



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Parral, Comas”

TÉSIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

AUTOR:

Tito Vargas, Karolyn Kristy

ASESOR:

Mg. MARQUINA CALLACNA, RODOLFO RICARDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA – PERÚ

2018

**“VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL
EN LA AV. EL PARRAL, COMAS”**

POR:

Tito Vargas Karolyn Kristy

Presentada a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Aprobado por:

Presidente de Jurado

Rubén Mogrovego Gutiérrez

Secretario de Jurado

Enrique Huaroto Casquillas

Vocal de Jurado

Rodolfo Marquina Callacna

LIMA –PERÚ

2018

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Juan Brice y Carmen por el apoyo incondicional para realizar uno de mis principales objetivos en mi vida profesional.

Agradecimiento

Agradecer al Ing. Rodolfo Marquina por brindarme sus conocimientos, a los docentes de la facultad de Ingeniería que estuvieron allí en la formación de mi vida profesional y a las personas que con su apoyo hicieron posible esta investigación.

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD

Yo Karolyn Kristy Tito Vargas con DNI N° 76170333, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 de Julio del 2018

Karolyn Kristy Tito Vargas

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Presento ante ustedes la Tesis titulada “Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Parral, Comas” con la finalidad de determinar el nivel preciso de riesgo que presentan estas edificaciones ante un eventual terremoto, cuantificar el tipo de daño estructural y el modo de fallo que se presenten en dichas estructuras, el cual tiene como objetivo determinar cuál es el nivel de la vulnerabilidad sísmica que presenta las viviendas autoconstruidas, en la Av. El Parral, del distrito de Comas, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Espero cumplir con los requisitos de aprobación.

Tito Vargas Karolyn Kristy

ÍNDICE

1	CAPÍTULO I: Introducción	1
1.1	Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2	Trabajos previos.....	3
1.2.1	Antecedentes internacionales.....	3
1.2.2	Antecedentes nacionales.....	5
1.3	Teorías relacionadas al tema	7
1.3.1	Variable independiente	7
1.3.2	Variable dependiente.....	17
1.4	Formulación del problema.....	18
1.4.1	Formulación del problema general	18
1.4.2	Formulación de los problemas específicos.....	18
1.5	Justificación.....	19
1.6	Hipótesis	19
1.6.1	Hipótesis general	19
1.6.2	Hipótesis específicas	20
1.7	Objetivos de la investigación.....	20
1.7.1	Objetivo general.....	20
1.7.2	Objetivos específicos.....	20
2	CAPÍTULO II: Metodología	21
2.1	Diseño de la investigación.....	22
2.1.1	Enfoque de investigación.....	22

2.1.2	Tipo de investigación.....	22
2.1.3	Nivel de la investigación	22
2.1.4	Diseño de investigación.....	22
2.2	Método de investigación.....	23
2.3	Variables y operacionalización	24
2.3.1	Identificación de las variables.....	24
2.3.2	Operacionalización de las variables.	26
2.4	Población y muestra.....	27
2.4.1	Unidad de análisis.	27
2.4.2	Población.....	27
2.4.3	Muestra.....	27
2.5	Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	31
2.5.1	Técnicas	31
2.2.1.	Instrumentos.....	32
2.2.2.	Validez.....	32
2.2.3.	Confiabilidad.....	33
3	CAPÍTULO III: Análisis de resultados	35
3.1	Ubicación de las unidades de estudio	36
3.2	Modelos de análisis lineal	37
3.3	Análisis estático no lineal	38
3.4	Diferencias entre el análisis lineal y el estático no lineal.....	41
3.5	Determinación de la resistencia a la compresión del concreto.....	42

3.6	Estudios de los tipos de suelos presentes	46
3.7	Calculo de la capacidad portante	47
3.8	Determinación de las resistencias de la albañilería	48
3.9	Pilas de albañilería	48
3.10	Muretes de albañilería	49
3.11	Modelamiento de la estructura E01	52
3.11.1	Determinación de la demanda sísmica.....	55
3.11.2	Determinación de la demanda sísmica en pórticos	56
3.11.3	Respuesta sísmica	58
3.12	Modelamiento de la estructura E02	62
3.12.1	Aplicación de cargas gravitacionales.....	62
3.12.2	Análisis modal	63
3.12.3	Definición de la demanda sísmica	64
3.12.4	Resultados obtenidos del análisis	65
3.13	Análisis de la estructura E03.....	67
3.13.1	Definición de la demanda sísmica	69
3.14	Análisis estático no Lineal de la estructura E01	73
3.15	Análisis estático no lineal de la estructura E02	77
3.16	Analisis estatico no lineal de la estructura E03	79
3.17	Propuesta de reforzamiento de la estructura E01	80
3.18	Propuesta de reforzamiento de la estructura E02.....	85
3.19	Propuesta de reforzamiento de la estructura E03.....	88

4	CAPÍTULO IV: Discusión.....	92
5	CAPÍTULO V: Conclusiones.....	95
6	CAPÍTULO VI: Recomendaciones.....	98
7	CAPÍTULO VII: Referencias	101
	Anexos	103
	Matriz de consistencia.....	104
	Ficha de recolección de datos	105
	Fotos.....	105
	Ensayo de suelos.....	115
	Esclerometría.....	127
	Planos de viviendas.....	130

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Zonificación del peligro sísmico en el Perú, de acuerdo con la norma E030 (E030, 2016:p.2).	10
Figura 1-2: Espectro de aceleraciones característico de la norma peruana (E030, 2016.p.6).	11
Figura 1-3: Vivienda autoconstruida de un piso. Fuente: Flores (2014).	11
Figura 1-4: Viga colada in situ, sin losa aligerada. Fuente: Flores (2014).	12
Figura 1-5: Ladrillos pandereta y concreto con cangrejas, típicas de viviendas autoconstruidas. Fuente: Laucata (2013).	12
Figura 1-6: Recubrimiento del acero inexistente y exposición de acero estructural. Fuente: Laucata (2013).	13
Figura 1-7: Unidades de albañilería pandereta típicas. Fuente: Arquíñigo (2011).	14
Figura 1-8: Unidades de albañilería maciza informal. Fuente: Ruiz (2015).	14
Figura 1-9: Muro de albañilería típico unida a la losa aligerada. Fuente: Flores (2014).	15
Figura 1-10: Estructura de concreto armado típica y su curva de capacidad (Chopra, 2012:p.8).	18
Figura 2-1: Total de unidades de análisis dentro del distrito de Comas (población) y muestra elegida para el estudio (Av. El parral). Fuente: Elaboración propia.	29
Figura 2-2: Vivienda autoconstruida de dos niveles de albañilería confinada, ubicada en la Av. El Parral, Comas. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 2-3: Edificaciones de tres niveles, autoconstruidas y de albañilería confinada, ubicadas en la Av. El Parral, Comas. Fuente: Elaboración propia. .	30

Figura 3-1: Ubicación de las edificaciones elegidas para el estudio de vulnerabilidad sísmica. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 3-2: Vivienda autoconstruidas de cuatro y tres niveles, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 3-3: Vivienda autoconstruida de dos niveles de albañilería confinada, ubicada en la Av. El Parral, Comas. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 3-4: Curva esfuerzo deformación de acero estructural típico. Fuente: <i>Computers and Structures</i> (2008).	39
Figura 3-5: Procedimiento usado en el análisis estático no lineal. Fuente: Marabi (2016).	40
Figura 3-6: Comparación de la respuesta lineal y la respuesta no lineal. Fuente: Marabi (2016).	41
Figura 3-7: Esclerómetro y su aplicación en la técnica de la esclerometría. Fuente: Otazzi (2006).	42
Figura 3-8: Teoría de la capacidad portante última de Terzaghi.	47
Figura 3-9: Pila de albañilería típica sometida a esfuerzos de compresión simple y curvas esfuerzo deformación típicas Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).	49
Figura 3-10: Forma de aplicación de las cargas externas, y los modos de falla experimentados. Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).	50
Figura 3-11: Muretes de albañilería de 60cmx60cm y muretes instrumentados. Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).	51

Figura 3-12: Características geométricas típicas de los muretes de albañilería. Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).....	51
Figura 3-13: Modelo tridimensional generado en ETABS. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 3-14: Deformada de la estructura estudiada, debido a las cargas gravitacionales. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 3-15: Primera y segunda formas de modo de la estructura estudiada. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 3-16: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura estudiada. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura 3-17: Espectro de diseño correspondiente a pórticos de concreto armado. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 3-18: Espectro de diseño correspondiente a pórticos de concreto armado. Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 3-19: Desplazamiento máximos en direcciones x e y. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 3-20: Máximas distorsiones de entrepiso encontradas en las estructuras estudiadas. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 3-21: Distribución de fuerzas cortantes máximas encontradas en la estructura estudiada. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 3-22: Modelamiento de la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 3-23: Aplicación de las cargas gravitacionales, muertas y vivas. Fuente: Elaboración propia.	62

Figura 3-24: Primera y segunda formas de modo de la estructura E02, $T_1=1.5$ s y $T_2=0.5$ s.	63
Figura 3-25: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura estudiada, $T_3=0.43$ s y $T_4=0.33$ s.	63
Figura 3-26: Quinta y sexta formas de modo de la estructura $T_5=0.24$ s y $T_6=0.16$ s.	64
Figura 3-27: Espectro de aceleraciones de diseño para la albañilería confinada. Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 3-28: Desplazamientos máximos encontrados en direcciones x e y, debidas al sismo en dirección X e Y. Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 3-29: Máximas distorsiones encontrados en direcciones x e y, debidas al sismo en dirección X e Y. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 3-30: Fuerzas cortantes máximas en dirección x e y, debidas a los sismos en X y en Y. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 3-31: Modelo tridimensional de la estructura E03, generado en ETABS. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 3-32: Aplicación de cargas gravitacionales en piso típico y azotea. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 3-33: Primera y segunda formas de modo con $T_1=0.38$ s y $T_2=0.15$ s. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 3-34: Tercera y cuarta formas de modo con $T_3=0.128$ s y $T_4=0.122$ s. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 3-35: Quinta y sexta formas de modo con $T_5=0.07$ s y $T_6=0.06$ s. Fuente: Elaboración propia.	69

Figura 3-36: Espectro de aceleraciones de diseño para la albañilería confinada.	
Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 3-37: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debidas al sismo en x e y. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 3-38: Máximas distorsiones en dirección x e y, debidas al sismo en x e y. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 3-39: Fuerzas cortantes máximas en dirección x e y, debidas al sismo en x e y. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 3-40: Modelamiento de la estructura E01. Fuente: Elaboración propia.	73
Figura 3-41: Diagrama momento curvatura de la columna cuadrada de 35cmx35cm. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 3-42: Diagrama momento curvatura de la viga de 25cmx40cm. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 3-43: Curva de capacidad de la estructura E01. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 3-44: Determinación del punto de desempeño de la estructura E01. Fuente: Elaboración propia.	76
Figura 3-45: Curva de capacidad de la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura 3-46: Determinación del punto de desempeño de la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.	78
Figura 3-47: Curva de capacidad de la estructura E03. Fuente: Elaboración propia.	79
Figura 3-48: Curva de capacidad de la estructura E03. Fuente: Elaboración propia.	80

Figura 3-49: Reforzamiento propuesto para columna típica. Fuente: Elaboración propia.	81
Figura 3-50: Diagrama momento curvatura generado por el reforzamiento propuesto. Fuente: Elaboración propia.	82
Figura 3-51: Curva de capacidad de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.	82
Figura 3-52: Punto de desempeño mejorado. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 3-53: Ubicación de los elementos a reforzar. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 3-54: Reforzamiento propuesto para columna típica en la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 3-55: Diagrama momento curvatura generado por el reforzamiento propuesto. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 3-56: Curva de capacidad y punto de desempeño de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 3-57: Reforzamiento propuesto en la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.	87
Figura 3-58: Reforzamiento propuesto para columna típica en la estructura E03. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 3-59: Diagrama momento curvatura generado por el reforzamiento propuesto. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 3-60: Curva de capacidad de la estructura E03, después del reforzamiento. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 3-61: Curva de capacidad y punto de desempeño de la estructura E03 reforzada. Fuente: Elaboración propia.	90

Figura 3-62: Reforzamiento propuesto en la estructura E02. Fuente: Elaboración propia. 91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación del tipo en suelos en función de los parámetros del suelo (E030, 2016:p.5).....	8
Tabla 3-1: Proporciones típicas de una mezcla para concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Fuente: Elaboración propia.	43
Tabla 3-2: Relación existente entre la relación agua cemento y la resistencia a la compresión. Fuente: <i>American Concrete Institute (ACI)</i>	43
Tabla 3-3: Relaciones agua-cemento encontradas en las viviendas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.	45
Tabla 3-4: Resistencias a la compresión del concreto encontradas en las viviendas bajo estudio. Fuente: Elaboración propia.	45

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas ubicadas en la calle el Parral del distrito de Comas. De acuerdo con los objetivos de este trabajo de investigación se eligió una muestra de tres viviendas, las que fueron de dos, tres y cuatro pisos, respectivamente. Las viviendas elegidas tuvieron su sistema estructural mixto, compuesto de viviendas de albañilería confinada en la dirección longitudinal y pórticos de concreto armado en la dirección transversal. La metodología empleada para la determinación del desempeño sísmico de las viviendas estudiadas consistió en la determinación de la curva de desempeño, la que posteriormente fue sometida a comparaciones con las curvas de demanda sísmica. Finalmente se obtuvo el denominado punto de desempeño, que resulta de la intersección del espectro de capacidad y el espectro de demanda. Este punto nos permitió hacer un juicio analítico sobre el desempeño sísmico de la edificación. Los resultados muestran que en general las viviendas autoconstruidas son muy vulnerables a los sismos, quedando en algunos casos cerca al nivel de colapso. Frente a esta situación, se propuso la aplicación de un reforzamiento, consistente en ensanchar columnas, de manera estratégica. Posteriormente el reforzamiento fue puesto a prueba aplicando la misma metodología, encontrando que los reforzamientos propuestos logran mejoras significativas sobre los niveles de desempeño, pasando de colapso a seguridad de vida.

Palabras clave:

Autoconstrucción, albañilería confinada, pórticos, desempeño sísmico, peligro sísmico, reforzamiento.

ABSTRACT

The main objective of this research work was to study the seismic vulnerability of the self-constructed dwellings located on Parral Street in the district of Comas. In accordance with the objectives of this research work, a sample of three dwellings was selected, which were two, three and four stories, respectively. The selected dwellings had their mixed structural system, consisting of masonry dwellings confined in the longitudinal direction and reinforced concrete porticos in the transverse direction. The methodology used to determine the seismic performance of the houses studied consisted in the determination of the performance curve, which was later subjected to comparisons with seismic demand curves. Finally, the so-called performance point was obtained, which results from the intersection of the capacity spectrum and the demand spectrum. This point allowed us to make an analytical judgment about the seismic performance of the building. The results show that, in general, self-built homes are very vulnerable to seismic, being in some cases close to the level of collapse. Faced with this situation, the application of a reinforcement, consisting of widening columns, was proposed in a strategic way. Subsequently, the reinforcement was put to the test using the same methodology, found that the proposed reinforcements achieve significant improvements in performance levels, going from collapse to life safety.

Keywords:

Self-construction, confined masonry, frame, seismic performance, seismic danger, retrofit technics.

1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Los sismos son uno de los fenómenos naturales de mayor frecuencia en la naturaleza, y aunque en la actualidad es imposible la predicción del momento y el lugar exacto en el que ocurrirán, si se conocen zonas de gran actividad sísmica, en las que existen elevados niveles de probabilidad de ocurrencia grandes sismos, uno de tales lugares se encuentra ubicada frente a las costas peruanas, específicamente la zona donde la placa de nazca subyace en la placa sudamericana, por tanto la costa peruana es una zona muy propensa a sufrir sismos de gran intensidad, como se ha podido observar en los sismos ocurridos en Arequipa en el 2001 y el sismo de Pisco del 2007, unido a este problema, en la ciudad de Lima, el 60% de las viviendas fueron autoconstruidas, es decir son productos de la construcción informal, en el que se carece de conocimientos técnicos y en el que la calidad de los materiales usados, no son adecuados, de acuerdo con esto, en este trabajo se propone el estudio de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas, que además fueron construidas en suelos intermedios en el distrito de Comas, de esta manera se pretende cuantificar el posible efecto que tendría un sismo consecuente con los establecidos en las normas vigentes.

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El territorio que ocupa el estado peruano está ubicado dentro del cinturón de fuego del pacífico conocido también como el anillo de fuego del pacífico, que es una zona caracterizada por concentrar las más importantes zonas de subducción del planeta; se ubica a lo largo de las costas del continente sudamericano y las costas del territorio de México y Estados Unidos, lo que da como resultado que el territorio que abarca el cinturón de fuego tenga una gran actividad sísmica y volcánica. En el caso de nuestro país, las costas de nuestro territorio se encuentran en la zona de subducción de la placa sudamericana y la placa de nazca, lo que ha ocasionado que nuestro país sea altamente propenso a actividad sísmica; tomado como ejemplo para la afirmación anterior, el último gran terremoto que ha ocasionado que se preste gran atención a este peligro constante, es el terremoto ocurrido el 19 de Septiembre del presente año en la ciudad de México, que alcanzó el grado de 7.1 en la escala de Richter, y que a la fecha se contabiliza 331 pérdidas humanas.

Sin embargo, y a pesar de que nuestro país se encuentra en una zona altamente vulnerable ante sismos de gran magnitud, en la actualidad en el país la construcción informal de estructuras para viviendas ha alcanzado un número significativamente alto tanto en las grandes ciudades como en las ciudades pequeñas; esta práctica de la autoconstrucción produce un número específico de consecuencias negativas, una de ellas, y la más importante con referencia en la intensa actividad sísmica de nuestro país, es la alta pérdida de la capacidad de resistencia que se espera deben presentar las edificaciones en una situación de correcta planificación y ejecución, producto de la falta o escaso planeamiento y procesos constructivos erróneos.

Estos dos factores, la intensa actividad sísmica en el país y la informalidad de la autoconstrucción de edificaciones, dan como resultado una situación actual que debería calificarse como situación de emergencia, en razón que dichas edificaciones no responderán adecuadamente frente a eventuales

sismos de gran magnitud. Es un hecho patente que, de no formularse posibles soluciones al problema de las edificaciones autoconstruidas, los efectos de un eventual terremoto frente a las costas de la ciudad de Lima producirían una temible cifra en pérdidas humanas, no solo debido al colapso de las defectuosas edificaciones presentes en toda la ciudad, sino también que un número significativo de dichas edificaciones han sido ejecutadas en suelos no aptos para la construcción

Ante esta situación la incidencia en el tema sobre el nivel de la vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas autoconstruidas se presentan como temas de investigación de capital importancia en razón que arroja la información necesaria que se debe tener en cuanto con respecto al nivel preciso de riesgo que presentan estas edificaciones ante un eventual terremoto, cuantificar el tipo de daño estructural y el modo en el que se presenten dichos fallos; por ello el presente proyecto de investigación propone el estudio sobre el nivel vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas autoconstruidas en el distrito de comas, con la finalidad de poner a disposición de la población de las autoridades competentes los datos pertinentes que ayuden a tomar decisiones oportunas respecto a la mitigación y prevención de desastres.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Antecedentes Internacionales

El-Betar Sameh (2016), en su artículo científico presentado en la revista internacional Science Direct y titulado “Seismic Vulnerability evaluation of existing R.C. buildings”, que tiene como objetivo el estudio la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de concreto armado, especialmente aquellas en las que no se aplicaron códigos de diseño en su construcción, a raíz de un fuerte terremoto ocurrido en la ciudad de Egipto, en el que se pudieron observar serias deficiencias en el diseño y construcción de estructuras, ya que muchas de presentaron serios daños e incluso el colapso. Para esto aplicó la metodología del análisis estático no lineal o pushover. La investigación fue llevada a cabo a edificaciones ubicadas dentro de la ciudad de Egipto. El trabajo concluye que el 80% de las edificaciones

analizadas requerirá de reforzamiento para poder afrontar con éxito la ocurrencia de un sismo.

(Mercado y Sabogal, 2016:p.10) En su tesis de grado titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones a porticadas de concreto armado en la ciudad de Cartagena”, realizan un estudio de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, específicamente aplicados a los casos de dos viviendas, características en la zona de estudio. Este trabajo tuvo como objetivo la determinación cuantitativa del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en la ciudad de Cartagena. Para el desarrollo de este trabajo se usó la metodología propuesta por el FEMA (Federal Emergency Management), específicamente el método de análisis no lineal estático, obteniéndose que las edificaciones encontradas se encuentran en un nivel de seguridad de vida ante la aplicación de sismos con un periodo de retorno de 475 años. Se concluye que las edificaciones estudiadas deben pasar por un proceso de rehabilitación, si se desean minimizar los posibles efectos sobre las estructuras.

(Kaushik y Dasgupta, 2012:p.5), en el artículo titulado “Assessment of Seismic Vulnerability of Structures in Sikkim, India, Based on Damage Observation during Two Recent Earthquakes”, y presentado a la revista de la American Society of Civil Engineers (ASCE Library), estudiaron los daños encontrados en numerosas estructuras, como consecuencia de los sismos ocurridos el 14 de febrero del 2006 y el 18 de septiembre del 2001, cerca de las regiones montañosas de la ciudad de Sikkim en la India. El objetivo de este estudio fue la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas en la ciudad de Sikkim, en la India, para esto se aprovechó la información disponible sobre los daños encontrados en las edificaciones que afrontaron el evento sísmico mencionado. Encontrando que, un gran número de edificaciones construidas en esta ciudad quedaron seriamente dañadas, específicamente durante el evento sísmico ocurrido en el 2006, con una magnitud de $M_w=5.3$, es decir un movimiento sísmico

moderado. Los autores concluyeron que en general es necesario tomar medidas correctivas en las edificaciones existentes, ya que se ha observado que muchas de estas serían propensas de sufrir serios daños durante la ocurrencia de un evento similar.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Palomino y Tamayo (2016:p.50), en su tesis de grado titulada “Evaluación probabilista del riesgo sísmico de hospitales en lima con plataforma CAPRA”, presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, presentaron la metodología CAPRA, como técnica para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un grupo de hospitales ubicados en la ciudad de Lima. Los resultados mostraron que, la vulnerabilidad de los hospitales estudiados es bastante elevada, con las posibles consecuencias en términos de vidas humanas, ya que después de un gran terremoto, se esperan gran cantidad de personas heridas, que requerirán la atención de médicos y las instalaciones de un hospital operativo. Se concluye que se deben tomar medidas correctivas para asegurar la funcionalidad continua de estas estructuras y así poder garantizar la continuidad de los servicios básicos.

Marín (2014:p.30), en su tesis de grado titulada “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la IE estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén-Cajamarca”, presentada ante la universidad Nacional de Cajamarca, realiza un estudio analítico y teórico de la vulnerabilidad sísmica de esta institución educativa. El objetivo principal de este trabajo fue la determinación cuantitativa de la vulnerabilidad sísmica de esta estructura estudiada. Determinando en términos generales que la edificación estudiada esta propensa a sufrir de daños frente a la acción de un sismo consecuente con el nivel de peligro de la norma de diseño sísmico peruana. Se concluyó que la edificación necesita de reforzamiento para incrementar la resistencia y rigidez lateral,

para poder alcanzar los niveles de desempeño esperados en este tipo de edificaciones, que en el caso de colegios, y de acuerdo con la norma de diseño sísmico E030, estas son edificaciones son esenciales, pues deben de mantenerse operativas después de la ocurrencia de un sismo muy raro.

Laucata (2013:p.30), en su tesis de grado titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo”, presentada ante la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), realiza una serie de estudios en los que el objetivo principal es la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la ciudad de Trujillo. Con la finalidad de poder realizar una evaluación adecuada, se procedió a levantar información sobre las características geométricas, sistema estructural y calidad de los materiales en treinta tipos de viviendas, elegidas de manera aleatoria. Los resultados encontrados muestran que las viviendas informales tienen un alto nivel de vulnerabilidad sísmica, frente sismos contemplados en la norma E030, por tanto se concluye que se deben tomar acciones de reforzamiento, en especial en viviendas en las que carecen de una adecuada densidad de muros en ambas direcciones.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Variable independiente

1.3.1.1 Roca dura

De acuerdo con la norma peruana de diseño sísmico, a este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte V_s mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de V_s (E030, 2016:p.3).

1.3.1.2 Roca o suelos muy rígidos

De acuerdo con la norma de diseño sísmico del Perú, a este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 500 m/s y 1500 m/s (E030, 2016:p.4), incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con N_{60} mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada S_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

1.3.1.3 Suelos intermedios

De acuerdo con la norma sísmica E030 del 2016, un suelo intermedio es aquel en el que la velocidad de ondas de corte V_s , oscila entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que la estructura es cimentada

sobre arena densa, gruesa a media, o grava arenosa mediamente densa, con valores el SPT (Standard Test Penetration), N60, entre 15 y 50.

1.3.1.4 Suelos blandos

De acuerdo con la norma diseño sísmico E030, corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte V_s , menor o igual a 180 m/s (E030, 2016:p.4), incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N60 menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada S_u menor que 25 kPa.

Tabla 0-1: Clasificación del tipo en suelos en función de los parámetros del suelo (E030, 2016:p.5).

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

1.3.1.5 Peligro sísmico en el Perú

El peligro sísmico en una región geográfica de la tierra, es la probabilidad de que la magnitud de evento sísmico pueda exceder de un valor preestablecido en determinado periodo de tiempo o periodo de retorno (Alva, 2013:p.15), este valor de probabilidad de excedencia está asociado al nivel de sismicidad de la zona en cuestión, por tanto, los lugares ubicados cerca a las fallas, zonas de interacción de placas, tendrán un mayor nivel de peligro que otros, tal es el caso de lo ocurrido en el Perú, que se encuentra ubicada frente a la interacción de las placas de nazca y sudamericana, razón por la cual, es una de la zonas con mayor sismicidad del mundo, de hecho, de acuerdo con la norma E030 del 2016, en la costa peruana, se esperan niveles de aceleración del suelo del orden de los 0.45g, con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años (E030, 2016:p.4).

En la Figura 0-1 podemos apreciar el mapa de peligro sísmico del Perú, en este mapa podemos ver que el Perú ha sido dividido en cuatro zonas específicas, la primera llamada Zona 1, que corresponde a la zona oriental del país, en el que la actividad sísmica es moderada, de acuerdo con esto, la norma peruana establece que en esta zona se deben esperar aceleraciones máximas de 0.10g, con una probabilidad de 10% de ser excedido en un periodo de retorno de 50 años; la segunda zona es la llamada zona 2, dentro de esta zona, las aceleraciones máximas esperadas son de 0.15g, con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de retorno de 50 años.



Figura 0-1: Zonificación del peligro sísmico en el Perú, de acuerdo con la norma E030 (E030, 2016:p.2).

La llamada zona 3, son los lugares del país en los que se deben esperar aceleraciones máximas de 0.35g, con una probabilidad del 10% de ser excedidos en un periodo de retorno de 50 años; finalmente la zona más crítica contemplada por la mencionada norma, es la zona 4, dentro de esta se encuentran comprendida toda la costa del país y parte de la sierra, en estos lugares, la aceleración máxima esperada será de 0.45g, con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años (E030, 2016:p.2).

1.3.1.6 Demanda sísmica

De acuerdo con la norma de diseño sismoresistente del Perú (E030, 2016:p.2), el tipo de suelo tiene un efecto directo sobre la acción sísmica, en específico en la magnitud de la aceleración, esta amplificación viene dada por el factor del suelo "S", mientras que el efecto en el periodo de las características de vibración del suelo vienen determinados por los parámetros T_p y T_I , un espectro característico de la norma E030, se muestra en la Figura 0-2.

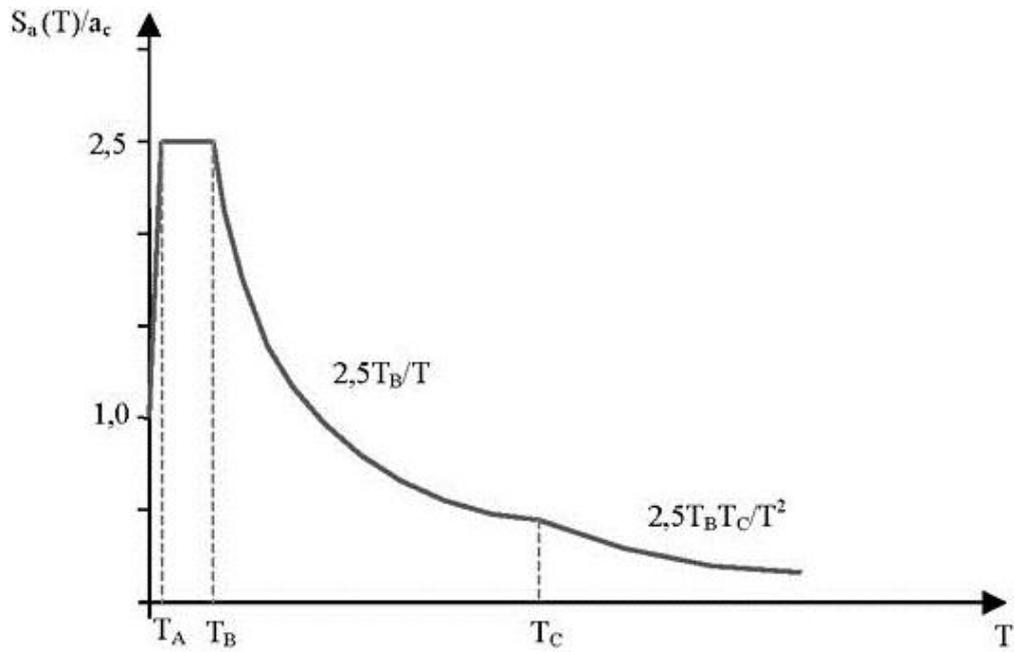


Figura 0-2: Espectro de aceleraciones característico de la norma peruana (E030, 2016.p.6).

1.3.1.7 Autoconstrucción

La construcción es un proceso orientado a la producción de bienes inmuebles, que consiste en el uso y disposición adecuada de materiales, tales como el concreto, el acero o las unidades de albañilería, con la finalidad de lograr áreas o espacios techados que sirvan para el desarrollo de distintas actividades.



Figura 0-3: Vivienda autoconstruida de un piso. Fuente: Flores (2014).

Aunque en general la construcción es un proceso sistematizado que requiere de la aplicación de tecnología y mano de obra calificada, técnicos en construcción e ingenieros estructurales, la realidad de algunos países en vías de desarrollo, como el Perú, hacen que la practica constructiva sea gestionada por los propietarios y llevada a cabo por personas sin ningún tipo de capacitación, a este proceso se le llama autoconstrucción.



Figura 0-4: Viga colada in situ, sin losa aligerada. Fuente: Flores (2014).



Figura 0-5: Ladrillos pandereta y concreto con cangrejas, típicas de viviendas autoconstruidas. Fuente: Laucata (2013).

Como es de esperarse, un proceso constructivo desarrollado sin premeditación ni conocimientos técnicos, provoca que las estructuras sean deficientes e inseguras, especialmente frente a la acción de un sismo. Una edificación típica autoconstruida se muestra en la Figura 0-3.

Las deficiencias constructivas encontradas en este tipo de edificaciones son numerosas, las más importantes son, sin duda alguna, la mala calidad de los materiales empleados en la construcción, específicamente, el concreto, ya que este material es preparado in situ y con proporciones sin ninguna base técnica, con lo que, usualmente, se obtienen concretos que no llegan a las resistencias a la compresión mínimas requeridas en zonas sísmicas.



Figura 0-6: Recubrimiento del acero inexistente y exposición de acero estructural. Fuente: Laucata (2013).

Una situación similar ocurre con el caso de la albañilería, puesto que aun cuando estas son compradas de empresas formales, lo que usualmente no ocurre, en general se emplean las unidades de albañilería inadecuadas, como las unidades de albañilería pandereta, en elementos con responsabilidad sísmica. Este hecho termina provocando que la rigidez y resistencia lateral de los muros sea inferior a las requeridas.

1.3.1.8 Albañilería pandereta

Son unidades de albañilería de arcilla que presentan alvéolos paralelos a la cara de asiento, tal como se muestra en la Figura 0-7.



Figura 0-7: Unidades de albañilería pandereta típicas. Fuente: Arquñigo (2011).

1.3.1.9 Albañilería maciza

Las unidades de albañilería maciza son unidades de ladrillo compacto hechas de arcilla y cocidas a ciertos niveles de temperatura, tal como se muestra en la Figura 0-8.



Figura 0-8: Unidades de albañilería maciza informal. Fuente: Ruiz (2015).

1.3.1.10 Albañilería confinada

La albañilería confinada es un sistema estructural que usa como materiales de construcción la albañilería y el concreto armado. Estos materiales son dispuestos de tal manera que el muro es construido usando las unidades

de albañilería las que a su vez son enmarcadas dentro pórticos de concreto armado, como se muestra en la Figura 0-9.

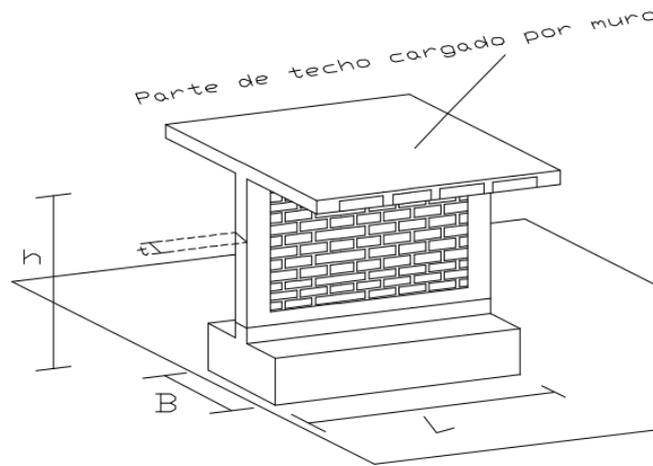


Figura 0-9: Muro de albañilería típico unido a la losa aligerada. Fuente: Flores (2014).

Es importante aclarar que la resistencia lateral de estos elementos dependerá esencialmente de la resistencia a la tracción diagonal de las unidades de albañilería, por lo que se espera que si se usan unidades de albañilería defectuosas, la resistencia del muro se verá afectada notablemente.

1.3.2 Redundancia estructural

La redundancia estructural es el número de grado de libertad que hace que un sistema no sea isostático. De acuerdo con esta definición todo elemento estructural o restricción que evite la formación de un sistema inestable forma parte del sistema redundante (Tena et. al , 2014).

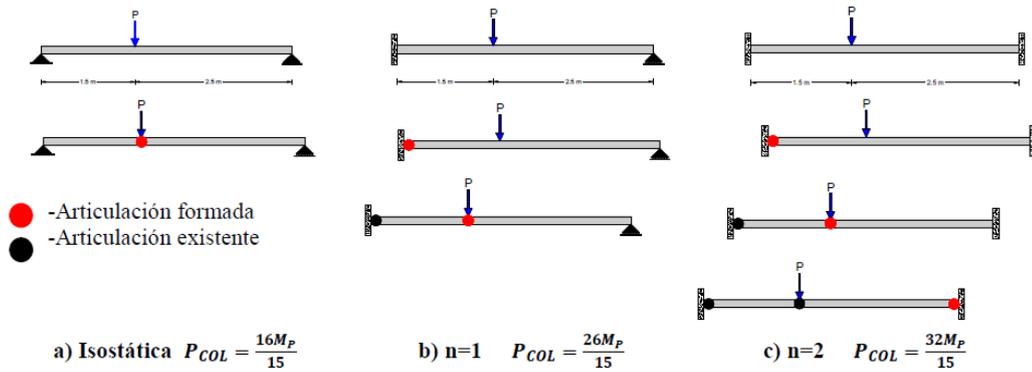


Figura 0-10: Efecto de la redundancia estructural en una viga. Fuente: Tena (2014).

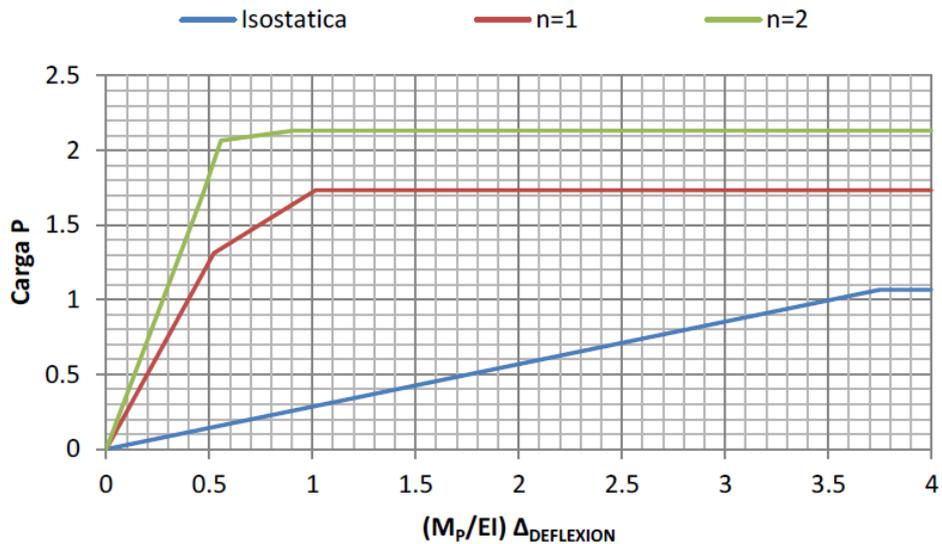


Figura 0-11: Efecto de la redundancia estructural en la rigidez y resistencia. Fuente: Tena (2014).

1.3.3 Variable dependiente

1.3.3.1 Vulnerabilidad sísmica

Es la predisposición intrínseca de la estructura de sufrir daños frente a la ocurrencia de algún evento sísmico, estas están directamente vinculadas con las características propias de la edificación, como sistema estructural, materiales, años de construcción, etc. (Zavala et al. 2014:p.5, Díaz, 2015:p5).

1.3.3.2 Modelos de análisis no lineal

Los modelos de análisis no lineal, son métodos matemáticos que incluyen la posibilidad de plastificación de un elementos estructural, es decir que consideran la proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones hasta cierto nivel, y a partir de este punto, existen una relación no lineal entre los esfuerzos y las deformaciones, entre los modelos más conocidos, el modelo de plasticidad concentrada, o de rotulas plásticas, el modelo de plasticidad distribuida entre otros (Li et. al., 2014:p.8).

1.3.3.3 Curva de capacidad

La curva de capacidad de una estructura o un elemento estructural, es una gráfica en la que se establece la relación existente entre la carga lateral aplicada y el desplazamiento asociado en el techo de la edificación o en el punto de control preestablecido (Chopra, 2012:p.50), en la figura 1-10 se muestra el modelo de una estructura de concreto armado típica y su curva de capacidad asociada, en la imagen también se puede apreciar el patrón de cargas laterales aplicada a la estructura, que en la generalidad de los casos intenta replicar la primera de forma de modo, por ser la dominante en el caso de edificaciones bajas; en la misma figura podemos apreciar las características más importantes de una curva de capacidad, como el punto de fluencia o punto de cadencia de la estructura (P_y), así como la resistencia lateral ultima, que en este caso tuvo un valor de P_u .

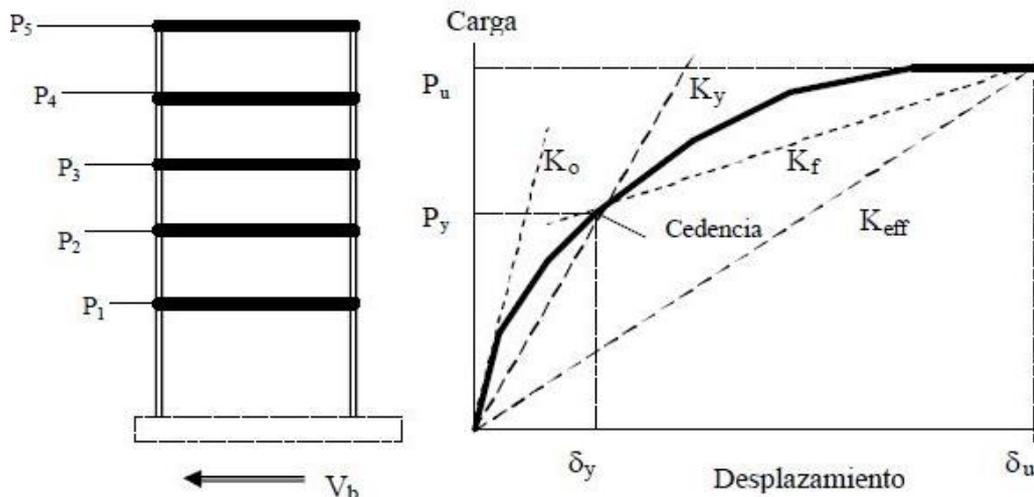


Figura 0-12: Estructura de concreto armado típica y su curva de capacidad (Chopra, 2012:p.8).

1.4 Formulación del problema

Descrita la realidad problemática en la que se funda el presente proyecto de investigación, y desarrollado los trabajos previos relativos al tema materia de investigación, así como las teorías relativas a la materia que trata el plan de tesis, se desprende el siguiente planteamiento del problema.

1.4.1 Formulación del problema general:

¿Por qué razón las viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral, distrito de Comas tienen un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica?

1.4.2 Formulación de los problemas específicos:

- ¿Cómo afecta la redundancia estructural de viviendas autoconstruidas en la vulnerabilidad sísmica de estas?
- ¿Qué efecto tienen los procesos constructivos inadecuados en la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas?
- ¿Qué efecto tienen los sismos con periodos de retorno de 475 años sobre las edificaciones autoconstruidas?

1.5 Justificación

Se determinó como tema de investigación la vulnerabilidad sísmica en razón que es parte de la realidad nacional la extendida a práctica de la autoconstrucción dentro de nuestro país, lo que nos ha lleva a una situación de gran peligro al ser estas edificaciones enteramente deficientes ante las exigencias de una alta probabilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud, lo que causaría terribles daños tanto en pedidas humanas como económicas. Por esta razón el presente proyecto de investigación se propone determinar la vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas autoconstruidas en el distrito de Comas con la finalidad de determinar el nivel preciso de riesgo que presentan estas edificaciones ante un eventual terremoto, cuantificar el tipo de daño estructural y el modo de fallo que se presenten en dichas estructuras.

Por ello la investigación proyectada pretende aportar nuevos datos en la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas construidas, los beneficios que se derivaran de la investigación proyectada incidirán en la obtención de la cuantificación del daño estructural y el modo de fallo que se espera presenten dichas estructuras con la finalidad de que la población tenga acceso a una formación precisa sobre nivel y el modo e fallo que se espera se produzcan en sus viviendas ante un sismo de gran magnitud, para que puedan anticipar el método de mitigación de desastres apropiado.

1.6 Hipótesis

En el presente proyecto de investigación se intenta pronosticar con base en los tres indicadores planteados en la formulación del problema, las siguientes hipótesis.

1.6.1 Hipótesis general:

Debido a la escasa redundancia estructural y al uso de materiales de construcción inadecuados, las viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral tiene un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica.

1.6.2 Hipótesis específicas:

- Debido a la escasa redundancia estructural de las viviendas autoconstruidas, estas tienen un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica.
- Los inadecuados procedimientos de construcción aplicados en viviendas autoconstruidas hace que estas tengan un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica.
- Debido a que los sismos con periodos de retorno de 475 años son considerados eventos raros, se espera que ante un evento de esta magnitud, las viviendas autoconstruidas queden severamente dañadas.

1.7 Objetivos de la investigación.

Habiéndose formulado los problemas a los que se propone dar respuesta en el posterior desarrollo de la investigación, a continuación se detallaran los objetivos que se pretende alcanzar con el tema materia de investigación.

1.7.1 Objetivo general:

Determinar porque razón las viviendas autoconstruidas, en la Av. El Parral, del distrito de Comas tiene un elevado nivel de la vulnerabilidad sísmica.

1.7.2 Objetivos específicos:

- Determinar las consecuencias que tiene la escasa redundancia estructural en la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral, Comas.
- Determinar el efecto que tienen los procedimientos de construcción inadecuados en la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral, Comas.
- Evaluar los efectos que producen un sismo con periodos de retorno de 475 años en una vivienda autoconstruida en la Av. El Parral, Comas.

2 CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1 Diseño de la investigación.

2.1.1 Enfoque de investigación

De acuerdo con Hernández (2014:p.50), el enfoque de la investigación “Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis”. De lo anterior, podemos concluir que la presente investigación es de tipo *cuantitativa*.

2.1.2 Tipo de investigación.

El presente plan de Tesis proyecta ser una investigación *aplicada* con un enfoque cuantitativo, en razón de ello se abocará en la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico con la finalidad de aportar evidencia en la explicación al problema de la investigación.

2.1.3 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación propuesta es *explicativa*, puesto que de acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014:p.85), los estudios explicativos parten de problemas bien identificados en los cuales es necesario el conocimiento de relaciones causa- efecto. En este tipo de estudios es imprescindible la formulación de hipótesis que, de una u otra forma, pretenden explicar las causas del problema o cuestiones íntimamente relacionadas con éstas.

2.1.4 Diseño de investigación.

El diseño de investigación a emplearse será *no experimental*, debido a que se estudiarán las propiedades mecánicas del suelo, mediante exploraciones físicas, en consecuencia. Se analizará la resistencia lateral, los efectos del uso de materiales de baja calidad y la distorsión que se

produce en viviendas auto-edificadas, a fin de determinar la correlación con el emplazamiento de dichas viviendas en los suelos.

El diseño general será *transversal*, debido a que la recolección de datos se hará en un solo momento, y se buscará describir y analizar las variables y determinar su interrelación. Además, que interesará conocer cuál es la situación en que se encuentra el problema identificado la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el distrito de comas- en un momento único o determinado, por lo tanto, no aplica a la presente investigación la delimitación temporal el problema planteado.

2.2 Método de investigación.

El método que se empleara en la investigación es:

El método hipotético-deductivo. - son los pasos o procedimientos que se utilizan en el presente proyecto de investigación, el cual presenta varios pasos esenciales: la observación del fenómeno a estudiar, la creación de una hipótesis para explicar el fenómeno observado y la verificación o comprobación de los enunciados de la hipótesis planteada verificándolos con la experiencia. Este método obliga al investigador a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación).

El método estadístico. - el método estadístico como proceso de obtención, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables o valores numéricos de un estudio o de un proyecto de investigación nos ayuda para una mejor comprensión de la realidad y una optimización en la toma de decisiones.

De forma genérica podemos entender que el método estadístico en general consiste en una serie de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación.

Dicho manejo de datos tiene por propósito la comprobación, en una parte de la realidad, de una o varias consecuencias deducidas de la hipótesis general de la investigación. Las características que adoptan los procedimientos propios del método estadístico dependen del diseño de investigación seleccionado para la comprobación de las hipótesis planteadas en la investigación.

Por ello en la investigación, la finalidad de la estadística es utilizar los datos obtenidos en una muestra de sujetos para realizar inferencias válidas para una población más amplia de individuos de características similares.

2.3 Variables y operacionalización

2.3.1 Identificación de las variables

2.3.1.1 Variable independiente

Según Borja (2012) tenemos que: “Es la variable que produce el efecto o es la causa de la variable dependiente” (Pág.53).

Variable (x): Viviendas autoconstruidas

Concepto: Proceso orientado a la construcción de estructuras hecha por personas no calificadas.

- Indicador: Redundancia estructural.
- Indicador: Proceso constructivo inadecuado.

2.3.1.2 Variable dependiente

Según Borja (2012) tenemos que: “Es el resultado o efecto producido por la acción de la variable independiente” (Pág.53).

Variable (y): Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas.

Concepto: La vulnerabilidad sísmica de una estructura o grupo de estructuras, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante

la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (Barbat, 1998:p.60).

- Indicador: Tipo de sistema estructural.
- Indicador: Calidad de los materiales de construcción.
- Indicador: Tiempo de uso de la edificación.
- Indicador: Respuesta a la aplicación del Método Estático no Lineal.

2.3.2 Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable (x): viviendas autoconstruidas	Proceso orientado a la construcción de estructuras, hecha por personas no calificadas.	Falta de elementos resistentes verticales, tales como columnas y muros.	Redundancia estructural Procedimiento constructivo inadecuado.	Número de elementos resistentes en dirección x Número de elementos resistentes en dirección y. $F_c' < 175 \text{ kg/cm}^2$ $F_m' < 40 \text{ kg/cm}^2$
<u>Variable Y:</u> Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas.	La vulnerabilidad sísmica de una estructura o grupo de estructuras, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (Barbat, 1998).	FEMA 273 (test que incluye inspección visual, evaluación del sistema estructural, materiales de construcción, año de construcción y otros más). ETABS versión 17 (generación de modelos computacionales). Método Estático no Lineal.	Calidad de los materiales Sistema constructivo Tipo de mano de Obra Año de construcción Tipo de material empleado	Tipo de sistema estructural. Calidad de los materiales de construcción. Tiempo de uso de la edificación. Respuesta a la aplicación del Método Estático no Lineal.

2.4 Población y muestra.

2.4.1 Unidad de análisis.

Según Hernández Sampieri (2014), podemos entender a la unidad de análisis como un concepto que: “[...] se centra en qué o quienes, es decir, en los participantes, objetos, sucesos o comunidades de estudio (unidades de análisis), lo cual depende del planteamiento de la investigación y los alcances de estudio” (Sampieri et. al., 2014: 172). Es decir, que la unidad de análisis se refiere a los objetos específicos que son materia de estudio de la presente investigación; en ese sentido, se define la unidad de análisis de la siguiente forma:

Edificación destinada a vivienda, construida sin el uso de planos, con la participación mano de obra no cualificada y el uso de materiales de baja calidad, ubicados en la Av. El Parral, del distrito de Comas.

2.4.2 Población.

Una población es el conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones (Sampieri et. al., 2014:p.85). Entonces, entendemos que la población es un conjunto conformado por todos los elementos o casos que define la unidad de análisis, en ese sentido establecemos la población para el presente proyecto de investigación de la siguiente forma:

Las viviendas autoconstruidas, con las características de la unidad de análisis mencionadas en el ítem anterior, ubicadas dentro de la Av. El Parral, del distrito de Comas.

2.4.3 Muestra

De acuerdo con Hernández Sampieri et. al. (2014), las muestras son un subconjunto de la población de estudio, elegidas bajo ciertas consideraciones que dependerán del tipo de estudio realizado. Según este autor y otros especialistas en el tema, existen esencialmente dos tipos de

muestras, las probabilistas y las no probabilistas (Hernández Sampieri et. al., 2014; Borja, 2010; Arbayza 2014; Alayza et. al., 2014, Domínguez et. al., 2010). En palabras textuales de Hernández Sampieri se tiene que:

Básicamente categorizamos las muestras en dos grandes ramas: las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas. En las muestras probabilísticas todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra [...]. (Hernández Sampieri et al., 2014: 176)

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. (Hernández Sampieri et al., 2014: 176)

En este punto es importante aclarar que de acuerdo con la norma técnica peruana de Mecánica de Suelos (E050, 2003), el número de puntos de investigación mínimo requerido depende del tipo de edificación que se encuentra presente, indicando que para urbanizaciones con viviendas de hasta cuatro niveles, se requiere de una muestra (calicata) por cada hectárea de terreno.

La zona estudiada, denominada Av. El Parral, tiene una longitud aproximada de 250 m de largo y ancho tributario, es decir un ancho equidistante de las avenidas continuas, de 40 m, por lo que el área total de estudio es de aproximadamente 10 000 m², es decir, un área de 1 Ha.

Teniendo en cuenta esto y los objetivos de la investigación propuesta, que en este caso es determinar la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas, se decidió hacer uso de un muestreo no probabilístico. Este constará de una edificación por cada punto de muestreo requerido por la norma E050, es decir una edificación por cada Ha de terreno, y como la cantidad de área analizada es de 1 Ha, se decidió elegir tres viviendas como muestra de este estudio.

Para tal fin se eligieron de manera específica tres viviendas ubicadas en la Av. El parral, estas tienen como características principales ser de albañilería confinada y no superar los cuatro niveles de altura.



Figura 2-1: Total de unidades de análisis dentro del distrito de Comas (población) y muestra elegida para el estudio (Av. El parral). Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-2: Vivienda autoconstruida de dos niveles de albañilería confinada, ubicada en la Av. El Parral, Comas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-3: Edificaciones de tres niveles, autoconstruidas y de albañilería confinada, ubicadas en la Av. El Parral, Comas. Fuente: Elaboración propia.

2.5 Instrumentos y técnicas de recolección de datos.

El presente plan de Tesis al proyectar una investigación con fuentes de información primarias (información de primera mano, recogidos originariamente por el investigador) se define como una investigación de campo, en la cual se utilizarán las siguientes Técnicas e Instrumentos de recolección de datos:

- La observación de campo no experimental (entendida como: aquella que se realiza cuando el investigador observa de manera neutral sin involucrarse en el medio o realidad en la que se realiza el estudio), será el recurso principal que se utilizará en la investigación proyectada; se realizaran en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados, el realizar la observación de campo requiere contar con una guía de información para recolectar los datos y para investigar los indicadores y relaciones entre las variables.
- Para la aplicación de esta técnica se utilizará el instrumento de la guía de observación de campo.

2.5.1 Técnicas

Según Hernández Sampieri (2014), las técnicas las podemos entender como:

[...] la técnica es el conjunto de mecanismos, medios, y sistemas de dirigir, recolectar, conservar y transmitir los datos [...]. Las técnicas están referidas a la manera como se van obtener los datos y los instrumentos son los medios materiales, a través de los cuales se hace posible la obtención y el archivo de la información requerida para la investigación. (Sampieri et al., 2014: 199).

Entonces en el presente proyecto de investigación se utilizará como técnica la observación experimental.

“La observación, como técnica de investigación científica, es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para

luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada.” (Bernal, 2010: 257). La observación experimental (entendida como: aquella que se realiza cuando el investigador observa de manera neutral sin involucrarse en el medio o realidad en la que se realiza el estudio), será el recurso principal que se utilizará en la investigación proyectada; La observación experimental se diferencia de la no experimental porque elabora datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, particularmente porque éste puede manipular la o las variables.

Por tanto, es esta la técnica de recolección de datos la más idónea para la investigación planteada en la presente investigación.

2.2.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán en la investigación proyectada son:

- Guía de recolección de datos referidos a la edificación de estudio, como técnica de recolección de información básica.
- Equipo para el corte directo de suelos
- Software de análisis no lineal ETABS V17, como herramienta de procesamiento de datos.

2.2.2. Validez

La validez de los instrumentos podemos entenderla como: “[...] el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir” (Sampieri et al., 2014: 201).

De acuerdo con esto podemos decir que los instrumentos usados en el desarrollo del trabajo propuesto, tales como el esclerómetro, el detector de las ondas de cuerpo, y el software de análisis no lineal ETABS V17, tienen una validez directa, ya que estos aparatos y en el caso del ETABS, software, son fabricados y hechos por empresas de reconocido prestigio, mismos que además son probados y verificadas extensamente. Además, se debe tener en cuenta que este tipo de instrumentos son de uso común

dentro de la práctica de la ingeniería civil, por lo que su validez interna está garantizada.

En el caso de las herramientas desarrolladas específicamente para el desarrollo de este trabajo, tales como la ficha de recolección de campo, adjuntada en los anexos, la validez interna vendrá dada por la opinión de tres expertos en el tema, los que serán ingenieros civiles con colegiatura vigente.

2.2.3. Confiabilidad

Respecto a la confiabilidad, podemos entenderla como: “[...] el grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales (Sampieri et al., 2014:200)”.

En el caso de los instrumentos de medición, tales como el esclerómetro y el ensayo de corte directo, podemos decir que su confiabilidad viene dada por la garantía de estos instrumentos, o en el caso de que este equipo sea provisto por alguna empresa, la confiabilidad de estos instrumentos viene garantizada por estas.

En el caso del software de análisis no lineal ETABS V17, la confiabilidad está garantizada, pues este está basado en un algoritmo basado en el método del elemento finito, por lo que si la data de ingreso es la misma en dos mediciones distintas, los resultados serán idénticos, por tanto, podemos decir que la confiabilidad de esta herramienta está garantizada.

2.3. Aspectos éticos

De acuerdo a los principios éticos y morales que respaldan esta investigación, toda información recolectada en campo, es confidencial, privada y de mi autoría. Para avalar esta investigación, el desarrollo de la metodología fue citado y descrito por diferentes autores, tomando como referencia el sistema ISO 690.

Y es así que en esta investigación se respeta la veracidad de los datos vertidos, y la genuinidad de la información. Así como la oportuna citas y referencias a los autores de las diferentes citas, gráficos e información utilizada con los fines de esta investigación.

3 CAPITULO III: ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 Ubicación de las unidades de estudio

Las estructuras elegidas para el estudio de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral, Comas, se muestran en la Figura 3-1. Estas viviendas fueron elegidas teniendo en cuenta que deberían ser edificaciones con uso de vivienda, ya sea vivienda unifamiliar o multifamiliar. Además, estas viviendas deben haberse dirigido por mano de obra no calificada. Este último requisito es fácil de cumplir, puesto que de la encuesta de campo realizada para determinar las viviendas más apropiadas para el estudio, se determinó que todas las viviendas de esta avenida fueron construidas por maestros de obra con un escaso conocimiento sobre la materia.

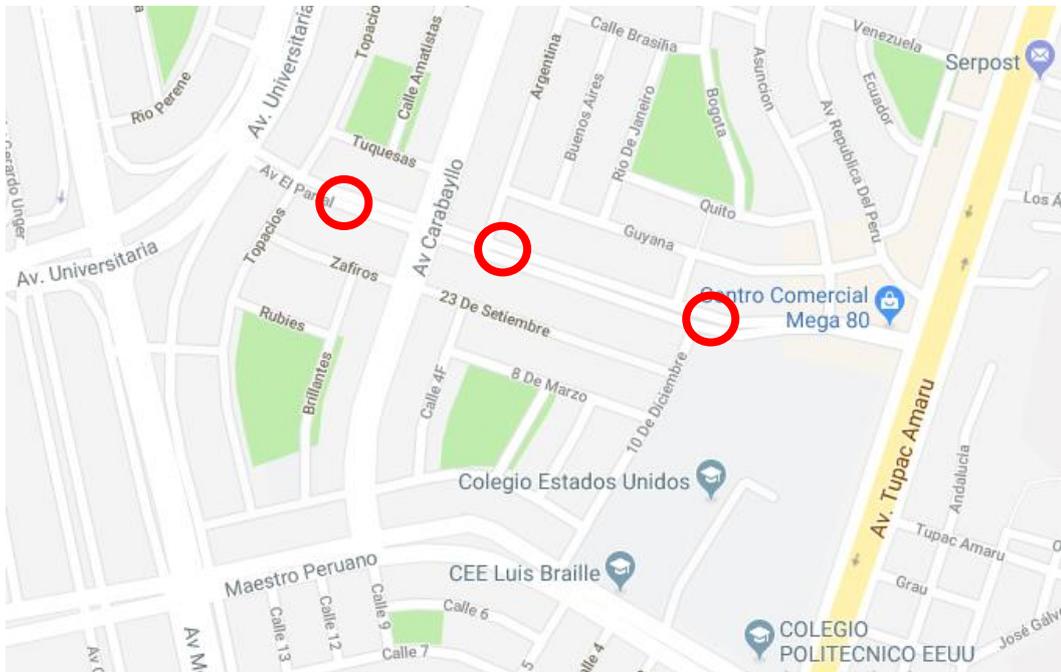


Figura 3-1: Ubicación de las edificaciones elegidas para el estudio de vulnerabilidad sísmica. Fuente: Elaboración propia.

Un criterio adicional fue elegir viviendas con números de pisos diferentes. De esta manera, se eligieron tres edificaciones, todas viviendas autoconstruidas, donde la primera tuvo dos niveles, la segunda, tres niveles y la tercera cuatro niveles.



Figura 3-2: Vivienda autoconstruidas de cuatro y tres niveles, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-3: Vivienda autoconstruida de dos niveles de albañilería confinada, ubicada en la Av. El Parral, Comas. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Modelos de análisis lineal

Los modelos de análisis lineal son una serie de planteamientos matemáticos basados en la suposición de que existe proporcionalidad entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones obtenidas, y teniendo en cuenta que la proporcionalidad de los esfuerzos y las deformaciones se da sólo en un rango muy pequeño del dominio de las función de esfuerzos; se concluye que, este tipo de análisis tiene validez sólo en el caso en que los

esfuerzos provoquen deformaciones menores al límite de proporcionalidad de los materiales involucrados. En este punto conviene recordar que en el caso del acero de refuerzo, el límite de proporcionalidad está cerca del esfuerzo de fluencia, por tanto se puede plantear que, en el caso de las estructuras de acero, los análisis lineales son válidos, únicamente cuando se cumple que:

$$\varepsilon < \varepsilon_y$$

En el caso de elementos de concreto, es más difícil definir una deformación que defina el límite de proporcionalidad; sin embargo, en la práctica de la ingeniería es habitual establecer un límite elástico en términos de esfuerzos, específicamente, se dice que existe relación de proporcionalidad en el concreto cuando:

$$\sigma < 0.40f'_c$$

Como se mencionó anteriormente, los análisis lineales nos brindan información de una parte muy pequeña de la respuesta de una estructura, para darnos una idea del tamaño que los modelos de análisis lineal abarcan, basta con tomar en cuenta que los aceros de refuerzo tradicionales abarcan hasta una deformación unitaria de 0.20, mientras que la deformación de fluencia típica es de 0.002, es decir que los análisis lineales sólo pueden predecir la centésima parte de la respuesta total de la estructura.

3.3 Análisis estático no lineal

Los análisis estáticos no lineales son un conjunto de métodos matemáticos pensados para el estudio de la respuesta estructural en todo el rango de su comportamiento. Para esto, los análisis estáticos no lineales consideran la posibilidad de que los elementos estructurales tengan comportamiento no lineal, es decir, de que en algún momento las relaciones fuerzas y deformaciones dejen de ser lineales.

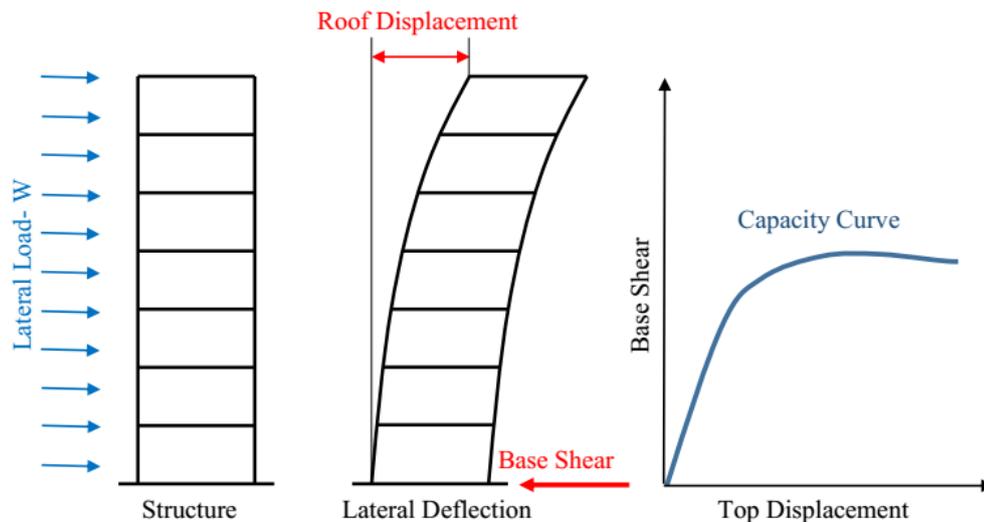


Figura 3-5: Procedimiento usado en el análisis estático no lineal. Fuente: Marabi (2016).

El procedimiento consiste, en primer lugar, en la creación de un modelo que sea capaz de modelar las zonas en las que se espera ocurra comportamiento no lineal. Tales zonas, comúnmente, se localizan en los extremos de las columnas y las vigas, mientras que en el caso de muros de concreto armado, estas zonas son distribuidas y se concentran, de manera global, en las zonas de los primeros pisos.

El segundo paso es la aplicación de un conjunto de cargas laterales, las que usualmente representan la acción del sismo. Este conjunto de cargas se deben aplicar de manera paulatina, de tal manera que los efectos de esta no generan acciones dinámicas en la estructura.

El proceso mencionado da como resultado una curva que relaciona la resultante de las fuerzas laterales aplicadas con los correspondientes desplazamientos, como se muestra en la Figura 3-5, tal curva, a menudo, se llama curva de capacidad. Esta curva es una característica de la estructura estudiada y nos brinda información importante de esta, por ejemplo la fuerza lateral máxima que es capaz de soportar o su capacidad de deformación.

3.4 Diferencias entre el análisis lineal y el estático no lineal

La diferencia más importante entre un análisis línea y uno estático no lineal está en que el primero es una forma de análisis muy limitado que sólo nos brinda información de la primera parte de la respuestas de una estructura, mientras que, el análisis estático no lineal, nos da información de todo el rango de comportamiento. En la Figura 3-6 se muestra de manera gráfica las diferencias encontradas entre estos tipos de análisis.

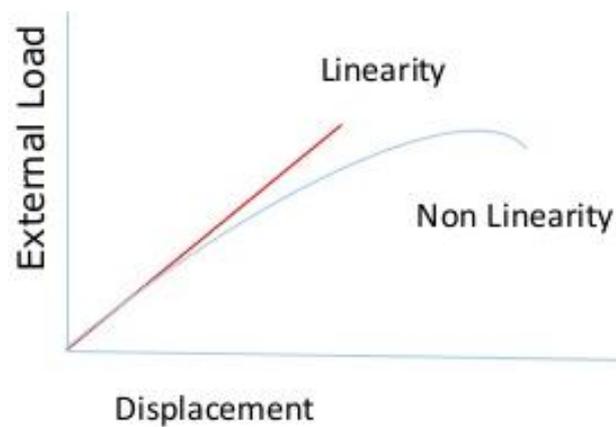


Figura 3-6: Comparación de la respuesta lineal y la respuesta no lineal.

Fuente: Marabi (2016).

3.5 Determinación de la resistencia a la compresión del concreto

En general, la determinación de la resistencia a la compresión de un concreto colocado es una tarea con cierta complejidad, ya que al estar colocado y formar parte de un sistema estructural, la extracción de testigos se hace complicada, ya que es una técnica de ensayo destructiva. Existen técnicas alternativas, denominadas ensayos de resistencia no destructivos, una de tales pruebas, y probablemente la más conocida es la esclerometría.



Figura 3-7: Esclerómetro y su aplicación en la técnica de la esclerometría.

Fuente: Otazzi (2006).

Esta técnica consiste en golpear un concreto existente con un pequeño martillo conocido usualmente como esclerómetro, este al rebotar nos marca una longitud, la que esta correlacionada con la resistencia a la compresión, por lo que esta medida es indirecta.

Aunque la esclerometría es una técnica de inspección muy difundida, a lo largo de su aplicación en la ingeniería, se ha notado que, en general no brinda resultados muy precisos, por lo que su uso debe ser verificado por el uso de otras técnicas de muestreo.

Frente a esta realidad, en este trabajo se usará un método diferente e indirecto para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto colocado en las edificaciones estudiadas. Tal método consiste en la determinación de la resistencia a la compresión mediante la determinación de las proporciones que fueron usadas para la fabricación del concreto.

Tabla 3-1: Proporciones típicas de una mezcla para concreto de $f'c=210$ kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

cemento	350.91	kg	8.26	bls
a.fino	765.72	kg	0.52	m ³
a.grueso	1010.02	kg	0.66	m ³
agua	246.98	l	0.25	m ³

Para esto se tomará en consideración que de acuerdo con la *Portland Concrete Association* (PCA), la resistencia a la compresión del concreto depende directamente de la relación agua cemento (a/c), es decir de la cantidad de agua presente en las mezclas con respecto de la cantidad de cemento usado.

Tabla 3-2: Relación existente entre la relación agua cemento y la resistencia a la compresión. Fuente: *American Concrete Institute* (ACI).

$f'c$ (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

De acuerdo con la Tabla 3-2, si se tiene una relación agua cemento de 0.70, se tendrá una resistencia a la compresión de 200 kg/cm², mientras que si se tiene una relación agua cemento de 0.80, la resistencia del concreto será de 150 kg/cm².

Además, de acuerdo con la práctica constructiva actual, las proporciones típicas de los componentes presentes en una mezcla de concreto de resistencia 210 kg/cm², deberían ser aproximadamente las proporciones presentadas en la Tabla 3-1. Aunque, en la construcción de viviendas informales, en las que generalmente participa personal no calificado, es de esperarse que la resistencia a la compresión se inferior, debido a que los operarios agregaron mayor cantidad de agua.

En el caso de la primera vivienda estudiada, se realizó una encuesta a los propietarios de las viviendas, quienes resultaron haber sido participes en la construcción de esta vivienda, encontrado que, en esta se usaron aproximadamente ocho bolsas de cemento por cada metro cubico de mezcla de concreto, y que se usaron aproximadamente 10 latas de aceite de 18l. Estos datos indican que se usaron un total de 180 l de agua, mientras que el volumen de cemento, calculado en este trabajo teniendo en cuenta que cada bolsa de cemento tiene un volumen de aproximadamente 28 l, fue de 224l. Estos datos nos muestran que la relación agua cemento usada para la preparación de las mezclas de concreto fue:

$$a/c=180/224=0.80$$

De este resultado se concluye que la relación agua-cemento (a/c), estuvo en el orden de 0.80; por lo que se concluye que la resistencia a la compresión del concreto usado en esta edificación fue de 150 kg/cm².

Con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión del concreto colocado en las dos viviendas restantes, se procedieron a realizar encuestas similares con los propietarios de las viviendas bajo estudio, encontrado los resultados mostrados en la Tabla 3-3.

Finalmente, por medio las relaciones existentes entre las relaciones agua cemento y la resistencia a la compresión del concreto, se determinaron los valores mostrados en la Tabla 3-4.

Tabla 3-3: Relaciones agua-cemento encontradas en las viviendas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

Vivienda	Cemento Bolsas	Cemento (L)	Agua (Latas 18L)	Agua (L)	a/c
V01	8	224	10	180	0.80
V02	9	224	10	180	0.80
V03	8	252	10	180	0.70

Tabla 3-4: Resistencias a la compresión del concreto encontradas en las viviendas bajo estudio. Fuente: Elaboración propia.

Vivienda	a/c	f'c (kg/cm ²)
V01	0.80	150
V02	0.80	150
V03	0.70	200

3.6 Estudios de los tipos de suelos presentes

Con la finalidad de determinar las características de los tipos de suelos que sirven como fundación de las estructuras estudiadas, se procederá a realizar los estudios respectivos de estos. Los estudios de suelos programados serán:

Clasificación de suelos: Este estudio tiene como finalidad determinar qué tipo de suelo se encuentra presente como suelo de fundación de las estructuras estudiadas. Este dato nos permitirá darnos una idea general de las propiedades mecánicas más importantes de los suelos.

Ensayo de corte directo: Este estudio consiste en la aplicación de cargas verticales en una muestra del suelo de interés, la que a su vez es sometida a una serie de esfuerzos horizontales para determinar el esfuerzo de corte. Este ensayo nos permite obtener dos parámetros fundamentales del suelo, el Angulo de fricción interno (ϕ) del suelo y la cohesión de este (c).

Profundidad de exploración: De acuerdo con el numeral 2.3.2 c de la norma de suelos (E050), la profundidad de exploración mínima puede obtenerse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$p = D_f + z$$

Donde, D_f , es la profundidad de cimentación, medida desde el nivel de terreno natural hasta el fondo de la zapata más profunda; mientras que $z=1.5B$, donde B es el ancho de la cimentación prevista.

De acuerdo con las condiciones de este trabajo de investigación, se determinó que:

$$D_f=1.20\text{m}$$

$$Z=1.5*1\text{m}=1.5\text{m}$$

Por lo que la profundidad mínima de exploración debe ser de:

$$P=2.7\text{m}$$

3.8 Determinación de las resistencias de la albañilería

El modelamiento del comportamiento estructural de los muros de albañilería confinada depende en gran medida de nuestra capacidad de predecir el comportamiento mecánico de los elementos constituyentes, tales como, el concreto, el acero de refuerzo y la albañilería confinada.

Sin embargo, para poder determinar el comportamiento de cada material, es necesario recurrir a los ensayos de laboratorio, para poder determinar así, las verdaderas relaciones constitutivas entre los esfuerzos y las deformaciones asociadas.

Muchos de estos procedimientos están preestablecidos y normados, tal es el caso de los ensayos realizados en el concreto, con la finalidad de determinar las relaciones esfuerzo deformación.

3.9 Pilas de albañilería

En el caso de la albañilería, al tratarse de un material anisotrópico, es necesario el estudio de las relaciones constitutivas en por lo menos dos direcciones, en dirección perpendicular a la cara de asiento de las unidades de albañilería y en dirección diagonal.

Con la finalidad de poder determinar el comportamiento mecánico a compresión de los muros de albañilería, se construyen pequeños muros de albañilería, denominados usualmente pilas de albañilería, las cuales son construidas uniendo las unidades de albañilería mediante mortero de cemento. Finalmente, el espécimen construido es sometido a un ensayo de compresión axial. En la Figura 3-9 se muestra la disposición típica para el ensayo de pilas de albañilería.

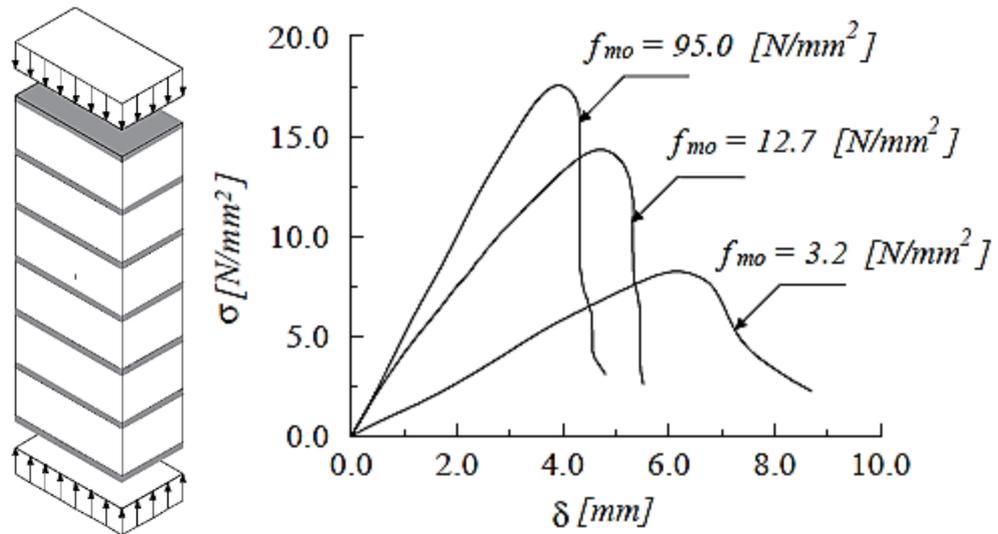


Figura 3-9: Pila de albañilería típica sometida a esfuerzos de compresión simple y curvas esfuerzo deformación típicas Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).

En la Figura 3-9 se muestran un grupo de curvas esfuerzo deformaciones típicas, obtenidas del ensayo de resistencia a la compresión de pilas de albañilería. De estos resultados se puede observar que, en general, la resistencia máxima se alcanza a valores de deformación unitaria que están dentro del rango de 4mm y 6mm.

3.10 Muretes de albañilería

Los muretes de albañilería son muros cuadrados de albañilería de 60cm x60cm, contruidos uniendos unidades de albañilería con mortero de cemento y arena. El proceso constructivo debe guardar relación con los procedimientos que se aplicarían en la construcción de este tipo de elementos en obra. En la Figura 3-10 se muestra el esquema típico de aplicación de cargas sobre este tipo de especímenes.

La aplicación de este tipo de cargas nos permite estudiar el comportamiento de la albañilería frente a la acción de las cargas diagonales. Estos resultados serán en general, de gran utilidad, ya que cuando un muro de albañilería confinada se encuentra sometido a cargas laterales, el muro se encuentra sometido a cargas de compresión diagonales.

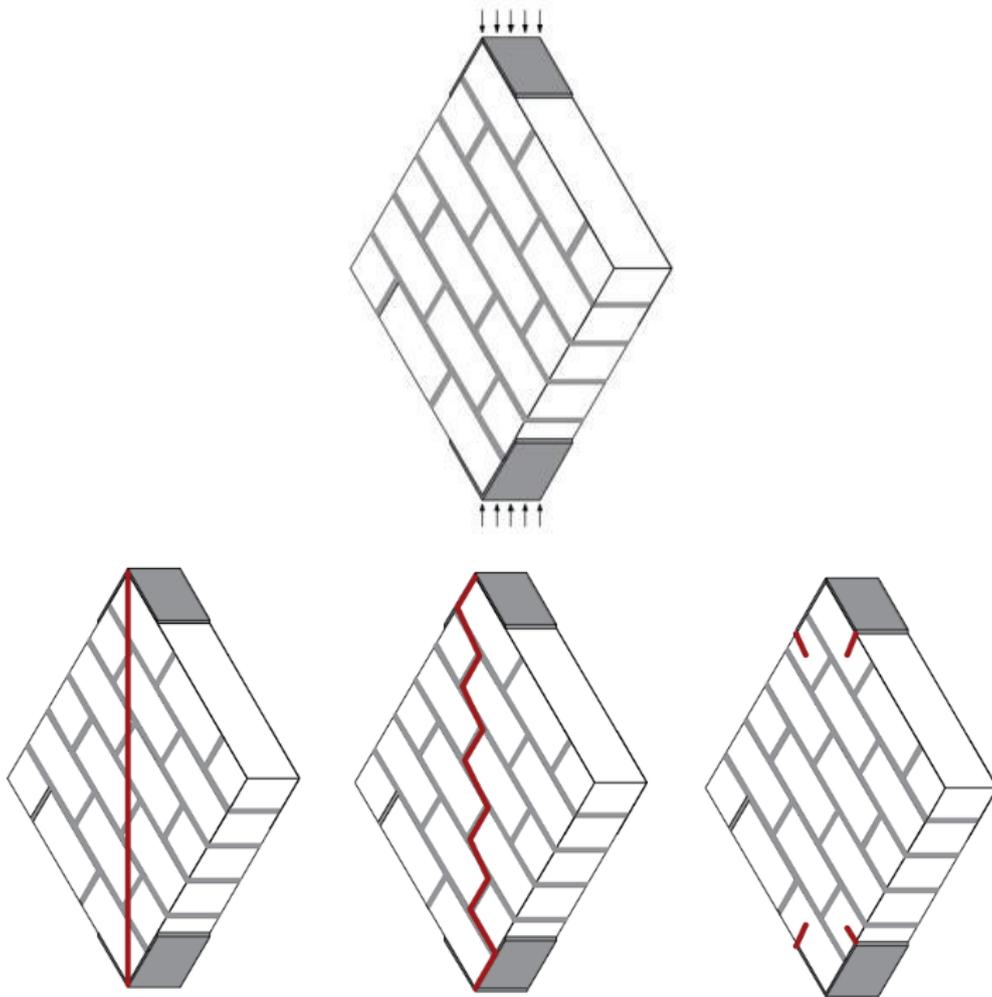


Figura 3-10: Forma de aplicación de las cargas externas, y los modos de falla experimentados. Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).



Figura 3-11: Muretes de albañilería de 60cmx60cm y muretes instrumentados. Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).

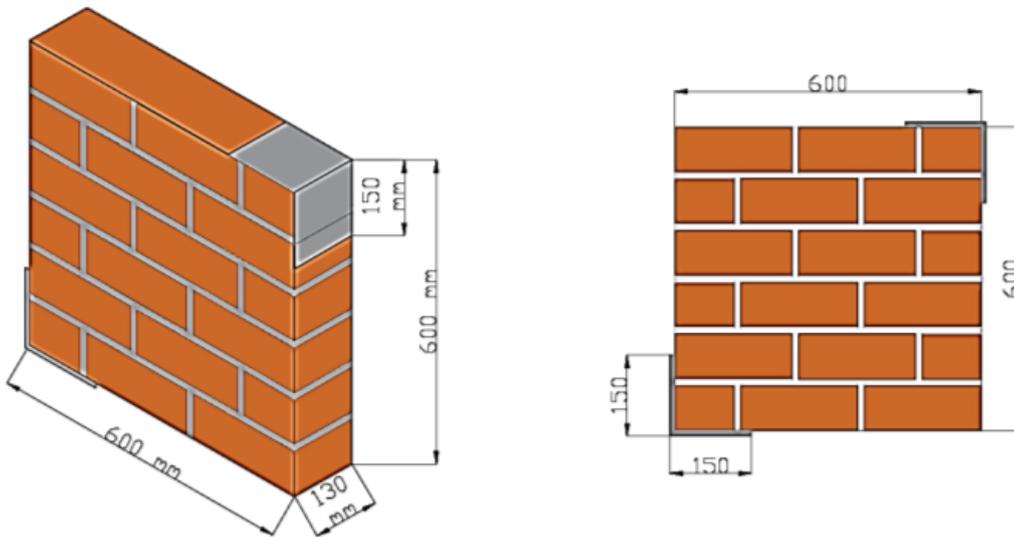


Figura 3-12: Características geométricas típicas de los muretes de albañilería. Fuente: Macromodelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla, Salinas (2017).

3.11 Modelamiento de la estructura E01

Con la finalidad de evaluar la respuesta sísmica de las edificaciones elegidas para el presente estudio, se procedió modelar estos mediante el software de análisis no lineal ETBAS.



Figura 3-13: Modelo tridimensional generado en ETABS. Fuente: Elaboración propia.

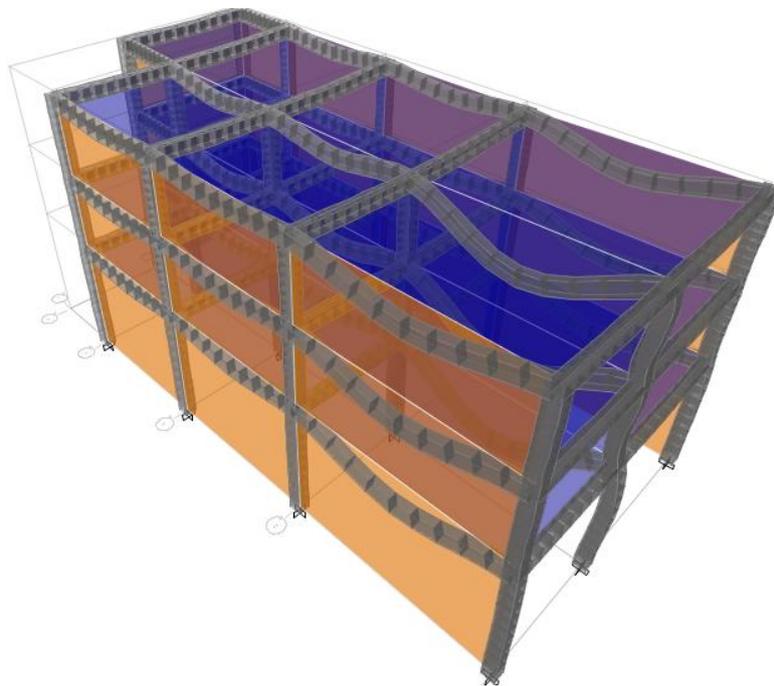


Figura 3-14: Deformada de la estructura estudiada, debido a las cargas gravitacionales. Fuente: Elaboración propia.

La primera edificación analizada consistió de una edificación autoconstruida de tres niveles, una de las características más importantes de esta edificación es la gran rigidez lateral en la dirección más larga y la escasa rigidez en la dirección corta. El modelo tridimensional desarrollado en ETABS se muestra en la Figura 3-13. Como se puede observar de este modelo, la estructura estudiada tiene solo tres ejes resistentes en la dirección x.

Una vez obtenido el modelo se procedió a la aplicación de las cargas gravitacionales, consistentes esencialmente en cargas muertas y vivas. Dentro las primeras se consideraron los acabados y la tabiquería, mientras que en el segundo caso se consideraron las cargas dadas por el reglamento de cargas E020. Del metrado de cargas se encontró que las cargas muertas fueron de 250 kg/m^2 y las cargas vivas tuvieron un valor de 250 kg/m^2 .

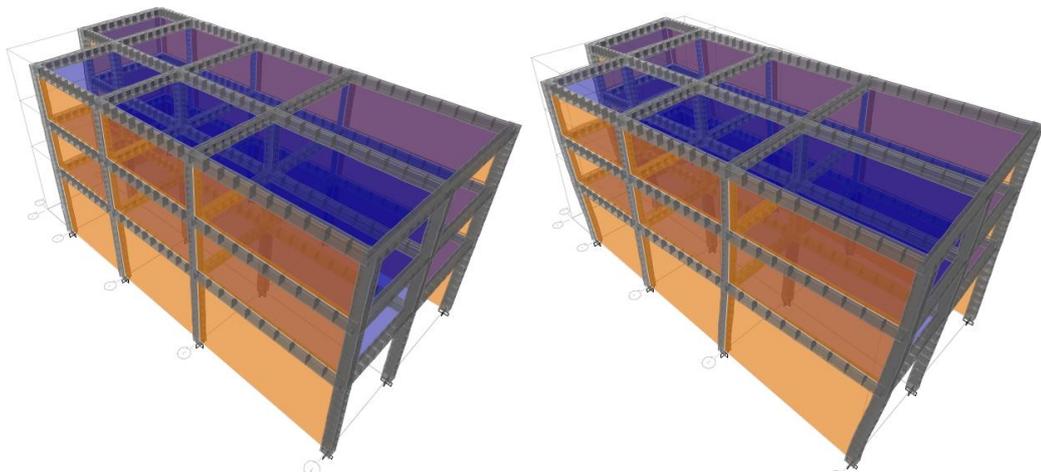


Figura 3-15: Primera y segunda formas de modo de la estructura estudiada. Fuente: Elaboración propia.

Después de la aplicación de las cargas gravitacionales, se efectuó un análisis estructural por cargas gravitacionales, encontrado como deformada los resultados mostrados en la Figura 3-14. En este punto conviene aclarar que siempre es recomendable realizar un análisis por cargas gravitacionales, para poder evaluar, por medio de la experiencia, si los resultados son coherentes, de ser este el caso, se debe proseguir con

los sucesivos pasos del análisis estructural, de lo contrario se deben repetir los pasos hechos hasta ahora.

Una vez que se han comprobado los resultados obtenidos del análisis sísmico estático, conviene la evaluación de las formas de modo de la estructura. En este punto conviene aclarar que la respuesta dinámica de una estructura cualquiera está vinculada con las formas de modo, es decir, que la respuesta dinámica se verá influenciada por el cálculo de las formas modales.

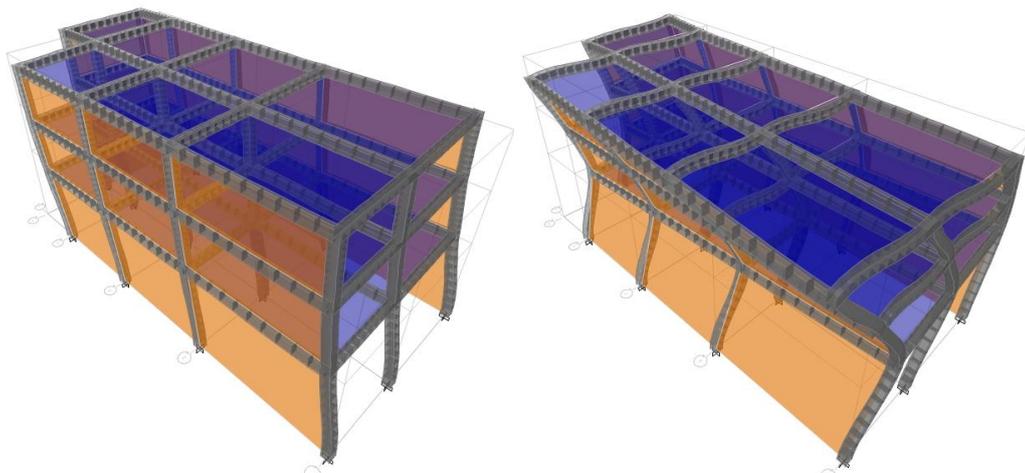


Figura 3-16: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura estudiada.

Fuente: Elaboración propia.

Se procede a la obtención de las formas de modo, mediante la aplicación de un análisis modal. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3-15 y Figura 3-16. De estos resultados se puede comentar que, para la estructura analizada, la primera forma de modo resulto ser traslacional, mientras que la tercera forma de modo resulto ser rotacional. Además de las formas de modo mencionadas dentro de las figuras mencionadas se presentó la cuarta forma de modo, la que, como se puede observar, resulta ser traslacional en x.

3.11.1 Determinación de la demanda sísmica

Una vez que se han determinado las formas de modo de la estructura estudiada, es decir las características dinámicas de la estructura, es necesario determinar la demanda sísmica que actuará sobre la estructura estudiada. De acuerdo con la norma de diseño sísmico (E030, 2016), la demanda sísmica viene representada por un espectro de diseño, el que se debe obtener de acuerdo con sus lineamientos. Los parámetros sísmicos definidos con este fin son, el factor de zona (Z), este factor nos brinda la aceleración máxima probable en suelo rígido, con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de exposición de 50 años. Además, teniendo en cuenta que las estructuras estudiadas se encuentran dentro del distrito de Comas, se puede apreciar, de acuerdo con la misma normativa, que este factor será de 0.45. Es importante aclarar que este valor solo depende de la posición espacial de la estructura estudiada, por lo que este valor será constante para todos los análisis efectuados en este trabajo de investigación.

El factor de suelo (S), es un factor que incide de manera notable en el cálculo de la demanda sísmica, ya que toma en cuenta que la aceleración del suelo se verá afectada según el suelo. Adicionalmente, es importante mencionar que entre las características dinámicas del suelo, es importante tomar en cuenta a su frecuencia natural de vibración (T_p). Este parámetro es de vital importancia, pues determinará las características de amplificación dinámica de la interacción suelo estructura (C). Un parámetro recientemente introducido por la norma de diseño sísmico, es el periodo largo del suelo (T_l), este parámetro está vinculado con los desplazamientos espectrales, pues se introdujo con la finalidad de marcar el límite de los desplazamientos máximos para estructuras de periodo largo; sin embargo, en el presente estudio, este parámetro tendrá poca relevancia, pues los periodos de las estructuras analizadas, son en general, cortas, por lo que se encontrarán en la zona de periodos cortos.

El parámetro relacionado con la importancia de la estructura es el factor de importancia (U). Este parámetro nos permite incrementar el nivel de peligro sísmico, de acuerdo con la importancia de una estructura, ya que es obvio que no es lo mismo el diseño de un hospital con el de una vivienda.

Finalmente, es importante tener en cuenta que un parámetro adicional para poder obtener el espectro de diseño es el factor de reducción de fuerzas sísmicas (R). Sobre este factor, se puede mencionar que esencialmente depende del tipo de sistema estructural, de hecho, de acuerdo con la norma de diseño sísmico (E030, 2016), este parámetro toma el valor de 3, para el caso de la albañilería, u 8, para el caso de pórticos de concreto armado. Sobre esto, resulta oportuno aclarar que las edificaciones analizadas, tienen la particularidad de usar albañilería confinada en una dirección, usualmente la dirección más alargada, mientras que en la dirección más corta, el sistema estructural predominante fueron los pórticos de concreto armado. Un resumen de los parámetros de diseño obtenidos de acuerdo con las condiciones estudiadas se muestra a continuación.

Z	0.45	De acuerdo a la ubicación es de 0.45 (zona4)
S	1.10	De acuerdo al tipo de suelo. (S ₃)
T _p	1.00	Periodo natural del suelo. (S ₃)
T _l	1.60	Periodo largo del suelo. (S ₃)
U	1.00	Factor de uso (edificaciones comunes)
R _o	3.00	Factor de reducción básico de la albañilería
I _a	1.00	Irregularidad en altura (sin irregularidad)
I _p	1.00	Irregularidad en planta (sin irregularidad)
R	3	Factor de reducción $R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$

3.11.2 Determinación de la demanda sísmica en pórticos

Z	0.45	Factor de zona
S	1.10	Factor de suelo
T _p	1.00	
T _l	1.60	
U	1.00	Factor de uso
R _o	8.00	Factor de reducción básico (pórtico)

la	1.00	Irregularidad en altura (sin irregularidad)
lp	1.00	Irregularidad en planta (sin irregularidad)
R	8	Factor de reducción $R=R_o \cdot I_a \cdot I_b$

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3-17 y Figura 3-18. De estos gráficos se puede observar que la aceleración máxima encontrada en estructuras de periodo corto, es decir, menores que el TI, la aceleración máxima fue de 4 m/s².

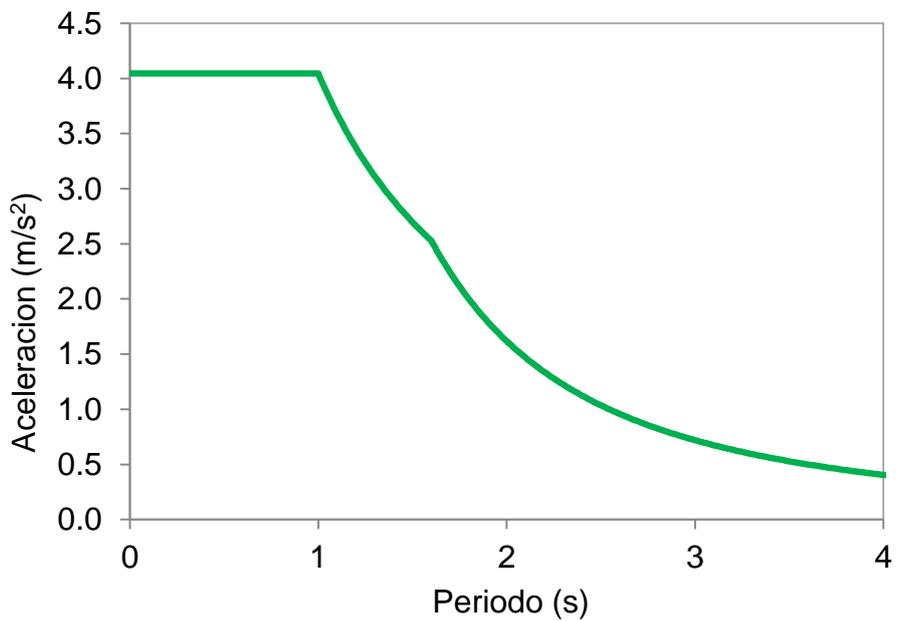


Figura 3-17: Espectro de diseño correspondiente a pórticos de concreto armado. Fuente: Elaboración propia.

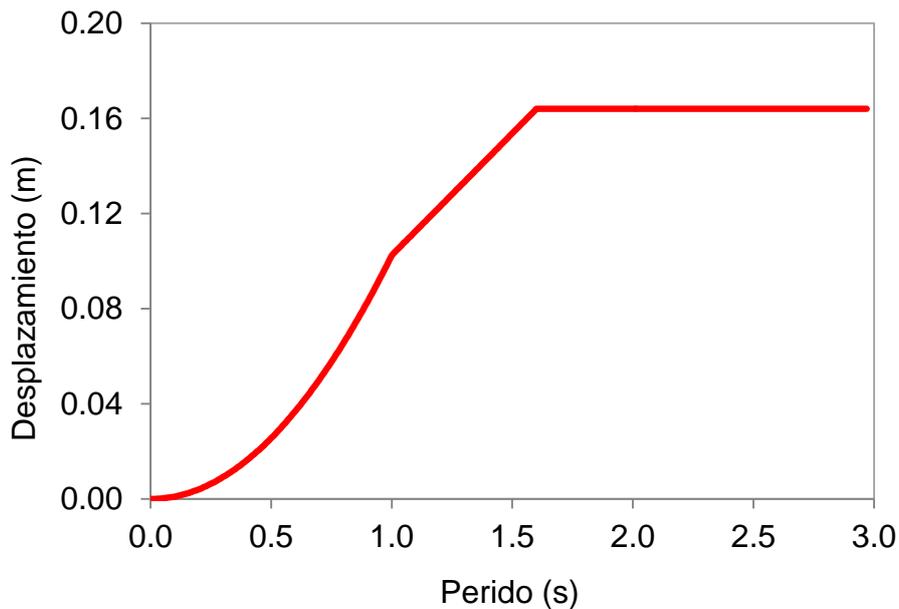


Figura 3-18: Espectro de diseño correspondiente a pórticos de concreto armado. Fuente: Elaboración propia.

3.11.3 Respuesta sísmica

Una vez modelados la geometría de la estructura, las cargas gravitacionales y la demanda sísmica de diseño, se procede a la realización de un análisis dinámico, conocido como análisis modal espectral.

Los desplazamientos máximos que la estructura sufre, debido a la acción de los sismos encontrados en la sección anterior, se muestran, de manera gráfica en la

Eje X

Eje Y

Figura 3-19. Como se puede apreciar de estas figuras, el desplazamiento máximo encontrado en la dirección x, debido al sismo en x, fue de 12.8 cm; mientras que, el desplazamiento máximo, debido al sismo en y, fue de 1.80 cm.

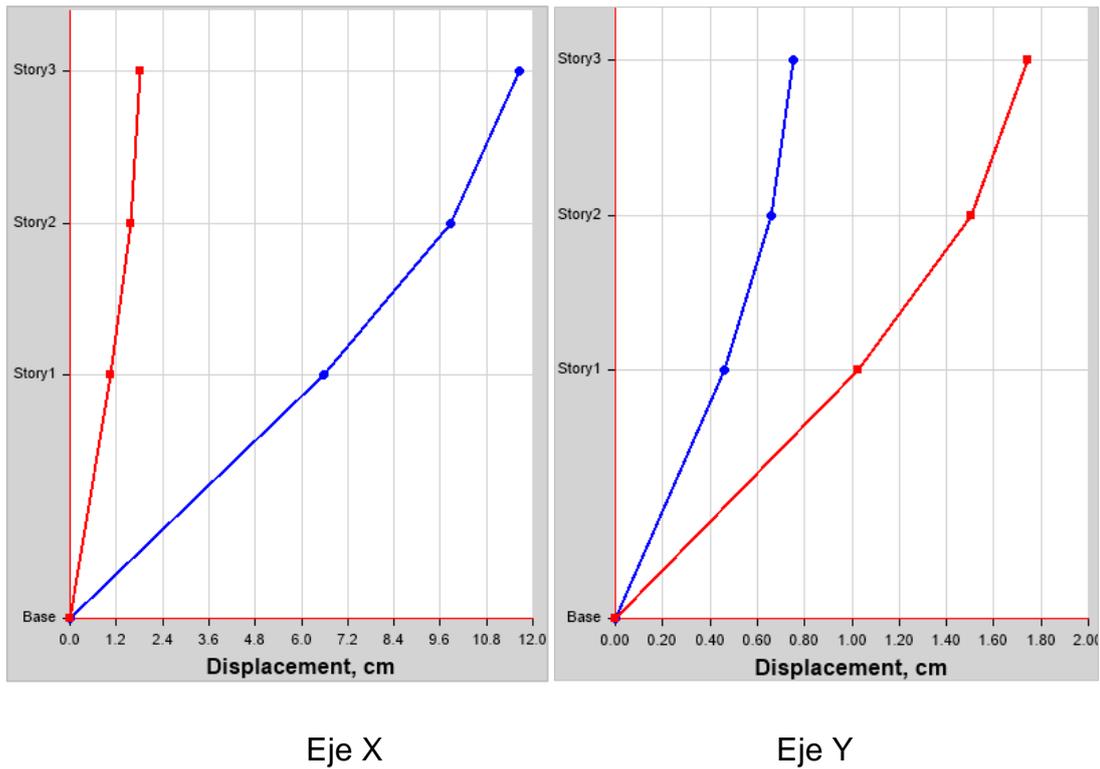


Figura 3-19: Desplazamiento máximos en direcciones x e y. Fuente:
Elaboración propia.

Otro parámetro de gran importancia en el estudio de la respuesta sísmica de estructuras, es la distorsión de entrepiso, definida como el desplazamiento relativo de un entrepiso dividido por la altura de este. El cálculo de este parámetro resulta de gran importancia, pues se ha observado que este parámetro está vinculado directamente con el daño de las estructuras. Además, de acuerdo con la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2016), las distorsiones máximas permitidas son de 0.007, para el caso de pórticos de concreto armado, mientras que, las distorsiones máximas permitidas para el caso de albañilería confinada, son de 0.005.

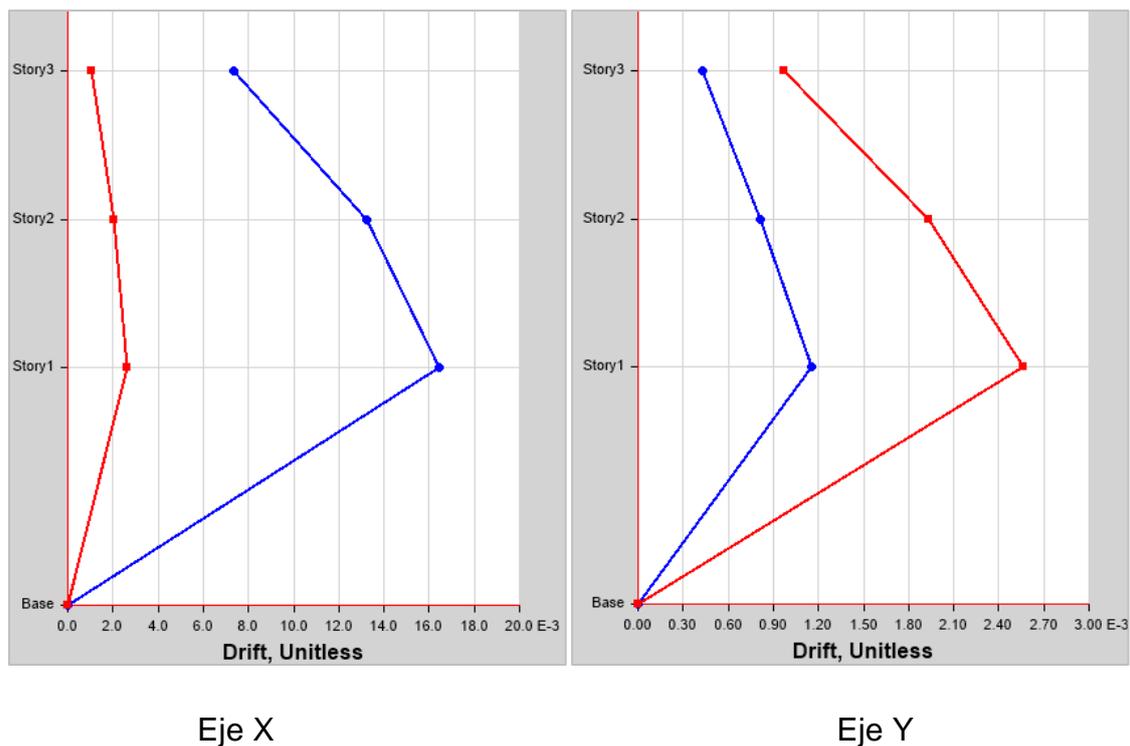


Figura 3-20: Máximas distorsiones de entrepiso encontradas en las estructuras estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de poder determinar si las máximas distorsiones presentes en la edificación de estudio están dentro de los límites establecidos por la norma peruana de diseño sísmico, estas han sido determinadas para los sismos considerados en la sección anterior y se muestran en la Eje X Eje Y

Figura 3-20. Como se puede apreciar, las distorsiones máximas encontradas en dirección x, fueron de 16/1000, es decir, más de dos veces la distorsión máxima permitida para el caso de pórticos de concreto armado; mientras que, en el caso de las máximas distorsiones encontradas en la dirección y, se observó que esta alcanzó un valor de 2.7/1000, es decir, un valor inferior al máximo permitido de 5/1000.

De los resultados mostrados se concluye que la edificación estudiada posee muy poca rigidez en la dirección más corta, por lo que se anticipa que esta requerirá de un reforzamiento para poder garantizar su integridad y la de sus ocupantes frente a la acción de un sismo consecuente.

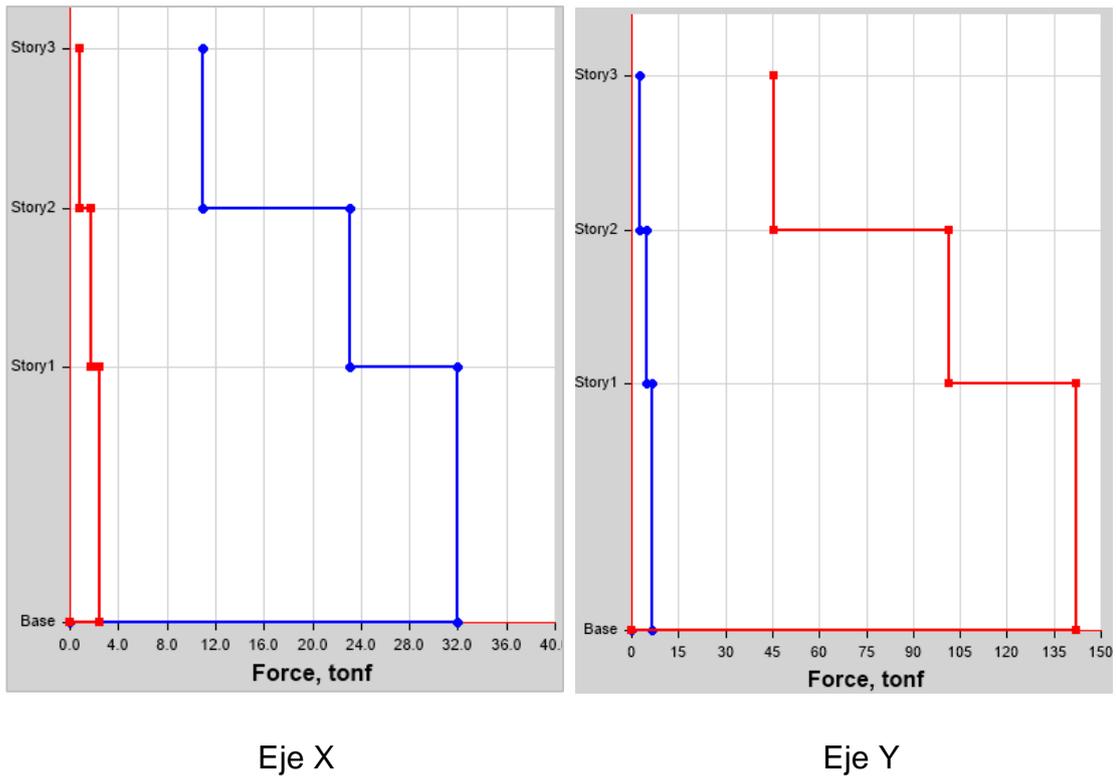


Figura 3-21: Distribución de fuerzas cortantes máximas encontradas en la estructura estudiada. Fuente: Elaboración propia.

3.12 Modelamiento de la estructura E02

La estructura E02 se modeló usando el entorno del software de análisis no lineal ETABS. En la Figura 3-22 se muestra el modelo tridimensional obtenido.

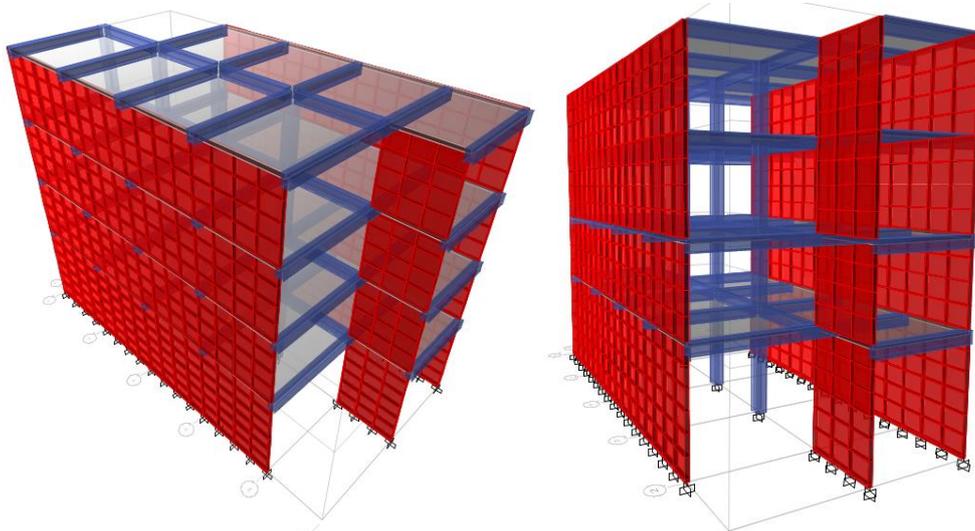


Figura 3-22: Modelamiento de la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.

3.12.1 Aplicación de cargas gravitacionales

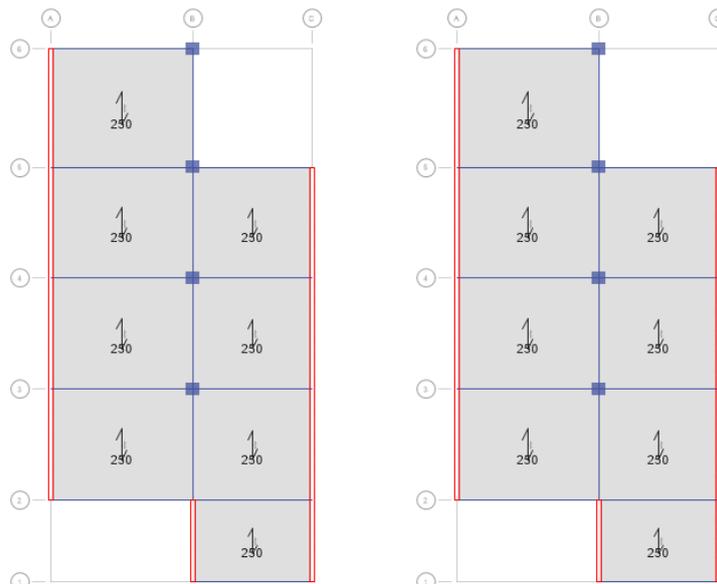


Figura 3-23: Aplicación de las cargas gravitacionales, muertas y vivas. Fuente: Elaboración propia.

3.12.2 Análisis modal

Con la finalidad de poder determinar las respuestas dinámicas de la estructura, se procedió a determinar las formas de modo de la estructura.

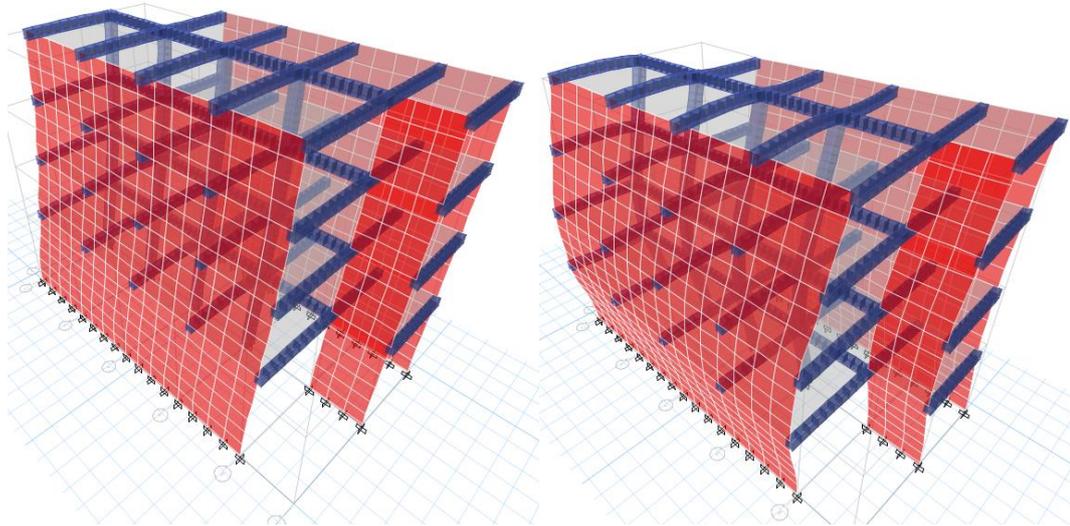


Figura 3-24: Primera y segunda formas de modo de la estructura E02,
 $T_1=1.5$ s y $T_2=0.5$ s.

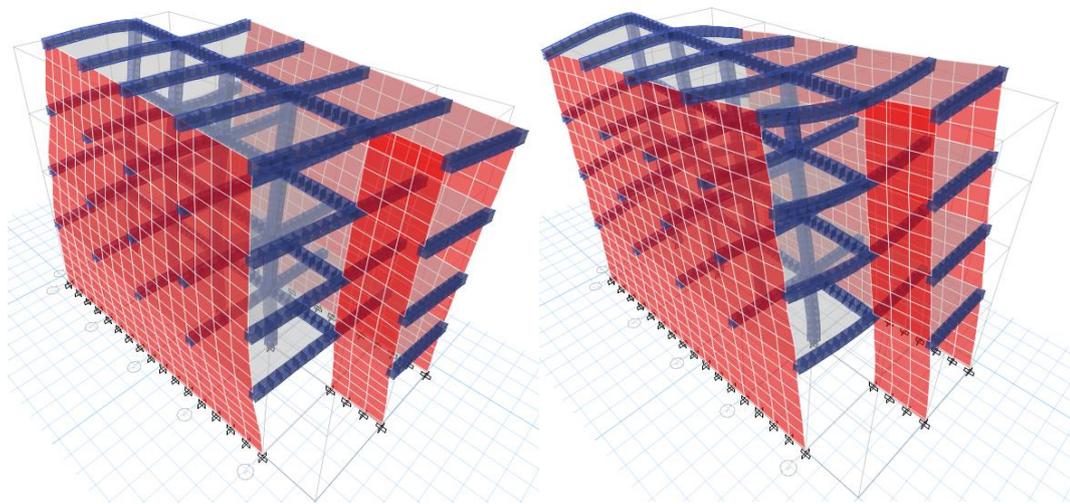


Figura 3-25: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura estudiada,
 $T_3=0.43$ s y $T_4=0.33$ s.

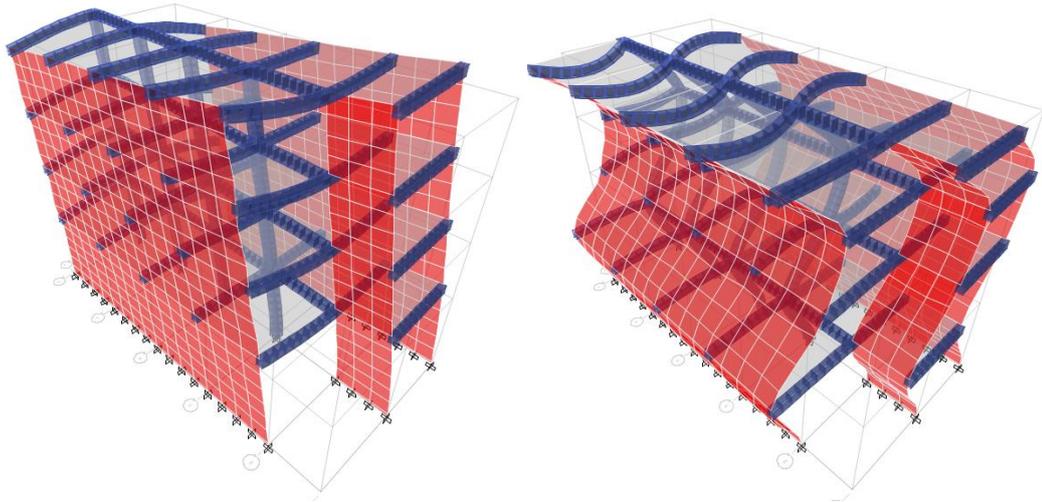


Figura 3-26: Quinta y sexta formas de modo de la estructura $T_5=0.24$ s y $T_6=0.16$ s.

3.12.3 Definición de la demanda sísmica

Los parámetros sísmicos necesarios para la determinación de la respuesta sísmica se muestran a continuación:

Z	0.45	Factor de zona (zona4)
S	1.10	Factor de suelo (S_3)
T_p	1.00	Periodo natural del suelo. (S_3)
T_l	1.60	Periodo largo del suelo. (S_3)
U	1.00	Factor de uso (edificaciones comunes)
R_o	3.00	Factor de reducción básico albañilería
I_a	1.00	Irregularidad en altura (sin irregularidad)
I_p	1.00	Irregularidad en planta (sin irregularidad)
R	3.00	Factor de reducción $R=R_o \cdot I_a \cdot I_b$

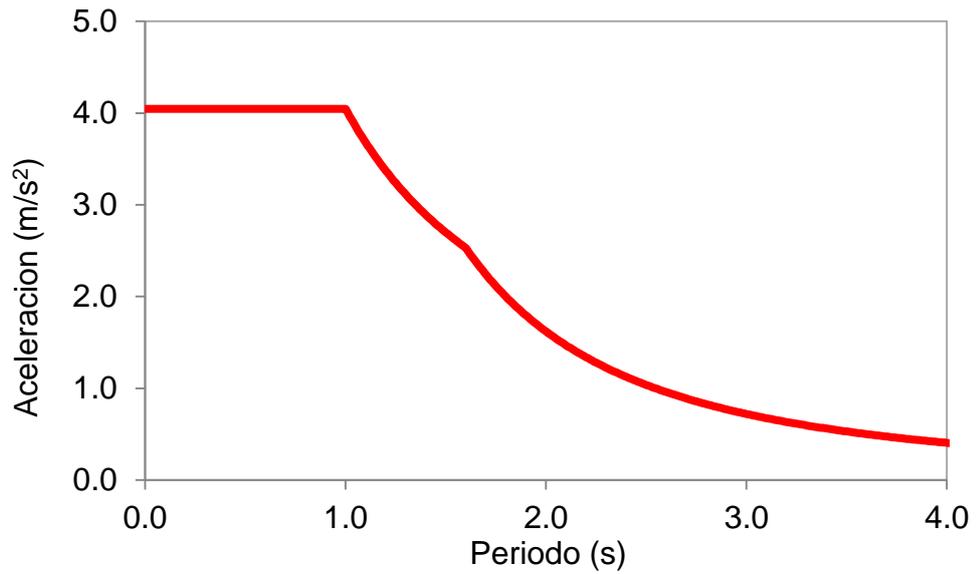


Figura 3-27: Espectro de aceleraciones de diseño para la albañilería confinada. Fuente: Elaboración propia.

3.12.4 Resultados obtenidos del análisis

Los desplazamientos máximos encontrados se muestran en la Eje X Eje Y

Figura 3-28. De estos resultados se observa que el máximo desplazamiento fue de 6 cm, en x, y 5 cm en y.

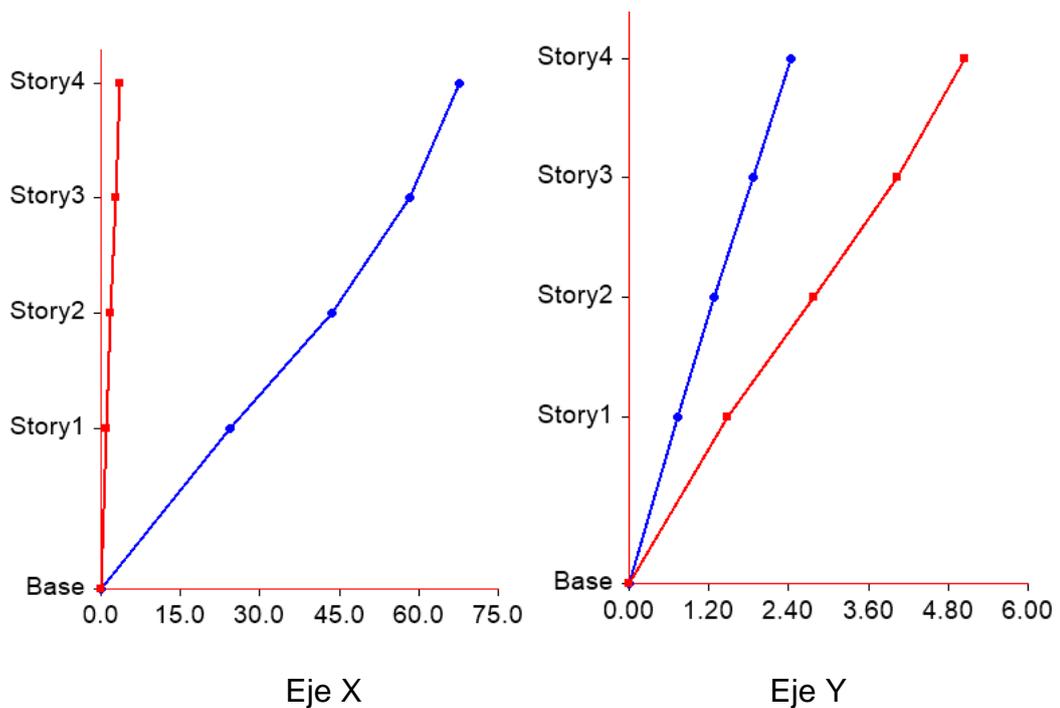
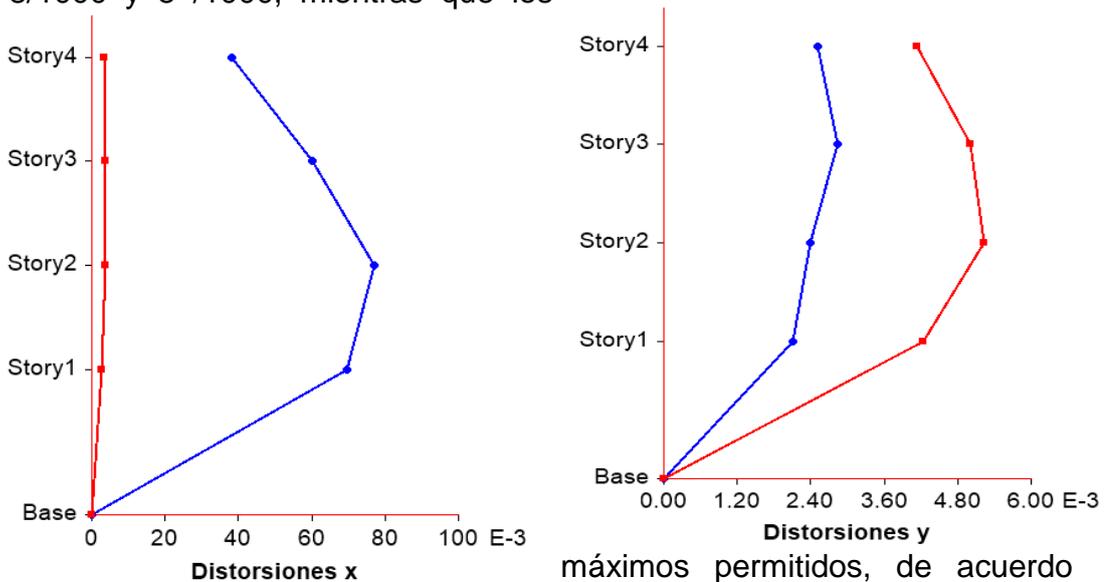


Figura 3-28: Desplazamientos máximos encontrados en direcciones x e y, debidas al sismo en dirección X e Y. Fuente: Elaboración propia.

Además, las máximas distorsiones laterales encontradas en las direcciones x e y, se muestran en la

Figura 3-29. Encontrando que las máximas distorsiones en x e y fueron de 8/1000 y 5 /1000, mientras que los



máximos permitidos, de acuerdo con la norma de diseño sísmico, es de 7/1000.

Eje X

Eje Y

Figura 3-29: Máximas distorsiones encontrados en direcciones x e y, debidas al sismo en dirección X e Y. Fuente: Elaboración propia.

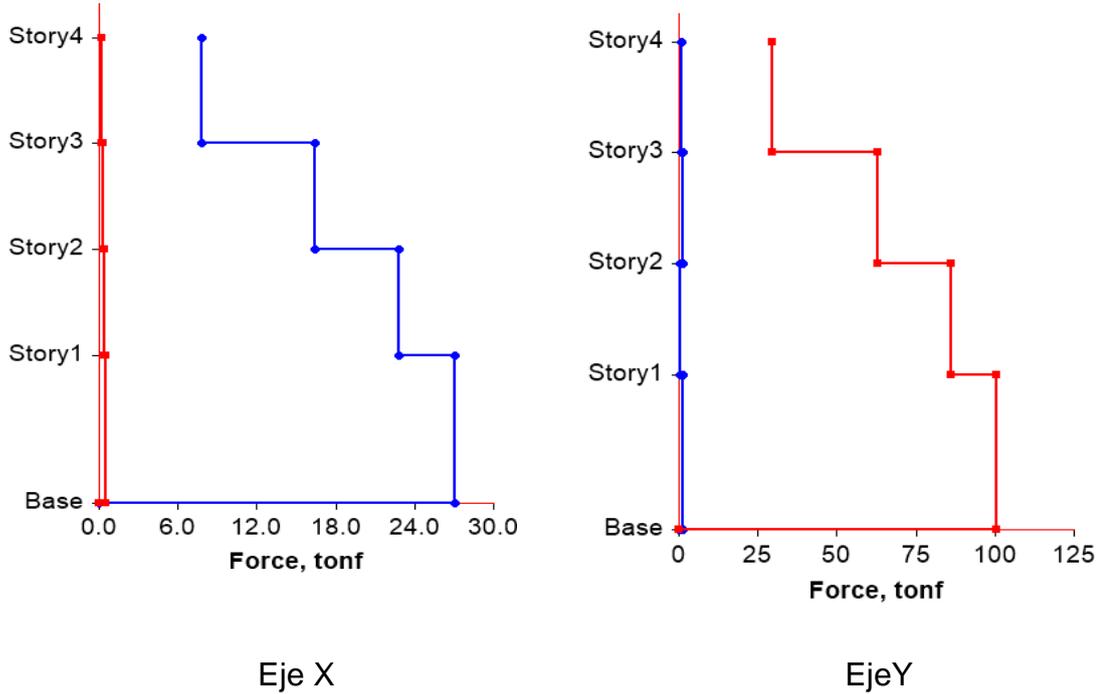


Figura 3-30: Fuerzas cortantes máximas en dirección x e y, debidas a los sismos en X y en Y. Fuente: Elaboración propia.

3.13 Análisis de la estructura E03

La tercera estructura, nombrada en este trabajo como E03, se modelo en el software ETABS. Los resultados de la modelación se muestran en la Figura 3-31.

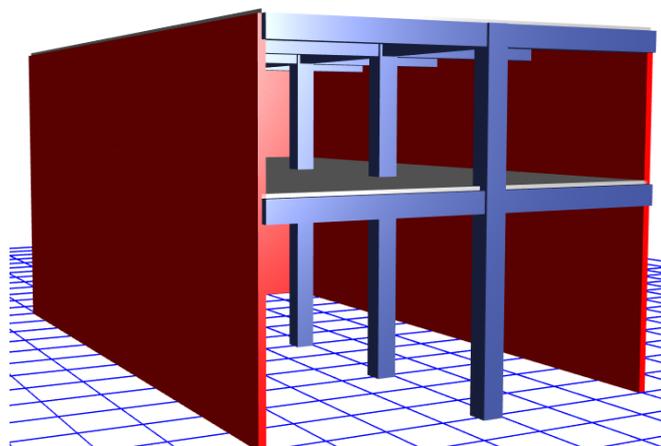


Figura 3-31: Modelo tridimensional de la estructura E03, generado en ETABS. Fuente: Elaboración propia.

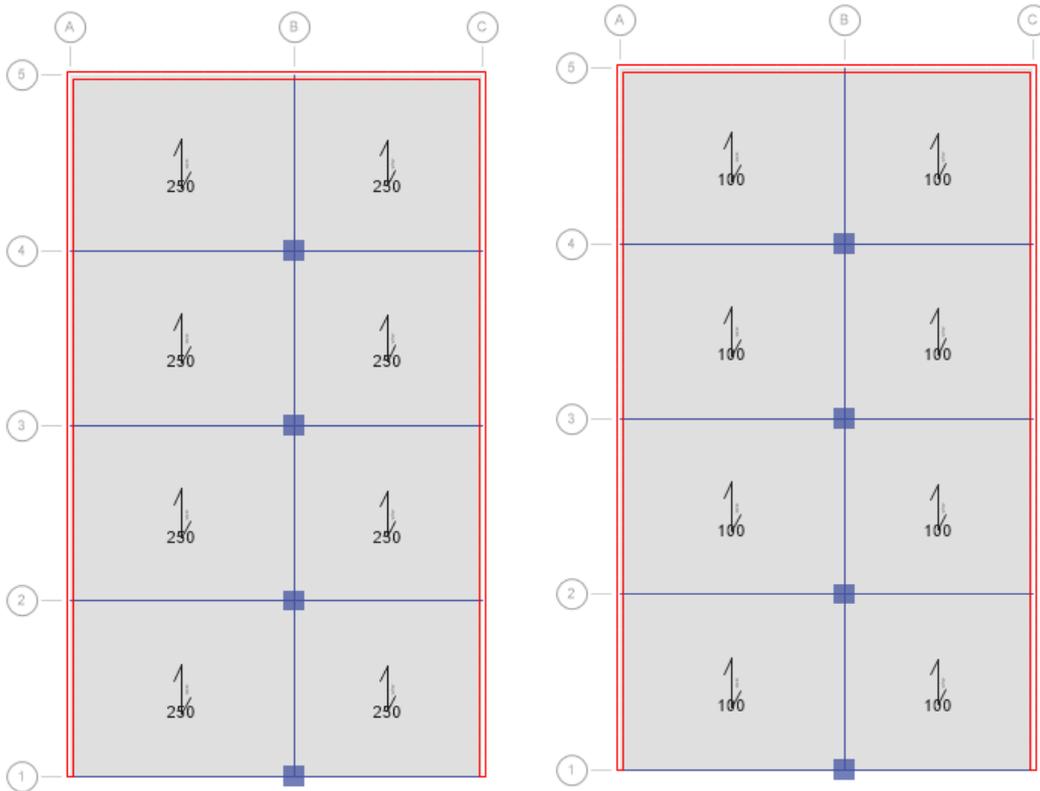


Figura 3-32: Aplicación de cargas gravitacionales en piso típico y azotea.

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de calcular la respuesta sísmica de la estructura estudiada, fue necesario las formas de modo, en las siguientes figuras se muestran los resultados obtenidos del análisis modal.

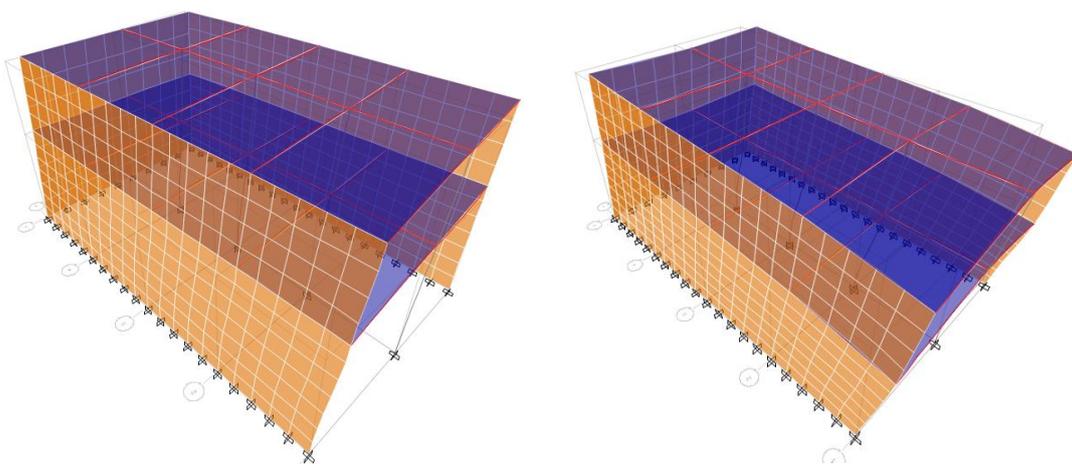


Figura 3-33: Primera y segunda formas de modo con $T_1=0.38$ s y $T_2=0.15$ s.

Fuente: Elaboración propia.

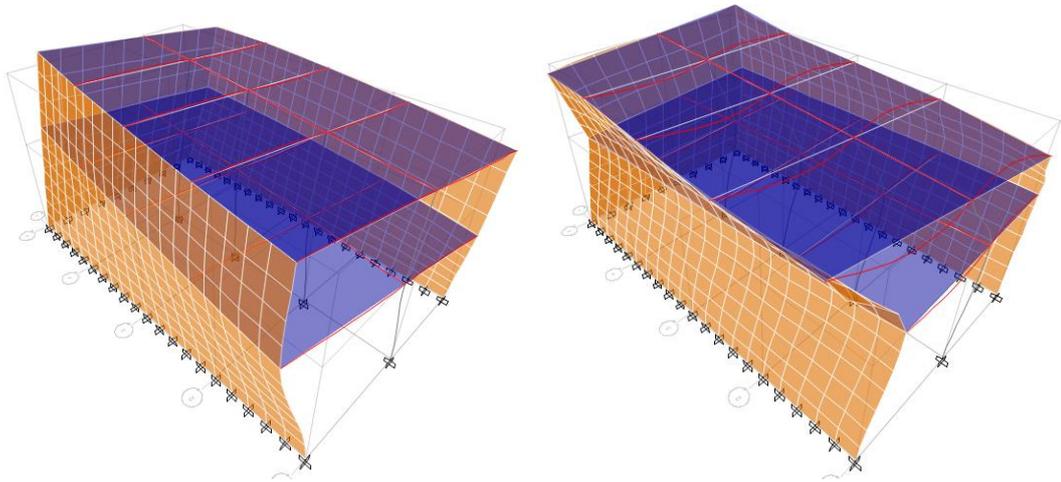


Figura 3-34: Tercera y cuarta formas de modo con $T_3=0.128$ s y $T_4=0.122$ s. Fuente: Elaboración propia.

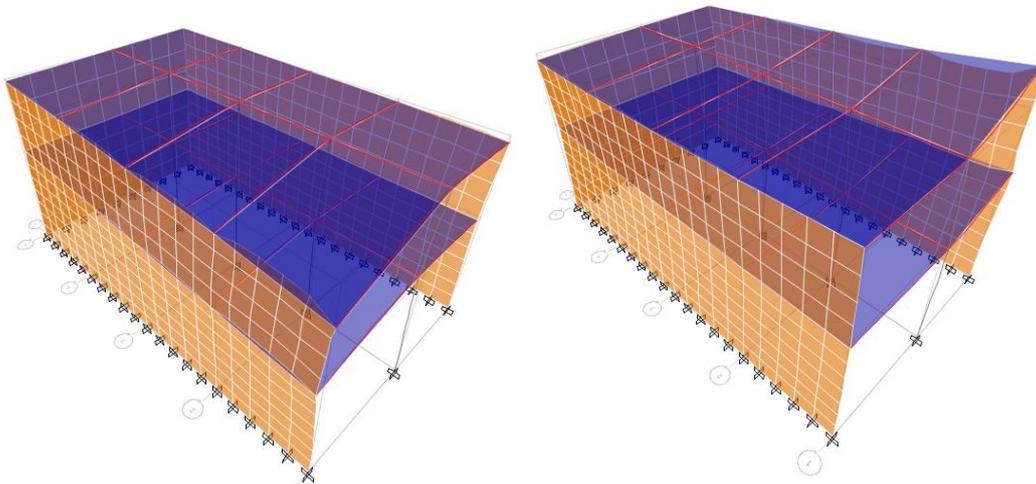


Figura 3-35: Quinta y sexta formas de modo con $T_5=0.07$ s y $T_6=0.06$ s. Fuente: Elaboración propia.

3.13.1 Definición de la demanda sísmica

Con la finalidad de realizar la evaluación de las respuestas sísmica, se procede al cálculo de la demanda sísmica, con los siguientes parámetros.

Z	0.45	Factor de zona (zona4)
S	1.10	Factor de suelo (S_3)
T_p	1.00	Periodo natural del suelo. (S_3)
T_l	1.60	Periodo largo del suelo. (S_3)

U	1.00	Factor de uso (edificaciones comunes)
R _o	3.00	Factor de reducción básico albañilería
I _a	1.00	Irregularidad en altura (sin irregularidad)
I _p	1.00	Irregularidad en planta (sin irregularidad)
R	3.00	Factor de reducción $R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$

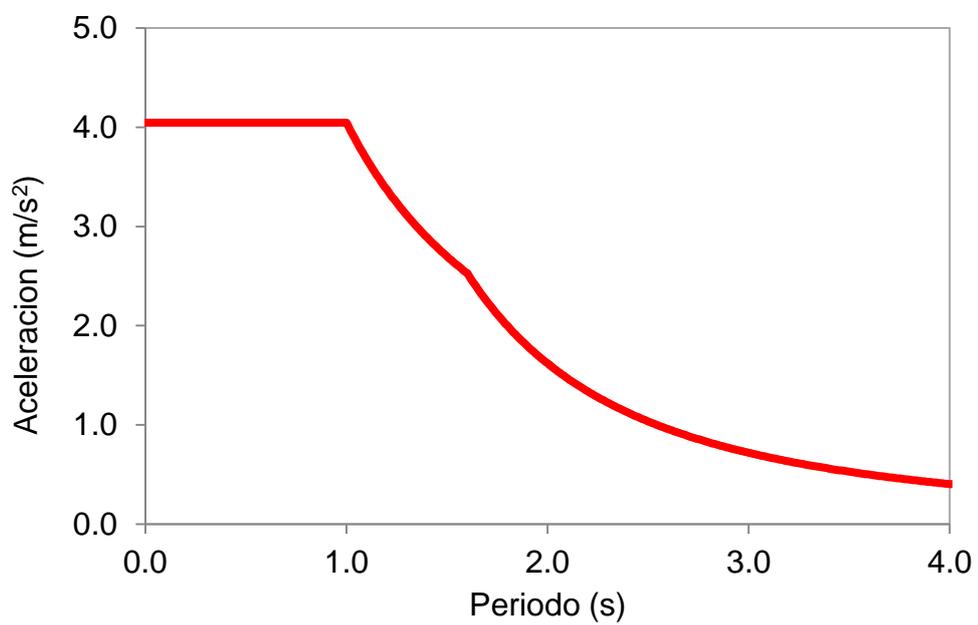


Figura 3-36: Espectro de aceleraciones de diseño para la albañilería confinada. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados, en términos de desplazamientos, se muestran en la

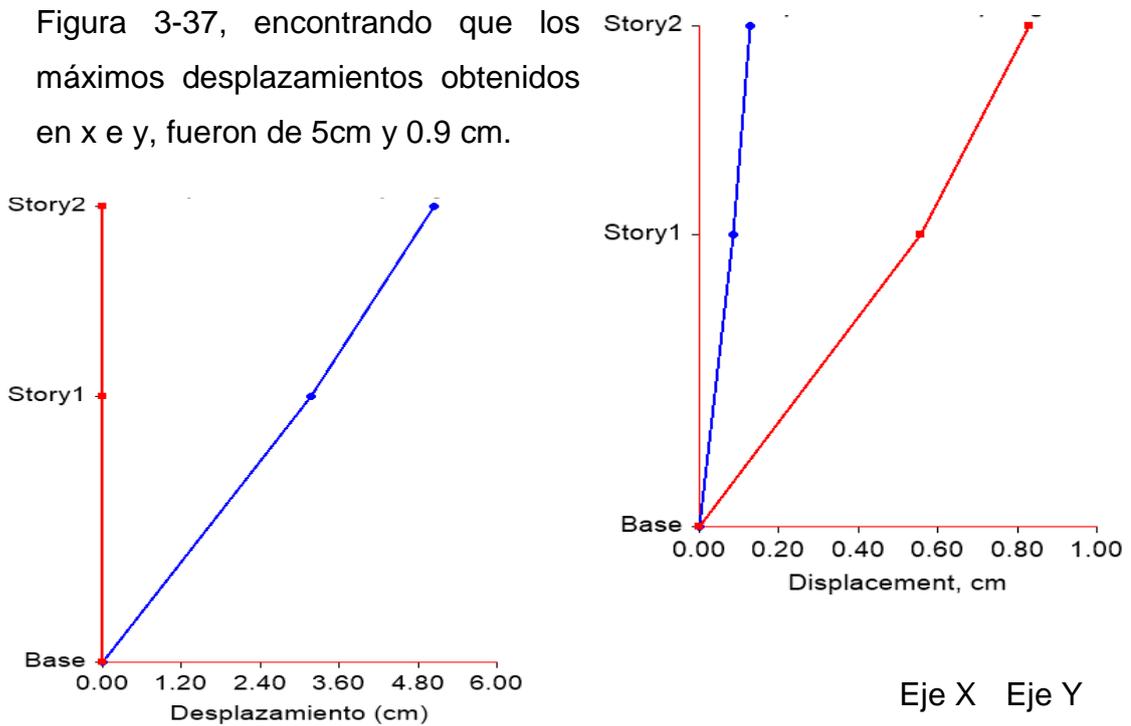


Figura 3-37: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debidas al sismo en x e y. Fuente: Elaboración propia.

Las máximas distorsiones encontradas fueron de 13/1000 y 1.6/1000, en las direcciones x e y.

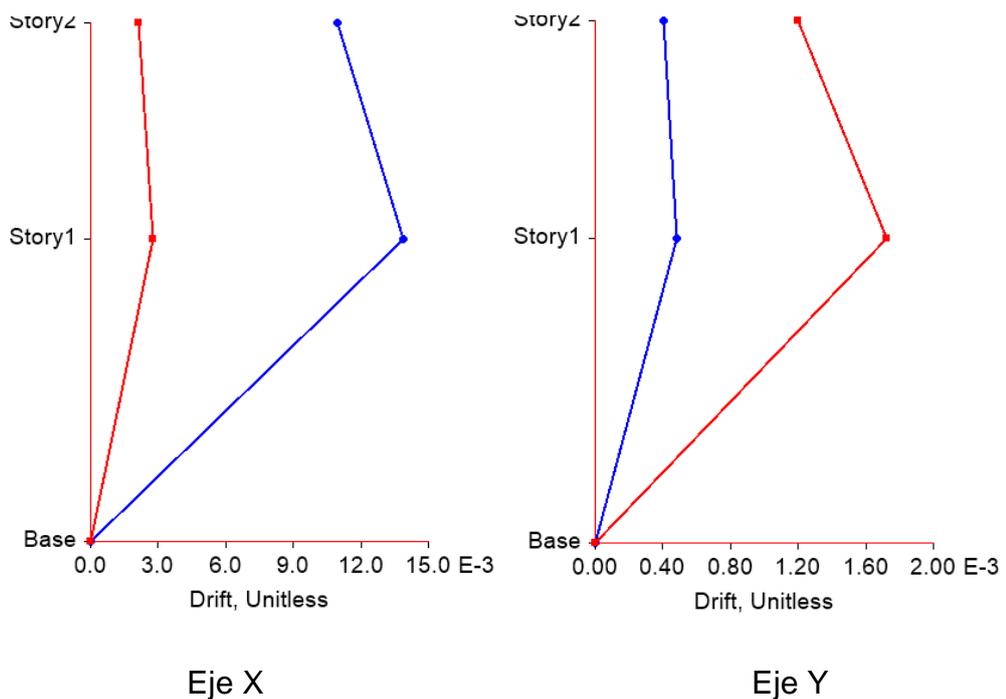


Figura 3-38: Máximas distorsiones en dirección x e y, debidas al sismo en x e y. Fuente: Elaboración propia.

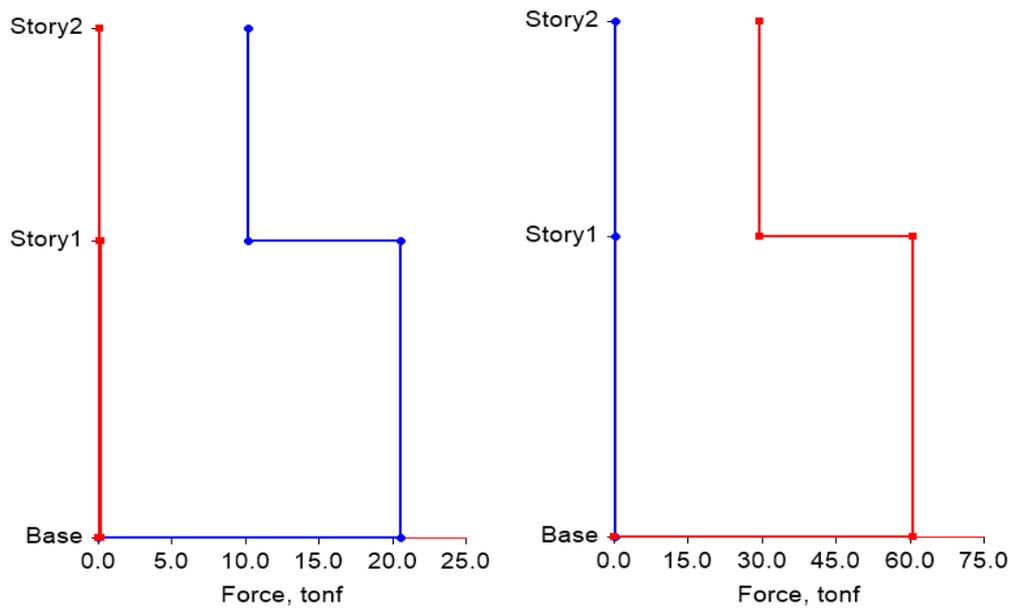


Figura 3-39: Fuerzas cortantes máximas en dirección x e y, debidas al sismo en x e y. Fuente: Elaboración propia.

3.14 Análisis estático no Lineal de la estructura E01

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis estático no lineal de la primera estructura analizada, es decir, de la estructura E01, ¿¿como se muestra en la Figura 3-40.



Figura 3-40: Modelamiento de la estructura E01. Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de poder evaluar el comportamiento no lineal de la estructura estudiada, en primer lugar se debe estudiar el comportamiento mecánico de las secciones componentes, es decir, el comportamiento no lineal de la columna y las vigas de concreto. Con este fin, se modelaron las secciones mencionadas en la aplicación *Section Designer* del ETABS, obteniendo los resultados mostrados en las Figura 3-41 y Figura 3-42.

De la se puede observar que el momento de fluencia de la sección se presentó a aproximadamente 7.20 t.m, es decir, que a partir de este valor, da inicio la degradación de rigidez. En cuanto a la capacidad de deformación de este espécimen, se puede ver que este valor alcanzó el valor de 0.60 m⁻¹. Resulta revelador observar que el comportamiento lineal de la estructura tuvo un rango de validez muy pequeño, comparado con el rango de comportamiento total del espécimen.

En cuanto a la viga de concreto armado, de 25cm de base y 40cm de altura, se puede mencionar que tuvo un refuerzo longitudinal de tres varillas de media pulgada en la zona inferior y superior, dando un área total de 3.81 cm². Además, de acuerdo con la práctica constructiva usada por maestros de obra y albañiles, se determinó que el estriado típico en los extremos fue de 15cm.

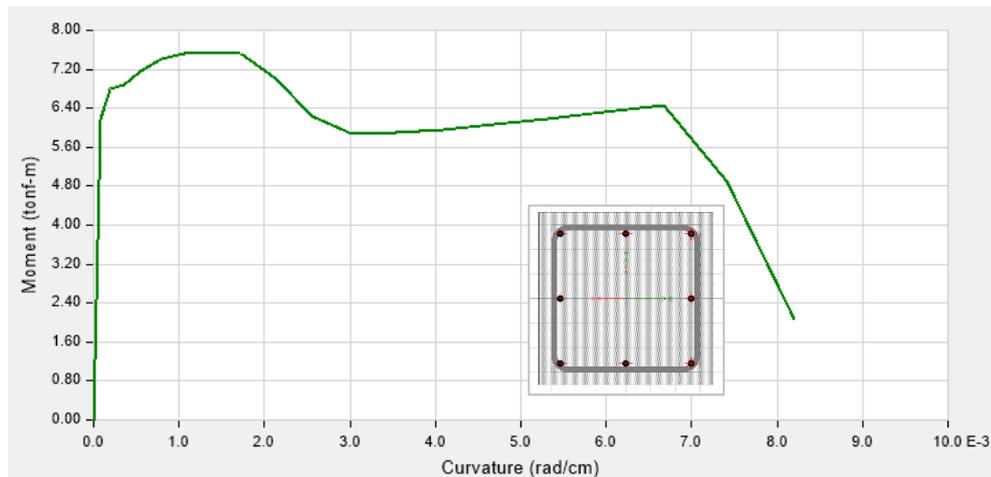


Figura 3-41: Diagrama momento curvatura de la columna cuadrada de 35cmx35cm. Fuente: Elaboración propia.

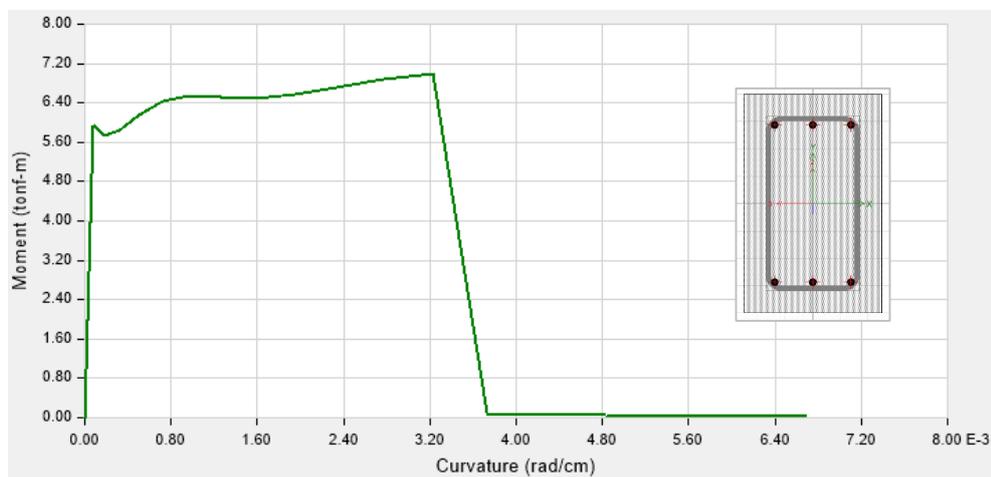


Figura 3-42: Diagrama momento curvatura de la viga de 25cmx40cm. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la calidad de los materiales empleados en la fabricación de las vigas y columnas de concreto, es importante aclarar que la calidad del concreto se determinó por medio esclerometría, como se mostró en las secciones correspondientes, dando que la resistencia a la compresión del concreto usado en columnas y vigas fue de 150 kg/cm². Además, en cuanto a la calidad de las varillas de acero, por la fecha de construcción y la inspección de las varillas expuestas en el nivel de la azotea, se concluyó que se tratan de varillas corrugadas grado 60, por lo que se considera que el esfuerzo de fluencia del acero es de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Finalmente, se obtuvo el diagrama momento curvatura de la sección estudiada, encontrando que el momento de fluencia fue de aproximadamente 6.40 t.m, mientras que la capacidad de deformación o deformación última fue de 0.32 m⁻¹.

Con la finalidad de evaluar las características del comportamiento no lineal, se usaron modelos de una componente, estas fueron aplicadas como rotulas plásticas concentradas en los extremos de las columnas y las vigas, encontrando el resultado mostrado en la Figura 3-43.

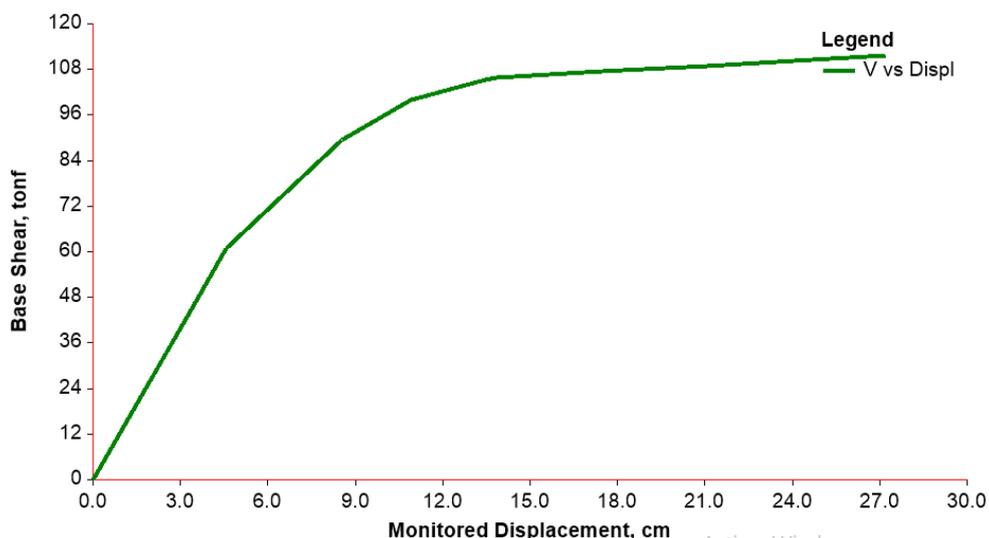


Figura 3-43: Curva de capacidad de la estructura E01. Fuente: Elaboración propia.

De los resultados encontrados se puede observar que la resistencia lateral máxima de la estructura encontrada fue de 110 t, mientras que la fuerza lateral máxima que saca a la estructura del rango elástico lineal fue de 60 t. En este punto es importante mencionar que la curva de capacidad de una estructura es una propiedad que caracteriza a estas, por lo que si se desea estudiar el comportamiento sísmico, su obtención es una necesidad en todos los casos.

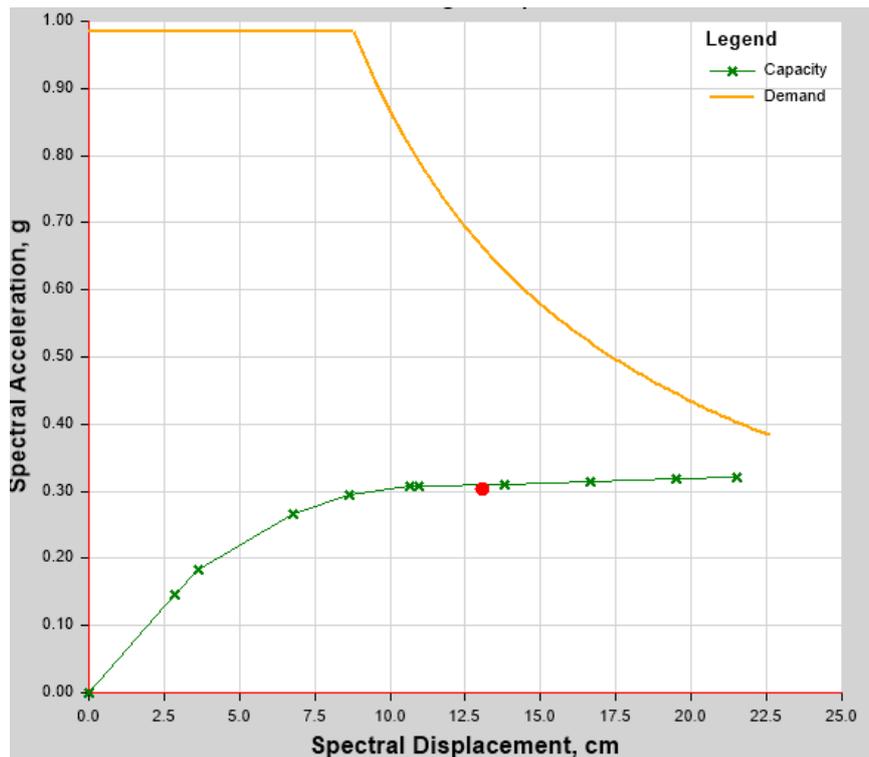


Figura 3-44: Determinación del punto de desempeño de la estructura E01.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la curva de capacidad, se debe evaluar si la estructura estudiada es capaz de tolerar de manera adecuada el nivel de sismo impuesto, para esto se debe calcular el punto de desempeño estructural, definido como aquel en el que la demanda sísmica y la capacidad de la estructura se igualan. En la Figura 3-44 se muestra la determinación del punto de desempeño para la estructura estudiada. Como se ve en este gráfico, la curva de demanda no llega a cortar a la curva de capacidad de la estructura, quedando el hipotético punto de desempeño a la derecha del límite máximo de la curva de capacidad, por lo que se puede concluir que el sismo de la norma de diseño (E030, 2016), es decir,

un sismo con un 10% de probabilidad de ser excedido en 50 años, dejaría a la edificación estudiada en el colapso, por lo que se concluye que el nivel de vulnerabilidad de la estructuras estudiadas es muy elevado.

3.15 Análisis estático no lineal de la estructura E02

Con la finalidad de determinar la resistencia lateral máxima de la estructura estudiada, se procedió al desarrollo del análisis estático no lineal de la misma. Para este fin, se modelaron los elementos que forma parte del sistema resistente. Los resultados del análisis mencionado se muestran en la Figura 3-45.

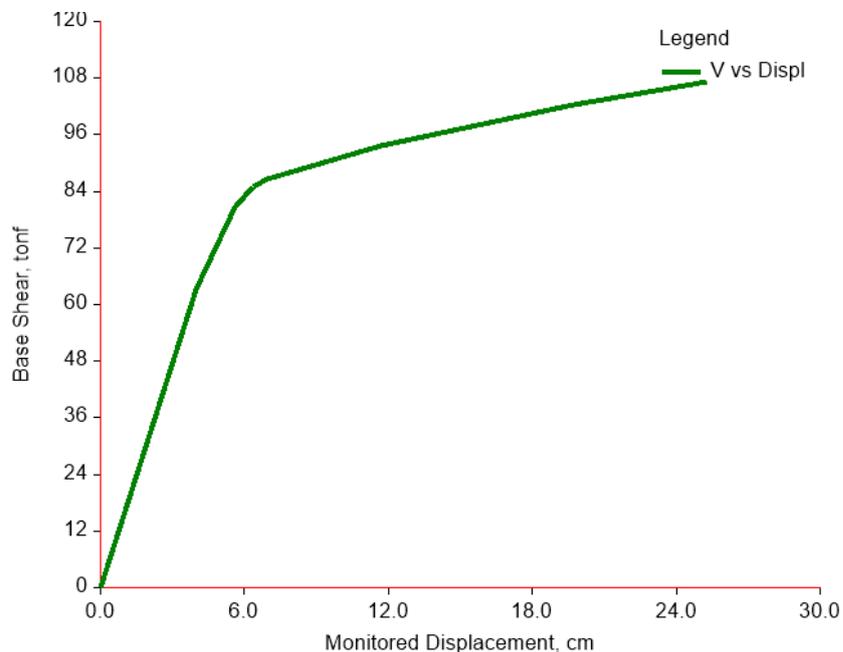


Figura 3-45: Curva de capacidad de la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.

De este gráfico se puede observar que la fuerza de fluencia fue de 85 t, mientras que el desplazamiento asociado fue de 6 cm, estos valores resultan de importancia, pues es posible definir la rigidez efectiva como el cociente de estos, encontrado que la rigidez efectiva fue de 1417 t/cm.

Una vez conocida la curva de capacidad de la estructura, resulta de gran importancia la determinación del punto de desempeño, es decir, el nivel de desplazamiento y fuerzas cortantes a la que la estructura quedaría

sometida después de la acción del sismo. Los resultados de este análisis, se muestran en la Figura 3-46.

De este grafico se puede apreciar que la acción del sismo provoca que la estructura quede muy cerca del límite máximo de capacidad de la estructura (la intersección muy cerca al final de la gráfica. En términos cualitativos esta condición significa que el daño en la estructura es tal, que esta se encuentra muy cerca del colapso, por tanto, las técnicas de reforzamiento post-sismo no tendrían utilidad. Se concluye que la vulnerabilidad de estas edificaciones es muy significativa, por lo que el colapso de la edificación mostrada es muy probable. Finalmente se recomienda la intervención de esta edificación con la finalidad de incrementar la resistencia y rigidez lateral.

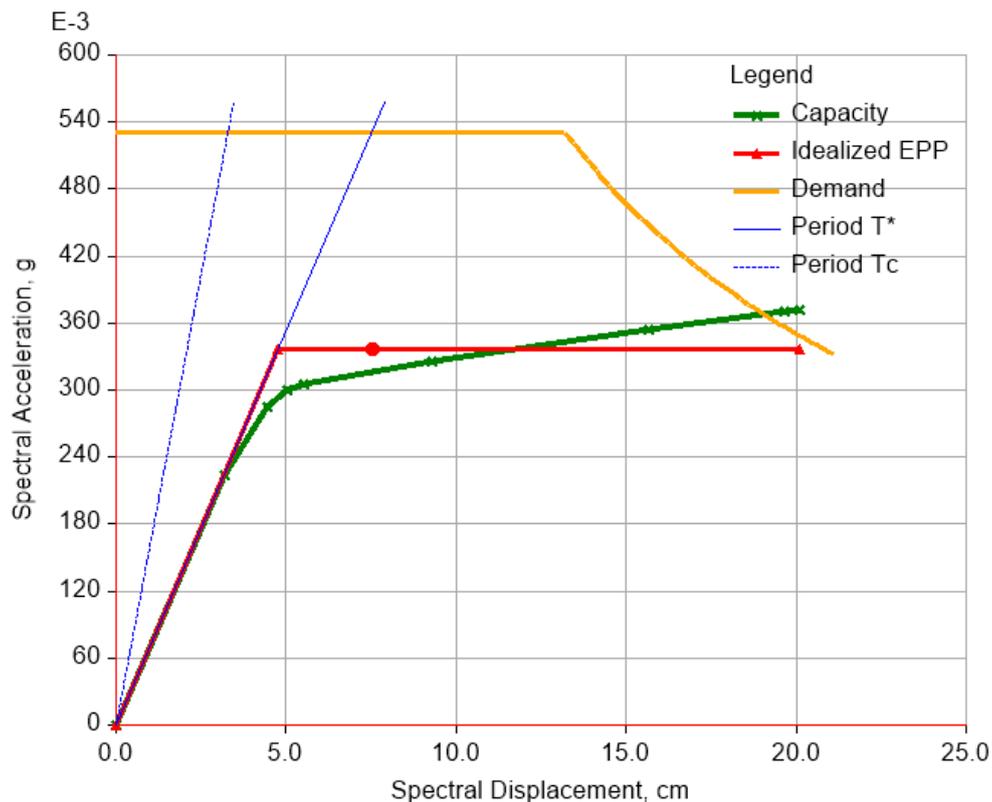


Figura 3-46: Determinación del punto de desempeño de la estructura E02.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, conviene aclarar que en el gráfico anterior se han colocado una serie de gráficos, en color verde, se ha graficado la curva de capacidad, en color amarillo se ha graficado la curva de demanda, en color rojo, se ha graficado la idealización bilineal de la curva de capacidad, y finalmente, en líneas azules, se han graficado las líneas de periodos agrietados y no agrietados.

3.16 Análisis estático no lineal de la estructura E03

Al igual que en los casos anteriores, fue necesaria la determinación de la curva de capacidad de la estructura E03. Los resultados encontrados se muestran en la Figura 3-47. De este gráfico se puede observar que la fuerza lateral de fluencia fue de 90t, con un desplazamiento de fluencia de 3cm, valores que nos dan una rigidez lateral de 3000 t/m.

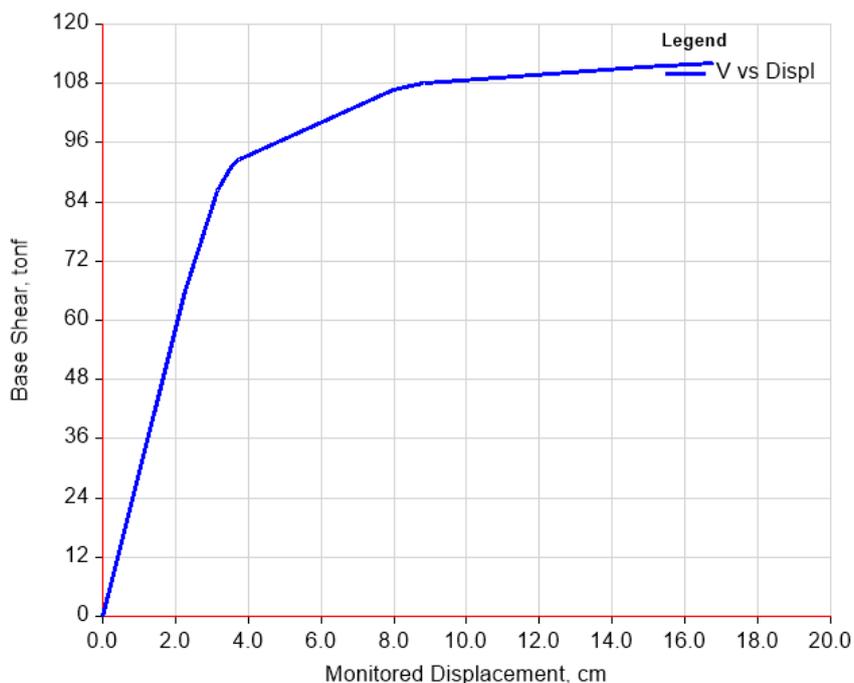


Figura 3-47: Curva de capacidad de la estructura E03. Fuente:
Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que la capacidad de deformación máxima de la estructura estudiada resultó ser de 17cm. Este resultado indica que si la estructura se deforma 17 cm de manera lateral, la estructura llegaría al colapso.

Finalmente, se procedió a la determinación del punto de desempeño, los resultados encontrados se muestran en la Figura 3-48. Los resultados indican que el desplazamiento máximo impuesto en la estructura debido a un sismo con periodo de retorno de 475 años fue de 11 cm. Este resultado indica que la estructura está muy cerca del límite de colapso, por lo que al igual que en caso anterior, se puede decir que el nivel de vulnerabilidad sísmica es muy elevado.

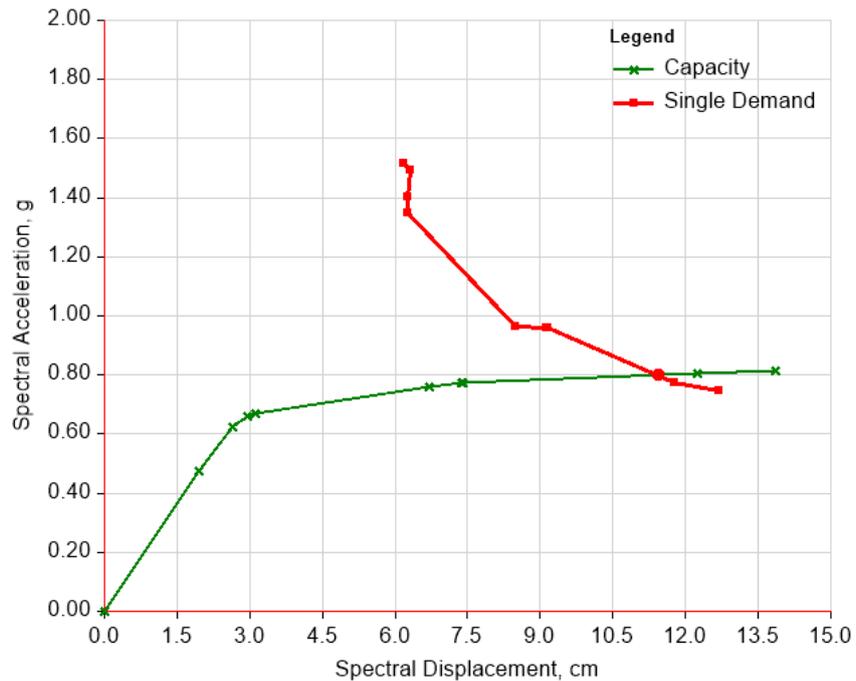


Figura 3-48: Determinación del punto de desempeño de la estructura E03.

Fuente: Elaboración propia.

3.17 Propuesta de reforzamiento de la estructura E01

De los resultados presentados para la edificación E01, se observó que la rigidez lateral de estas resultó ser insuficiente, ya que se encontró que las distorsiones máximas superaron notablemente el límite máximo establecido por la norma de diseño sísmico (E030, 2016). Además, del cálculo de la curva de capacidad, se observó que la resistencia lateral de la estructura estudiada fue insuficiente para poder resistir el sismo impuesto, por lo que es necesario tomar medidas para el incremento de la resistencia y rigidez lateral.

Del estudio de las características de la estructura estudiada, se determinó que las columnas eran de secciones cuadradas de 35cmx35cm y con un refuerzo de acero deficiente, que, como se mencionó antes, resultó ser de ocho varillas de 1/2". Con la finalidad de poder mejorar el comportamiento de la estructura estudiada, es necesario incrementar la sección transversal de las columnas existentes, para esto se agregarán más varillas de refuerzo y concreto estructural, los que deberán ir adosados a las columnas existentes, tal como se muestra en la Figura 3-49.

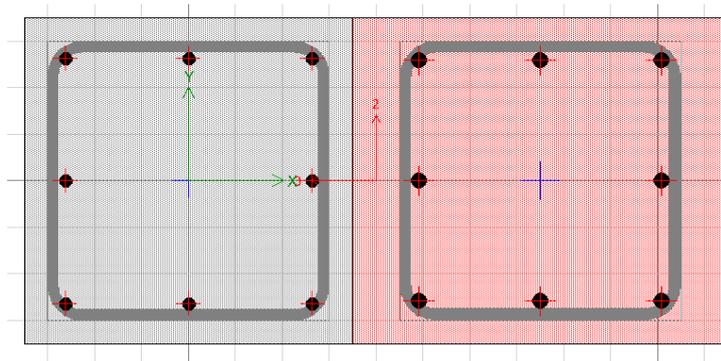


Figura 3-49: Reforzamiento propuesto para columna típica. Fuente:
Elaboración propia.

La técnica propuesta se modeló en el software de análisis no lineal ETABS, para poder obtener el diagrama momento curvatura de la sección reforzada. Los resultados obtenidos muestran un incremento notable del diagrama momento curvatura.

Como se puede observar de la Figura 3-50, el momento de fluencia fue de 42 t.m, esto representa un incremento notable, con respecto del valor patrón, ya que inicialmente fue de 7.2 t.m, es decir, se encontró un incremento del 600%.

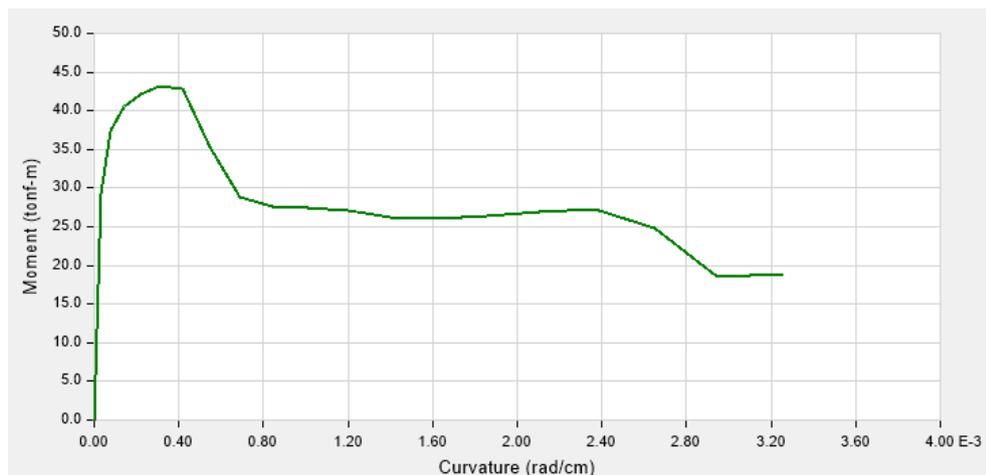


Figura 3-50: Diagrama momento curvatura generado por el reforzamiento propuesto. Fuente: Elaboración propia.

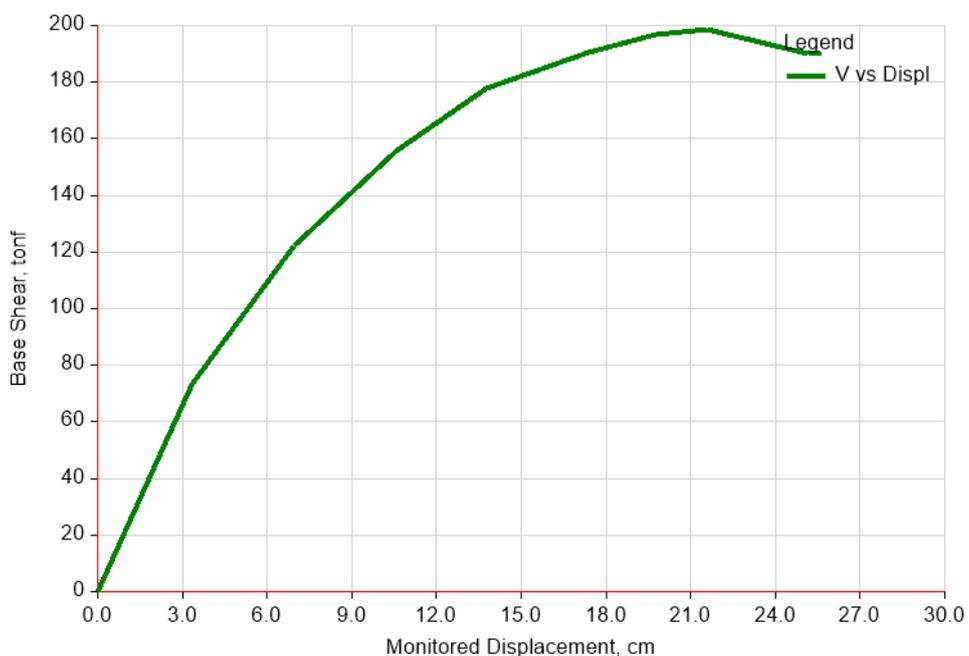


Figura 3-51: Curva de capacidad de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de poder elevar el nivel de resistencia lateral e incrementar la rigidez de este, se procedió a reforzar una serie de columnas existentes, ubicadas de manera estratégica, tal como se muestra en la Figura 3-53. Una vez ubicadas las posiciones indicadas se procedió a efectuar un análisis estático no lineal, para poder determinar el incremento de la

resistencia lateral. Los resultados encontrados se muestran en la Figura 3-51. De estos resultados se puede observar que la resistencia lateral máxima se incrementó hasta casi 200 t.

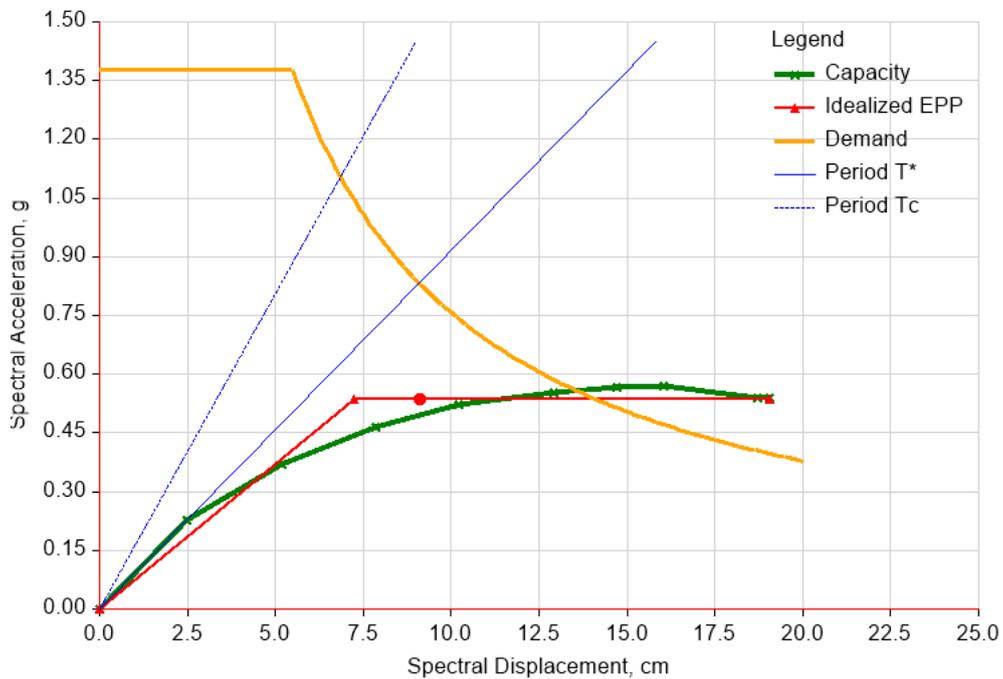


Figura 3-52: Punto de desempeño mejorado. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se procede a obtener el punto de desempeño de la estructura, notando que la intersección entre la curva de capacidad y la curva de demanda muestran que aunque la estructura quedará con daño, se evita el colapso de esta, cumpliendo de esta manera con la filosofía de diseño de la norma E030.

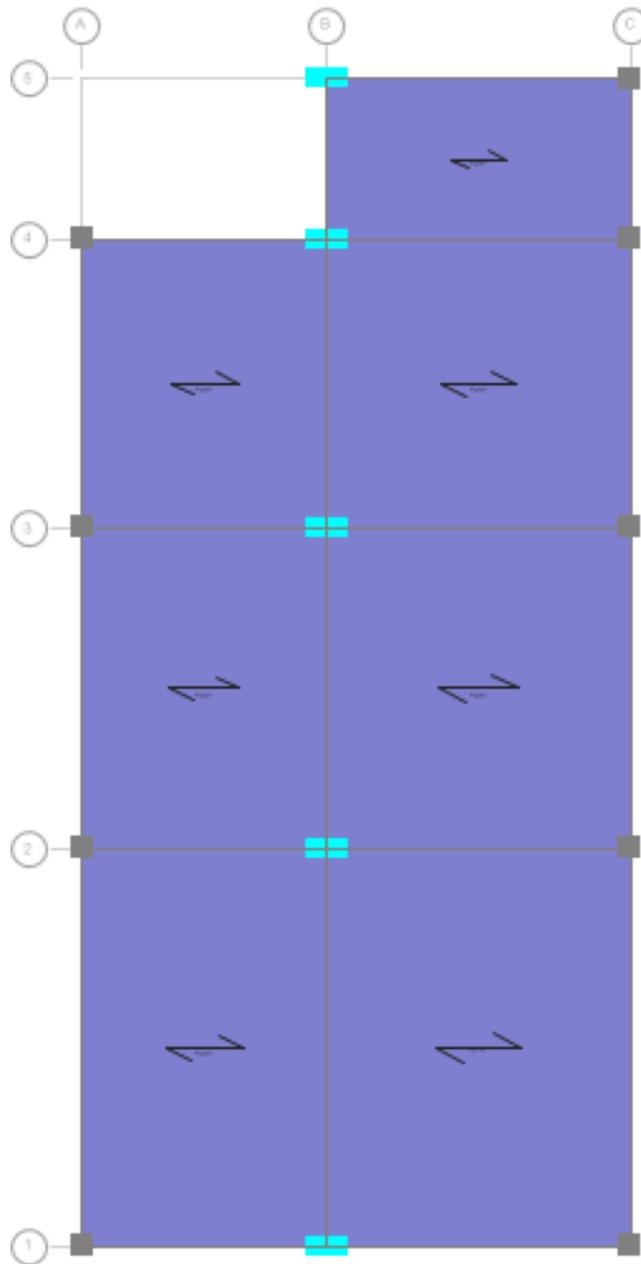


Figura 3-53: Ubicación de los elementos a reforzar. Fuente: Elaboración propia.

3.18 Propuesta de reforzamiento de la estructura E02

De los resultados presentados para la edificación E02, se observó que la rigidez lateral de estas resultó ser insuficiente, ya que se encontró que las distorsiones máximas superaron notablemente el límite máximo establecido por la norma de diseño sísmico (E030, 2016). Además, del cálculo de la curva de capacidad, se observó que la resistencia lateral de la estructura estudiada fue insuficiente para poder resistir el sismo impuesto, por lo que es necesario tomar medidas para el incremento de la resistencia y rigidez lateral.

Del estudio de las características de la estructura estudiada, se determinó que las columnas eran de secciones cuadradas de 35cmx35cm y con un refuerzo de acero deficiente, que, como se mencionó antes, resultó ser de ocho varillas de 1/2". Con la finalidad de poder mejorar el comportamiento de la estructura estudiada, es necesario incrementar la sección transversal de las columnas existentes, para esto se agregarán más varillas de refuerzo y concreto estructural, los que deberán ir adosados a las columnas existentes, tal como se muestra en la Figura 3-54.

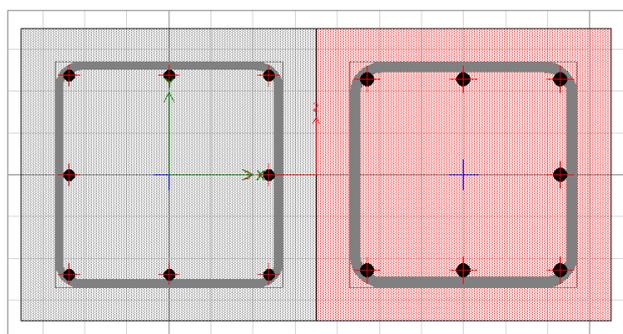


Figura 3-54: Reforzamiento propuesto para columna típica en la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.

El reforzamiento propuesto se modeló en el software de análisis no lineal ETABS, para poder obtener el diagrama momento curvatura de la sección reforzada. Los resultados obtenidos muestran un incremento notable del diagrama momento curvatura.

Como se puede observar de la Figura 3-55, el momento de fluencia fue de 36 t.m, esto representa un incremento notable, con respecto del valor patrón, ya que inicialmente fue de 7.2 t.m, es decir, se encontró un incremento del 500%.

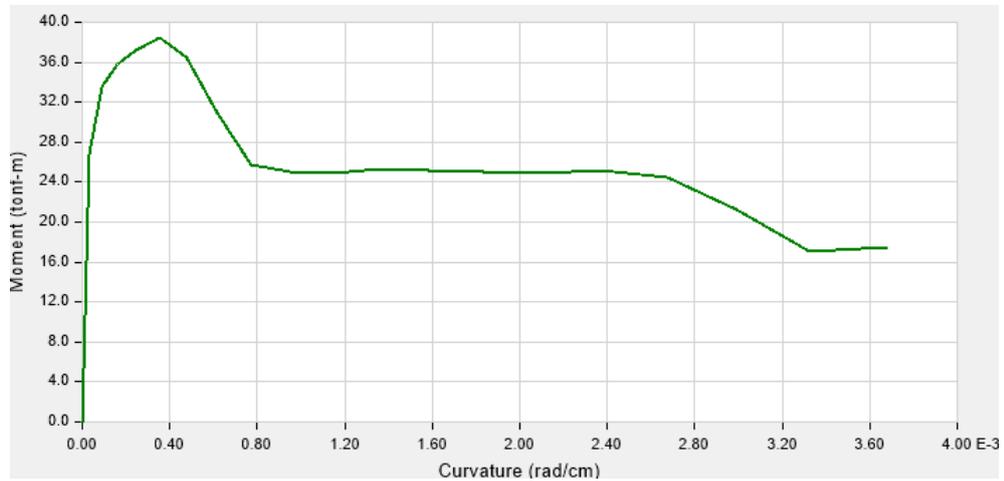


Figura 3-55: Diagrama momento curvatura generado por el reforzamiento propuesto. Fuente: Elaboración propia.

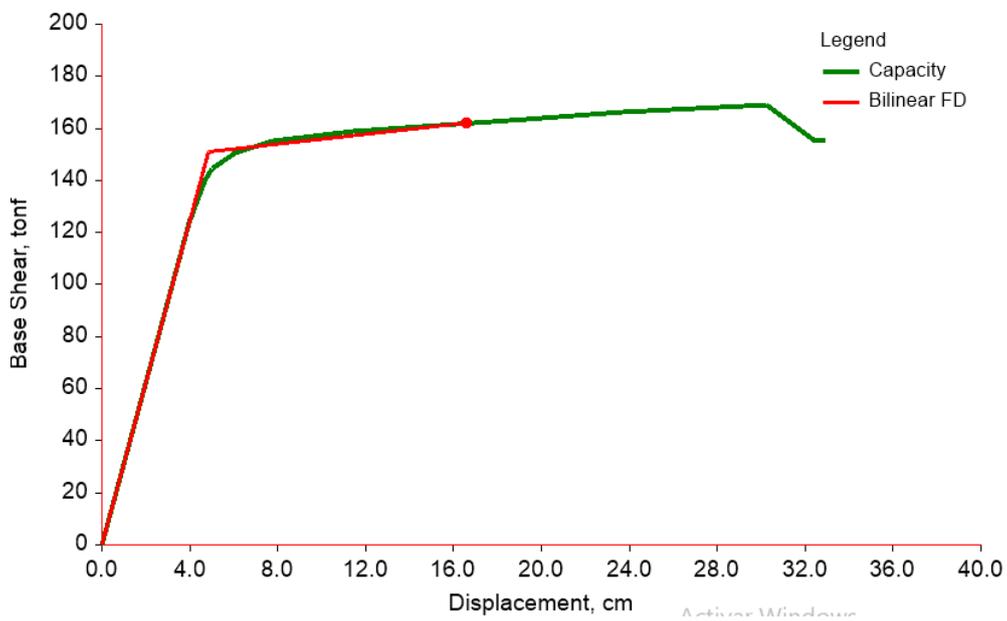


Figura 3-56: Curva de capacidad y punto de desempeño de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.

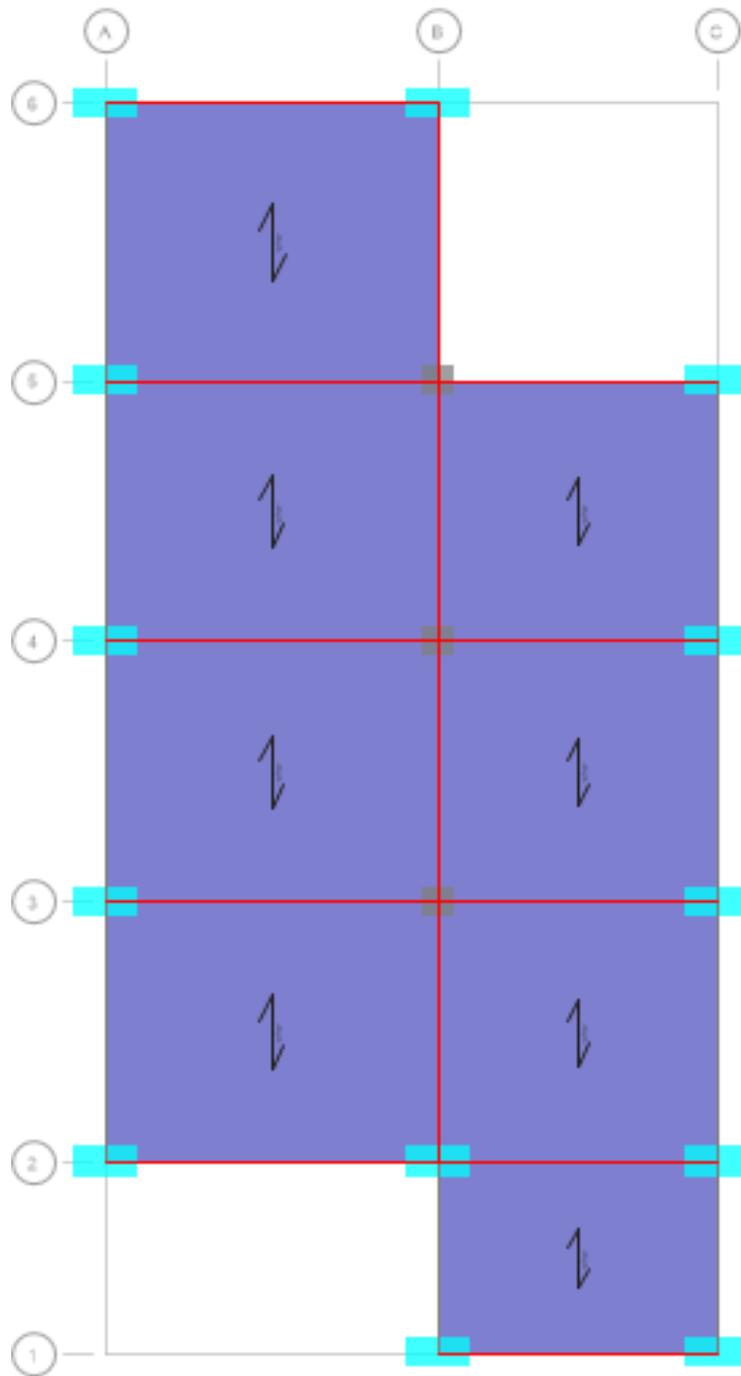


Figura 3-57: Reforzamiento propuesto en la estructura E02. Fuente:
Elaboración propia.

Con la finalidad de poder elevar el nivel de resistencia lateral e incrementar la rigidez de este, se procedió a reforzar una serie de columnas existentes, ubicadas de manera estratégica, tal como se muestra en la Figura 3-57. Una vez ubicadas las posiciones indicadas se procedió a efectuar un análisis estático no lineal, para poder determinar el incremento de la resistencia lateral. Los resultados encontrados se muestran en la Figura 3-56. De estos resultados se puede observar que la resistencia lateral máxima se incrementó hasta casi 200 t.

Finalmente, se procede a obtener el punto de desempeño de la estructura, notando que la intersección entre la curva de capacidad y la curva de demanda muestran que aunque la estructura quedará con daño, se evita el colapso de esta, cumpliendo de esta manera con la filosofía de diseño de la norma E030.

3.19 Propuesta de reforzamiento de la estructura E03

De los resultados presentados para la edificación E03, se observó que la rigidez lateral de estas resultó ser insuficiente, ya que se encontró que las distorsiones máximas superaron notablemente el límite máximo establecido por la norma de diseño sísmico (E030, 2016). Además, del cálculo de la curva de capacidad, se observó que la resistencia lateral de la estructura estudiada fue insuficiente para poder resistir el sismo impuesto, por lo que es necesario tomar medidas para el incremento de la resistencia y rigidez lateral.

Del estudio de las características de la estructura estudiada, se determinó que las columnas eran de secciones cuadradas de 35cmx35cm y con un refuerzo de acero deficiente, que, como se mencionó antes, resultó ser de ocho varillas de 1/2". Con la finalidad de poder mejorar el comportamiento de la estructura estudiada, es necesario incrementar la sección transversal de las columnas existentes, para esto se agregarán más varillas de refuerzo y concreto estructural, los que deberán ir adosados a las columnas existentes, tal como se muestra en la Figura 3-58.

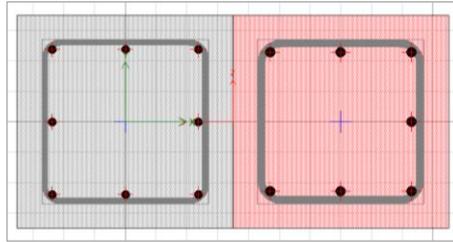


Figura 3-58: Reforzamiento propuesto para columna típica en la estructura E03. Fuente: Elaboración propia.

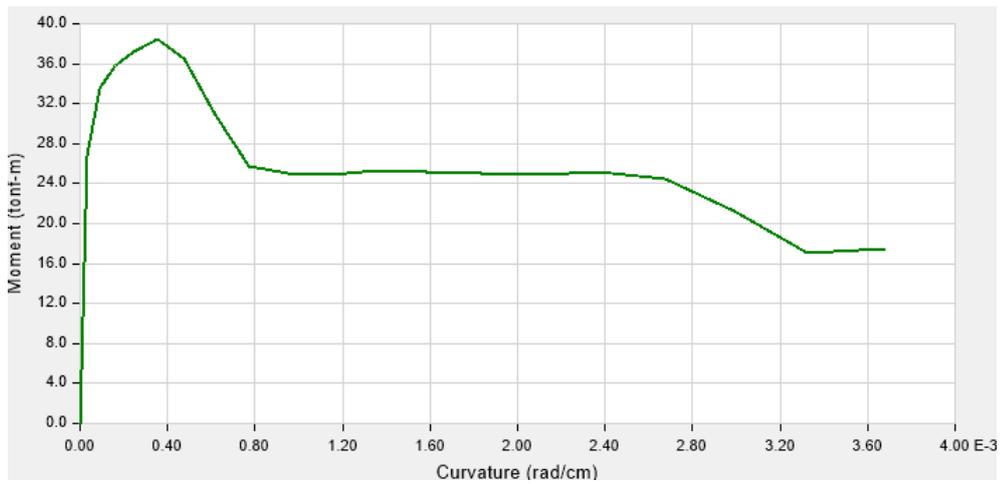


Figura 3-59: Diagrama momento curvatura generado por el reforzamiento propuesto. Fuente: Elaboración propia.

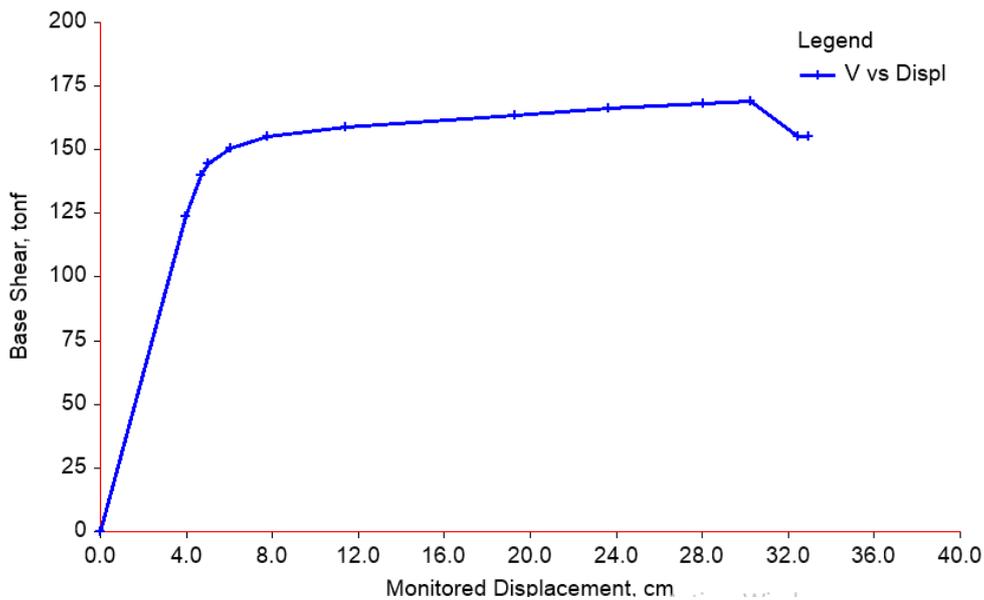


Figura 3-60: Curva de capacidad de la estructura E03, después del reforzamiento. Fuente: Elaboración propia.

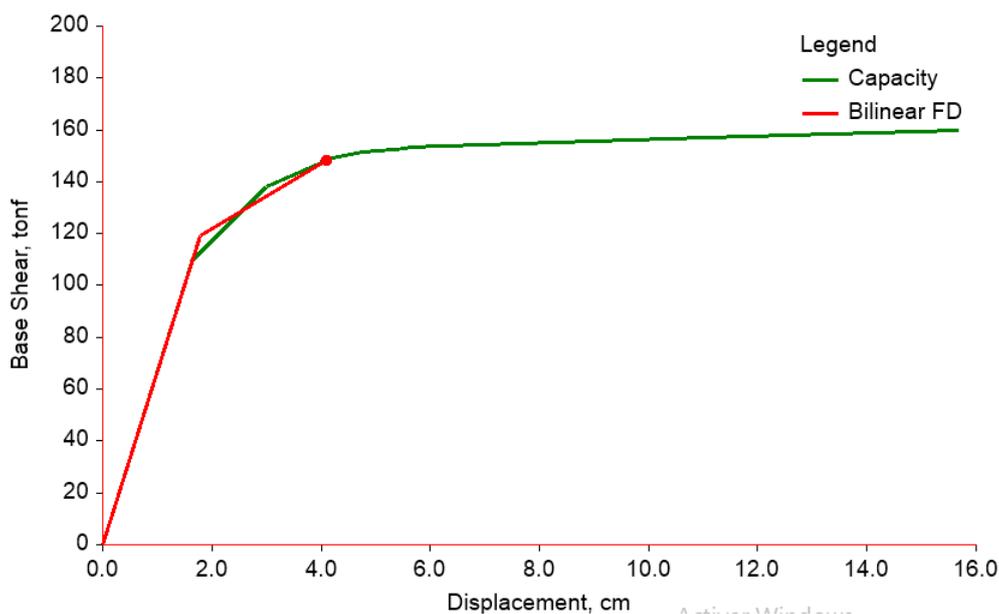


Figura 3-61: Curva de capacidad y punto de desempeño de la estructura E03 reforzada. Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de poder elevar el nivel de resistencia lateral e incrementar la rigidez de este, se procedió a reforzar una serie de columnas existentes, ubicadas de manera estratégica, tal como se muestra en la Figura 3-62. Una vez ubicadas las posiciones indicadas se procedió a efectuar un análisis estático no lineal, para poder determinar el incremento de la resistencia lateral. Los resultados encontrados se muestran en la Figura 3-60. De estos resultados se puede observar que la resistencia lateral máxima se incrementó hasta casi 175 t. Finalmente, se procede a obtener el punto de desempeño de la estructura, notando que la intersección entre la curva de capacidad y la curva de demanda muestran que aunque la estructura quedará con daño, se evita el colapso de esta, cumpliendo de esta manera con la filosofía de diseño de la norma E030.

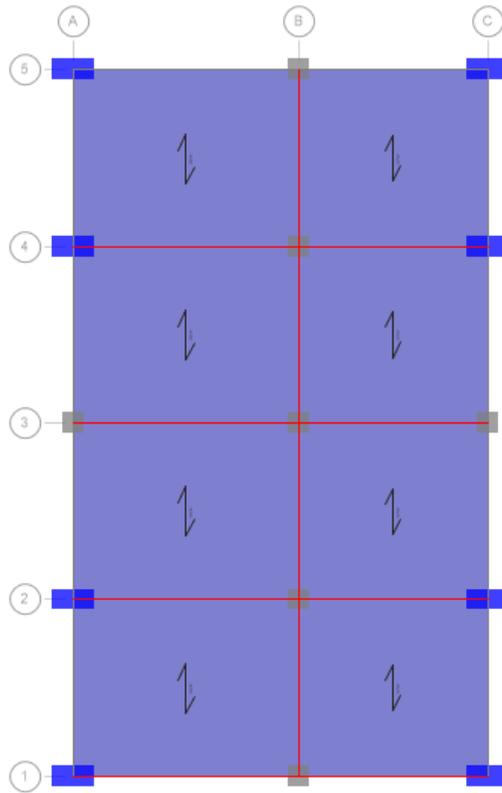


Figura 3-62: Reforzamiento propuesto en la estructura E02. Fuente: Elaboración propia.

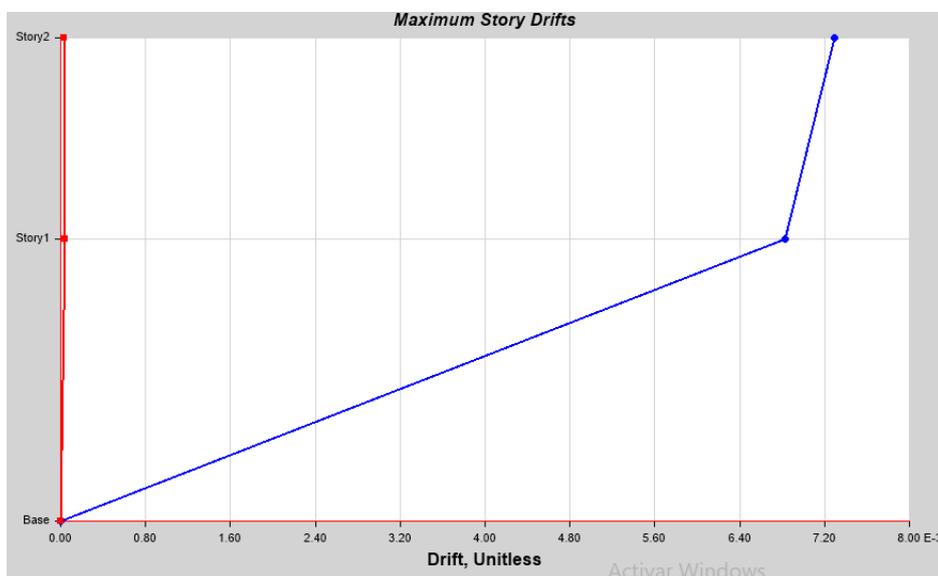


Figura 3-63: Distorsiones máximas en el punto de desempeño de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.

Eje X

4 CAPITULO IV: DISCUSIÓN

Los resultados encontrados, la estructura presentaba una menor rigidez en la dirección más corta, es decir en el eje x, las distorsiones de entrepiso resultaron mayores a la requerida según la norma (E030, 2016:P7) 7/1000, Estos resultados están de acuerdo con los de Laucata (2013), quien realizó un estudio de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas, en esta investigación el autor reportó la gran diferencia de rigideces encontradas en las direcciones frontal y lateral, siendo, que la rigidez lateral frontal resulta ser mucho menor a la rigidez lateral, es decir que tiene escasa redundancia estructural. Aunque en este punto se debe mencionar que la citada investigación no realizó un modelamiento de la estructura existente, sino que sólo se limitó a describir las deficiencias constructivas encontradas.

Las viviendas autoconstruidas evaluadas en este trabajo de investigación presentaron una baja calidad en los materiales, se encontró de un estudio de esclerometría que la resistencia del concreto fue de sólo 165 kg/cm². Estos resultados son evidentemente inferiores a los mínimos requeridos para la construcción, siendo los valores mínimos requeridos de 210 kg/cm², para el concreto. Dicho resultados concuerdan con las descripciones hechas por Laucata (2013) en el sentido de que los materiales, usados en la autoconstrucción, son en general de mala calidad. Aunque es importante aclarar que este autor no realizó estudios de laboratorio, el autor reportó los inadecuados procesos constructivos en las que las mezclas de concreto son preparadas, por lo que se espera un concreto de baja resistencia.

En cuanto a los resultados de las distorsiones laterales, se encontró que todas las edificaciones poseían una rigidez inferior a la requerida por la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2016:P7), es decir, 7/1000, es decir también presentan escasa redundancia estructural. Estos resultados están de acuerdo con los datos encontrados por El Betar Sameh (2016), quien encontró que en general los pórticos de concreto armado diseñados con una normativa sísmica poco exigente, en términos de rigidez lateral, conlleva a edificaciones muy vulnerables frente a la acción de sismos.

En cuanto a los datos encontrados por Palomino et. al (2016), quien evaluó la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas, cabe precisar que aunque la metodología empleada estuvo basada en una serie de coeficientes y no en el desarrollo de análisis sísmicos, los resultados obtenidos por estos autores son directamente comparables, e indican que las viviendas autoconstruidas, en general, poseen un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica. Es decir, que las viviendas que fueron construidas usando mano de obra no calificada da como consecuencia el deficiente procedimiento constructivo, son estructuras muy propensas de sufrir daño severo durante eventos sísmicos calificados como sismos raros (con periodos de retorno de 475 años.)

Resultados similares fueron encontrados por Marin (2014) y Laucata (2013), quienes determinaron que las viviendas autoconstruidas, son en general, viviendas propensas a ser dañadas en el caso de un evento sísmico de gran magnitud.

Los resultados encontrados del análisis sísmico estático no lineal, según Mercado y Sabogal, 2016:p.10 muestran, de manera numérica, que las viviendas autoconstruidas, son en general muy propensas a sufrir daño, de hecho se ha podido observar que los sismos con periodos de retorno de 475 años (E030,2016:P2), es decir, aquellos consecuentes con la norma de diseño sísmico, provocarían daños irreparables en viviendas vulnerables a sismos y en algunos casos el colapso de estas, que coincide con esta investigación.

5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. La primera hipótesis específica, que motiva el presente trabajo de investigación, fue que la escasa redundancia estructural, provocaba un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica. Del análisis de las viviendas estudiadas en este trabajo, se concluyó que la redundancia estructural fue mínima en la dirección de menor longitud, lo que estuvo asociado a niveles de distorsiones elevados y por ende, a elevados niveles de vulnerabilidad sísmica. Por tanto, se ha podido confirmar la veracidad de la hipótesis propuesta.
2. La segunda hipótesis específica en este trabajo de investigación dice que los procedimientos inadecuados de construcción hacen que las viviendas autoconstruidas tenga un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica. En este trabajo los procedimientos de construcción inadecuados se evaluaron mediante el estudio de la relación agua-cemento para determinar la resistencia indirecta del $f'c$ del concreto, lo cual nos dio como resultado $a/c= 0.80$ que nos da como resultado $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ como se observa en la tabla 5-1, esto se confirmó con el ensayo de la esclerometría donde nos dio como $f'c= 165 \text{ kg/cm}^2$., se concluye que existe una relación directa entre los procedimientos de construcción inadecuados y la baja calidad de los materiales usados para los elementos estructurales, por lo que se puede decir, que los resultados encontrados prueban la hipótesis planteada.
3. La tercera hipótesis específica dice que los eventos sísmicos raros, es decir, aquellos con un periodo de retorno de 475 años (E030, 2016:P2), provocarán que las viviendas autoconstruidas queden severamente dañadas. De acuerdo con los resultados encontrados en las tres viviendas estudiadas, se pudo apreciar que los niveles de demanda sísmica provocaron que las estructuras queden cerca al punto de colapso de la edificación, tal como se muestra en las figuras 3-44, 3-46 y 3-48. De estos resultados se puede concluir que la hipótesis planteada resultó ser verdadera.

Además de las conclusiones principales de este estudio, mencionadas líneas arriba, es posible mencionar las siguientes conclusiones secundarias.

4. Los resultados del análisis estático no lineal nos da mayor cantidad de información a la hora de estudiar la respuesta estructural de edificaciones, ya que la estudia en todo el rango de su comportamiento frente a los típicos métodos de análisis lineal, puesto este último nos brinda información muy limitada comparada con el otro método.
5. La propuesta de reforzamiento en las columnas seleccionadas, logró incrementar de manera notable su resistencia a la flexión. De hecho, se observó que debido al reforzamiento propuesto la capacidad se incrementó de 8 t.m hasta 40 t.m, lo que representó un incremento del 500% en la figura 3-41 y figura 3-50.

6 CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Los resultados mostrados indican que el reforzamiento propuesto generó mejoras en el comportamiento estructural, lo que logra evitar el colapso de las edificación, sin embargo, aún persisten el daño en las edificaciones. Sobre esto, se recomienda que las futuras investigaciones se centren en la posibilidad del reforzamiento con otras alternativas como los disipadores de fluencia, ya que hay estudios muy recientes que indican la viabilidad en este sentido.
2. El presente trabajo de investigación realizó el estudio de los materiales de los elementos estructurales existentes dentro de las edificaciones analizadas, para esto se valió de dos métodos indirectos, específicamente, mediante un cálculo de dosificaciones y mediante el uso de esclerómetros. Aunque, los resultados fueron muy similares, se recomienda, en futuros estudios, utilizar métodos destructivos, tales como la extracción de testigos diamantinos, ya que este método permite obtener muestras del concreto bajo estudio.
3. En este trabajo se usó el software de análisis no lineal ETABS, y aunque es una potente herramienta de cálculo estructural, nos permite sólo análisis del tipo monotónico. Se recomienda en futuras investigaciones el uso de nuevos modelos de análisis, en especial los modelos de análisis tiempo historia no lineal, pues en trabajos previos, como los de Panagiotou et. al (2014), Lu et. al (2014) y Ortiz et. al (2014), se ha demostrado la efectividad de estos modelos en la predicción de la respuesta sísmica.
4. Se recomienda el estudio de viviendas autoconstruidas en otro de tipo de suelos, con mayores capacidades, ya que el estudio hecho en este trabajo encontró que la capacidad portante del suelo fue de 1.5 kg/cm^2 .
5. Se recomienda que futuros trabajos de investigación hagan incidencias en los costos de reforzamiento, y que se comparen con otras alternativas de solución, como placas de concreto armado.

6. Se recomienda hacer un monitoreo periódico del estado de las columnas presentes en la edificación, con frecuencia mensual, en un intervalo de 6 meses con la finalidad de que los resultados evaluados sean de mayor confiabilidad, ya que estas no siempre son homogéneas. En cuanto al control de calidad de los materiales, es importante tomar las medidas adecuadas en el momento en el que se preparan las mezclas de concreto para evitar una baja resistencia de concreto, por ende se recomienda tener una adecuada dosificación de la relación agua-cemento.

7 CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

1. Constantin, R. y Beyer, K. Modelling of Reinforced Concrete Core Walls Under Bi-directional Loading. Lisboa, Lisboa, Portugal : s.n., 2012.
2. Escolano, Margarit, y otros. Failure Mechanism of Reinforced Concrete Structural Walls with and without Confinement. Lisboa, Lisboa, Portugal : s.n., 2012.
3. Seismic Design and Construction Practices for RC Structural Wall Buildings. Massone, Leonardo, y otros. 2012, Earthquake Spectra, págs. 245-256.
4. Analysis of shear-dominated RC columns using the nonlinear truss analogy. Moharrami, Mohammadreza, y otros. 2014, Earthquake Engineering Structural Dynamics.
5. Ortiz, Arcangel. Diseño Sismico de Muros de Concreto Armado. Bases para el diseño por desplazamientos. Instituto de Ingenieria UNAM : Mexico, 2014. Tesis de Maestria.
6. Nonlinear Cyclic Truss Model for Reinforced Concrete Walls. Panagiotou, Mario, y otros. 2012, ACI Structural Journal, págs. 205-214.
7. Damage and Implications for Seismic Design of RC Structural Wall Buildings. Wallace, Jhon, y otros. 2012, Earthquake Spectra, págs. 281-299.
8. Three-Dimensional Cyclic Beam-Truss Model for Nonplanar Reinforced Concrete Walls. Yuan, Lu y Panagiotou, Mario. 2013, Journal of Structural Engineering, ASCE.

9. Chopra, Anil K. Dinamica de Estructuras. Mexico : Pearson, 2014.
10. Seismic strengthening of infill walls with perforated steel plates. Aykac, Bengi, y otros. 2017, Engineering Structures.
11. Seismic Retrofitting of RC walls externally strengthened by flax-FRP strips. Di Luccio, G., y otros. 2017, Composites.
12. Huaco Cardenas, Guillermo y Jirsa, J. Performance of masonry wall retrofitted using CFRP sheets and anchors. Santiago de Chile : 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017., 2017.
13. Effect of Corrosion Damage on the Flexural Performance of RC Beams Strengthened with FRCM composites. Elghazy, Mohamed, y otros. 2017, Composite Structures.
14. Basurto Cartulin, Rosario del Pilar. Vulnerabilidad sismica y mitigacion de desastres en el distrito de San Luis. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2015.
15. Rivera Vargas, Darío. Evaluacion simplificada de la vulnerabilidad sismica de puentes urbanos. Mexico : Centro Nacional de Prevencion de desastres-CENAPRED, 2015.
16. Proaño Tataje, Ricardo. Reforzamiento de estructuras. Lima : II ciclo de conferencias GEOCON, 2014.
17. Vizconde Campos, Adalberto. Evaluacion de la vulnerabilidad sismica de un edificio existente. Lima : Universidad de Piura, 2014.
18. Zavala, Carlos, y otros. Comparison of Behavior of Non-Engineered Masonry Tubular Block Walls and Solid Engineered Walls. Lima : Centro de Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de desastres (CISMID), 2014.
19. Flores de los Santos, Roberto Angel. Diagnostico preliminar de la vulnerabilidad sismica de las autoconstruccion en Lima. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.

ANEXOS

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Por qué razón las viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral, distrito de Comas tienen un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica?</p> <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>¿Cómo afecta la redundancia estructural de viviendas autoconstruidas en la vulnerabilidad sísmica de estas?</p> <p>¿Qué efecto tienen los procedimientos de construcción inadecuados en la vulnerabilidad sísmica?</p> <p>¿Qué efecto tienen los sismos con periodos de retorno de 475 años sobre las edificaciones autoconstruidas?</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>Determinar porque razón las viviendas autoconstruidas, en la Av. El Parral, del distrito de Comas tiene un elevado nivel de la vulnerabilidad sísmica.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Determinar las consecuencias que tiene la escasa redundancia estructural en la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral, Comas.</p> <p>Determinar el efecto que tienen los procedimientos de construcción inadecuados en la vulnerabilidad sísmica de viviendas auto-construidas en la Av. El Parral, Comas.</p> <p>Evaluar los efectos que producen un sismo con periodos de retorno de 475 años en una vivienda autoconstruida en la Av. El Parral, Comas.</p>	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>Debido a la escasa redundancia estructural y al uso de materiales de construcción inadecuados, las viviendas autoconstruidas en la Av. El Parral tiene un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica.</p> <p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>Debido a la escasa redundancia estructural de las viviendas autoconstruidas, estas tienen un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica.</p> <p>Los procedimientos de construcción inadecuados usados en viviendas autoconstruidas hacen que estas tengan un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica.</p> <p>Debido a que los sismos con periodos de retorno de 475 años son considerados eventos raros, se espera que ante un evento de esta magnitud, las viviendas autoconstruidas queden severamente dañadas.</p>	<p><u>Variable (X):</u> Viviendas autoconstruidas</p> <p><u>Variable (Y):</u> Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tipo de sistema estructural. ➤ Calidad de los materiales de construcción. ➤ Redundancia estructural. ➤ Respuesta a la aplicación del Método Estático no Lineal.



**DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VIVIENDA INFORMAL
FICHA DE REPORTE**

Vivienda N° :

Antecedentes:

Ubicación:

Dirección técnica en el diseño:

Dirección técnica en la construcción:

Pisos construidos: Pisos proyectados: Antigüedad de la vivienda:

Topografía y geología:

Estado de la vivienda:

.....

.....

.....

Secuencia de construcción de la vivienda:

Aspectos técnicos:

Elementos de la vivienda:

Elemento	Características
Cimientos	
Muros	
Techo	
Columnas	
Vigas	

Deficiencias de la estructura:

Problemas de ubicación:	Problemas constructivos:
Problemas estructurales:	
	Mano de obra:
	Otros:

Análisis por sismo (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)

Resistencia característica a corte (kPa): v'm = 510

Factor de Suelo S =

VR = Resistencia al corte (kN) = $A_e(0.5v'm\alpha + 0.23fa)$

Area	Cortante Basal		Area de muros		Ae / Ar	Densidad	Resistencia	VR/V	Resultado
	Peso acum.	V=ZUCSP/R	Existente:Ae	Requerida:Ar					
m ²	kN/m ²	kN	m ²	m ²	Adimensional	%	kN	Adimensional	
Análisis en el sentido "X"									
Análisis en el sentido "Y"									

Observaciones y Comentarios

.....

.....

Nombre del profesional **William Alberto Sánchez Beclen** 106

N° CIP **69970** INGENIERO CIVIL

DNI **1676342** CIP 69970

FOTOS:

Viviendas Av. El Parral, Comas



Calicatas:



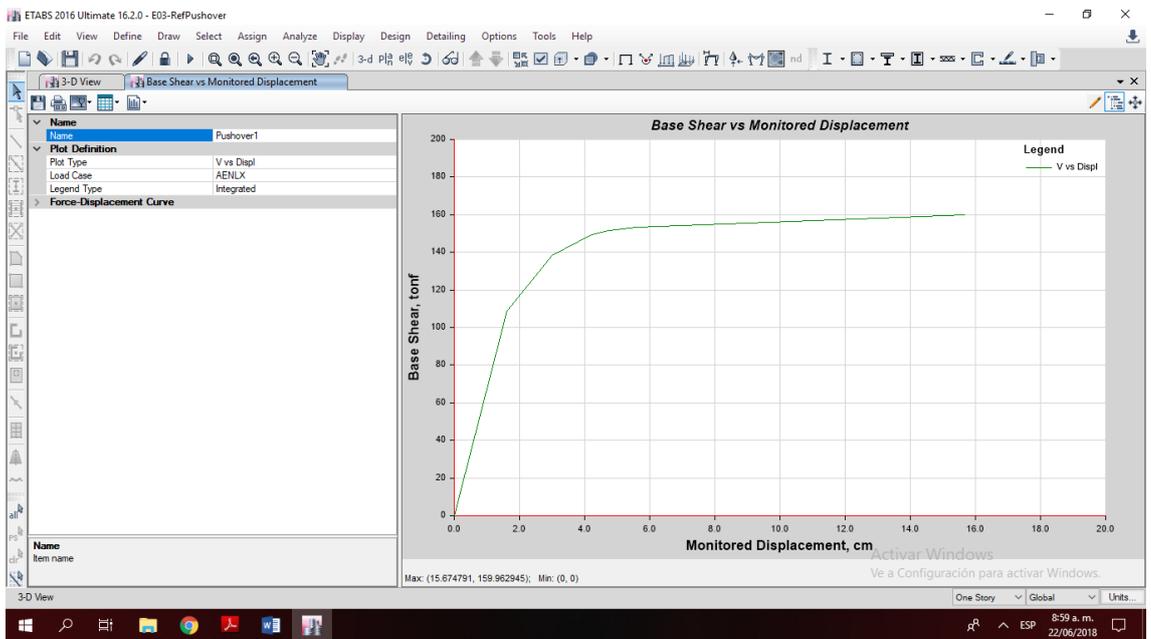
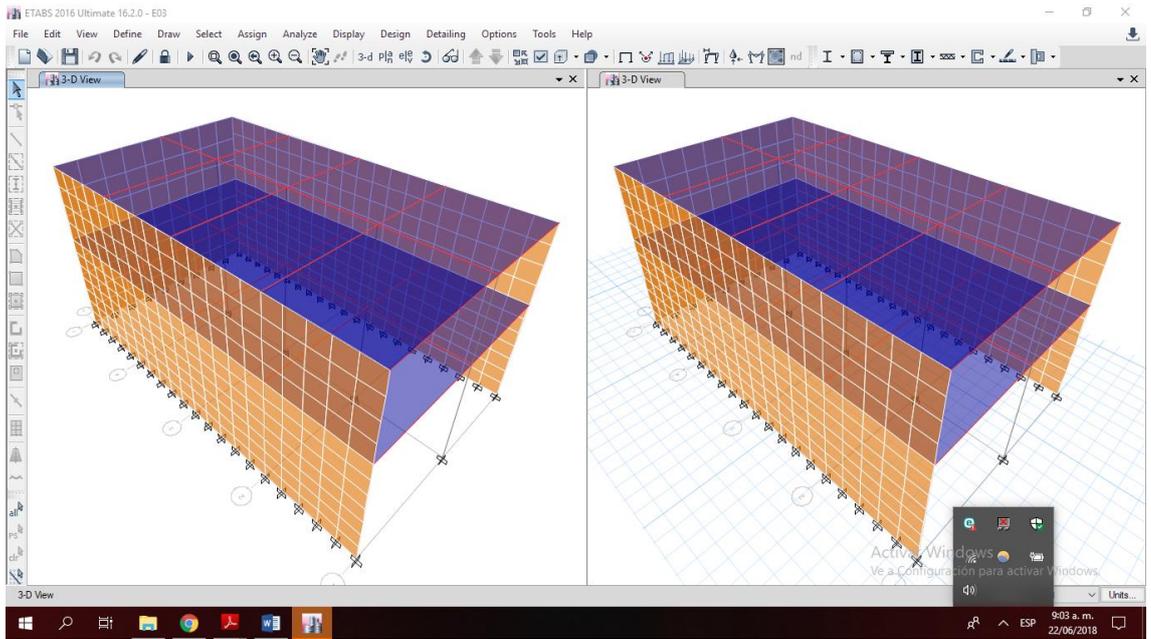


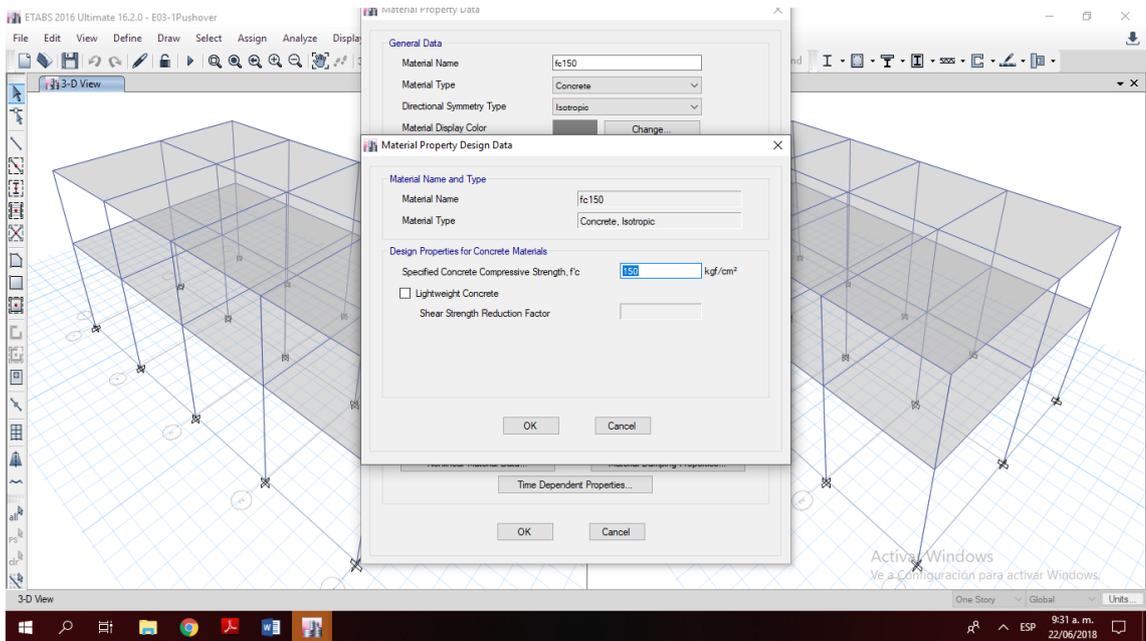
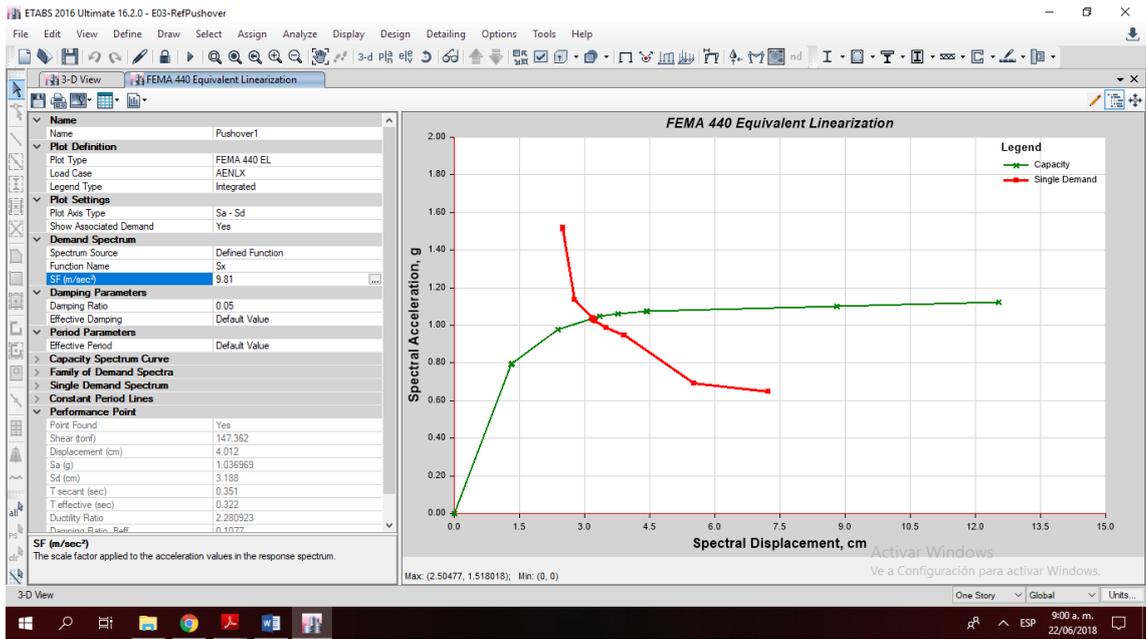


ESCLERÓMETRO:











UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ABET

INFORME N° S18 - 314-1-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
 PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
 UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
 FECHA : 04 DE MAYO 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 2.70

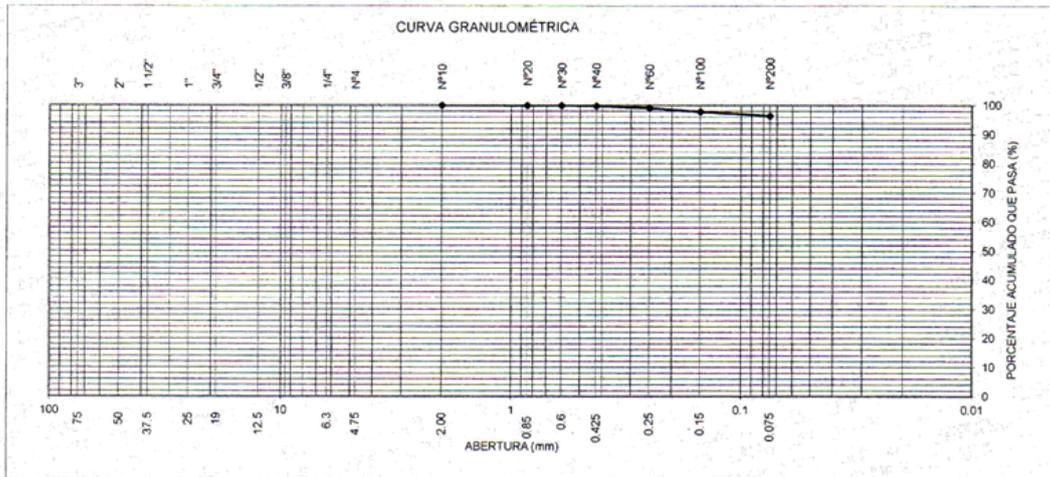
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	
2"	50.000	-	-	
1 1/2"	37.500	-	-	
1"	25.000	-	-	
3/4"	19.000	-	-	
1/2"	12.500	-	-	
3/8"	9.500	-	-	
1/4"	6.300	-	-	
N°4	4.750	-	-	
N°10	2.000	-	-	100.0
N°20	0.850	0.0	0.0	100.0
N°30	0.600	0.1	0.1	99.9
N°40	0.425	0.2	0.3	99.7
N°60	0.250	0.7	1.0	99.0
N°100	0.150	1.2	2.2	97.8
N°200	0.075	1.4	3.6	96.4
FONDO		96.4		

% Grava	: ----
% Arena	: 3.6
% Finos	: 96.4

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%)	: 53.2
Límite Plástico (%)	: 26.8
Índice Plástico (%)	: 26.4

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CH



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: Téc. G. Quico Z.

Revisado por: Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



INFORME N° S18 - 314-1-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-1
Prof. (m.) : 2.70

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm.)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm.)	2.04	2.04	2.04
Densidad húmeda inicial (g/cm ³ .)	1.537	1.537	1.537
Densidad seca inicial (g/cm ³ .)	1.305	1.305	1.305
Cont. de humedad inicial (%)	17.7	17.7	17.7
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm.)	2.03	2.01	1.99
Altura final de la muestra (cm.)	2.01	2.00	1.98
Densidad húmeda final (gr/cm ³ .)	1.771	1.778	1.783
Densidad seca final (gr/cm ³ .)	1.325	1.336	1.345
Cont. de humedad final (%)	33.6	33.1	32.6
Esfuerzo normal (kg/cm ² .)	0.5	1.0	2.0
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ² .)	0.324	0.542	0.978

Angulo de fricción interna : **23.6 °**
Cohesión (kg/cm².) : **0.11**

Nota : Los especímenes se remoldearon con la densidad del Peso Volumétrico (80%).
Muestra remitida e identificada por el solicitante.

Realizado por: Téc. G. Quico Z.
Revisado por: Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



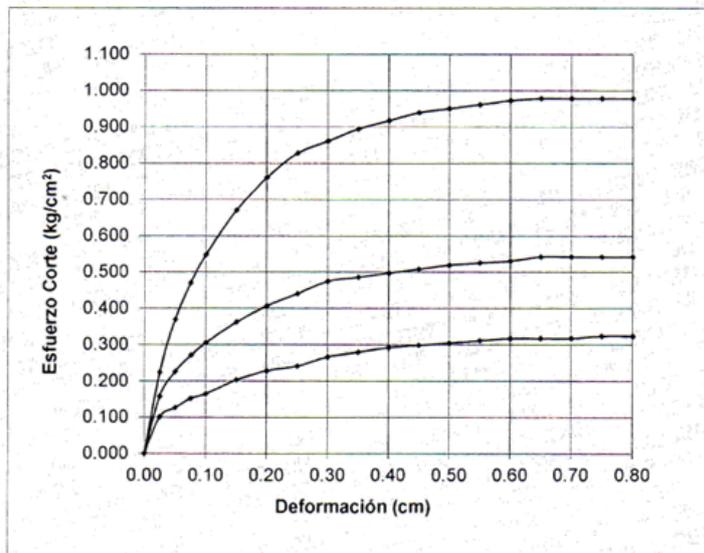
INFORME N° S18 - 314-1-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

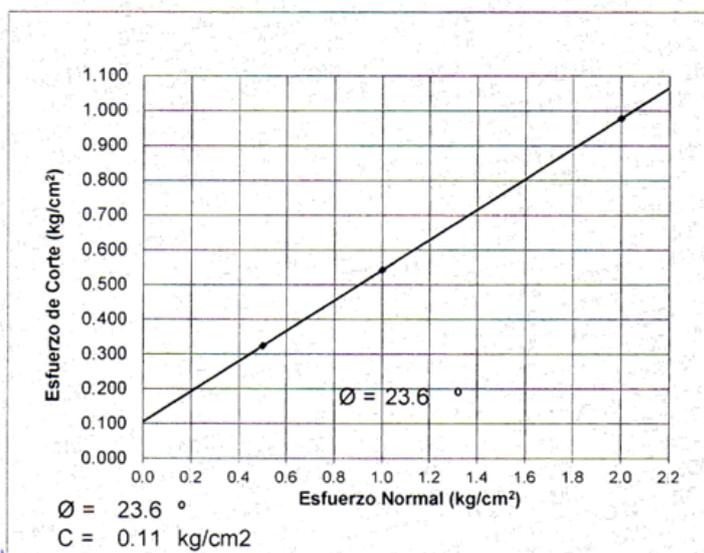
ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-1
Prof. (m.) : 2.70

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE





INFORME N° S18 - 314-1-2

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE
LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : M-1
Prof. (m.) : 2.70

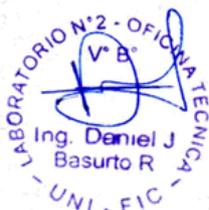
ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE LOS SUELOS COHESIVOS NTP 339.139

Peso Volumétrico (gr/cm³) : 1.920

Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Téc. G. Quico Z.

Revizado por : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



INFORME N° S18 - 314-2-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : M-2
Prof. (m.) : 2.70

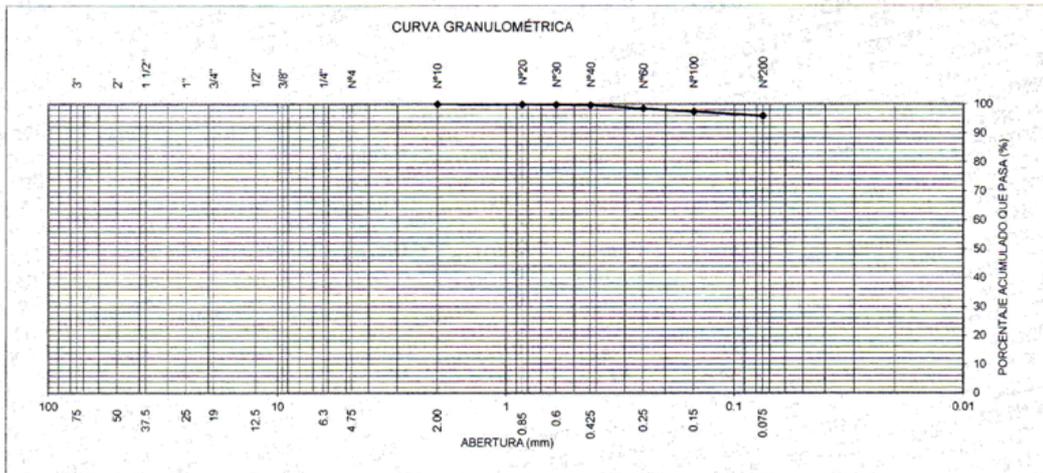
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : ----, % Arena : 4.1, % Finos : 95.9

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318: Limite Líquido (%) : 53.8, Limite Plástico (%) : 27.9, Indice Plástico (%) : 25.9

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CH



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por : Téc. G. Quico Z.

Revisado por : Ing. D. Basurto R. / R.R.P.



Handwritten signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 314-2-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-2
Prof. (m.) : 2.70

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm.)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm.)	2.04	2.04	2.04
Densidad húmeda inicial (g/cm ³ .)	1.563	1.563	1.563
Densidad seca inicial (g/cm ³ .)	1.305	1.305	1.305
Cont. de humedad inicial (%)	19.7	19.7	19.7
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm.)	2.03	2.01	1.99
Altura final de la muestra (cm.)	2.01	2.00	1.98
Densidad húmeda final (gr/cm ³ .)	1.763	1.767	1.781
Densidad seca final (gr/cm ³ .)	1.325	1.333	1.349
Cont. de humedad final (%)	33.1	32.6	32.0
Esfuerzo normal (kg/cm ² .)	0.5	1.0	2.0
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ² .)	0.333	0.558	1.007

Angulo de fricción interna : **24.2 °**
Cohesión (kg/cm².) : **0.11**

Nota : Los especímenes se remoldearon con la densidad del Peso Volumétrico (80%).
Muestra remitida e identificada por el solicitante.

Realizado por: Téc. G. Quico Z.
Revisado por: Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



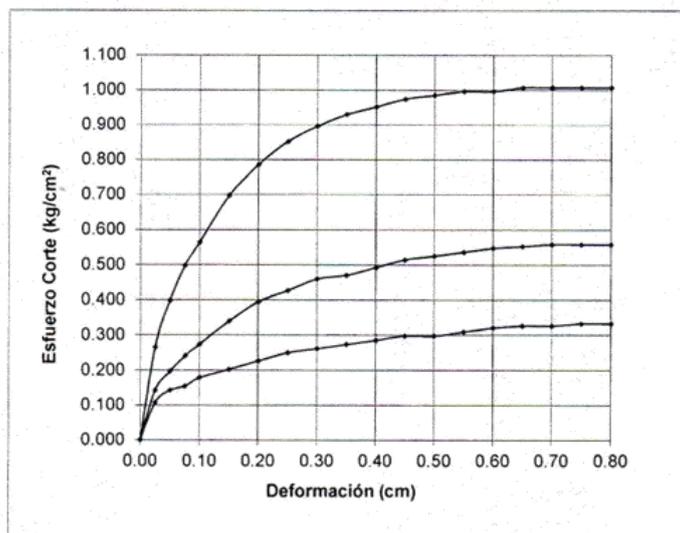
INFORME N° S18 - 314-2-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

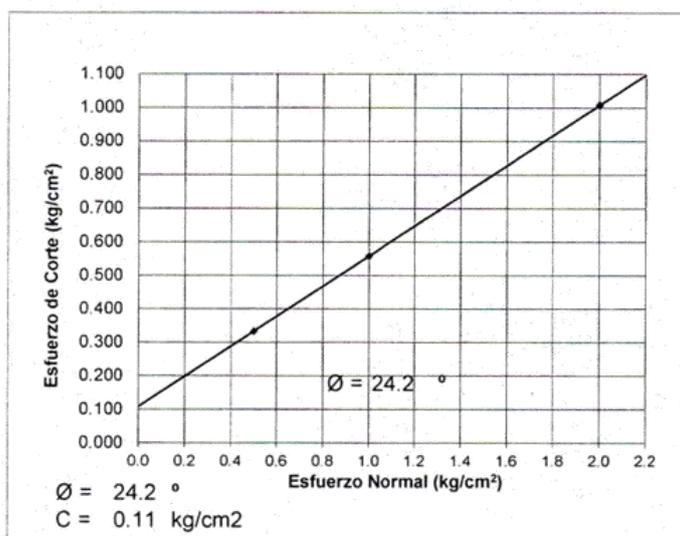
ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-2
Prof. (m.) : 2.70

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ABET

INFORME N° S18 - 314-2-2

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE
LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : M-2
Prof. (m.) : 2.70

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE LOS SUELOS COHESIVOS NTP 339.139

Peso Volumétrico (gr/cm³) : 1.954

Nota. - La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Téc. G. Quiço Z.

Revizado por : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.




Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 314-3-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
 PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
 UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
 FECHA : 04 DE MAYO 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : M-3
 Prof. (m.) : 2.70

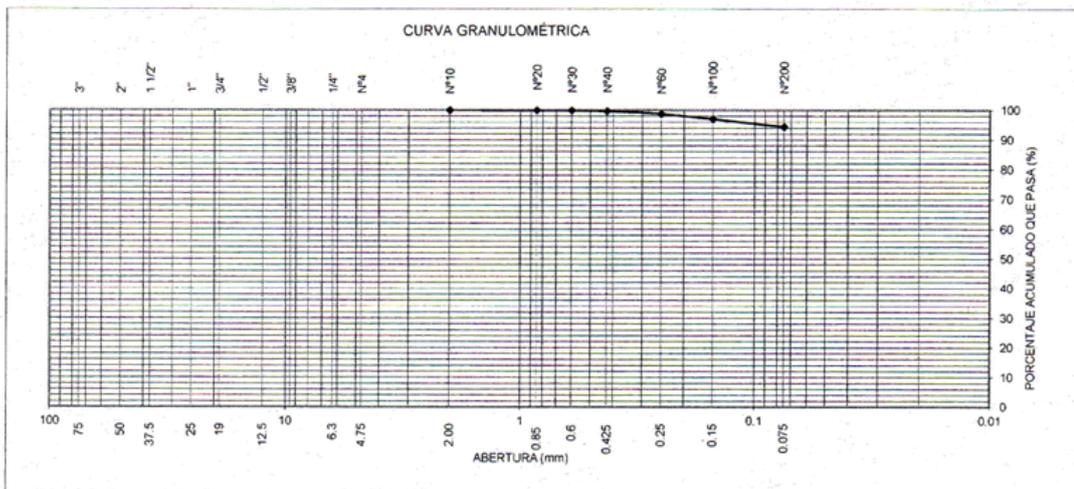
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial Retenido	(% Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	
2"	50.000	-	-	
1 1/2"	37.500	-	-	
1"	25.000	-	-	
3/4"	19.000	-	-	
1/2"	12.500	-	-	
3/8"	9.500	-	-	
1/4"	6.300	-	-	
N°4	4.750	-	-	
N°10	2.000	-	-	100.0
N°20	0.850	0.1	0.1	99.9
N°30	0.600	0.1	0.1	99.9
N°40	0.425	0.2	0.3	99.7
N°60	0.250	1.0	1.3	98.7
N°100	0.150	1.8	3.0	97.0
N°200	0.075	2.6	5.6	94.4
FONDO		94.4		

% Grava	: ----
% Arena	: 5.6
% Finos	: 94.4

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%)	: 51.6
Límite Plástico (%)	: 26.6
Índice Plástico (%)	: 25.0

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CH



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: Téc. G. Quico Z.

Revisado por: Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ABET

INFORME N° S18 - 314-3-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-3
Prof. (m.) : 2.70

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm.)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm.)	2.04	2.04	2.04
Densidad húmeda inicial (g/cm ³ .)	1.527	1.527	1.527
Densidad seca inicial (g/cm ³ .)	1.285	1.285	1.285
Cont. de humedad inicial (%)	18.9	18.9	18.9
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm.)	2.03	2.00	1.99
Altura final de la muestra (cm.)	2.01	1.99	1.98
Densidad húmeda final (gr/cm ³ .)	1.760	1.767	1.774
Densidad seca final (gr/cm ³ .)	1.305	1.316	1.328
Cont. de humedad final (%)	34.9	34.3	33.6
Esfuerzo normal (kg/cm ² .)	0.5	1.0	2.0
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ² .)	0.330	0.553	1.006

Angulo de fricción interna : **24.3 °**
Cohesión (kg/cm².) : **0.10**

Nota : Los especímenes se remoldearon con la densidad del Peso Volumétrico (80%).

Muestra remitida e identificada por el solicitante.

Realizado por: Téc. G. Quico Z.

Revisado por: Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



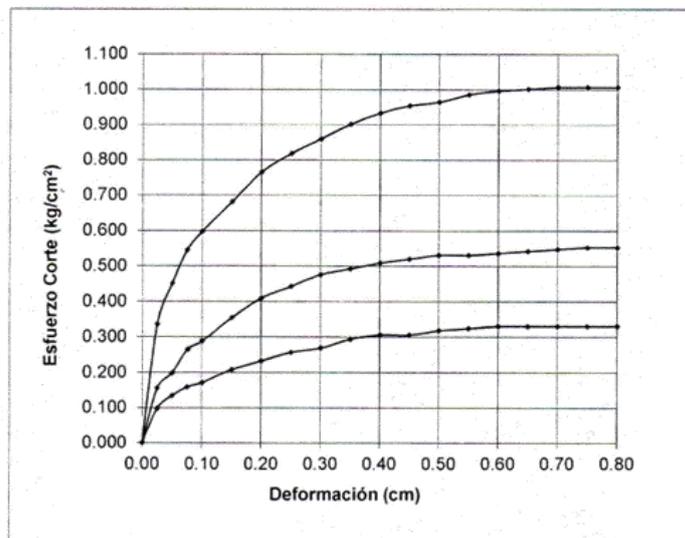
INFORME N° S18 - 314-3-1

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

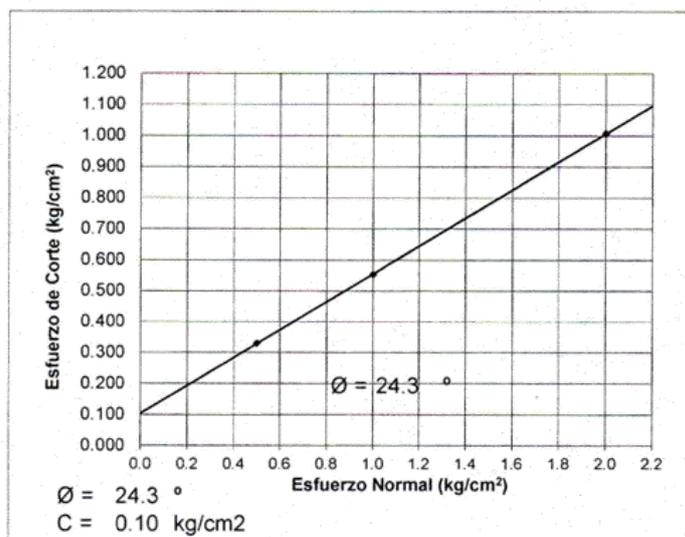
ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-3
Prof. (m.) : 2.70

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



$\phi = 24.3^\circ$
 $C = 0.10 \text{ kg/cm}^2$





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ABET

INFORME N° S18 - 314-3-2

SOLICITANTE : KAROLYN KRISTY TITO VARGAS
PROYECTO : "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS MEDIANTE
LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN AV. EL PARRAL, COMAS"
UBICACIÓN : AV. EL PARRAL - COMAS
FECHA : 04 DE MAYO 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : M-3
Prof. (m.) : 2.70

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE LOS SUELOS COHESIVOS NTP 339.139

Peso Volumétrico (gr/cm³) : 1.908

Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Téc. G. Quico Z.

Revizado por : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



GEO PERÚ
INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.

INFORME DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRIA

Se realizó el 11 de Mayo del 2018, en horas 10.30 Am; el ensayo de Esclerometria en la vivienda ubicado en la Av. El Parral 254 – Distrito de Comas.

Elemento : Columna

Características del Equipo:

Marca : Pinzuar

Modelo : HT225

Serie : 1327

Técnico Responsable: Luis Briceño Vidaurre



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.

GEO PERÚ
INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

Certificado N° 0177-18/GEO PERU

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
(ASTM C - 805)

ELEMENTO : COLUMNA

UBICACIÓN : AV. El Parral 254 – Distrito de Comas.

SOLICITADO : KAROLYN TITO VARGAS

FECHA : 11.05.18

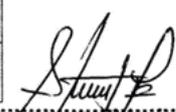
ANGULO DE IMPACTO a -0°

N° DE GOLPES	LECTURA
1	24
2	24
3	26
4	28
5	24
6	26
7	24
8	28
9	26
PROMEDIO	26

N° DE GOLPES	LECTURA
1	30
2	30
3	28
4	26
5	26
6	28
7	28
8	30
9	28
PROMEDIO	28

N° DE GOLPES	LECTURA
1	26
2	24
3	24
4	30
5	26
6	24
7	30
8	26
9	24
PROMEDIO	26

ELEMENTO	IMPACTO	RESISTENCIA Kg/Cm2
COLUMNA LADO INFERIOR	1	158
COLUMNA LADO CENTRO	2	180
COLUMNA LADO SUPERIOR	3	158
PROMEDIO KG/Cm2		165


JORGE LUIS SIFUENTES ROMERO
CIP: 96403
INGENIERO CIVIL

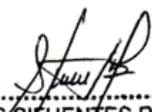


GEO PERÚ
INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

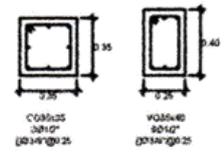
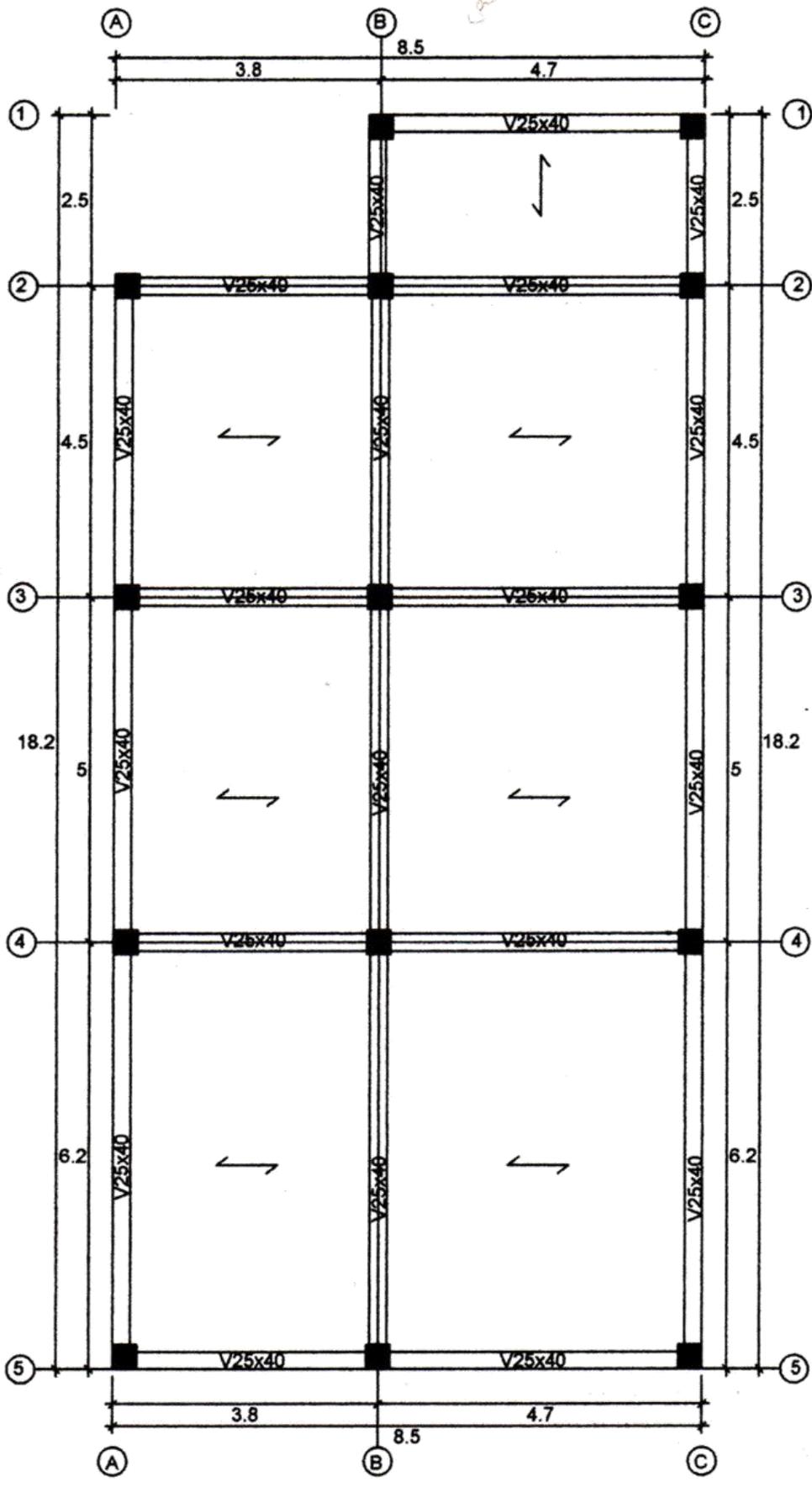
Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.

TABLA DE VALORES PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

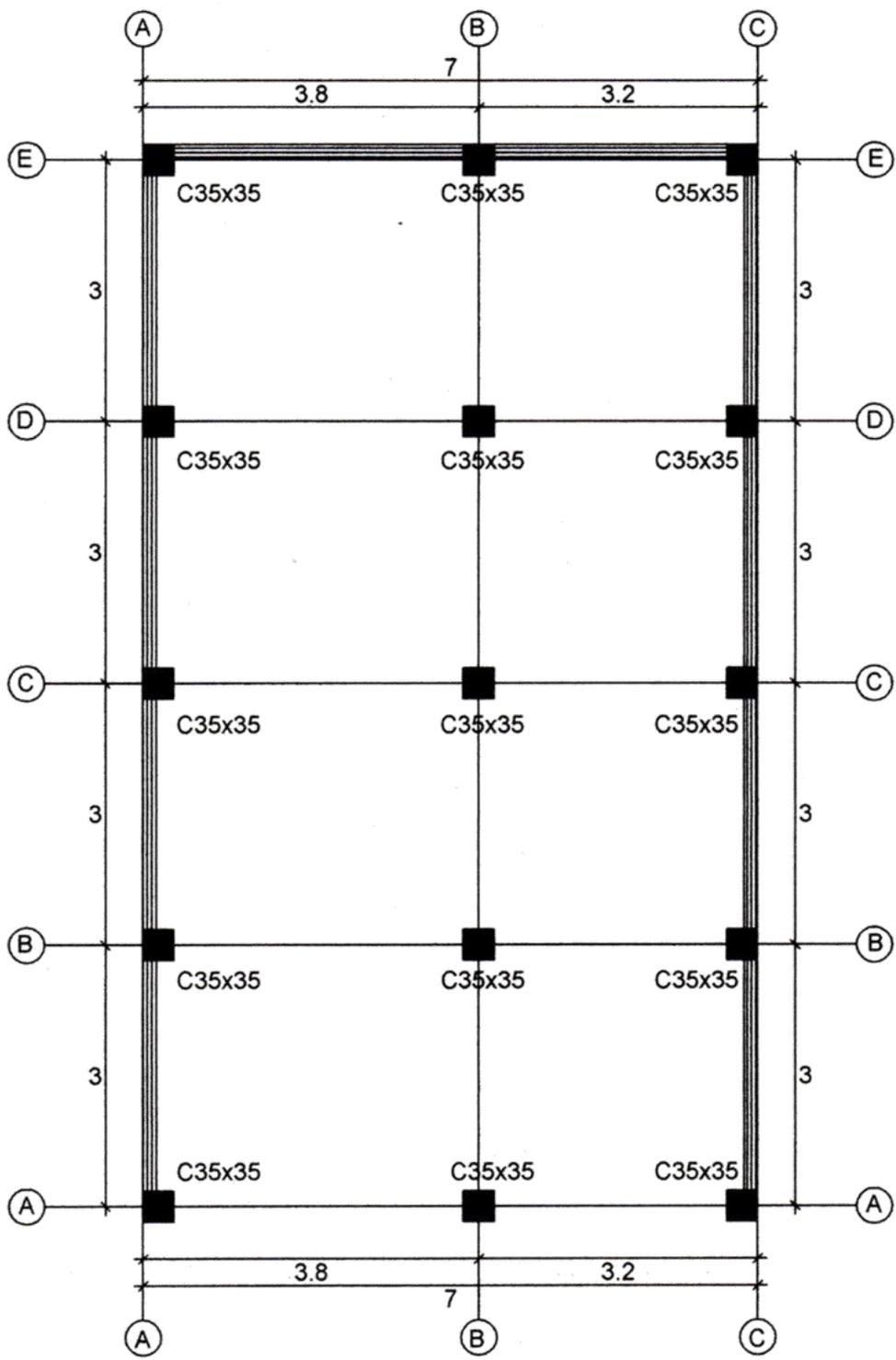
R	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Por encima 600	Por encima 600	580	550	530
55	Por encima 600	Por encima 600	600	570	550


 LUIS SIFUENTES ROMERO
 CIP: 96403
 INGENIERO CIVIL



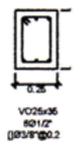
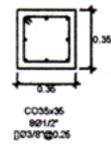
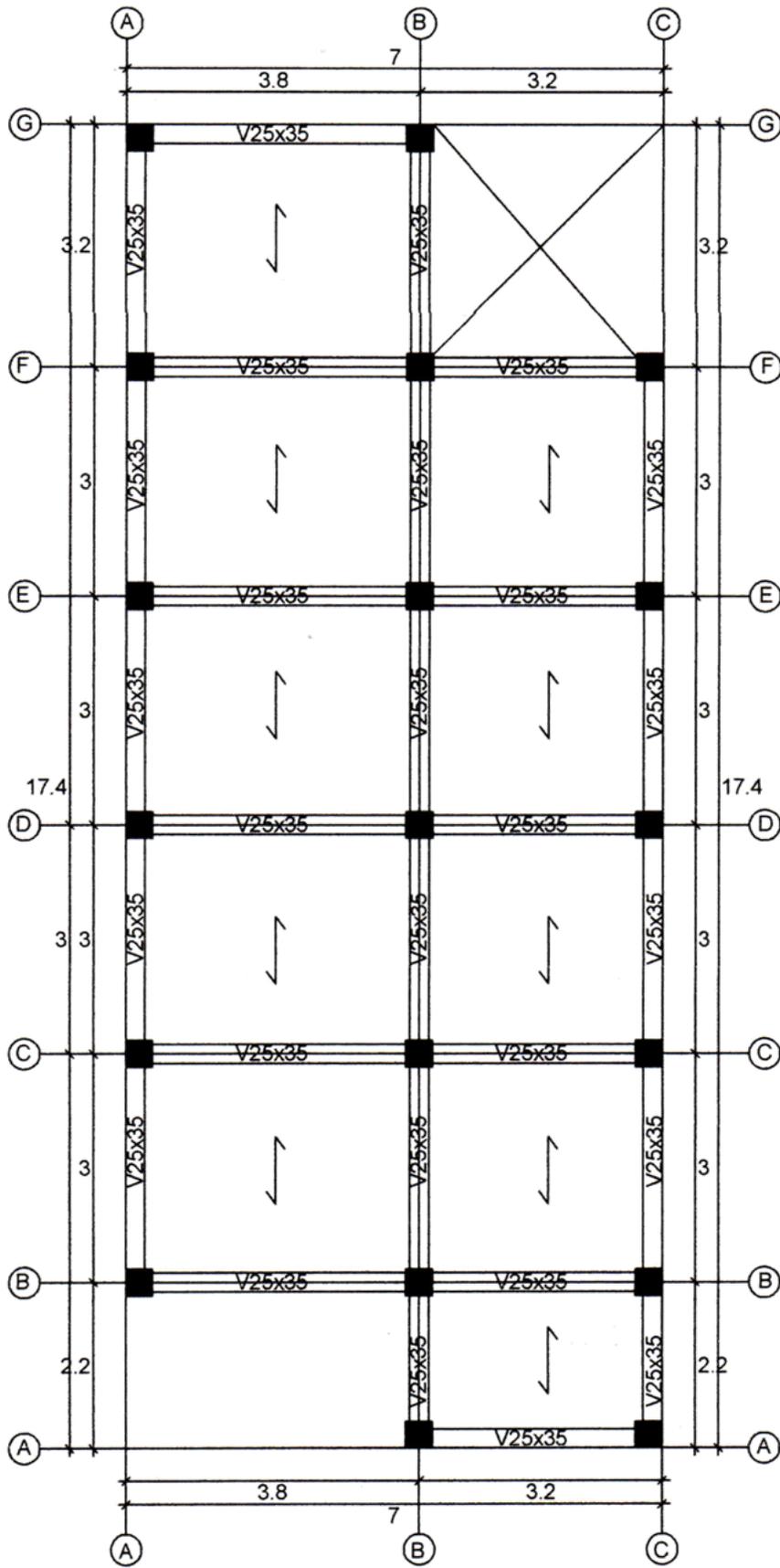


ENCONFRADO TÍPICO
 ESCALA: 1/50

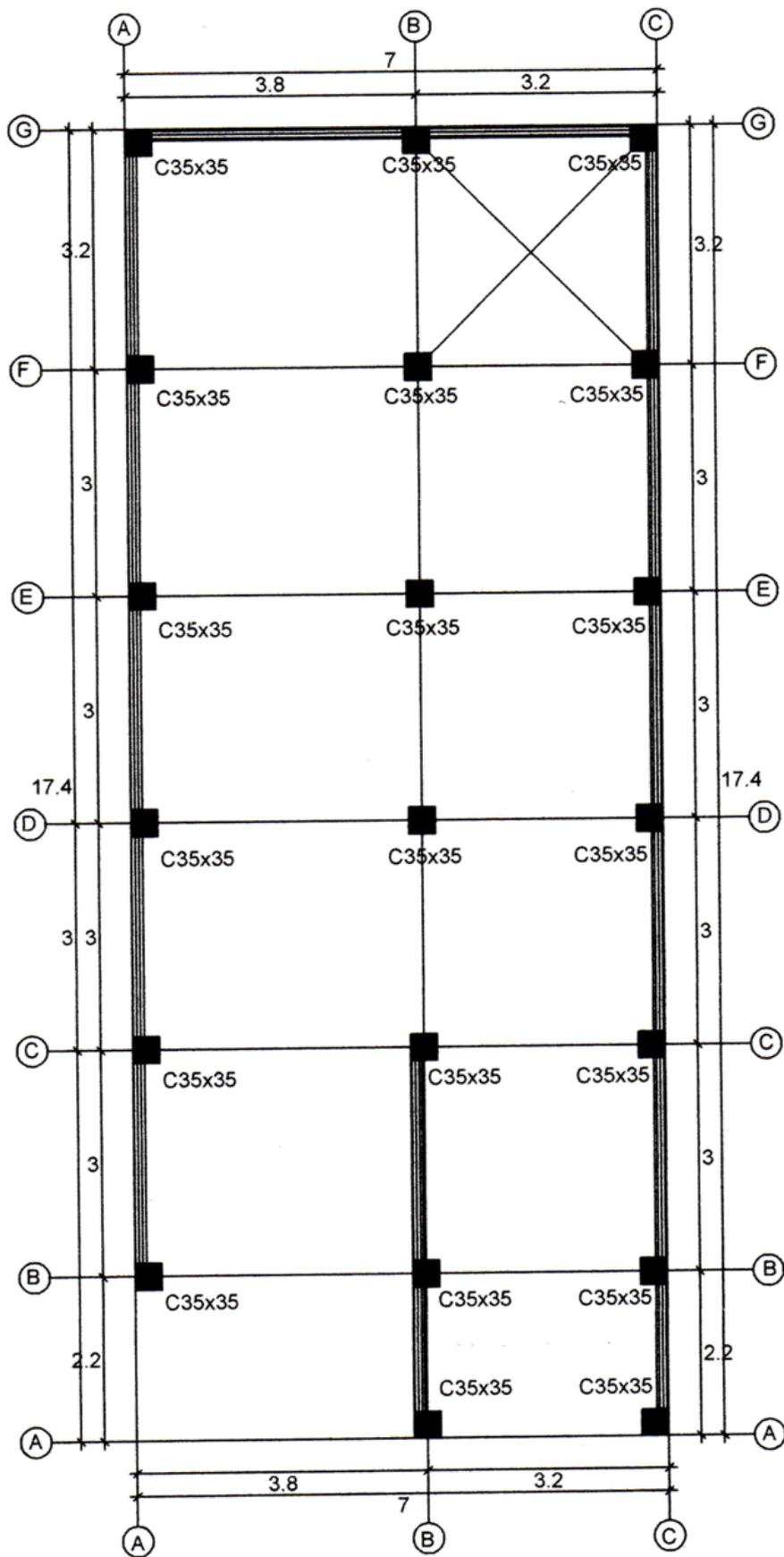


SISTEMA RESISTENTE VERTICAL
 ESCALA: 1/50

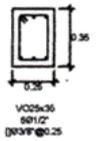
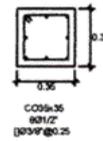
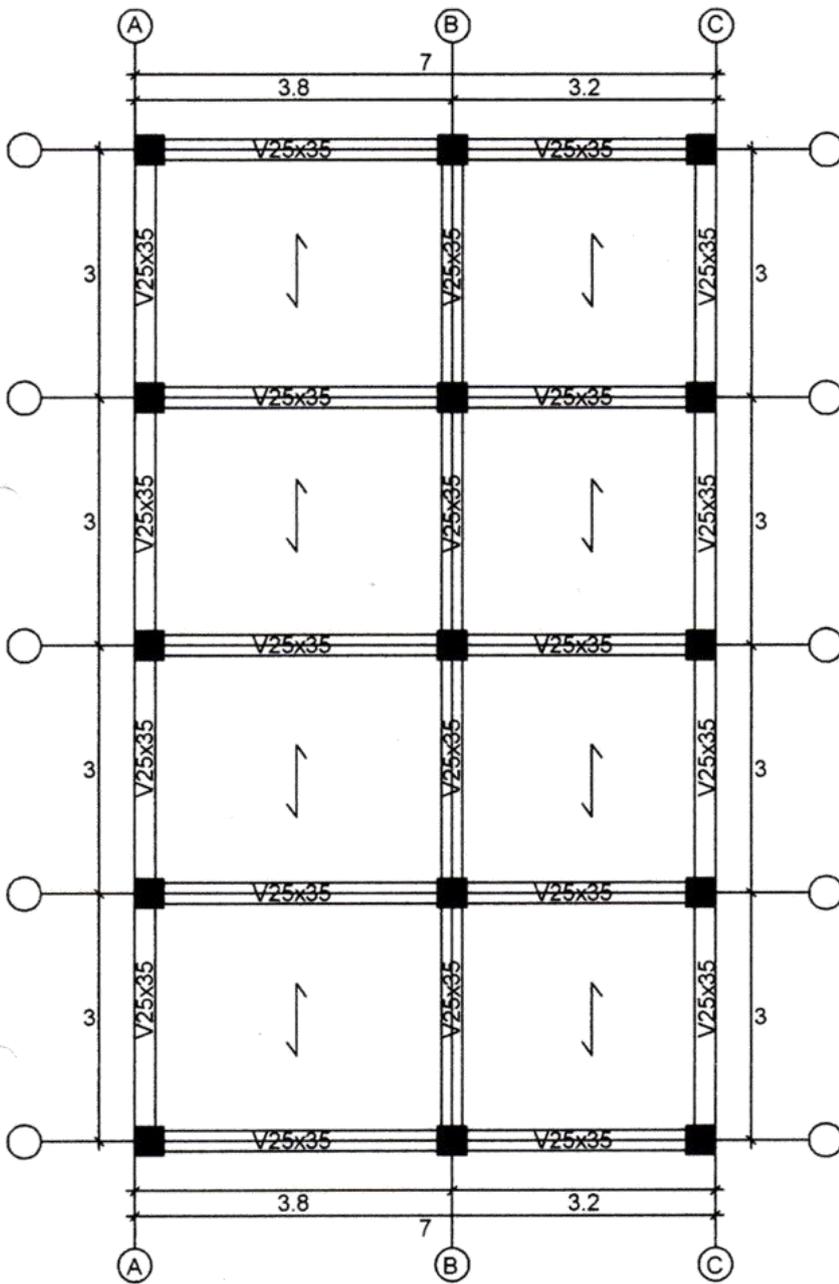
PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR	LÁMINA: 01
PROPIETARIO:	FECHA:



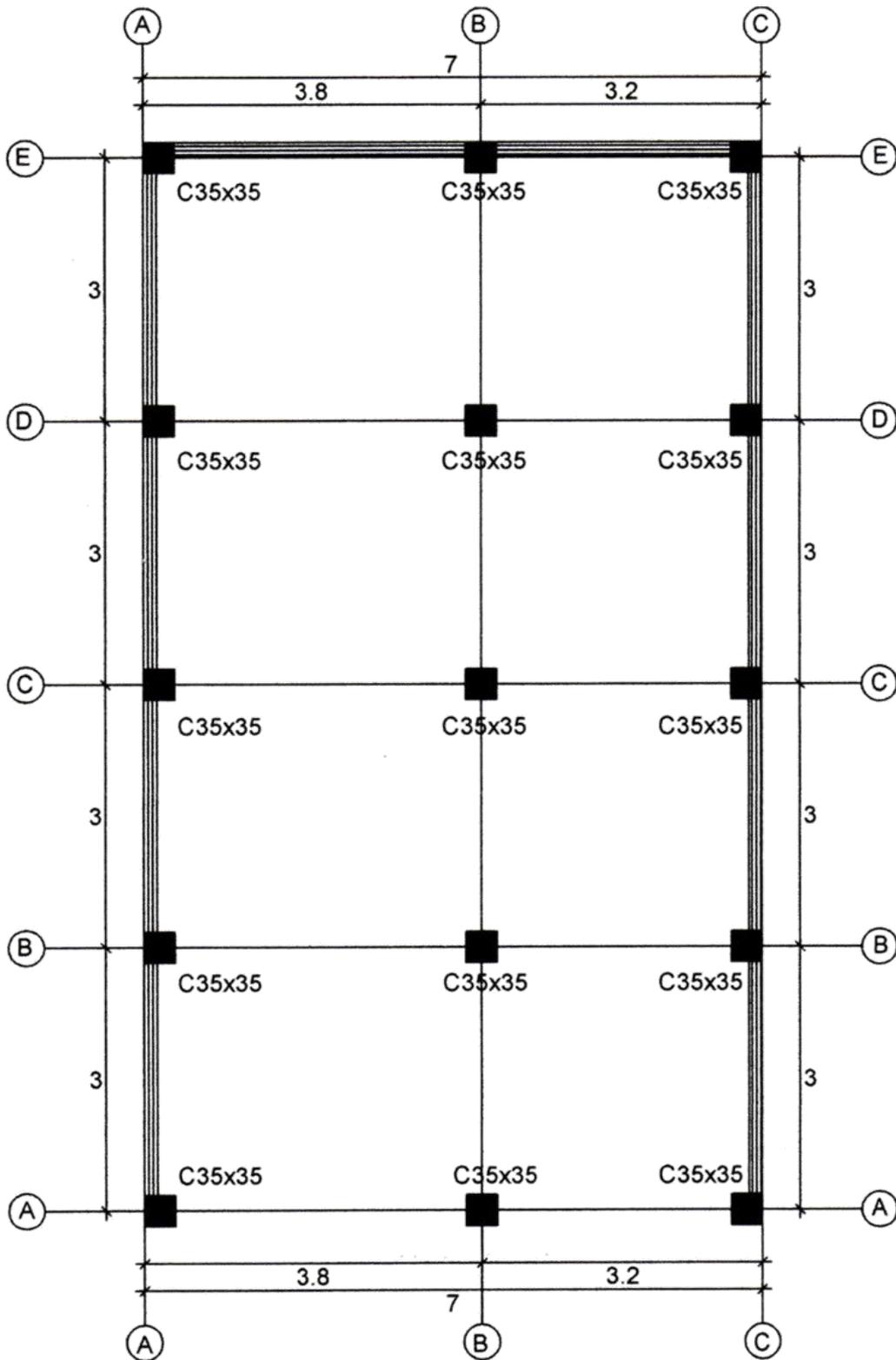
ENCOFRADO PISO TÍPICO
ESCALA: 1/50



SISTEMA RESISTENTE VERTICAL
 ESCALA: 1/50



ENCOFRADO PISO TÍPICO
 ESCALA: 1/50



SISTEMA RESISTENTE VERTICAL
 ESCALA: 1/50

Yo, Rodolfo Marquina Callacna,
docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Norte (precisar filial o sede),
revisor(a) de la tesis titulada

" Vulnerabilidad Sísmica de viviendas autoconstruidas
mediante la aplicación del modelo estático no lineal
en la Av. El Paraiso, Comas "

del (de la) estudiante Tito Vargas Karolyn Kristy
....., constato que la investigación tiene un índice de similitud
de 17. % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Aula 811, 07-07-18

Firma

Rodolfo Marquina Callacna

DNI: 9550435

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Tito Vargas Karolyn Kristy
D.N.I. : 76170333
Domicilio : Av. Las Violetas 604 - Independencia
Teléfono : Fijo : 322-3460 Móvil : 962323346
E-mail : Karolyn_pbra@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería civil
Carrera : Ingeniería civil
Título : Ingeniería civil

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Tito Vargas Karolyn Kristy

Título de la tesis:

"Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Peral, Comas"

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : Karolyn

Fecha : 13-09-18

Feedback Studio - Google Chrome
 http://ev.furnit.com/app/Carla/ev/?v=1037405584&u=1071955486&ng=ss&w=1

Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Paratí, Comas

feedback studio

Resumen de coincidencias

17 %

se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	tesis ucsm vda pe	1 %
2	ou.igem.es	1 %
3	Enviado a Universidad...	1 %
4	mylibra.es	1 %
5	repositorio.unidina.edu...	1 %
6	repositorio.universita...	<1 %
7	Estadística Universidad...	<1 %
8	repositorio.una.edu.pe	<1 %
9	documenta.tps	<1 %
10	docslide.un	<1 %
11	repositorio.universita...	<1 %



UCV
 UNIVERSIDAD
 CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Paratí, Comas"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
 INGENIERA CIVIL

AUTORA:
 Taty Vargas, Katerina
 ARENAS



Mg. MARQUESA CALLACAY, ROBINHO ALVARADO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
 DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA - PERÚ
 2018

Página 1 de 157 Número de palabras: 19755

Testify Report High Resolution Asistido 03:19 p.m. 12/11/2018



FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Visto bueno para
presentar al CRAI, como
recurso digital

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Yo Tito Vargas Karolyn Kristy con DNI N° 76170333
domiciliado (a) en AV. Las Violetas 604 - Independencia
(Calle / Lote / Mz. / Urb. / Distrito / Provincia / Región)

Ante Ud. con el debido respeto expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, identificado con el código de matrícula N° 6700176267, recorro a su honorable despacho para solicitarle lo siguiente :

La digitalización de mi tesis "Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la AV. El Parra, Comas"

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponda se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima 13 de septiembre de 2018

Karolyn
(Firma del solicitante)


(Firma del Coordinador de Investigación)

Documento que adjunto:

- Acta de aprobación de originalidad
- Pantallazo del Turnitin
- Formulario de autorización de publicación
- Autorización de la versión Final del trabajo de Investigación

Cualquier consulta por favor comunicarse conmigo al:

Teléfono: 962323346

E. mail: Karolyn-libra@hotmail.com



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

TITO VARGAS KAROLYN KRISTY

INFORME TÍTULADO:

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONS-
TATIVAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO NO LINEAL
EN LA AV. EL PARADIS - COMAS.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Civil

SUSTENTADO EN FECHA: 07/07/2018

NOTA O MENCIÓN: 10


FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
ING. FELIMÓN CONDOZA SALCEDO