

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**NIVEL DE DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE UNA
EDIFICACIÓN CONSTRUIDA INFORMALMENTE,
REFORZADA CON MUROS DE CONCRETO ARMADO,
CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2022**

Autor: Bach. Rivaldo Vasquez Salon

Asesor: Mg. Ing. Jorge Chavez Guivin

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a:

A Dios por ser mi guía y fortaleza, y a mis padres cuyo amor, paciencia y dedicación me han permitido alcanzar nuevas metas en mi vida. Gracias por darme el ejemplo de respeto, responsabilidad, dedicación y valentía.

A mis hermanos por su apoyo y amor incondicional durante todo este proceso y por estar siempre conmigo en cuando más los necesité. Finalmente, me gustaría dedicar esta investigación a todos mis amigos que me apoyaron y se acercaron a mí durante los momentos más difíciles.

Rivaldo Vasquez Salon

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y a toda la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, por brindarme los conocimientos de esta increíble carrera universitaria.

Al Ing. Jorge Chavez Guivin, quien fue el principal colaborador durante el desarrollo de este proceso, con su liderazgo, conocimiento, educación y colaboración hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Rivaldo Vasquez Salon

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. María Nelly Luján Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada NIVEL DE DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE UNA EDIFICACIÓN CONSTRUIDA INFORMALMENTE, REFORZADA CON MUROS DE CONCRETO ARMADO, CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2022 del egresado RIVALDO VASQUEZ SALON de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 25 de MARZO de 2024



Firma y nombre completo del Asesor

Jorge Chariz Guzmán
DNI 83432495

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



PRESIDENTE

Ing. John Hilmer Saldaña Núñez



SECRETARIO

Ing. Monica del Pilar Torrejón Llaja



VOCAL

Lic. José Luis Quispe Osorio

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

NIVEL DE DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE UNA EDIFICACIÓN CONSTRUIDA INFORMALMENTE

REFORZADA CON MUROS DE CONCRETO ARMADO, CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2022,

presentada por el estudiante ()/egresado (x) RIVALDO VASQUEZ SALON

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL

con correo electrónico institucional 7284322321@untrm.edu.pe

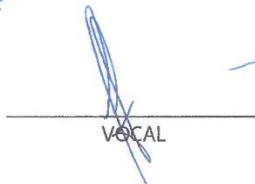
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 03 de MAYO del 2024


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE DEL SOFTWARE TURNITIN

INFORME DE TESIS_RIVALDO VASQUEZ SALON

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Suwal, Anil. "Evaluation of modeling parameters in ASCE 41-13 for the nonlinear static and dynamic analysis of an RC building.", Proquest, 2015. Publicación	1%
6	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%


Sr. John Wilmer Saldana Núñez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 20 de MAYO del año 2024 siendo las 19:00 horas, el aspirante: BACH. RIVALDO VASQUEZ SALON, asesorado por Mg. JORGE CHAVEZ GUVIN defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: NIVEL DE DESEMPEÑO SISMORESISTENTE DE UNA EDIFICACIÓN CONSTRUIDA INFORMALMENTE, REFORZADA CON MURDOS DE CONCRETO ARMADO, CHACHAPOYAS, AMAZONIA²⁰²² para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. JOHN HILMER SALDADA UÑEZ

Secretario: Ing. MONICA DEL PILAR TORRESÓN LLAJA

Vocal: LIC. JOSE LUIS QUISPE OSORIO

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.



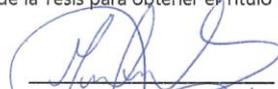
Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

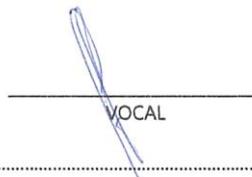
Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

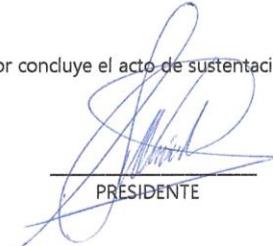
Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 20:20 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	vii
REPORTE DEL SOFTWARE TURNITIN	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	ix
CONTENIDO GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	18
MATERIAL Y METODOS	22
1.1. Objetivos	22
1.1.1. Objetivo General.....	22
1.1.2. Objetivos Específicos	22
1.2. Universo muestral	22
1.3. Variables de estudio	22
1.3.1. Operacionalización de variables	23
1.4. Materiales.....	24
1.5. Métodos.....	24
1.5.1. Evaluación estructural sísmica.....	24
1.5.2. Planteamiento de reforzamientos con muros de concreto armado	30
1.5.3. Evaluación del nivel de desempeño de la estructura reforzada y no reforzada	
31	
RESULTADOS	35
1.6. Evaluación estructural sísmica	35
1.6.1. Información para la evaluación estructural sísmica.....	35
1.6.2. Modelamiento de la estructura.....	39
1.6.3. Parámetros de fuerza sísmica.....	40
1.6.4. Verificación de Irregularidades.	41

1.6.5.	Peso Sísmico y diafragmas.	42
1.6.6.	Análisis Estático	42
1.6.7.	Análisis dinámico modal espectral	44
1.6.8.	Verificación de esfuerzos en columnas	47
1.7.	Planteamiento los reforzamientos con muros de concreto armado en los puntos más críticos de la edificación.	50
1.7.1.	Distribución de muros concreto armado y verificación del sistema estructural.....	50
1.7.2.	Análisis estático de la estructura reforzada.....	51
1.7.3.	Análisis dinámico de la estructura reforzada.....	53
1.7.4.	Diseño automatizado de muros de concreto armado	55
1.8.	Evaluación del nivel de desempeño de la edificación reforzada y clasificación de acuerdo al punto de desempeño.....	61
1.8.1.	Análisis Estático No Lineal	61
1.8.2.	Curva de Demanda.....	71
1.8.3.	Punto y nivel de desempeño	80
DISCUSIONES.....		96
1.9.	Evaluación estructural sísmica	96
1.10.	Reforzamiento con muros de concreto armado.....	96
1.11.	Nivel de desempeño de la estructura	97
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES		99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		100
ANEXOS.....		102
1.12.	Panel Fotográfico	102
1.13.	Planos representativos de la vivienda.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i>	23
Tabla 2	<i>Factores por zonificación</i>	27
Tabla 3	<i>Factores de suelo</i>	27
Tabla 4	<i>Parámetros para la asignación de rotulas plásticas en vigas</i>	31
Tabla 5	<i>Sismos de demanda</i>	33
Tabla 6	<i>Delimitación de la curva de capacidad</i>	34
Tabla 7	<i>Secciones transversales de las vigas</i>	38
Tabla 8	<i>Sección transversal en columna típica</i>	38
Tabla 9	<i>Cargas consideradas para el análisis</i>	39
Tabla 10	<i>Parámetros de fuerza sísmica</i>	40
Tabla 11	<i>Irregularidades en altura</i>	41
Tabla 12	<i>Irregularidades en planta</i>	41
Tabla 13	<i>Fuerzas y cortantes laterales estáticas</i>	43
Tabla 14	<i>Derivas estáticas en X</i>	43
Tabla 15	<i>Derivas estáticas en Y</i>	43
Tabla 16	<i>Resultados de los modos de vibración</i>	44
Tabla 17	<i>Derivas dinámicas en X</i>	46
Tabla 18	<i>Derivas dinámicas en Y</i>	46
Tabla 19	<i>Carga axial y momento nominal de la columna C1</i>	48
Tabla 20	<i>Solicitaciones para cada combinación de carga</i>	48
Tabla 21	<i>Verificación del sistema estructural</i>	51
Tabla 22	<i>Fuerzas laterales y cortantes estáticas en la estructura reforzada</i>	51
Tabla 23	<i>Derivas estáticas de la estructura reforzada en X</i>	52
Tabla 24	<i>Derivas estáticas de la estructura reforzada en Y</i>	52
Tabla 25	<i>Modos de vibración de la estructura reforzada</i>	53
Tabla 26	<i>Derivas dinámicas de la estructura reforzada en X</i>	54
Tabla 27	<i>Derivas dinámicas de la estructura reforzada en Y</i>	54
Tabla 28	<i>Cortante mínima y factor de escala</i>	55
Tabla 29	<i>Verificación de diseño al 125%</i>	55
Tabla 30	<i>Solicitaciones de la placa PX_02</i>	56
Tabla 31	<i>Carga axial y momento nominal de la placa P_X</i>	57
Tabla 32	<i>Solicitaciones de la placa PY_03</i>	58
Tabla 33	<i>Carga axial y momento nominal de la placa PY</i>	59

Tabla 34	Solicitaciones para la columna C1	60
Tabla 35	<i>Fuerzas cortantes y desplazamientos en X</i>	67
Tabla 36	<i>Fuerzas cortantes y desplazamientos en Y</i>	68
Tabla 37	<i>Fuerzas cortantes y desplazamientos en X de la estructura reforzada</i>	69
Tabla 38	<i>Fuerzas cortantes y desplazamientos en Y de la estructura reforzada</i>	70
Tabla 39	<i>Espectro de demanda de un sismo frecuente (Comité Visión 2000)</i>	71
Tabla 40	<i>Espectro de demanda de un sismo ocasional (Comité Visión 2000)</i>	73
Tabla 41	<i>Espectro de demanda de un sismo raro (Comité Visión 2000)</i>	75
Tabla 42	<i>Espectro de demanda de un sismo muy raro (Comité Visión 2000)</i>	77
Tabla 43	<i>Límites de desempeño de la estructura en X</i>	81
Tabla 44	<i>Límites de desempeño de la estructura en Y</i>	81
Tabla 45	<i>Límites de desempeño para la estructura reforzada en X</i>	81
Tabla 46	<i>Límites de desempeño para la estructura reforzada en Y</i>	82
Tabla 47	<i>Niveles de desempeño de la estructura no reforzada en X</i>	92
Tabla 48	<i>Niveles de desempeño de la estructura no reforzada en Y</i>	93
Tabla 49	<i>Niveles de desempeño de la estructura reforzada en X</i>	94
Tabla 50	<i>Niveles de desempeño de la estructura reforzada en Y</i>	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación catastral de la edificación</i>	25
Figura 2 <i>Zonas sísmicas del Perú</i>	26
Figura 3 <i>Objetivos de desempeño según el Comité Visión 2000</i>	34
Figura 4 <i>Distribución del primer piso de la edificación</i>	35
Figura 5 <i>Distribución del segundo piso de la edificación</i>	36
Figura 6 <i>Distribución del tercer piso de la edificación</i>	36
Figura 7 <i>Distribución de la azotea de la edificación</i>	37
Figura 8 <i>Modelo 3D de la estructura en el programa Etabs v20.3.0</i>	40
Figura 9 <i>Peso sísmico en el programa Etabs v20.3.0</i>	42
Figura 10 <i>Cargas sísmicas estáticas en el programa Etabs v20.3.0</i>	42
Figura 11 <i>Comparación de derivas estáticas obtenidas con la deriva máxima permitida</i>	44
Figura 12 <i>Definición del espectro de demanda</i>	45
Figura 13 <i>Comparación de derivas dinámicas obtenidas con la deriva máxima permitida</i>	47
Figura 14 <i>Diagrama de interacción de columna y solicitaciones de carga</i>	49
Figura 15 <i>Distribución de refuerzos en la edificación</i>	50
Figura 16 <i>Comparación de derivas estáticas calculadas con la deriva máxima permitida</i>	52
Figura 17 <i>Comparación de derivas dinámicas calculadas con la deriva máxima permitida</i>	54
Figura 18 <i>Detalle de acero en muros de reforzamiento</i>	56
Figura 19 <i>Diagrama de interacción de placa P_X y solicitaciones de carga</i>	58
Figura 20 <i>Diagrama de interacción de la placa P_Y y las solicitaciones de carga</i>	60
Figura 21 <i>Diagrama de interacción de la columna C1 y solicitaciones de carga</i>	61
Figura 22 <i>Asignación de rotulas plásticas en vigas</i>	62
Figura 23 <i>Asignación de rotulas plásticas en columnas</i>	63
Figura 24 <i>Definición de refuerzo en muros de concreto armado</i>	64
Figura 25 <i>Rotulas plásticas en la estructura reforzada</i>	64
Figura 26 <i>Definición de carga gravitacional en el software</i>	65
Figura 27 <i>Carga lateral Pushover en X</i>	66
Figura 28 <i>Curva de capacidad en X</i>	68

Figura 29	Curva de capacidad en el eje Y	69
Figura 30	Curva de capacidad en X de la estructura reforzada	70
Figura 31	Curva de capacidad en Y de la estructura reforzada.....	71
Figura 32	Gráfica del espectro de demanda de un sismo frecuente.....	73
Figura 33	Gráfica del espectro de demanda de un sismo ocasional	75
Figura 34	Gráfica del espectro de demanda de un sismo raro.....	77
Figura 35	Gráfica del espectro de demanda de un sismo muy raro	79
Figura 36	Gráfica de los espectros de demandas (Comité Visión 2000)	79
Figura 37	Punto de desempeño del sismo frecuente en X.....	82
Figura 38	Punto de desempeño del sismo ocasional en X.....	83
Figura 39	Punto de desempeño del sismo raro en X	83
Figura 40	Punto de desempeño del sismo muy raro en X.....	84
Figura 41	Puntos de desempeño de la estructura no reforzada en X.....	84
Figura 42	Punto de desempeño del sismo frecuente en Y.....	85
Figura 43	Punto de desempeño del sismo ocasional en Y	85
Figura 44	Punto de desempeño del sismo raro en Y.....	86
Figura 45	Punto de desempeño del sismo muy raro en Y.....	86
Figura 46	Puntos de desempeño de la estructura no reforzada en Y	87
Figura 47	Punto de desempeño del sismo frecuente en la estructura reforzada en X..	87
Figura 48	Punto de desempeño del sismo ocasional en la estructura reforzada en X.	88
Figura 49	Punto de desempeño del sismo raro en la estructura reforzada en X.....	88
Figura 50	Punto de desempeño del sismo muy raro en la estructura reforzada en X..	89
Figura 51	Puntos de desempeño de la estructura reforzada en X	89
Figura 52	Punto de desempeño con un sismo frecuente en Y de la estructura reforzada	90
Figura 53	Punto de desempeño de sismo ocasional en Y de la estructura reforzada ..	90
Figura 54	Punto de desempeño del sismo raro en Y de la estructura reforzada.....	91
Figura 55	Punto de desempeño del sismo muy raro en Y de la estructura reforzada ..	91
Figura 56	Puntos de desempeño de la estructura reforzada en Y	92

RESUMEN

La presente investigación evaluó el nivel de desempeño sismorresistente de una edificación informal reforzada con muros de concreto armado ubicada en el jirón Piura 224 en la ciudad Chachapoyas. Empleando la evaluación estructural sísmica para verificar la implementación de los reforzamientos utilizando el análisis estático y análisis dinámico modal espectral; la implementación de refuerzos se realizó mediante una simulación en el programa CSI Etabs v20.3.0 para cumplir con los parámetros mínimos exigidos por la normativa E.030 y posteriormente emplear el análisis estático no lineal utilizando la normativa FEMA 440 y ASCE 41-17. Los resultados indican que la incorporación de reforzamientos mejoró el comportamiento de la estructura aumentando su rigidez y reduciendo los desplazamientos laterales debido a que absorben las fuerzas cortantes en un 87.31 % en X y 91.37% en Y de toda la cortante basal; además los niveles de desempeño que se obtuvo para los sismos de demanda frecuente, ocasional y raro en la dirección X si cumplieron con el objetivo básico propuesto por el SEAOC mas no el sismo muy raro, caso contrario sucedió en la dirección Y en donde para todos los sismos de demanda los niveles de desempeño no cumplieron con el objetivo básico propuesto por SEAOC pero si se consideran como desempeños aceptables debido a que la estructura analizada no es una estructura nueva.

Palabras claves: Nivel de desempeño, reforzamiento, análisis estático no lineal.

ABSTRACT

The present investigation evaluated the level of earthquake-resistant performance of an informal building reinforced with reinforced concrete walls located in the Piura 224 neighborhood in the city of Chachapoyas. Using seismic structural evaluation to verify the implementation of reinforcements using static analysis and dynamic modal spectral analysis; The implementation of reinforcements was carried out through a simulation in the CSI Etabs v20.3.0 program to comply with the minimum parameters required by the E.030 regulation and subsequently using nonlinear static analysis using the FEMA 440 and ASCE 41-17 regulations. The results indicate that the incorporation of reinforcements improved the behavior of the structure by increasing its rigidity and reducing lateral displacements because they absorb shear forces by 87.31% in X and 91.37% in Y of the entire basal shear; The performance levels that were also obtained for the frequent, occasional and rare demand earthquakes in the The demanding earthquakes, the performance levels did not meet the basic objective proposed by SEAOC but are considered acceptable performances because the structure analyzed is not a new structure.

Keywords: Performance level, reinforcement, nonlinear static analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Los movimientos telúricos son unos de los eventos naturales más catastróficos causante de muchas pérdidas de vidas humanas y pérdidas económicas, el Perú es considerado como uno de los países más propensos a estos eventos naturales, es por ese motivo se creó la normativa de diseño sismorresistente (E 0.30), con la finalidad de minimizar y mitigar los efectos sísmicos sobre la humanidad. Frente a esta medida mitigadora surge unos de los problemas más comunes de todas las ciudades en desarrollo, que es el crecimiento desordenado de la población e informalidad, como es el caso de la ciudad Chachapoyas de acuerdo a estudios realizados por (Caceda, 2021) esta problemática se debe principalmente al incumplimiento de una planificación urbana y a una deficiente fiscalización por parte de las autoridades que conlleva a una ciudad desigual en infraestructura. Este crecimiento poblacional desordenado incrementa la informalidad en las construcciones de viviendas sin el cumplimiento de la normativa peruana.

La práctica de la autoconstrucción de edificaciones es muy común en ciudades en desarrollo que no cuentan con un planeamiento urbano adecuado o no realizan fiscalizaciones a las construcciones, dando como resultado edificaciones sobredimensionadas, sobrecostos en la construcción o una estructura frágil frente a cargas sísmicas (Flores, 2021). Para este problema existen muchos métodos de reforzamiento, con un objetivo en común de mejorar la estructura para disminuir los desplazamientos producidas por las cargas laterales que representan las fuerzas de un sismo. El reforzamiento estructural con muros de corte es considerado uno de los métodos más utilizados para adicionar mayor rigidez a una estructura y disminuir los desplazamientos laterales producidas por un sismo, debido a que estos elementos estructurales que absorben mayor cantidad fuerza cortante por su dimensión más grande (Huanca, 2019).

La normativa peruana se limita al análisis y diseño de las estructuras para un rango elástico dando como límites máximos de desplazamientos, esta limitante nos impide predecir el tipo de comportamiento que desarrollará la estructura fuera del rango elástico. El nivel de desempeño sísmico según la normativa ATC-40 es considerada como una condición limite establecida de acuerdo a los posibles daños físicos que pueden tener las estructuras producidas por las distintas demandas sísmicas, esta condición se empleará para deducir la funcionalidad y seguridad de la estructura posterior al terremoto en un rango inelástico. Para esta metodología se tiene que realizar un Pushover que es conocido como el análisis estático no lineal, comenzando con la incorporación de las propiedades

no lineales a los materiales que conforman a los elementos estructurales y definiendo sus rotulas plásticas en todos, para después aplicar una fuerza incremental en el centroide de la edificación obteniendo la curva de capacidad. También es necesario ubicar el punto de desempeño con la sobreposición de las curvas de capacidad y demanda, la ubicación de este punto es el que determina el nivel de desempeño para el sismo que definió la curva de demanda (Altamirano, 2021).

Flores, (2021) realizó una evaluación a una estructura diseñada y construida sin antes tener un cálculo estructural sismorresistente para determinar si la estructura puede soportar un terremoto. Para hacer esta evaluación, él determinó el comportamiento de la estructura y su nivel de desempeño, utilizando el método Pushover con los softwares SAP2000, ETABS y Microsoft Excel. Con este estudio logró demostrar que las estructuras de concreto armado tienen una buena resistencia ante eventos sísmicos extremos a pesar de no ser diseñadas para este propósito, además los resultados que obtuvo sirvieron como referencia para las futuras construcciones de la zona.

García, et al., (2021) realizaron una investigación para determinar un reforzamiento idóneo para edificio de docentes perteneciente a la Universidad Técnica de Manabí, de tal manera que este pueda disipar la energía de los sismos. El objetivo principal era plantear dos tipos de refuerzos sísmico a la estructura, el primer sistema consistía en muros de concreto armado y de pórticos arriostrados en forma de V invertida en el segundo sistema, ambos sistemas estructurales fueron modeladas en el software Etabs, en donde se efectuaron los análisis sísmicos (estático y dinámico), empleando el método del espectro de diseño. Concluyeron que la estructura al usar reforzamientos con muros de corte tenía un periodo mayor que al usar los pórticos arriostrados concéntricamente y los dos tipos de reforzamientos cumplían con la norma ecuatoriana para desplazamientos de entrepiso y el porcentaje de masa participante. Mediante estos resultados obtenidos en esta investigación ellos recomiendan el uso de los reforzamientos con muros ya que aportan mayor rigidez lateral a la estructura y además son más económicos.

Lituma, et al., (2021) se plantearon comparar el comportamiento de un pórtico de concreto armado que había sido arriostrado concéntricamente, con el comportamiento de un pórtico de concreto simple. El objetivo de esta investigación fue determinar las curvas de desempeño y los desplazamientos para evaluar la alternativa de reforzamiento. Para cumplir con el objetivo planteado utilizaron el método del Pushover obteniendo la curva de capacidad de ambos casos. Concluyeron que el pórtico de concreto armado que fue

arriostrado con acero aumentó su capacidad estructural y que para ambos pórticos el desplazamiento en los dos primeros pisos fue el mismo, pero a partir del tercer piso el pórtico sin arriostramiento experimenta un leve incremento a comparación del otro pórtico. Con los resultados que obtuvieron afirman que la alternativa de refuerzo con arriostramiento de acero estructural mejora el comportamiento de la estructura frente a movimientos sísmicos ya que mejoró resistencia al corte.

Paredes, (2020) en su investigación evaluó el los niveles de desempeño sísmico para un edificio multifamiliar de 14 niveles estructurada con muros de corte mediante la aplicación del análisis estático no lineal. Los resultados obtenidos fueron como deriva máxima en X de 0.007 con un desplazamiento de 485.40mm mientras que en Y obtuvo como deriva máxima de 0.005 con un desplazamiento máximo de 332.73mm. Concluyó que el desempeño obtenido en X para los sismos de demanda cumple con el objetivo básico del SOAC en ambos métodos utilizó (ASCE 41-13 y FEMA 440), mientras que en Y cumple con el método ASCE 41-13 caso contrario sucede con el método FEMA 440, recomienda el uso del análisis estático no lineal debido a que permite ver cómo se comporta la estructura frente a un amenaza sísmica.

En Chile Medina, et al., (2018) determinaron el nivel de desempeño para un edificio que fue estructurado con muros de corte y que se había diseñado de acuerdo con la normativa chilena, utilizaron el Método de Espectro de Capacidad (MEC). Al usar esta herramienta introdujeron propiedades no lineales en el material del que están hechas los muros de corte usando leyes de composición. Obteniendo resultados favorables para el edificio analizado donde los puntos de desempeño cumplían con el objetivo básico del Visión 2000 ya que los desplazamientos no superaban los límites establecidos. Concluyeron que el desempeño estimado para la estructura evaluada con el sismo frecuente es totalmente operacional y operacional para los demás sismos de demanda, también para los sismos frecuente y ocasional obtuvieron resultados inferiores en la relación corte por entrepiso al análisis sísmico siguiendo la metodología que especifica la normativa chilena.

El objetivo principal para esta investigación fue determinar los niveles de desempeño sismorresistente de una edificación que ha sido construida sin el asesoramiento, ni la supervisión de un profesional especializado en construcción civil, que fue reforzada con muros de concreto armado mediante una simulación en el software Etabs v20.3.0, con esto se pretendió evaluar el comportamiento que desarrolla la estructura fuera rango elástico una vez reforzada. En la evaluación estructural sísmica se utilizó el análisis

estático y el análisis dinámico para corroborar si la estructura cumplía con los parámetros mínimos de la normativa peruana (E 030). De acuerdo con el análisis anterior se planteó los reforzamientos con muros de concreto armado para mejorar el comportamiento de la estructura en el análisis estático y análisis dinámico modal espectral para cumplir con la normativa. El nivel de desempeño se determinó para la estructura reforzada y no reforzada mediante la ubicación del punto de desempeño en la curva de capacidad sectorizada. Los resultados indican que la estructura sin reforzamiento no cumple con la normativa peruana caso contrario sucede con la estructura reforzada, que con el análisis dinámico si cumple con la normativa debido a los reforzamientos que absorben las fuerzas cortantes en un 87.31 % en X y en Y un 91.37% y las derivas inelásticas disminuyeron a 0.00514 en dirección X y 0.00684 en Y. Los niveles de desempeños obtenidos indican que la estructura reforzada tiene mejor desempeño que la estructura no reforzada, en la dirección X para los sismos frecuente, ocasional y raro fue de totalmente operacional, operacional, seguridad de vida respectivamente cumpliendo con el objetivo básico propuesto por la normativa SEAOC, caso contrario sucedió en la dirección Y donde para los sismos de frecuente, ocasional y raro los niveles de desempeño fueron de operacional, seguridad de vida y prevención al colapso respectivamente los cuales no cumplen con el objetivo básico propuesto por la normativa SEAOC, pero son considerados como desempeños aceptables debido a que nuestra estructura de análisis no es una estructura nueva.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Determinar el nivel de desempeño sismorresistente de una edificación construida informalmente, reforzada con muros de concreto armado.

2.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar la evaluación estructural sísmica de la edificación de tres niveles seleccionada.
- Plantear los reforzamientos con muros de concreto armado en los puntos más críticos de la edificación.
- Evaluar el nivel de desempeño estructural de la edificación reforzada y no reforzada.

2.2. Universo muestral

Las muestras realizadas en esta investigación son pertenecientes a una edificación de concreto armado de tres niveles estructurada con pórticos, ubicada en el jirón Piura 224, barrio la Laguna, distrito y provincia: Chachapoyas.

2.3. Variables de estudio

V1: Edificación informal

V2: Reforzamiento con muros de concreto armado.

V3: Nivel de desempeño.

2.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable de Estudio	Dimensión	Indicadores	Métodos	Unidad de Medida
Nivel de desempeño.	Modelamiento en ETABS	Desplazamientos	Utilización de software.	Milímetros
		Cargas		Tn.
		Espectro sísmico		Aceleraciones
	Análisis Pushover	Cargas Laterales	Utilización de software.	Tn.
		Curva Pushover		Corte basal vs Desplazamientos
	Evaluación del nivel de desempeño	Curva de capacidad	Revisión bibliográfica y del ETABS	Corte basal vs Desplazamientos
Curva de demanda		Sa vs Sd		
Punto de Desempeño		Cualitativa		
Reforzamiento con muros de concreto armado.	Materiales	Características de los materiales	Mediante el Pre-dimensionamiento y diseño.	Cantidad de energía sísmica disipada y resistida.
	Pre dimensionamiento y diseño.	Características geométricas.	Revisión bibliográfica	
	Resistencia y rigidez.	Límite de deformación.	Modelado en un software	
Edificación informal	Estado de la edificación	Tipo de uso	Observación Directa	
	Características de la edificación	Altura		Metros (m)
		Extensión en planta		Área (m2)
		Unidades de albañilería	Revisión de planos arquitectónicos y estructural.	Unid.
		Materiales constructivos.		Tipo
		Elementos estructurales		Unid.
		Metrados	Uso de los softwares	Tn.

2.4. Materiales

Para el presente estudio se utilizó los siguientes materiales y herramientas

En recolección de datos:

- Wincha métrica.
- Libreta para apuntes.
- Planos proporcionados por el propietario

En el procesamiento de datos

- Laptop Gigabyte Intel (R) Core (TM) i7-11800H
- Software CSI Etabs v20.3.0
- Software AutoCAD 2023
- Programas Microsoft Word y Excel

2.5. Métodos.

2.5.1. Evaluación estructural sísmica

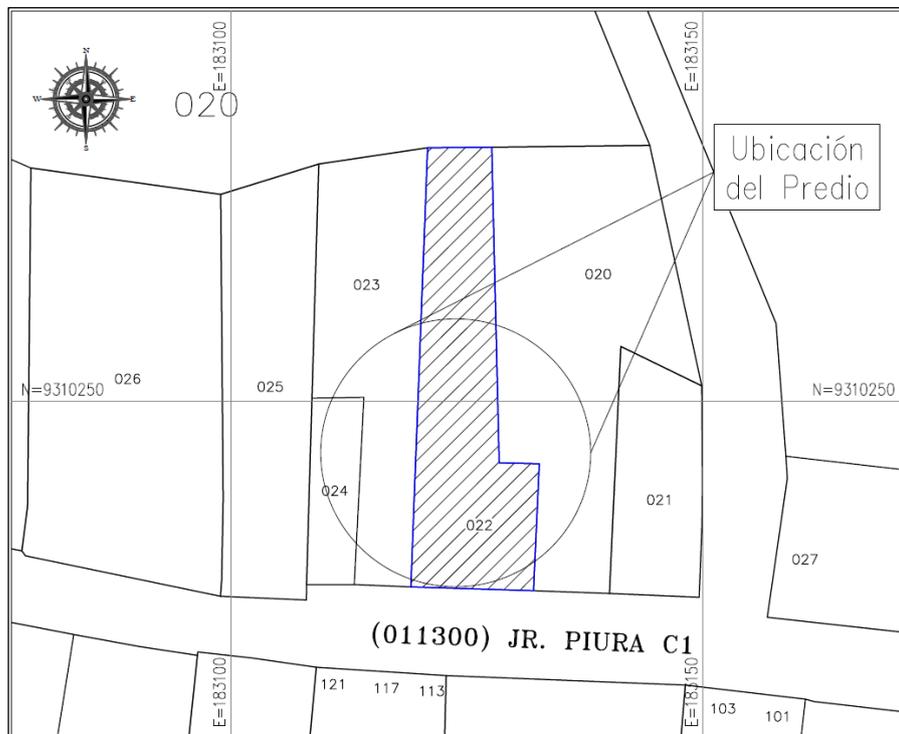
2.5.1.1. Recopilación de datos

La información técnica normativa con la que se desarrolló esta investigación fue la normativa técnica peruana E. 030 para la evaluación estructural sísmica y el planteamiento de los refuerzos; para el diseño de los refuerzos se consideró los parámetros de la norma técnica E. 060; para la definición de la rotulas plásticas se utilizó la normativa ASCE 41-17 y la determinación del nivel de desempeño sismorresistente se realizó con la normativa FEMA 440 y la del Comité Visión 2000 (Ramos, 2021).

La edificación seleccionada como sujeto de estudio se ubica en el lote 022 de la manzana 020, en el barrio la Laguna con calle de acceso por el jirón Piura, en el distrito y provincia Chachapoyas (Figura 01).

Figura 1

Ubicación catastral de la edificación



El levantamiento arquitectónico y estructural realizado fue para obtener toda la información requerida en el desarrollo de la evaluación estructural sísmica. El cual consistió en medir todas las componentes arquitectónicas y estructurales de la edificación, con este levantamiento se buscó definir:

- Características geométricas.
- Uso y estado actual
- Características de los materiales
- Secciones de cada elemento estructural
- Cargas en la edificación

2.5.1.2. Modelamiento de la estructura

En el modelamiento de la estructura se usó el programa Etabs v20.3.0, con la información de obtenida del levantamiento arquitectónico y estructural siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1. Definición de grillas de acuerdo a los planos obtenidos.

Paso 2. Definición de las propiedades de los materiales.

Paso 3. Definición de las secciones.

Paso 4. Dibujo de todos los elementos estructurales.

Paso 5. Asignación de diafragmas rígidos por piso

Paso 6. Definición y asignación de cargas actuantes.

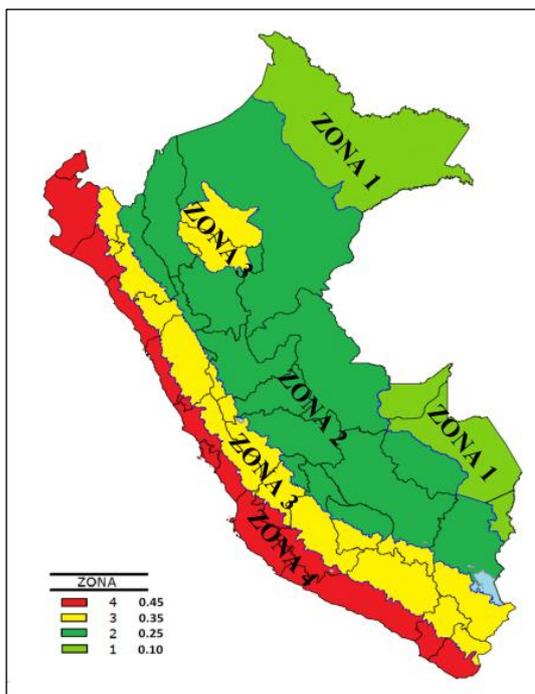
2.5.1.3. Parámetros de fuerza sísmica

Los parámetros sísmicos empleados se obtuvieron de la norma técnica peruana (RNE E.030, 2021), estos parámetros fueron necesarios la calcular el coeficiente basal.

Zonificación. El coeficiente de zonificación se obtuvo de acuerdo a la ubicación de la estructura en la Figura 2 y al valor se definió de acuerdo a la Tabla 2.

Figura 2

Zonas sísmicas del Perú



Fuente: Adaptado de la Figura 1 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (p. 328), por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2021.

Tabla 2*Factores por zonificación*

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Adaptado de la Tabla N° 1 de la Norma Técnica E.030 (p. 329), por el MVCS, 2021.

Factor de uso. El factor de uso se obtuvo con el Tabla N° 5 de la norma E. 030, de acuerdo con la clasificación de la edificación.

Factor de suelo. Este factor se obtuvo de acuerdo al perfil del suelo y la zonificación mediante a la Tabla 3.

Tabla 3*Factores de suelo*

FACTOR "S"				
SUELO ZONA	So	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Adaptado de la Tabla N° 3 de la Norma Técnica E.030 (p. 328), por el MVCS, 2021.

Factor de amplificación sísmica. Este factor fue obtenido mediante el valor del periodo fundamental de la edificación en X y en Y, de acuerdo a la normativa vigente (E.030), utilizando las siguientes ecuaciones:

Si el periodo es menor que el periodo T_p se utilizó la ecuación (1).

$$C = 2.5 \quad (1)$$

Si el periodo se encuentra dentro de los periodos T_p y T_L se utilizó la ecuación (2).

$$C = 2.5 \times \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad (2)$$

Si el periodo es mayor que el periodo TL se utilizó la ecuación (3).

$$C = 2.5 \times \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2} \right) \quad (3)$$

Donde:

T : Periodo de la estructura.

Tp : Periodo que define la plataforma del factor C.

TL : Periodo que define el inicio de la zona del factor C.

Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas. Este factor se obtuvo mediante la ecuación (4).

$$R = R_o \times I_a \times I_p \quad (4)$$

Donde:

Ro : Es el coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas obtenido de la Tabla N°7 Sistemas Estructurales (E.030, 2021).

Ia y Ip : Factores de irregularidad en altura y planta respectivamente.

2.5.1.4. Verificación de irregularidades

La verificación de irregularidades se realizó para determinar el valor verdadero del factor de reducción de fuerzas sísmicas, debido a que este factor es dependiente de los valores de irregularidad. Para obtener los valores de las irregularidades se evaluó la estructura de acuerdo a lo especificado en la norma técnica (E.030, 2021).

- a. **Irregularidades en altura.** Se evaluó la estructura de acuerdo a cada condición estipulada en la Tabla N° 8 de la norma E.030, para determinar las irregularidades.
- b. **Irregularidades en planta.** Se evaluó la estructura de acuerdo a cada condición estipuladas en la Tabla N° 9 de la normativa E.030, para determinar las irregularidades

2.5.1.5. Peso sísmico y diafragmas

Se estimó el peso de acuerdo al Artículo 26 del RNE E.030, con la clasificación de la estructura. Los diafragmas fueron definidos por cada piso debido a el análisis de los desplazamientos se hacen por entrepiso.

2.5.1.6. Análisis estático

El análisis estático se realizó para ambas direcciones, primero se calculó el coeficiente basal mediante la ecuación (5).

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \quad (5)$$

Donde:

Z : Factor de zonificación

U : Factor de uso

C : Factor de amplificación sísmica

S : Factor de suelo

R : Factor de reducción de fuerzas sísmicas

Una vez calculado el coeficiente basal se determinó el factor k que es un factor relacionado con el periodo de la estructura definido por ecuaciones:

Si el periodo de la estructura es menor o igual que 0.5 se utilizó la ecuación (6).

$$K = 1.0 \quad (6)$$

Si el periodo es mayor que 0.5 pero menor a 2.0 se utilizó la ecuación (7).

$$k = (0.75T + 0.5T) \quad (7)$$

Donde

T : Periodo de la estructura

Con el coeficiente basal y factor k obtenidos se procedió definir las cargas sísmicas estáticas para cada eje de análisis en el software Etabs v20.3.0, estas cargas empujaron a la estructura produciendo los desplazamientos que se transformó en derivas.

2.5.1.7. Análisis dinámico modal espectral

- **Modos de vibración.** Se la determinó los modos de vibración de la estructura mediante el software Etabs v20.3.0 y se corroboró la factibilidad de la aplicación del análisis dinámico.
- **Aceleración espectral.** Se definió el espectro de respuesta condicionado por los factores sísmicos los parámetros sísmicos mencionados anteriormente y luego se definió los casos de cargas para el análisis dinámico.

2.5.1.8. Verificación de esfuerzos en columnas

La verificación de esfuerzos se realizó para las columnas mediante la comparación del diagrama de interacción y las solicitaciones por cada combinación de carga. Las combinaciones de cargas utilizadas para evaluar las columnas están en el capítulo 9 de la Norma Técnica E.060 (E.060, 2021).

2.5.2. Planteamiento de reforzamientos con muros de concreto armado

2.5.2.1. Distribución de reforzamientos y verificación del sistema estructural

Se asignó de reforzamientos de acuerdo a la arquitectura y del análisis estructural sísmico, tratando de no alterar la funcionalidad de la estructura, estos refuerzos se implantaron de manera virtual en el software Etabs v20.3.0.

- **Verificación del sistema estructural.** Se verificó que sistema estructural predominaba en la estructura para la correcta asignación del factor R_o , este procedimiento se realizó de acuerdo al Artículo 16 de la Norma Técnica E.030.

2.5.2.2. Análisis estático de la estructura reforzada

El análisis estático a la estructura reforzada se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizado en el análisis de la estructura no reforzada, modificando el factor R y calculando el factor K .

2.5.2.3. Análisis dinámico de la estructura reforzada

El análisis dinámico a la estructura reforzada se realizó siguiendo el procedimiento que se utilizado en el análisis dinámico de la estructura no reforzada, modificando el R y definiendo la nueva curva de demanda.

2.5.2.4. Diseño automatizado de muros de concreto armado

El diseño automatizado de cada muro de concreto se realizó en el programa Etabs v20.3.0, con los parámetros establecido en la Norma Técnica E.060, siguiendo el siguiente procedimiento:

Paso 1. Se verificó la cortante mínima con la relación existente entre la cortante basal estática y la cortante basal dinámica; para luego escalar las fuerzas cortantes dinámicas al 80% de las fuerzas cortantes estáticas.

Paso 2. Se verificó el diseño de los muros de concreto al 125%.

Paso 3. Se definió las solicitaciones del Capítulo 9 de la Norma Técnica E060, debidamente escaladas para el cálculo del acero de los muros de concreto en ambas direcciones y corroboración en el diagrama de interacción de cada elemento.

2.5.3. Evaluación del nivel de desempeño de la estructura reforzada y no reforzada

2.5.3.1. Análisis estático no lineal

El análisis no lineal de la edificación se realizó mediante el método Pushover, se comenzó con modelamiento de los muros de refuerzo, para después calibrar este modelo en el software Etabs v20.3.0. Este análisis no lineal se realizó para la estructura reforzada y no reforzada para obtener de cada sistema su curva de capacidad (Criales, 2021). El procedimiento utilizado en la asignación de rotulas plásticas para los elementos estructurales se de acuerdo al ASCE 41- 17, para ubicar el punto de desempeño y determinar las curvas de demanda se utilizó la metodología del FEMA 440 (Loque, 2020)

- **Asignación de propiedades no lineales a los materiales.**

Se asignó propiedades no lineales a los materiales, para el acero se consideró un modelo bilineal y para el concretos el modelo de Mander donde involucra la participación de los estribos en su comportamiento frente a las deformaciones.

- **Definición de rotulas plásticas**

Las rotulas plásticas en las vigas se asignaron utilizando los valores de la Tabla 4.

Tabla 4

Parámetros para la asignación de rotulas plásticas en vigas

Parámetros para Rótulas Plásticas en Vigas

Condiciones	Modelación de parámetros			Criterios - Aceptación				
	Ángulo de rótula plástica (rad)	Radio de Fuerza residual	Ángulo de Rótula Plástica					
			Nivel de Desempeño					
			IO	LS	CP			
Vigas por flexión	a	b	c	IO	LS	CP		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Ref. $\frac{V}{b_w d \sqrt{f'c}}$							
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.01	0.025	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01

Fuente: Adaptado de la Tabla 10-7 de la Norma ASCE 41-17 (p. 150), 2017.

La definición de rotulas plásticas en las columnas se realizó de acuerdo a la Tabla 10-8 de la Norma ASCE 41-17, mientras que para las rotulas plásticas de los muros procedió de igual manera que de las columnas y vigas primero se definió los aceros de reforzamiento que tiene cada muro de acuerdo diseño automatizado antes realizado.

- **Definición de carga gravitacional y cargas laterales de empuje**

La carga gravitacional se definió de acuerdo a la Norma FEMA 440 en su Artículo 3.2.8, donde se aumentó en un 110% el peso sísmico. Luego se definió las cargas de empuje en cada dirección de análisis para generar la curva de capacidad.

▪ **Curva de capacidad**

Se obtuvo la curva de capacidad de la edificación normal y para la edificación mejora en cada dirección de análisis mediante la aplicación del Pushover generando una la respuesta de estructura frente a estas cargas, esto se cuantifico en toneladas de fuerza cortante y milímetros de desplazamiento.

2.5.3.2. Curva de demanda

Se definieron cuatro curvas de demanda para cada amenaza sísmica de acuerdo al Comité Visión 2000, para la obtención de las curvas de demandas se utilizó la Tabla 5.

Tabla 5

Sismos de demanda

Sismo	Retorno	Factor de aceleración espectral (Sa)
Frecuente	43 años	0.33* Sa
Ocasional	72 años	1.40 * Sa del sismo frecuente
Raro	475 años	1.00 *Sa
Muy Raro	970 años	1.30 *

Fuente: Adaptado de la Tabla 2-7 del Norma SEAOC Visión 2000 Committe, 1995.

2.5.3.3. Punto y nivel de desempeño

- **Punto de desempeño.** Se obtuvo para cada sismo de demanda mediante la superposición de la curva de demanda y la curva de capacidad, este proceso se realizó automáticamente en el software Etabs v20.3.0 debido a que este programa tiene la opción de encontrar los puntos de desempeño.
- **Nivel de desempeño.** Se determinó los niveles de desempeño de la estructura para cada curva de demanda definida por cada nivel de sismo siguiendo los siguientes pasos:
Paso 1: Se sectorizó la curva de capacidad para cada nivel de desempeño de acuerdo con la Tabla 6:

Tabla 6

Delimitación de la curva de capacidad

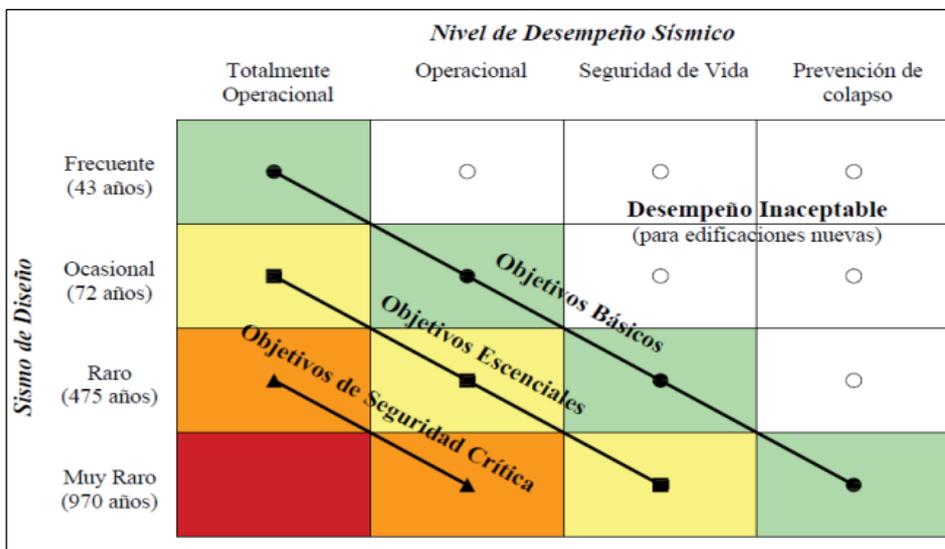
Nivel de desempeño	Lím. Inferior	Lím. Superior
Totalmente Operacional	0	Δy
Operacional	Δy	$\Delta y + 0.3 (\Delta u - \Delta y)$
Seguridad de Vida	$\Delta y + 0.3 (\Delta u - \Delta y)$	$\Delta y + 0.6 (\Delta u - \Delta y)$
Prevención al Colapso	$\Delta y + 0.6 (\Delta u - \Delta y)$	$\Delta y + 0.8 (\Delta u - \Delta y)$

Fuente: Adaptado de la Norma SEAOC Vision 2000 Comittee, 1995.

Paso 2. Cuando la curva ya fue delimitada se introdujeron los puntos de desempeño y de acuerdo a su ubicación se determinó el nivel de desempeño, para luego analizarlo de acuerdo a la Figura 3.

Figura 3

Objetivos de desempeño según el Comité Visión 2000



Fuente: Adaptado de la Figura 2-3 de la norma SEAOC Vision 2000 Comittee, 1995.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación estructural sísmica

3.1.1. Información para la evaluación estructural sísmica

- Características geométricas

Las características geométricas obtenidas de la edificación se observan en las Figuras 4, 5, 6 y 7 que son los planos que fueron obtenidos con el levantamiento arquitectónico y con los planos proporcionados del propietario.

Figura 4

Distribución del primer piso de la edificación

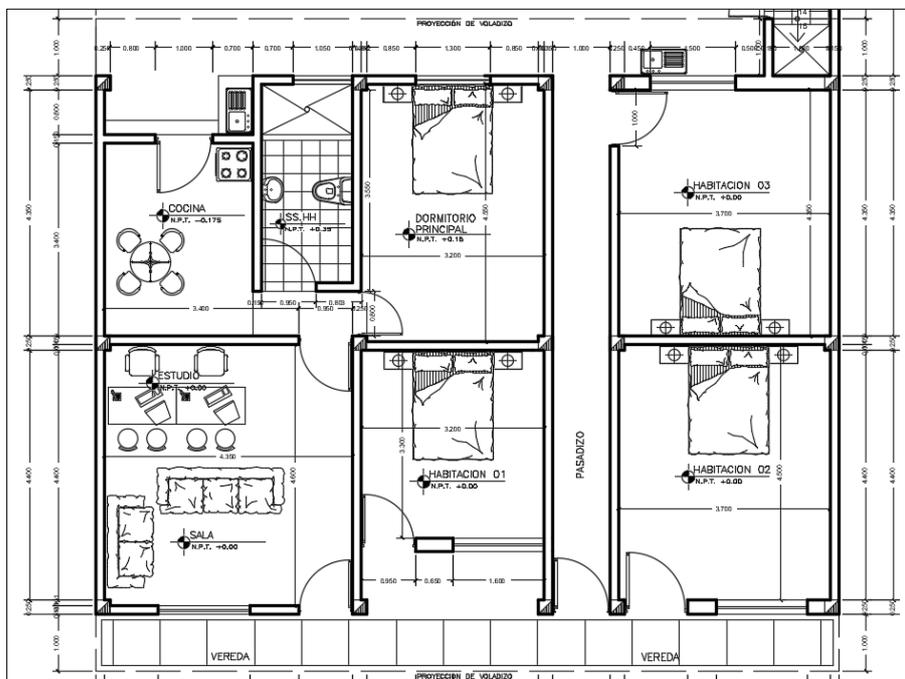


Figura 5

Distribución del segundo piso de la edificación

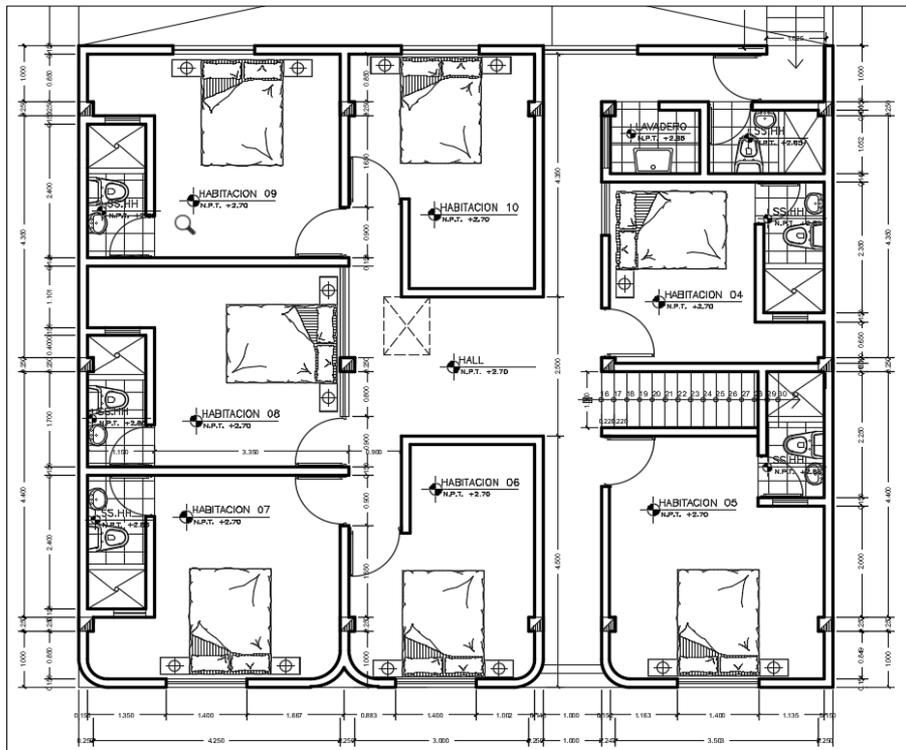


Figura 6

Distribución del tercer piso de la edificación

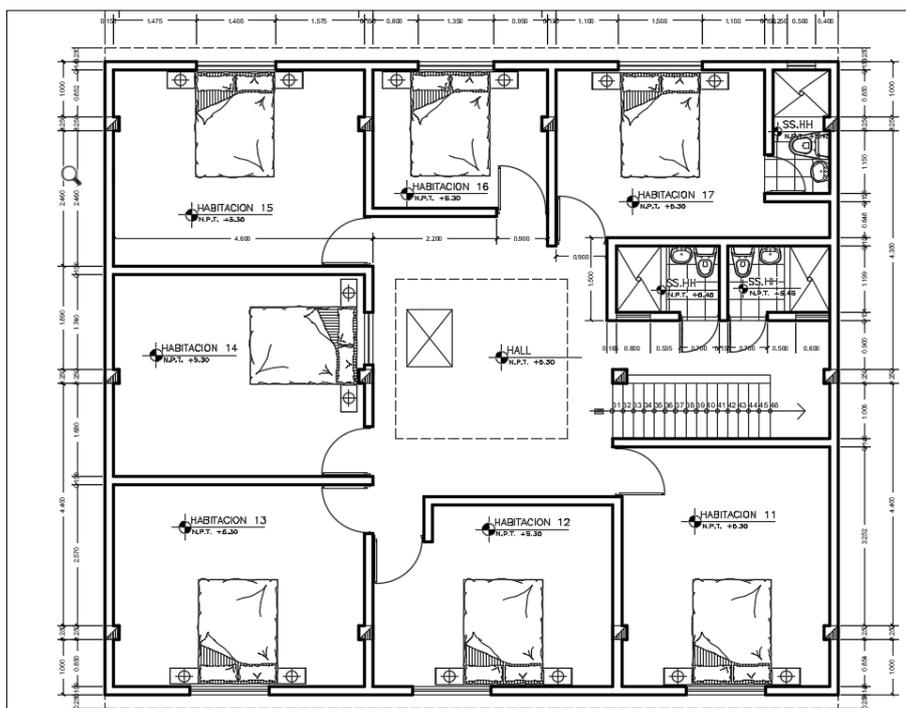
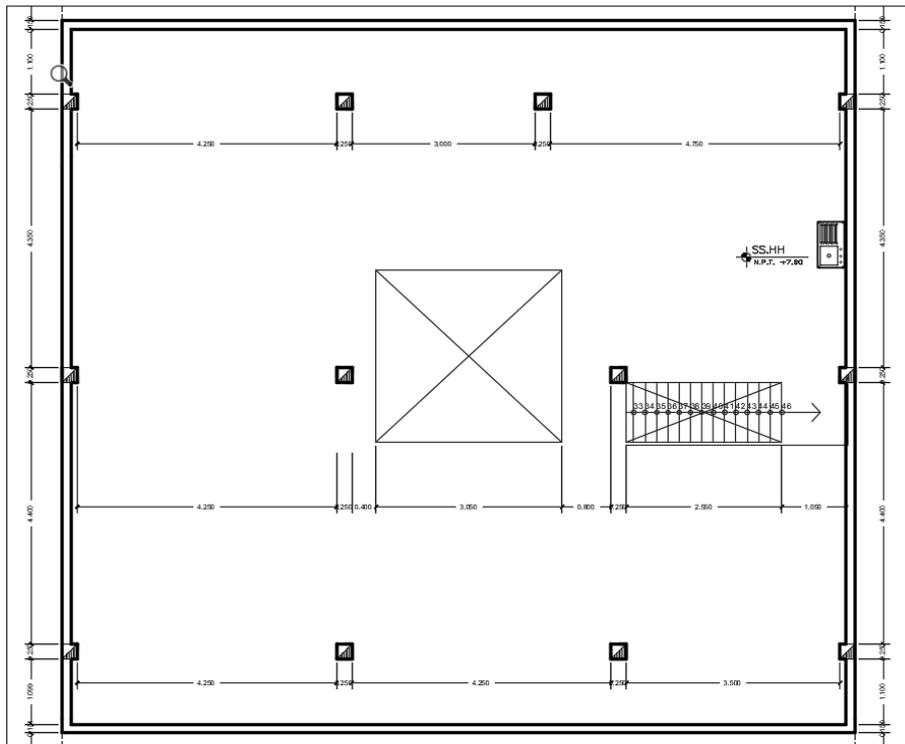


Figura 7

Distribución de la azotea de la edificación



▪ **Uso y estado actual.**

La edificación se consideró como una vivienda multifamiliar, debido a que la edificación está destinada al arrendamiento de cuartos. El estado actual en la que se encontró fue de regular debido a que no presentaba grietas en la tabiquería, columnas y vigas.

▪ **Características materiales.**

Los materiales que componen los elementos estructurales se detallan a continuación:

- ❖ $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, con un peso unitario de 2400 kg/m^3 de según la norma, el módulo de elasticidad de $198431.348 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Acero corrugado de grado 60 con una resistencia de fluencia de 4200 kg/cm^2 , módulo de elasticidad de 2000000 kg/cm^2 y peso unitario de 6350 kg/m^3 .
- ❖ Ladrillo pandereta utilizado en tabiquerías
- ❖ Ladrillo de techo, utilizado en el primer, segundo y tercer piso.

▪ **Secciones de los elementos estructurales.**

Las secciones transversales de los principales elementos estructurales se describen en las Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7

Secciones transversales de las vigas

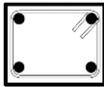
	VP (0.25 x 0.50m)	Acero Long. :	4 de 5/8" y 2 de 1/2"
		Acero Tran:	3/8"
		Espaciamiento:	1@.05;8 @.10; resto @ .25
		Recubrimiento:	30 mm
	VA (0.25 x 0.20m)	Acero Long. :	4 de 1/2"
		Acero Tran:	3/8"
		Espaciamiento:	1@.05;8 @.10; resto @ .25
		Recubrimiento:	30 mm
	VS (0.25 x 0.20m)	Acero Long. :	5 de 1/2"
		Acero Tran:	3/8"
		Espaciamiento:	1@.06;8 @.10; resto @ .25
		Recubrimiento:	30 mm
	Va (0.15 x 0.20m)	Acero Long. :	2 de 1/2"
		Acero Tran:	-
		Recubrimiento:	30 mm

Tabla 8

Sección transversal en columna típica

	C1 (0.25 x 0.25m)	Acero Lon. :	4 de 5/8"
		Acero Tran:	3/8"
		Espaciamiento:	1@.05;3 @.10; resto @ .25
		Recubrimiento:	30 mm

- **Cargas actuantes**

Tabla 9

Cargas consideradas para el análisis

Sobrecargas para los diferentes Niveles				
Tipo de Carga	Niveles	Sobrecarga	Carga	
Live	s/c 1*= s/c 2*= s/c 3*= s/c Ult. Nivel=	Vivienda Multifamiliar	200 kg/m ²	Según norma
		Vivienda Multifamiliar	200 kg/m ²	Según norma
		Vivienda Multifamiliar	200 kg/m ²	Según norma
Live Up	s/c Ult. Nivel=	Azotea	100kg/m ²	Según norma
Live	s/c=	Corredores y escaleras	200 kg/m ²	Según norma
CM	Del 1° al penúltimo nivel	Peso de Tabiquería	210 kg/m ²	
		Peso de Acabados	100 kg/m ²	
		Peso del Ladr. Techo	90.15 kg/m ²	
CM Total para entrepiso =			400.15 kg/m ²	
En azotea CM =		Carga parapeto	125.00 kg/ml	

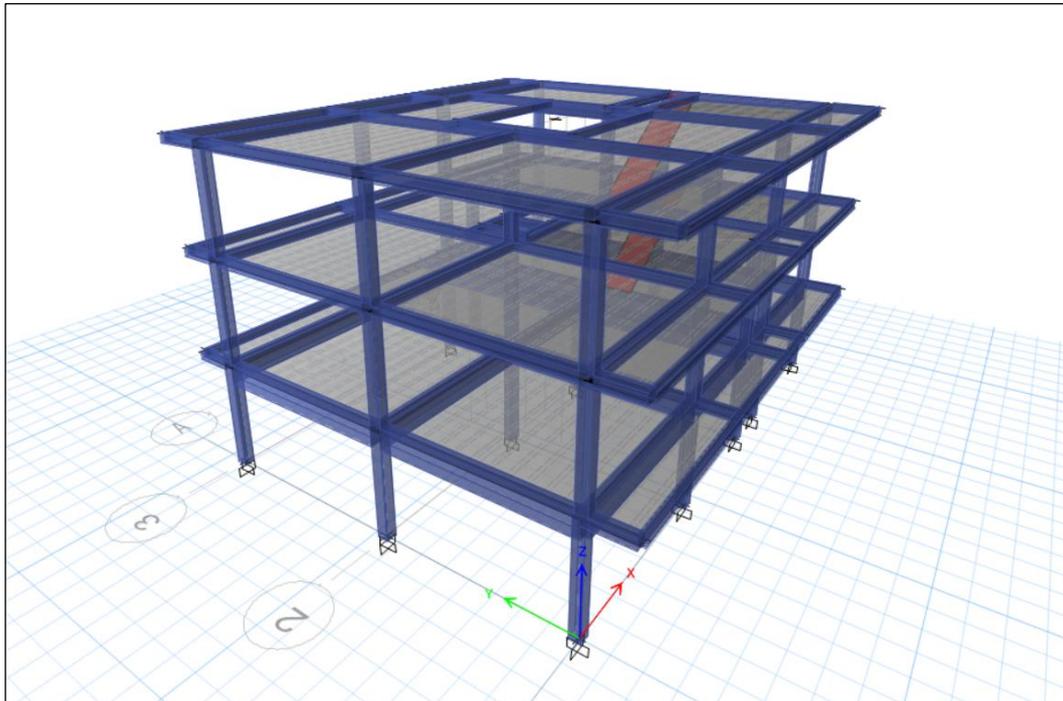
La Tabla 9 muestra las cargas vivas y muertas que fueron asumidas según la Norma Técnica E.020, para una vivienda multifamiliar.

3.1.2. Modelamiento de la estructura

El modelamiento se inició con el trazo de las grillas tanto en ambas direcciones X, Y y Z, de acuerdo con las distancias entre ejes que se detallaron en los planos. Luego se definió los materiales y las secciones de las vigas (VP, VS, VA y Va) y columnas (C1). De la misma manera se realizó para losas, con estas definiciones se modeló la estructura obteniendo el modelo de la edificación como se aprecia en la Figura 8.

Figura 8

Modelo 3D de la estructura en el programa Etabs v20.3.0



3.1.3. Parámetros de fuerza sísmica.

Tabla 10

Parámetros de fuerza sísmica

PARAMETROS DE FUERZA SÍSMICA: VIVIENDA MULTIFAMILIAR		
Z= 0.25	Zona	Zona 2: CHACHAPOYAS
U= 1.00	Uso	Categoría C: Edificaciones Comunes
S= 1.40	Suelo	S3: Suelo Flexible
Tp= 1.00	Periodos de Vibración	
TL= 1.60	Periodos de Vibración	
C= 2.50	Coeficientes de Amplificación Sísmica (Ambas direcciones)	
RXo= 8	Coeficiente Básico de	Sistema de Pórticos
RXo= 8	Reducción	Sistema de Pórticos
Ia= 1.00	Irregularidad en Altura	
Ip= 1.00	Irregularidad en Planta	

En la Tabla 10 se definió los parámetros de fuerza sísmica considerados para el análisis estático y dinámico a los que fue sometida la estructura.

3.1.4. Verificación de Irregularidades.

En este caso se verificó las irregularidades de altura y planta de la estructura en ambas direcciones obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11

Irregularidades en altura

IRREGULARIDADES EN ALTURA		
Tipo de Irregularidad	Estado	Factor Ia
Rigidez	No tiene	1.00
Resistencia	No tiene	1.00
Extrema Rigidez	No tiene	1.00
Extrema Resistencia	No tiene	1.00
Masa o Peso	No tiene	1.00
Geometría Vertical	No tiene	1.00
Discontinuidad de Sistemas Resistentes	No tiene	1.00
Discontinuidad Extrema de Sistemas Resistentes	No tiene	1.00

Tabla 12

Irregularidades en planta

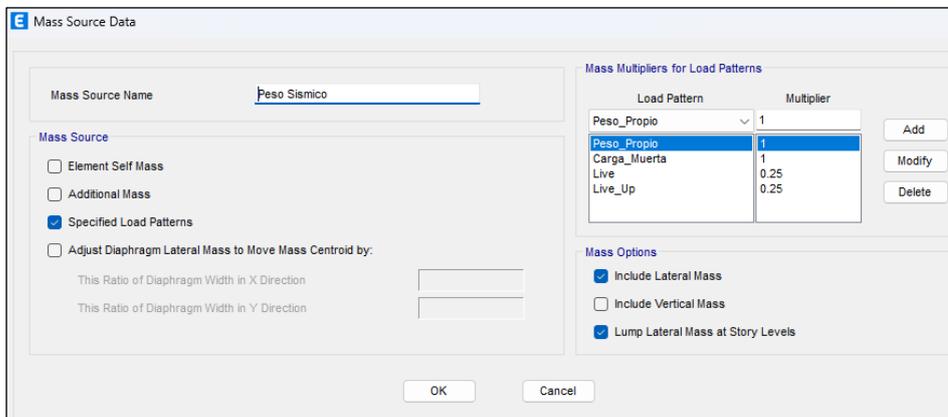
IRREGULARIDADES EN PLANTA		
Tipo de Irregularidad	Estado	Factor Ip
Torsional	No tiene	1.00
Torsional Extrema	No tiene	1.00
Esquinas Entrantes	No tiene	1.00
Discontinuidad en el Diafragma	No tiene	1.00
Sistemas no Paralelos	No tiene	1.00

De acuerdo con los resultados de la Tabla 11 y la Tabla 12 se confirmó que el factor R sigue con el mismo valor asumido debido que no se encontraron irregularidades.

3.1.5. Peso Sísmico y diafragmas.

Figura 9

Peso sísmico en el programa Etabs v20.3.0



La Figura 9 muestra cómo se definió del peso sísmico en el software. Para los diafragmas se definió para cada piso de la estructura.

3.1.6. Análisis Estático

El análisis estático se realizó en X y en Y con los factores que se utilizó para el cálculo del coeficiente basal fueron de la Tabla 10, obteniendo un coeficiente basal de 0.109375 para ambas direcciones. El factor k se calculó para los periodos de 0.636 en X y 0.784 en Y, obteniendo los valores de k de 1.069 y 1.1445 respectivamente.

Figura 10

Cargas sísmicas estáticas en el programa Etabs v20.3.0



En la Figura 10 se muestra cómo se definió las cargas sísmicas para el análisis estático en donde se introdujo los valores del coeficiente basal y el factor k.

- **Fuerzas cortantes laterales**

Las fuerzas cortantes laterales obtenidas se indican en la Tabla 13, estas fuerzas son las que producían los desplazamientos laterales en la estructura.

Tabla 13

Fuerzas y cortantes laterales estáticas

Piso	Altura (m)	X-X		Y-Y	
		F. Laterales (Tn)	F. Cortantes (Tn)	F. Laterales (Tn)	F. Cortantes (Tn)
3	7.9	13.43	13.43	13.82	13.82
2	5.3	13.14	26.57	13.12	26.94
1	2.7	7.43	34.00	7.05	33.99

- **Derivas estáticas.**

Tabla 14

Derivas estáticas en X

DERIVAS DE ENTREPISO EN X-X (R=8)						
Pisos	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift Elástica	Drift Inelástica	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	19.609	0.00217	0.0098	0.007	No
2	2.6	13.955	0.00263	0.0118	0.007	No
1	2.7	7.127	0.00264	0.0119	0.007	No

Tabla 15

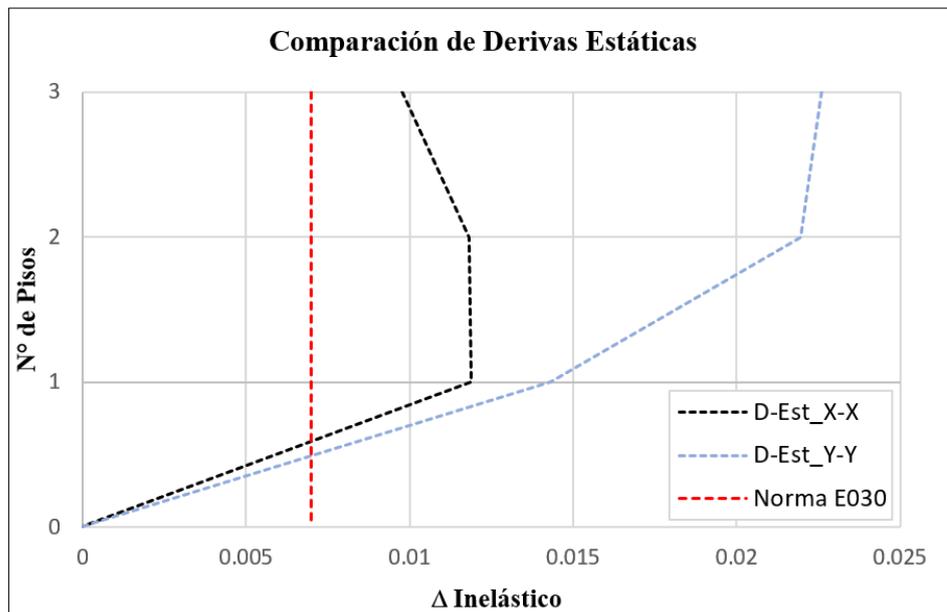
Derivas estáticas en Y

DERIVAS DE ENTREPISO EN Y-Y (R=8)						
Pisos	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift Elástica	Drift Inelástica	Drift Max	¿Cumple?
3	2.6	34.319	0.00502	0.0226	0.007	No
2	2.6	21.267	0.00488	0.0219	0.007	No
1	2.7	8.584	0.00318	0.0143	0.007	No

En la Tabla 14 y Tabla 15 se encuentra las derivas estáticas que se obtuvieron con el análisis estático realizado las cuales eran mucho mayores a la deriva máxima establecida para elementos de concreto armado.

Figura 11

Comparación de derivas estáticas obtenidas con la deriva máxima permitida



En la Figura 11 está la comparación de las derivas estáticas inelásticas obtenidas con la deriva inelástica máxima permitida donde se muestra que las derivas obtenidas eran mucho mayores.

3.1.7. Análisis dinámico modal espectral

- **Modos de vibración de la estructura**

Tabla 16

Resultados de los modos de vibración

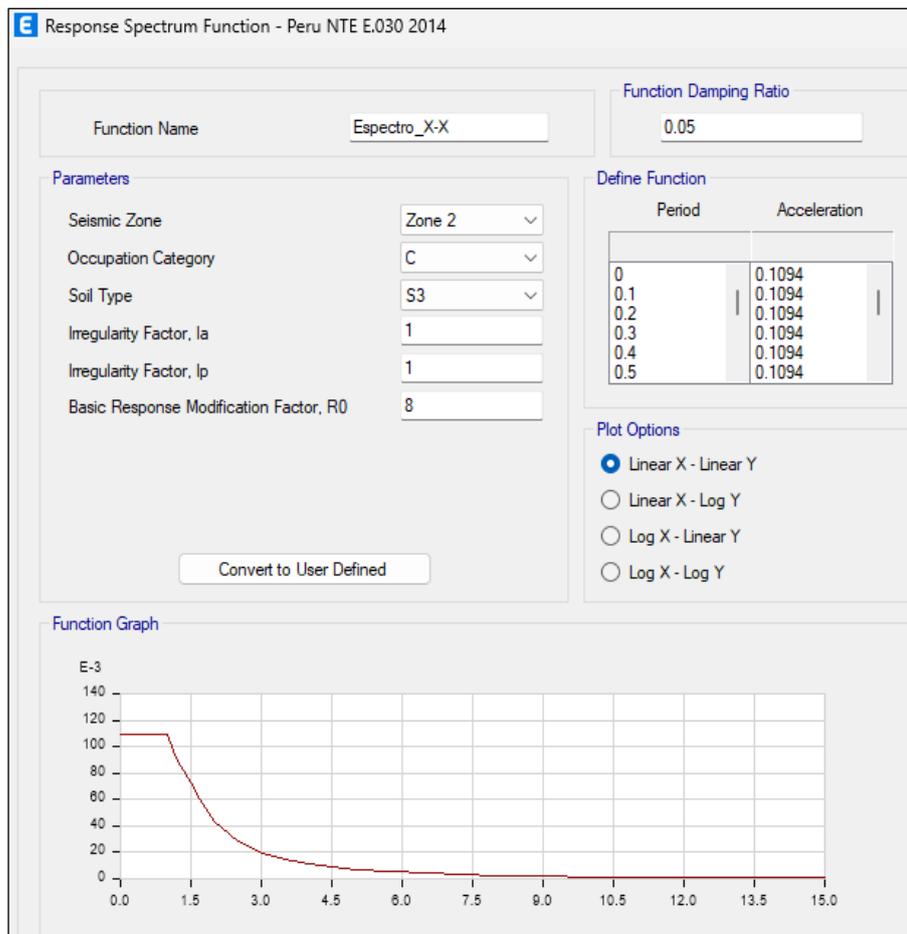
MODOS DE VIBRACIÓN								
Case	Modo	Periodo (Seg.)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.784	0.0000	0.7207	0.0448	0.0000	0.7207	0.0448
Modal	2	0.636	0.8238	0.0021	0.0428	0.8238	0.7228	0.0876
Modal	3	0.626	0.0440	0.0328	0.7147	0.8678	0.7556	0.8023
Modal	4	0.306	0.0000	0.2082	0.0049	0.8678	0.9638	0.8072
Modal	5	0.256	0.1170	0.0000	0.0007	0.9848	0.9638	0.8079
Modal	6	0.246	0.0015	0.0118	0.1720	0.9863	0.9756	0.9799
Modal	7	0.174	0.0000	0.0232	0.0001	0.9863	0.9988	0.9800
Modal	8	0.16	0.0136	0.0000	0.0002	0.9999	0.9988	0.9802
Modal	9	0.144	0.0000	0.0012	0.0198	1.000	1.000	1.0000

La Tabla 11 muestra los modos de vibración y la sumatoria de estos en cada dirección, donde se especifica que el porcentaje de masa participativa superaron el 90 %, por lo tanto, la estructura era óptima para realizar un análisis modal espectral.

- **Definición del espectro de respuesta**

Figura 12

Definición del espectro de demanda



La Figura 12 muestra cómo se definió el espectro de demanda en el software con los parámetros sísmico encontrados en la Tabla 10.

- **Derivas Dinámicas**

Tabla 17

Derivas dinámicas en X

DERIVAS DE ENTREPISO X-X (R=8)						
Piso	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift elástico	Drift Inelástico	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	16.756	0.0018	0.00809	0.007	No
2	2.6	12.081	0.0022	0.01000	0.007	No
1	2.7	6.303	0.0023	0.01050	0.007	No

Tabla 18

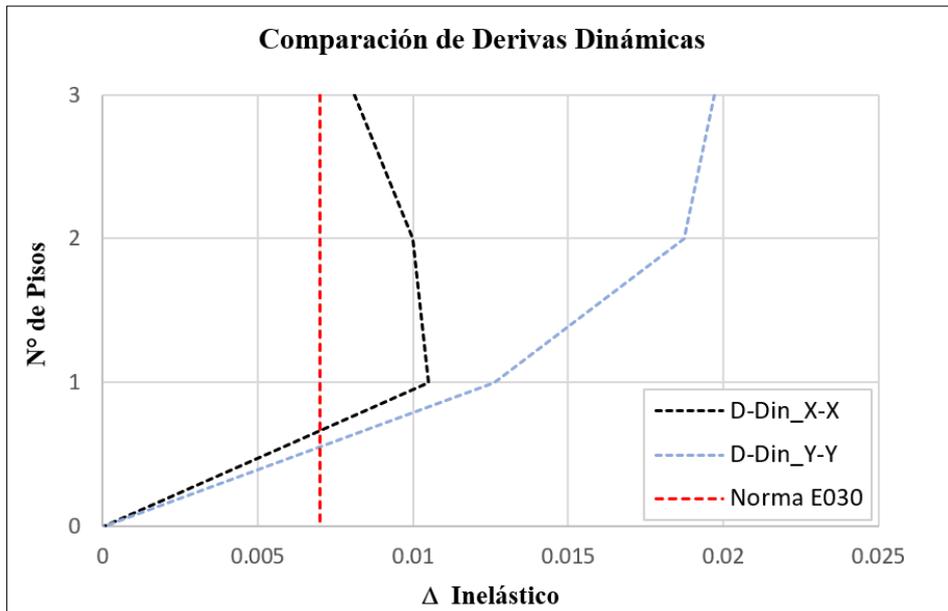
Derivas dinámicas en Y.

DERIVAS DE ENTREPISO Y-Y (R=8)						
Piso	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift elástico	Drift Inelástico	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	29.764	0.0044	0.01970	0.007	No
2	2.6	18.381	0.0042	0.01873	0.007	No
1	2.7	7.562	0.0028	0.01260	0.007	No

La Tabla 17 y Tabla 18 muestra las derivas que se obtuvieron con el análisis dinámico. Donde eran mucho mayores a la deriva máxima de la normativa (E.030), por lo tanto, se tiene que aumentar la rigidez de la estructura. En la Figura 13 se comparó las derivas obtenidas con la deriva máxima.

Figura 13

Comparación de derivas dinámicas obtenidas con la deriva máxima permitida



3.1.8. Verificación de esfuerzos en columnas

Cuando se realiza un diseño sismorresistente y este no cumple con las derivas estáticas o dinámicas se tiene que volver a plantear las secciones de cada elemento estructural con el objetivo de aumentar la rigidez y recién continuar con el diseño, en este caso se continuo con la finalidad de verificó si la cantidad de acero de las columnas eran suficientes. Para realizar esta verificación se definió las combinaciones de cargas a las estará sometida la estructura.

- **Diagrama de interacción de la columna (0.25 x 0.25 m)**

Tabla 19

Carga axial y momento nominal de la columna C1

Paso	Incluido Phi		Excluido Phi	
	P (Tn)	Mn (Tn-m)	P (Tn)	Mn (Tn-m)
1	70.21	0	100.3	0
2	70.21	1.47	100.3	2.1
3	62.69	2.22	89.56	3.17
4	52.16	2.83	74.51	4.05
5	40.35	3.32	57.64	4.74
6	24.75	3.65	35.36	5.21
7	19.88	3.74	25.35	4.77
8	12.36	3.65	13.73	4.05
9	-1.19	2.62	-1.33	2.91
10	-23.41	0.78	-26.01	0.87
11	-30.24	0	-33.6	0
12	70.21	0	100.3	0
13	70.21	-1.47	100.3	-2.1
14	62.69	-2.22	89.56	-3.17
15	52.16	-2.83	74.51	-4.05
16	40.35	-3.32	57.64	-4.74
17	24.75	-3.65	35.36	-5.21
18	19.88	-3.74	25.35	-4.77
19	12.36	-3.65	13.73	-4.05
20	-1.19	-2.62	-1.33	-2.91
21	-23.41	-0.78	-26.01	-0.87
22	-30.24	0	-33.6	0

En la Tabla 19 se encuentran las cargas axiales y los momentos nominales que delimitaron el diagrama de interacción de la columna rectangular C1.

Tabla 20

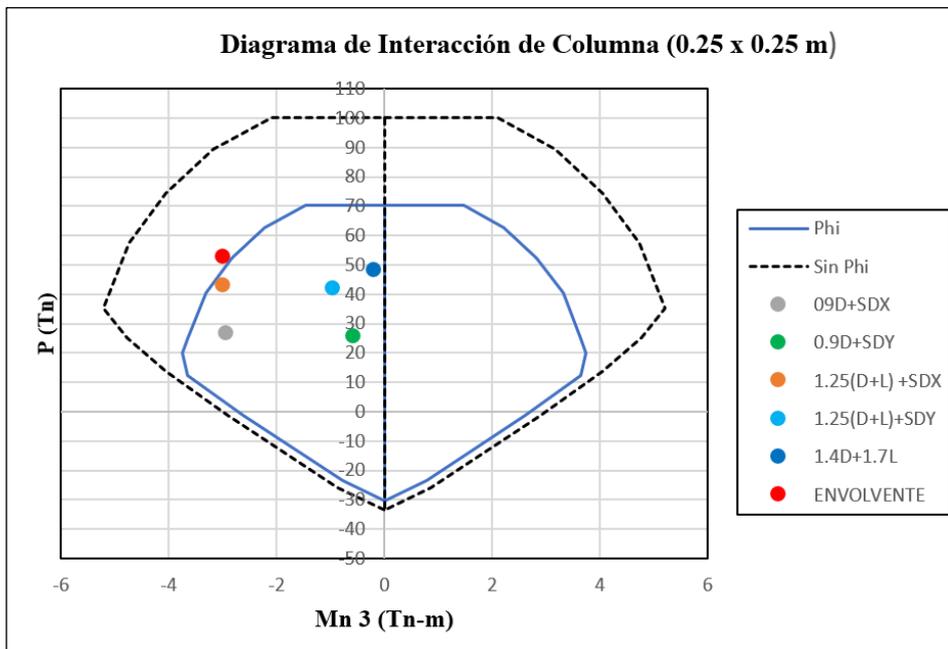
Solicitaciones para cada combinación de carga

SOLICITACIONES	P (Tn)	M3 (Tn-m)
0.9D + SDX	26.7	-2.93
0.9D + SDY	25.72	-0.58
1.25(D+L) +SDX	43.16	-3
1.25(D+L) +SDY	42.18	-0.96
1.4D + 1.7L	48.29	-0.2
ENVOLVENTE	52.85	-3

La Tabla 20 muestra las demandas de carga axial y momento nominal por cada combinación de carga.

Figura 14

Diagrama de interacción de columna y solicitaciones de carga



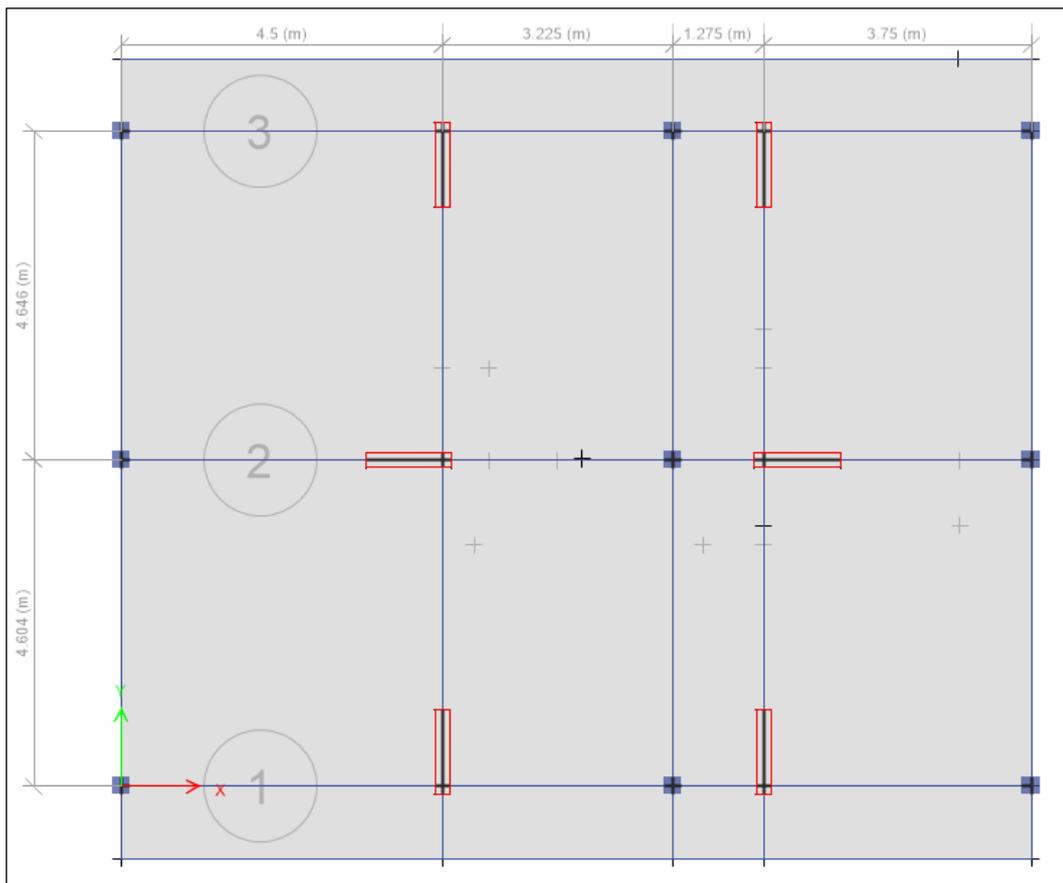
En la Figura 15 se comparó el diagrama de interacción de la columna rectangular C1 y las demandas por cada combinación de carga, de acuerdo con este resultado se afirmó que la columna no soportaba las combinaciones de carga de 1.25 (Dead + Live) + SDX y la envolvente.

3.2. Planteamiento los reforzamientos con muros de concreto armado en los puntos más críticos de la edificación.

3.2.1. Distribución de muros concreto armado y verificación del sistema estructural.

Figura 15

Distribución de refuerzos en la edificación



La distribución de refuerzos se muestra en la Figura 15 estos son muros de concreto armado de 0.25 m x 1.20 m, que fueron planteados de acuerdo con los resultados obtenidos en el anterior análisis donde indicaban que la estructura tiene más desplazamiento en la en Y que en X debido a la diferencia de rigideces.

- **Verificación del sistema estructural y factor R.**

Tabla 21

Verificación del sistema estructural

Fuerzas Cortantes	X	Y
Cortante Basal	27.26	24.69
Cortante en Columnas	3.46	2.13
Cortante en Muros	23.8	22.56
Porcentaje de Fuerza Cortante en Muros	87.31%	91.37%

La Tabla 21 indica la cantidad de fuerza cortante disipada por las columnas y los muros planteados como refuerzos. Según la normativa vigente (E. 030) en el Artículo 16, el sistema estructural que presenta la edificación es de muros estructurales ya que el porcentaje de fuerza cortante disipada por los muros es mayor al 70 % en ambas direcciones. Con este resultado el factor R disminuyó a 6.

3.2.2. Análisis estático de la estructura reforzada.

- **Fuerzas laterales y fuerzas cortantes**

Tabla 22

Fuerzas laterales y cortantes estáticas en la estructura reforzada

Piso	Altura (m)	X		Y	
		F. Laterales (Tn)	F. Cortantes (Tn)	F. Laterales (Tn)	F. Cortantes (Tn)
3	7.9	18.45	18.45	18.45	18.45
2	5.3	18.85	37.3	18.85	37.3
1	2.7	10.97	48.24	10.97	48.24

La Tabla 22 contiene las fuerzas laterales y las fuerzas cortantes actuantes en la estructura reforzada, en comparación con la estructura sin reforzamiento las fuerzas laterales aumentaron al igual que las cortantes, estas fuerzas laterales fueron calculadas con un coeficiente basal de 0.1458333 y un K igual a 1.

▪ **Derivas estáticas de estructura reforzada**

Tabla 23

Derivas estáticas de la estructura reforzada en X

DERIVAS ESTÁTICAS EN X-X (R=6)						
Pisos	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift Elástico	Drift Inelástico	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	7.517	0.00126	0.0057	0.007	Si
2	2.6	4.242	0.00102	0.0046	0.007	Si
1	2.7	1.578	0.00058	0.0026	0.007	Si

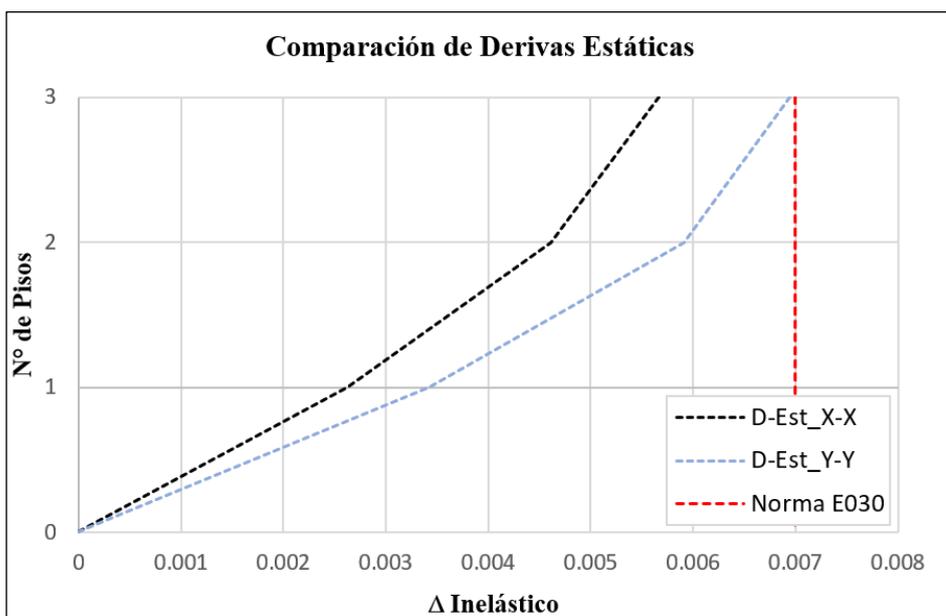
Tabla 24

Derivas estáticas de la estructura reforzada en Y

DERIVAS ESTÁTICAS EN Y-Y (R=6)						
Pisos	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift Elástico	Drift Inelástico	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	9.484	0.00154	0.0069	0.007	Si
2	2.6	5.469	0.00131	0.0059	0.007	Si
1	2.7	2.052	0.00076	0.0034	0.007	Si

Figura 16

Comparación de derivas estáticas calculadas con la deriva máxima permitida



Las derivas estáticas que se obtuvieron de la estructura reforzada se muestran en la Tabla 23 y Tabla 24 en X y en Y respectivamente, estos resultados indican que las derivas disminuyen considerablemente siendo inferiores a la deriva máxima de 0.007 establecida por la normativa vigente. En el Figura 16 se muestra la comparación entre las derivas estáticas calculadas de la estructura reforzada con la deriva máxima permitida.

3.2.3. Análisis dinámico de la estructura reforzada

- **Modos de vibración de la estructura reforzada.**

Tabla 25

Modos de vibración de la estructura reforzada

MODOS DE VIBRACIÓN								
Case	Modo	Periodo (Seg.)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.45	0.0001	0.0446	0.6962	0.0001	0.0446	0.6962
Modal	2	0.349	0.0008	0.6468	0.0449	0.0009	0.6914	0.7411
Modal	3	0.331	0.7112	0.0006	0.0005	0.7121	0.6920	0.7416
Modal	4	0.127	0.0001	0.0025	0.1986	0.7122	0.6945	0.9402
Modal	5	0.088	0.2239	0.0000	0.0000	0.9361	0.6945	0.9402
Modal	6	0.071	0.0000	0.2371	0.0029	0.9361	0.9316	0.9431
Modal	7	0.051	0.0000	0.0007	0.0565	0.9361	0.9323	0.9996
Modal	8	0.034	0.0640	0.0000	0.0000	1.0000	0.9323	0.9996
Modal	9	0.025	0.0000	0.0677	0.0198	1.000	1.0000	1.0000

En la Tabla 25 se encuentran los modos de vibración pertenecientes a la estructura reforzada y también la sumatoria de las masas participativas en las dos direcciones de análisis, en donde se obtuvo un valor mayor al 90% comprobando la viabilidad para realizar un análisis dinámico a la estructura.

- Derivas dinámicas

Tabla 26

Derivas dinámicas de la estructura reforzada en X

DERIVAS DINÁMICAS EN X-X (R=6)						
Piso	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift Elástico	Drift Inelástico	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	6.819	0.0011	0.00514	0.007	Si
2	2.6	3.849	0.0010	0.00451	0.007	Si
1	2.7	1.244	0.0005	0.00207	0.007	Si

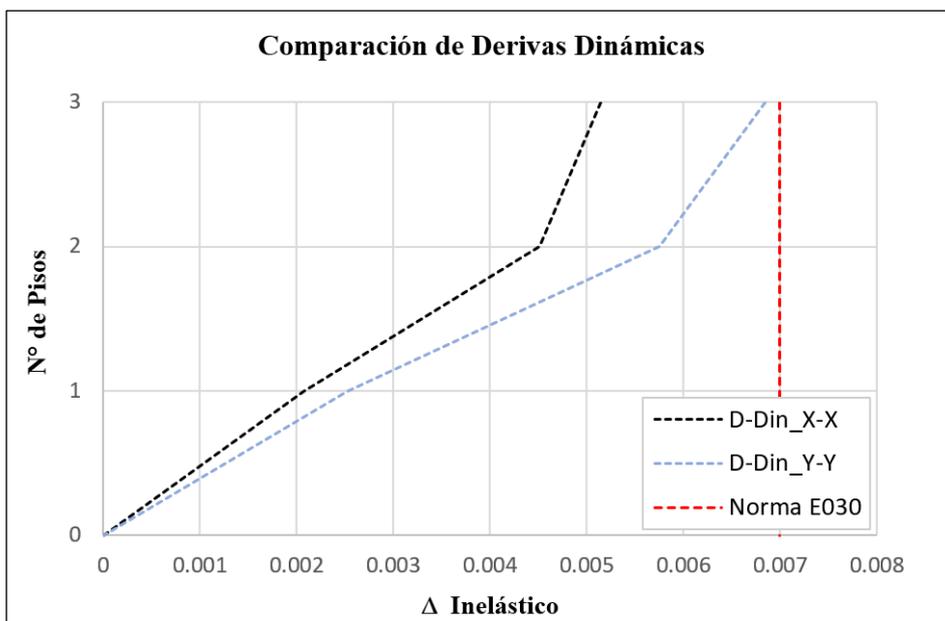
Tabla 27

Derivas dinámicas de la estructura reforzada en Y

DERIVAS DINÁMICAS EN Y-Y (R=6)						
Piso	Altura (m)	Desp. (mm)	Drift Elástico	Drift Inelástico	Drift Max.	¿Cumple?
3	2.6	8.792	0.0015	0.00684	0.007	Si
2	2.6	4.838	0.0013	0.00575	0.007	Si
1	2.7	1.513	0.0006	0.00252	0.007	Si

Figura 17

Comparación de derivas dinámicas calculadas con la deriva máxima permitida



Las derivas dinámicas se obtuvieron de la estructura reforzada se encuentran en la Tabla 26 y Tabla 27 en X y en Y respectivamente, estos resultados calculados indican que las derivas dinámicas son menores a la deriva máxima permitida de 0.007 cumpliendo con la

normativa. La Figura 17 muestra la comparación entre las derivas dinámicas calculadas mediante el análisis dinámico con la deriva máxima permitida.

- **Cortante mínima y factor de escala**

Tabla 28

Cortante mínima y factor de escala

Dirección	C. Basal Est.	C. Basal Din.	¿Requiere?	F. Escala
X	48.32	36.23	Si	1.067
Y	48.14	33.66	Si	1.144

La Tabla 28 muestra la comparativa de las cortantes estáticas y dinámicas calculadas, además del factor de escala utilizadas para ambas direcciones, debido a que la cortante dinámica que se utilizó para el diseño de las estructuras tenía que alcanzar el 80% de la cortante estática calculada previamente.

3.2.4. Diseño automatizado de muros de concreto armado

Una vez que la estructura cumplió con las derivas, se procedió con el diseño del acero de las secciones propuestas comenzando con la verificación de diseño al 125%.

- **Verificación de diseño al 125%**

Tabla 29

Verificación de diseño al 125%

Descripción	Cortante (Tn)	Cort. Basal D	¿Supera el 30%?
PX1	11.78	36.23	Si
PX2	16.08	36.23	Si
PY1	7.52	33.66	No
PY2	7.49	33.66	No
PY3	9.76	33.66	No
PY4	9.71	33.66	No

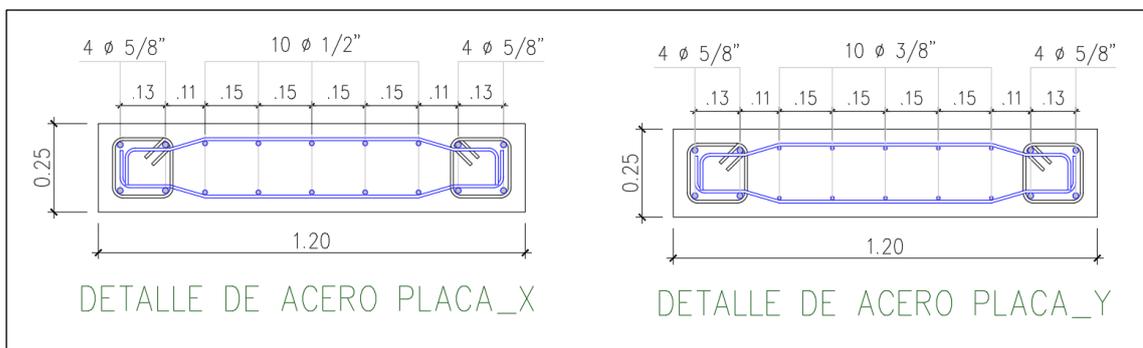
En la Tabla 29 se encuentran los valores de fuerzas cortantes disipadas por cada muro refuerzo y la cortante basal de acuerdo a la dirección de análisis, según la tabla los muros PX1 y PX2 disipan más del 30% de la cortante basal. Con estos resultados obtenidos se tuvo que diseñar los muros PX1 y PX2 al 125 %, lo cual se logró multiplicando el factor de escala por 1.25 a las fuerzas actuantes.

- **Acero en los muros de concreto armado**

Una vez que se creó las combinaciones de cargas previamente escaladas en programa Etabs v20.3.0, se diseñó los elementos área en donde el programa indicó la cuantía de acero a utilizar y también la longitud de los elementos de borde. Con estos datos que fueron obtenidos con el primer análisis se propuso las secciones de muros (Figura 17) y posteriormente se verificó el cumplimiento de las solicitaciones requeridas.

Figura 18

Detalle de acero en muros de reforzamiento



En la Figura 18 se detalla la distribución de acero en las placas para ambas direcciones, este resultado se obtuvo con el diseño automatizado realizado en el programa. Para ambas placas en los elementos de borde se consideró como acero longitudinal 4 varillas de 5/8", la diferencia radica en el acero longitudinal del medio, donde para la placa en Y se consideró varillas de acero de 3/8" con un espaciamiento de 15 centímetros mientras que para la placa en X se consideró varillas de acero de 1/2" con mismo espaciamiento, este cambio se debe que la placa X fue diseñado al 125%.

- **Diagrama de interacción de las placas**

Tabla 30

Solicitaciones de la placa PX_02.

Solicitación	P (Tn)	Mn (Tn-m)
0.9D + SDX	19.3	52.62
0.9D + SDY	27.27	0.58
1.25(D+L) +SDX	39.72	52.39
1.25(D+L) +SDY	47.69	0.35
1.4D + 1.7L	70.87	-0.63
ENVOLVENTE	19.3	52.62

La Tabla 30 muestra las solicitaciones que debe cumplir la placa P_X, estas solicitaciones son de acuerdo a las combinaciones de cargas propuestas y están expresadas en carga axial y momento nominal la placa PX_02. De acuerdo con los valores del cuadro se puede interpretar que las mayores solicitaciones están en las combinaciones de carga 1.25 (Dead + Live) + SDX y en la ENVOLVENTE.

Tabla 31

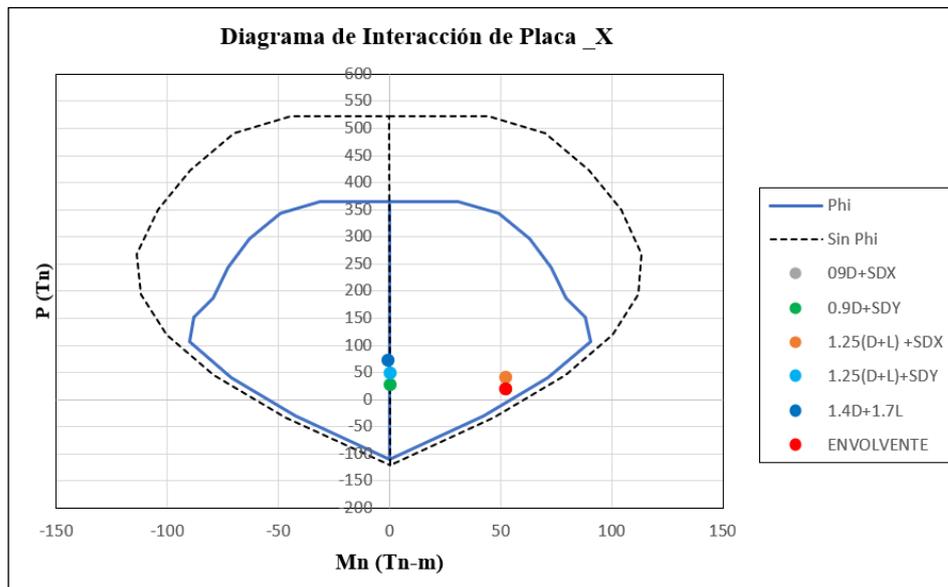
Carga axial y momento nominal de la placa P_X

Paso	Incluido Phi		Excluido Phi	
	P (Tn)	Mn (Tn-m)	P (Tn)	Mn (Tn-m)
1	365.19	-0.05	521.69	-0.07
2	365.19	31.04	521.69	44.34
3	344.34	49.1	492.06	70.14
4	296.29	62.95	423.42	89.94
5	244.67	72.88	349.68	104.11
6	187.44	79.54	267.99	113.62
7	152.18	88.15	193.72	112.09
8	107.39	90.29	119.54	100.32
9	39.91	71.23	44.57	79.14
10	-30.5	42.19	-33.74	46.88
11	-109.6	0.06	-121.78	0.07
12	365.19	-0.05	521.69	-0.07
13	365.19	-31.09	521.69	-44.41
14	344.34	-49.15	492.06	-70.21
15	296.29	-63	423.42	-90.01
16	244.67	-72.93	349.68	-104.18
17	187.44	-79.63	267.99	-113.65
18	152.18	-88.17	193.72	-112.06
19	107.39	-90.26	119.54	-100.29
20	39.91	-71.2	44.57	-79.11
21	-30.5	-42.13	-33.74	-46.81
22	-109.6	0.06	-121.78	0.07

Los valores obtenidos en la Tabla 31 corresponden a las cargas axiales y momento nominales que puede soportar la sección de la placa en X, estos valores son los que delimitaron el diagrama de interacción. Este diagrama tuvo que cumplir con las solicitaciones obtenidas con las combinaciones de carga (Tabla 30) que se expresadas en cargas axiales y momentos nominales, esta comparación se observa en la Figura 19.

Figura 19

Diagrama de interacción de placa P_X y solicitaciones de carga



En la Figura 19 se comparó el diagrama de interacción de la placa P_X y las solicitaciones de demanda en donde se muestran que estas solicitaciones están dentro del diagrama por lo que la placa es capaz de soportarlas, estos resultados indican que la dimensión y distribución de acero cumplieron con los esfuerzos de las combinaciones de carga, por lo tanto, nuestro diseño de la placa X fue lo correcto.

Tabla 32

Solicitaciones de la placa PY_03

Solicitaciones	P (Tn)	Mn (Tn-m)
0.9D + SDX	25.97	4.61
0.9D + SDY	27.91	40.19
1.25(D+L) +SDX	46.44	4.31
1.25(D+L) +SDY	48.38	39.89
1.4D + 1.7L	70.87	-0.63
ENVOLVENTE	25.97	40.19

En la Tabla 32 se encuentra las solicitaciones a las que estará sometida la placa P_Y, estas solicitaciones son de acuerdo a las combinaciones de carga a las que estuvo sometida la placa PY_03, esta placa ya fue escogida debido a que es el elemento estructural que más carga cortante disipaba en Y.

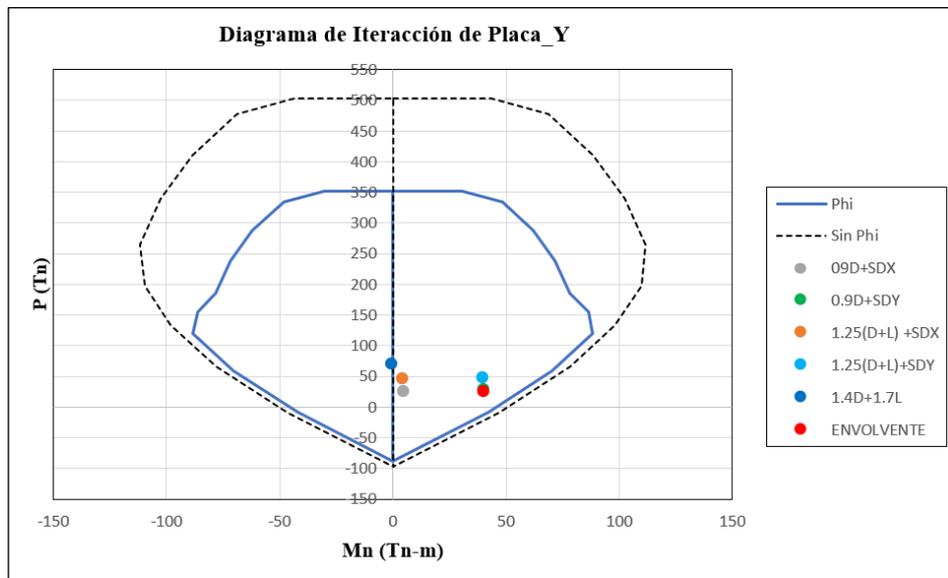
Tabla 33*Carga axial y momento nominal de la placa PY*

Paso	Incluido Phi		Excluido Phi	
	P (Tn)	Mn (Tn-m)	P (Tn)	Mn (Tn-m)
1	352.05	-0.05	502.93	-0.07
2	352.05	30.38	502.93	43.4
3	333.64	48.3	476.77	69
4	287.38	62.05	410.7	88.64
5	238.36	71.82	340.67	102.6
6	184.93	78.24	264.41	111.77
7	155.39	86.29	197.8	109.72
8	119.15	88.34	132.61	98.16
9	58.92	70.4	65.68	78.22
10	-8.46	42.19	-9.25	46.88
11	-87.56	0.06	-97.29	0.07
12	352.05	-0.05	502.93	-0.07
13	352.05	-30.43	502.93	-43.47
14	333.64	-48.35	476.77	-69.07
15	287.38	-62.1	410.7	-88.71
16	238.36	-71.87	340.67	-102.67
17	184.93	-78.33	264.41	-111.8
18	155.39	-86.31	197.8	-109.69
19	119.15	-88.31	132.61	-98.13
20	58.92	-70.38	65.68	-78.19
21	-8.46	-42.13	-9.25	-46.81
22	-87.56	0.06	-97.29	0.07

En la Tabla 33 se encuentran los valores delimitan o forman el diagrama de interacción de la placa Y expresadas en carga axial y momento nominal, estos valores se obtuvieron mediante la utilización del software Etabs v20.3.0 con la sección y el acero de refuerzo de la placa PY. Este diagrama estuvo evaluado con las solicitaciones de demanda obtenidas en la Tabla 32 de la placa PY_03, esta comparación se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Diagrama de interacción de la placa P_Y y las solicitaciones de carga



En la Figura 20 se comparó el diagrama de interacción de la placa P_Y y las solicitaciones de demanda en donde se muestran que estas solicitaciones están dentro del diagrama por lo que la placa es capaz de soportarlas, estos resultados indican que la dimensión y distribución de acero cumplieron con los esfuerzos de las combinaciones de carga, por lo tanto, nuestro diseño de la placa Y fue lo correcto.

▪ **Verificación de capacidad de columnas**

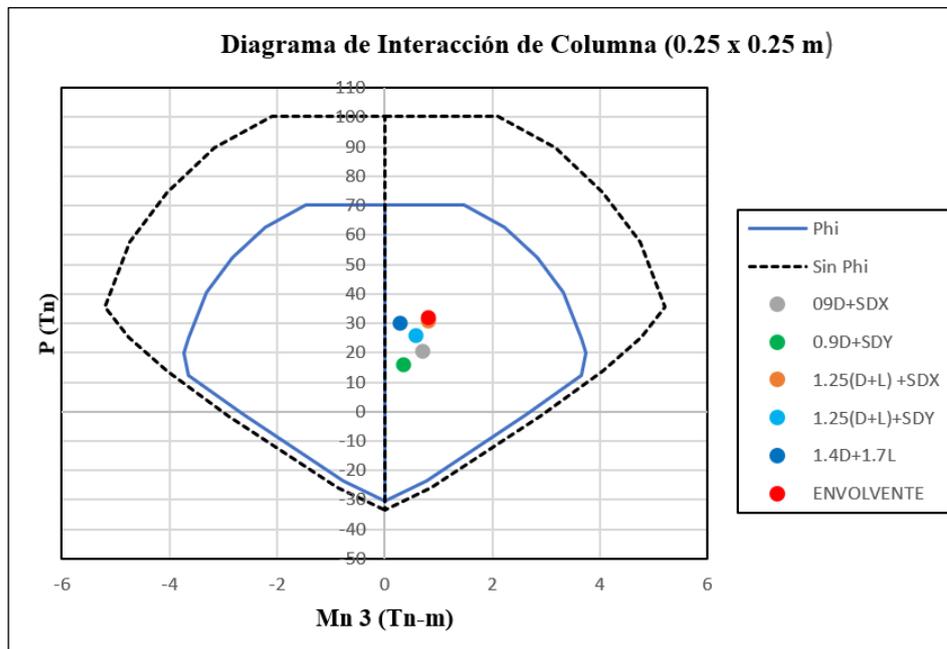
Tabla 34

Solicitaciones para la columna C1

Solicitaciones	P (Tn)	M3 (Tn-m)
0.9D + SDX	20.61	0.71
0.9D + SDY	15.87	0.36
1.25(D+L) +SDX	30.67	0.81
1.25(D+L) +SDY	25.93	0.59
1.4D + 1.7L	29.87	0.28
ENVOLVENTE	31.86	0.81

Figura 21

Diagrama de interacción de la columna C1 y solicitaciones de carga



En la Figura 21 se comparó el diagrama de interacción de la sección de columna C1 con las solicitaciones de carga expresadas de la Tabla 34, donde se muestra que las solicitaciones de demanda se encuentran dentro del diagrama lo que indica una mejoría con respecto a la primera evaluación realizada, estos resultados indican que el reforzamiento planteado disminuyó la cantidad de fuerzas cortantes que deben soportar las columnas por lo que las solicitaciones están dentro del diagrama de interacción.

3.3. Evaluación del nivel de desempeño de la edificación reforzada y clasificación de acuerdo al punto de desempeño.

3.3.1. Análisis Estático No Lineal

Para el desarrollo del análisis estático no lineal se consideró necesario analizar la estructura no reforzada y la reforzada.

3.3.1.1. Asignación de propiedades no lineales a los materiales

Se asignó las propiedades no lineales a todos los materiales como el concreto y aceros pertenecientes a los elementos estructurales (columnas, vigas y placas). Para el acero se consideró un modelo bilineal con un valor mínimo de resistencia a la fluencia de $F_y = 4200$ y un máximo de $F_y = 6300$, luego agregar una longitud de endurecimiento de 0.008

y la capacidad final de 0.11. Para el concreto la deformación debido a la compresión se consideró un 0.002 y una capacidad ultima de 0.004.

3.3.1.2. Definición de rotulas plásticas

- **Rotulas plásticas en vigas**

La definición de las rotulas plásticas en vigas se definió de acuerdo a una distancia relativa, al inicio a un 5% y al final en un 95%.

Figura 22

Asignación de rotulas plásticas en vigas

The screenshot shows the 'Auto Hinge Assignment Data' dialog box. The 'Auto Hinge Type' is set to 'From Tables In ASCE 41-17'. The 'Select a Hinge Table' dropdown is set to 'Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i'. Under 'Degree of Freedom', 'M3' is selected with a radio button. The 'Hysteresis Type' is set to 'Isotropic'. The 'V Value From' section has 'Case/Combo' selected with a radio button, and the dropdown is set to 'ENVOLVENTE'. The 'Transverse Reinforcing' section has 'Transverse Reinforcing is Conforming' checked. The 'Reinforcing Ratio (p - p') / pbalanced' section has 'From Current Design' selected with a radio button. The 'Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity' section has 'Drops Load After Point E' selected with a radio button. At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

La Figura 22 muestra las consideraciones y el procedimiento realizado en la asignación de rotulas plásticas en vigas utilizando la Tabla 10-7 de la norma ASCE 41-17 en el programa.

- **Rotulas plásticas en columnas**

Para la definición de las rotulas plásticas en las columnas se consideró los parámetros que se encuentran en las Tablas 10-8 y 10-9 (ASCE 4-17). Se asignó la colocación de rotulas plásticas a una distancia relativa de 2% y 90 % del inicio, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Asignación de rotulas plásticas en columnas

The image shows a software dialog box titled "Auto Hinge Assignment Data". It contains several sections for configuring hinge parameters:

- Auto Hinge Type:** A dropdown menu set to "From Tables In ASCE 41-17".
- Select a Hinge Table:** A dropdown menu set to "Table 10-8 and 10-9 (Concrete Columns)".
- Degree of Freedom:** Radio buttons for M2, M3, M2-M3, P-M2, P-M3, and P-M2-M3. "P-M2-M3" is selected.
- P Values From:** Radio buttons for "Case/Combo" (selected) and "User Value". Below are dropdown menus for "Gravity" (set to "Gravitacional") and "Gravity + Lateral" (set to "Gravitacional+Lat X").
- Concrete Column Behavior:** Radio buttons for "Not Controlled by Inadequate Development or Splicing" (selected) and "Controlled by Inadequate Development or Splicing".
- Shear Demand at Flexural Yielding / Shear Capacity (VyE / Vcol0E):** Radio buttons for "Program Calculated" (selected), "User-specified Shear Demand, VyE", and "User-specified Ratio, VyE / Vcol0E".
- Shear Reinforcing Ratio $p = A_v / (b_w * s)$:** Radio buttons for "From Current Design" (selected) and "User Value".
- Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity:** Radio buttons for "Drops Load After Point E" (selected) and "Is Extrapolated After Point E".
- Shear Reinforcement Spacing Ratio (s/d):** Radio buttons for "From Current Design" (selected) and "User Value".

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

▪ **Rotulas plásticas en muros de concreto armado**

Para la asignación de rotulas plásticas en los muros primero se definió el acero en cada uno de estos elementos con el cálculo anteriormente realizado de modo en que se detalla en la Figura 24. Cuando se definió el acero de refuerzo en los muros en su totalidad, se procedió a asignar las rotulas en el programa obteniendo como resultado las rotulas que se muestra en la Figura 25.

Figura 24

Definición de refuerzo en muros de concreto armado

Wall Hinge Reinforcement

Wall Design Type
 Pier
 Spandrel

Rebar Material and Clear Cover
 Material Flexure: Acero
 Material Shear: Acero
 Bar Clear Cover: 4 cm

Rebar Layout

Geometry

Start X (cm)	Start Y (cm)	End X (cm)	End Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Start Zone Size (cm)	End Zone Size (cm)
900	937.5	900	817.5	120	25	25	25

Reinforcement

Flexural Detail - Each Face

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	5/8"		2
Center	3/8"	12	5
End	5/8"		2

Flexural Detail (Additional Individual Bars)

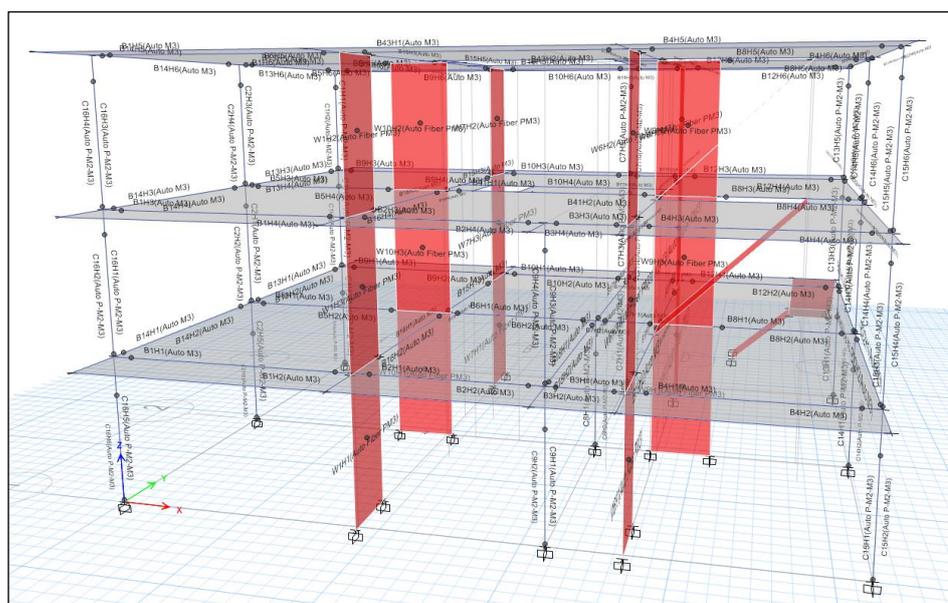
Material	Distance (cm)	Area (cm2)
*		

Shear/Confinement Detail

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	3/8"	20	Yes
Center	3/8"	20	Yes
End	3/8"	20	Yes

Figura 25

Rotulas plásticas en la estructura reforzada



3.3.1.3. Definición de carga gravitacional y cargas laterales de empuje

- Carga gravitacional

Figura 26

Definición de carga gravitacional en el software

Load Case Data

General

Load Case Name: Gravitacional_CA [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Peso Sismico

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Peso_Propio	1.1
Load Pattern	Carga_Muerta	1.1
Load Pattern	Live_Up	0.275
Load Pattern	Live	0.275

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

En la Figura 26 se detalla la forma de cómo se definió la carga gravitacional en el programa de acuerdo a la normativa FEMA 440, en donde al peso sísmico se multiplicó por 1.1 que equivale al 110%, a partir de esta carga gravitacional continuo con la definición de los empujes Pushover en ambas direcciones.

- **Carga lateral de empuje**

Figura 27

Carga lateral Pushover en X

E Load Case Data

General

Load Case Name: PUSH_X [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Peso Sismico

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Gravitacional_CA

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	3	1

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

Con la Figura 27 se detalla la forma en cómo se definió la carga lateral Pushover en X, en donde se comenzó de la carga gravitacional, con el modo de vibración 3, esta definición se realizó en la estructura normal y en la estructura reforzada en ambas de direcciones cambiando el modo de vibración debido a que era variable en cada estructura.

3.3.1.4. Curva de capacidad

La curva de capacidad se obtuvo luego de definir las rotulas plásticas en los elementos estructurales, las cargas gravitacionales y de empuje lateral, estas curvas de capacidad fueron obtenidas para cada dirección de análisis de la estructura no reforzada y de la estructura reforzada. Estas curvas están expresadas por fuerzas cortantes en toneladas y desplazamiento laterales en milímetros.

- **Curva de capacidad de estructura no reforzada en X.**

Tabla 35

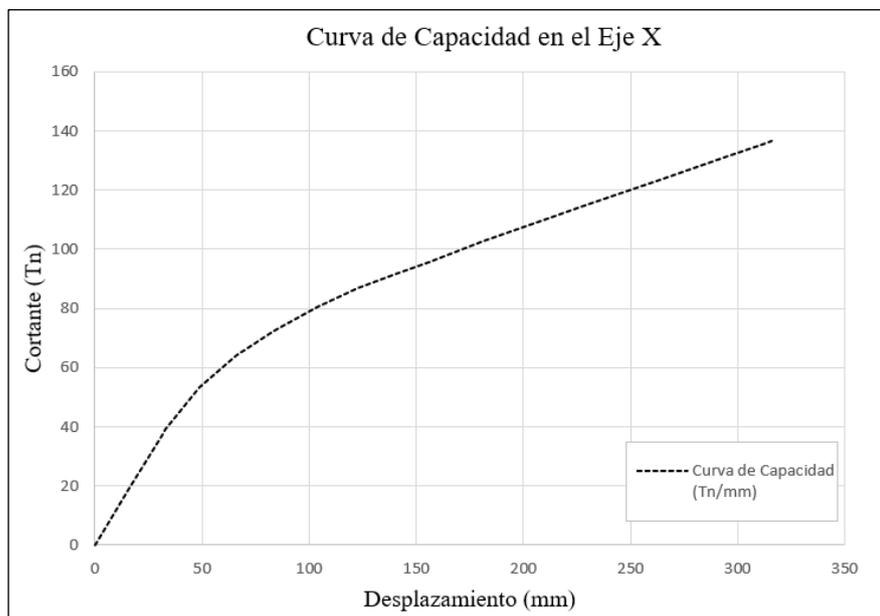
Fuerzas cortantes y desplazamientos en X

Paso	Desp. (mm)	Cortante (Tn)
0	0	0
1	15.8	18.77
2	31.6	37.53
3	32.823992	38.94
4	48.75373	53.27
5	64.621471	62.89
6	80.499371	70.59
7	98.787818	77.98
8	117.195447	83.69
9	133.27856	87.9
10	155.237747	93.28
11	174.393799	97.97
12	194.674182	102.76
13	225.079286	109.8
14	245.957716	114.7
15	261.757716	118.33
16	290.777704	124.88
17	309.84123	129.22
18	316	130.62

En la Tabla 35 se encuentran los valores obtenidos de fuerza cortante (Tn) y desplazamientos (mm) en X con el Pushover previamente realizado, estos valores son los que definieron la curva de capacidad de la estructura como se detalla en la Figura 28.

Figura 28

Curva de capacidad en X



- **Curva de capacidad de estructura no reforzada en Y.**

Tabla 36

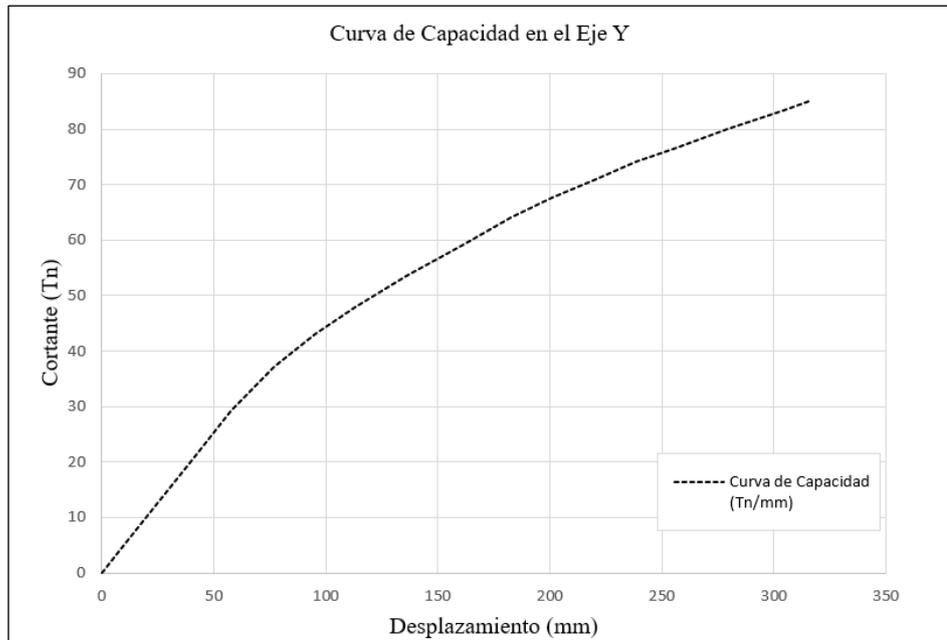
Fuerzas cortantes y desplazamientos en Y

Paso	Desp. (mm)	Cortante (Tn)
0	0	0
1	9.39939	4.79
2	40.289007	20.48
3	57.862497	29.2
4	77.14317	37.17
5	95.120604	43.07
6	113.243233	47.79
7	132.924484	52.49
8	149.544456	56.25
9	166.122862	59.86
10	182.372621	63.33
11	199.989509	66.59
12	219.354602	69.88
13	235.248062	72.36
14	258.651887	75.58
15	274.751168	77.67
16	291.499112	79.74
17	316	82.73

En la Tabla 36 se encuentran los valores obtenidos de fuerza cortante (T_n) y desplazamientos (mm) en X con el Pushover previamente realizado, estos valores son los que definieron la curva de capacidad de la estructura como se detalla en la Figura 29.

Figura 29

Curva de capacidad en el eje Y



- **Curva de capacidad de la estructura reforzada en X**

Tabla 37

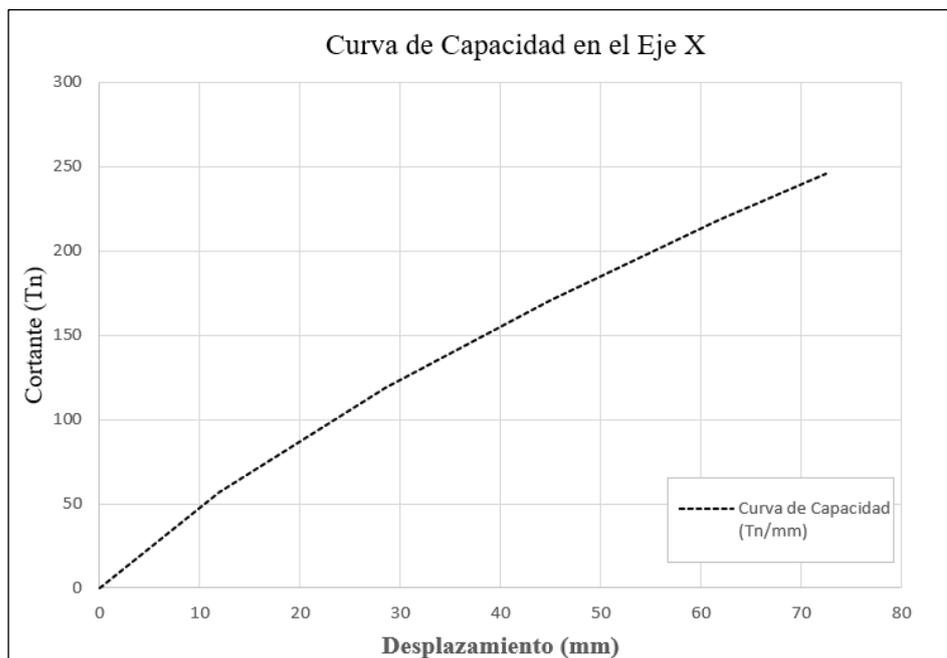
Fuerzas cortantes y desplazamientos en X de la estructura reforzada

Paso	Desplazamiento (mm)	Cortante (Tn)
0	0	0
1	11.940262	57.02
2	28.482786	118.54
3	44.825579	170.23
4	61.693207	218.41
5	72.432955	245.72

La Tabla 37 muestran los valores obtenidos en fuerzas cortantes y desplazamientos en el eje X con el Pushover en la estructura reforzada, estos valores son los que definieron la curva de capacidad de la estructura en el mismo eje de análisis como se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Curva de capacidad en X de la estructura reforzada



- **Curva de capacidad de estructura reforzada en Y**

Tabla 38

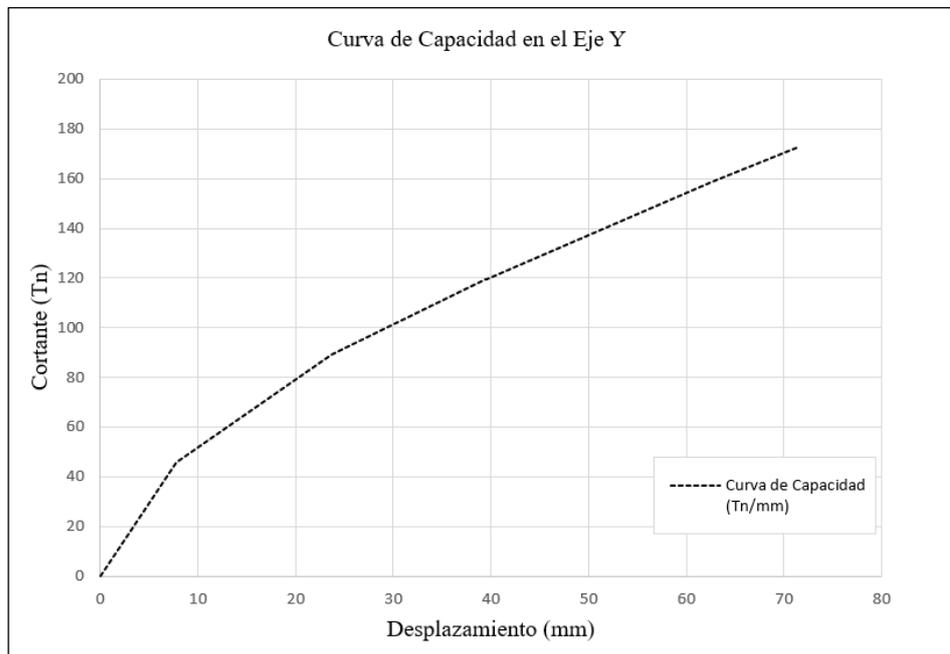
Fuerzas cortantes y desplazamientos en Y de la estructura reforzada

N° de Paso	Desplazamiento (mm)	Cortante (Tn)
0	0	0
1	7.784379	45.59
2	23.682972	89.27
3	39.480157	119.27
4	39.603485	119.51
5	39.613762	119.51
6	62.665878	158.57
7	71.493588	172.48

La Tabla 38 muestran los valores obtenidos en fuerzas cortantes y desplazamientos en el eje Y con el Pushover en la estructura reforzada, estos valores son los que definieron la curva de capacidad en el mismo eje de análisis tal como se muestra en la Figura 31.

Figura 31

Curva de capacidad en Y de la estructura reforzada



3.3.2. Curva de Demanda

Las curvas de demanda se obtuvieron para los sismos frecuente (Tabla 39), ocasional (Tabla 40), raro (Tabla 41) y muy raro (Tabla 42). Estas curvas de demanda fueron añadidas al software como si fueran un sismo de diseño para luego sobreponerla con la curva de capacidad directamente.

- **Curva de demanda de un sismo frecuente**

Tabla 39

Espectro de demanda de un sismo frecuente (Comité Visión 2000)

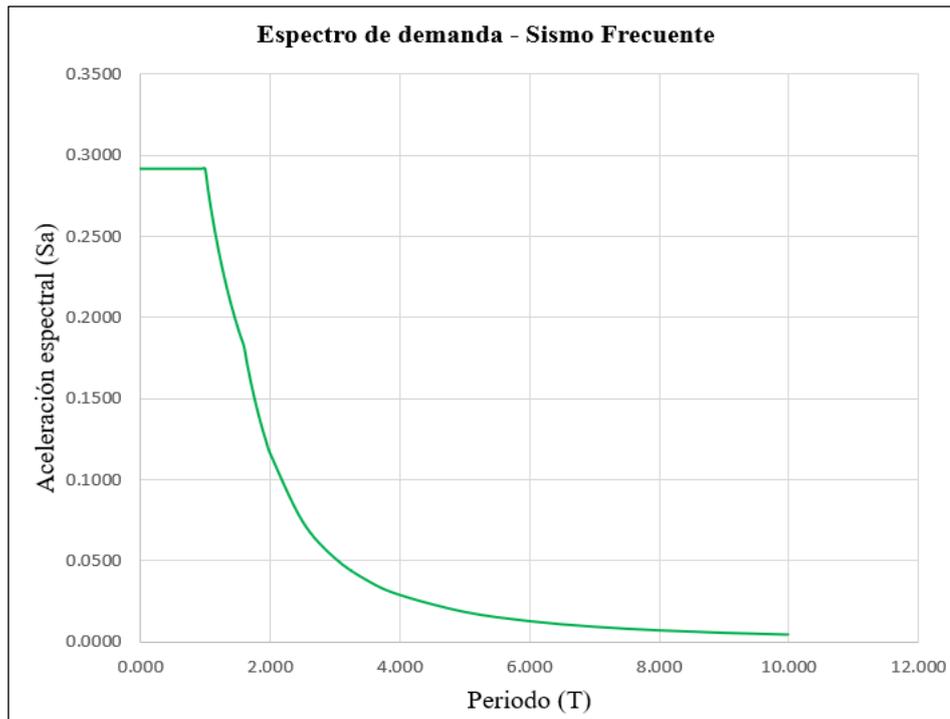
SISMO FRECUENTE					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 1 = 0.33 Sa
0.000	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.050	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.100	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.150	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.200	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.250	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.300	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.350	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.400	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917

SISMO FRECUENTE					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 1 = 0.33 Sa
0.450	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.500	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.550	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.600	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.650	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.700	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.750	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.800	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.850	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.900	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
0.950	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
1.000	2.500	0.875	0.109	0.146	0.2917
1.050	2.381	0.833	0.104	0.139	0.2778
1.100	2.273	0.795	0.099	0.133	0.2652
1.150	2.174	0.761	0.095	0.127	0.2536
1.200	2.083	0.729	0.091	0.122	0.2431
1.250	2.000	0.700	0.088	0.117	0.2333
1.300	1.923	0.673	0.084	0.112	0.2244
1.350	1.852	0.648	0.081	0.108	0.2160
1.400	1.786	0.625	0.078	0.104	0.2083
1.450	1.724	0.603	0.075	0.101	0.2011
1.500	1.667	0.583	0.073	0.097	0.1944
1.550	1.613	0.565	0.071	0.094	0.1882
1.600	1.563	0.547	0.068	0.091	0.1823
1.650	1.469	0.514	0.064	0.086	0.1714
1.700	1.384	0.484	0.061	0.081	0.1615
1.750	1.306	0.457	0.057	0.076	0.1524
1.800	1.235	0.432	0.054	0.072	0.1440
1.850	1.169	0.409	0.051	0.068	0.1364
1.900	1.108	0.388	0.048	0.065	0.1293
1.950	1.052	0.368	0.046	0.061	0.1227
2.000	1.000	0.350	0.044	0.058	0.1167
2.500	0.640	0.224	0.028	0.037	0.0747
3.000	0.444	0.156	0.019	0.026	0.0519
3.500	0.327	0.114	0.014	0.019	0.0381
4.000	0.250	0.088	0.011	0.015	0.0292
5.000	0.160	0.056	0.007	0.009	0.0187
6.000	0.111	0.039	0.005	0.006	0.0130
7.000	0.082	0.029	0.004	0.005	0.0095
8.000	0.063	0.022	0.003	0.004	0.0073
9.000	0.049	0.017	0.002	0.003	0.0058

SISMO FRECUENTE					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 1 = 0.33 Sa
10.000	0.040	0.014	0.002	0.002	0.0047

Figura 32

Gráfica del espectro de demanda de un sismo frecuente



- **Curva de demanda de un sismo ocasional**

Tabla 40

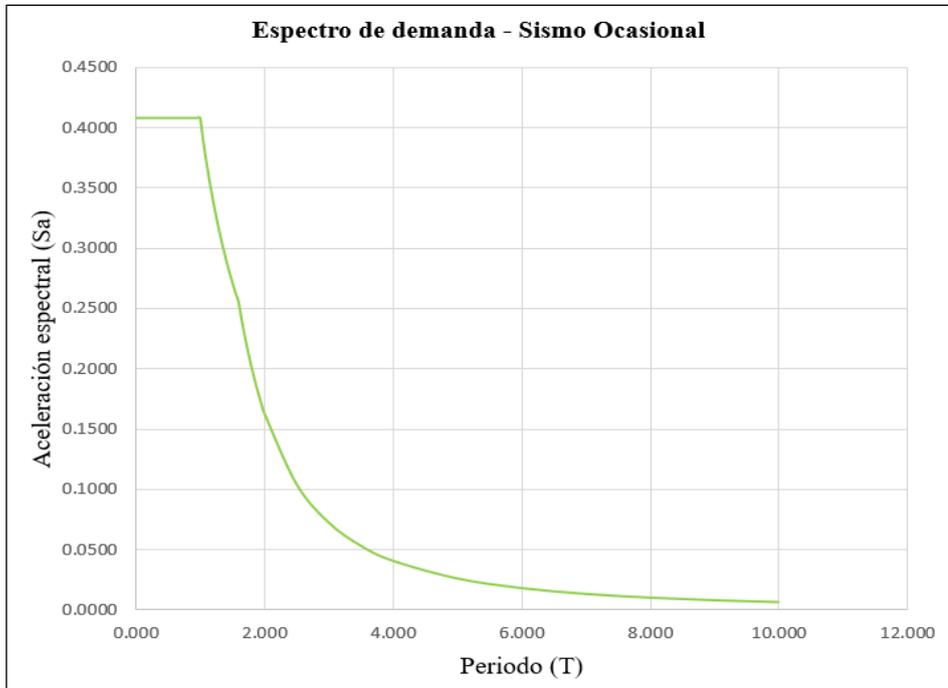
Espectro de demanda de un sismo ocasional (Comité Visión 2000)

SISMO OCASIONAL					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 2 = 1.4 Sa1
0.000	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.050	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.100	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.150	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.200	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.250	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.300	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.350	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.400	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.450	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083

SISMO OCASIONAL					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 2 = 1.4 Sa1
0.500	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.550	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.600	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.650	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.700	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.750	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.800	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.850	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.900	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
0.950	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
1.000	2.500	0.875	0.109	0.146	0.4083
1.050	2.381	0.833	0.104	0.139	0.3889
1.100	2.273	0.795	0.099	0.133	0.3712
1.150	2.174	0.761	0.095	0.127	0.3551
1.200	2.083	0.729	0.091	0.122	0.3403
1.250	2.000	0.700	0.088	0.117	0.3267
1.300	1.923	0.673	0.084	0.112	0.3141
1.350	1.852	0.648	0.081	0.108	0.3025
1.400	1.786	0.625	0.078	0.104	0.2917
1.450	1.724	0.603	0.075	0.101	0.2816
1.500	1.667	0.583	0.073	0.097	0.2722
1.550	1.613	0.565	0.071	0.094	0.2634
1.600	1.563	0.547	0.068	0.091	0.2552
1.650	1.469	0.514	0.064	0.086	0.2400
1.700	1.384	0.484	0.061	0.081	0.2261
1.750	1.306	0.457	0.057	0.076	0.2133
1.800	1.235	0.432	0.054	0.072	0.2016
1.850	1.169	0.409	0.051	0.068	0.1909
1.900	1.108	0.388	0.048	0.065	0.1810
1.950	1.052	0.368	0.046	0.061	0.1718
2.000	1.000	0.350	0.044	0.058	0.1633
2.500	0.640	0.224	0.028	0.037	0.1045
3.000	0.444	0.156	0.019	0.026	0.0726
3.500	0.327	0.114	0.014	0.019	0.0533
4.000	0.250	0.088	0.011	0.015	0.0408
5.000	0.160	0.056	0.007	0.009	0.0261
6.000	0.111	0.039	0.005	0.006	0.0181
7.000	0.082	0.029	0.004	0.005	0.0133
8.000	0.063	0.022	0.003	0.004	0.0102
9.000	0.049	0.017	0.002	0.003	0.0081
10.000	0.040	0.014	0.002	0.002	0.0065

Figura 33

Gráfica del espectro de demanda de un sismo ocasional



- **Curva de demanda de un sismo raro**

Tabla 41

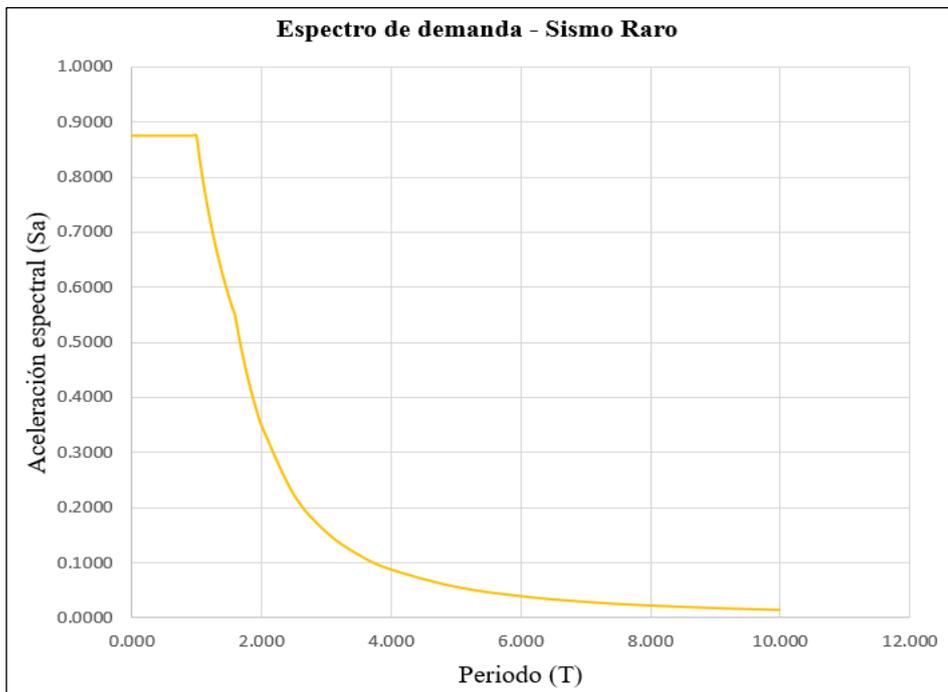
Espectro de demanda de un sismo raro (Comité Visión 2000)

SISMO RARO					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 3 = 1 Sa
0.000	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.050	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.100	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.150	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.200	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.250	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.300	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.350	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.400	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.450	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.500	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.550	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.600	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750

SISMO RARO					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 3 = 1 Sa
0.650	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.700	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.750	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.800	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.850	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.900	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
0.950	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
1.000	2.500	0.875	0.109	0.146	0.8750
1.050	2.381	0.833	0.104	0.139	0.8333
1.100	2.273	0.795	0.099	0.133	0.7955
1.150	2.174	0.761	0.095	0.127	0.7609
1.200	2.083	0.729	0.091	0.122	0.7292
1.250	2.000	0.700	0.088	0.117	0.7000
1.300	1.923	0.673	0.084	0.112	0.6731
1.350	1.852	0.648	0.081	0.108	0.6481
1.400	1.786	0.625	0.078	0.104	0.6250
1.450	1.724	0.603	0.075	0.101	0.6034
1.500	1.667	0.583	0.073	0.097	0.5833
1.550	1.613	0.565	0.071	0.094	0.5645
1.600	1.563	0.547	0.068	0.091	0.5469
1.650	1.469	0.514	0.064	0.086	0.5142
1.700	1.384	0.484	0.061	0.081	0.4844
1.750	1.306	0.457	0.057	0.076	0.4571
1.800	1.235	0.432	0.054	0.072	0.4321
1.850	1.169	0.409	0.051	0.068	0.4091
1.900	1.108	0.388	0.048	0.065	0.3878
1.950	1.052	0.368	0.046	0.061	0.3682
2.000	1.000	0.350	0.044	0.058	0.3500
2.500	0.640	0.224	0.028	0.037	0.2240
3.000	0.444	0.156	0.019	0.026	0.1556
3.500	0.327	0.114	0.014	0.019	0.1143
4.000	0.250	0.088	0.011	0.015	0.0875
5.000	0.160	0.056	0.007	0.009	0.0560
6.000	0.111	0.039	0.005	0.006	0.0389
7.000	0.082	0.029	0.004	0.005	0.0286
8.000	0.063	0.022	0.003	0.004	0.0219
9.000	0.049	0.017	0.002	0.003	0.0173
10.000	0.040	0.014	0.002	0.002	0.0140

Figura 34

Gráfica del espectro de demanda de un sismo raro



- **Curva de demanda de un sismo muy raro**

Tabla 42

Espectro de demanda de un sismo muy raro (Comité Visión 2000)

SISMO MUY RARO					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 4 = 1.3 Sa
0.000	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.050	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.100	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.150	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.200	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.250	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.300	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.350	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.400	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.450	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.500	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.550	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.600	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.650	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.700	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.750	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375

SISMO MUY RARO					
T	C	Sa	Sa / R=8	Sa / R=6	Sa 4 = 1.3 Sa
0.800	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.850	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.900	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
0.950	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
1.000	2.500	0.875	0.109	0.146	1.1375
1.050	2.381	0.833	0.104	0.139	1.0833
1.100	2.273	0.795	0.099	0.133	1.0341
1.150	2.174	0.761	0.095	0.127	0.9891
1.200	2.083	0.729	0.091	0.122	0.9479
1.250	2.000	0.700	0.088	0.117	0.9100
1.300	1.923	0.673	0.084	0.112	0.8750
1.350	1.852	0.648	0.081	0.108	0.8426
1.400	1.786	0.625	0.078	0.104	0.8125
1.450	1.724	0.603	0.075	0.101	0.7845
1.500	1.667	0.583	0.073	0.097	0.7583
1.550	1.613	0.565	0.071	0.094	0.7339
1.600	1.563	0.547	0.068	0.091	0.7109
1.650	1.469	0.514	0.064	0.086	0.6685
1.700	1.384	0.484	0.061	0.081	0.6298
1.750	1.306	0.457	0.057	0.076	0.5943
1.800	1.235	0.432	0.054	0.072	0.5617
1.850	1.169	0.409	0.051	0.068	0.5318
1.900	1.108	0.388	0.048	0.065	0.5042
1.950	1.052	0.368	0.046	0.061	0.4786
2.000	1.000	0.350	0.044	0.058	0.4550
2.500	0.640	0.224	0.028	0.037	0.2912
3.000	0.444	0.156	0.019	0.026	0.2022
3.500	0.327	0.114	0.014	0.019	0.1486
4.000	0.250	0.088	0.011	0.015	0.1138
5.000	0.160	0.056	0.007	0.009	0.0728
6.000	0.111	0.039	0.005	0.006	0.0506
7.000	0.082	0.029	0.004	0.005	0.0371
8.000	0.063	0.022	0.003	0.004	0.0284
9.000	0.049	0.017	0.002	0.003	0.0225
10.000	0.040	0.014	0.002	0.002	0.0182

Figura 35

Gráfica del espectro de demanda de un sismo muy raro

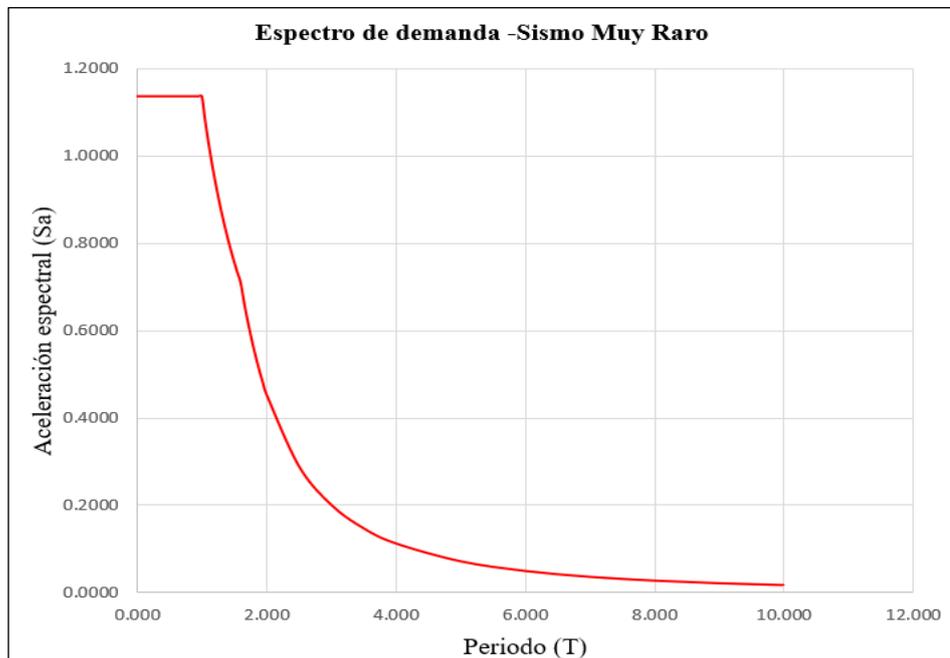
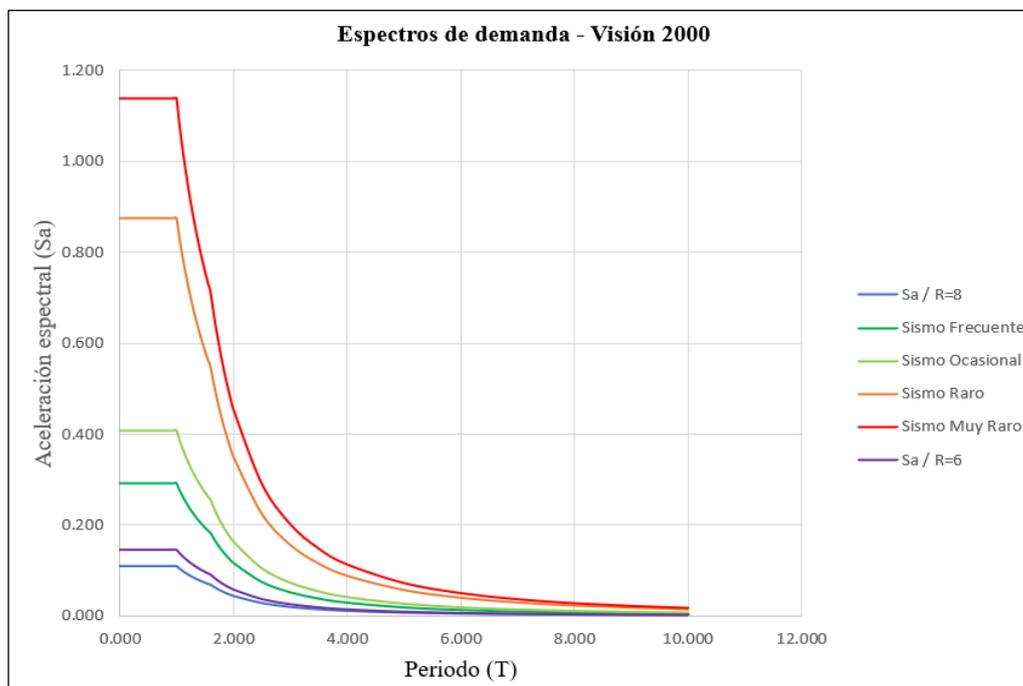


Figura 36

Gráfica de los espectros de demandas (Comité Visión 2000)



La Figura 37 muestra todos los espectros de demanda e incluso se consideró el espectro demanda de diseño afectada por el coeficiente R, donde se puede apreciar cuanto afecta

el factor R al espectro de diseño que se utiliza. Estas demandas son las que se sobrepusieron con la curva de capacidad de cada estructura.

3.3.3. Punto y nivel de desempeño

Para obtener el nivel de desempeño primero se tuvo que sectorizar la curva de capacidad de cada estructura, luego ubicó los puntos de desempeño obtenidos de la sobreposición de las curvas de demanda y la curva de capacidad. El punto obtenido muestra la respuesta de la estructura cuando es sometida a una cierta demanda sísmica, de acuerdo al sector en que se encuentre el punto obtenido se interpretó el nivel de desempeño.

3.3.3.1. Delimitación de la curva de capacidad

Tabla 43

Límites de desempeño de la estructura en X

Nivel de desempeño	Lím. Inferior	Lím. Superior
Totalmente Operacional	0	5.610
Operacional	5.610	13.407
Seguridad de Vida	13.407	21.204
Prevención al Colapso	21.204	26.402

Tabla 44

Límites de desempeño de la estructura en Y

Nivel de desempeño	Lím. Inferior	Lím. Superior
Totalmente Operacional	0	9.099
Operacional	9.099	15.849
Seguridad de Vida	15.849	22.60
Prevención al Colapso	22.60	27.10

La sectorización se realizó de acuerdo a los valores que se encuentran la Tabla 43 y la Tabla 44 las cuales muestran los niveles de desempeño de la estructura no reforzada, estos límites establecidos están relacionados con el límite elástico de la estructura.

Tabla 45

Límites de desempeño para la estructura reforzada en X

Nivel de desempeño	Lím. Inferior	Lím. Superior
Totalmente Operacional	0	1.703
Operacional	1.703	3.338
Seguridad de Vida	3.338	4.972
Prevención al Colapso	4.972	6.062

Tabla 46

Límites de desempeño para la estructura reforzada en Y

Nivel de desempeño	Lím. Inferior	Lím. Superior
Totalmente Operacional	0	1.076
Operacional	1.076	2.807
Seguridad de Vida	2.807	4.579
Prevención al Colapso	4.579	5.693

Los valores que secotizaron a la curva de capacidad se encuentran la Tabla 45 y la Tabla 46 en X y en Y respectivamente, cada región comprende un determinado nivel donde se ubicó los puntos de desempeño para cada demanda sísmica. Cabe recalcar que todos los límites obtenidos esta condicionados o dependen del límite de fluencia de la estructura.

3.3.3.2. Ubicación de los puntos de desempeño

Los puntos de desempeño se ubicaron para la estructura no reforzada y reforzada en la dirección X y en la dirección Y, los puntos determinaron en unidades de fuerza cortante en kilogramos (Kg) y los desplazamientos en centímetros (Cm) mediante la ayuda del programa Etabs v20.3.0.

- **Puntos de desempeño para la estructura no reforzada en X**

Figura 37

Punto de desempeño del sismo frecuente en X

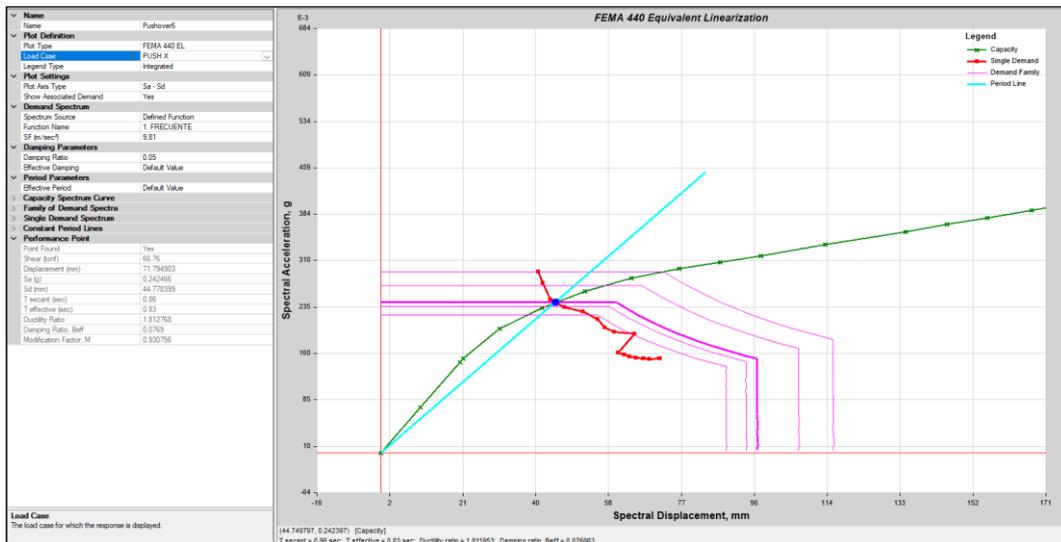
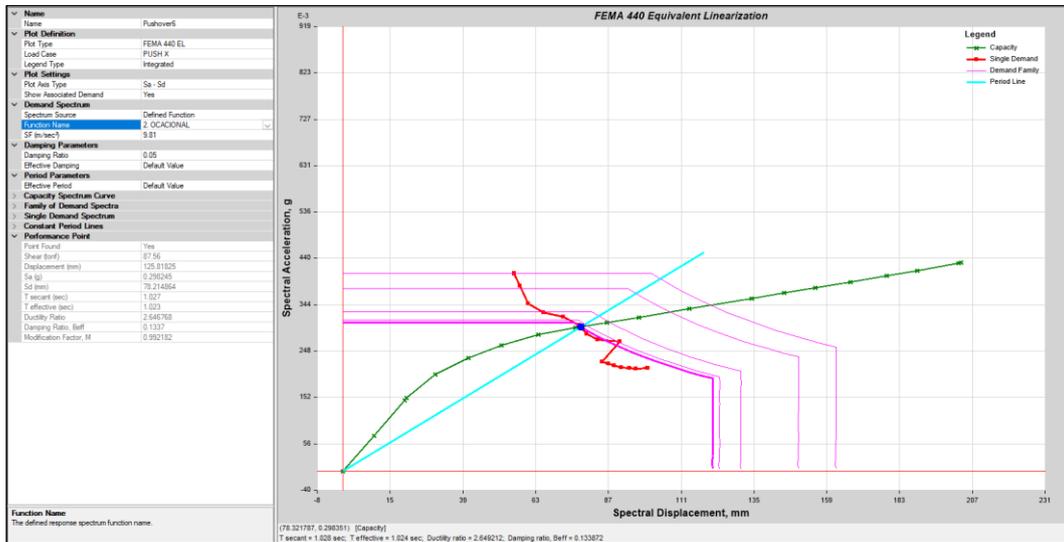


Figura 38

Punto de desempeño del sismo ocasional en X



Los puntos obtenidos para el sismo frecuente y para el sismo ocasional en la dirección X se muestran en la Figura 37 y en la Figura 38 respectivamente. Para el sismo frecuente con una cortante de 66760 kgf se obtuvo un desplazamiento de 7.1794 cm y para el sismo ocasional con una cortante de 87560 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 12.5818 cm.

Figura 39

Punto de desempeño del sismo raro en X

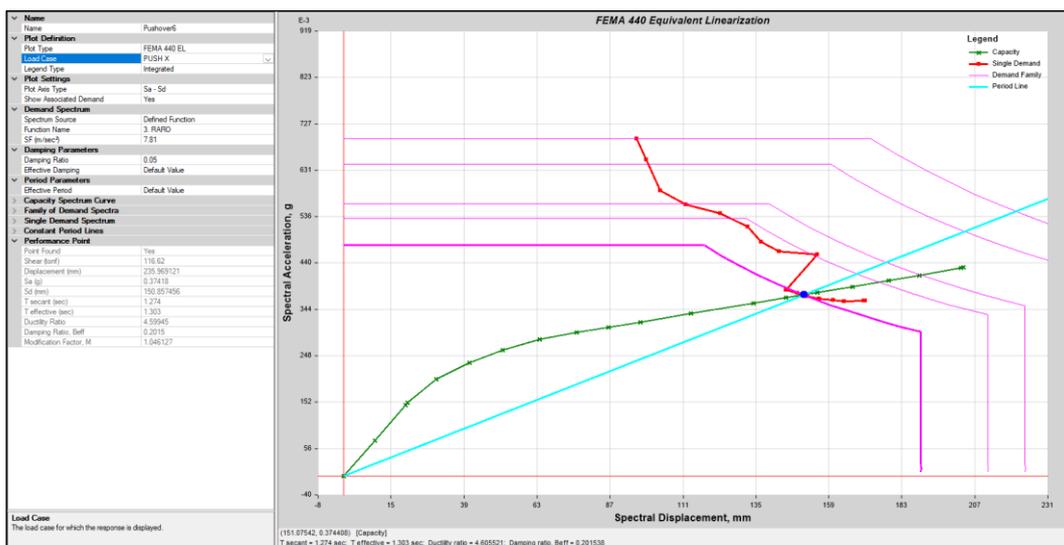
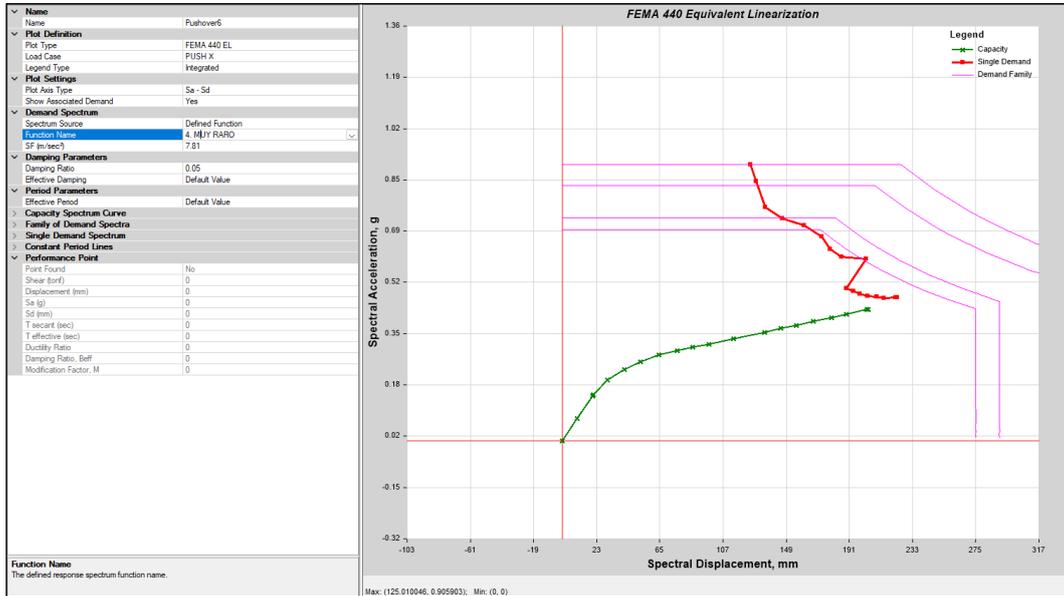


Figura 40

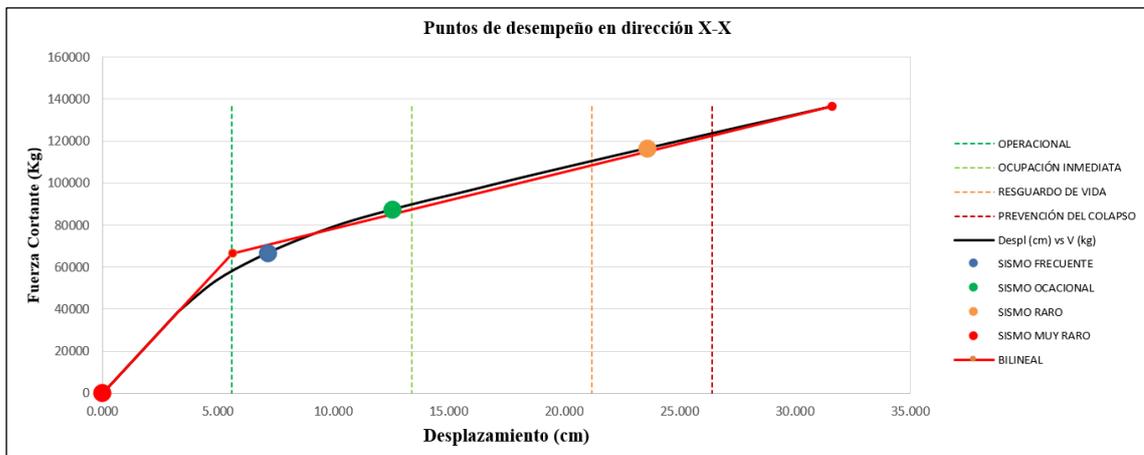
Punto de desempeño del sismo muy raro en X



El punto obtenido por el sismo raro se detalla en la Figura 39, caso contrario sucede con el sismo muy raro donde no se ubicó el punto debido a que no existe en un punto de intersección de demanda y capacidad. Para el sismo raro de una cortante de 116620 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 23.5969 cm. Una vez obtenido todos los puntos por cada demanda sísmica, se ubicaron en la curva de capacidad previamente sectorizada para cada desempeño tal como se detalla en la Figura 41.

Figura 41

Puntos de desempeño de la estructura no reforzada en X



- **Puntos de desempeño para la estructura no reforzada en Y**

Figura 42

Punto de desempeño del sismo frecuente en Y

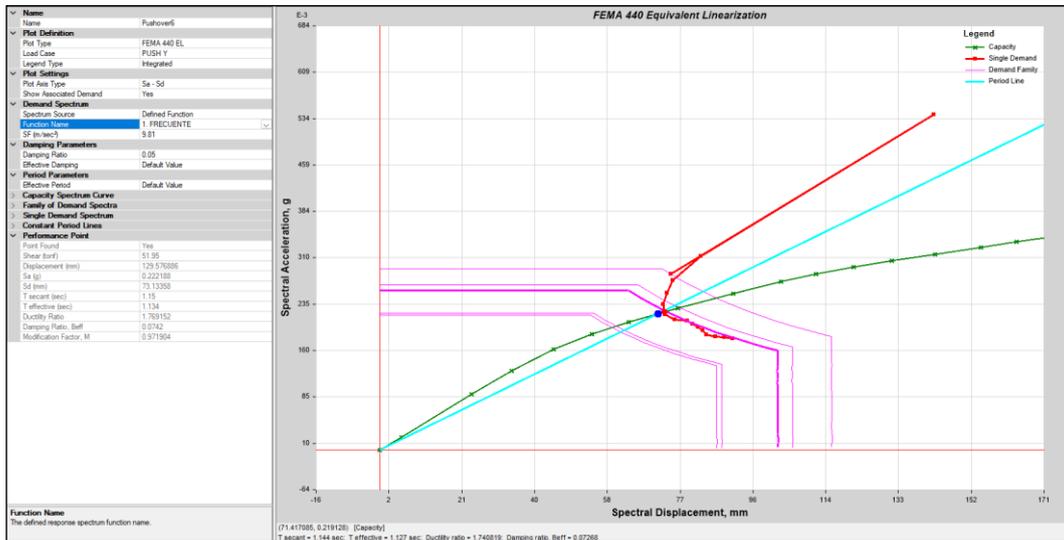
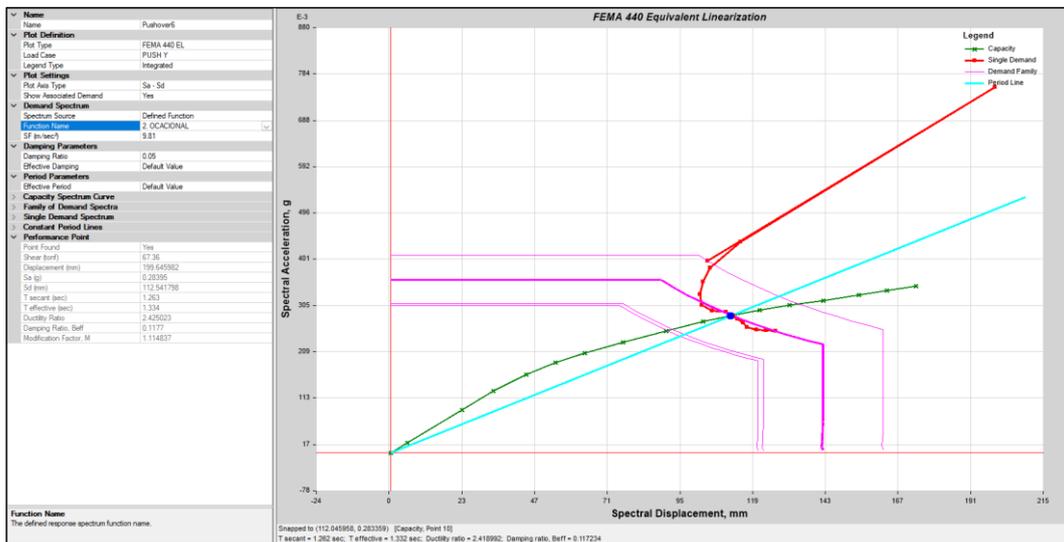


Figura 43

Punto de desempeño del sismo ocasional en Y



Los puntos obtenidos para el sismo frecuente y para el sismo ocasional en la dirección Y se muestran en la Figura 42 y en la Figura 43. respectivamente. Para el sismo frecuente con una cortante de 51950 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 12.957 cm y para el sismo ocasional con una cortante de 67360 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 19.965 cm.

Figura 44

Punto de desempeño del sismo raro en Y

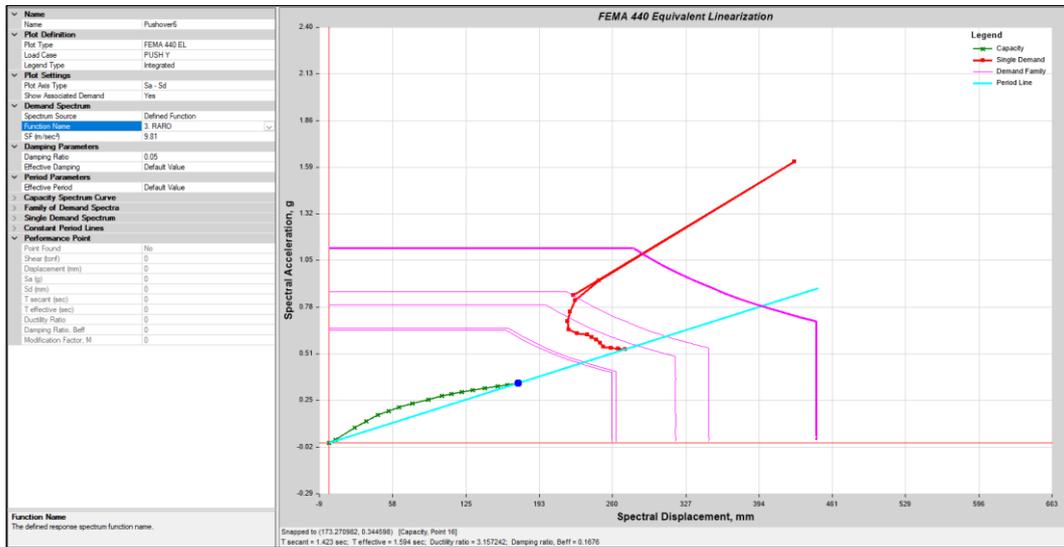
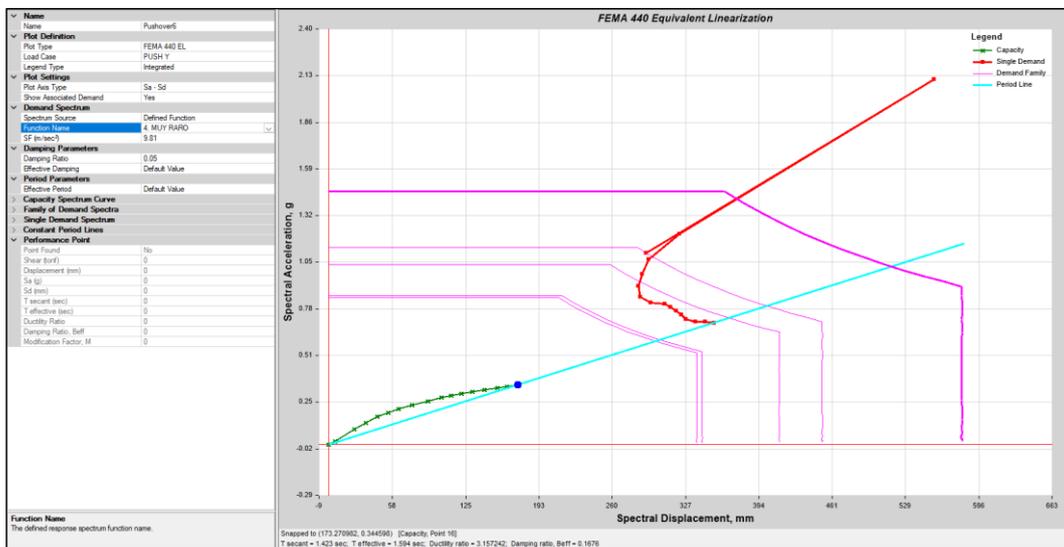


Figura 45

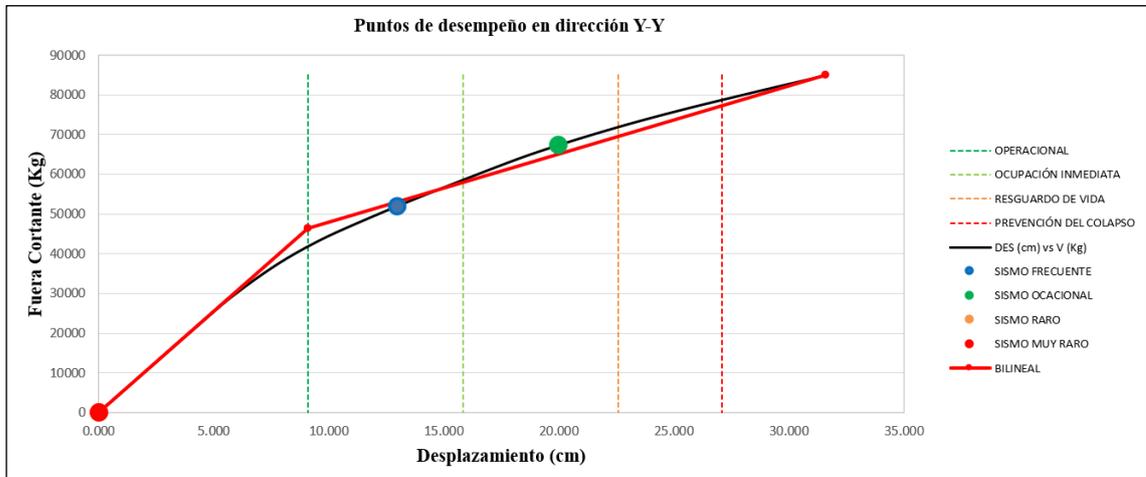
Punto de desempeño del sismo muy raro en Y



No se logró ubicar el punto de desempeño para los sismos raro y muy raro en Y, debido a que no existe intersección de las curvas de demanda y capacidad. Una vez obtenido todos los puntos por cada demanda sísmica, se ubicaron en la curva de capacidad previamente sectorizada para cada desempeño tal como se detalla en la Figura 46.

Figura 46

Puntos de desempeño de la estructura no reforzada en Y



■ Puntos de desempeño para estructura reforzada en X

Los puntos obtenidos para el sismo frecuente y para el sismo ocasional en la dirección X se muestran en la Figura 47 y en la Figura 48, respectivamente. Para el sismo frecuente con una cortante de 72270 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 1.6201 cm y para el sismo ocasional con una cortante de 110770 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 2.6568 cm.

Figura 47

Punto de desempeño del sismo frecuente en la estructura reforzada en X

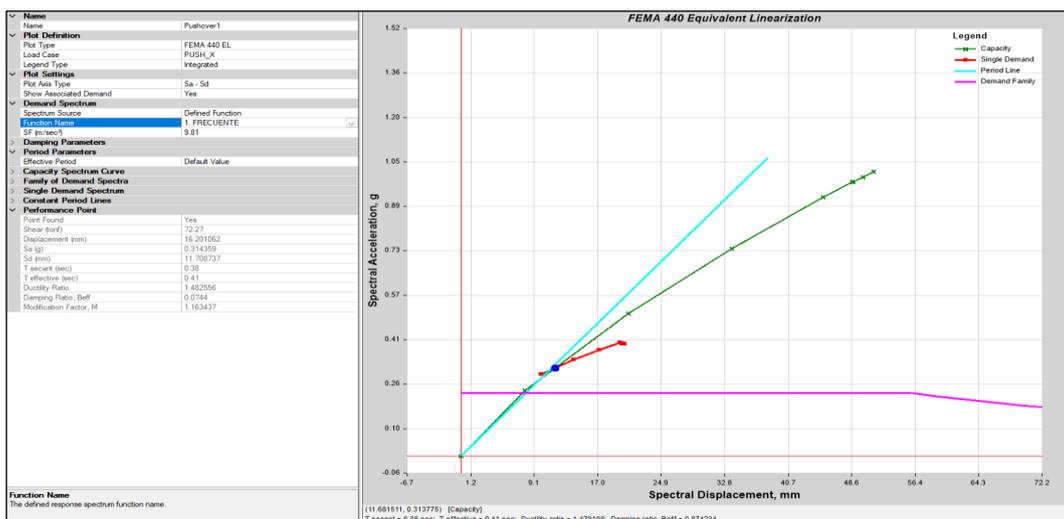


Figura 48

Punto de desempeño del sismo ocasional en la estructura reforzada en X

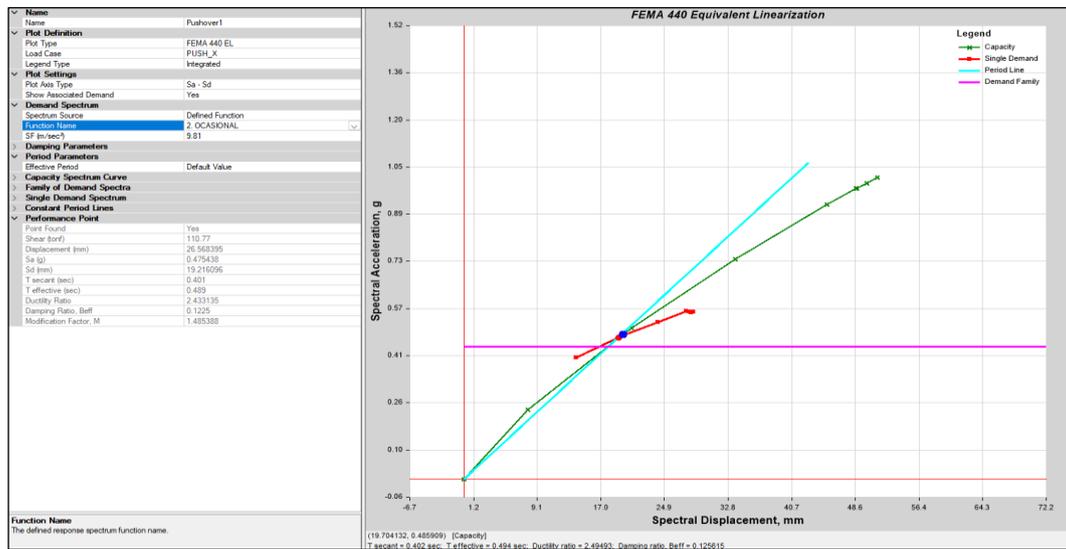


Figura 49

Punto de desempeño del sismo raro en la estructura reforzada en X

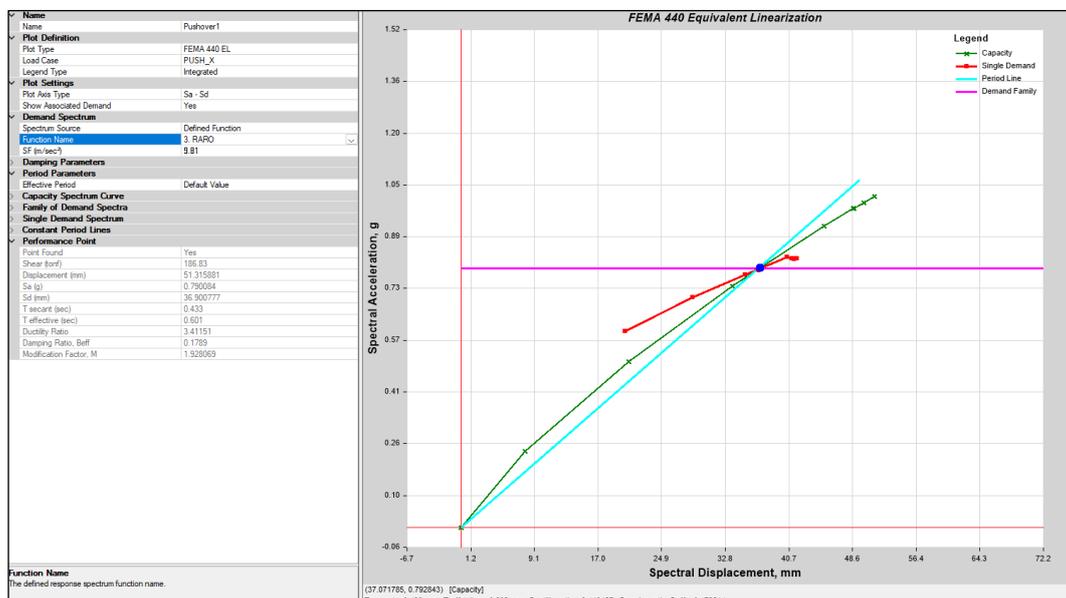
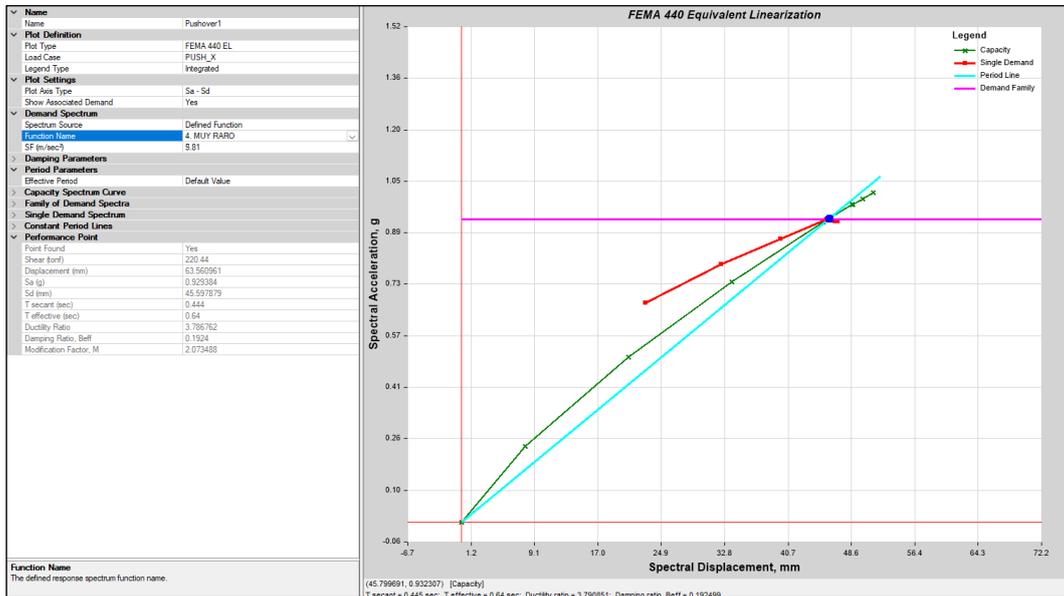


Figura 50

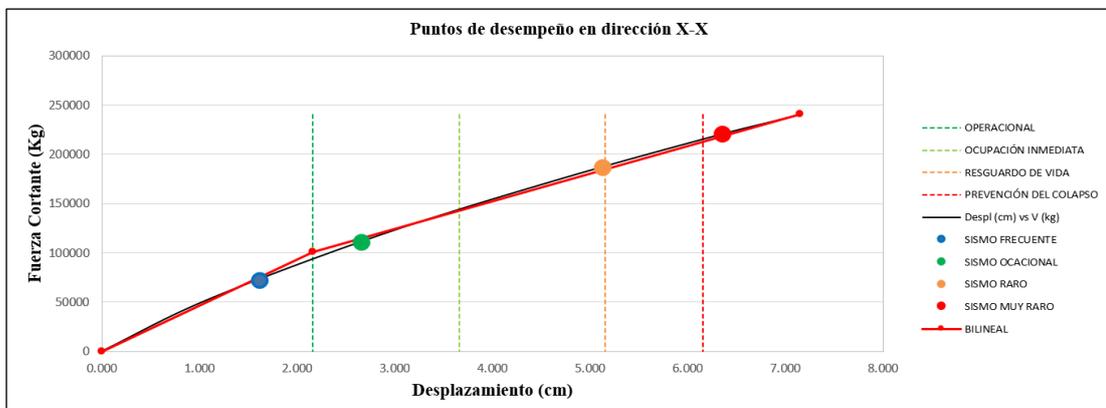
Punto de desempeño del sismo muy raro en la estructura reforzada en X



Los puntos obtenidos para el sismo raro y para el sismo muy raro en la dirección X se muestran en la Figura 49 y en la Figura 50, respectivamente. Para el sismo raro con una cortante de 186830 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 5.1315 cm y para el sismo ocasional con una cortante de 220440 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 6.356 cm. Todos los puntos de desempeño que se obtuvieron con las diferentes demandas se detallan en la Figura 51 en donde previamente se tuvo que ser sectorizada por los para desempeño.

Figura 51

Puntos de desempeño de la estructura reforzada en X



■ Puntos de desempeño para estructura reforzada en Y

Figura 52

Punto de desempeño con un sismo frecuente en Y de la estructura reforzada

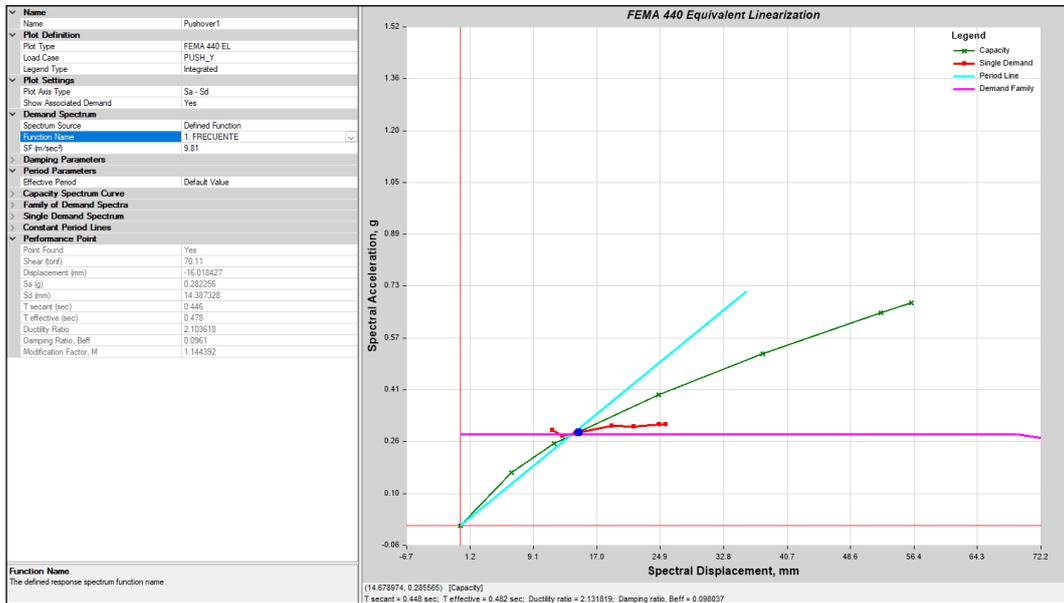
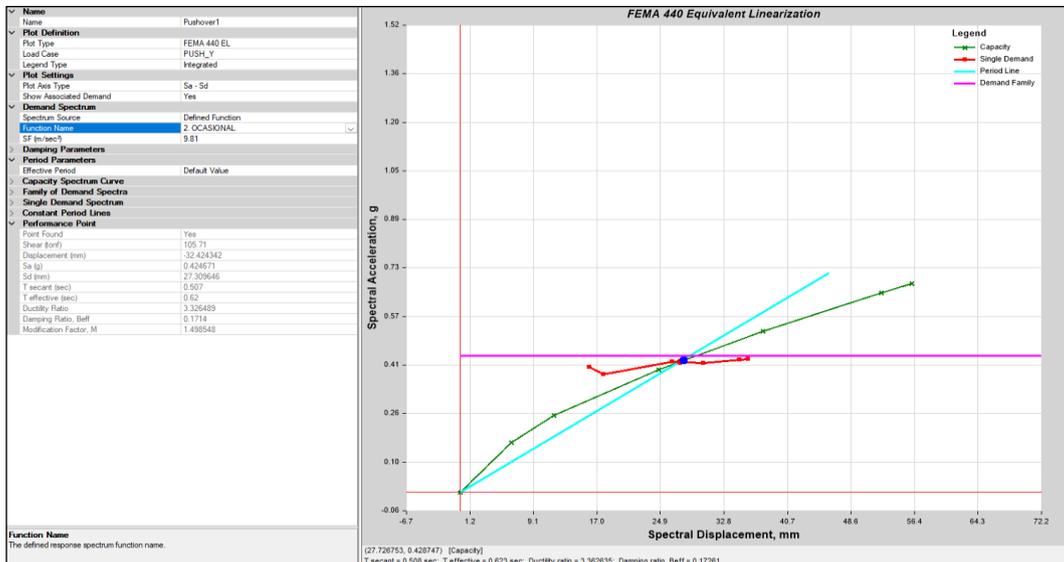


Figura 53

Punto de desempeño de sismo ocasional en Y de la estructura reforzada



Los puntos obtenidos para el sismo frecuente y para el sismo ocasional en la dirección X se muestran en la Figura 52 y en la Figura 53 respectivamente. Para el sismo frecuente con una cortante de 70110 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 1.6018 cm y para el sismo ocasional con una cortante de 105710 kgf se obtuvo un desplazamiento lateral de 3.2424 cm.

Figura 54

Punto de desempeño del sismo raro en Y de la estructura reforzada

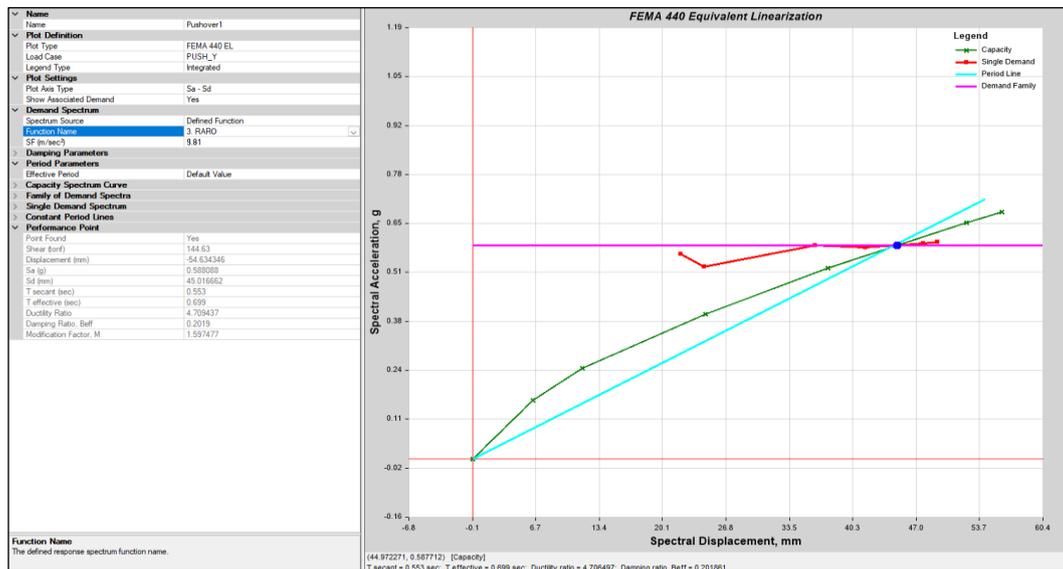
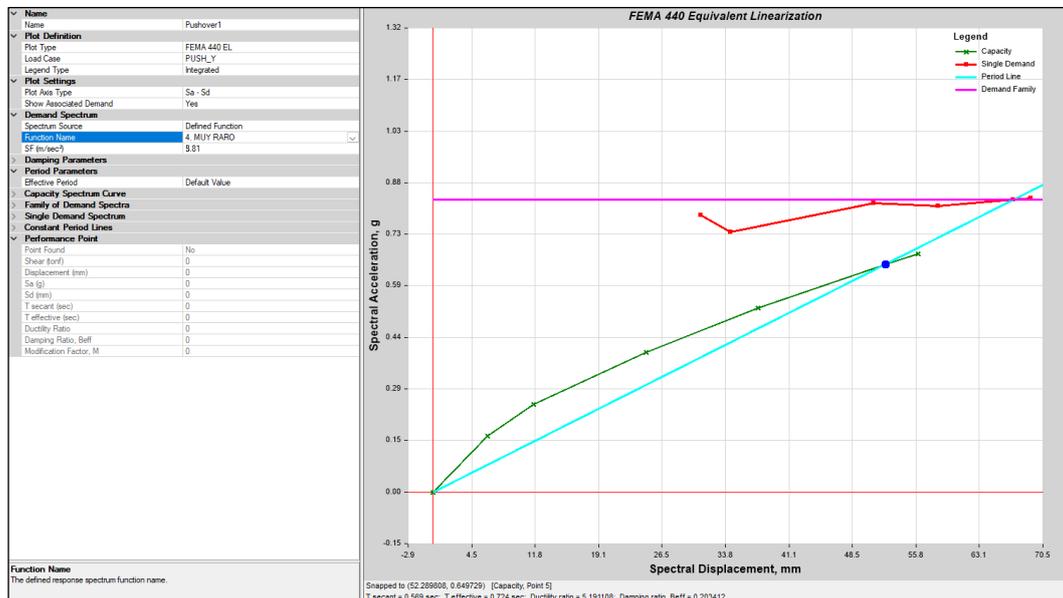


Figura 55

Punto de desempeño del sismo muy raro en Y de la estructura reforzada

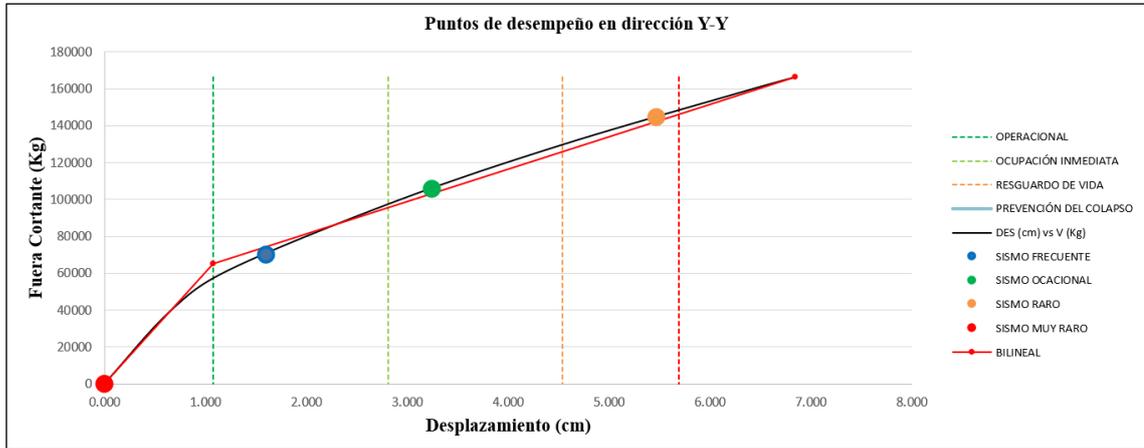


Los puntos ubicados para el sismo raro y para el sismo muy raro se detallan en la Figura 54 y la Figura 55 respectivamente, mediante la sobreposición de las curvas de demanda y capacidad. Para el sismo raro mediante una cortante de 144630 kgf. se obtuvo un desplazamiento lateral de 5.4634 cm, mientras que con el muy raro no se encontró punto de intersección. Todos los puntos de desempeño que se obtuvieron con las diferentes

demandas se detallan en la Figura 56 en donde previamente se tuvo que ser sectorizada por los para desempeño.

Figura 56

Puntos de desempeño de la estructura reforzada en Y



3.3.3.3. Determinación del nivel de desempeño

- **Nivel de desempeño de la estructura no reforzada**

Tabla 47

Niveles de desempeño de la estructura no reforzada en X

Nivel de desempeño de la estructura no reforzada en el eje X					
Sismos de Diseño	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención al Colapso	Objetivos de desempeño sísmico
Frecuente (43 años)					Desempeño Inaceptable (Para edificaciones nuevas)
Ocasional (72 años)					Objetivo Básico
Raro (475 años)					Desempeño Inaceptable (Para edificaciones nuevas)
Muy Raro (970 años)					Desempeño No estimado

La Tabla 47 muestra los niveles de desempeño para la estructura no reforzada en el eje X, de acuerdo con ubicación de todos los puntos de desempeño en la Figura 41, de la cual se deduce que la estructura para un sismo frecuente y ocasional se obtuvo un desempeño de operacional, que de acuerdo con los objetivos de desempeño se clasifica como un desempeño inaceptable para estructuras nuevas. Para el sismo raro se determinó un desempeño prevención al colapso la cual se considera como un desempeño inaceptable y para el sismo muy raro no se estimó el desempeño por lo que se deduce que está en el

colapso, las deducciones por cada nivel de desempeño obtenido fueron basados por la normativa Visión 2000.

Tabla 48

Niveles de desempeño de la estructura no reforzada en Y

Nivel de desempeño de la estructura no reforzada en Y					
Sismos de Diseño	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención al Colapso	Objetivos de desempeño sísmico
Frecuente (43 años)					Desempeño Inaceptable (Para edificaciones nuevas)
Ocasional (72 años)					Desempeño Inaceptable (Para edificaciones nuevas)
Raro (475 años)					Desempeño No estimado
Muy Raro (970 años)					Desempeño No estimado

La Tabla 48 muestra los niveles de desempeño obtenidos en Y para la estructura no reforzada de acuerdo con la ubicación de los puntos de desempeño por cada sismo de demanda que esta especificados en la Figura 46. Para la el sismo frecuente se obtuvo un desempeño de operacional y para el sismo ocasional se obtuvo un desempeño de seguridad de vida, lo que es considerado como un desempeño inaceptable para las estructuras nuevas, mientras que para el sismo raro no se pudo determinar el desempeño, de la misma manera ocurrió con el sismo muy raro debido a que no se obtuvo punto de desempeño.

- **Nivel de desempeño de la estructura reforzada**

Tabla 49

Niveles de desempeño de la estructura reforzada en X

Nivel de desempeño de la estructura reforzada en el eje X					
Sismos de Diseño	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención al Colapso	Objetivos de desempeño sísmico
Frecuente (43 años)					Objetivo Básico
Ocasional (72 años)					Objetivo Básico
Raro (475 años)					Objetivo Básico
Muy Raro (970 años)					Desempeño Inaceptable (Para edificaciones nuevas)

La Tabla 49 muestra los niveles de desempeño de la estructura reforzada en X de acuerdo con la ubicación de todos los puntos de desempeño que se muestran en la Figura 51. Para el sismo frecuente se obtuvo el desempeño de totalmente operacional que se considera como objetivo básico; para el sismo ocasional se obtuvo un desempeño de operacional considerado como un objetivo básico y para el sismo raro se obtuvo un desempeño de seguridad de vida próximo al desempeño de prevención al colapso que también se considera como objetivo básico mientras que para el sismo muy raro se obtuvo una desempeño de colapso lo que indica se considera como un desempeño inaceptable para estructuras nuevas, estas interpretación se realizó de acuerdo a la normativa Visión 2000. Estos resultados indican que el reforzamiento planteado si mejoró considerablemente el comportamiento de la estructura.

Tabla 50

Niveles de desempeño de la estructura reforzada en Y

Nivel de desempeño de la estructura reforzada en el eje Y					
Sismos de Diseño	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de vida	Prevención al Colapso	Objetivos de desempeño sísmico
Frecuente (43 años)					Desempeño Inaceptable
Ocasional (72 años)					Desempeño Inaceptable
Raro (475 años)					Desempeño Inaceptable
Muy Raro (970 años)					Desempeño No estimado

La Tabla 50 muestra los niveles de desempeño obtenidos en la estructura reforzada en Y de acuerdo con los puntos de desempeño ubicados en la Figura 56, de la cual se deduce

que para el sismo frecuente se tiene un desempeño de operacional; para el sismo ocasional se tiene un desempeño de seguridad de vida y para el sismo raro se obtuvo un desempeño de prevención al colapso, caso contrario sucedió con el sismo muy raro del cual no se obtuvo nivel de desempeño debido a que la estructura no fue capaz de soportar la demanda, lo que se entiendo como la no intersección de las curva demanda y capacidad. Por lo tanto, para los sismos de demanda frecuente, ocasional y raro el desempeño obtenido se considera inaceptable para estructuras nuevas y para el sismo muy raro el desempeño no fue estimado por lo que no que también se considera como desempeño inaceptable, estas deducciones e interpretaciones fueron basadas en la normativa Visión 2000. Según los resultados obtenidos los refuerzos si mejoraron el comportamiento de la estructura a comparación de la anterior estructura llegando a soportar el sismo raro.

IV. DISCUCIONES

4.1. Evaluación estructural sísmica

En la evaluación estructural sísmica se obtuvieron las derivas inelásticas, mediante el análisis estático se obtuvo derivas inelásticas máximas en dirección X de 0.0119 y en dirección Y de 0.0226, mientras que con análisis dinámico se obtuvo como derivas inelásticas máximas en dirección X de 0.0105 y en dirección Y de 0.0197. Si comparamos estos resultados con el parámetro máximo permitido de 0.007 establecido por la norma (E. 030 del RNE), se ve que nuestros resultados son muy elevados, por lo que nuestra estructura tiene un mal comportamiento cuando es sometida cargas laterales además de tener desplazamientos laterales exagerados. Estos resultados coinciden con Ramos Cahuapaza, (2021), en su investigación donde evaluó el desempeño sísmico de unas edificaciones multifamiliares utilizando los métodos convencionales (análisis estático y dinámico), del edificio multifamiliar Benjamín Del Solar ubicado en Sachaca del departamento Arequipa en el año 2021, en donde el edificio multifamiliar obtuvo derivas inelásticas muy por encima del máximo permitido. Esto se debe a que en ambas investigaciones se utilizó el mismo procedimiento y criterio evaluación con la diferencia de que algunos parámetros sísmicos cambiaron por la diferente ubicación de las estructuras.

4.2. Reforzamiento con muros de concreto armado

Los reforzamientos se implementaron a la estructura de manera simétrica respetando la arquitectura y funcionalidad; con la aplicación del análisis dinámico como evaluación se determinó que los muros de concreto armado absorben un 87.31 % la fuerza cortante en X y en Y un 91.37 % (Tabla 21), además que las derivas máximas obtenidas con el mismo análisis son de 0.00514 en X y en Y de 0.00684 (Tabla 27), que son mucho menores a 0.007 y a los resultados obtenidos para la edificación no reforzada cumpliendo con la norma E. 030. Los resultados obtenidos coinciden con Huanca (2019) en su investigación en donde evaluó sísmicamente los reforzamientos con muros de corte de una edificación conocida como la casa de la mujer Florencia Mora ubicada en el departamento de la Libertad mediante la norma E. 030 – 2018, con la finalidad de verificar la factibilidad de una ampliación de un piso superior de la estructura, en donde se utilizó la misma metodología de análisis y el mismo tipo de reforzamiento aunque en esta investigación se obtuvo derivas mucho menores, debido a que los reforzamientos planteados son mucho más grandes y la rigidez aumentó considerablemente.

4.3. Nivel de desempeño de la estructura

Los niveles de desempeño se obtuvieron para ambas estructuras con la ubicación de los puntos de desempeño para las diferentes curvas de demanda utilizando la metodología propuesta por la norma FEMA 440. En el eje X los puntos de desempeño se encuentran dentro de la curva de capacidad cumpliendo con el objetivo básico esperado, sin embargo, en el eje Y solo se encuentran en la curva de capacidad los puntos de desempeño pertenecientes a las curvas de demanda sísmica frecuente, ocasional y raro los cuales no cumplen con el objetivo básico esperado, pero si se considera un desempeño aceptable al no ser una estructura nueva. Estos resultados que se obtuvieron indican que el reforzamiento si mejoró considerablemente el desempeño de la edificación. Estos resultados son similares con Paredes, 2020, en su investigación en donde evaluó el desempeño sísmico para un edificio de 14 pisos estructurado con muros de corte utilizando análisis estático no lineal conocido como Pushover en la ciudad de Trujillo en el año 2020, donde utilizó la misma metodología propuesta por la normativa FEMA 440 con la misma finalidad de determinar los niveles de desempeño para los diferentes sismos de análisis, esta similitud en los resultados existe debido a que en ambas estructuras comparten el mismo sistema estructural (muros estructurales). Con estos resultados se puede afirmar que la utilización de muros estructurales en construcciones son una manera practica y eficiente para mejorar el comportamiento de la estructura disminuyendo los desplazamientos laterales producidos por un evento sísmico.

V. CONCLUSIONES

1. La evaluación estructural sísmica de la estructura clasificada como una vivienda multifamiliar empleando el análisis estático y dinámico se determinó que la estructura no cumple con los parámetros mínimos establecidos en la norma técnica E.030 del RNE, debido a que las derivas máximas obtenidas están muy por encima de la del límite establecido.
2. El reforzamiento estructural planteado en el software Etabs v20.3.0, si mejoró el comportamiento de la estructura aumentando su rigidez con una absorción de fuerza cortante en la base de 87.31% en X y 91.37 % en Y, esto logró disminuir las derivas dinámicas máximas a 0.00514 en X y 0.00684 en Y, cumpliendo con el límite máximo establecido (E.030-2021).
3. Los niveles de desempeños obtenidos indican que la estructura reforzada tiene mejor desempeño que la estructura no reforzada, en la dirección X para los sismos frecuente, ocasional y raro fue de totalmente operacional, operacional, seguridad de vida respectivamente cumpliendo con el objetivo básico propuesto por la normativa SEAOC, caso contrario sucedió en la dirección Y donde para los sismos de frecuente, ocasional y raro los niveles de desempeño fueron de operacional, seguridad de vida y prevención al colapso respectivamente los cuales no cumplen con el objetivo básico propuesto por la normativa SEAOC, pero son considerados como desempeños aceptables debido a que nuestra estructura de análisis no es una estructura nueva.

VI. RECOMENDACIONES

1. En el diseño de estructural utilizando el método tradicional (análisis estático y dinámico), se tiene que realizar una verificación de irregularidades que puede presentar la estructura tanto en planta como en altura debido a que estos parámetros están relacionados directamente al factor R que reduce las fuerzas sísmicas.
2. Antes de realizar cualquier tipo de reforzamiento estructural, primero se tiene que realizar un pre análisis para saber el estado en el que se encuentra la estructura y determinar si es factible reforzar o simplemente demolerla.
3. El empleo de muros de corte como reforzamiento se considera una de las mejores opciones con la finalidad de aumentar la rigidez de la estructura y disminuir la los desplazamientos laterales, lo más recomendable es utilizarlos antes de construir para no afectar la estructura como se hace cuando existe la estructura.
4. Al propietario de la edificación se recomienda no alterar la edificación adicionando un piso más sin antes realizar un reforzamiento, debido a las columnas no son suficientes para soportar las fuerzas cortantes que producirá un piso más en la estructura.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano Segura, R. (2021). *Desempeño sismorresistente del pabellón "D" de educación secundaria de la institución educativa de San Ramon - Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4433>
- ASCE 41-17. (2017). *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Caceda, J. M. (2021). *Análisis urbano de la ciudad de Chachapoyas: Propuestas de infraestructura urbana*. *Issuu*, 106-107.
- Criales, X. M., & Altamirano, A. G. (2021). *Análisis de costo-beneficio de reforzamientos sísmico convencional y no convencional a través del diseño por desempeño en un hospital de más de 60 años de antigüedad en una zona altamente sísmica* [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/658730>
- E.020. (2021). *Norma Técnica E.020 Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- E.030. (2021). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- E.060. (2021). *Norma Técnica E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- FEMA 440. (2005). *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. Washington, D.C: Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency.
- Flores, E. M. (2021). *Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso*. *Journal Boliviano de Ciencias*, 17(50), 56-90. doi:10.52428/20758944.v17i50.20
- García Vinces, L. J., Palacios Rodriguez, J., Mendoza Palacios, A. M., & Rodríguez Solórzano, J. C. (2021). *Análisis de Reforzamiento Sísmico del Edificio de Docentes N°1 de la Universidad Técnica de Manabí*. *Revista Reimat*, 6(1). doi:10.33936/riemat.v6i1.3688

- Huanca, J. C. (2019). *Evaluación sísmica del feorzamiento estructural con muros de concreto armado con fines de ampliación de la casa de la Mujer Florencia de Mora con la Norma E0.30-2018 en el departamento de la Libertad* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2698>
- Lituma Vicuña, M., & Cañizares Ortega, F. (2021). *Añalisis del desemepeño de un pórtico de hormigón armado con arriostramiento concéntrico de acero estructural*. Polo del Conocimiento, 6(12), 1168-1190. doi:10.23857/pc.v6i12.3430
- Loque Loque, O. M. (2020). *Niveles de desemepeño sismico del edificio de ciencias fisico matematicas, segun las normativas E.030, FEMA 440 y ACSE 41* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16756>
- Paredes Calderon, E. S. (2020). *Evaluación del desempeño sismico de un edificio de muros estructurales de 14 niveles medinate análisis estático no lineal "Pushover", Trujillo 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/24472>
- Ramos Cahuapaza, J. M. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, edificio multifamiliar Benjamin Del Solar, Sachaca, Arequipa 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Huancayo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10465>
- SEAOC. (1995). *Performance based seismic engineering of building*. Sacramento: VISION 2000 Committee. Structural Engineering Association of California

ANEXOS

7.1. Panel Fotográfico

Fotografía 1: Visita a la vivienda multifamiliar localizada en la ciudad Chachapoyas.



Fotografía 2. En la fotografía muestra la rectificación de medidas que se realizó en el primer piso de la vivienda para la elaboración y comparación de planos arquitectónicos.



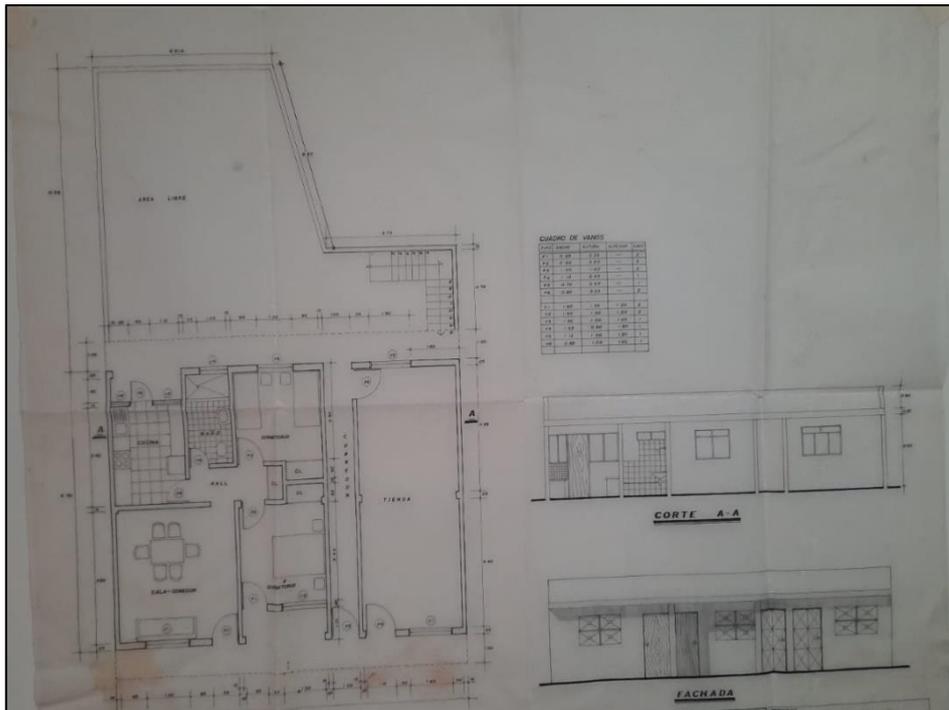
Fotografía 3. En la fotografía se muestra el levantamiento arquitectónico del segundo piso de la estructura.



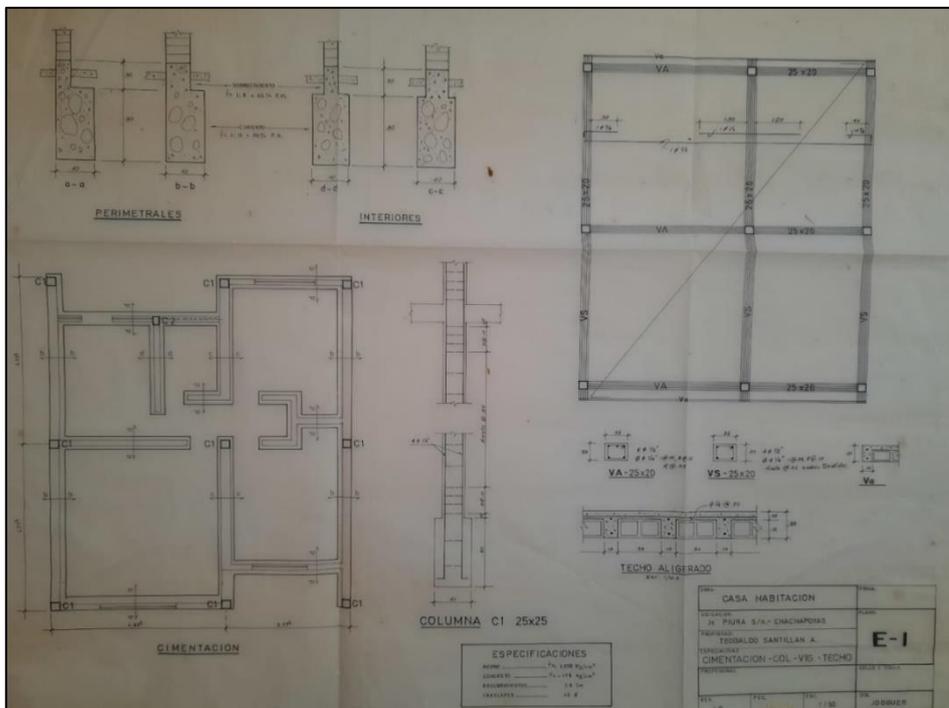
Fotografía 4. La fotografía muestra la distribución del tercer piso de la edificación.



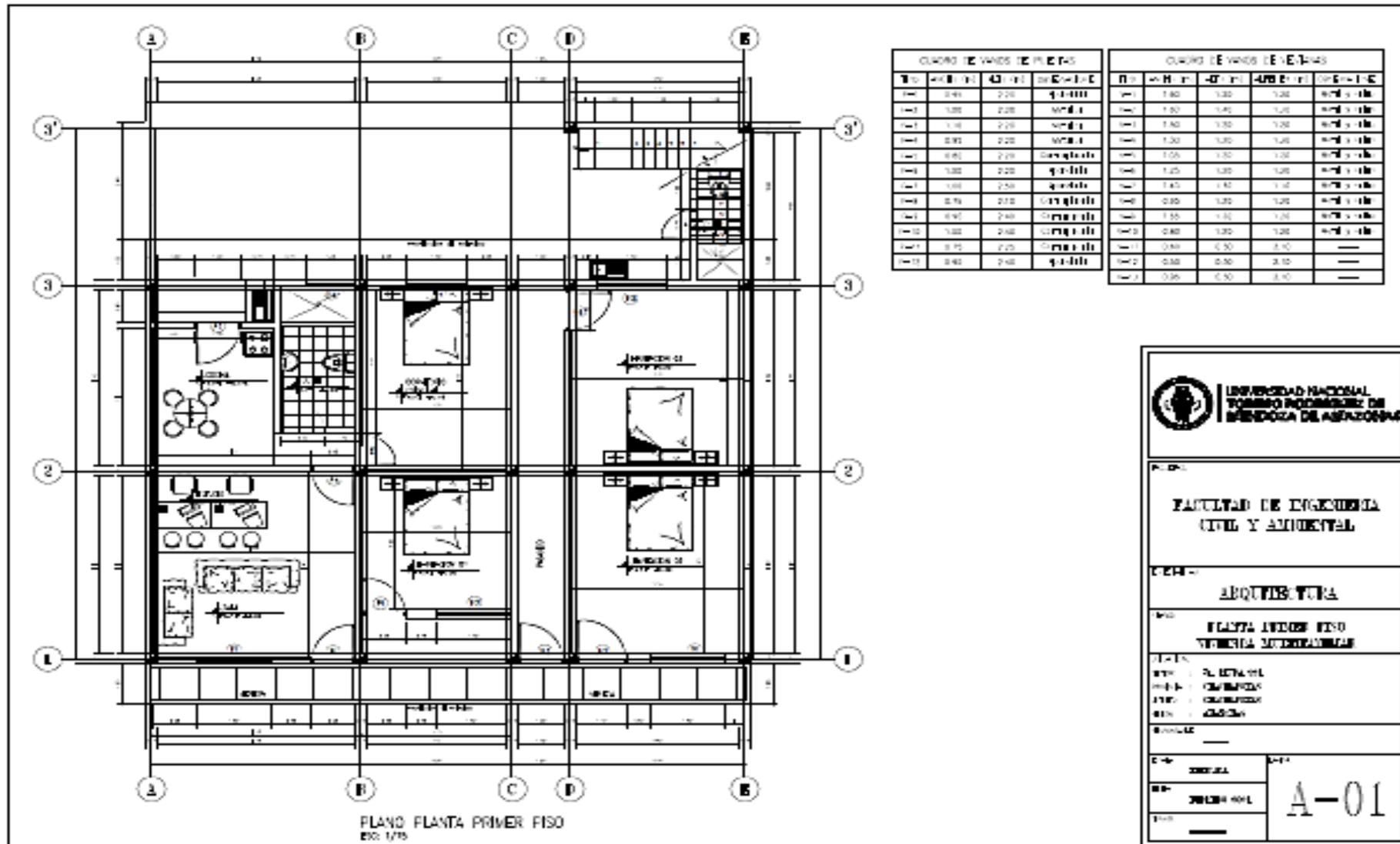
Fotografía 5: Apuntes de arquitectura proporcionados por el propietario de vivienda.

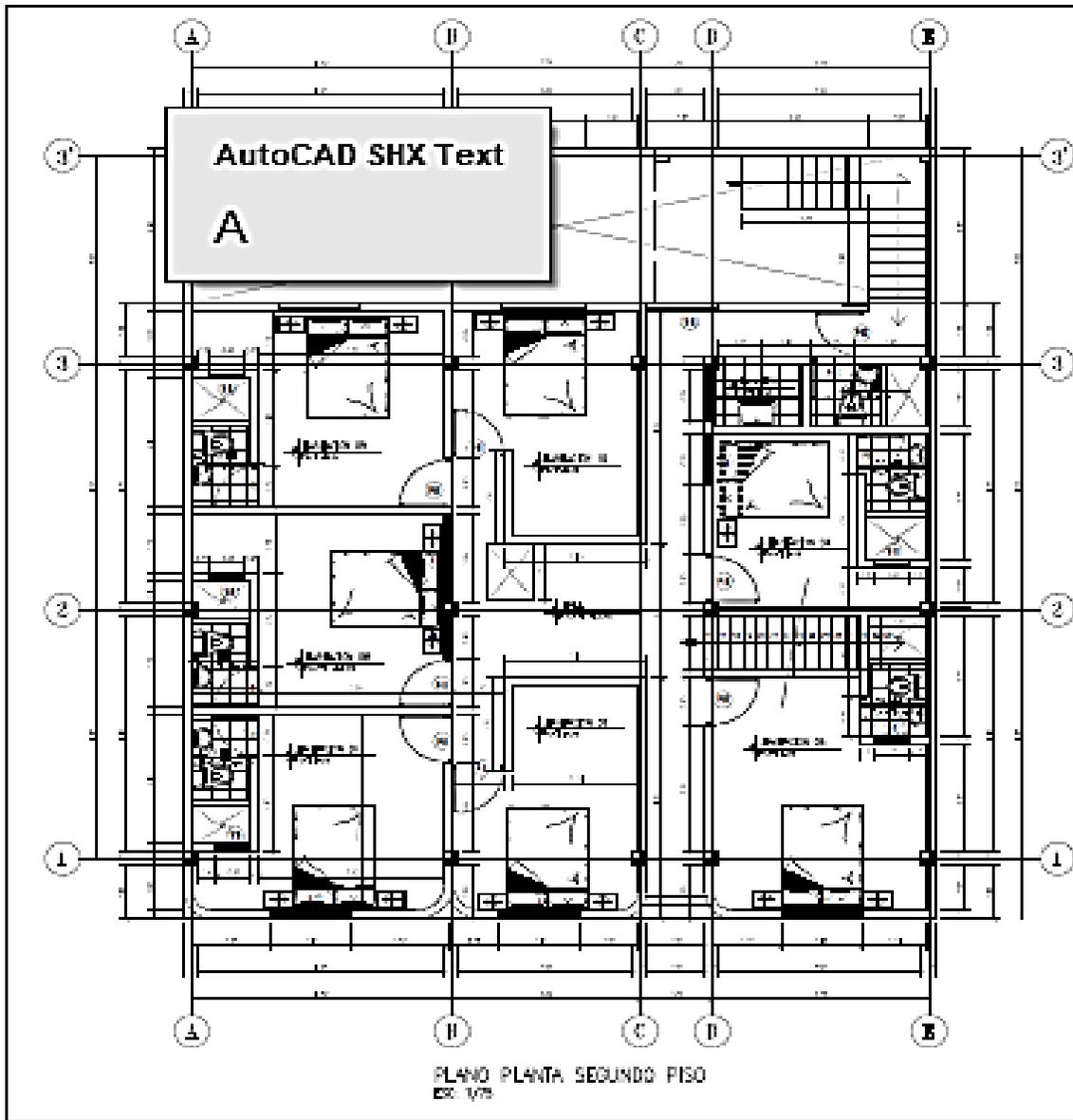


Fotografía 6: Apuntes de estructuras proporcionados por el propietario de la vivienda multifamiliar.



7.2. Planos representativos de la vivienda.





CUADRO DE UNOS DE PUERTAS			
PU	ANCHO (m)	ALTO (m)	DESCRIPCION
PU-1	0.80	2.00	puerta
PU-2	1.00	2.00	puerta
PU-3	1.00	2.00	puerta
PU-4	0.80	2.00	puerta
PU-5	0.80	2.00	puerta
PU-6	1.00	2.00	puerta
PU-7	1.00	2.00	puerta
PU-8	0.80	2.00	puerta
PU-9	0.80	2.00	puerta
PU-10	0.80	2.00	puerta
PU-11	0.80	2.00	puerta
PU-12	0.80	2.00	puerta

CUADRO DE UNOS DE VENTANAS			
VI	ANCHO (m)	ALTO (m)	DESCRIPCION
VI-1	1.00	1.50	ventana
VI-2	1.00	1.50	ventana
VI-3	1.00	1.50	ventana
VI-4	1.00	1.50	ventana
VI-5	1.00	1.50	ventana
VI-6	1.00	1.50	ventana
VI-7	1.00	1.50	ventana
VI-8	1.00	1.50	ventana
VI-9	1.00	1.50	ventana
VI-10	1.00	1.50	ventana
VI-11	0.80	0.80	—
VI-12	0.80	0.80	—
VI-13	0.80	0.80	—



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA

CATEDRA DE PLANTA SEGUNDO FISO

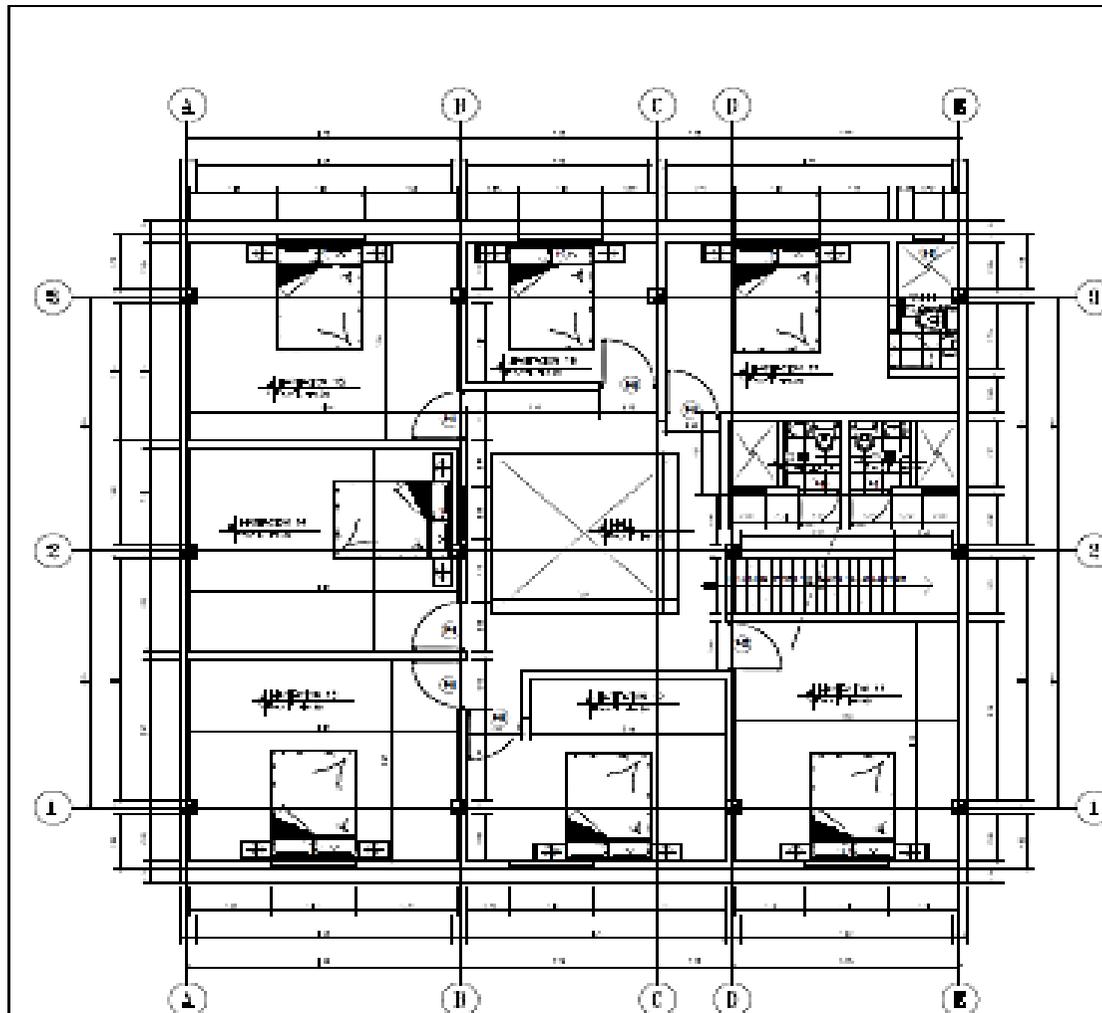
TITULO DE TRABAJO

NOMBRE: **ALBERTO**
 CARRERA: **ARQUITECTURA**
 SEMESTRE: **QUINTO**
 GRUPO: **02**

FECHA

DISEÑADO: _____
 REVISADO: _____
 APROBADO: _____

A-02



PLANO PLANTA TERCER PISO
Escala 1/75

CUADRO DE SAJOS DE PUERTAS			
PUERTA	ANCHO (m)	ALTO (m)	CONDICIONES
PU-1	0.90	1.90	apert. ab.
PU-2	1.00	1.90	apert. ab.
PU-3	1.10	2.00	apert. ab.
PU-4	0.90	1.90	apert. ab.
PU-5	0.90	2.00	apert. ab.
PU-6	1.00	1.90	apert. ab.
PU-7	1.00	2.00	apert. ab.
PU-8	0.75	1.70	apert. ab.
PU-9	0.80	1.90	apert. ab.
PU-10	1.00	2.00	apert. ab.
PU-11	0.75	2.00	apert. ab.
PU-12	0.90	1.90	apert. ab.

CUADRO DE SAJOS DE VENTANAS				
VENTANA	ANCHO (m)	ALTO (m)	APERTURA	CONDICIONES
V-1	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-2	1.00	1.40	1.20	apert. ab.
V-3	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-4	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-5	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-6	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-7	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-8	0.90	1.20	1.20	apert. ab.
V-9	1.00	1.20	1.20	apert. ab.
V-10	0.90	1.20	1.20	apert. ab.
V-11	0.90	0.80	0.70	---
V-12	0.90	0.80	0.70	---
V-13	0.90	0.80	0.70	---



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**

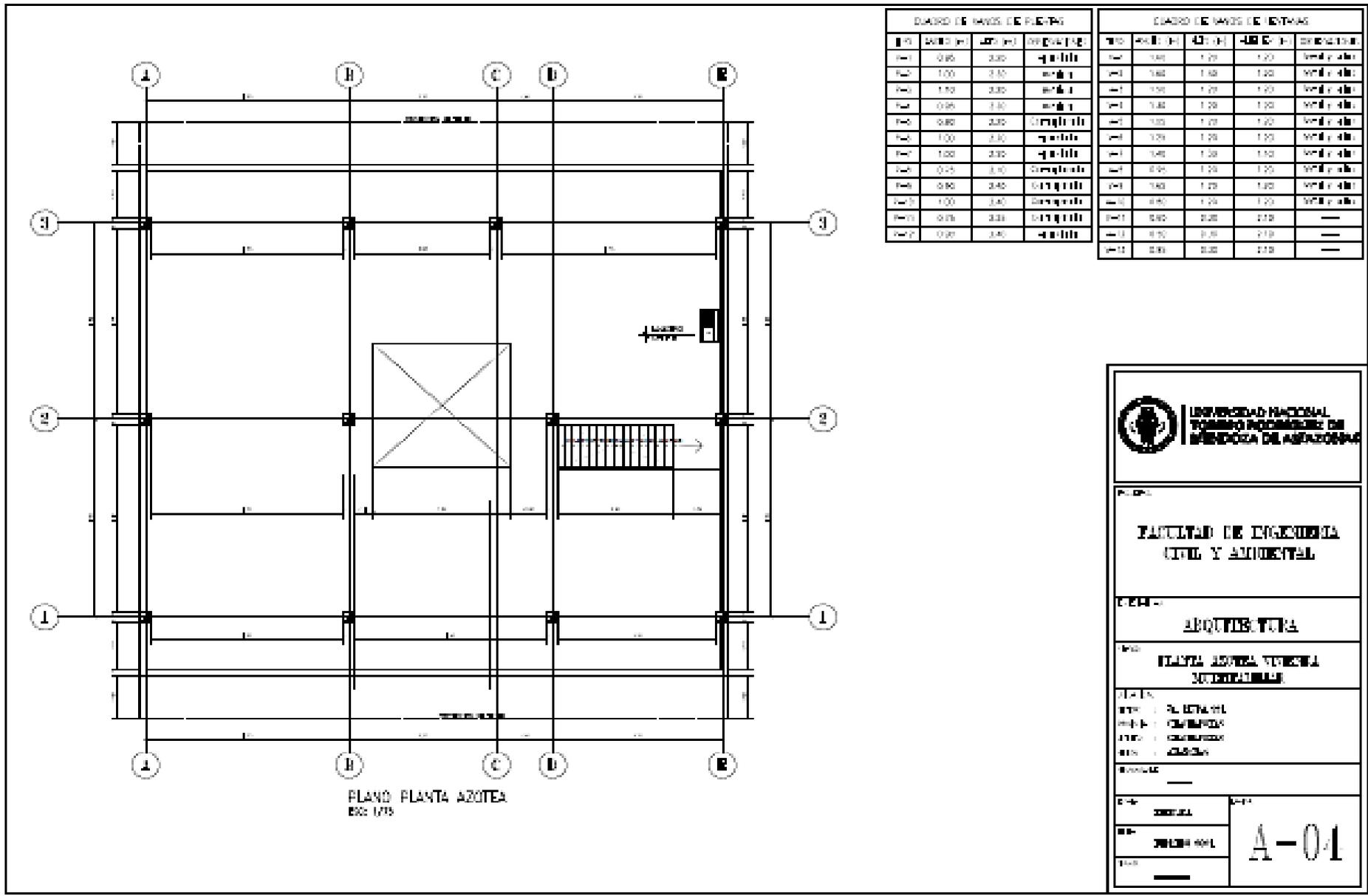
**FACULTAD DE INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL**

ARQUITECTURA

**ELECTA TERCER PISO
VIVIENDA AUTONOMAS**

ALUMNO: _____
 TÍTULO: _____
 MATERIA: _____
 FECHA: _____

Cód. _____ N.º _____ T.º _____	A-03
--------------------------------------	-------------



CUADRO DE PAVOS DE PUEBLO

NO	ANCHO (m)	LARGO (m)	DESPALMADO
PA-1	0,85	2,00	apalado
PA-2	1,00	2,50	apalado
PA-3	1,50	2,00	apalado
PA-4	0,95	2,50	apalado
PA-5	0,85	2,00	completo
PA-6	1,00	2,50	apalado
PA-7	1,00	2,00	apalado
PA-8	0,45	3,50	completo
PA-9	0,90	3,40	completo
PA-10	1,00	3,40	completo
PA-11	0,75	3,30	completo
PA-12	0,90	3,40	apalado

CUADRO DE PAVOS DE ENTERRAS

NO	ANCHO (m)	ALTO (m)	ALTO C/PI	DESPALMADO
PE-1	1,40	1,20	1,20	completo
PE-2	1,40	1,40	1,20	completo
PE-3	1,20	1,20	1,20	completo
PE-4	1,40	1,20	1,20	completo
PE-5	1,00	1,20	1,20	completo
PE-6	1,20	1,20	1,20	completo
PE-7	1,40	1,20	1,20	completo
PE-8	0,90	1,20	1,20	completo
PE-9	1,40	1,20	1,20	completo
PE-10	0,90	1,20	1,20	completo
PE-11	0,90	2,00	2,00	---
PE-12	0,70	2,00	2,00	---
PE-13	0,90	2,00	2,00	---

UNIVERSIDAD NACIONAL
TRONCO COMÚN DE INGENIERÍA EN
INGENIERÍA DE AERONÁUTICA

FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL Y AMBIENTAL

ARQUITECTURA

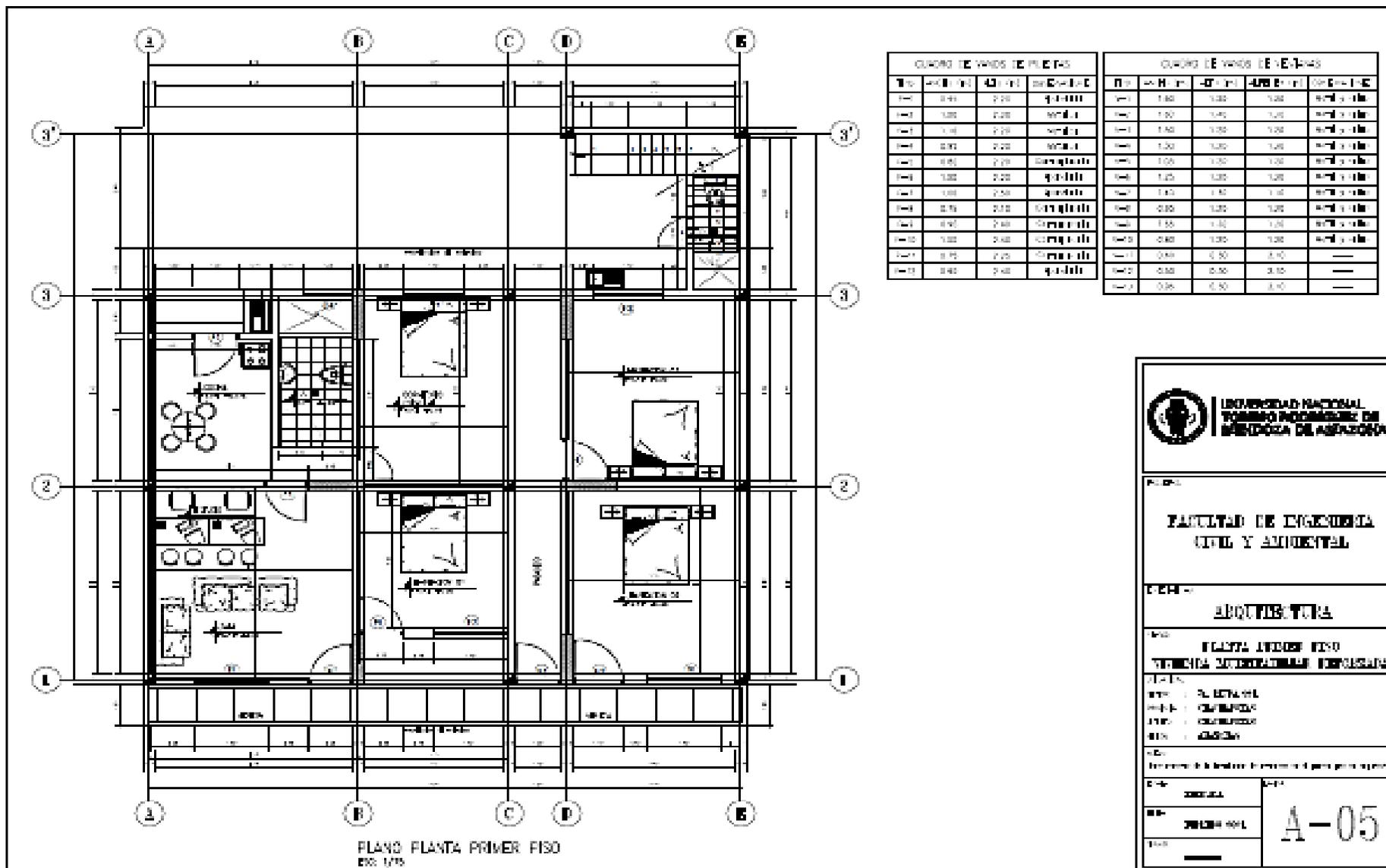
PLANTA AZOTEA UNIVERSIDAD
NACIONAL

PROYECTO:
 TÍTULO: PLANTA AZOTEA
 AUTOR: [Nombre]
 FECHA: [Fecha]
 ESCALA: 1/75

PROYECTO:

FECHA: [Fecha] **HOJA:** [Número]

NO: [Número] **PROYECTO:** A-04



CUADRO DE VIGAS DE PUEBLOS

Nº	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	ESPESOR (cm)
V-1	240	220	100
V-2	300	220	100
V-3	360	220	100
V-4	300	220	100
V-5	360	220	100
V-6	300	220	100
V-7	360	220	100
V-8	300	220	100
V-9	360	220	100
V-10	300	220	100
V-11	360	220	100
V-12	300	220	100
V-13	360	220	100
V-14	300	220	100
V-15	360	220	100
V-16	300	220	100
V-17	360	220	100
V-18	300	220	100
V-19	360	220	100
V-20	300	220	100
V-21	360	220	100
V-22	300	220	100
V-23	360	220	100
V-24	300	220	100
V-25	360	220	100
V-26	300	220	100
V-27	360	220	100
V-28	300	220	100
V-29	360	220	100
V-30	300	220	100
V-31	360	220	100
V-32	300	220	100
V-33	360	220	100
V-34	300	220	100
V-35	360	220	100
V-36	300	220	100
V-37	360	220	100
V-38	300	220	100
V-39	360	220	100
V-40	300	220	100
V-41	360	220	100
V-42	300	220	100
V-43	360	220	100
V-44	300	220	100
V-45	360	220	100
V-46	300	220	100
V-47	360	220	100
V-48	300	220	100
V-49	360	220	100
V-50	300	220	100
V-51	360	220	100
V-52	300	220	100
V-53	360	220	100
V-54	300	220	100
V-55	360	220	100
V-56	300	220	100
V-57	360	220	100
V-58	300	220	100
V-59	360	220	100
V-60	300	220	100
V-61	360	220	100
V-62	300	220	100
V-63	360	220	100
V-64	300	220	100
V-65	360	220	100
V-66	300	220	100
V-67	360	220	100
V-68	300	220	100
V-69	360	220	100
V-70	300	220	100
V-71	360	220	100
V-72	300	220	100
V-73	360	220	100
V-74	300	220	100
V-75	360	220	100
V-76	300	220	100
V-77	360	220	100
V-78	300	220	100
V-79	360	220	100
V-80	300	220	100
V-81	360	220	100
V-82	300	220	100
V-83	360	220	100
V-84	300	220	100
V-85	360	220	100
V-86	300	220	100
V-87	360	220	100
V-88	300	220	100
V-89	360	220	100
V-90	300	220	100
V-91	360	220	100
V-92	300	220	100
V-93	360	220	100
V-94	300	220	100
V-95	360	220	100
V-96	300	220	100
V-97	360	220	100
V-98	300	220	100
V-99	360	220	100
V-100	300	220	100

CUADRO DE VIGAS DE ENTABLAS

Nº	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	ESPESOR (cm)
V-1	180	180	100
V-2	180	180	100
V-3	180	180	100
V-4	180	180	100
V-5	180	180	100
V-6	180	180	100
V-7	180	180	100
V-8	180	180	100
V-9	180	180	100
V-10	180	180	100
V-11	180	180	100
V-12	180	180	100
V-13	180	180	100
V-14	180	180	100
V-15	180	180	100
V-16	180	180	100
V-17	180	180	100
V-18	180	180	100
V-19	180	180	100
V-20	180	180	100
V-21	180	180	100
V-22	180	180	100
V-23	180	180	100
V-24	180	180	100
V-25	180	180	100
V-26	180	180	100
V-27	180	180	100
V-28	180	180	100
V-29	180	180	100
V-30	180	180	100
V-31	180	180	100
V-32	180	180	100
V-33	180	180	100
V-34	180	180	100
V-35	180	180	100
V-36	180	180	100
V-37	180	180	100
V-38	180	180	100
V-39	180	180	100
V-40	180	180	100
V-41	180	180	100
V-42	180	180	100
V-43	180	180	100
V-44	180	180	100
V-45	180	180	100
V-46	180	180	100
V-47	180	180	100
V-48	180	180	100
V-49	180	180	100
V-50	180	180	100
V-51	180	180	100
V-52	180	180	100
V-53	180	180	100
V-54	180	180	100
V-55	180	180	100
V-56	180	180	100
V-57	180	180	100
V-58	180	180	100
V-59	180	180	100
V-60	180	180	100
V-61	180	180	100
V-62	180	180	100
V-63	180	180	100
V-64	180	180	100
V-65	180	180	100
V-66	180	180	100
V-67	180	180	100
V-68	180	180	100
V-69	180	180	100
V-70	180	180	100
V-71	180	180	100
V-72	180	180	100
V-73	180	180	100
V-74	180	180	100
V-75	180	180	100
V-76	180	180	100
V-77	180	180	100
V-78	180	180	100
V-79	180	180	100
V-80	180	180	100
V-81	180	180	100
V-82	180	180	100
V-83	180	180	100
V-84	180	180	100
V-85	180	180	100
V-86	180	180	100
V-87	180	180	100
V-88	180	180	100
V-89	180	180	100
V-90	180	180	100
V-91	180	180	100
V-92	180	180	100
V-93	180	180	100
V-94	180	180	100
V-95	180	180	100
V-96	180	180	100
V-97	180	180	100
V-98	180	180	100
V-99	180	180	100
V-100	180	180	100


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL DE INGENIERIA DE AGRICULTURA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

ARQUITECTURA

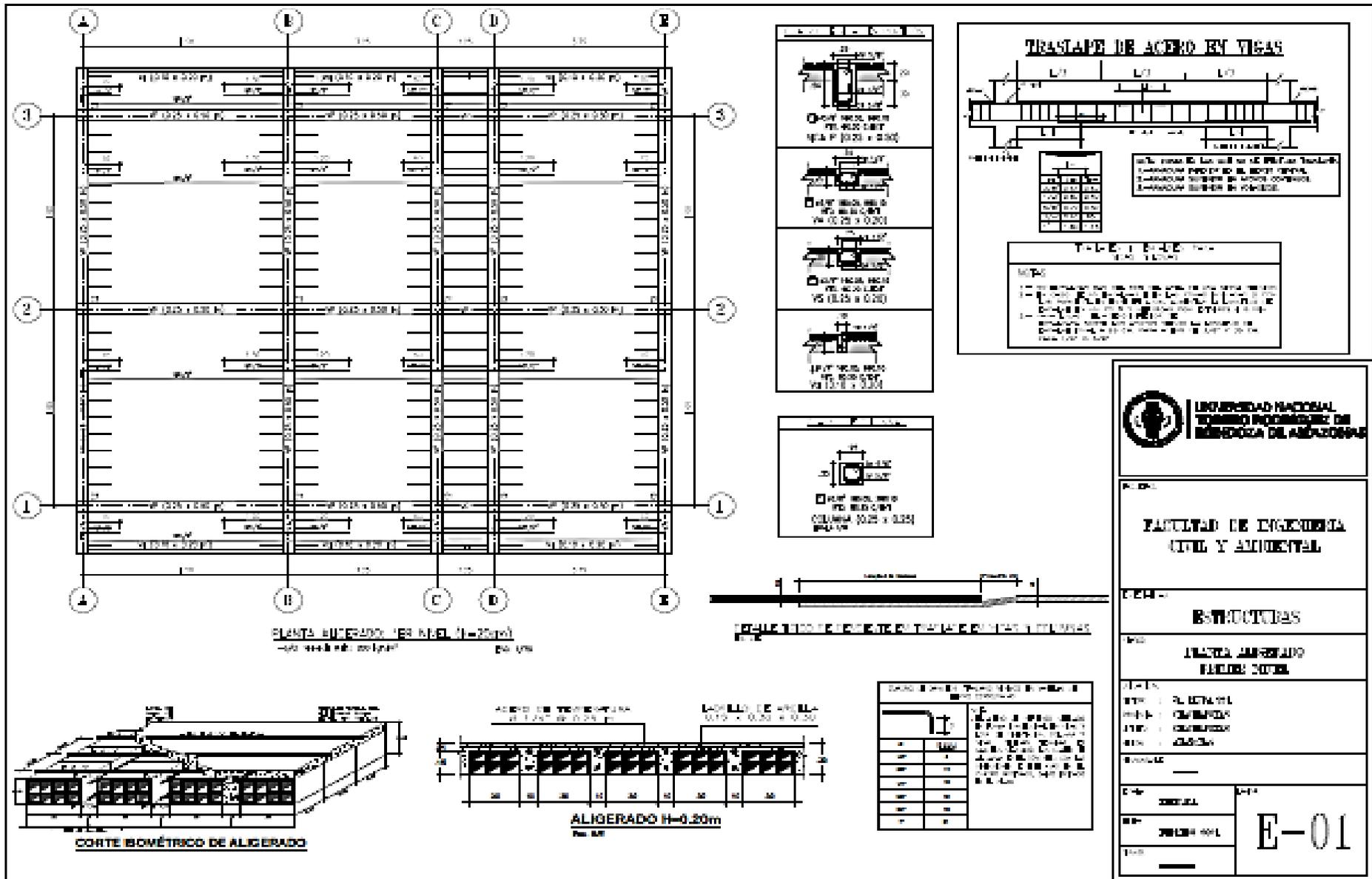
PLANTA PRIMER PISO
TERRAZA MULTIFAMILIAR PERUANA

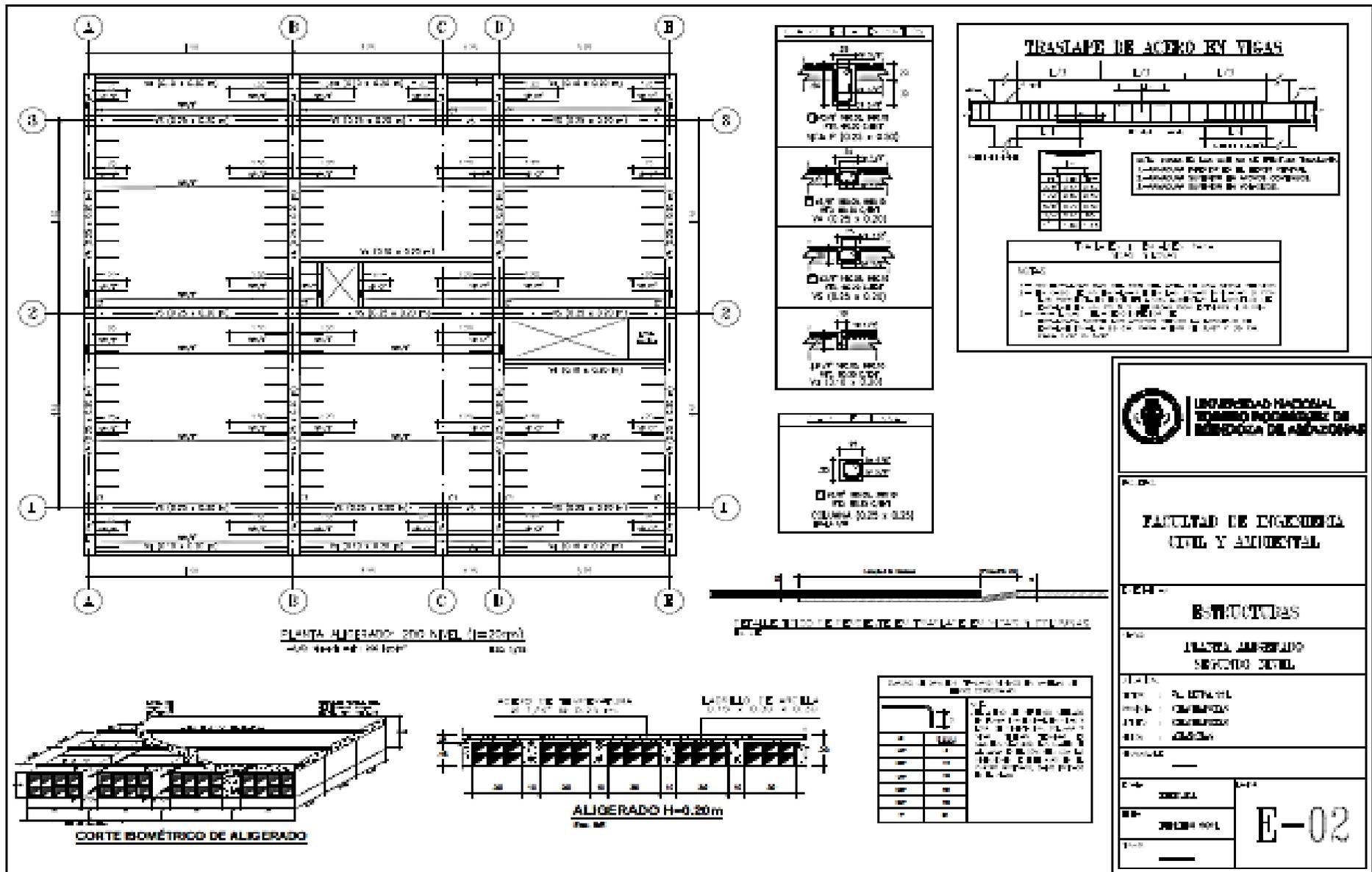
TÍTULO: ...
 AUTOR: ...
 FECHA: ...
 LUGAR: ...

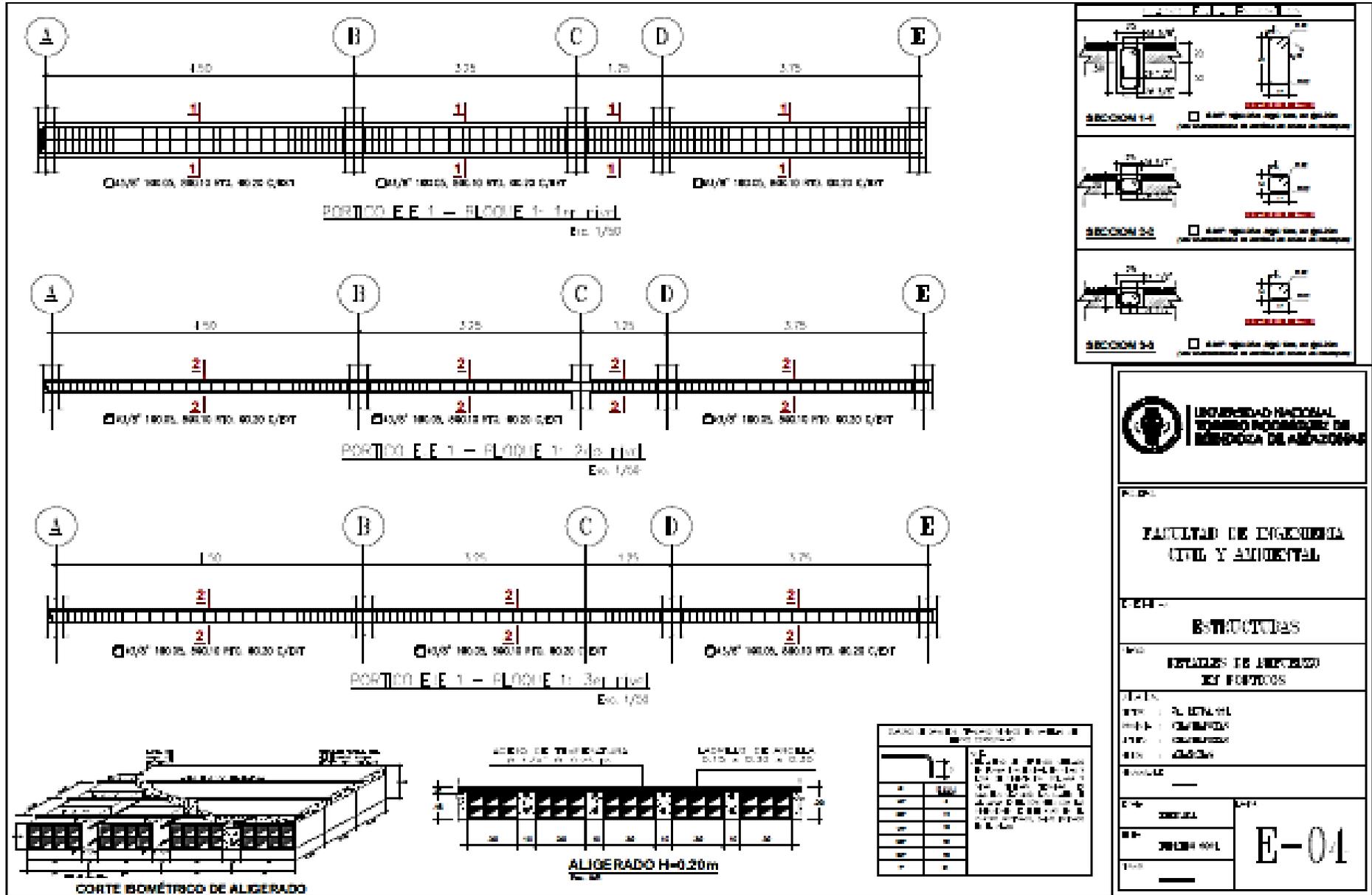
ESCALA: ...

NÚMERO: ...

A-05







UNIVERSIDAD NACIONAL
TOMO PROCESO DE INGENIERIA DE AMBIENTES

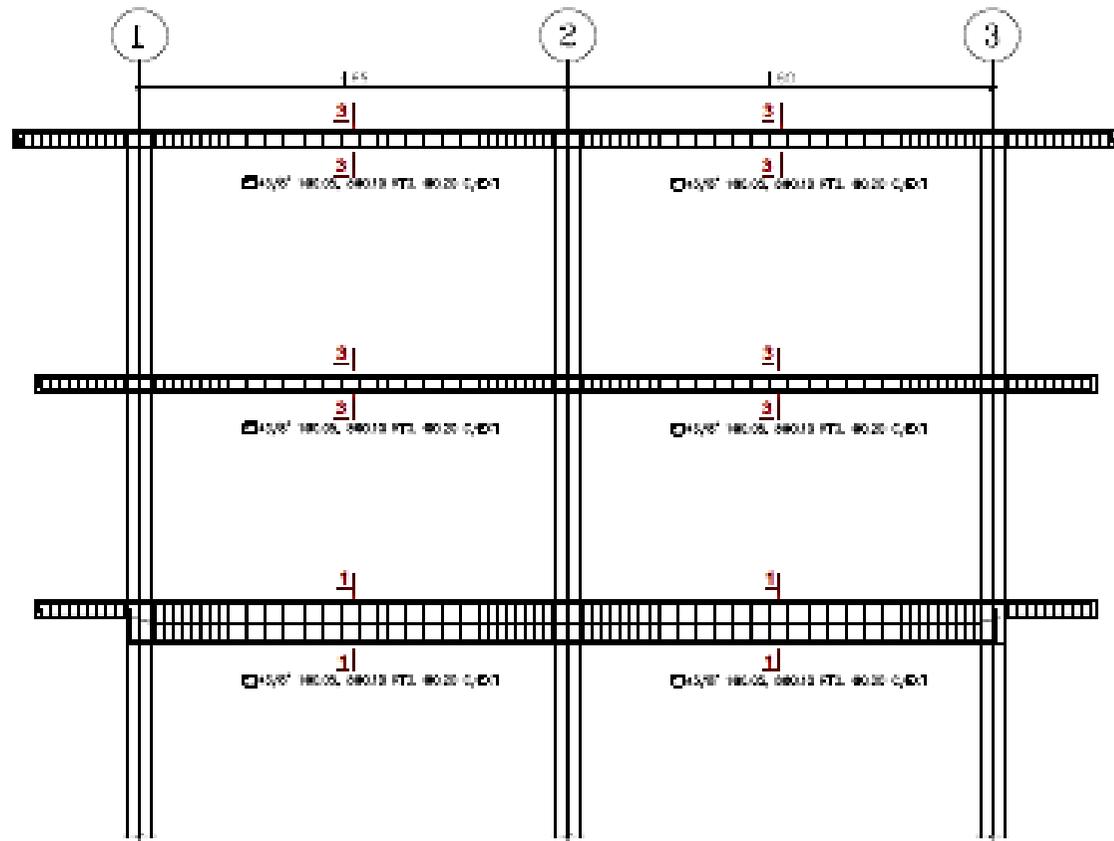
FACULTAD DE INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL

CARRERA:
ESTRUCTURAS

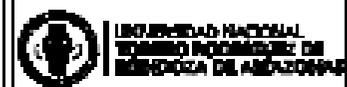
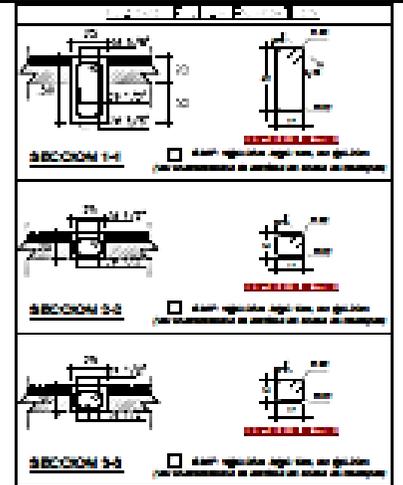
MATERIA:
ESTADOS DE LÍMITES DE LOS PORTICOS

PROFESOR:
E.E. ...

ALUMNO:
E-01



PORTICO E.E. A-A. Tercera Nivel
Escala 1/50



UNIVERSIDAD NACIONAL
TUMBESE INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL

FACULTAD DE INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL

E-05

ESTRUCTURAS

INSTALACION DE ESPEROS
DE ESPEROS

PROF. DR. LUIS A. GARCIA
PROF. DR. LUIS A. GARCIA
PROF. DR. LUIS A. GARCIA
PROF. DR. LUIS A. GARCIA

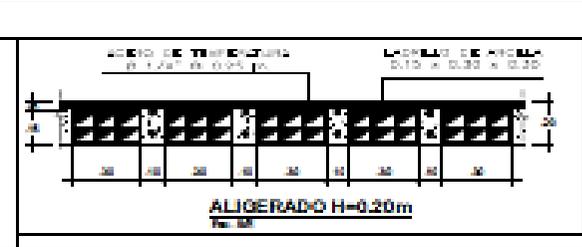
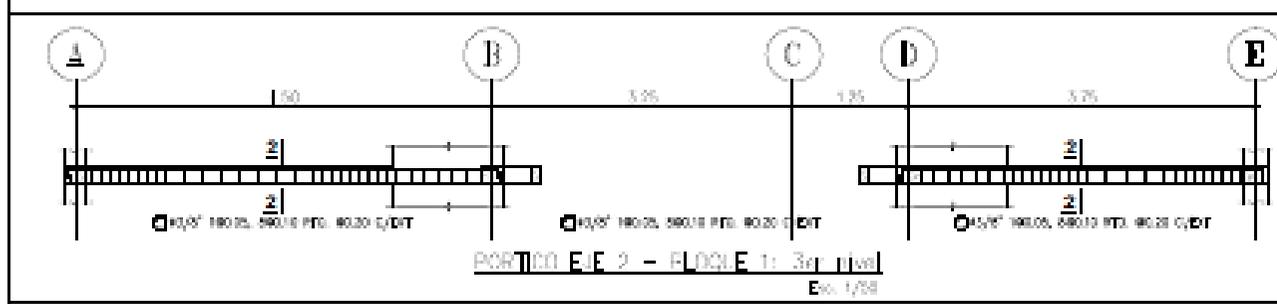
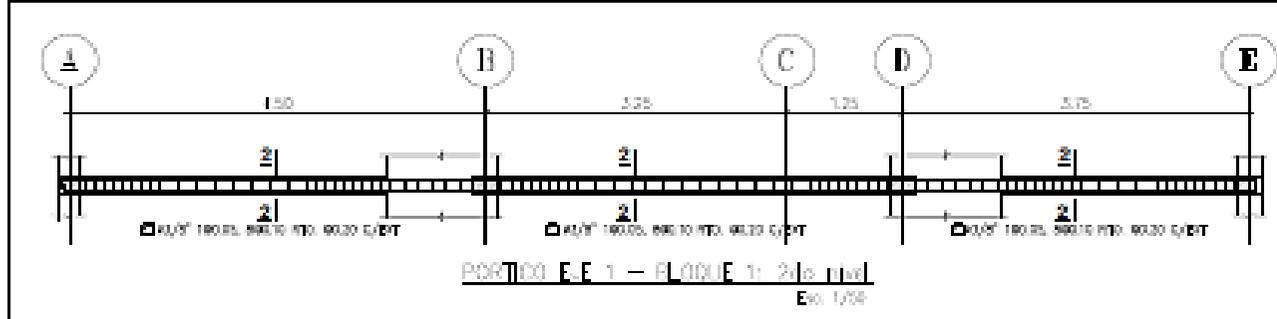
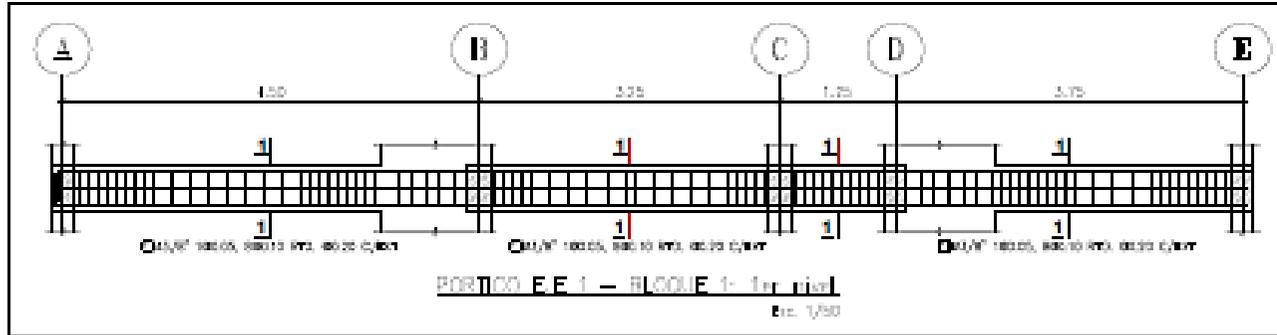
ESTRUC. E-05

PROF. DR. LUIS A. GARCIA

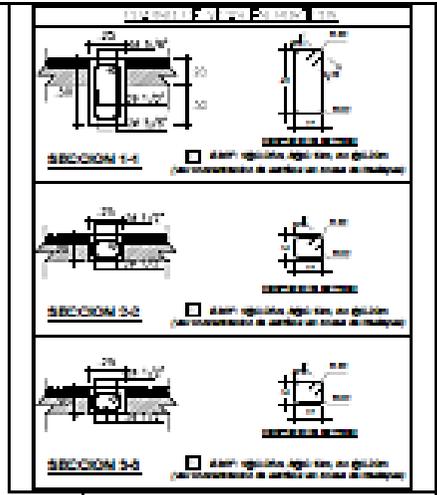
E-05



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
2	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
3	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
4	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
5	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
6	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
7	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
8	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
9	ALIGERADO H=0.20m	1	m³
10	ALIGERADO H=0.20m	1	m³

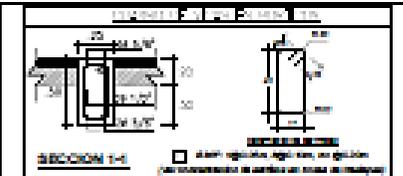
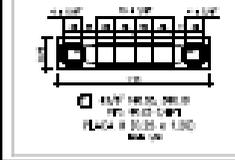
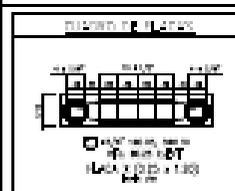
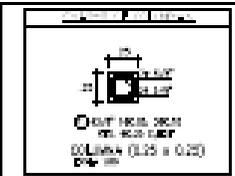
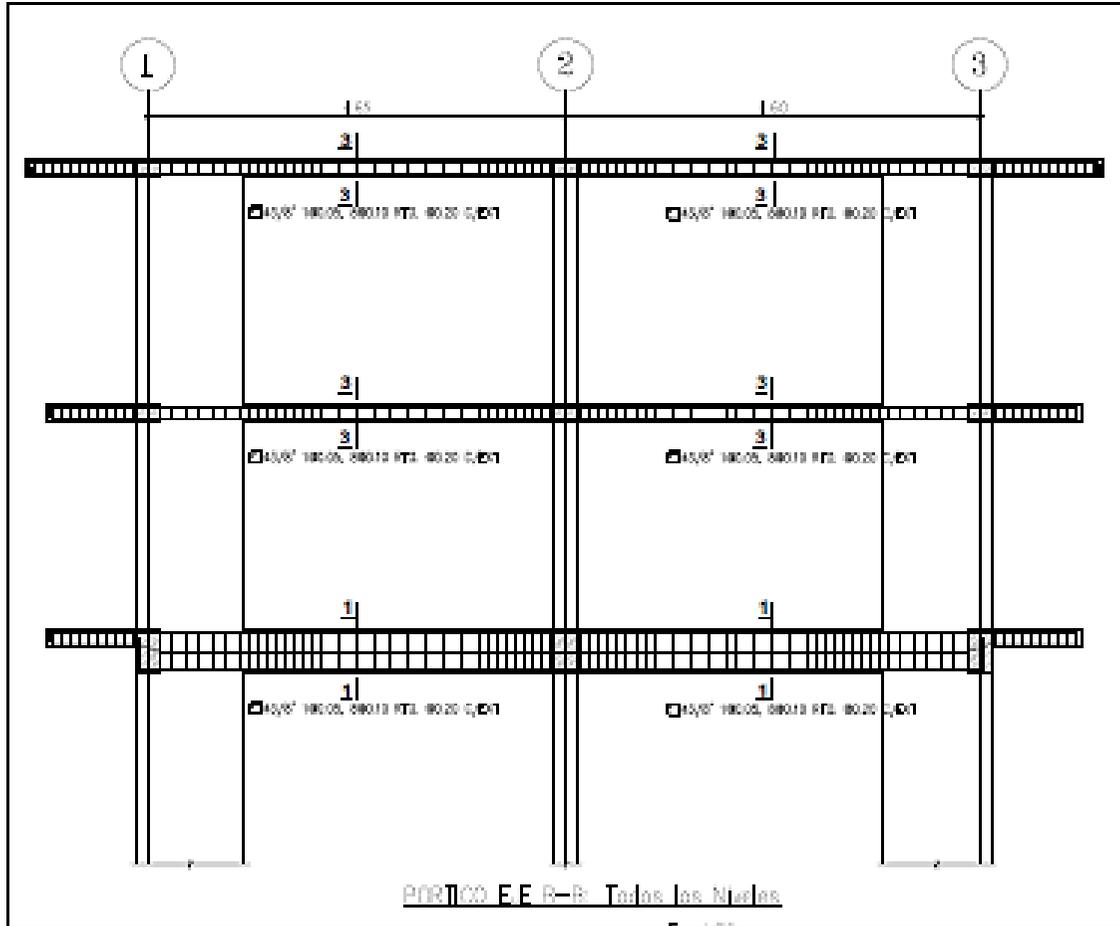


**FACULTAD DE INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL**

ESTRUCTURAS

**RELACIONES DE IMPRESOS
EN PORTICOS**

PROFESOR:	DR. EDUARDO
ASISTENTE:	INGENIERO
ALUMNO:	JUAN CARLOS
GRUPO:	E-07



UNIVERSIDAD NACIONAL
FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL

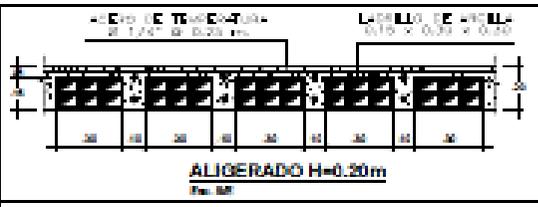
ESTRUCTURAS

DETALLE DE ENTRENADO
DE PORTICOS

ALUMNO: [Blank]
GRUPO: [Blank]
FECHA: [Blank]

TITULO: [Blank]

E-08



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	ALICATADO	1	m ²
2	ALICATADO	1	m ²
3	ALICATADO	1	m ²
4	ALICATADO	1	m ²
5	ALICATADO	1	m ²
6	ALICATADO	1	m ²
7	ALICATADO	1	m ²
8	ALICATADO	1	m ²
9	ALICATADO	1	m ²
10	ALICATADO	1	m ²
11	ALICATADO	1	m ²
12	ALICATADO	1	m ²
13	ALICATADO	1	m ²
14	ALICATADO	1	m ²
15	ALICATADO	1	m ²
16	ALICATADO	1	m ²
17	ALICATADO	1	m ²
18	ALICATADO	1	m ²
19	ALICATADO	1	m ²
20	ALICATADO	1	m ²
21	ALICATADO	1	m ²
22	ALICATADO	1	m ²
23	ALICATADO	1	m ²
24	ALICATADO	1	m ²
25	ALICATADO	1	m ²
26	ALICATADO	1	m ²
27	ALICATADO	1	m ²
28	ALICATADO	1	m ²
29	ALICATADO	1	m ²
30	ALICATADO	1	m ²
31	ALICATADO	1	m ²
32	ALICATADO	1	m ²
33	ALICATADO	1	m ²
34	ALICATADO	1	m ²
35	ALICATADO	1	m ²
36	ALICATADO	1	m ²
37	ALICATADO	1	m ²
38	ALICATADO	1	m ²
39	ALICATADO	1	m ²
40	ALICATADO	1	m ²
41	ALICATADO	1	m ²
42	ALICATADO	1	m ²
43	ALICATADO	1	m ²
44	ALICATADO	1	m ²
45	ALICATADO	1	m ²
46	ALICATADO	1	m ²
47	ALICATADO	1	m ²
48	ALICATADO	1	m ²
49	ALICATADO	1	m ²
50	ALICATADO	1	m ²