taller de electrónica	350
Aula de uso múltiple	400
Sala de cómputo	300
Almacén (cómputo y física, química y biología.)	500
Jefatura (computo, electrónica)	250
Techo	30

Fuente: Norma Técnica E.020 (2006).

Tabla 9.

Pesos muertos

Descripción	Peso (Kgf/m²)
Losa e=20cm	300
Piso terminado	100

Fuente: Norma Técnica E.020 (2006).

Una vez definido las cargas vivas se realizó el metrado de cargas, considerando un área de influencia $4t$ (t = espesor de losa) par elementos que están paralelos al sentido de la losa. Y para el caso de elementos perpendiculares al sentido de la losa se consideró la mitad de la distancia de cada paño, Así como se muestra en la siguiente figura.

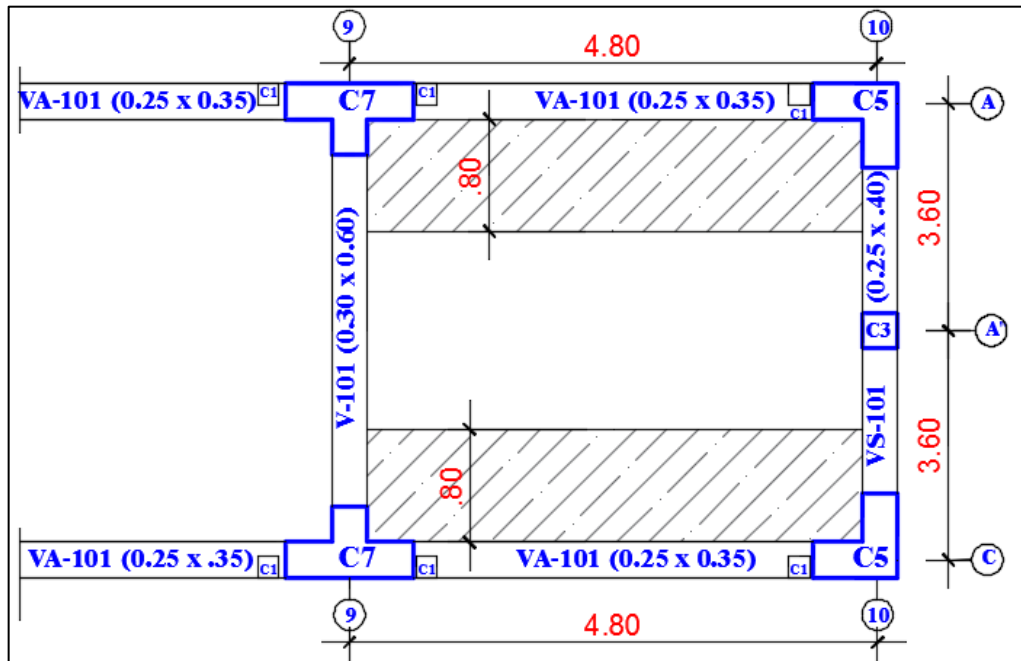


Figura 17. Área de influencia para elementos paralelos al sentido de losa, Eje A-A y C-C, Módulo 01.

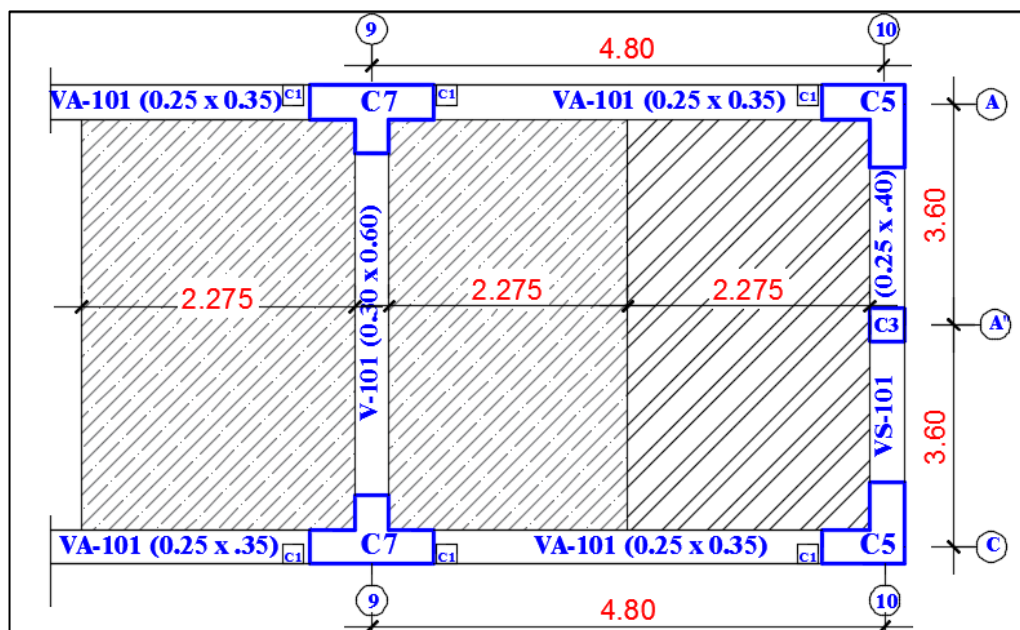


Figura 18. Área de influencia para elementos perpendicular al sentido de losa, Eje 9-9 y 10-10, Módulo 01.

✓ **Determinación de parámetros sísmicos**

Los parámetros sísmicos fueron determinados según la Norma Técnica E.030 a continuación se detalla cada parámetro. Y las consideraciones siguientes pertenece al M01 y M02.

- **Tipo de sistema estructural:** La edificación presenta un sistema a base de pórticos en los 2 sentidos X-X y Y-Y. Ante ello se considera un sistema aporticado.
- **Tipo de perfil de suelo (S):** Según los estudios de suelos de la I.E el tipo de suelo es un CL, perteneciente a una arcilla inorgánica de baja plasticidad, por lo que se consideró un perfil tipo S3.
- **Zonificación (Z):** La I.E se encuentra en la ciudad de Cajamarca, y esta ciudad está catalogada como una zona 3.
- **Regularidad estructural (R):** La estructura del módulo 01 no presenta Irregularidades en planta y altura, según como hace mención la tabla N° 8 y Tabla N° 9 de la Norma Técnica E.030, Pero la estructura del módulo 02 presenta irregularidad en planta debido a que tiene una esquina entrante.
- **Categoría de la edificación y factor de uso (U):** La edificación es una institución educativa, por lo que la norma considera que es una edificación esencial de categoría A2, así que se consideró un valor de 1.5.

Tabla 10.

Parámetros sísmicos pertenecientes al M01

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	R0	8	8
U	1.5	Ia	1	1
S	1.2	Ip	1	1
T _P	1	R	8	8
T _L	1.6	g	9.81	m/s ²

Tabla 11.

Parámetros sísmicos pertenecientes al M02

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	R0	8	8
U	1.5	Ia	1	1
S	1.2	Ip	0.9	0.9
T _P	1	R	7.2	7.2
T _L	1.6	g	9.81	m/s ²

✓ Cálculo de la cortante basal

La cortante basal se determinó con la ecuación 3 conjuntamente con los parámetros sísmicos de la edificación.

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S \times P}{R} \quad \text{Ecuación 3. Cortante basal}$$

Tabla 12.

Cortante basal para el M01

Parámetro sísmico	Valor
Factor de zona (Z)	0.35
Factor de amplificación del suelo (S)	1.2
Factor de uso de la edificación (U)	1.5
Factor de reducción (R)	8
Factor de amplificación sísmica (C)	2.5
Peso total del módulo	658.84 Tn
Cortante basal	129.71 Tn

Tabla 13.

Cortante basal para el M02

Parámetro sísmico	Valor
Factor de zona (Z)	0.35
Factor de amplificación del suelo (S)	1.2
Factor de uso de la edificación (U)	1.5
Factor de reducción (R)	7.2
Factor de amplificación sísmica (C)	2.5
Peso total del módulo	501.02 Tn
Cortante basal	109.60 Tn

✓ **Pushover-procedimiento estático no lineal con SAP 2000**

– **Determinación del momento-curvatura y momento-giro**

Un modelo sencillo para representar el comportamiento de las edificaciones aperturado duran terremotos fuertes, consiste en discretizar el comportamiento inelástico mediante rotulas que se ubican en las zonas donde se provee el comportamiento inelástico. Estas zonas están concentradas en los extremos de las vigas y columnas. Y para modelar cada rotula plástica es necesario desarrollar un análisis momento curvatura de la sección transversal para determinar sus propiedades de rigidez inicial (Momento por unidad de rotación), momento de fluencia efectivo, rigidez secundaria y la ubicación de la rótula con respecto a la cara de la columna.

La determinación de las propiedades antes mencionadas, en particular la ubicación de la rótula, es complicado por el hecho de que estas crecen en longitud durante el aumento de la deriva de piso (Toledo, 2011). Pero para propósitos de modelos analíticos se suele considerar una zona de daño equivalente en la cual se concentre toda la deformación inelástica, esta zona tiene una longitud L_p , una aproximación para la longitud efectiva es de 0.50

veces el peralte del elemento, ver figura 19 (Applied Technology Council, 1996).

Para representar la capacidad de rotación inelástica de los elementos se usa el diagrama Momento giro simplificado por trazos rectos, para obtener el valor de giro en la zona elástica bastara multiplicar la curvatura por “ L_p ”. (Navarro & Fernández, 2006), observar la figura 19.

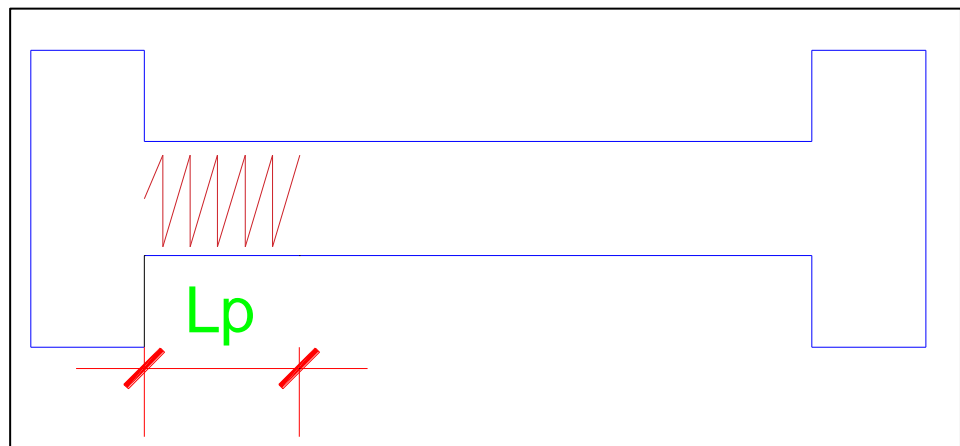


Figura 19. Longitud plástica. Allauca (2006).

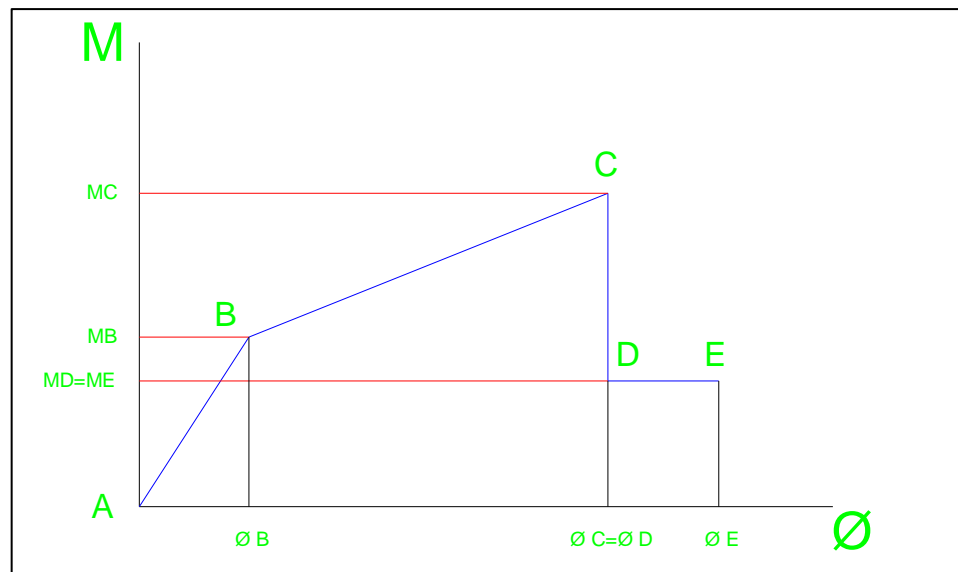


Figura 20. Idealización del diagrama momento-giro. Navarro & Fernández (2006).

El punto **B** se denomina fluencia efectiva del elemento, el punto **C** corresponde a la capacidad máxima resistente de la rótula. Se asume que luego de alcanzar la capacidad máxima de momento se produce una reducción súbita del mismo (hasta el 40%, conformando el punto **D**). Luego, el momento se mantiene constante por un tramo muy corto de deformación (10% del obtenido en el punto C) hasta que sobreviene la rotura, punto **E** (Navarro & Fernández, 2006).

El momento curvatura fue obtenido con el programa computacional SAP2000, de la siguiente manera:

- La sección se creó con la opción Define - Section Properties - Frame Section - Add New Properties - Type:Other - Section Designer. Luego se dibujó las secciones con sus medidas y su acero de refuerzo correspondientes, además de ello se asignó la resistencia a compresión del concreto.

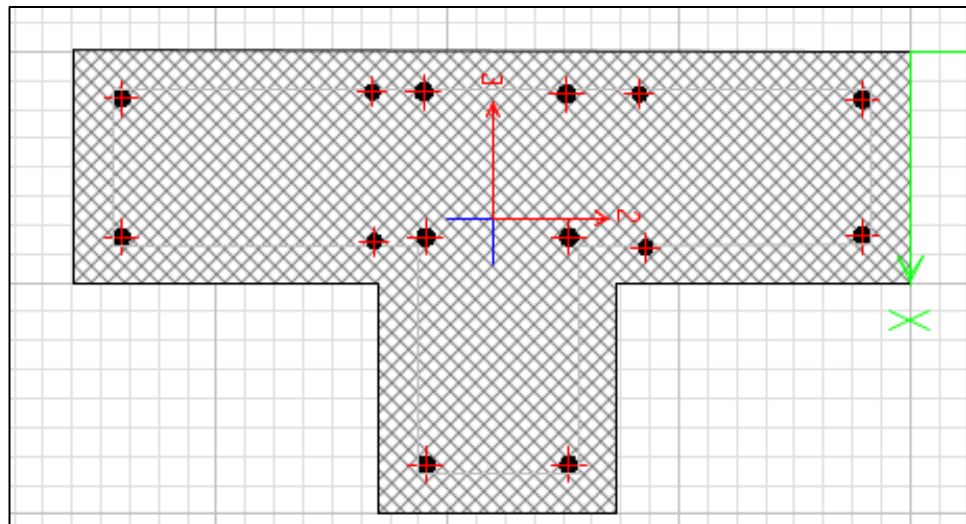


Figura 21. Creación de la sección de la columna 7 en la opción Section Designer.

- Luego para mostrar al momento curvatura se sigue las siguientes pestañas Display>Show Moments Curvature Curve, el gráfico correspondiente se muestra en la siguiente figura 22.

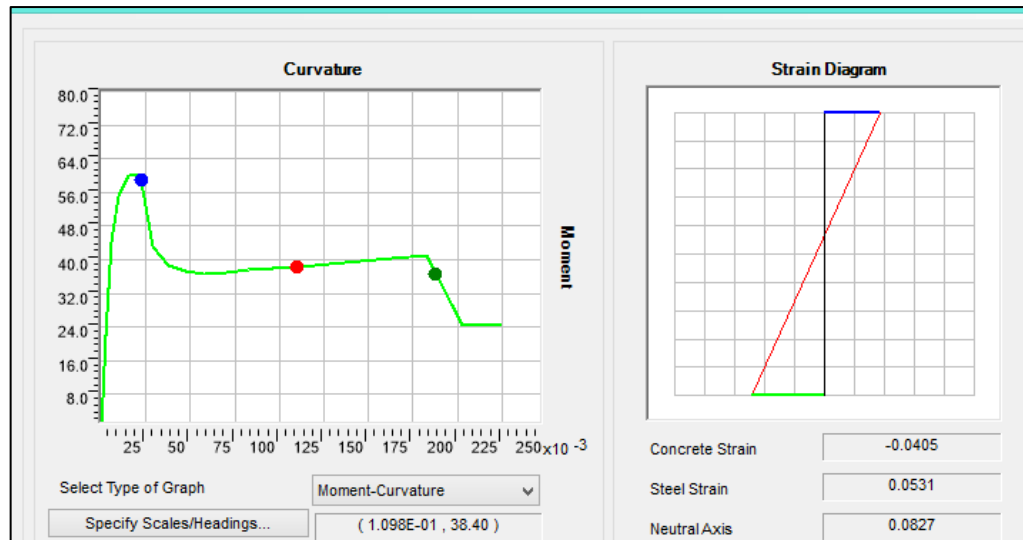


Figura 22. Diagrama momento curvatura para la columna 7.

En las tablas siguientes se muestran los Diagramas de momentos curvatura simplificados que han sido obtenidos con la función Section Designer del programa SAP2000. El diagrama momento giro que también se muestra seguidamente fue procesado en aparte con ayuda de hojas Excel, el valor se obtuvo multiplicando la curvatura por L_p .

Tabla 14.

Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 7

Sección C 07 (0.25/0.90 x 0.25/.50)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.45	0.0000
B	35.06	0.0040	0.45	0.0018
C	60.11	0.0176	0.45	0.0079
D	43.45	0.0289	0.45	0.0130
E	36.37	0.0553	0.45	0.0249
F	40.92	0.1803	0.45	0.0811
G	24.31	0.2027	0.45	0.0912
H	24.62	0.2250	0.45	0.1013

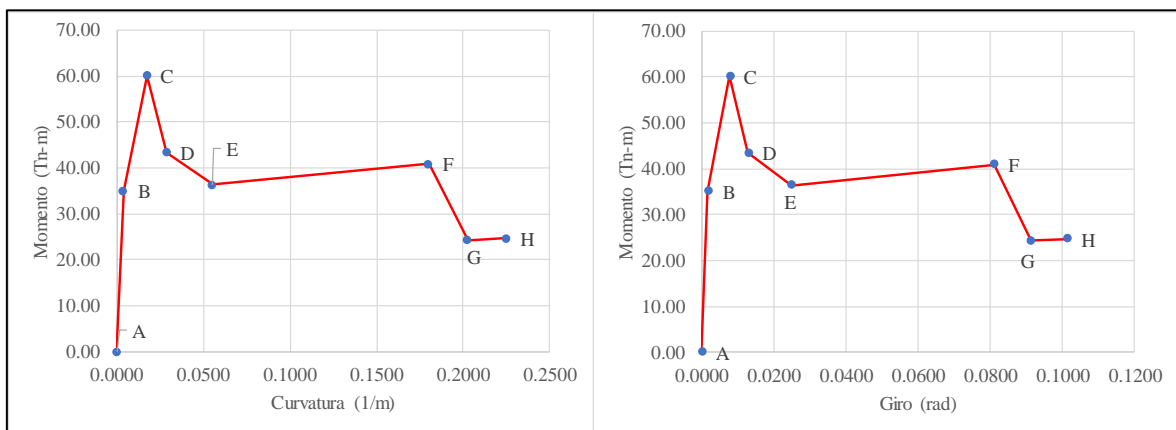


Figura 23. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 7.

Tabla 15.

Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 6

Sección C 06 (0.25 x 0.90)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.45	0.0000
B	40.76	0.0064	0.45	0.0029
C	55.82	0.0673	0.45	0.0303
D	47.93	0.0994	0.45	0.0447
E	43.76	0.1800	0.45	0.0810
F	15.14	0.2027	0.45	0.0912
G	15.14	0.2244	0.45	0.1010

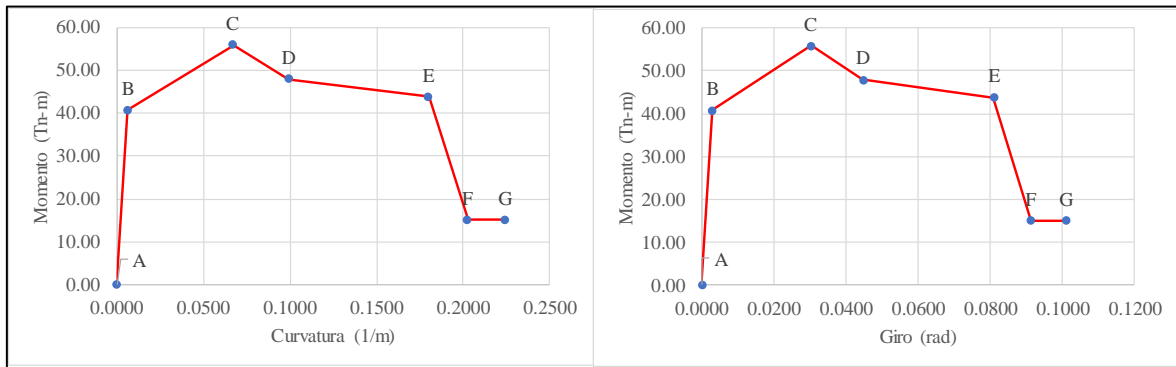


Figura 24. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 6.

Tabla 16.

Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 5

Sección C 05 (0.25/0.60 x 25/0.60)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.3	0.0000
B	29.94	0.0173	0.3	0.0052
C	43.83	0.1640	0.3	0.0492
D	26.05	0.1870	0.3	0.0561
E	26.99	0.2337	0.3	0.0701
F	18.33	0.2590	0.3	0.0777
G	18.33	0.2860	0.3	0.0858

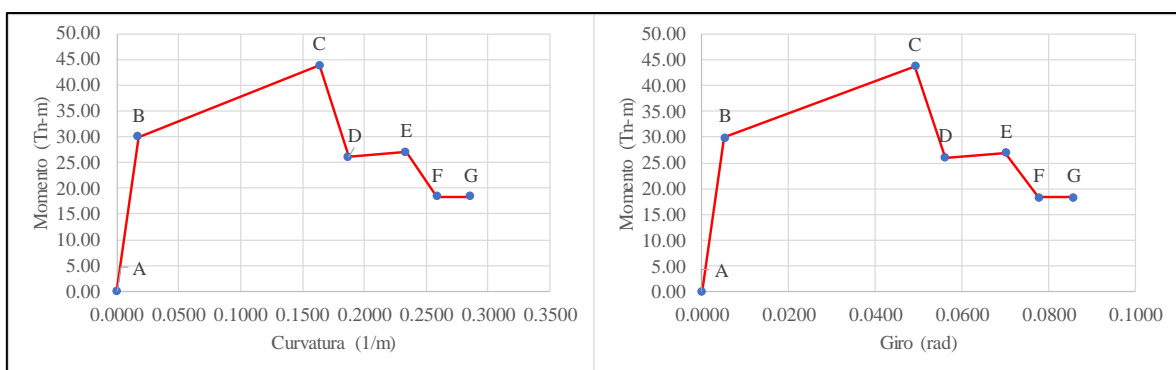


Figura 25. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 5.

Tabla 17.

Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 4

Sección C 04 (0.25/0.60)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.3	0.0000
B	15.35	0.0090	0.3	0.0027
C	22.89	0.1731	0.3	0.0519
D	21.08	0.2050	0.3	0.0615
E	6.23	0.2346	0.3	0.0704
F	6.23	0.3590	0.3	0.1077

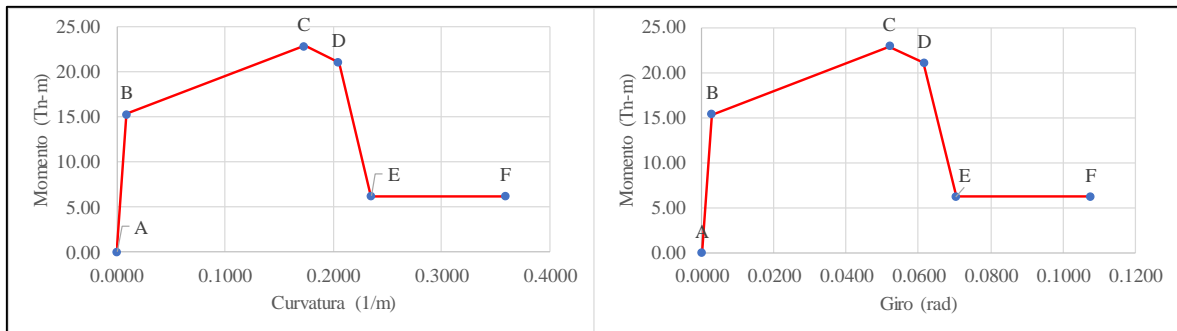


Figura 26. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 4.

Tabla 18.

Resultados momento-curvatura y momento-giro para la columna 3

Sección C 03 (0.25 x 0.25)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.125	0.0000
B	4.21	0.0289	0.125	0.0036
C	5.05	0.2500	0.125	0.0313
D	5.08	0.6827	0.125	0.0853
E	4.18	0.7067	0.125	0.0883
F	0.00	0.7837	0.125	0.0980

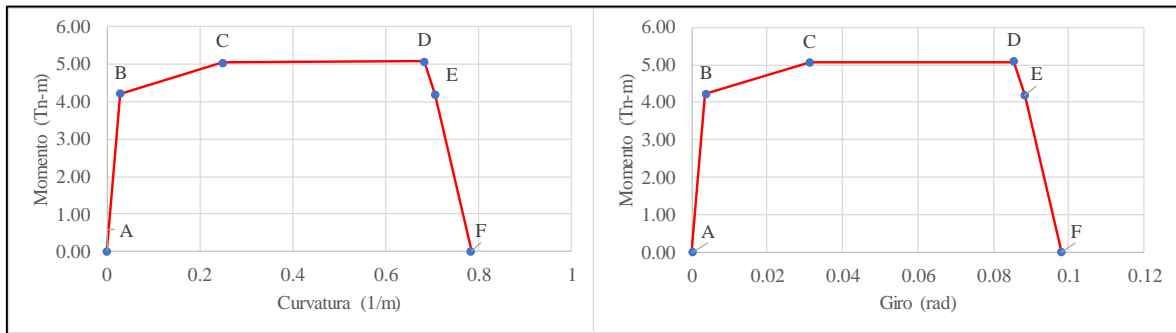


Figura 27. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la columna 3.

Tabla 19.

Resultados momento-curvatura y momento-giro VS 101,102,201,202,301 y 302 (0.25x0.40)

Sección VS 101,102,201,202,301 y 302 (0.25 x 0.40)

Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
-B	-5.58	-0.0173	0.2	-0.0035
-C	-7.11	-0.0960	0.2	-0.0192
-D	-7.94	-0.2519	0.2	-0.0504
-E	-0.55	-0.2960	0.2	-0.0592
-F	-0.45	-0.3550	0.2	-0.0710
-G	-0.20	-0.49	0.2	-0.0980
A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
B	5.58	0.0173	0.2	0.0035
C	7.11	0.0960	0.2	0.0192
D	7.94	0.2519	0.2	0.0504
E	0.55	0.2960	0.2	0.0592
F	0.45	0.3550	0.2	0.0710
G	0.20	0.49	0.2	0.0980

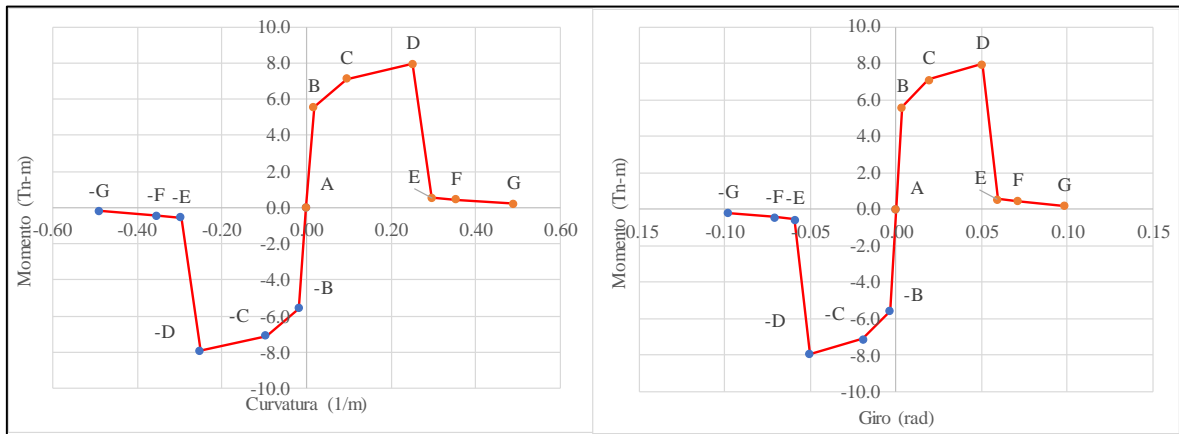


Figura 28. Diagrama momento-curvatura, momento-giro VS 101,102,201,202,301 y 302 (0.25x0.40).

Tabla 20.

Resultados momento-curvatura y momento-giro V 101,102,201 y 202 (0.30x0.60)

Sección V 101,102,201 y 202 (0.30 x 0.60)

Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
-B	-19.42	-0.0090	0.3	-0.0027
-C	-28.59	-0.1590	0.3	-0.0477
-D	-24.74	-0.2640	0.3	-0.0792
-E	-6.27	-0.2987	0.3	-0.0896
-F	-6.36	-0.3660	0.3	-0.1098
A	0.00	0.0000	0.3	0.0000
B	19.42	0.0090	0.3	0.0027
C	28.59	0.1590	0.3	0.0477
D	24.74	0.2640	0.3	0.0792
E	6.27	0.2987	0.3	0.0896
F	6.36	0.3660	0.3	0.1098

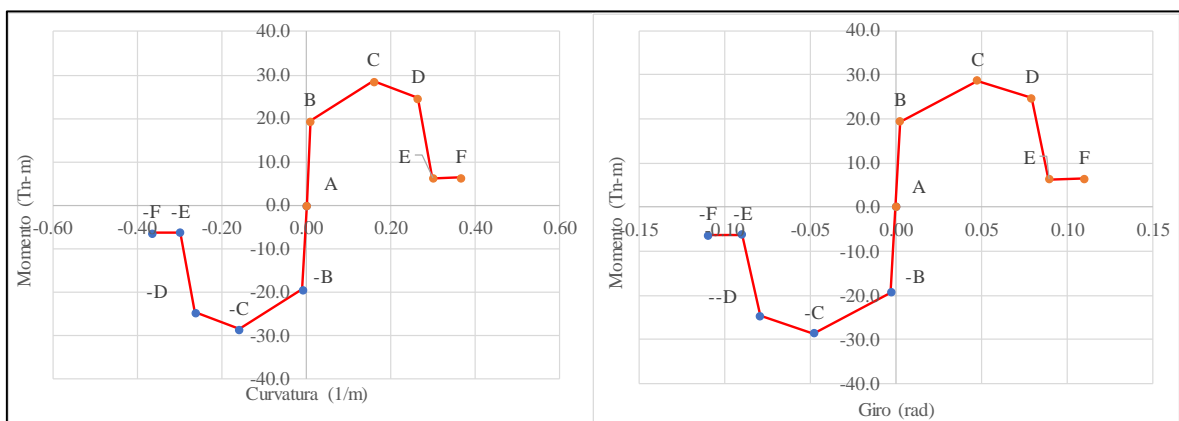


Figura 29. Diagrama momento-curvatura, momento-giro V 101,102,201 y 202 (0.30x0.60).

Tabla 21.

Resultados momento-curvatura y momento-giro VA 101,102,103,201,202 y 203 (0.25x0.35)

Sección VA 101,102,103,201,202 y 203 (0.25 x 0.35)

Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
-B	-4.66	-0.0180	0.175	-0.0031
-C	-6.09	-0.1460	0.175	-0.0256
-D	-6.44	-0.3077	0.175	-0.0538
-E	-0.49	-0.3640	0.175	-0.0637
-F	-0.22	-0.4660	0.175	-0.0816
A	0.00	0.0000	0.175	0.0000
B	4.66	0.0180	0.175	0.0031
C	6.09	0.1460	0.175	0.0256
D	6.44	0.3077	0.175	0.0538
E	0.49	0.3640	0.175	0.0637
F	0.22	0.4660	0.175	0.0816

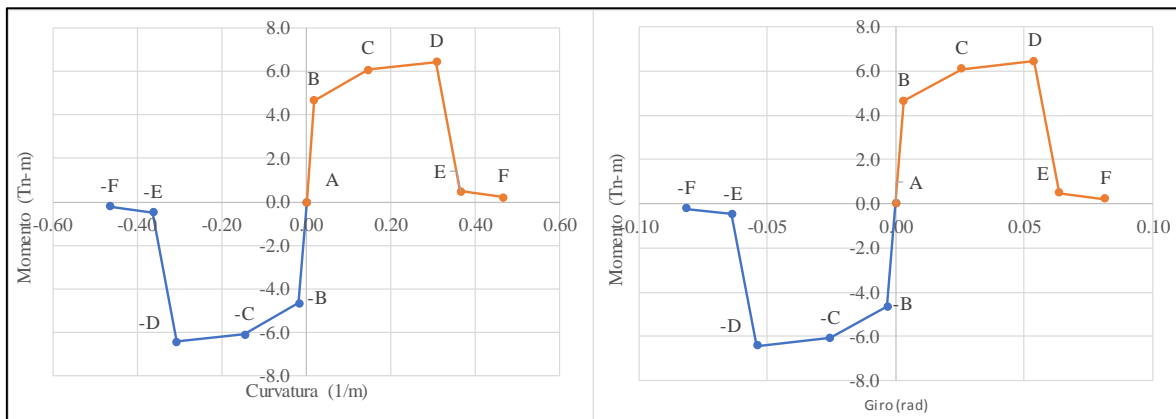


Figura 30. Diagrama momento-curvatura, momento-giro VA 101,102,103,201,202 y 203 (0.25x0.35).

Tabla 22.

Resultados momento-curvatura y momento-giro V 103-203 (0.25 x 0.40)

Sección V 103-203 (0.25 x 0.40)

Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
-B	-13.55	-0.0179	0.2	-0.0036
-C	-18.54	-0.2179	0.2	-0.0436
-D	-18.59	-0.3410	0.2	-0.0682
-E	-0.64	-0.3890	0.2	-0.0778
A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
B	13.55	0.0179	0.2	0.0036
C	18.54	0.2179	0.2	0.0436
D	18.59	0.3410	0.2	0.0682
E	0.64	0.3890	0.2	0.0778

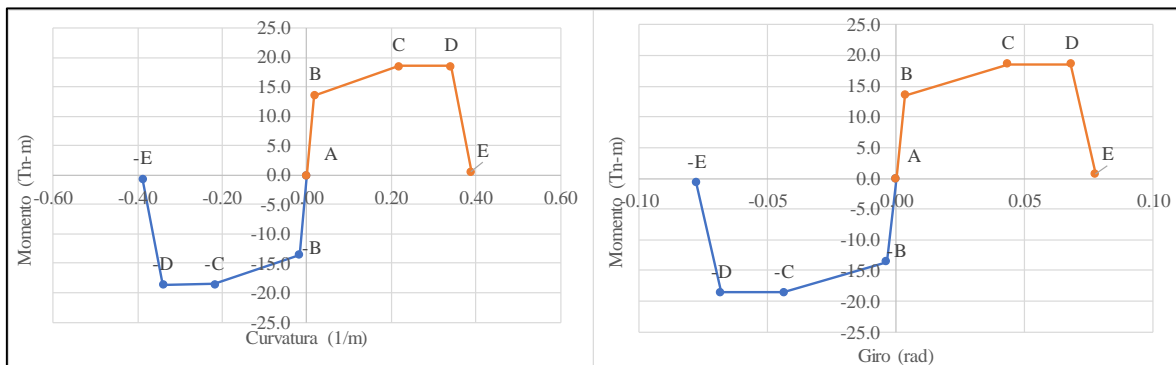


Figura 31. Diagrama momento-curvatura, momento-giro V 103-203 (25 x 40).

Tabla 23.

Resultados momento-curvatura y momento-giro VB 101,201 y301 (0.25 x 0.20)

Sección VB 101-201 (0.25 x 0.20)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.1	0.0000
-B	-1.41	-0.0226	0.1	-0.0023
-C	-1.95	-0.1987	0.1	-0.0199
-D	-1.69	-0.5060	0.1	-0.0506
-E	-1.73	-0.8460	0.1	-0.0846
F	-0.46	-0.9870	0.1	-0.0987
G	-0.04	-1.1200	0.1	-0.1120
A	0.00	0.0000	0.1	0.0000
B	1.41	0.0226	0.1	0.0023
C	1.95	0.1987	0.1	0.0199
D	1.69	0.5060	0.1	0.0506
E	1.73	0.8460	0.1	0.0846
F	0.46	0.9870	0.1	0.0987
G	0.04	1.1200	0.1	0.1120

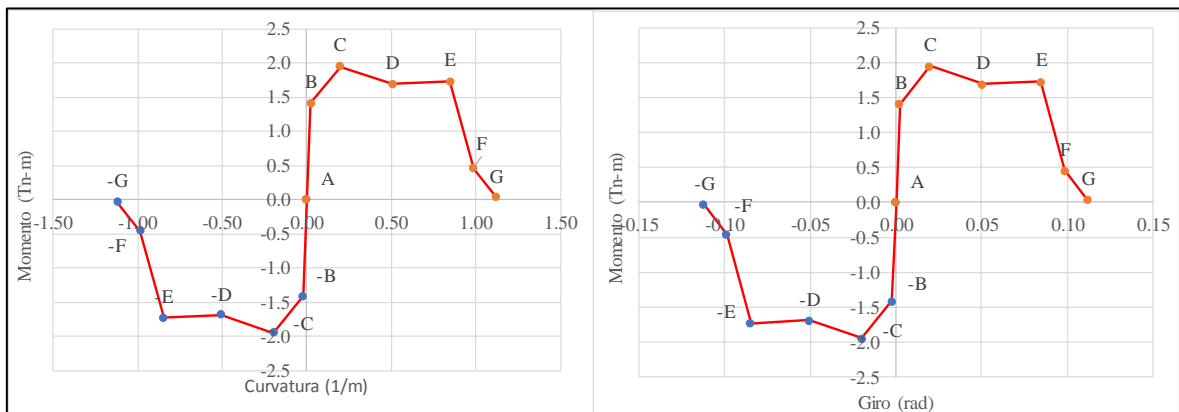


Figura 32. Diagrama momento-curvatura, momento-giro para la VB 101-201 0.25 x 0.20.

Tabla 24.

Resultados momento-curvatura y momento-giro V 104-204 (0.25 x 0.40)

Sección V 104-204 (0.25 x 0.40)

Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
-B	-11.45	-0.0173	0.2	-0.0035
-C	-11.86	-0.0385	0.2	-0.0077
-D	-13.93	-0.0904	0.2	-0.0181
-E	-15.70	-0.2192	0.2	-0.0438
F	-12.44	-0.4538	0.2	-0.0908
G	-0.35	-0.5385	0.2	-0.1077
A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
B	11.45	0.0173	0.2	0.0035
C	11.86	0.0385	0.2	0.0077
D	13.93	0.0904	0.2	0.0181
E	15.70	0.2192	0.2	0.0438
F	12.44	0.4538	0.2	0.0908
G	0.35	0.5385	0.2	0.1077

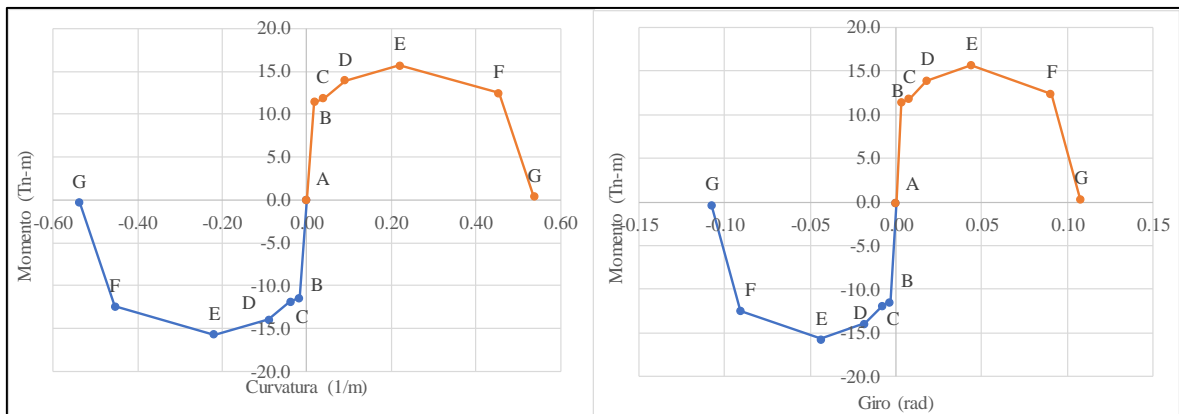


Figura 33. Diagrama momento-curvatura, momento-giro V 104-204 (0.25 x 0.40).

Tabla 25.

Resultados momento-curvatura y momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.60)

Sección viga 3° nivel (0.25 x 0.60)					
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)	
A	0.00	0.0000	0.3	0.0000	
-B	-13.64	-0.0090	0.3	-0.0027	
-C	-17.47	-0.0603	0.3	-0.0181	
-D	-20.49	-0.1782	0.3	-0.0535	
-E	-4.54	-0.2051	0.3	-0.0615	
F	-4.31	-0.3244	0.3	-0.0973	
G	-0.50	-0.3641	0.3	-0.1092	
A	0.00	0.0000	0.3	0.0000	
B	13.64	0.0090	0.3	0.0027	
C	17.47	0.0603	0.3	0.0181	
D	20.49	0.1782	0.3	0.0535	
E	4.54	0.2051	0.3	0.0615	
F	4.31	0.3244	0.3	0.0973	
G	0.50	0.3641	0.3	0.1092	

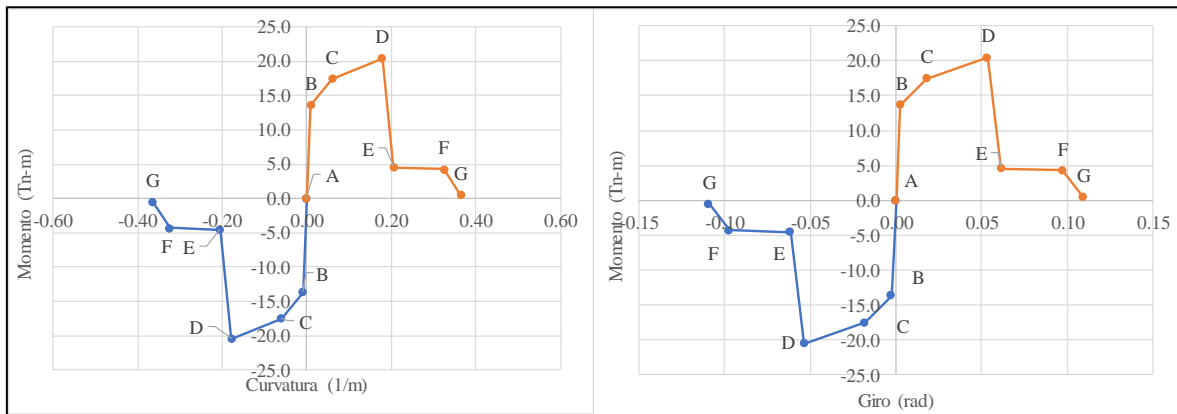


Figura 34. Diagrama momento-curvatura, momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.60).

Tabla 26.

Resultados momento-curvatura y momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.35)

Sección viga 3° nivel (0.25 x 0.35)

Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
-A	0.00	0.0000	0.175	0.0000
-B	-3.10	-0.0090	0.175	-0.0016
-C	-3.90	-0.0897	0.175	-0.0157
-D	-4.43	-0.3000	0.175	-0.0525
-E	-0.42	-0.3615	0.175	-0.0633
-F	-0.40	-0.5154	0.175	-0.0902
-G	-0.14	-0.5846	0.175	-0.1023
A	0.00	0.0000	0.175	0.0000
B	3.10	0.0090	0.175	0.0016
C	3.90	0.0897	0.175	0.0157
D	4.43	0.3000	0.175	0.0525
E	0.42	0.3615	0.175	0.0633
F	0.40	0.5154	0.175	0.0902
G	0.14	0.5846	0.175	0.1023

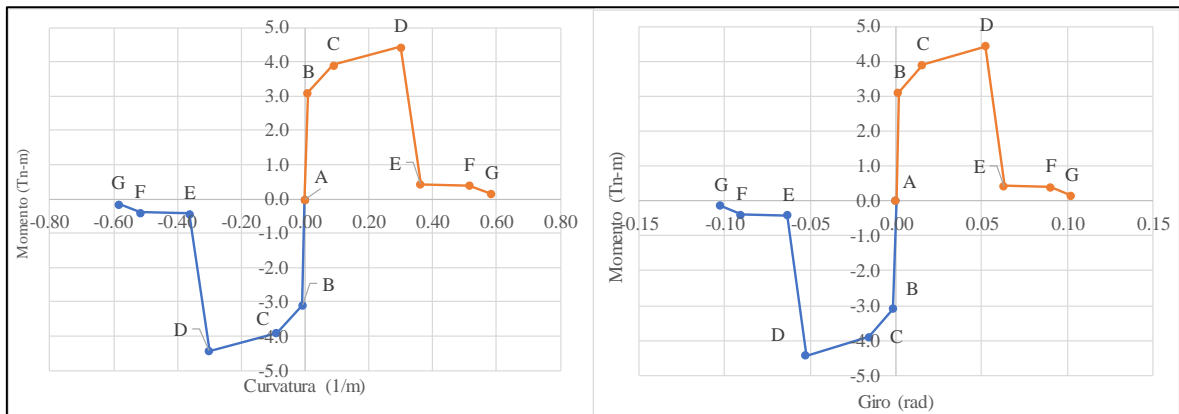


Figura 35. Diagrama momento-curvatura, momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.35).

Tabla 27.

Resultados momento-curvatura y momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.40)

Sección V302 (0.25 x 0.40)				
Punto	Momento	Curvatura (1/m)	Lp (0.5 x h)	Giro (Curv x Lp)
-A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
-B	-5.41	-0.0135	0.2	-0.0027
-C	-7.20	-0.1058	0.2	-0.0212
-D	-7.94	-0.2519	0.2	-0.0504
-E	-0.55	-0.2981	0.2	-0.0596
-F	-0.47	-0.3500	0.2	-0.0700
-G	-0.17	-0.5288	0.2	-0.1058
A	0.00	0.0000	0.2	0.0000
B	5.41	0.0135	0.2	0.0027
C	7.20	0.1058	0.2	0.0212
D	7.94	0.2519	0.2	0.0504
E	0.55	0.2981	0.2	0.0596
F	0.47	0.3500	0.2	0.0700
G	0.17	0.5288	0.2	0.1058

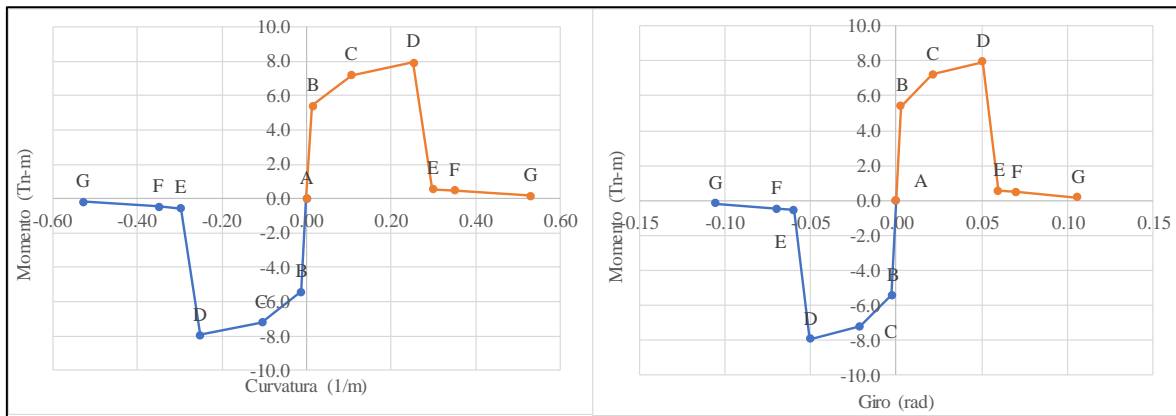


Figura 36. Diagrama momento-curvatura, momento-giro viga 3° nivel (0.25 x 0.40).

– **Análisis estático no lineal (Pushover)**

Para determinar el punto de desempeño de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara, se hizo un análisis Pushover que a continuación se detalla el procedimiento del análisis realizado en el Software SAP2000.

- Se inició creando una grilla con datos en los ejes X, Y y Z, con las medidas correspondientes de cada eje que fueron obtenidas de los planos.

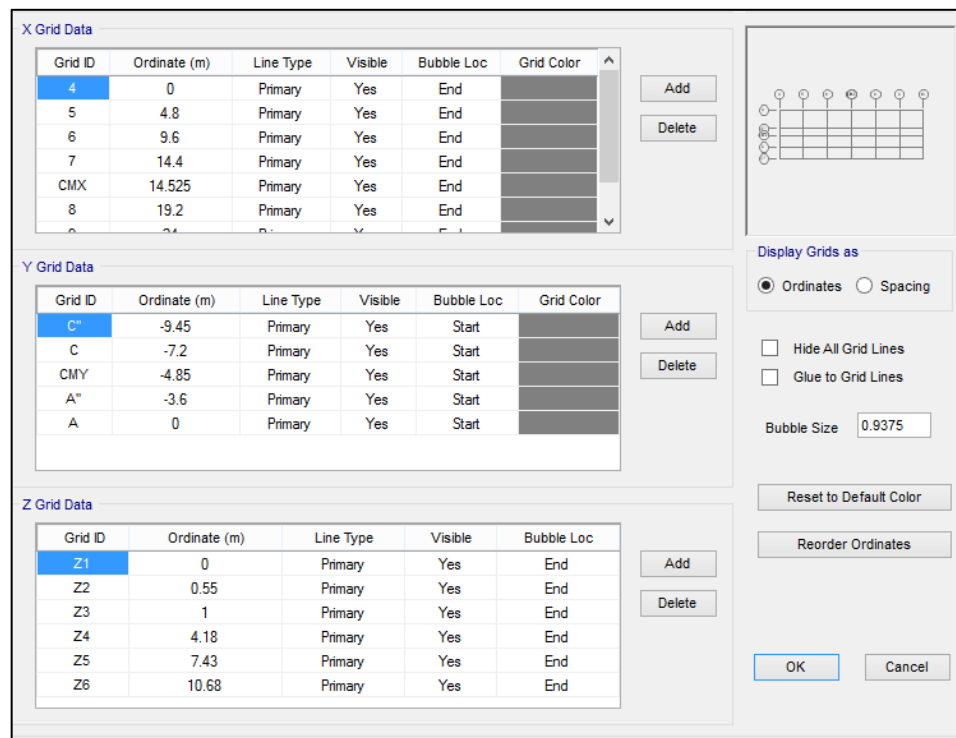


Figura 37. Asignación de medidas en la grid data X, Y y Z para la creación del modelo aporticado.

- Ya definido los datos en la Grid Data se la dio OK y seguidamente nos mostró la estructura en 3D.

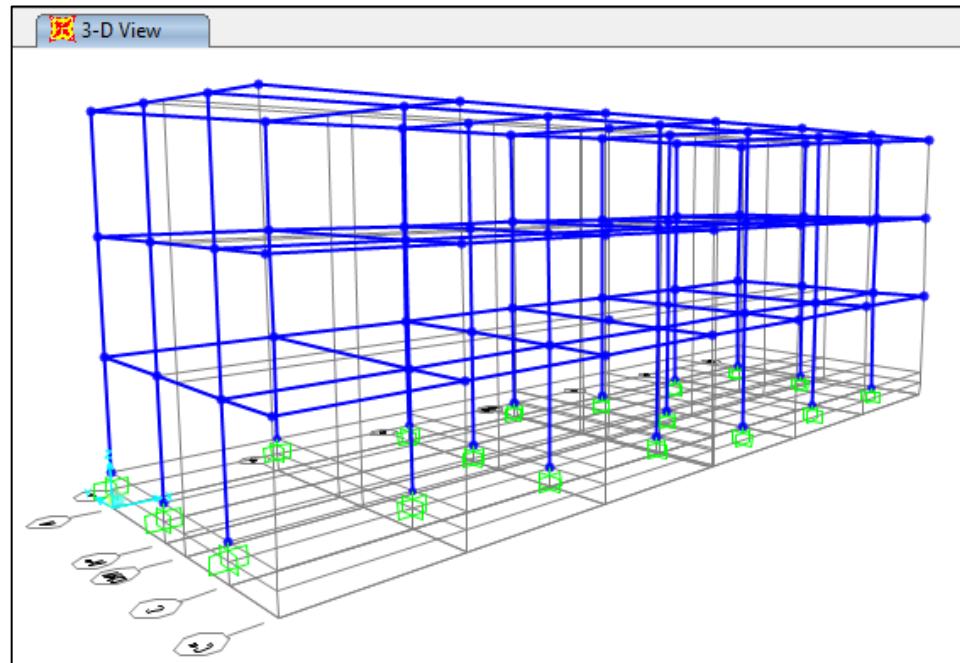


Figura 38. Presentación de la estructura en 3D.

- Luego se definieron los materiales con las opciones Define-Materials y se colocaron todas propiedades de los materiales.

General Data	
Material Name and Display Color	Columnas 1 piso FC=175kg/cm
Material Type	Concrete
Material Grade	
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	2.4
Mass per Unit Volume	0.2447
Units	
	Tonf, m, C
Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	1984313.5
Poisson, U	0.15
Coefficient Of Thermal Expansion, A	9.900E-06
Shear Modulus, G	862745.

Figura 39. Definición de materiales.

- También se definieron las secciones de los elementos estructurales, para ello se hizo a través de la opción Define-Section Properties-Frame Section-Add New Properties, y aquí se definió las dimensiones de **bxh** y el material correspondiente. Seguidamente se definió la cantidad de acero de refuerzo de cada sección en la opción Concrete Reinforcement y designamos si es viga o columna en la función Desing Type.

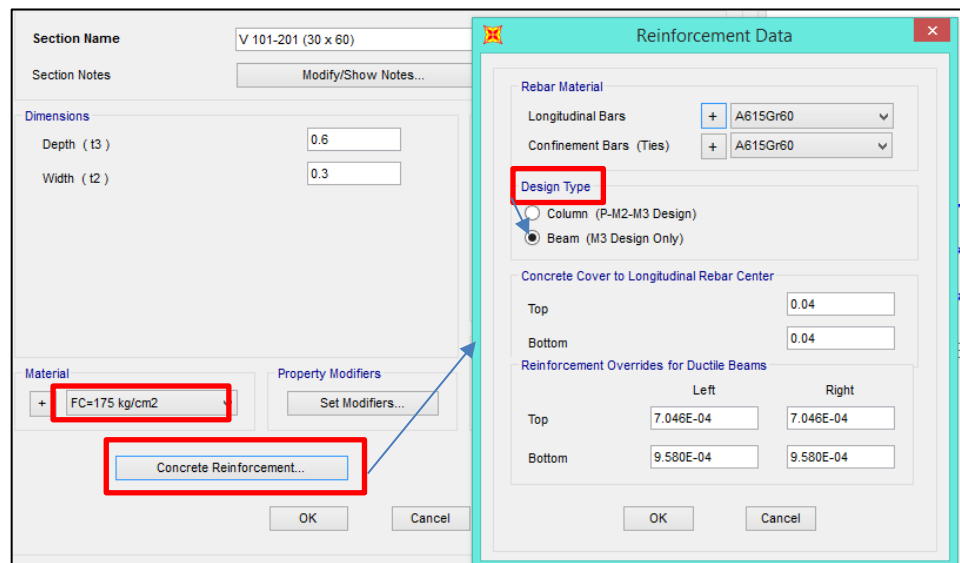


Figura 40. Asignación de las dimensiones y acero de refuerzo a las secciones respectivas.

- Posteriormente se le asignó las secciones a las vigas y columnas definidas anteriormente, se realizó con la función Asing – Frame - Frame Section. En la siguiente figura se muestra las secciones asignadas a todos elementos estructurales (ver figura 41).
- Una vez modelado la estructura se procedió a crear los patrones de carga, para nuestro caso se definió carga muerta (CM), carga viva (CV) y carga viva de techo (CVT), esto realizó mediante la opción Define-Load Patterns y automáticamente aparece la tabla que se muestra en la figura 42.

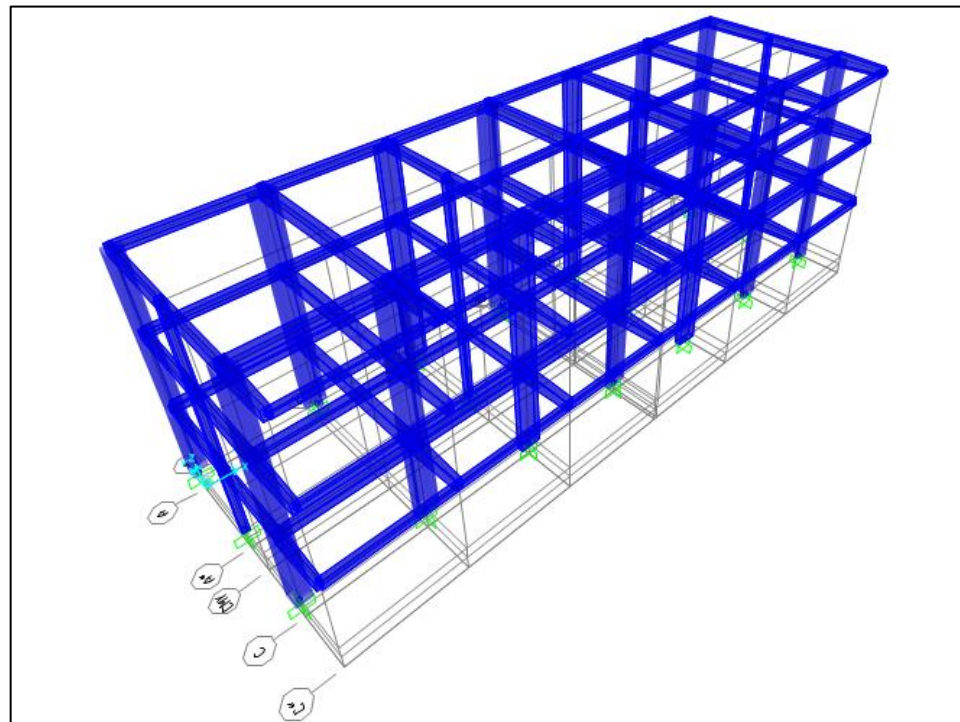


Figura 41. Secciones asignadas a cada elemento estructural.

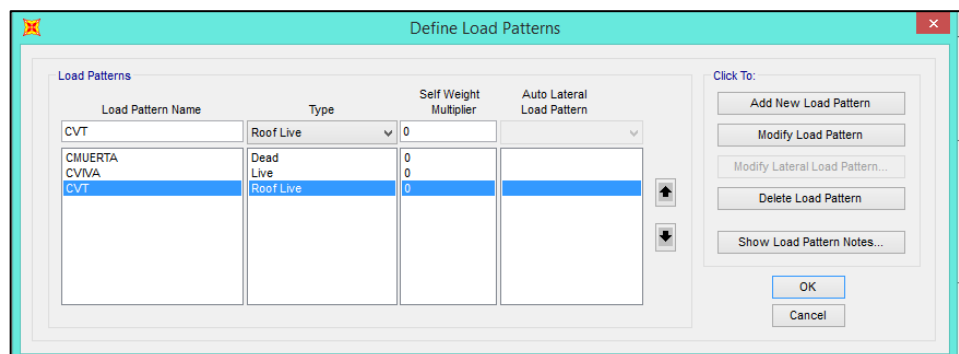


Figura 42. Definición de patrones de cargas.

- Ya definido los patrones de carga se procedió a asignar las cargas a las vigas de cada eje, que previamente fueron calculadas teniendo en cuenta las consideraciones de la Norma Técnica E.030. Estas se asignaron seleccionando la viga y yendo a la opción Asing - Frame Loads – Distributed.

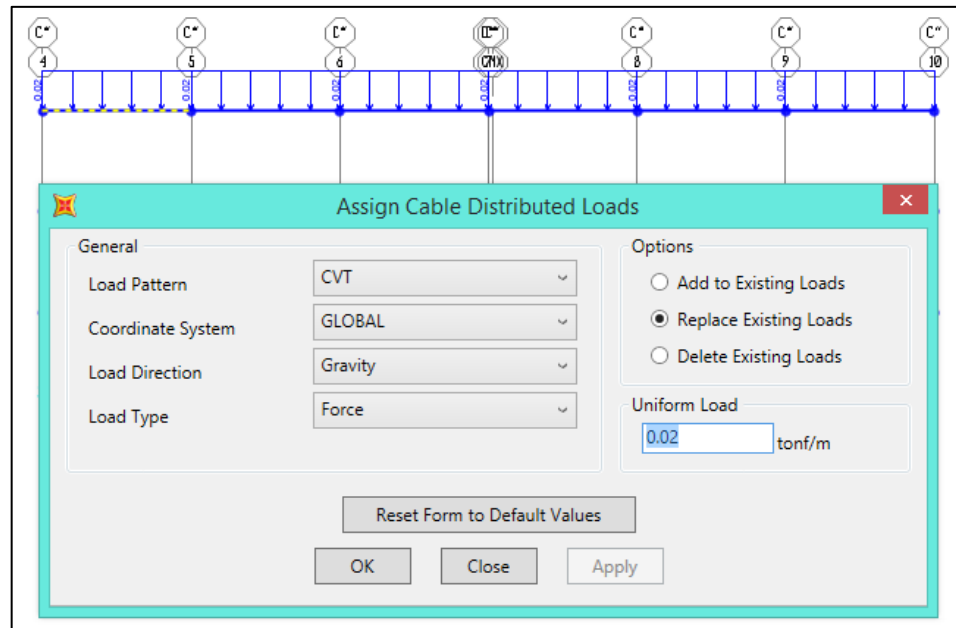


Figura 43. Asignación de cargas a cada una de las vigas.

Definición del patrón de cargas lateral, (Applied Technology Council, 1996) propone 5 patrones de cargas lateral siendo el más recomendado a utilizar las fuerzas del primer modo de vibración como modo fundamental que estas a la vez se deben analizar conjuntamente con las fuerzas de gravedad, pero (Toledo, 2011) menciona que las demás cargas también es recomendable usarlas, es por ello que para esta investigación se usó un patrón de carga que corresponde a la distribución de fuerza sísmica según nuestra Norma Técnica E.030.

- El paso siguiente paso previo para realizar un análisis estático no lineal para cargas laterales es necesario realizar un caso de carga no lineal para cargas gravitacionales considerando sus respectivos factores de amplificación según menciona la Norma Técnica E.030 para diseño sísmico. Se realizó a través de las opciones Define - Load cases-Add New Cases.

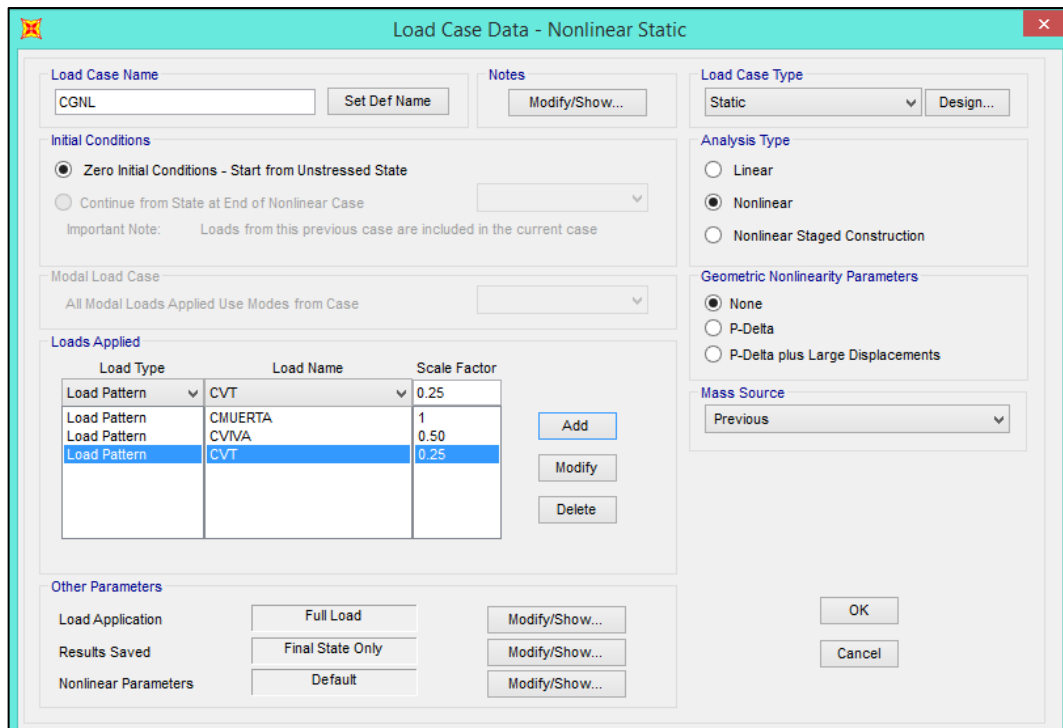


Figura 44. Caso de carga gravitacional no lineal.

- El otro paso previo para el análisis estático no lineal es definir la carga lateral no lineal, que en esta investigación es una carga no lineal para la distribución por código. Para ello se hizo con la opción Define - Load cases - Add New Cases, y donde se definió los sismos en los sentidos X e Y. Además, se seleccionó que análisis se haga por control de desplazamiento, por lo que se tomó un nudo de control en el centro de la estructura. Y se asumió que este se desplazará 0.50 m. (Figura 45)
- Luego se definió el espectro que especifica la Norma Técnica E.030. Para ello se definió con la opción Define – Función - Response Spectrum – Add New Function, el gráfico de muestra en la figura 46.

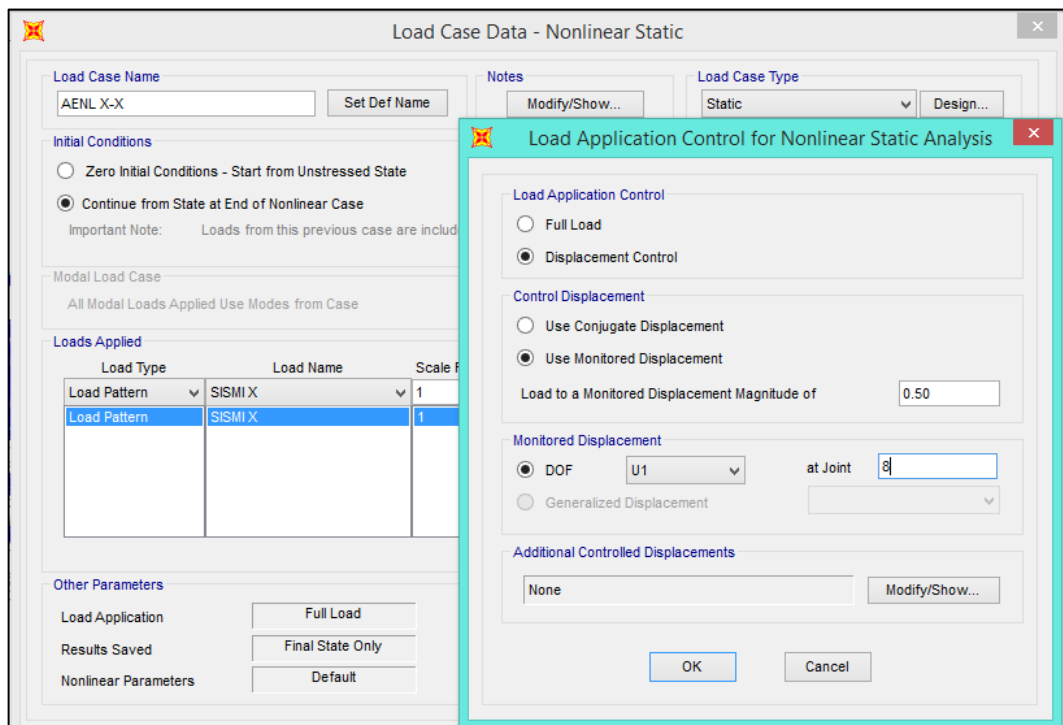


Figura 45. Caso de carga lateral no lineal.

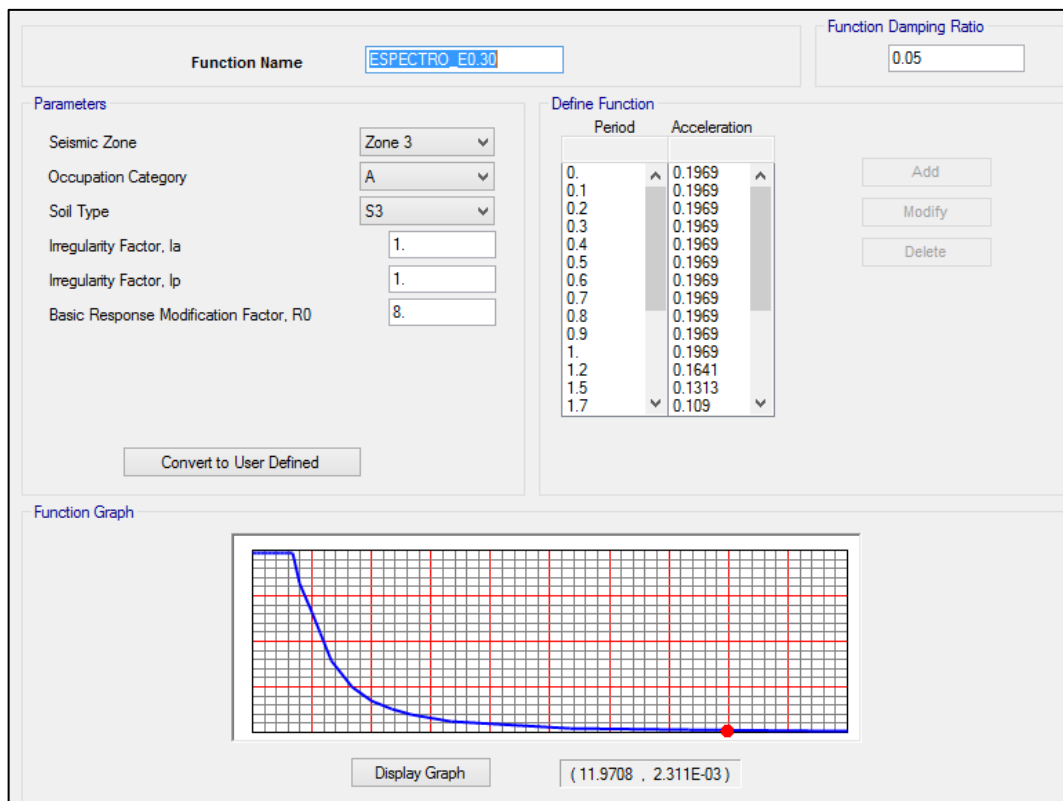
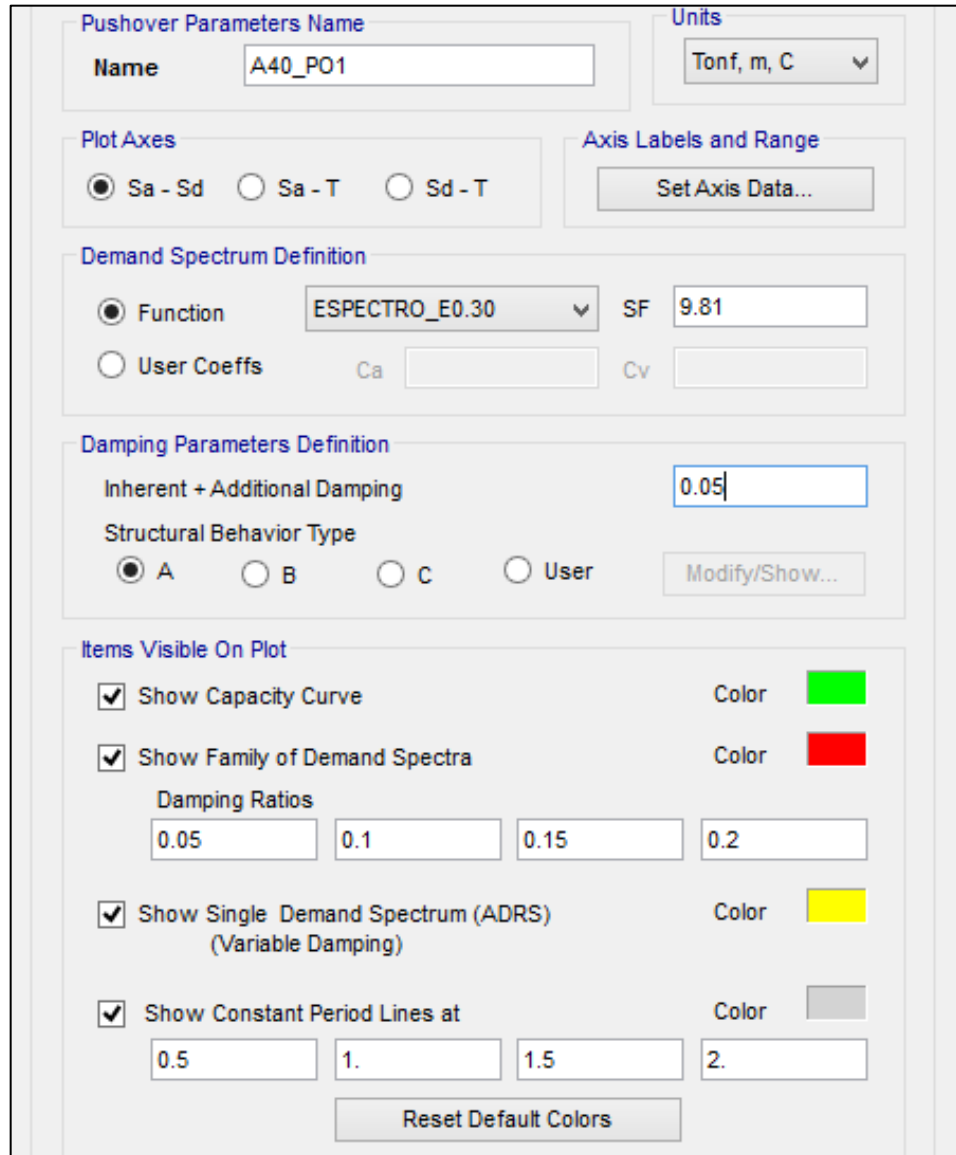


Figura 46. Espectro según la norma E.030.

- El análisis estático no lineal se realizó teniendo en cuenta las consideraciones propuestas por el ATC-40, así que se definió sus parámetros del Pushover, para ello seleccionamos la opción Define-Pushover Parameter Sets y escogimos “ATC 40 Capacity Spectrum. Luego se configuraron los parámetros que se muestran en la figura 47.



The screenshot shows the configuration window for Pushover Parameters. The 'Name' field is set to 'A40_PO1' and 'Units' is 'Tonf, m, C'. Under 'Plot Axes', 'Sa - Sd' is selected. 'Demand Spectrum Definition' is set to 'Function' with 'ESPECTRO_E0.30' and 'SF' of '9.81'. 'Damping Parameters Definition' shows 'Inherent + Additional Damping' at '0.05' and 'Structural Behavior Type' as 'A'. The 'Items Visible On Plot' section has checkboxes for 'Show Capacity Curve' (green), 'Show Family of Demand Spectra' (red), 'Show Single Demand Spectrum (ADRS) (Variable Damping)' (yellow), and 'Show Constant Period Lines at' (grey) with values 0.5, 1, 1.5, and 2.

Figura 47. Configuración de los parámetros para el método del Espectro de Capacidad.

- En este ítem se asignó las rótulas plásticas, para las vigas y columnas se asignaron 2 ubicadas en los extremos, Toledo (2011) especifica que para vigas se usarán 2 ubicadas en los extremos (y a excepción también se puede utilizar una en el centro con la finalidad de mejorar la deflectada del elemento) pero para esta investigación se consideró 2, debido a que durante los sismos el comportamiento inelástico se da en las zonas adyacentes a los nudos en una longitud determina “ L_p ” (0.40 a 0.50 veces el peralte del elemento). Estas se trabajaron con los diagramas del ASCE 41-13 y gráficos normalizados que el SAP2000 utiliza para asignar rótulas automáticamente, Para asignar, seleccionamos cada uno de los elementos, y mediante la opción Assing – Frame - Hinges se asignó la distancia (esta distancia “ L_p ” se expresa en un porcentaje del total de la distancia del elemento a la estará ubicada cada rotula plástica), se eligió Add Hinge y Finalmente se define sus propiedades.

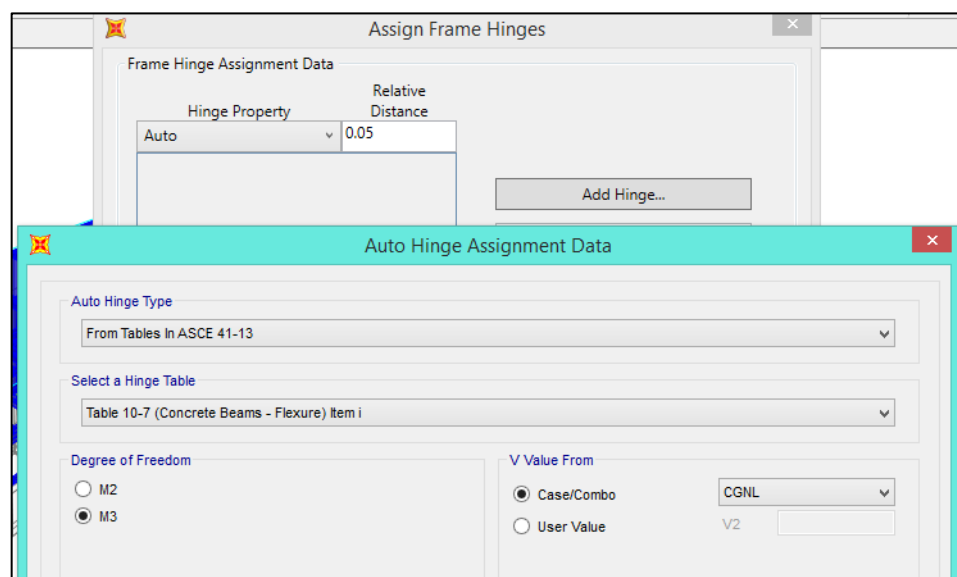


Figura 48. Asignación de rotulas plásticas.

- Completado los pasos anteriores se procedió hacer a realizar el análisis estático no lineal pulsando la opción “Run Now”, se hicieron correr todas las cargas que se definió anteriormente (Carga Gravitacional No Lineal (CGNL), Carga Lateral No lineal (AENL) y el análisis modal (ver figura 49).
- Terminado el análisis se recurrió a la opción Display - Show Static Pushover Curve para visualizar la curva de capacidad. Y en la cual se puede apreciar a la curva de capacidad en función del desplazamiento máximo generado en el último piso de la estructura inducido por una cantidad de fuerza cortante. Y para visualizarlo la curva de capacidad en función del desplazamiento y aceleración espectral (espectro de capacidad) vamos a Plot Type y seleccionamos ATC-40 Capacity Spectrum.

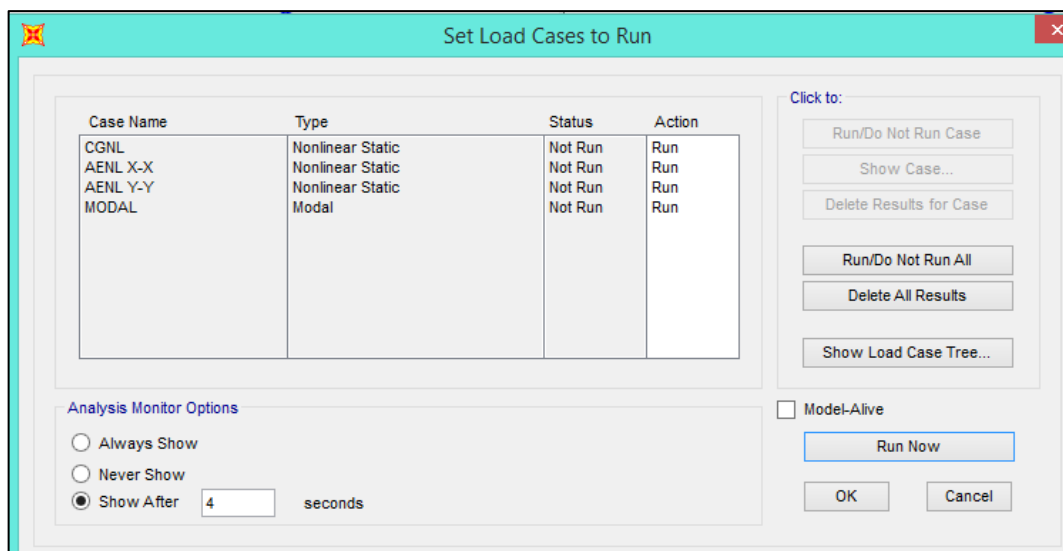


Figura 49. Casos que cargas que fueron corridas por el programa SAP2000.

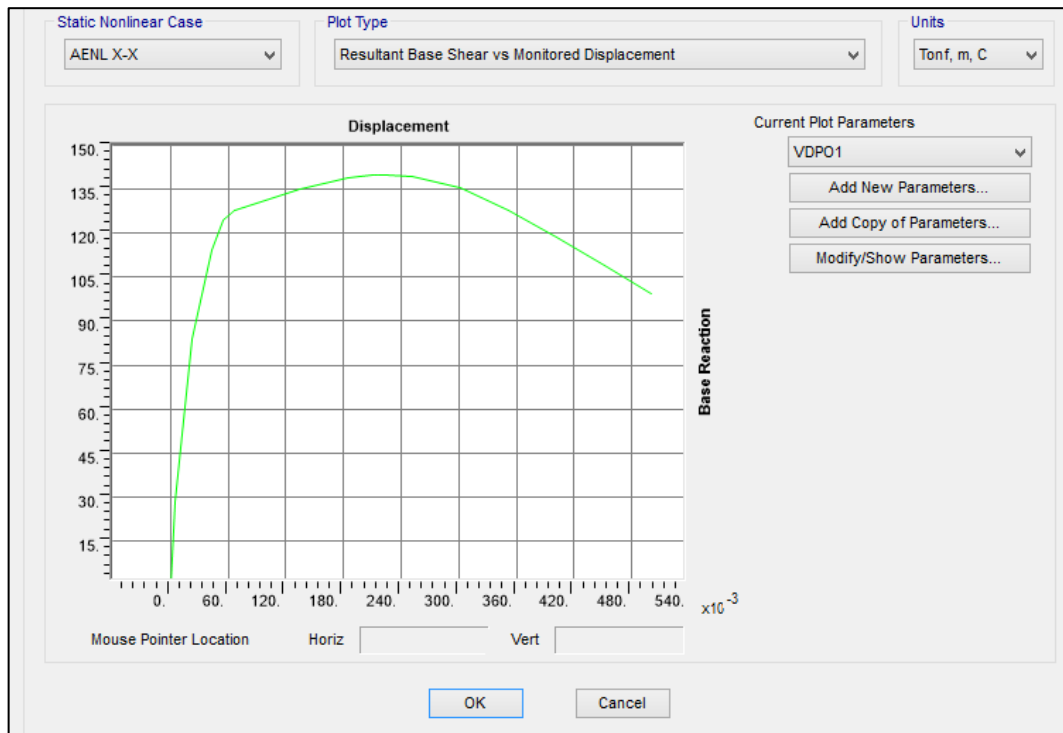


Figura 50. Curva de capacidad procedente del Análisis Estático no Lineal.

- En este paso se procedió a determinar el punto de desempeño, continuando del paso anterior se seleccionó en Plot Type la opción ATC-40 Capacity Spectrum, luego seleccionamos Modify Show Parameters para modificar los coeficientes que usó para cada nivel de amenaza.

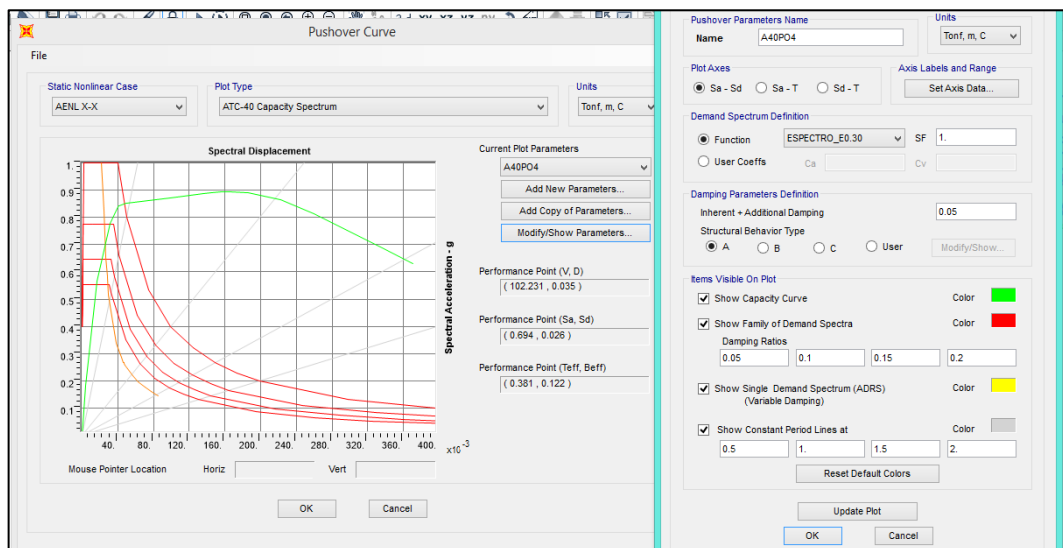


Figura 51. Determinación del punto de desempeño.

- Luego, mediante la opción Display – Show Deformed Shape se visualizó la secuencia de formación de las rótulas plásticas para cada proceso iterativo. En la figura 52, se muestra la formación de rótulas para la iteración 5, y mediante la escala de la parte derecha de la figura se puede inferir que las rotulas están en un estado operacional, pero la formación de rótulas en las columnas hace que la estructura pierda rigidez.

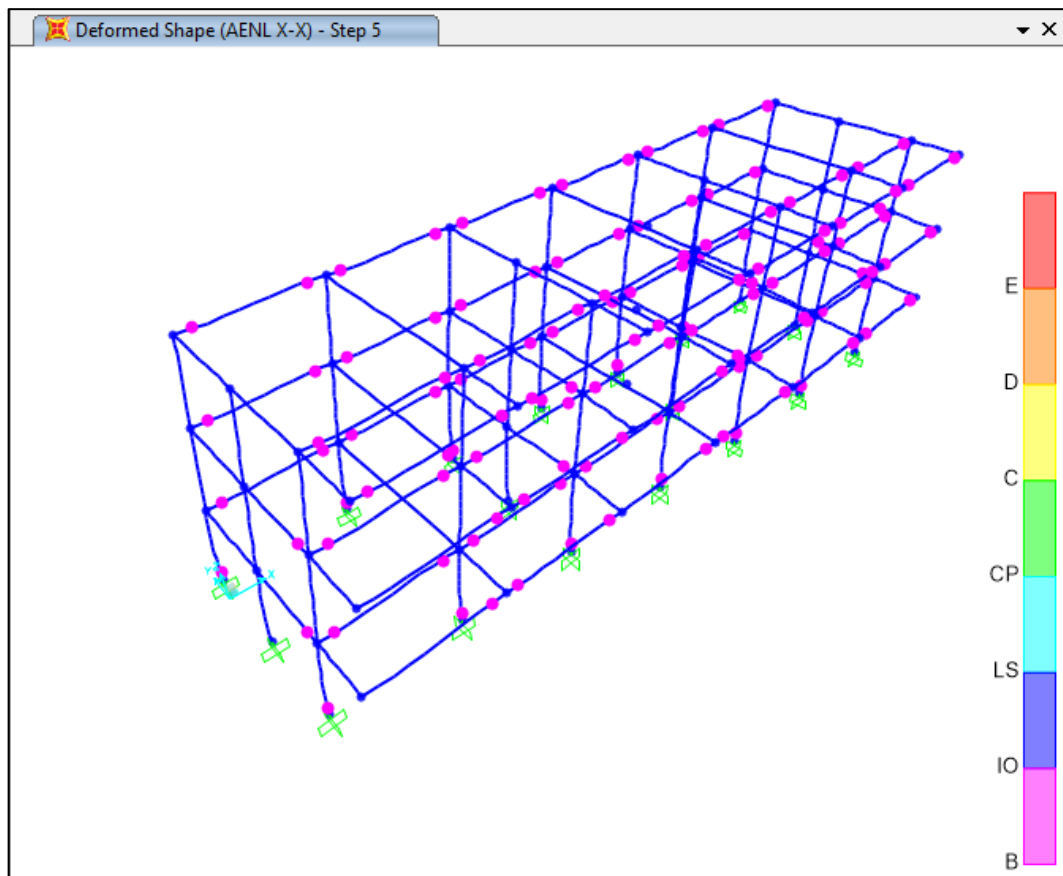


Figura 52. Formación de rótulas plásticas para la iteración 5 en la dirección X-X.

Los resultados que se han obtenido mediante la metodología planteada se muestran a continuación

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados para el módulo 01 de la Institución Educativa Técnica en la dirección “X”

Los resultados de la aplicación del sismo en la dirección “X” se muestran a continuación.

✓ Curva de capacidad

Al someter la estructura al análisis Pushover, inducidas por el sismo en la dirección “X”. Se obtuvieron los siguientes valores del desplazamiento en el punto de control que fueron generados por las cortantes basales.

Tabla 28.

Valores de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “X”

Punto	Desplazamiento en el techo (m)	Cortante Basal (Tnf)
0	0.0000	0.0000
1	0.0033	16.3987
2	0.0062	29.9035
3	0.0121	45.3376
4	0.0150	59.8071
5	0.0209	75.2412
6	0.0282	90.6752
7	0.0371	105.6270
8	0.0488	119.6142
9	0.0621	127.3312
10	0.1194	135.0482
11	0.1797	138.9068
12	0.1959	140.8360

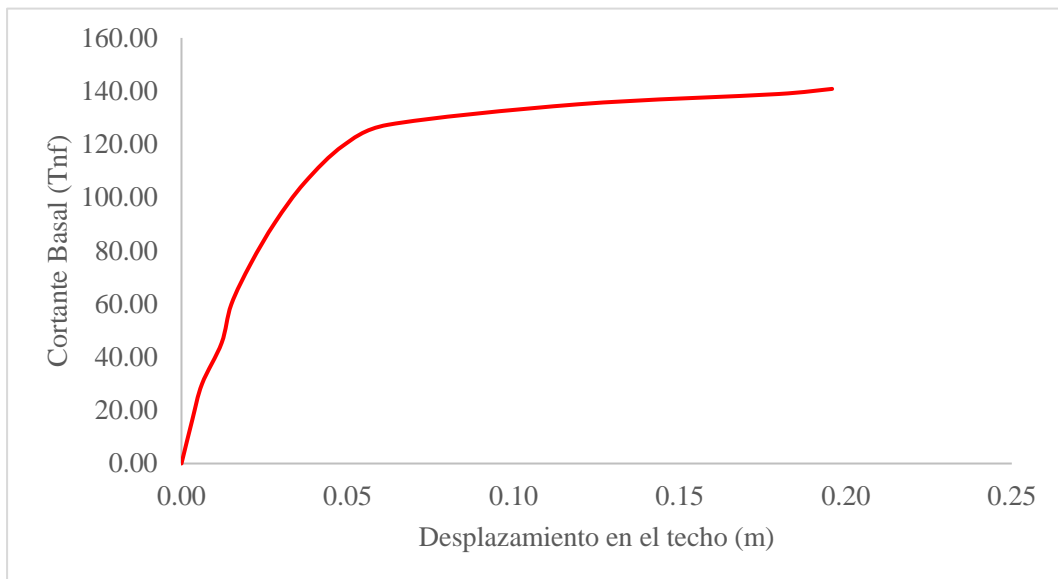


Figura 53. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección "X".

✓ **Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección "X"**

La representación bilineal de la curva de capacidad sirve para identificar el punto de fluencia efectiva que separa el rango elástico (RE) del inelástico.

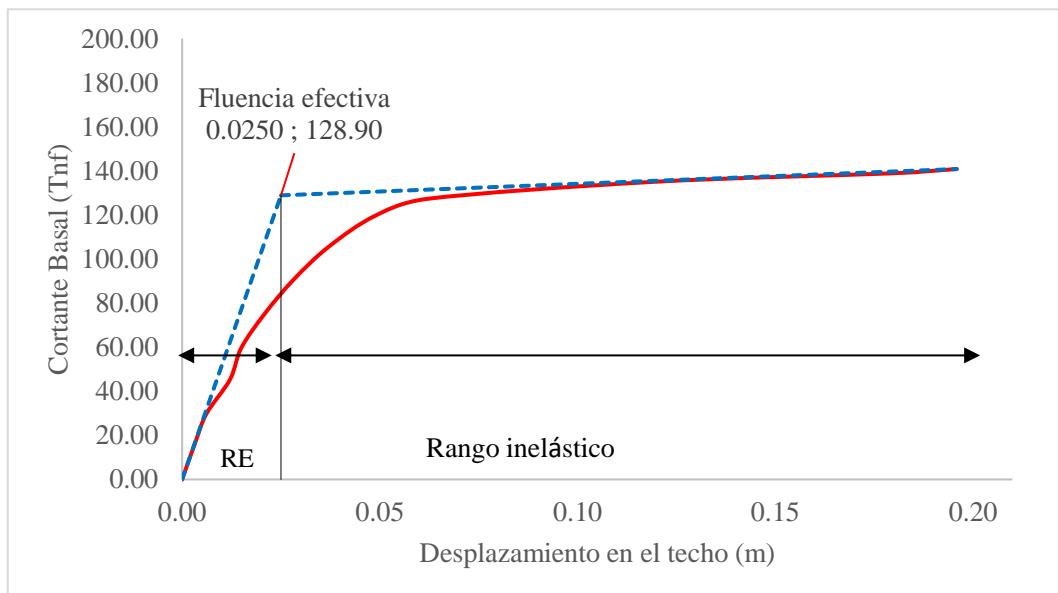


Figura 54. Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección "X" del módulo 01.

✓ **Punto de desempeño para el módulo 01 para el sismo en la dirección “X”**

Los puntos de desempeño para cada nivel de amenaza fueron obtenidos mediante el espectro de capacidad y utilizando los siguientes factores de aceleración, que fueron obtenidos mediante relación directa de equivalencia, así como se explica en las bases teóricas.

Tabla 29.

Coefficientes sísmicos para cada nivel de amenaza

Sismo de diseño	Ca	Cv
Sismo de servicio	0.21	0.53
Sismo de diseño	0.42	1.05
Sismo Máximo	0..63	1.58

En las siguientes figuras se muestra el punto de desempeño obtenido para cada nivel de amenaza.

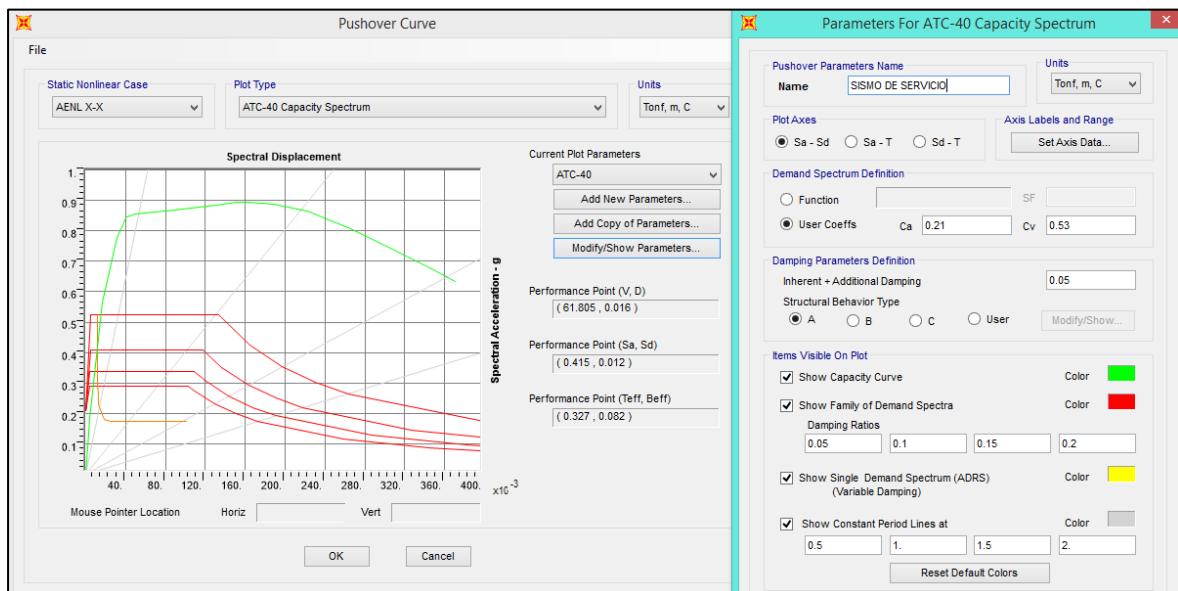


Figura 55. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “X” para el módulo 01.

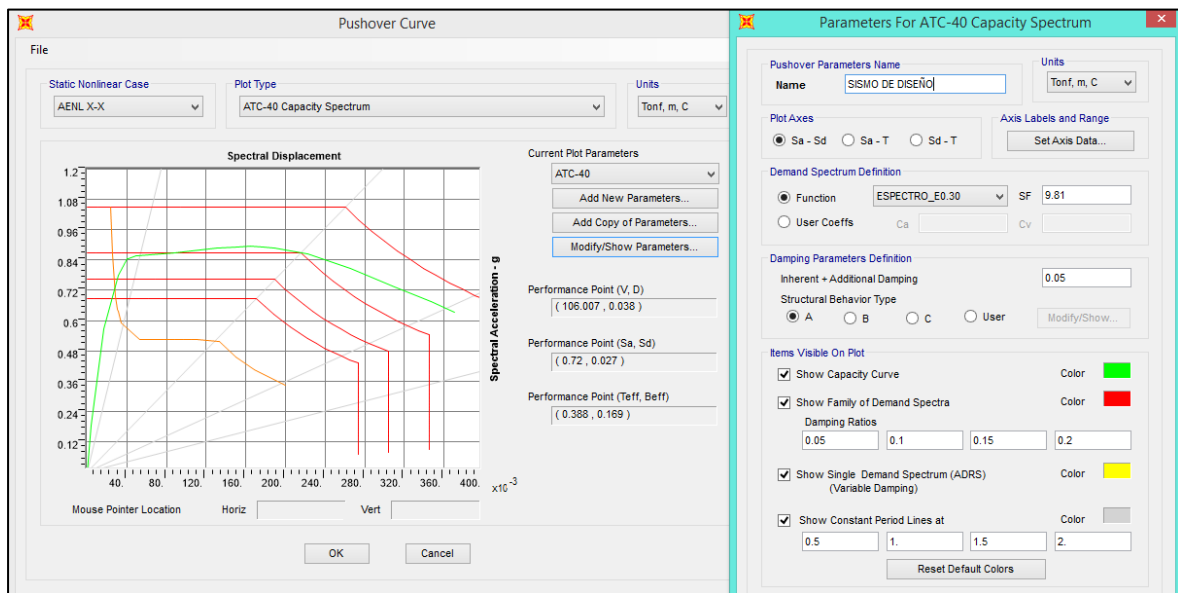


Figura 56. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “X” para el módulo 01.

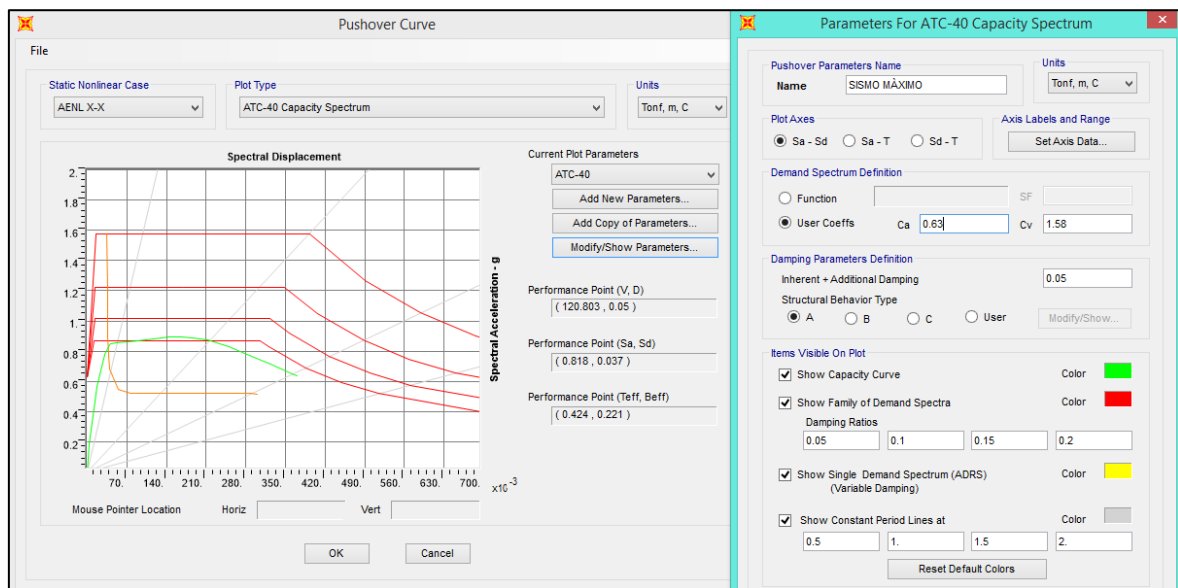


Figura 57. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “X” para el módulo 01.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los puntos de desempeño para cada nivel de amenaza, los valores se muestran en coordenadas que son el desplazamiento en el nudo de control vs la contante basal y también en coordenadas espectrales (Sd vs Sa). Además, de ello se muestra el periodo y el amortiguamiento viscoso equivalente.

Tabla 30.

Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “X” módulo 01

Sismo	V (Tn)	Δ (m)	Sa (g)	Sd (m)	T (seg)	β_{eq} (%)
Sismo de servicio	61.805	0.016	0.415	0.012	0.327	8.20
Sismo de diseño	106.007	0.038	0.720	0.027	0.388	16.90
Sismo máximo	120.803	0.050	0.818	0.037	0.424	22.10

✓ **Calificación del punto de desempeño en la dirección “X”**

El ATC-40 no proporciona criterios para sectorizar la curva de capacidad para cada nivel de desempeño, pero menciona que los puntos de desempeño se califiquen de acuerdo a la deriva que propone y el cual están mencionadas en la tabla 5 de las bases teóricas. Y de acuerdo a eso se ha calculado las derivas para cada punto de desempeño.

Tabla 31.

Deriva calculada en la dirección “X” para cada nivel de amenaza para el módulo 01

Nivel de amenaza	H Altura (m)	Punto de desempeño (m)	Deriva	Nivel de desempeño
Sismo de servicio		0.016	0.0014	
Sismo de diseño	10.9	0.038	0.0034	Inmediata Ocupación
Sismo máximo		0.050	0.0046	

✓ **formación de las rótulas plásticas en el módulo 01 en la dirección “X”**

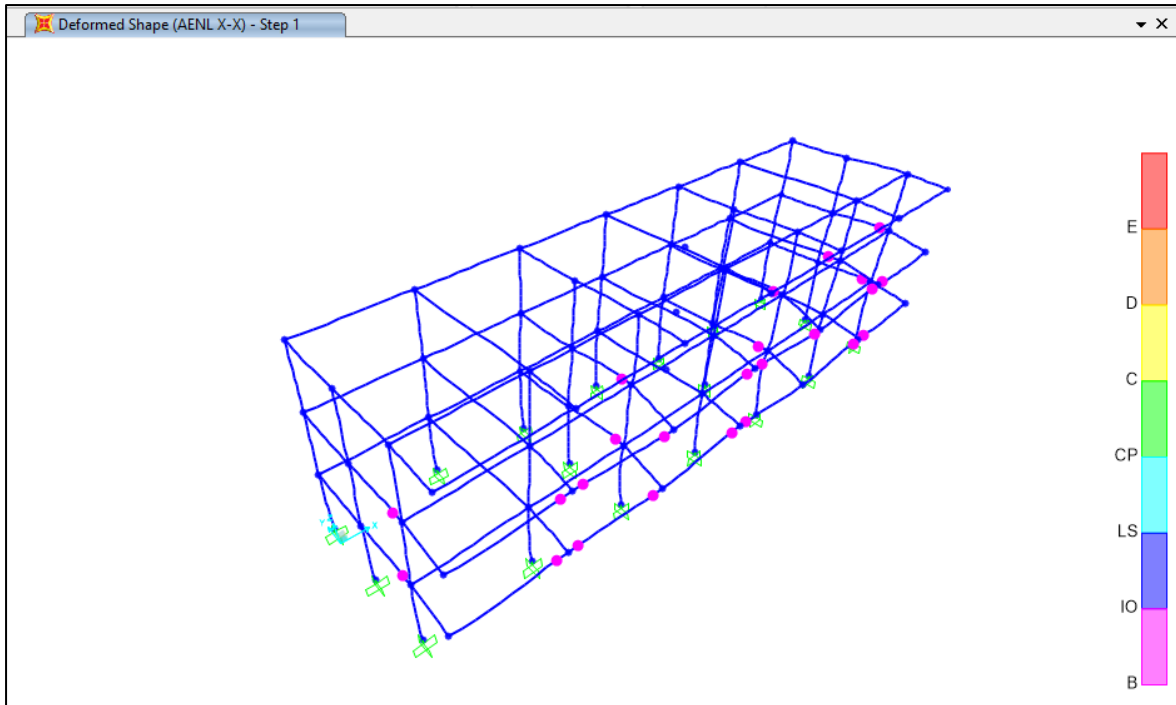


Figura 58. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 01 sismo en la dirección “X”.

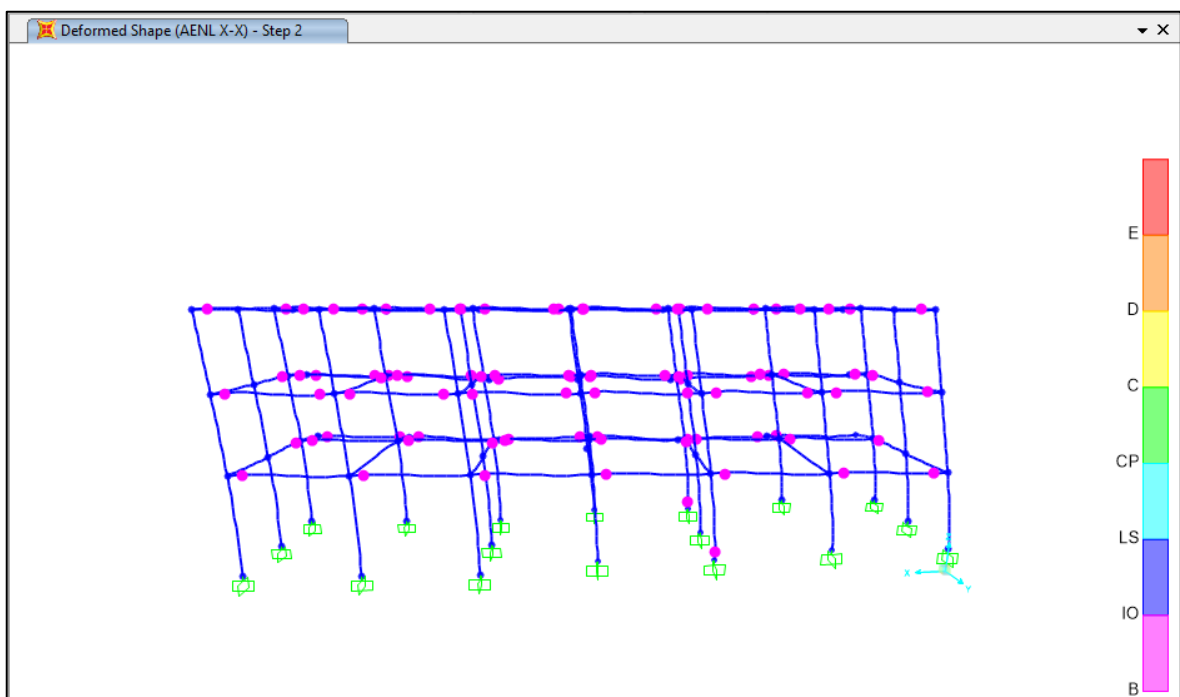


Figura 59. Iteración 2: Formación de las primeras rótulas plásticas de nivel operacional en columnas en el módulo 01 sismo en la dirección “X”.

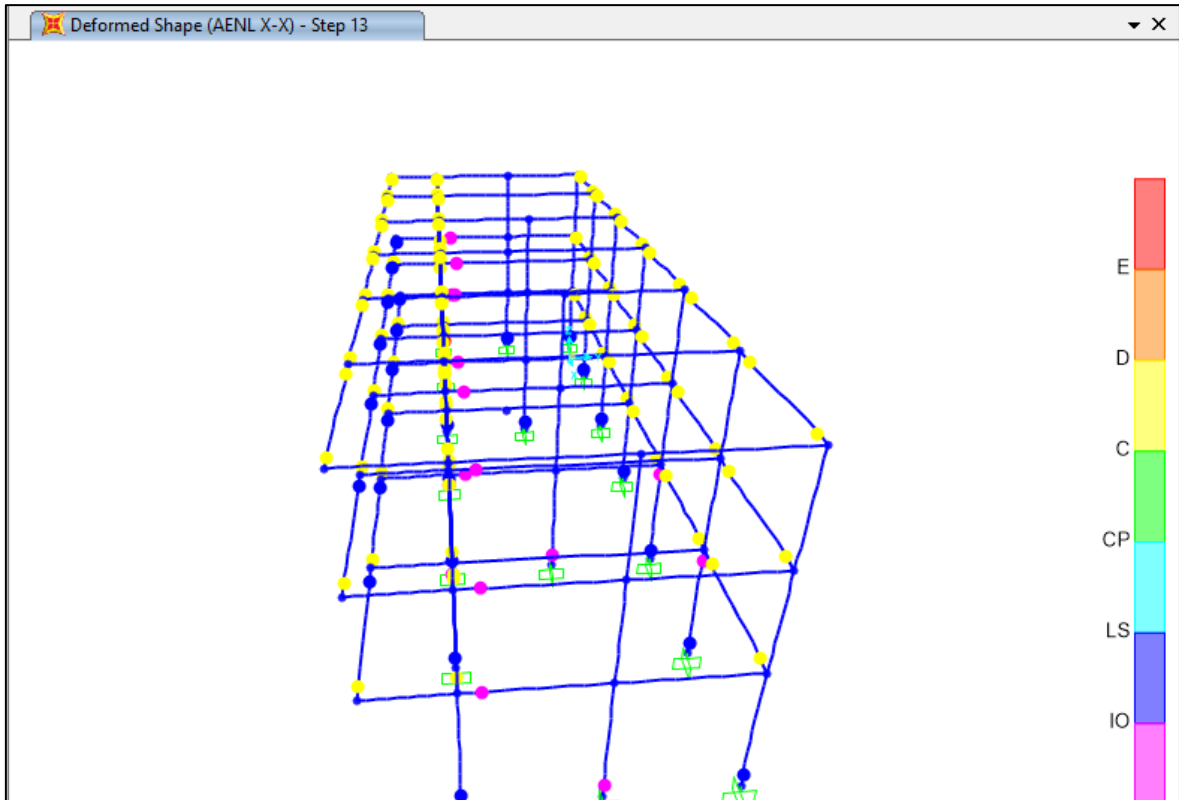


Figura 60. Iteración 13: Formación de las primeras rótulas plásticas de seguridad de vida en las columnas en el módulo 01 sismo en la dirección “X”.

3.2. Resultados para el módulo 01 de la Institución Educativa Técnica en la dirección “Y”

Los resultados de la aplicación del sismo en la dirección “Y” se muestran a continuación.

Tabla 32.

Valores de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “Y”

Punto	Desplazamiento en el techo (m)	Cortante Basal (Tnf)
0	0.0000	0.0000
1	0.0169	99.6785
2	0.0301	138.2637
3	0.0515	173.6334
4	0.0801	197.7492
5	0.0897	210.6109
6	0.1213	229.9035
7	0.1478	249.1961
8	0.1801	266.8810
9	0.2096	282.9582
10	0.2206	285.5305
11	0.2237	287.4598
12	0.2618	302.2508

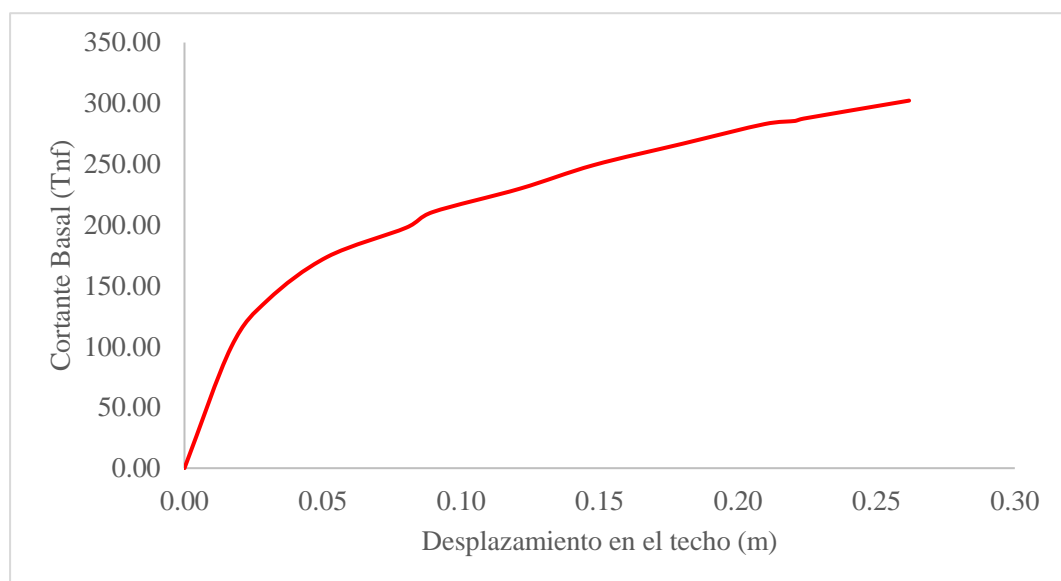


Figura 61. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 01 para el sismo en la dirección “Y”.

✓ **Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección “Y”**

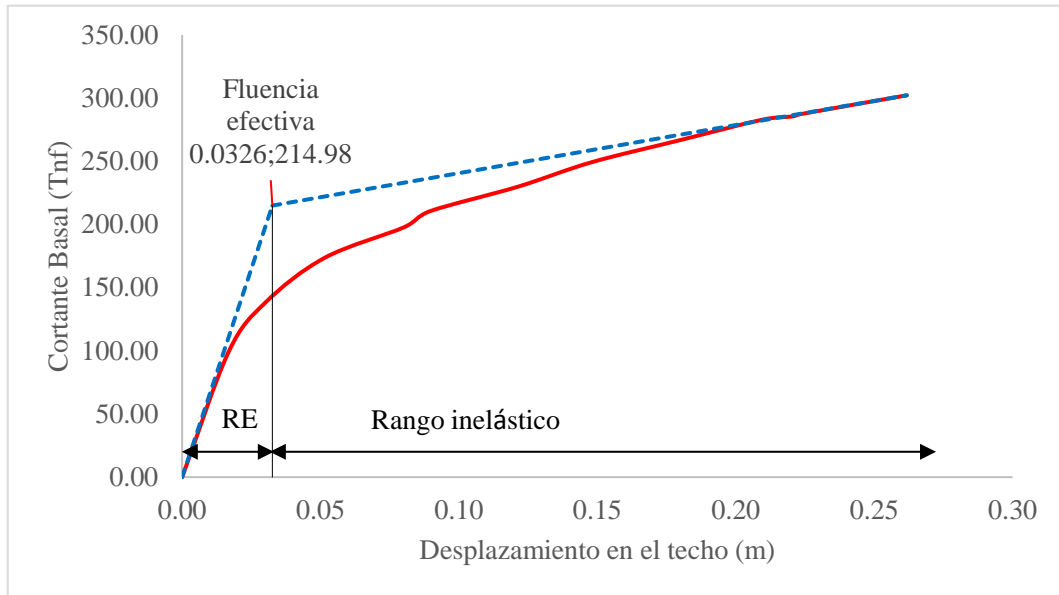


Figura 62. Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección “Y” del módulo 01.

✓ **Punto de desempeño para el módulo 01 para el sismo en la dirección “Y”**

En las siguientes figuras se muestran los puntos de desempeños para cada nivel de amenaza obtenidos con el programa computacional SAP2000.

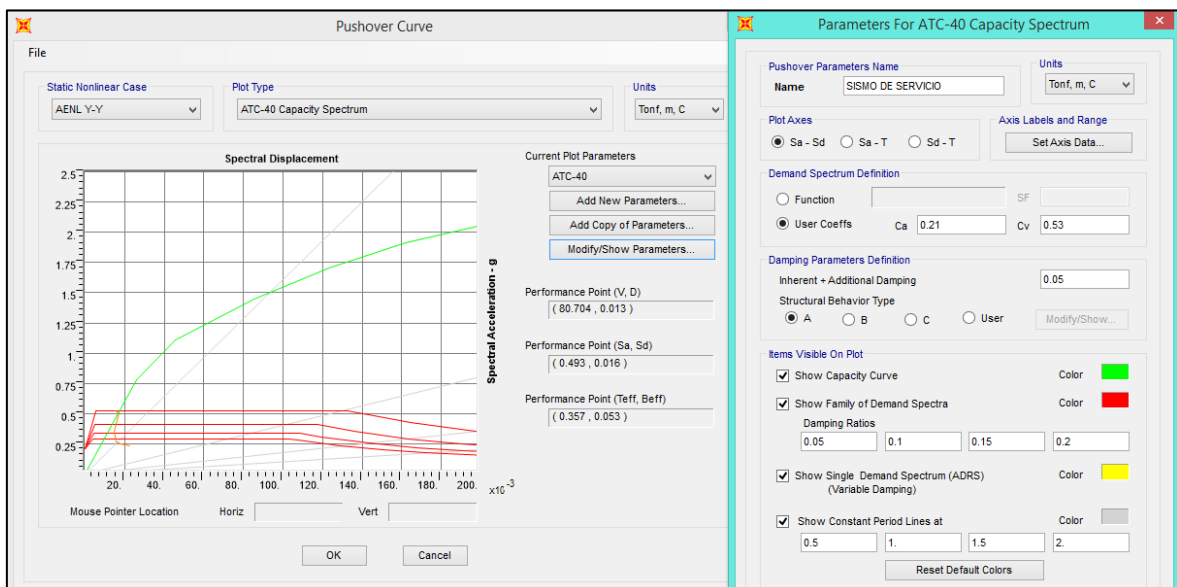


Figura 63. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “Y” para el módulo 01.

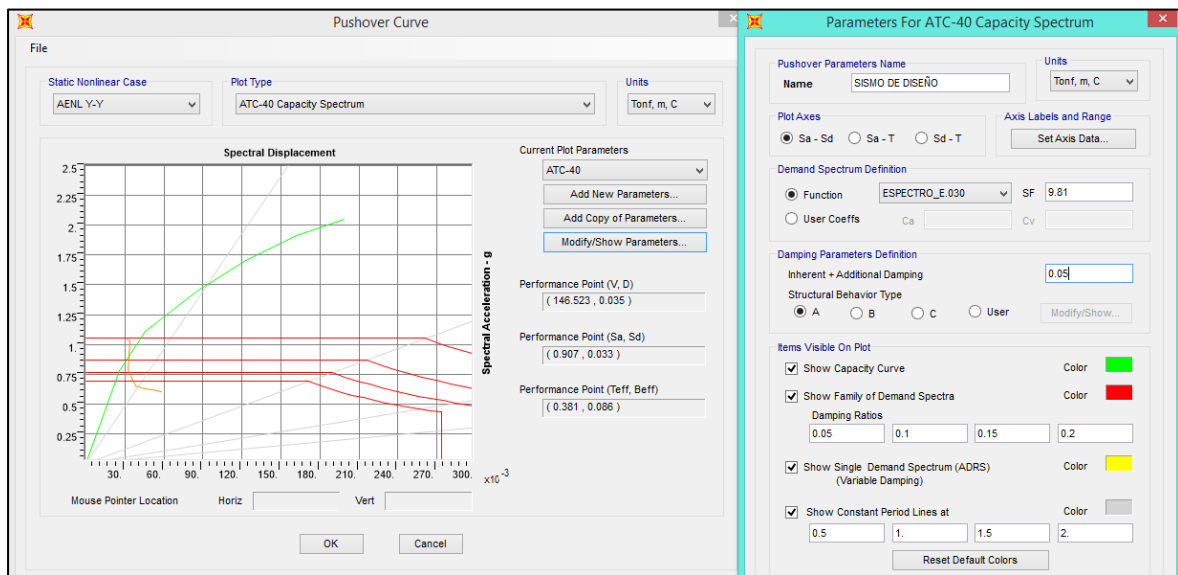


Figura 64. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección "Y" para el módulo 01

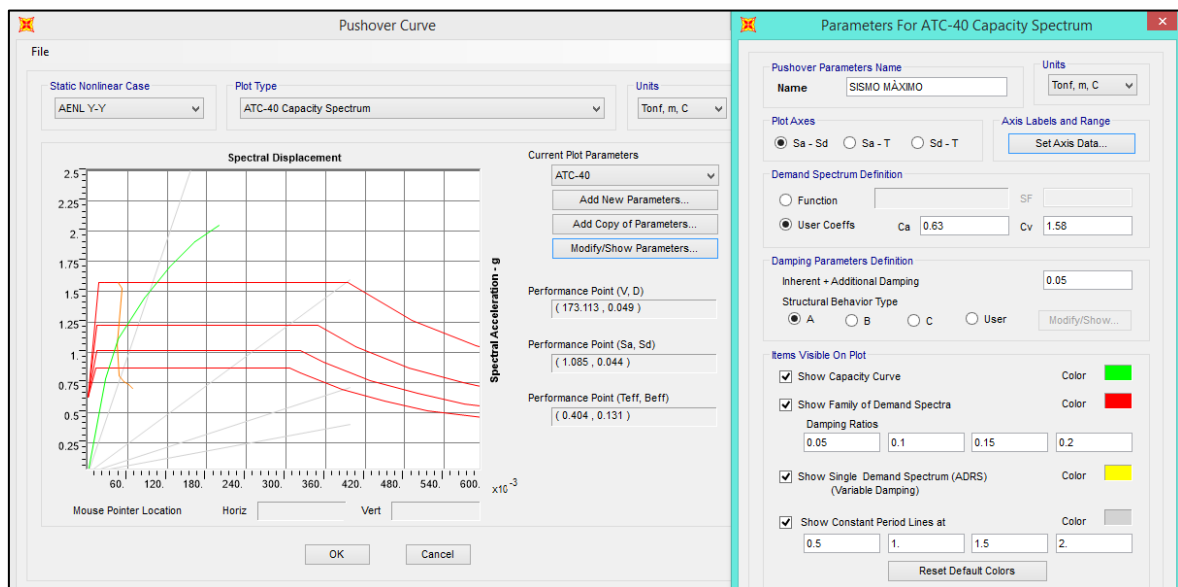


Figura 65. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección "Y" para el módulo 01.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los puntos de desempeño para cada nivel de amenaza, los valores se muestran en coordenadas que son el desplazamiento en el nudo de control vs la contante basal y también en coordenadas espectrales (Sd vs Sa). Además, de ello se muestra el periodo y el amortiguamiento viscoso equivalente.

Tabla 33.

Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “Y” módulo 01

Sismo	V (Tn)	Δ (m)	Sa (g)	Sd (m)	T (seg)	β_{eq} (%)
Sismo de servicio	80.704	0.013	0.493	0.016	0.357	5.30
Sismo de diseño	146.523	0.035	0.907	0.033	0.381	8.60
Sismo máximo	173.113	0.049	1.085	0.044	0.404	13.10

- ✓ **Calificación del punto de desempeño en la dirección “Y” para cada nivel de amenaza.**

Tabla 34.

Deriva calculada en la dirección “Y” para cada nivel de amenaza para el módulo 01

Nivel de amenaza	H Altura (m)	Punto de desempeño (m)	Deriva	Nivel de desempeño
Sismo de servicio		0.013	0.0011	
Sismo de diseño	10.9	0.035	0.0032	Inmediata
Sismo máximo		0.049	0.0045	Ocupación

✓ **Formación de las rótulas plásticas en el módulo 01 en la dirección “Y”**

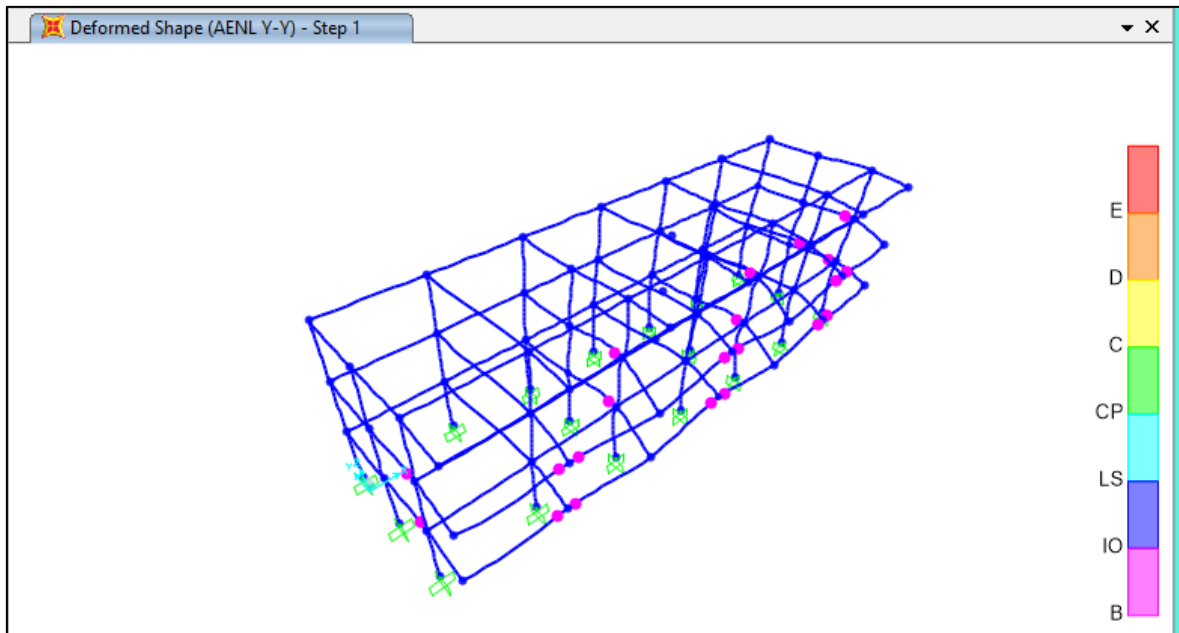


Figura 66. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 01 sismo en la dirección “Y”.

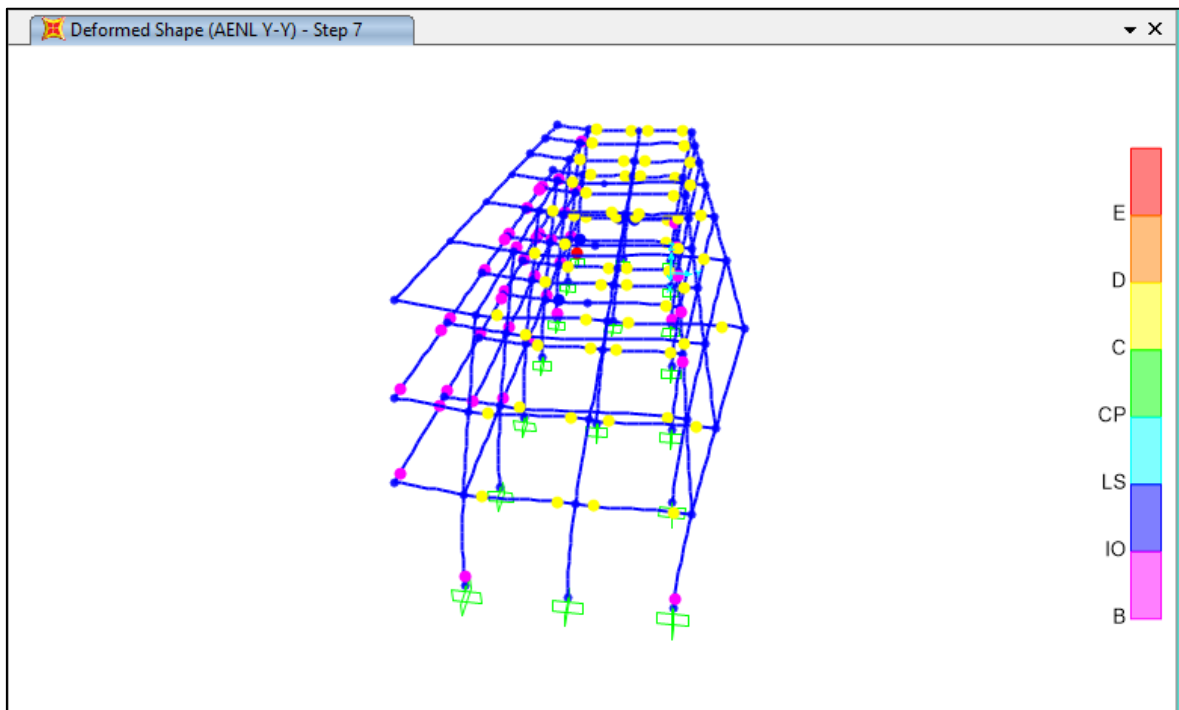


Figura 67. Iteración 7: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en columnas en el módulo 01 sismo en la dirección "Y".

3.3. Resultados para el módulo 02 de la Institución Educativa Técnica en la dirección

“X”

✓ Curva de capacidad

Al someter la estructura al análisis Pushover, inducidas por el sismo en la dirección “X”. Se obtuvieron los siguientes valores del desplazamiento en el punto de control que fueron generados por las cortantes basales.

Tabla 35.

Valores de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección “X”

Punto	Desplazamiento en el techo (m)	Cortante basal (Tnf)
0	0.0000	0.0000
1	0.0011	26.5273
2	0.0029	50.6431
3	0.0040	75.5627
4	0.0055	100.4823
5	0.0066	128.6174
6	0.0096	151.1254
7	0.0151	192.9260
8	0.0235	208.1994
9	0.0298	210.6109
10	0.0441	210.6109
11	0.0596	212.2186
12	0.0746	213.8264
13	0.0901	213.0225
14	0.1419	215.4341

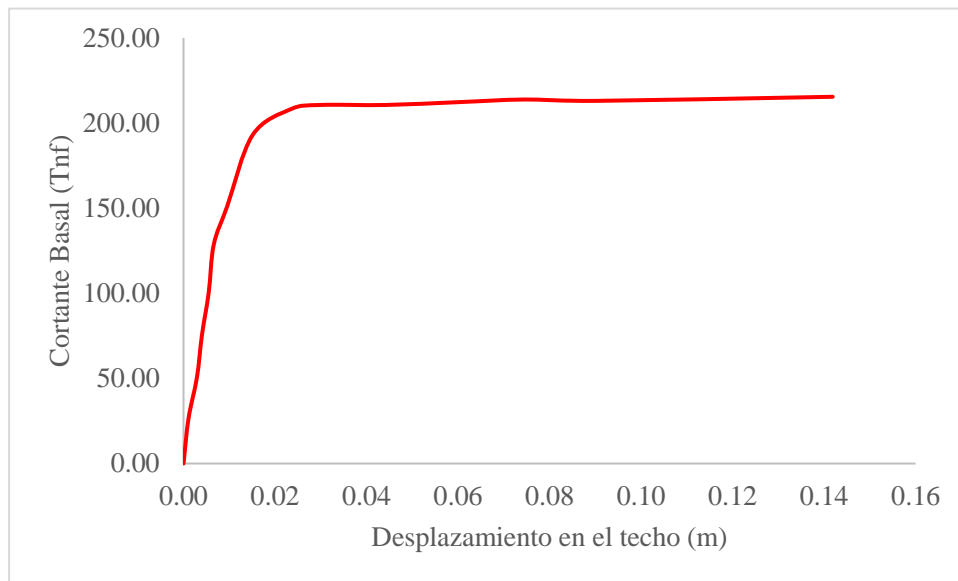


Figura 68. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección "X".

✓ **Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección "X"**

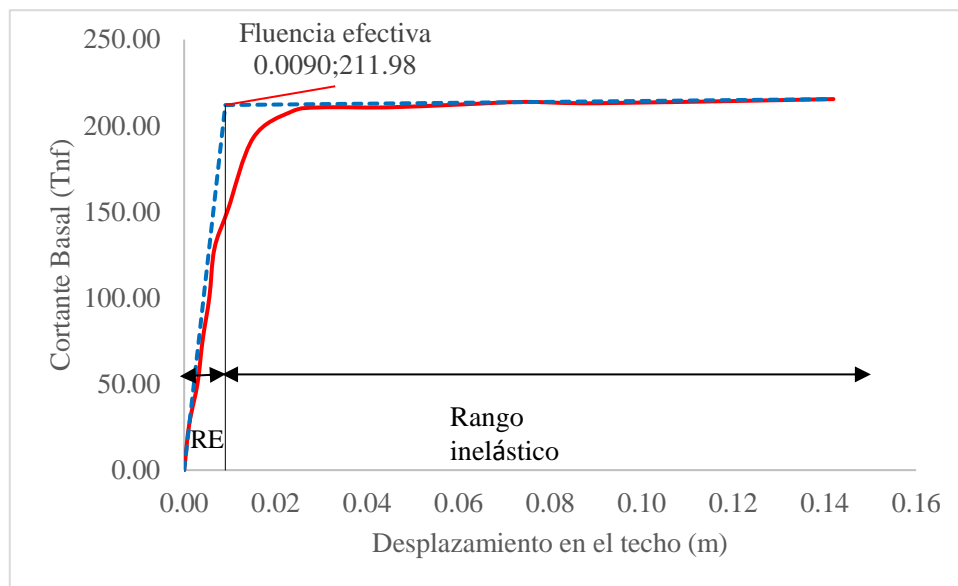


Figura 69. Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección "X" del módulo 02.

✓ **Punto de desempeño para el módulo 02 para el sismo en la dirección “X”**

En las siguientes figuras se muestran los puntos de desempeños para cada nivel de amenaza obtenidos con el programa computacional SAP2000.

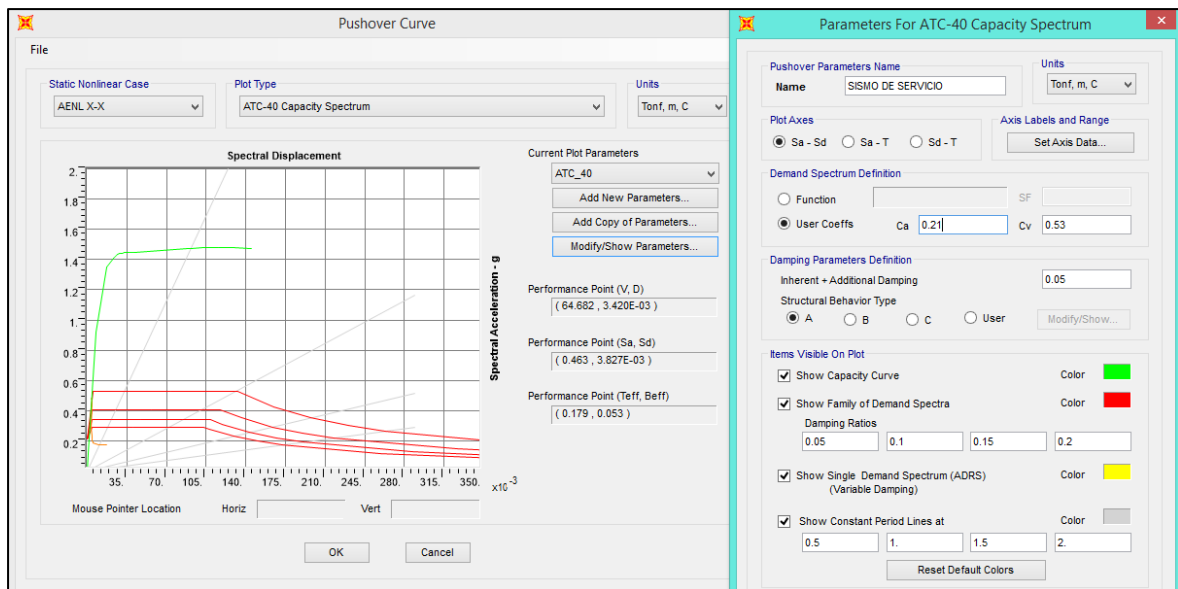


Figura 70. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “X” para el módulo 02.

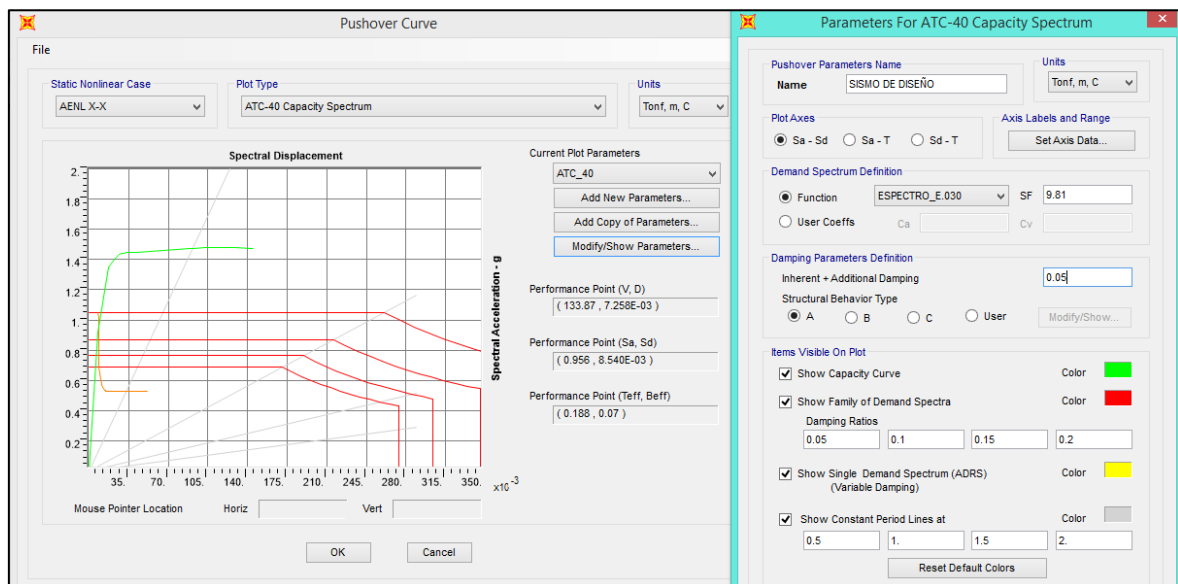


Figura 71. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “X” para el módulo 02.

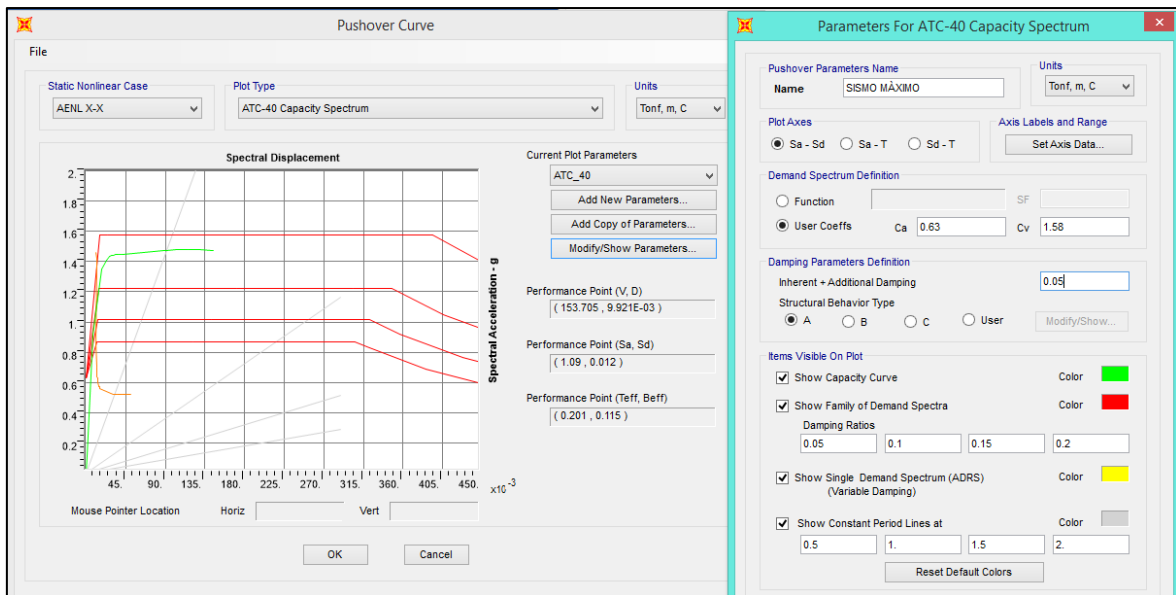


Figura 72. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “X” para el módulo 02.

Tabla 36.

Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “X”

Sismo	V (Tn)	Δ (m)	Sa (g)	Sd (m)	T (seg)	β_{eq} (%)
Sismo de servicio	64.682	0.0034	0.463	0.0038	0.179	5.30
Sismo de diseño	133.87	0.0073	0.956	0.00854	0.188	7.00
Sismo máximo	153.705	0.0099	1.09	0.012	0.201	11.50

✓ **Calificación del punto de desempeño en la dirección “X” para cada nivel de amenaza.**

Tabla 37.

Deriva calculada en la dirección “X” para cada nivel de amenaza para el módulo 02

Nivel de amenaza	H Altura (m)	Punto de desempeño (m)	Deriva	Nivel de desempeño
Sismo de servicio	9.8	0.0034	0.00035	Inmediata ocupación
Sismo de diseño		0.0073	0.00075	
Sismo máximo		0.0099	0.0010	

✓ **Formación de las rótulas plásticas en el módulo 02 en la dirección "X"**

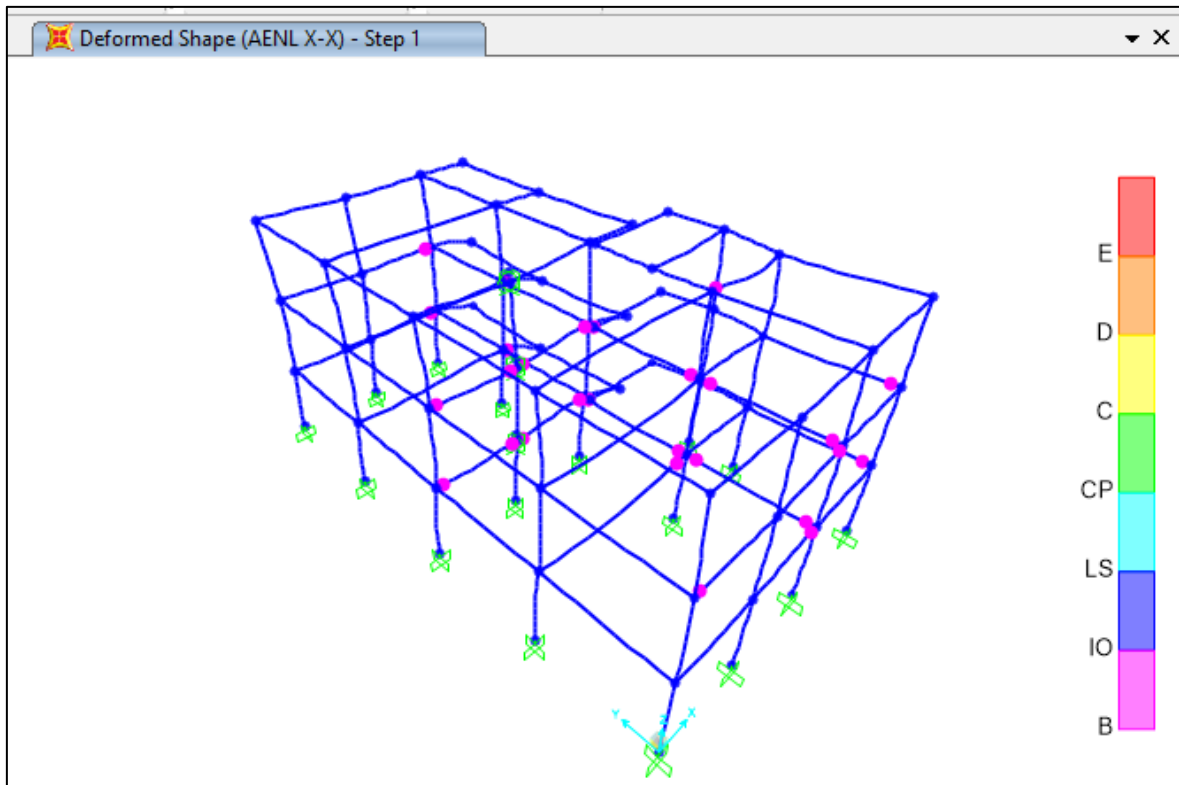


Figura 73. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 02 sismo en la dirección "X".

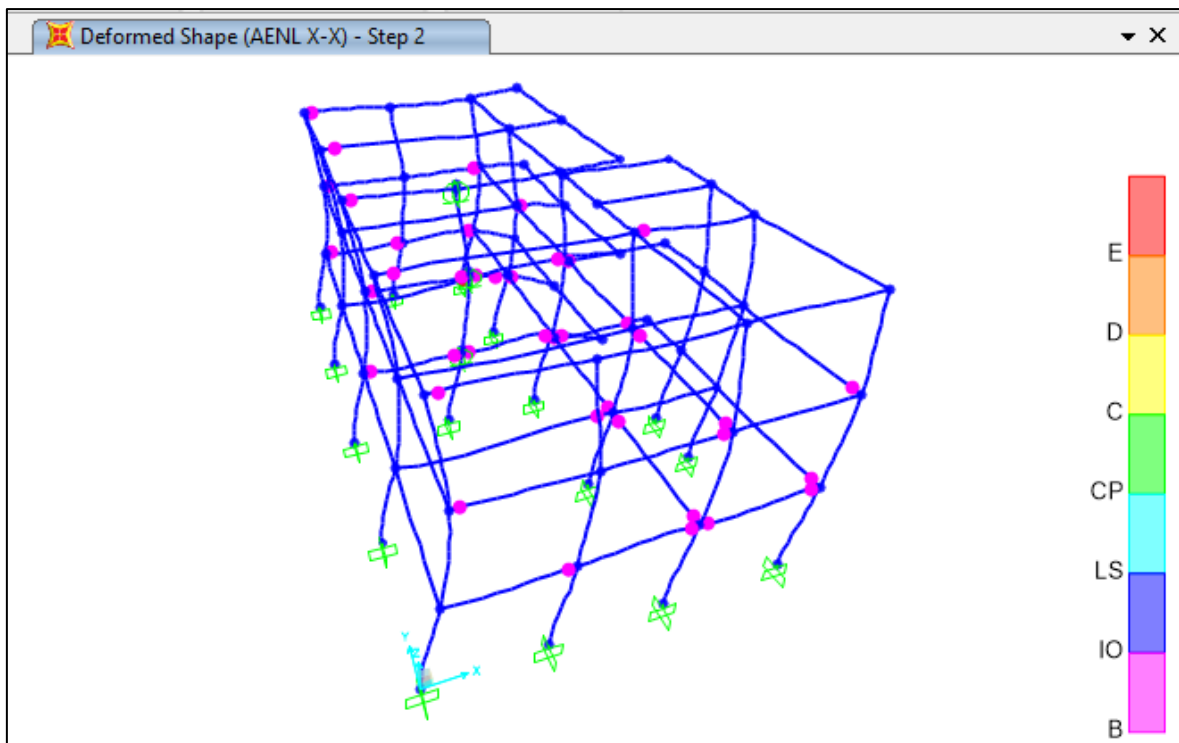


Figura 74. Iteración 2: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 02 sismo en la dirección "X".

3.4. Resultados para el módulo 02 de la Institución Educativa Técnica en la dirección

“Y”

✓ **Curva de capacidad**

Tabla 38.

Valores de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección “Y”

Punto	Desplazamiento en el techo (m)	Cortante Basal (Tnf)
0	0.0000	0.0000
1	0.0002	8.0386
2	0.0006	28.1350
3	0.0010	40.1929
4	0.0015	57.0740
5	0.0020	75.5627
6	0.0025	94.8553
7	0.0030	111.7363
8	0.0034	125.4019
9	0.0040	147.1061
10	0.0045	167.2026
11	0.0048	176.8489
12	0.0049	184.8875
13	0.0057	204.1801
14	0.0072	250.8039
15	0.0091	300.6431
16	0.0109	350.4823
17	0.0135	401.9293
18	0.0168	453.3762

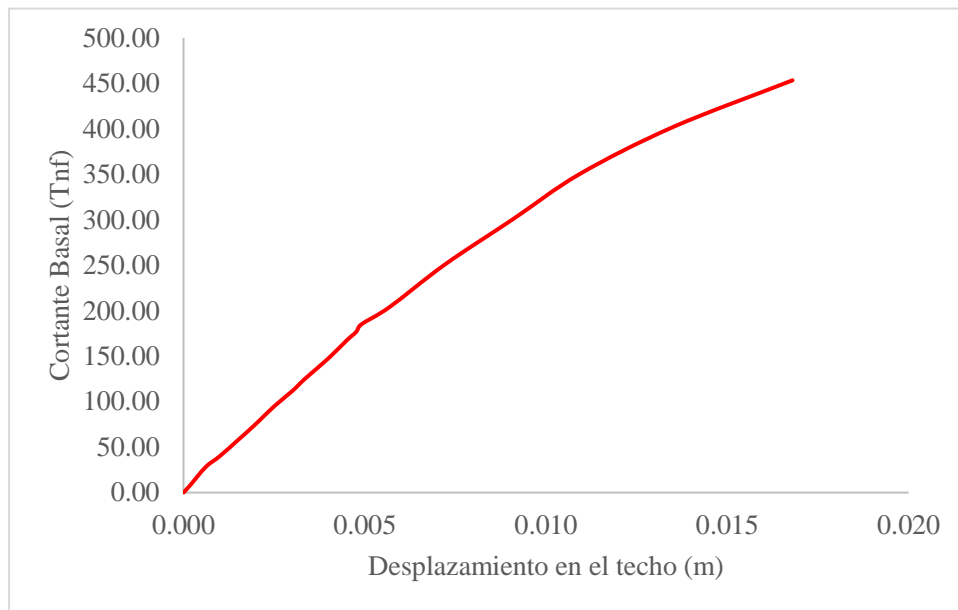


Figura 75. Gráfica de la curva de capacidad para el módulo 02 para el sismo en la dirección "Y".

✓ **Representación bilineal de la curva de capacidad en la dirección "Y"**

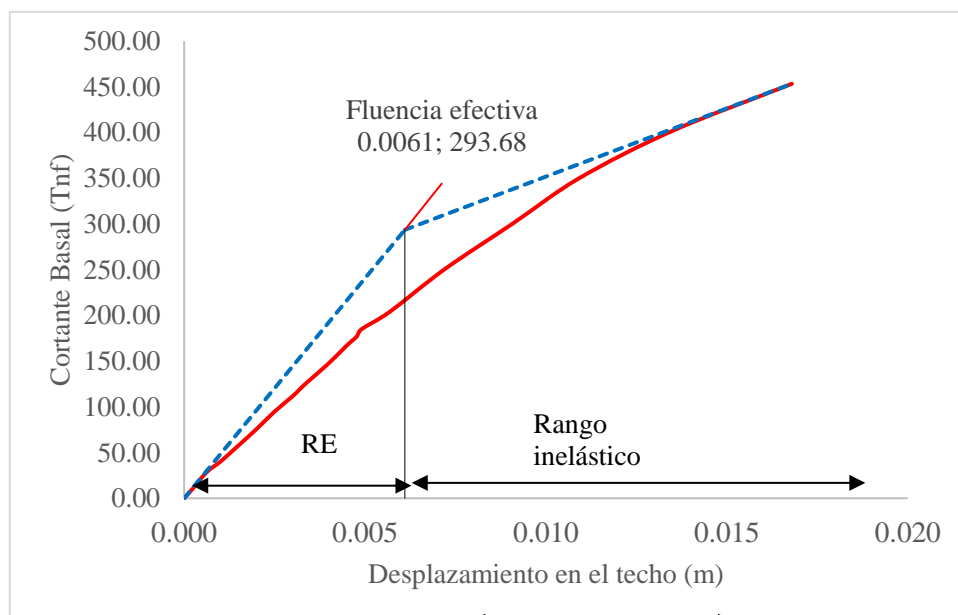


Figura 76. Representación Bilineal de la curva de capacidad en la dirección "Y" del módulo 02.

✓ **Punto de desempeño para el módulo 02 para el sismo en la dirección “Y”**

En las siguientes figuras se muestran los puntos de desempeños para cada nivel de amenaza obtenidos con el programa computacional SAP2000.

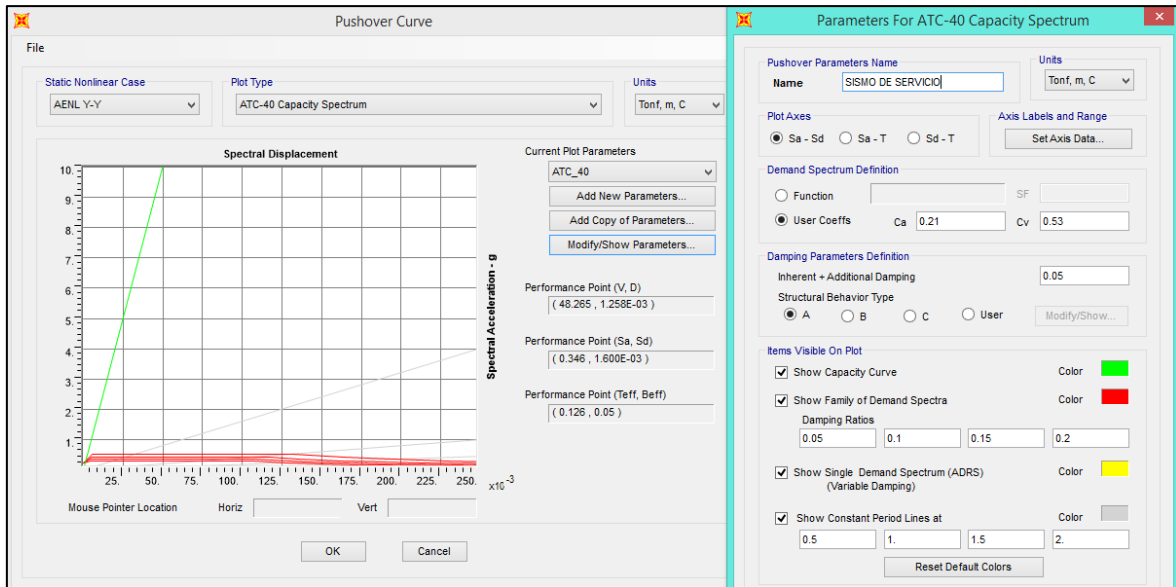


Figura 77. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de servicio en la dirección “Y” para el módulo 02.

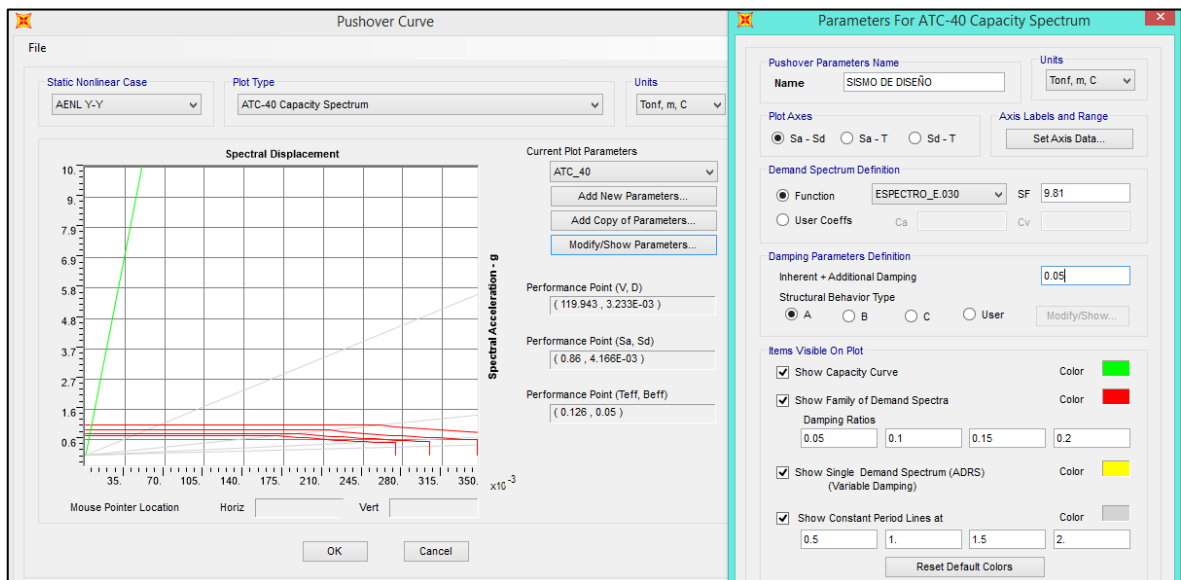


Figura 78. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo de diseño en la dirección “Y” para el módulo 02.

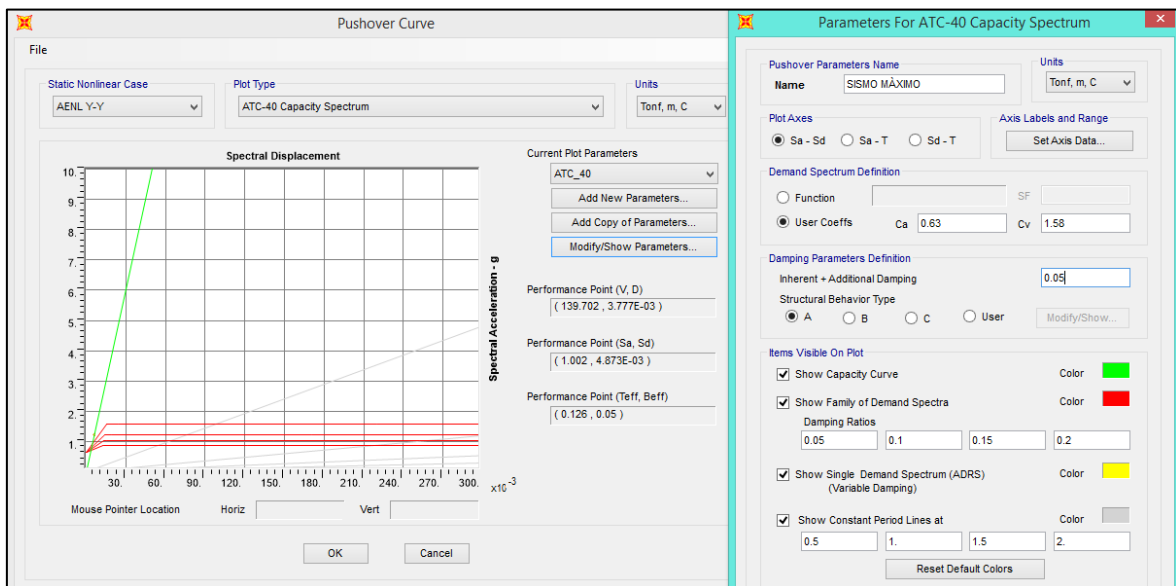


Figura 79. Punto de desempeño para un nivel de amenaza de sismo máximo en la dirección “Y” para el módulo 02.

Tabla 39.

Puntos de desempeño para cada nivel de amenaza para el sismo en dirección “Y”

Sismo	V (Tn)	Δ (m)	Sa (g)	Sd (m)	T (seg)	β_{eq} (%)
Sismo de servicio	48.265	0.0013	0.346	0.0016	0.128	5.00
Sismo de diseño	119.943	0.0032	0.860	0.0042	0.126	5.00
Sismo máximo	139.702	0.0038	1.002	0.0049	0.126	5.00

✓ **Calificación del punto de desempeño en la dirección “Y” para cada nivel de amenaza.**

Tabla 40.

Deriva calculada en la dirección “Y” para cada nivel de amenaza para el módulo 02

Nivel de amenaza	H Altura (m)	Punto de desempeño (m)	Deriva	Nivel de desempeño
Sismo de servicio		0.0013	0.00013	
Sismo de diseño	9.8	0.0032	0.00033	Inmediata
Sismo máximo		0.0038	0.0039	ocupación

✓ **Formación de rótulas en la dirección Y para el módulo 02**

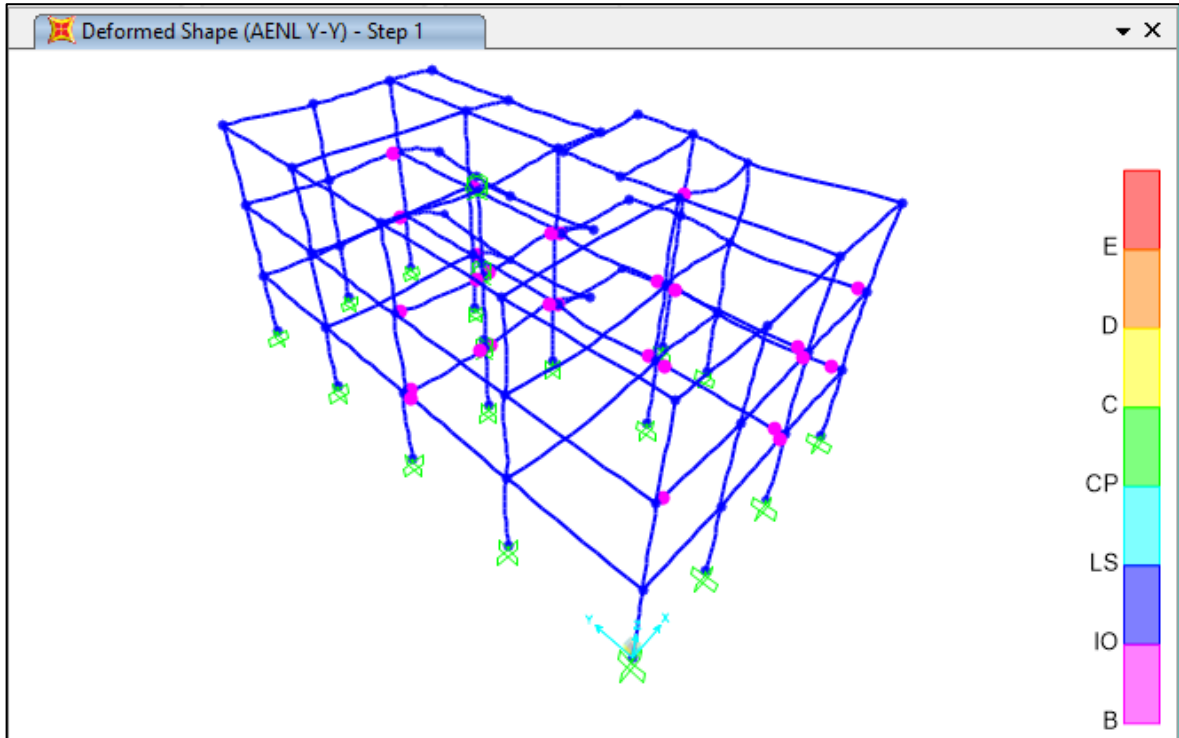


Figura 80. Iteración 1: Formación de rótulas plásticas de nivel operacional en vigas en el módulo 02 sismo en la dirección "Y".

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

✓ Desempeño sismorresistente para el Módulo 01.

- El punto de fluencia del Módulo 01 fue $P_{FE} = (0.0250 \text{ m}; 128.90 \text{ Tn})$ en dirección “X”, y para la dirección “Y” fue $P_{FE} = (0.0326 \text{ m}; 214.98 \text{ Tn})$. A partir de este punto la estructura ingresa al rango inelástico, eso no quiere decir que la estructura tenga un desempeño no aceptable. Al contrario, puede tener un buen desempeño debido a la ductilidad que posee una estructura al deformarse más allá del rango inelástico, y esto se demuestra con los niveles de desempeño (inmediata ocupación) que se obtuvieron para cada nivel de amenaza. (Allauca, 2006), en su investigación concluye que para un sismo raro el desempeño es funcional y este encontrándose en el rango inelástico, debido a que tan solo se ha consumido del 22 al 31% de su ductilidad disponible y por lo tanto se logra un buen desempeño.
- En la dirección “X”, para un sismo de servicio la estructura se desplazó 0.016 m provocado por una cortante basal de 61.805 Tn, para un sismo de diseño la estructura se desplazó 0.038 m provocado por una cortante basal de 106.007 Tn y para un sismo máximo la estructura se desplazó 0.050 m provocado por una cortante basal de 120.803 Tn. En la tablas 31 se observa que las derivas calculadas para cada punto de desempeño son inferiores a la deriva que proporciona el ATC-40 (tabla 6), por lo que el nivel de desempeño alcanzado es de inmediata ocupación lo que significa que la estructura tiene un buen desempeño, y por lo tanto el sistema de cargas verticales y laterales permanece

prácticamente inalterado, no existe pérdidas de vidas y la estructura se mantiene funcionando en su totalidad, la cual no se requiere una intervención para realizar algunas reparaciones.

- En la dirección “Y”, para un sismo de servicio la estructura se desplazó 0.013 m provocado por una cortante basal de 80.704 Tn, para un sismo de diseño la estructura se desplazó 0.035 m provocado por una cortante basal de 146.523 Tn y para un sismo máximo la estructura se desplazó 0.049 m provocado por una cortante basal de 173.113 Tn. En la tablas 34 se observa que las derivas calculadas para cada punto de desempeño son inferiores a la deriva que proporciona el ATC-40 (tabla 6), por lo que el nivel de desempeño alcanzado es de ocupación inmediata lo que significa que la estructura tiene un buen desempeño, y por lo tanto el sistema de cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, no existe pérdidas de vidas y la estructura se mantiene funcionando en su totalidad, la cual no se requiere una intervención para realizar algunas reparaciones.
- Lo propuesto en la hipótesis se cumple, ya que para todos los niveles de amenaza el desempeño es de inmediata ocupación. Sin embargo, la propuesta ATC-40 describe que para un sismo de servicio debería tener un nivel de desempeño de operacional (tabla 5), pero este nivel tiene que ver más con la parte funcional de la estructura. Y ante ello, (Sánchez, 2010) menciona que para la evaluación del desempeño estructural de estructuras se ha avanzado mucho, pero los estudios de desempeño no estructural son más limitados y en algunos casos rebasan el campo de la ingeniería estructural y sísmica. Es por

ello que se evalúa desde un punto de vista estructural. Ante ello, es aceptable dicho nivel de desempeño.

- Ante lo descrito anteriormente, la estructura no requiere de realizar alguna propuesta de mejora para evitar que colapse. Sin embargo, en la visita a campo se observó que la estructura presenta desprendimiento del tarrajeo en las esquinas de algunas columnas y fisuras en la unión de muros de albañilería-columnas que se han dado por la junta que existente, pero esto no afectaría su desempeño sísmico. Por lo que, con fines estéticos de la estructura se propone una propuesta de mejora que se explica en el Anexo N° 6 y N° 7.
- Para la dirección “X” en la figura 58 y 59 para el step 1 y 2 se observa que la formación de las primeras rótulas plásticas se da algunas vigas y son de nivel operacional, y siempre se espera que la formación de estas se dé primero en las vigas y luego en las columnas para que la estabilidad global de la estructura no se vea afectada. En la figura 60 para el step 13 se aprecia la formación de las rótulas plásticas en algunas columnas y son de nivel operacional y de seguridad de vida, el cual estas le generan una disminución de capacidad a la estructura debido a que su rigidez disminuye.
- Para la dirección “Y” en la figura 67 para el step 7 se observa la formación de rótulas plásticas en algunas vigas que están a punto de colapsar, las secciones han alcanzado su máxima capacidad. Sin embargo, la estructura aún sigue en pie debido a que las formaciones de rotulas plásticas se dan solo en algunas columnas y son de nivel operacional.

✓ **Desempeño sismorresistente para el Módulo 02.**

- El punto de fluencia del módulo 02 fue $P_{FE} = (0.009 \text{ m}; 211.98 \text{ Tn})$ en dirección “X”, y para la dirección “Y” fue $P_{FE} = (0.0061 \text{ m}; 293.68 \text{ Tn})$. A partir de este punto la estructura ingresa al rango inelástico, eso no quiere decir que la estructura tenga un desempeño no aceptable. Al contrario, puede tener un buen desempeño debido a la ductilidad que posee una estructura al deformarse más allá del rango inelástico, y esto se demuestra con los niveles de desempeño (inmediata ocupación) que se obtuvieron para cada nivel de amenaza. (Allauca, 2006), en su investigación concluye que para sismo raros el desempeño es funcional y este encontrándose en el rango inelástico, debido a que tan solo se ha consumido del 22 al 31% de su ductilidad disponible y por lo tanto se logra un buen desempeño.
- En la dirección “X”, Para un sismo de servicio la estructura se desplazó 0.0034 m provocado por una cortante basal de 64.682 Tn, para un sismo de diseño la estructura se desplazó 0.0073 m provocado por una cortante basal de 133.87 Tn y para un sismo máximo la estructura se desplazó 0.0099 m provocado por una cortante basal de 153.705 Tn. En la tabla 37 se observa que las derivas calculadas para cada punto de desempeño son inferiores a la deriva que proporciona el ATC-40 (tabla 6), por lo que el nivel de desempeño alcanzado es de ocupación inmediata lo que significa que la estructura tiene un buen desempeño, y por lo tanto el sistema de cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, no existe pérdidas de vidas y la estructura se mantiene funcionando en su totalidad, la cual no se requiere una intervención para realizar algunas reparaciones.

- En la dirección “Y”, para un sismo de servicio la estructura se desplazó 0.0013 m provocado por una cortante basal de 48.265 Tn, para un sismo de diseño la estructura se desplazó 0.0032 m provocado por una cortante basal de 119.943 Tn y para un sismo máximo la estructura se desplazó 0.0038 m provocado por una cortante basal de 139.702 Tn. En la tablas 40 se observa que las derivas calculadas para cada punto de desempeño son inferiores a la deriva que proporciona el ATC-40 (tabla 6), por lo que el nivel de desempeño alcanzado es de ocupación inmediata lo que significa que la estructura tiene un buen desempeño, y por lo tanto el sistema de cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, no existe pérdidas de vidas y la estructura se mantiene funcionando en su totalidad, la cual no se requiere una intervención para realizar algunas reparaciones.
- Lo propuesto en la hipótesis se cumple, ya que para todos los niveles de amenaza el desempeño es de inmediata ocupación. Sin embargo, la propuesta ATC-40 describe que para un sismo de servicio debería tener un nivel de desempeño de operacional (tabla 6), pero este nivel tiene que ver más con la parte funcional de la estructura. Y ante ello, (Sánchez, 2010) menciona que para la evaluación del desempeño estructural de estructuras se ha avanzado mucho, pero los estudios de desempeño no estructural son más limitados y en algunos casos rebasan el campo de la ingeniería estructural y sísmica. Es por ello que se evalúa desde un punto de vista estructural. Ante ello, es aceptable dicho nivel de desempeño.

- Ante lo descrito anteriormente, la estructura no requiere de realizar alguna propuesta de mejora para evitar que colapse. Sin embargo, en la visita a campo se observó que la estructura presenta desprendimiento del tarrajeo en las esquinas de algunas columnas y fisuras en la unión de muros de albañilería-columnas que se han dado por la junta que existente, pero esto no afectaría su desempeño sísmico. Por lo que, con fines estéticos de la estructura se propone una propuesta de mejora que se explica en el Anexo N° 6 y N° 7.
- En la figura 73, 74 y 80 para el step 1 y 2 para ambas direcciones se observa que la formación de las primeras rótulas plásticas se da en algunas vigas y son de nivel operacional, y siempre se espera que la formación de estas se dé primero en las vigas y luego en las columnas para que la estabilidad global de la estructura no se vea afectada.
- Se recomienda realizar un análisis no lineal dinámico, Utilizando registros de tiempo historia, ya que este tipo de análisis son más avanzados y completos, por lo que brinda resultados con más credibilidad.
- En la actualidad no existe un único patrón de fuerzas aceptado en lo absoluto. Por lo que se recomienda realizar un análisis Pushover utilizando varios tipos patrones de cargas laterales y definir la curva de capacidad mediante la envolvente de los resultados obtenidos.
- En esta investigación la propuesta de mejora se realizó con fines no estructurales, debido a que la estructura, previo al análisis por desempeño se comporta adecuadamente y ante ello no fue necesario realizar una propuesta de mejora para que mejore su comportamiento estructural ante un evento sísmico.

4.2 Conclusiones

- El nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara fue de inmediata ocupación, por lo que la hipótesis planteada se cumple.
- Se determinó la capacidad de respuesta estructural mediante el análisis estático no lineal (Pushover), y la estructura empieza a fluir y a colapsar en los siguientes puntos M01: “X” $P_{FE} = (0.0250 \text{ m}; 128.90 \text{ Tn})$, “Y” $P_{FE} (0.0326 \text{ m}; 214.98 \text{ Tn})$; M02: “X” $P_{FE} (0.009 \text{ m}; 211.98 \text{ Tn})$, “Y” $P_{FE} (0.0061 \text{ m}; 293.68 \text{ Tn})$. M01: “X” $P_{COLAPSO} (0.1959 \text{ m}, 140.8360 \text{ Tn})$, “Y” $P_{COLAPSO} (0.2618 \text{ m}, 302.2508 \text{ Tn})$; M02: “X” $P_{COLAPSO} (0.1419, 215.4341 \text{ Tn})$, “Y” $P_{COLAPSO} (0.0168 \text{ m}, 453.3762 \text{ Tn})$.
- Se determinó el espectro de capacidad para diferentes niveles de amenaza, obteniéndose los siguientes puntos de desempeño. M01 “X”, Sismo de servicio (0.016m,61.805Tn), sismo de diseño (0.038m,106.007Tn) y sismo máximo (0.050m,120.803Tn); “Y”, Sismo de servicio (0.013m,80.704Tn), Sismo de diseño (0.035m,146.523Tn) y sismo máximo (0.049m,173.113Tn). M02 “X”, Sismo de servicio (0.0034m,64.682Tn), sismo de diseño (0.0073m,133.87Tn) y sismo máximo (0.0099m,153.705Tn); “Y”, Sismo de servicio (0.0013m,48.265Tn), Sismo de diseño (0.0032m,119.943Tn) y sismo máximo (0.0038m,139.702Tn).

REFERENCIAS

1. Aguiar, R. (2003). Análisis sísmico por desempeño. Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas.
2. Alcántara, K., & Nalvarte, C. (2016). Desempeño estructural aplicando la norma ATC-40 para el reforzamiento del pabellón "MONOBLOCK" del Instituto Nacional de Salud del Niño (Breña -Lima). Tesis de Pregrado. Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú.
3. Allauca, L. (2006). Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
4. Alvarado, B. (2017). Evaluación del punto de desempeño sísmico de una edificación escolar, diseñado con la norma E.030, usando criterios de Visión 2000. Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo, Lima-Perú.
5. Applied Technology Council. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete buildings. Redwood City, California: Technical Report.
6. Busso, H., & Jorge, Y. (2015). Evaluación por desempeño sísmico de una construcción confinada de cinco pisos en la ciudad de Huancavelica utilizando un análisis no lineal estático, distrito Huancavelica, provincia Huancavelica, región Huancavelica. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica-Perú.
7. Earthquake Engineering Research Institute. (2007). The Pisco, Perú, Earthquake of August 15, 2007. EERI Special Earthquake Report, 12.
8. Fajardo, G. (2012). Evaluación estructural de una de las edificaciones del Hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del Espectro de Capacidad. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
9. Gonzales, H. (2010). Comportamiento sísmico de edificios con muros delgados de hormigón. Aplicación a zonas de alta sismicidad de Perú. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona-España.
10. Guevara, N., Osorio, S., & Arturo, E. (2006). Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura, utilizando análisis estático no lineal (Pushover). Tesis de pregrado. Universidad del Salvador, San Salvador.
11. Incompsc. (28 de 09 de 2016). Inyección de epóxicos en grietas [archivo de video]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=X7Nd-F7Vp9I>
12. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón. (1985). Técnicas de reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado y albañilerías. Chile.
13. Intor, K., & Martos, C. (2017). Desempeño sísmico del módulo "A" de la I.E San Ramón en la ciudad de Cajamarca-2017. Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú.

14. Moreno, R. (2006). Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis estático no lineal: Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona-España.
15. Mosqueira, M. (2012). Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de ingeniería - Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.
16. Navarro, C., & Fernández, J. (2006). Desempeño sísmico de un edificio aporticado de seis pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
17. Organización Panamericana de la Salud. (07 de agosto de 2007). Terremoto en Perú. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud Promoviendo la salud en las Américas: http://www.paho.org/spanish/dd/ped/EQPeru_807SitrepSalud240807.htm
18. Russia Today. (8 de septiembre de 2017). Infografía: Los terremotos más fuertes del siglo XXI. Obtenido de Russia Today: <https://actualidad.rt.com/actualidad/249460-infografia-terremotos-fuertes-siglo-xxi>
19. Sánchez, M. (2010). Diseño sísmico basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey-México.
20. SENCICO. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
21. Soto, J. (2015). Evaluación del desempeño sismorresistente del edificio del centro pre universitario de la universidad nacional de Cajamarca. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
22. Tavera, H., & Buffon, E. (1998). Sismicidad y sismo tectónica de Perú. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid-España.
23. Toledo, V. (2011). Pushover-análisis no lineal estático en edificios de concreto armado. Perú: Comunidad para la Ingeniería Civil. Obtenido de www.cingcivil.com
24. Valcárcel, J. (s.f.). Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona-España.
25. Vargas, Y. (2013). análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona-España.
26. Vergara, V., & Zevallos, M. (2014). Análisis sísmico por desempeño estático no lineal de un edificio de 6 niveles en la ciudad de Trujillo, la libertad. Tesis de pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de Operacionalización.

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Desempeño sismorresistente	Descripción del comportamiento sísmico de una estructura sometida a una demanda sísmica dada. (Applied Technology Council, 1996)	Espectro de demanda	Parámetros sísmicos	Hojas de excel, Norma Técnica E.030
		Curva de capacidad	Cortante basal (V)	Hojas de excel, Norma Técnica E.030
			Desplazamiento lateral máximo en el último nivel (Δ)	SAP2000 V19.2.1
		Punto de desempeño	Desplazamiento	SAP2000 V19.2.1, documentación ATC-40

ANEXO N° 2: Matriz de Consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÒTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	INSTRUMENTO
Pregunta General	Objetivo general	Hipòtesis General	Variable	Población		
¿Cuál es el nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover?	Determinar el nivel de desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafel Loayza Guevara, utilizando el método Pushover	El desempeño sismorresistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover es de inmediata ocupación	Desempeño sismorresistente	la población es la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara	La investigación es descriptiva	Lista de chequeo, lista de evaluación, Hojas de excel, Norma Técnica E.030, SAP2000 V 19.2.1, documentación ATC-40
	Objetivos específicos			Muestra		
	Determinar la capacidad de respuesta estructural de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara mediante un análisis estático no lineal.			la muestra está constituida por el Pabellón nuevo construido en los años 2009-2010		
	Determinar el espectro de capacidad para diferentes niveles de amenaza.					

ANEXO N° 3: Lista de chequeo

LISTA DE CHEQUEO

TESIS	DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA
-------	--

UBICACIÓN	AV. 13 DE JULIO CDRA3- CAJAMARCA
TESISTA	NEYDER YOSMER MIREs ACUÑA
ASESOR	Ing. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
FECHA	09/10/2018
MÓDULO	Módulo 01 y Módulo 02

1. DIMENSIONES DE LAS COLUMNAS

COLUMNA	DIMENSIONES/PLANOS		OBSERVACIÓN EN CAMPO	
	b(m)	h(m)	Las medidas tomadas coinciden con las de los planos	
C2	0.15	0.30	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
C3	0.25	0.25	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
C3"	0.25	0.25	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
C4	0.25	0.6	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
C5	0.25/0.60	0.25/0.60	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
C6	0.25	0.90	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
C7	0.25/0.90	0.25/0.50	<input checked="" type="checkbox"/>	NO

2. DIMENSIONES DE LAS VIGAS

1° y 2° piso

VIGA	DIMENSIONES/PLANOS		OBSERVACIÓN EN CAMPO	
	b(m)	h(m)	Las medidas tomadas coinciden con las de los planos	
VA	0.25	0.35	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
VS	0.25	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
V	0.30	0.60	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
V	0.25	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
VB	0.25	0.20	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
Viga en voladizo	0.30	0.60/0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
Viga en voladizo	0.25	0.60/0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO

3° piso

VIGA	DIMENSIONES/PLANOS		OBSERVACIÓN EN CAMPO	
	b(m)	h(m)	Las medidas tomadas coinciden con las de los planos	
VA	0.25	0.35	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
VS	0.25	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
V	0.25	0.60	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
V	0.25	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
Viga en voladizo	0.25	0.60/0.40	<input checked="" type="checkbox"/>	NO

3. DIMENSIONES DE LAS LOSAS

LOSA	DIMENSIONES/PLANOS		OBSERVACIÓN EN CAMPO	
	h(m)		Las medidas tomadas coinciden con las de los planos	
Losa 1° nivel	0.20		<input checked="" type="checkbox"/>	NO
Losa 2° nivel	0.20		<input checked="" type="checkbox"/>	NO

ANEXO N° 4: Lista de evaluación

LISTA DE EVALUACIÓN

TESIS	DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA
UBICACIÓN	AV. 13 DE JULIO CDRA3- CAJAMARCA
TESISTA	NEYDER YOSMER MIRES ACUÑA
ASESOR	Ing. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
FECHA	03/10/2018
MÓDULO	Módulo 01 y Módulo 02

1. MÓDULO 01

EJE	TRAMO	OBSERVACIÓN
A-A (1 ^o , 2 ^o , 3 ^o piso)	4-10	Se observa una fisura en la unión del muro-columna, debido a una junta existente.
B-B (1 ^o , 2 ^o y 3 ^o piso)	4-10	Se observa una fisura en la unión del muro-columna, debido a una junta existente.
A-A (2 ^o piso)	Intersección con el eje "B"	Se observa la columna "T" con desprendimiento del tarrajeo.
B-B (3 ^{er} piso)	Intersección con el eje "A"	Columna "T" con desprendimiento del tarrajeo.
g-g (3 ^o piso)	Intersección con el eje "B"	Columna "T" con desprendimiento del tarrajeo.
10-10 (1 ^o , 2 ^o y 3 ^o piso)	voladizo	Se observa una grieta en la unión del muro del voladizo.

2. MÓDULO 02

EJE	TRAMO	OBSERVACIÓN
1-1 (1 ^o piso)	Intersección con el eje "F"	Columna con desprendimiento del revoque.
2-2 (1 ^o , 2 ^o y 3 ^o piso)	D-F	Se observa una fisura en la unión del muro-columna, debido a una junta existente.
1-1 (1 ^o , 2 ^o y 3 ^o piso)	A-F	Se observa una fisura en la unión del muro-columna, debido a una junta existente.
F-F (1 ^o , 2 ^o y 3 ^o piso)	voladizo	Se observa una grieta en la unión del muro del voladizo.

ANEXO N° 5: Panel fotográfico



Figura 81. Realizando el lijado del punto donde se realizó el ensayo.



Figura 82. Superficie preparada para el ensayo, C1 1° piso-Módulo 01.



Figura 83. Realizando el ensayo en la C1 1° piso-Módulo 01.



Figura 84. Realizando el ensayo en la C2 1° piso-Módulo 01.



Figura 85. Superficie preparada para el ensayo, V1 1º piso-Módulo 01.



Figura 86. Superficie preparada para el ensayo, V2 1º piso-Módulo 01.



Figura 87. Superficie preparada para el ensayo, C1 1° piso-Módulo 02.



Figura 88. Realizando el ensayo en la C1 1° piso-Módulo 02.



Figura 89. Con el director del colegio Rafael Loayza Guevara el Mg. Jesús Castrejón Palomino.



Figura 90. Con el director del colegio Rafael Loayza Guevara el Mg. Jesús Castrejón Palomino.



Figura 91. Módulo 01: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión muro-columna en el eje A-A tramo del 4-10.



Figura 92. Módulo 01: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión muro-columna en el eje B-B tramo del 4-10.



Figura 93. Módulo 01: 2° piso columna "T" con desprendimiento del tarrajeo en el eje A-A intersección con el eje "5".



Figura 94. Módulo 01: 3° piso columna "T" con desprendimiento del tarrajeo en el eje 8-8 intersección con el eje "A".



Figura 95. Módulo 01: 3° piso columna "T" con desprendimiento del tarrajeo en el eje 9-9 intersección con el eje "B".

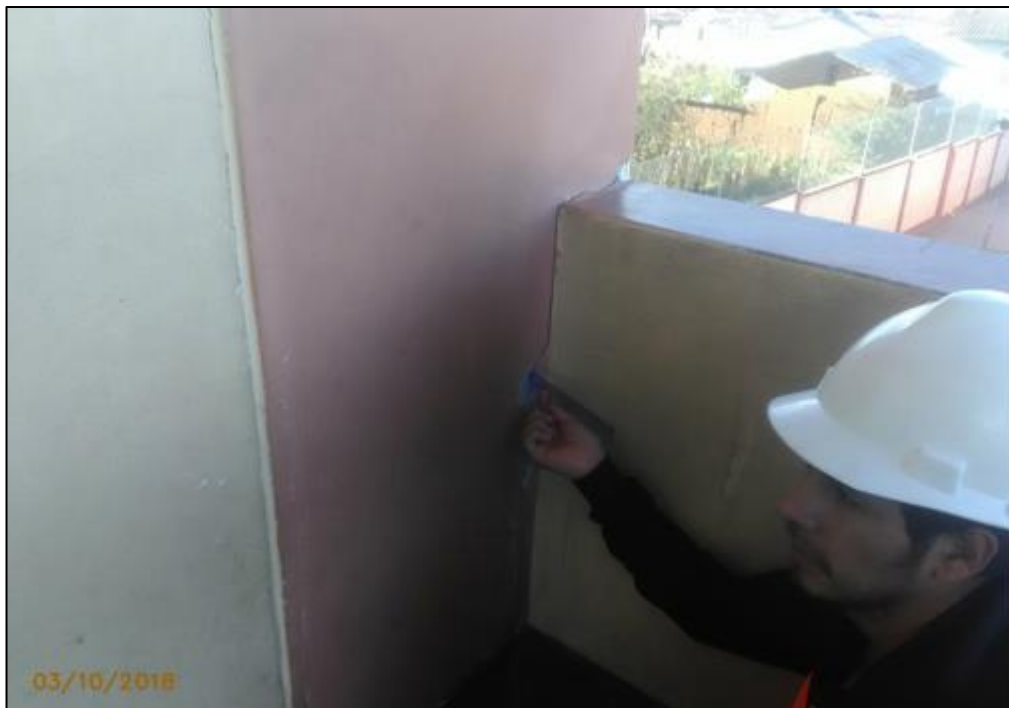


Figura 96. Módulo 01: 1°, 2° y 3° piso, presencia de una grieta en la unión del muro del voladizo en el eje 10-10 tramo voladizo.



Figura 97. Módulo 02: 1° piso columna “L” con desprendimiento del tarrajeo en el eje 1-1 intersección con el eje “F”.



Figura 98. Módulo 02: 1°, 2° y 3° piso, presencia de una fisura en la unión del muro-columna en el eje 1-1 tramo A-F.



Figura 99. Módulo 02: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una fisura en la unión del muro-columna en el eje 2-2 tramo D-F.



Figura 100. Módulo 02: 1º, 2º y 3º piso, presencia de una grieta en la unión del muro del voladizo en el eje F-F tramo voladizo.

ANEXO N° 6: Propuesta de mejora

Descripción: En la visita a campo se observó la presencia de fisuras entre las uniones de muros de albañilería-columnas (por la junta existente), pero estas no afectarían el comportamiento estructural de la edificación, ya que la formación es de origen natural. Ante ello, con fines estéticos se propone realizar una inyección a presión a las fisuras que a continuación se detallan:

Inyección a Presión

Alcance: Se utiliza para inyectar grietas y fisuras en cualquier posición. Para la inyección de grietas finas (menor a 1mm y 5mm) se deben utilizar sistemas epóxicos de baja menor a 200 cps viscosidad (Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón , 1985)

Procedimiento:

1. Se realizará una limpieza con una escobilla de acero alrededor de la fisura.



Figura 101. Proceso de limpieza con una escobilla de acero. Incompsc, 2016.

2. Luego se colocará boquillas a determinadas distancias en todo el largo de la fisura o cualquier dispositivo similar a un tubo que permita la transferencia efectiva de la resina epóxica.



Figura 102. Colocación de boquillas. Incompsc, 2016.

3. Luego se procederá a sellar externamente la fisura y las boquillas, el cual retendrá la resina epóxica conforme se inyecta bajo presión. Esto se realizará con una masilla que tenga un secado rápido.



Figura 103. Sellado de boquillas. Incompsc (2016).

4. Seguidamente se iniciará la inyección partiendo de las boquillas inferiores y avanzando hacia arriba a medida que la inyección progrese. La dosificación y mezclado adecuado de los componentes epóxicos se apegarán estrictamente a los requisitos del fabricante.



Figura 104. Inyección de la resina epóxicas. Incompssc, 2016.

5. Al día siguiente se retirará las boquillas y se dejará la superficie plana.

Nota: Para ello se utilizará un epoxi de muy baja viscosidad y la aplicación será con pistolas de calafateo (en caso sea manual), o también se hará uso de equipo neumático con una presión de aire comprimido de 2 a 7 Kg/cm².

ANEXO N° 7: Propuesta de mejora

Descripción: En la visita a campo se observó la presencia de desprendimiento del tarrajeo en las esquinas de algunas columnas de la I.E en cual no afectan el comportamiento estructural de la edificación, pero con fines estéticos se propone realizar reparaciones superficiales que a continuación se detallan:

Reparaciones superficiales (Aplicación Manual)

Alcance: Se aplican a fallas de reducido espesor (0-5 cm), que sólo afectan la superficie del hormigón o el recubrimiento de armaduras.

Procedimiento:

1. Definir bordes con cortador angular.
2. Eliminar por picado todo hormigón defectuoso.
3. Obtener forma geométrica adecuada.
4. Limpieza con aire y/o agua.
5. Aplicar con brocha lechada de adherencia
6. Para preparar la lechada de adherencia se mezcla cemento y arena fina en
7. proporción 1:1 y luego se agrega la emulsión acrílica diluida en agua en la
8. proporción indicada por el fabricante, mezclando hasta obtener una consistencia cremosa.
9. Preparar mortero 1:3 con arena gruesa de tamaño máximo 5 mm o de 1/3 del
10. espesor a rellenar; consistencia semiplástica.
11. Proyectar manualmente (chicoteo), y darle un terminado adecuado (Liso y Llano).
12. Mantener húmedo por 7 días.

ANEXO N° 8: Ensayos de Esclerometría



JCB JAVIER COLINA BERNAL
ING. CIVIL CIP N° 56967

GEOECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS
DIPLOMADO MECÁNICA DE SUELOS COD. UNT-0803-14 jcbingeniero573@hotmail.com
DIPLOMADO GEOECNIA COD. UNT-0804-14 Celular: 938565100

**MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO
(A.S.T.M. C 805-97)**

MATERIAL	CONCRETO SIMPLE		
TESIS	"DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA"		
UBICACIÓN	AV. 13 DE JULIO CDRA.3 -CAJAMARCA		
NORMA TECNICA	A.S.T.M. C 805 - 97.		
TESISTA	NEYDER YOSMER MIRES ACUÑA		
ASESOR	Ing. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	FECHA	CAJA. AGOSTO DEL 2018

PRIMER NIVEL - MÓDULO 01

ENSAYO N° 01			
MÓDULO "01" - 1er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 C - 1	35	VÁLIDO
	28	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	31	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	31	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.3

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	165 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 02			
MÓDULO "01" - 1er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 V - 1	29	VÁLIDO
	29	VÁLIDO	
	27	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	
	27	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	26	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	28
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.1

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	140 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 03			
MÓDULO "01" - 1er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 C - 2	31	VÁLIDO
	33	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	36	VÁLIDO	
	35	VÁLIDO	
	31	VÁLIDO	
	39	VÁLIDO	
	38	VÁLIDO	
	38	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.3

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	204 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 04			
MÓDULO "01" - 1er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 V - 2	36	VÁLIDO
	26	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	28	VÁLIDO	
	33	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.9

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	165 Kg/cm ²
--	----------------------------------


Javier Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 56967



JCB JAVIER COLINA BERNAL

ING. CIVIL. CIP N° 56967

GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIPLOMADO MECANICA DE SUELOS COD. UNT-0803-14 jcbingenieros73@hotmail.com
DIPLOMADO GEOTECNIA COD. UNT-0804-14 Celular: 938565100

**MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO
(A.S.T.M. C 805-97)**


MATERIAL	CONCRETO SIMPLE		
TESIS	"DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA"		
UBICACIÓN	AV. 13 DE JULIO CDRA.3 -CAJAMARCA		
NORMA TECNICA	A.S.T.M. C 805 - 97.		
TESISTA	NEYDER YOSMER MIREs ACUÑA		
ASESOR	Ing. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	FECHA	CAJA. AGOSTO DEL 2018

PRIMER NIVEL Y SEGUNDO NIVEL - MÓDULO 02

ENSAYO N° 05			
MÓDULO "02" - 1er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 M - 02 C - 1	32	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	31	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	31
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.1

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	204 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 06			
MÓDULO "02" - 1er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 M - 02 V - 1	35	VÁLIDO	
	36	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	
	35	VÁLIDO	
	37	VÁLIDO	
	35	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	29	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	40	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.5

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	204 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 07			
MÓDULO "02" - 2do NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 M - 02 C - 2	32	VÁLIDO	
	34	VÁLIDO	
	34	VÁLIDO	
	38	VÁLIDO	
	34	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.9

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	193 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 08			
MÓDULO "02" - 2do NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 M - 02 V - 1	34	VÁLIDO	
	36	VÁLIDO	
	35	VÁLIDO	
	39	VÁLIDO	
	32	VÁLIDO	
	27	VÁLIDO	
	42	VÁLIDO	
	42	VÁLIDO	
	36	VÁLIDO	
	30	VÁLIDO	

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	35
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.9

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	215 Kg/cm ²
--	----------------------------------


Javier Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 56967



JCB JAVIER COLINA BERNAL
ING. CIVIL. CIP N° 56967
GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS
DIPLOMADO MECANICA DE SUELOS COD. UNT-0803-14 jcbingenieros73@hotmail.com
DIPLOMADO GEOTECNIA COD. UNT-0804-14 Celular: 938565100

**MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO
(A.S.T.M. C 805-97)**

MATERIAL	CONCRETO SIMPLE		
TESIS	"DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA"		
UBICACIÓN	AV. 13 DE JULIO CDRA.3 -CAJAMARCA		
NORMA TÉCNICA	A.S.T.M. C 805 - 97.		
TESISTA	NEYDER YOSMER MIRES ACUÑA		
ASESOR	Ing. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	FECHA	CAJA. AGOSTO DEL 2018

SEGUNDO NIVEL - MÓDULO 01

ENSAYO N° 09			
MÓDULO "01" - 2do NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 V - 1	32	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		30	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		36	VÁLIDO
		37	VÁLIDO
	TERCER GRADO "A" TURNO DE LA MAÑANA	38	VÁLIDO
		38	VÁLIDO
		35	VÁLIDO
		32	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.9

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	204 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 10			
MÓDULO "01" - 2do NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 C - 1	34	VÁLIDO
		36	VÁLIDO
		35	VÁLIDO
		37	VÁLIDO
		35	VÁLIDO
		38	VÁLIDO
	TERCER GRADO "A" TURNO DE LA MAÑANA	34	VÁLIDO
		34	VÁLIDO
		35	VÁLIDO
		38	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	36
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.6

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	226 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 11			
MÓDULO "01" - 2do NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 V - 2	27	VÁLIDO
		28	VÁLIDO
		26	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		27	VÁLIDO
	TERCER GRADO "B" TURNO DE LA MAÑANA	27	VÁLIDO
		30	VÁLIDO
		26	VÁLIDO
		29	VÁLIDO
		27	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	28
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.2

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	143 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 12			
MÓDULO "01" - 2do NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 C - 2	34	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		34	VÁLIDO
	TERCER GRADO "B" TURNO DE LA MAÑANA	32	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		32	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.8

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	193 Kg/cm ²
--	----------------------------------

Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP N° 56967



JCB JAVIER COLINA BERNAL

ING. CIVIL CIP N° 56967

GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS
DIPLOMADO MECANICA DE SUELOS COD. UNT-0803-14 jcbingeniero573@hotmail.com
DIPLOMADO GEOTECNIA COD. UNT-0804-14 Celular: 938565100

**MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO
(A.S.T.M. C 805-97)**

MATERIAL	CONCRETO SIMPLE		
TESIS	"DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA"		
UBICACIÓN	AV. 13 DE JULIO CDRA.3 -CAJAMARCA		
NORMA TECNICA	A.S.T.M. C 805 - 97.		
TESISTA	NEYDER YOSMER MIRES ACUÑA		
ASESOR	Ing. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	FECHA	CAJA. AGOSTO DEL 2018

TERCER NIVEL - MÓDULO 01

ENSAYO N° 15			
MÓDULO "01" - 3er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 V - 1	31	VÁLIDO
		30	VÁLIDO
		31	VÁLIDO
		31	VÁLIDO
		30	VÁLIDO
		29	VÁLIDO
	TERCER GRADO "E" TURNO DE LA MAÑANA	29	VÁLIDO
		31	VÁLIDO
		31	VÁLIDO
		30	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.8

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	165 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 16			
MÓDULO "01" - 3er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 C - 1	32	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		34	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
	QUINTO GRADO "E" TURNO DE LA MAÑANA	32	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		33	VÁLIDO
		32	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.7

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	193 Kg/cm ²
--	----------------------------------

ENSAYO N° 17			
MÓDULO "01" - 3er NIVEL			
UBICACIÓN DE ENSAYO	N° REBOTE	ACEPTACIÓN	
 DIRECCIÓN ENSAYO	M - 01 C - 2	31	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		31	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		35	VÁLIDO
		35	VÁLIDO
	QUINTO GRADO "D" TURNO DE LA MAÑANA	32	VÁLIDO
		32	VÁLIDO
		31	VÁLIDO
		32	VÁLIDO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO :	32
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.5

DATO DEL N° REBOTE - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL GRÁFICO DEL ESCLERÓMETRO	184 Kg/cm ²
--	----------------------------------


Javier Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 56967

ANEXO N° 9: Planos de la edificación

- Plano de Ubicación (U-01)
- Plano de Planta General de Distribución (AG-01)
- Plano de Arquitectura (A-01 al A-10)
- Plano de Estructuras (E-01 al E-03)