



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería
confinada del edificio “El Sol”, Huancayo - 2019

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Joel Maximo Coca Huari

(0000-0002-7492-915x)

ASESOR

Dr. Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida

(0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño Sísmico y Estructural

Lima - Perú

2019

Dedicatoria

A mis padres, a Edith y a mi hijo.

Agradecimiento

Al ing. Omart Tello, por bríndame su
conocimiento.

INDICE

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Indice de contenidos	iv
Indice de tablas	v
Indice de figuras	vi
Indice de fórmulas	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MÉTODO.....	30
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	30
2.2. Operacionalización de variables.....	30
2.3. Población, muestra y muestreo.....	33
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	35
2.5. Procedimiento.....	36
2.6. Métodos de análisis de datos	37
2.7. Aspectos éticos	37
III. RESULTADOS	38
IV DISCUSION.....	92
V CONCLUSIONES.....	93
VI RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS	95
ANEXOS	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pesos unitarios de la CM	23
Tabla 2: Cargas vivas repartidas.....	23
Tabla 3 Coeficientes básicos de reducción.....	24
Tabla 4: Nivel de desempeño de la estructura.....	26
Tabla 5: Carga muerta y carga viva MDL.....	40
Tabla 6: Cortante estatica MDL	42
Tabla 7: Factor de escala MDL	44
Tabla 8: Metrado de cargas losas macizas.....	44
Tabla 9: Combinaciones de carga para el muro “baño”	49
Tabla 10: Cortante del concreto en muros de ductilidad limitada.....	55
Tabla 11: Cortante del acero de los muros de ductilidad limitada	56
Tabla 12: Patron de cargas.....	59
Tabla 13: Densidad de muros en dirección x e y.....	65
Tabla 14: Peso de la edificación	67
Tabla 15: Factor de escala	68
Tabla 16: Cortante de diseño	68
Tabla 17: Modos de vibración	79
Tabla 18: Derivas de entrepiso	70
Tabla 19: Verificación por torsión.....	70
Tabla 20: Comprobación por cargas verticales	71
Tabla 21: Diseño por fisuración – sismo moderado	72
Tabla 22: Diseño de columnas de confinamiento.....	73
Tabla 23: Diseño de estribos y refuerzo longitudinal.....	74
Tabla 24: Diseño de vigas solera.....	75
Tabla 25: Patron de cargas.....	79
Tabla 26: Planilla de metrados MDL	80
Tabla 27: Análisis de costos unitarios	82
Tabla 28: Presupuesto MDL.....	83
Tabla 29: Planilla de metrados albañilería confinada.....	85
Tabla 30: Análisis de costos unitarios	86

Tabla 31: Presupuesto albañilería confinada	88
Tabla 32: Comparación de derivas	89
Tabla 33: Comparación de desplazamientos	90
Tabla 34: Factores de sobre resistencia	90
Tabla 35: Sobre resistencia respecto a la cortante de diseño.....	90
Tabla 36: Ductilidad global respecto a la fluencia efectiva.....	91
Tabla 37: Comparación de costos.....	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plano de planta	34
Figura 2: Modelamiento estructural MDL.....	41
Figura 3: Periodos de vibración MDL.....	43
Figura 4: Estructuración MDL	43
Figura 4: Esfuerzos de la cimentación (100%cm+100%cv).....	43
Figura 5: Vista de distribución del acero de refuerzo en el muro “baño”	51
Figura 6: Diagrama de interacción muro.....	52
Figura 7: Propiedades del concreto	57
Figura 8: Diagrama esfuerzo deformación del concreto sin confinar	57
Figura 9: Propiedades del acero de refuerzo	58
Figura 10: Grafica esfuerzo deformación del acero de refuerzo	59
Figura 11: Curva de espectro de capacidad.....	60
Figura 12: Formación de rótulas plasticas.....	61
Figura 13: Muros de albañilería confinada.....	64
Figura 14: Modelamiento estructural albañilería confinada.....	66
Figura 15: Espectro de diseño	68
Figura 16: Primeros modos de vibración.....	69
Figura 17: Propiedades del concreto	76
Figura 18: Diagrama esfuerzo deformación del concreto sin confinar	77
Figura 19: Propiedades del acero de refuerzo	78
Figura 20: Gráfica esfuerzo deformación del acero de refuerzo	78
Figura 21: Curva de espectro de capacidad.....	79
Figura 22: Rótulas plásticas.....	80

INDICE DE FORMULAS

Formula 1: Fuerza cortante para MDL	16
Formula 2: Fuerza cortante para MDL	17
Formula 3: Area de refuerzo.....	17
Formula 4: Momento último	18
Formula 5: Refuerzo en tracción	18
Formula 6: Momento de agrietamiento	18
Formula 7: Fuerza cortante amplificada.....	19
Formula 8: Fuerza cortante.....	19
Formula 9: Fuerza cortante del acero	20
Formula 10: Refuerzo vertical por cortante.....	20
Formula 11 Esfuerzo axial máximo (AC)	22
Formula 12: Densidad mínima de muros portantes.....	22
Formula 13 Periodo fundamental	25
Formula 14: Fuerza cortante en cada nivel.....	25

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo determinar técnica y económicamente el sistema estructural más efectivo para la una vivienda multifamiliar de 05 pisos ubicada en la ciudad de Huancayo, entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada. El tipo de investigación es aplicada, con un diseño no experimental transversal descriptivo. Se realizó la estructuración, el predimensionamiento, el análisis y el diseño estructural de la vivienda en ambos sistemas estructurales. determinándose que el sistema estructural de muros de ductilidad limitada es más efectivo técnico y económicamente que el sistema estructural de albañilería confinada. encontrando los siguientes resultados: la deriva en el sistema MDL es 22% menos que el sistema de albañilería confinada; el desplazamiento lateral máximo para MDL es 11% menos que el sistema de albañilería confinada, el factor de sobre resistencia para MDL es 29% mayor que el sistema de albañilería confinada; la ductilidad del sistema MDL es 25% mayor que albañilería confinada. El costo de ejecución para el sistema MDL es de S/. 256 939.13 soles y para albañilería confinada S/. 285 626.32 nuevos soles; representando un 10% menor en costo.

Palabras clave: evaluación técnica y económica, sistema estructural, muros de ductilidad limitada, albañilería confinada

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine, technically and economically, the most effective structural system for multifamily housing of 05 floors located in the city of Huancayo, between the systems of limited ductility walls and confined masonry. The type of research is applied, with a descriptive non-experimental transversal design. Structuring, pre-sizing, analysis and structural design of housing in both structural systems were carried out. Determining the structural system of limited ductility walls is more technically and economically effective than the confined masonry structural system. finding the following results: the derivative in the CDM system is 22% less than the confined masonry system; the maximum lateral displacement for MDL is 11% less than the confined masonry system, the over-resistance factor for CDM is 29% greater than the confined masonry system; The ductility of the CDM system is 25% higher than confined masonry. The cost of execution for the CDM system is S /. 256 939.13 soles and for confined masonry S /. 285 626.32 nuevos soles; representing 10% lower in cost.

Keywords: technical and economic evaluation, structural system, limited ductility walls, confined masonry

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú existe un problema de viviendas, por un lado, no existe suficientes viviendas para la población, por otro lado, las que existen no son adecuadas. La autoconstrucción es la principal causa, En una investigación liderada por Capeco (Cámara peruana de Construcción), en 2015, las altas tasas de autodesarrollo en Lima, que se analizan en la dimensión del problema, donde solo el 6% de las estructuras están coordinadas por un experto capacitado. Asimismo, la falta de ingeniería representa otra causa importante de este problema. Los ciudadanos prefieren contratar a un maestro de obra para construir su vivienda, quien solo cuenta con conocimientos empíricos aprendidos de otros maestros de obra. Otra causa básica de la autoconstrucción es la falta de cultura preventiva en nuestro país, pues la mayoría de gente no son conscientes de lo probable que es la ocurrencia de un sismo y mucho menos de cuan vulnerable están sus viviendas, por ese motivo no se preocupan por realizar una construcción de calidad.

El déficit cualitativo es una causa importante del problema de viviendas, afecta al 74 por ciento de las personas. Significa que las viviendas existen, pero no tiene las condiciones básicas de habitabilidad.

De todos los sistemas constructivos usados en el Perú, el que más se utiliza es la albañilería, según el Censo peruano del 2017 (INEI, 2017), sin embargo, hay poco conocimiento técnico para su diseño y construcción, incluso en las universidades se les da más importancia a edificaciones de concreto armado. Por otro lado, el “Boom de la construcción”, que se manifestó entre 2012 y 2014, generó la ejecución de edificaciones estructuradas bajo el sistema MDL que presenta entre sus principales características el reducido espesor de muros, refuerzo principal de mallas electro-soldadas y la reducción importante de los desplazamientos inelásticos de la estructura.

Por lo tanto, existe la necesidad de evaluar técnica y económicamente el sistema estructural de albañilería confinada (AC) y el sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL). Por tal motivo, es necesario realizar esta investigación que consiste en evaluar técnicamente y económicamente 02 sistemas constructivos de un edificio de 05 niveles con 180 m² de área total.

Bing, Zuanfeng y Weizheng (2015), realizaron la investigación “Assessment of Seismic Performance of Squat RC Structural Walls with Limited Ductility Reinforcing Details”(evaluación experimental del rendimiento sísmico de muros estructurales con menos detalles de refuerzos de ductilidad limitada) artículo publicado en el Journal of Earthquake engineering, Su objetivo fue evaluar el rendimiento sísmico de estructuras de hormigón de menos refuerzo de confinamiento (RC) que el recomendado por ACI 318. Un total de 08 muros: 05 paredes con una relación de aspecto de 1.125 y tres paredes con una relación de aspecto de 1.625. Se probaron sometiéndolos a bajos niveles de carga de compresión axial y carga sísmica simulada. Llegaron a las conclusiones sobre el modo de falla, capacidad de deriva, la capacidad de resistencia, los componentes de deformación superior, y las características de disipación de energía de los muros en el comportamiento sísmico con refuerzo transversal limitado. Las influencias de carga axial, refuerzo transversal en la pared, y elementos delimitadores en la base de la pared, también sobre el comportamiento sísmico. Por último, se desarrollan modelos razonables de puntal y corbata para ayudar a comprender el mecanismo de fuerza en las paredes probadas. Esta investigación aporta a la presente tesis con información teórica sobre diseño de muros de ductilidad limitada y su respectivo análisis sísmico.

Mestyanek (1986), realizó la investigación “The seismic tremor obstruction of fortified cement basic dividers of restricted flexibility” (la Resistencia sísmica de muros estructurales de hormigón armado de ductilidad limitada) en la Universidad de Canterbury. Su objetivo fue encontrar la resistencia sísmica de muros estructurales. Se realizó un estudio experimental de tres muros de modelos de escala 1/3 a 1/2 que fallan por corte bajo la carga cíclica invertida. El principal parámetro de prueba fue la relación de aspecto del muro (altura sobre longitud). Los resultados que se obtenidos fueron: resistencia, ductilidad de desplazamiento, energía disipada y resistencia al daño. Se hacen recomendaciones para diseñar muros y la evaluar el posible rendimiento sísmico de los muros existentes que pueden responder principalmente en un modo de cortante en lugar de flexión. Esta investigación aporta a la presente tesis con información de diseño de muros y su rendimiento sísmico.

Almeida (2015) realizó el estudio titulado “Análisis experimental de muros delgados de hormigón armado para viviendas de baja altura”. El objetivo es la evaluación experimental del desempeño sísmico de MDL que puede ser utilizada en edificios de altura menor. El programa experimental Fonfef HEAT se utilizó para el experimento de 06 muros de dimensiones: largo 1600 mm, altura 1600 mm y espesor 100 mm, y 03 muros de espesor 80 mm. Las principales fisuras que se vieron en los ejemplos fueron divisiones de esquina a esquina, en general, los preliminares se cerraron cuando los divisores no pudieron reforzar la carga lateral cada vez más conectada. Esta investigación aporta a la presente tesis con información teórica práctica para el diseño de muros por cortante.

Vizconde (2015), realizó el estudio de título “Análisis de la calidad en el desarrollo de viviendas con los útiles divisores del marco de maleabilidad restringida en la ciudad de Guayaquil y propuesta para su correcta actividad. Su objetivo era desglosar las causas que influyen en la naturaleza de los hogares con separadores de flexibilidad restringida (MDL), proponer una administración de valor satisfactoria y proponer respuestas electivas para su mejora productiva. La técnica fue crear agendas de consistencia de parámetros de valor según los modelos y se examinaron los procedimientos de desarrollo. Los resultados obtenidos fueron que Costalmar I no se ajustó a los parámetros adjuntos creados por medidores especializados: soporte en los acabados, coherencia de los divisores, amarre de los divisores, componentes implantados en los divisores, determinaciones sólidas, calidad sólida, detalles de refuerzo del acero. Medidas mínimas de fortificación del acero en secciones de entresuelo y divisores básicos, situación del cemento cercano, restauración del cemento y privación de componentes básicos. Teniendo todo en cuenta, un control de calidad satisfactorio es importante para mantenerse alejado de estas desventajas. Esta exploración agrega a la presente propuesta datos importantes para la organización de la estructura y nos muestra los errores que no se debe cometer.

Pons y Alvares (2018), hizo la investigación “Diseño estructural sismorresistente de edificios de viviendas de mampostería reforzada para su construcción en las ciudades de Bayamo y Guantánamo” artículo científico publicado en Ciencia en su PC, №1-Cuba, su objetivo fue evaluar variantes de edificaciones sismorresistentes de mampostería reforzada de 2 a 5 niveles. La metodología usada para la evaluación rápida por Análisis Dinámico (ERAD). Para el diseño estructural se utilizaron modelos avanzados en

elementos finitos bidimensionales, con el empleo del programa SAP200v19. Los espectros de diseño de aceleración se compararon en dichas ciudades. Para el diseño se utilizó la Norma Mexicana de Mampostería reforzada de 2002 y la ACI318:2014. Los resultados demuestran que en la ciudad de Bayamo solo se puede construir edificaciones de mampostería reforzada de hasta 04 niveles mientras que en Guantánamo se permite hasta 03 niveles. El aporte de esta investigación a la presente tesis es la utilización de la metodología para la evaluación por análisis dinámico.

Campbell (2015), realizó la investigación “Modelo numérico para el análisis no-lineal de muros de albañilería” Artículo publicada en la Universidad de Serena (Chile). Su objetivo fue presentar una propuesta para hablar sobre la conducta básica no directa de los divisores de mano de obra expuestos a cargas. El sistema tiene cualidad de hablar con divisores básicos de trabajo de piedra, fortificados, y continuó pensando en varias configuraciones geométricas y varios tamaños en bloques y uniones. El modelo se actualiza con el programa ANSYS, el cual da como resultado la curva de límite divisor (eliminación en la parte superior frente a la calidad en la base). Este modelo se utilizó para recrear la conducta auxiliar del divisor de mano de obra, obteniendo resultados aceptables. Esta investigación aporta a la presente tesis con información teórica para tener otra opción para realizar el Análisis no Lineal.

Páez (2006) desarrolló la investigación “Tipología estructural de muretes en mampostería solicitados a esfuerzos cortantes” artículo publicada en la Universidad Pedagógica de Colombia. Su objetivo fue evaluar la ocurrencia de unidades de trabajo de piedra y el espesor de la junta en la conducción del trabajo de ladrillos no reforzado, normal para la ciudad de Tunja, cuando se expone a la cizalladura debido a ocasiones sísmicas. Así, se descubrió que la oposición al corte se ve afectada por la dureza de los bloques, ya que influye en el agarre. Los giros precisos enlistados están debajo del 0.5%, aparte de las variables estudiadas aún existe otras a tomar en cuenta. Esta investigación aporta a la presente tesis información teórica para el diseñar muros de albañilería.

San Bartolomé (2013), realizó la investigación “Desempeño a fuerza lateral de muros delgados de concreto reforzados con malla electrosoldada y acero dúctil”, artículo publicado por la PUCP. La investigación tuvo por finalidad diferenciar el desempeño sísmico de muros, reforzados en el centro con malla electrosoldada, ante las fisuras que

podrían ocurrir. Para ello, se hicieron ensayos a carga lateral monotónicamente a 04 muros de igual dimensión, y refuerzo vertical dúctil colocado en los extremos, cambiando la cuantía ubicada en la zona central en 02 valores: la mínima reglamentaria y el doble de la mínima. Se demostró que el desempeño de los elementos no depende del refuerzo empleado. Esta investigación aporta a la presente tesis con teoría.

Muñoz (2010), realizó la investigación “Muros sismorresistente de edificios de muros de ductilidad limitada”, artículo publicado por la PUCP. La investigación tuvo por objetivo estimar los deterioros que tendrían las edificaciones de MDL en diferentes intensidades de sismo. Se utilizó el método Delphi para recolectar y sintetizar las opiniones de los especialistas. La proporción de Daño - Intensidad se manejó utilizando circunciones beta, de esto obtuvimos curvas delicadas y una cuadrícula de daño probable. Los resultados muestran que el MDL tendría una exposición sísmica satisfactoria, pero su solución post-sísmica hablaría de un problema difícil. Ésta investigación aporta a la presente tesis con teoría sobre el análisis sísmico para muros de ductilidad limitada.

Escamillo (2017), investigó sobre “Diseño estructural de una edificación de albañilería confinada de 8 pisos en la ciudad de Trujillo, La Libertad”. El objetivo del estudio fue el análisis de la estructura sísmica de una edificación de 08 pisos de trabajo de piedra unida utilizando el estándar E.070. Se eligió para cambiar el modo de decepción en los divisores de corte a flexión, expandiendo su proporción de delgadez (estatura / longitud > 2). Este cambio amplía fundamentalmente el límite de torsión de los divisores. a lo largo de estas líneas, se puede expandir el flotador mezzanine de 0.005 a 0.007, de esa manera, realizar los cálculos con este nuevo valor. Concluye que para disminuir la demanda en los muros (cortante y momento) se debe tener una densidad de muros como mínimo un 30% superior que la mínima densidad establecida por la norma E.070.

Cáceres y Enríquez (2017), desarrollaron una investigación de título “Análisis de costos, diseño sismoresistente- estructural comparativo entre MDL y albañilería estructural”. Su objetivo fue comparar los costos y el comportamiento sísmico de un edificio, concluyeron que la Albañilería Estructural pesa 671.86 Tn, en comparación, los MCA pesa 632.03 Tn; los desplazamientos para el sistema MCA es menor que AC. Asimismo, el sistema MCA ahorra tiempo y mano de obra en comparación al sistema (AE); mientras que el costo el sistema de albañilería estructural es el 12.30% mayor.

Lingán (2018), desarrollo la investigación titulada “análisis y diseño estructural comparativo entre los sistemas MDL y albañilería confinada para una vivienda multifamiliar”. Su objetivo era evaluar la conducta básica de un alojamiento multifamiliar de 05 pisos MDL y albañilería confinada. Obteniendo lo más extremo entre las contorsiones de piso: para el marco MDL, en los dos encabezados, una deriva de 0.00033; para el marco de CA en el rodamiento "x", una deriva de 0.00031 y en el eje "Y" de 0.00047. Además, el marco de CA tiene una torsión más notable y, en general, será más maleable que el marco de MDL.

Sistema de muros de ductilidad limitada (SMDL)

“El sistema de MDL tiene sus inicios en la década de los cuarenta en el Perú (san Bartolomé, 2006, p. 23). “En la década de los ochenta hacia los 90, por razones coyunturales, el precio de materiales de construcción permitió la construcción de estructuras de concreto armado de 15 cm” (Blanco, 2006,p. 43)

Las estructuras que se representan al tener un marco básico en el que la oposición sísmica y la gravedad están dadas por divisores sólidos reforzados de espesor reducido, se eliminan los puntos de confinamiento y la fortificación vertical está en una capa solitaria. Con este marco puedes trabajar como grandes pisos. (RNE E.030 - 2009).

El proceso constructivo suele ser muy rápido debido a la repetitividad de los pisos. Cuentan con encofrados técnicamente óptimos permitiendo modulaciones de forma simple. El vaciado de losa y muros se realizan de forma monolítica para mejorar la unión de los mismos. El tiempo para el desencofrado también se reduce significativamente con las tecnologías del concreto.

Ante la posibilidad de que el temblor sísmico se considerara como cargas estáticas apropiadas en cada piso de una estructura, podría tomarse como un viaje al modelo básico de una estructura. Estos montones producen reubicaciones de lado. Estas eliminaciones se pueden organizar en dos tipos: las reubicaciones tipo flexión y tipos de corte. La

totalidad de estos dos últimos resultados en la reubicación absoluta de la estructura. (Barrueto,2018).

Cuanto menor sea la cantidad de pisos de una estructura, más notable será el impacto de las distorsiones de tipo de corte en ella. Sea como fuere, si la estructura tiene un número de pisos más notable, el tipo de eliminación prevalecerá sobre la clasificación de corte. Se podría afirmar que aproximadamente una estructura de 5 pisos o menos continuará con cortes de tipo remociones, mientras que, si la estructura es más de 7 pisos, las reubicaciones paralelas serán en su mayor parte arcos de tipo remociones (Muñoz, 1999).

los sismos causan desplazamientos de las estructuras provocando deformaciones que pueden pasar del rango elástico al plástico, con ello la estructura queda dañada comprometiendo seriamente a los ocupantes. Por tanto, es imprescindible evitar al máximo que la estructura llegue al rango plástico.

El análisis estructural de los MDL se realizará según la norma E.060. Para diseñar muros, el $f'c$ del concreto no debe ser menor a 17 Mpa y para los sistemas de transferencia no debe ser menor de 28 Mpa. Asimismo, especifica que la fuerza de diseño será en función de la acción simultanea de la carga, determinados en los análisis respectivos. Por otro lado, el grosor mínimo de alma de los MDL no será menor de 100 mm. Con respecto al refuerzo, este podrá ser malla electrosoldada de alambre corrugado cuyo esfuerzo de fluencia máximo será de 420Mpa cumpliendo con la norma ASTM A767 M, y los espaciamientos entre intersecciones soldadas no superan los 40 cm.

la cuantía de refuerzo mínima se realiza siguiendo la norma E.060, la cuantía mínima tendrá las siguientes limitaciones:

Si La fuerza de corte amplificada no es mayor la mitad de la resistencia nominal al corte entonces las cuantías no superarán a 0.0025.

$$Vu > 0.5\phi Vc \rightarrow \rho h \geq 0.0025 ; \rho v \geq 0.0025 \dots \dots (1)$$

Donde:

Vu: Fuerza cortante

Vc: Resistencia nominal al cortante del concreto

ρ_h : Cuantía horizontal

ρ_v : Cuantía vertical

Si la fuerza cortante es menor que la mitad de la resistencia al corte entonces las cuantías no superarán a 0.0020 y 0.0015 repectivamente.

$$V_u < 0.5\phi V_c \rightarrow \rho_h \geq 0.0020 ; \rho_v \geq 0.0020 \dots \dots \dots (2)$$

La cuantía vertical será mayor o igual que la cuantía horizontal si: $h_m/l_m \leq 2$. Las cuantías mencionadas se aplican sin considerar el desempeño del acero.

Para diseñar por flexión y flexocompresión para muros delgados ($H / L \geq 1$) será relevante en las reglas generales establecidas para la flexocompresión; se analizará en función de una conexión de momento de carga axial. Habiendo dimensionado las áreas del muro de corte, el cálculo del acero se realizará básicamente haciendo énfasis entre las articulaciones que lo acompañan:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y (d - \frac{a}{2})} \quad a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c \cdot b} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

ϕ = Factor de reducción de resistencia

f_y = Esfuerzo de fluencia.

d = Peralte efectivo

M_u = Momento de diseño.

A_s = Área.

f'_c = Resistencia del concreto a la compresión.

b = Espesor.

a = Profundidad.

EL Diseño por flexión y flexocompresión para muros delgados ($H/L < 1$), y con cargas mínimas, no es necesario normas para flexocompresión, se debe determinar al área del acero como sigue: (Norma E.060)

$$Mu = \phi A_s f_y Z \dots\dots\dots(4)$$

$$Z = 0.4L \left[1 + \frac{H}{L} \right]; \text{ si } 0.5 < \frac{H}{L} < 1$$

$$Z = 1.2H; \text{ si } \frac{H}{L} \leq 0.5$$

Donde:

Mu: Momento de diseño

As: Área de acero por flexión

H: Altura del muro

L: Longitud del muro

Se deberá distribuir el acero vertical en toda la extensión del muro, tomando en cuenta mayor refuerzo en los extremos debido a que soportan mayor carga. Asimismo, se colocará acero en el largo del muro cumpliendo con el acero de refuerzo mínimo. Si la cuantía del muro supera 0.01 es necesario colocar refuerzo vertical confinado.

$$\sigma_u = \frac{M_{ux} Y_t}{I_g} - \frac{P_u}{A_g} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

σ_u = esfuerzo

Mcr = Momento de agrietamiento.

Ig = Momento de inercia.

Ag = Área bruta de la sección.

Si se excede de $2\sqrt{f'c}$ se tiene que verificar el refuerzo en tracción que genere un momento de resistencia de 1.2 veces el momento de grietas (Mcr) de la sección:

$$M_{cr} = \left(2\sqrt{f'c} + \frac{P_u}{A_g} \right) \frac{I_g}{Y_t} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

Mcr = Momento de agrietamiento.

Pu = Carga axial última.

Ag = Área bruta.

Lw = Longitud del alma.

Para diseñar muros por fuerza de corte se considera las fuerzas coplanares que debe cumplir lo siguiente:

$$Vu \leq \phi Vn$$
$$\phi Vn = \phi Vc + \phi Vs = \phi (A_c \alpha \sqrt{f'c}) + \phi (A_c \rho_h f_y) \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

Vu = Fuerza cortante amplificada

Vn = Resistencia nominal al cortante

$\phi = 0.85$,

Ph= la cuantía horizontal del muro,

α = coeficiente, cuyo valor es:

$$si: \left(\frac{hm}{lm} \right) \leq 1.5 \quad \alpha = 0.8$$

$$si: \left(\frac{hm}{lm} \right) \geq 2.5 \quad \alpha = 0.53$$

$$si: 1.5 < \left(\frac{hm}{lm} \right) < 2.5 \quad \alpha \text{ se obtiene interpolando entre } 0.8 \text{ y } 0.53$$

y Vn no debera exeder de $2.7\sqrt{f'c}td$

Si los muros están sometidos a grandes esfuerzos axiales o siempre que la fuerza de compresión sea mínima ($Nu/Ag < 0.1f'c$), se debe considerar: $Vc = 0$

La fuerzas cortantes ultimas deberán ser superior o igual que la fuerza cortante ultima calculada anteriormente, ampliado por la fracción entre los momentos:

$$Vu \geq Vua \left(\frac{Mn}{Mua} \right) \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

Vu: fuerza cortante

Vua: Fuerza cortante amplificado

Mn: Momento de diseño

Mua: Momento ultimo amplificado

El diseño de los refuerzos horizontales por corte considera la fuerza cortante amplificada (V_u), cuando esta no sea menor a la fuerza de resistencia al corte (ϕV_c), se colocará refuerzo horizontal por cortante. Se calcula con la siguiente formula (Blanco, 1997, p.292):

$$V_s = A_v * f_y * d/s.....(9)$$

Donde:

V_s : Fuerza cortante del acero

A_v : Área de corte

F_y : esfuerzo de fluencia del acero

d : distancia al eje

s : espesor

Por cortante, el espaciamiento horizontal será inferior a $L/5$, $3t$ y 45 cm.

El diseño del refuerzo vertical por cortante considera la cuantía como:

$$\rho_v = [0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{H_m}{L_m})(\rho_h - 0.0025)] \geq 0.0025(10)$$

Siendo:

H_m = altura total del muro.

L_m = longitud total del muro.

El espaciamiento vertical de acero será inferior que: $L/3$, $3t$ y 45 cm. En caso de muros con espesores mayores a 25 cm se distribuirá los refuerzos horizontales y verticales por corte en dos caras.

Sistema estructural de albañilería confinada (AC)

Se denomina a la albañilería arriostrada con elementos de concreto armado en los extremos. la cimentación funciona como confinamiento horizontal. Entre cada fila de los elementos de albañilería asentados debe haber una diferencia de longitudes en los extremos creándose la forma de dentadura el cual sirve para un mejor traslape de la

estructura. los elementos de confinamiento son vaciados posteriormente logrando una junta resistente muro- columna. (R.N.E. Norma E.070).

La estructura es un grupo de partes se organizan para cumplir una tarea, el objetivo es la optimización de recursos cumpliendo con los requisitos propios, es decir obtener resultados máximos empleando el mínimo recurso satisfaciendo todas las partes interesadas (Morales, 2012, p.1)

El proceso constructivo sigue la línea del resto de sistemas estructurales: generar espacio para la estructura, montar la armadura, colocar las unidades de albañilería y reforzar con concreto,

El desempeño sísmico está en función de la efectividad de la unión muro de albañilería-elemento de confinamiento. Por ello que se utiliza la configuración dentada en los extremos verticales de los muros.

La norma E.070 establece que la función de sistema de AC debe situarse para proteger la estructura del daño ante ocasiones sísmicas y para brindar la protección fundamental contra el temblor grave. Los divisores deben estar destinados a un límite para que puedan soportar el montón relacionado con su invasión versátil, y que la estructura ofrezca una oposición de corte más prominente o equivalente al montón entregado por el terremoto extremo. El temblor sísmico moderado no debe crear la configuración de ningún divisor de marcación. Ante un sismo severo, la deriva angular máxima no deberá superar a $1/200$, siempre que se requiera que el muro sea reparado después del evento. Asimismo, la norma considera metodologías elásticas afectadas por todo tipo de cargas que afectan a la estructura.

Según Arango (2002), para evitar fallas debido a la compresión, el área debe ser el 30% del área bruta. Con el propósito de esparcir la grieta, se suele utilizar armaduras de hiladas.

Los muros de AC de mediana altura se utilizan con más frecuencia en las edificaciones actuales, las cuales tienen una limitada resistencia ante sismos, para soportar fuerzas de

tracción y se generan grietas cuando actúan de forma frágil, por esto, requiere refuerzos delgados de concreto armado (columnas y vigas) Gallegos y Casabonne (2005).

Según el (RNE E. 070 Albañilería – 2006), establece que este sistema posibilita la construcción de hasta 05 niveles o 15 metros de alto. Para el vaciado del concreto, en primer lugar se debe construir el muro dejando una dentadura cuya función es darle mayor cohesión. Asimismo, aclara que los vaciados deben evitar cangrejas o segregaciones. Respecto a la longitud del muro, esta no deber ser mas que el doble de la altura y nunca más de 05 metros.

La norma E.070 establece el espesor efectivo(t), la cual se obtiene mediante las siguientes ecuaciones según la ubicación geográfica del proyecto: $t \geq h/20$, en zonas de sismo con categoría 2 y 3. Para la zona 1 se utilizara: $t \geq h/25$.

La fuerza axial máxima (σm) ejercida por las cargas de servicio (P_m) considerando el total de sobrecarga deber ser menor a:

$$\sigma m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 f' m \left(1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right) \leq 0.15 * f' m \dots (11)$$

Donde:

σm : carga en muro

P_m : carga total

t: espesor del muro

$f' m$: resistencia del muro de albañilería a la compresión

h: altura del muro

L: Longitud total del muro

la cantidad mínima de muros, depende de las cargas de gravedad que ejerzan en el plano de la edificación; la fuerza axial producida no será mayor a $0.375 f' m$. La densidad mínima se calculará de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Area de corte entre muros}}{\text{Area de planta típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} \dots (12)$$

Dónde:

L = Longitud del muro.

t = Espesor del muro.

En el caso de que la articulación no esté satisfecha, se puede cambiar el grosor de una parte de los divisores, o incluyese placas sólidas fortificadas, en cuyo caso, para utilizar la ecuación, el espesor real de la placa debe ser mejorado por la proporción E_c / E_m , donde E_c y E_m son el módulo de versatilidad del trabajo de cemento y ladrillo, individualmente (R.N.E. Norma E.070).

La norma E.020 Cargas, establece la carga muerta (CM) y carga viva (CV).

Tabla 1. Pesos unitarios de la CM

CARGA MUERTA (CM)	
MATERIAL	PU
Concreto armado	2400 Kg/m ³
Losa Aligerada (h=0.20 m)	300 Kg/m ²
Tabiquería	100 Kg/m ²

Fuente: RNE E0.20 Cargas – 2016

Tabla 2. Cargas vivas repartidas

USO	CARGA REPARTIDA
Viviendas	200 Kg/m ²
Corredores y Escaleras	200 Kg/m ²

Fuente: RNE E0.20 Cargas – 2016

Según la norma técnica E.020 Cargas, define la carga de sismo aquella que actúa de manera permanente sobre la edificación a través de una carga por gravedad de magnitud constante.

La norma E.030 Diseño Sismorresistente - 2016, menciona las circunstancias para el análisis sísmico para las estructuras de EMDL y AC considerando los siguientes parámetros: zonificación, condiciones geotecnicas, parámetros de sitio, etc.

Tabla 3. *Coefficientes básicos de reducción.*

SISTEMA ESTRUCTURAL	COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN R_o
Concreto Armado: Porticos	8
Dual	7
De Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por Esfuerzos admisibles)	7

Fuente: RNE E.030 Diseño Sismorresistente – 2016

El análisis sísmico considera al análisis estático. Se realizará este analisis para verificar que el corte sísmico de la estructura no es exactamente el esfuerzo aceptable del sólido para garantizar que no se produzca ninguna decepción al cortar los divisores ya que ingieren gran parte del poder de corte. Los parámetros que se toman en cuenta para realizar el análisis estatico son: la fuerza cortante en la base, el periodo fundamental de vibración, la distribución de la fuerza sísmica en altura, el periodo fundamental de vibración y los desplazamientos laterales.

La fuerza cortante aplicada a la base de la edificación, se obtiene mediante la siguiente ecuación: $V = \frac{Z*U*C*S}{R} * P$.

El periodo fundamental se obtiene de la siguiente manera:

$$T = \frac{hn}{CT} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

$$CT = 60$$

h_n = Altura total de la Edificación.

Las fuerzas horizontales para cada piso se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{\rho_i \cdot h_i^k}{\sum_{j=1}^n \rho_j (h_j)^k} \dots (14)$$

Donde:

F_i : fuerza cortante horizontal en cada nivel

ρ_i : coeficiente

h_i : altura del nivel

El análisis dinámico se desarrolla en base a los lineamientos de la norma E.030. Esta técnica es apropiada para cualquier estructura. El examen que se utiliza es la estrategia de mezcla fantasma; Se ve como la glorificación de la estructura de la base de masas y resortes que nos permite decidir la remoción horizontal en los dos cojinetes y, además, tiene la opción de decidir el tiempo de la estructura.

Diseño Basado en Desempeño

Comprende la elección de planes de evaluación razonables que permitan dimensionar y especificar los componentes auxiliares, no básicos y contenidos, de modo que, para las diversas dimensiones del desarrollo del terreno (determinadas con dimensiones específicas de calidad inquebrantable), no se produzcan daños en la estructura. t supera ciertos estados límite. (Bertero, 1997).

La exposición se determina en función de la medida del daño de una estructura provocada por un desarrollo sísmico y el impacto de esos daños en los ejercicios posteriores a la ocasión. Esta idea está además conectada a una amplia gama de estructuras, incluidas partes y sustancias no básicas.

La configuración de la ejecución comienza con la metodología subyacente de una empresa y se completa cuando la estructura se desvanece. Estos procedimientos incluyen: la elección de los objetivos de ejecución, la garantía de la razonabilidad del sitio, el plan

calculado, la estructura inicial, la corrección de la estructura, el control de calidad y el mantenimiento de la estructura.

El consejo de VISION 2000 organiza las estructuras en tres grandes reuniones según su importancia durante y después de un terremoto, que son: objetivo fundamental, peligro objetivo básico y bienestar básico objetivo.

Tabla 04: *Nivel de desempeño de la estructura*

		NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA			
		Operatividad completa	Operatividad	Protección de vida	Cerca al colapso
NIVEL DE SISMO DE DISEÑO	Frecuente (43 años)				
	Ocasional (72 años)				
	Raro (475 años)				
	Muy raro (970 años)				

Objetivo Básico
Objetivo Esencial Riesgoso
Objetivo Seguridad Crítica

Fuente: Visión 2000 (SEAOC, 1995)

El diseño por desempeño tiene dos componentes: la capacidad estructural y la demanda sísmica.

La capacidad estructural representa el desempeño inelástico en términos de aceleración espectral y desplazamiento espectral, lo que genera la “curva de capacidad”. El cálculo de la capacidad estructural se obtiene mediante un “Análisis estático no lineal (PUSHOVER)”

La demanda sísmica es una representación del movimiento sísmico del suelo y se representa en términos de fuerza y desplazamientos en estructuras generadas por terremotos. El cálculo de la demanda sísmica puede ser obtenida mediante varios métodos de análisis sísmico.

El punto de desempeño (performance point) se adquiere superponiendo el rango límite y el rango de interés, obteniendo la reacción más extrema de la estructura, con el propósito de cruzar el punto de ambos espectros. El punto de exposición (PD) habla del desarraigo básico más extremo esperado para el temblor sísmico de interés. Existen algunas

estrategias de investigación no lineal estática para evaluar el plan de nuevas estructuras, entre ellas tenemos: estrategia de rango límite de solicitud, técnica de coeficiente de reubicación, técnica secante.

Obtención de la curva de capacidad

Para descubrir la curva límite, se deben seguir los avances que se acompañan: Obtenga el esquema de minutos - desfiguración espiral ($M-\Phi$); Área de uniones y adquisición del gráfico de flujo y reflujo por minuto ($M-$) y obtención de la curva límite. La flexibilidad mundial se adquiere al trazar el rango límite y el rango de interés en un gráfico solitario.

Factor de sobrerresistencia

El criterio propuesto se basa en la comparación entre la fuerza resistente y actuante presente en la edificación para cada uno de los sistemas estructurales; siendo la primera la sumatoria de resistencia nominal a corte correspondiente a los elementos que lo conforman, y la segunda la fuerza cortante proveniente del análisis dinámico.

Para AC, la fuerza resistente nominal a corte por entrepiso es la sumatoria de la resistencia a corte " V_m " y la resistencia a corte que proporcionan el concreto " V_c " y el acero de refuerzo " V_s " en los muros de concreto armado. Mientras que para el sistema MDL, la resistencia nominal se expresa como la sumatoria de " V_c " y " V_s ".

Problema general:

- ¿Cuál de los sistemas estructurales diseñados por muros de ductilidad limitada o albañilería confinada de un edificio es más efectivo técnica y económicamente?

Problemas específicos:

- ¿Cuál de los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada o albañilería confinada es más efectivo técnicamente?
- ¿Cuál de los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada o albañilería confinada tiene un mejor comportamiento no lineal?
- ¿Cuál de los sistemas estructurales diseñados por muros de ductilidad limitada o albañilería confinada de un edificio es más económico?

La justificación del estudio de la presente investigación tiene justificación teórica, práctica y social:

Esta investigación aporta información teórica clara y precisa sobre el diseño de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada asimismo a los estudiantes de ingeniería o técnicos ayuda a afianzar los conocimientos de los cursos de resistencia de materiales, análisis estructural, diseño de concreto armado e ingeniería sísmica.

Cuando se necesite un manual fácil de entender y usar, esta investigación contiene la información necesaria para el diseño de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada. Es útil para el ingeniero civil, arquitecto y otras especialidades que deseen conocer al respecto.

En la actualidad, la mayoría de viviendas son de albañilería confinada, en su mayoría, de 02, 03,04 ó 05 pisos el cual ha sido construida por maestro de obra quien usó sus conocimientos empíricos para su construcción, sin embargo, las viviendas no tienen la calidad, la seguridad ni los costos esperados. Por ese motivo esta investigación busca mostrar a la población que existen otros sistemas estructurales que son poco conocidos, pero puede darles mucha satisfacción, menores costos, mayor seguridad, mayores espacios, etcétera.

Hipótesis general:

- El sistema estructural de muros de ductilidad limitada es más efectivo técnico y económicamente que el sistema estructural de albañilería confinada para el edificio “El sol” Huancayo-2019.

Objetivo general:

- Determinar el sistema estructural más efectivo técnico y económicamente para el edificio “El sol” Huancayo-2019.

Objetivos específicos:

- Evaluar técnicamente el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio “El sol” Huancayo-2019.
- Evaluar el comportamiento no lineal del sistema estructural de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio “El sol” Huancayo-2019.
- Evaluar económicamente el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio “El sol” Huancayo-2019.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación**

El tipo de investigación aplicada está dirigida a determinar a través de conocimiento científico satisfacer una necesidad específica (CONCYTEC, 2018)

La investigación busca resolver un problema que es determinar cuál sistema estructural es técnicamente y económicamente superior. Por esto, es una investigación aplicada.

- **Nivel de investigación**

Investigación descriptiva comparativa utiliza la técnica de investigación, está vinculada a retratar un objeto de estudio o una circunstancia particular, demostrando sus atributos y propiedades. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.152)

La presente investigación utiliza el análisis y busca las características de un objeto de estudio, por tanto, el nivel es descriptivo comparativo.

- **Diseño de investigación**

El diseño no experimental transversal descriptivo tiene como objetivo averiguar las modalidades o niveles de una variable en una población. El procedimiento ubica una o varias variables y proporciona su descripción (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.155)

Por tanto, esta investigación es de diseño transversal no experimental descriptiva porque se hace la investigación en un momento determinado; no hay manipulación de variable; y se describe objetivamente el diseño con los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

2.2. Operacionalización de variables

- **Variables**

Variable independiente: Sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

Variable dependiente: Evaluación técnico económica

- Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V. INDEPENDIENTE Sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) y albañilería confinada (AC)	El diseño estructural es el procesos de idealización de cargas momentos y fuerzas que definen un comportamiento final de una edificación, mientras que el modelamiento es la representación gráfica de una estructura.(Villareal, 2013,p.12)	El diseño de estructuras como MDL y albañilería confinada comprende la estructuración, predimensionamiento y analisis por gravedad de cimentaciones, muros de ductilida limitada, losas macizas. El modelamiento se realiza mediante una abstracción de los real a un software estructural para que de esta manera permita analizar y diseñar.	Diseño estructural de muros de ductilidad limitada (MDL)	Estructuración y Predimensionamiento (m,kg/m2)
				Ánalysis por cargas de gravedad (kg, Tn, Kg/m2)
				Ánalysis sismico (%, m, tn)
				Diseño estructural (m,kg,m2)
				Diseño por desempeño (%, m, tn)
			Diseño estructural de albañilería confinada (AC)	Estructuración y Predimensionamiento (m,kg/m2)
				Ánalysis por cargas de gravedad (kg, Tn, Kg/m2)
				Ánalysis sismico (%, m, tn)
				Diseño estructural (%, m, tn)
				Diseño por desempeño (m,tn,m2)

V. DEPENDIENTE Evaluación técnico económica	Estudio de evaluación de un proyecto productivo, donde se presentan los elementos de juicio que permitan al(os) inversionista(s) y/o responsables, tomar la decisión de invertir (Valerio y Herrera, 2010, p11)	la evaluación técnica y económica de los sistemas MDL y albañilería confinada se hace en función de los parámetros obtenidos en el análisis sísmico y por el costo directo de la edificación.	Evaluación técnica	Derivas (%)
				Desplazamientos (m)
				Factor de sobre resistencia (tn/tn)
			Evaluación por desempeño	Sobrerresistencia respecto a la cortante de diseño (tn/tn)
				Ductilidad global respecto de la fluencia efectiva (tn/tn)
			Evaluación económica	Costo Directo (S/.)

2.3. Población y muestra y muestro

2.3.1 Población

Está conformada por los edificios de Muros de Ductilidad Limitada y albañilería confinada en Huancayo.

2.3.2 Muestra

Considerando el censo de 2017, en el Perú, del total de casas con ocupantes, 7 698 900, se resalta que 4 298 274 tienen paredes exteriores de ladrillos o bloques de cemento, el cual es el 55.8%; mientras que, en el departamento de Junín, del total de casas , 324 075, se observa que 160 311 son de ladrillo o bloque de cemento el cual es el 49.5%. (INEI, 2017).

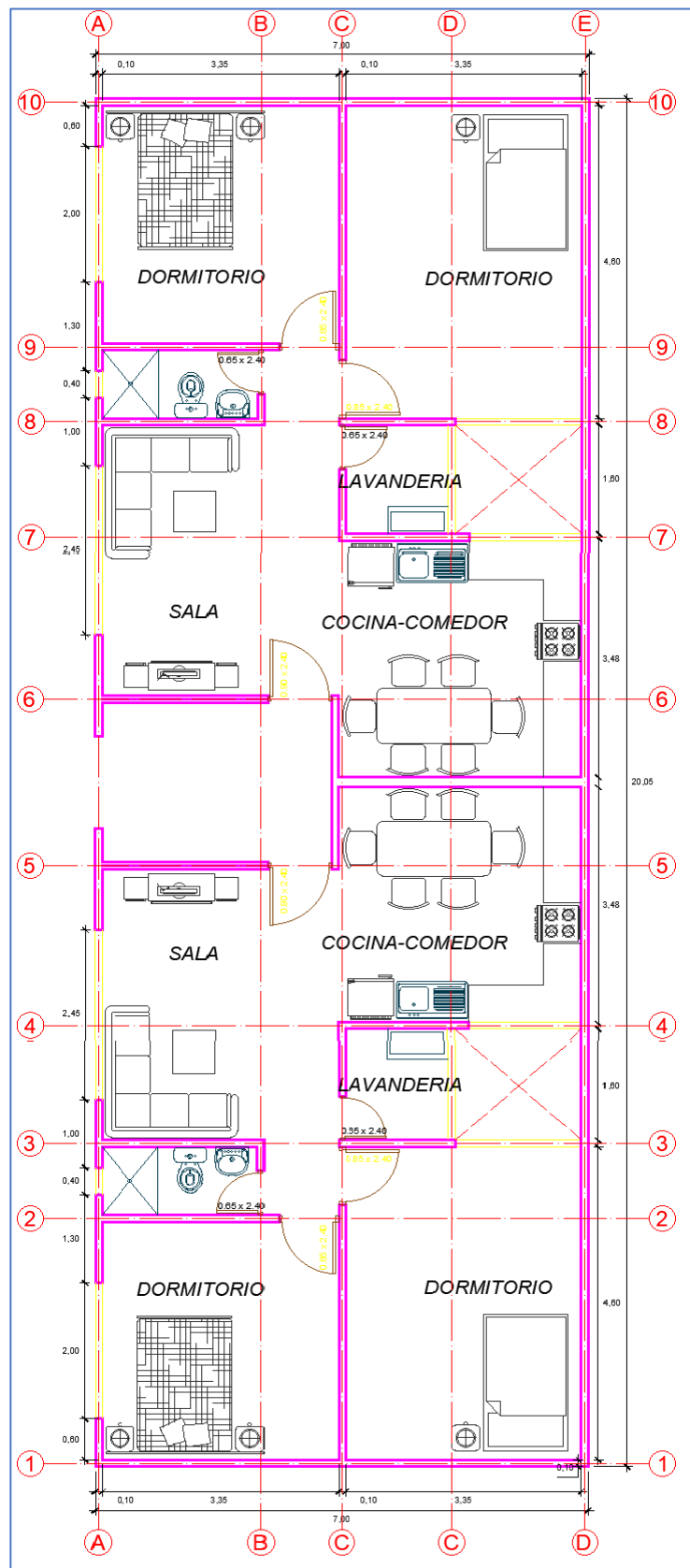
Blanco (2004), afirma que se ha generalizado el uso de edificaciones destinada a viviendas multifamiliar con el sistema estructural MDL.

Con estos datos concluimos que el material predominante para la construcción son ladrillos o bloques de cemento. En ese sentido, la elección para construcción de una vivienda de AC es representativa por ser el material predominante para las construcciones en Huancayo. Mientras que el sistema estructural MDL es elegido para la presente investigación por ser un sistema en crecimiento.

La muestra es un edificio de 5 pisos de nombre “El Sol”, proyectada con un área de 140 m², será diseñada con los sistemas estructurales de MDL y albañilería confinada a partir de planos de arquitectura.

- Muestra 1: Edificio diseñado con sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL). En la figura 1, se muestra la planta típica de la arquitectura del proyecto.
- Muestra 2: Edificio diseñado con sistema estructural de albañilería confinada (AC)

Figura 1: plano de planta



Fuente: propia

2.3.3 Muestro

El muestreo por conveniencia es una forma de muestreo no probabilístico en el cual la muestra seleccionada es por la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

Debido al interés de construir una vivienda en la ciudad de Huancayo en el cual se tiene la accesibilidad de planos y datos del terreno se considera conveniente tomar el edificio mencionado.

2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

La técnica utilizada es la observación indirecta. los datos de estructuración, predimensionamiento y análisis por gravedad se obtiene a partir de los planos de arquitectura y RNE, mientras que los datos concernientes al análisis sísmico, análisis por desempeño y diseño estructural se obtiene a partir del modelamiento con un software estructural.

2.4.2. Instrumentos

Valderrama (2007), señala “Cualquier recurso de que pueda utilizar el estudiante para acercarse a los variables y obtener resultados” (p.195).

El instrumento para la recopilación de información de los resultados fue la “Ficha de Recolección de Datos (ver Anexo 1).

- Evaluación técnica
- Evaluación por desempeño y evaluación económica.

La ficha técnica se usará para recolectar los datos obtenidos en el software ETBS 2016, de acuerdo a los indicadores propuestos. Asimismo, cabe aclarar que se usaron herramientas informáticas tales como ETABS 2016, Microsoft Excel y Microsoft Word. La herramienta para obtener la información es el software ETABS 2016 que sirve para el modelamiento, análisis (tiempo historia, pushover, lineal dinámico, lineal estático) y diseño de estructuras. El programa EXCEL y Word se usó para importar los datos obtenidos.

2.4.3. Validez y confiabilidad

2.4.3.1. Validez

Según, Valderrama (2007), define la validez como “el proceso de determinar que la técnica para la obtención de datos es consecuente con la investigación.” (p.193).

El instrumento para la recopilación de datos, ficha técnica, será validada por “juicio de expertos”, esto garantizará su coherencia con la investigación (ver anexo 2)

2.4.3.2 Confiabilidad

Valderrama (2007), define la confiabilidad como “el nivel, en el cual un instrumento genera resultados veraces y coherentes al mismo sujeto u objeto de investigación, es decir los resultados obtenidos si se vuelven aplicar sobre la misma muestra, resultan similares” (p. 193).

La confiabilidad de los datos se garantizará porque se usará el software ETABS el cual funcionará correctamente, ya que se tiene la licencia del mismo (ver Anexo 5). Asimismo, CSI (computers structures, inc) la empresa creadora del software cuenta con la certificación ISO 9001, la que garantiza su calidad del producto.

2.5. Procedimiento

- **Estructuración y predimensionamiento**

El primer paso para el diseño del edificio con cualquier sistema estructural es determinar los elementos estructurales, su adecuada disposición y sus medidas aproximadas. A partir de la arquitectura del edificio se realiza la estructuración. se definen la forma y disposición de los elementos estructurales: colocación de vigas, columnas, muros, losas en forma adecuada.

Los elementos estructurales deben tener dimensiones adecuadas para soportar cargas principalmente las vigas, columnas y muros, por ello, el predimensionamiento es la primera aproximación del diseño de los elementos estructurales y se realiza de acuerdo a la norma E.060

- **Análisis por cargas de gravedad**

En el análisis por gravedad se obtiene las dimensiones de los elementos estructurales (vigas, columnas, muros, losas y escaleras) en base a las cargas de gravedad que incluye la carga viva y muerta de acuerdo a la norma E. 020.

- **Análisis sísmico**

En esta realizaremos el modelamiento de la estructura con los datos obtenidos en el análisis por gravedad utilizando un software. Primero se hace el análisis estático para obtener la fuerza cortante por sismo y las derivas, tomando en cuenta los lineamientos de la norma E.030, después se hace el análisis dinámico que nos permite calcular la fuerza córtate por sismo y las derivas. Finalmente se hace un diseño por desempeño el cual toma en consideración el análisis no lineal de la estructura permitiendo obtener mayor precisión de la fuerza sísmica y desempeño de la edificación.

- **Diseño estructural**

Es esta etapa se realiza el diseño de los elementos estructurales: diseño por flexión y compresión, el acero mínimo y máximo, los refuerzos.

- **Diseño por desempeño**

En esta etapa se obtiene el punto de demanda de la estructura a partir del espectro de capacidad y el espectro de capacidad. Es espectro de capacidad se desarrolla a partir de los diagramas momento – curvatura ($M-\Phi$) de cada una de las secciones de las vigas y columnas que conforman la estructura; se localiza las rotulas; se define las cargas laterales equivalentes al cortante basal; se obtiene la curva de capacidad y se convierte al espectro de capacidad. Es espectro de demanda se obtiene a partir del espectro de respuesta elástico normalizado convertido a formato de Espectro de Respuesta Aceleración – Desplazamiento (ADRS).

- **Valorización**

En esta parte se realiza el metrado y valorización de la obra mediante análisis de precios unitarios determinando el costo directo utilizando hojas de cálculo en Excel.

2.6. Métodos de análisis de datos

El análisis de datos se realiza mediante cuadros comparativos de los resultados obtenidos en los dos sistemas estructurales.

2.7. Aspectos éticos

La presente investigación respeta el derecho de autor y la propiedad intelectual, por ello se cita y referencia el contenido según su autor. Asimismo, para comprobar autenticidad se verifica el contenido de la presente investigación por el programa Turnitin.

III. RESULTADOS

3.1. DESARROLLO

3.1.1 Muros de ductilidad limitada

3.1.1.1. Estructuración

Como estructuración, la medida mínima de los muros es de 10cm (ver figura 2) , variándose de acuerdo a las necesidades estructurales. Los criterios estructurales que se tomó en consideración para estructuras la vivienda son:

a) SIMPLICIDAD

debido a que una estructura simple es más sencillo la comprensión y análisis, se utilizó la simplicidad en la estructuración

b) SIMETRÍA

con en fin de evitar los efectos de irregularidad torsional tanto en planta como en altura se consideró un modelo simétrico en ambas direcciones buscando equilibrar rigideces para no causar mucha exentricidad.

c) DUCTILIDAD ADECUADA Y RESISTENCIA

se consideró muros estructurales para tener alta resistencia al corte en ambas direcciones. Con el objetivo de garantizar una alta estabilidad

d) UNIFORMIDAD Y CONTINUIDAD DE LA ESTRUCTURA

para evitar altas concentraciones de esfuerzos y cambios drásticos de rigideces, se toma en consideración la continuidad de la estructura en planta y elevación

d.1) IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES

se realizó la verificación de todas las irregularidad mencionadas en la norma E.060. a fin de garantizar la estabilidad, resistencia y rigidez de la estructura.

e) RIGIDEZ LATERAL

a fin de garantiza la suficiente rigidez lateral se dotó los suficientes muros de gran rigidez en ambas direcciones

f) DIAFRAGMA RÍGIDO

para la distribución de la fuerza sísmica se consideró elemento rígido de entrepiso.

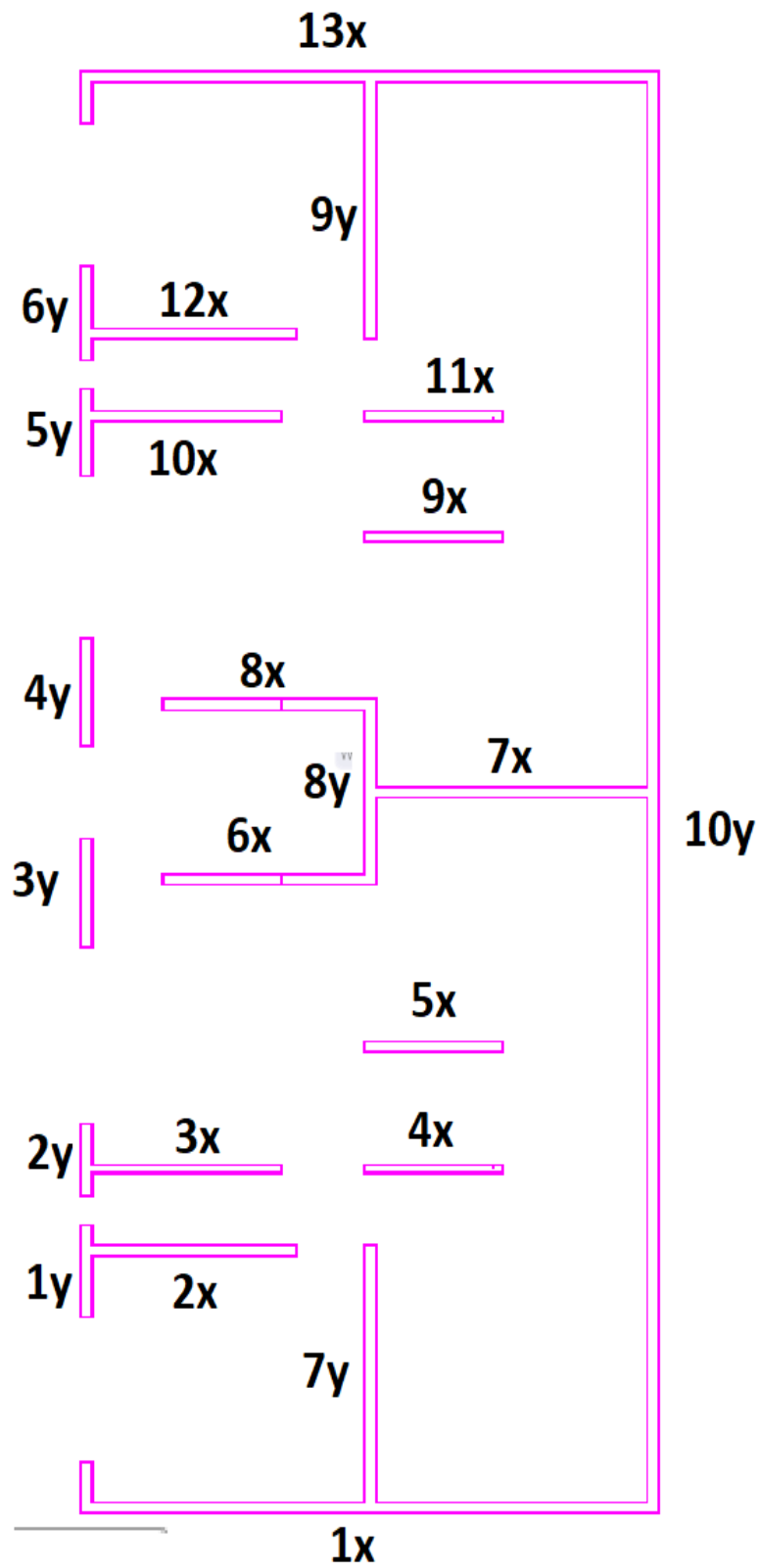


Figura 2: estructuración muros de ductilidad limitada

3.1.1.2. Predimensionamiento

3.1.1.2.1. Predimensionamiento de muros

De acuerdo a la norma E.060 concreto armado, menciona que el espesor de los muros será menor a 1/25 de la altura entre elemento que dotan de apoyo lateral, sin embargo, no será menor a 100 mm. La altura de entrepiso es igual a 2.50 m.

$$t = \frac{2.5}{25} = 0.1 \rightarrow t = 10cm$$

3.1.1.2.2. Predimensionamiento de losa maciza

La NTE.060 en su ítem 21.11.4 define el espesor mínimo que deben tener los diafragmas (losas) para edificios, indicando:

$$e = \frac{3.35}{40} = 0.0837 \rightarrow t = 10cm$$

3.1.1.3. Análisis por cargas de gravedad

3.1.1.3.1 Metrado de cargas

En esta etapa se tomó en consideración el peso de cada elemento estructural y la sobrecarga.

La norma E.020 aclara que la estructura sea capaz de soportar las cargas de los propios elementos estructurales así como las cargas vivas.

Para poder calcular el peso total del edificio se consideró

El siguiente metrado para obtener el valor de “P” lo obtenemos del programa ETABS a quien le asignamos las cargas mencionadas anteriormente.

Tabla 5: carga muerta y carga viva MDL

Story	Load Case/Combo	Location	P (ton)
PISO5	Dead	Bottom	99.7249
PISO4	Dead	Bottom	204.1911
PISO3	Dead	Bottom	308.6572
PISO2	Dead	Bottom	413.1234
PISO1	Dead	Bottom	517.5895
PISO5	Live	Bottom	13.7088
PISO4	Live	Bottom	40.1695
PISO3	Live	Bottom	66.6303
PISO2	Live	Bottom	93.091
PISO1	Live	Bottom	119.5518

Fuente propia

Del cuadro tenemos los valores de carga muerta y carga viva:

$P_{cm} = 517.589 \text{ tn}$ $P_{cv} = 119.55 \text{ tn}$

3.1.1.4. Análisis sísmico

3.1.1.4.1. Modelamiento estructural

Los muros considerados son de 10cm. Las losas macizas consideradas como diafragma rígido son de 10cm en todos los niveles a excepción de los baños que se consideró 20cm. El modelamiento estructural se realizó con el software ETABS. A continuación, se muestra el modelamiento MDL:

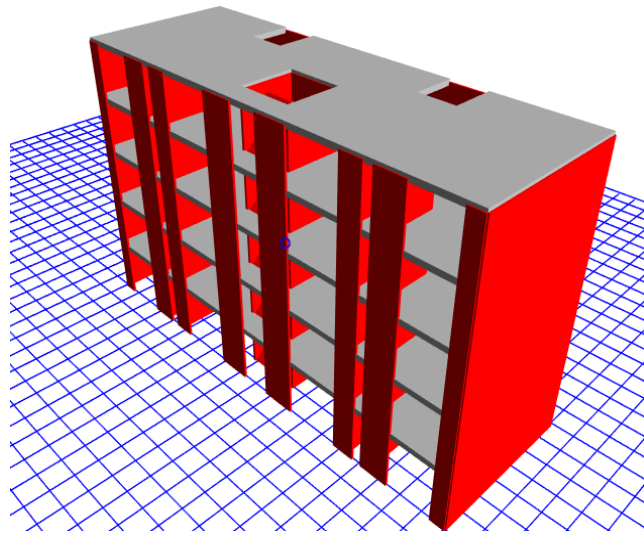


Figura 3: modelamiento estructural MDL

3.1.1.4.2. Análisis sísmico estático

Se deben seguir los requisitos de la norma E-030 de las Regulaciones Nacionales de Construcción para la evaluación sísmica, criterios, procedimientos y condiciones de arquitectura resistente a terremotos.

El propósito de esta norma es determinar el comportamiento de la estructura para los diferentes tipos de carga, así como estimar los valores de las fuerzas internas generadas en t con este análisis.

- a. FACTOR DE ZONA (Z): La vivienda está ubicada en Huancayo por lo cual según requisitos de la norma E 030 se encuentra ubicada en la zona sísmica 3 le asigna $Z=0,35$.
- b. COEFICIENTE DE USO (U): La edificación se encuentra destinada a vivienda y de acuerdo a la norma E 030 esta es una edificación común por lo tanto le corresponde $U=1$

- c. **PARAMETROS DE SUELO (S):** La vivienda está cimentada sobre suelo intermedio al cual le corresponde S2 el cual nos proporciona un valor de $S=1,15$ como factor de suelo y un $T_p=0.6$; $T_L=2$. (ver anexo 4)
- d. **COEFICIENTE DE REDUCCION (R):** La vivienda no posee irregularidad en planta y en ambas direcciones está conformado por muros estructurales y en su mayoría por muros de ductilidad limitada el cual nos otorga un valor de $R=4$.
- e. **COEFICIENTE DE REDUCCION SISMICA (C):** La vivienda de acuerdo a la norma E 030 habla del factor de amplificación sísmica la cual toma la siguiente formula:

$$C = 2.5(T_p/T); C \leq 2.5$$

3.1.1.4.2.1. Excentricidad de la edificación

El estándar E030 aborda la excentricidad para tener en cuenta el impacto de la torsión en la estructura en ambas direcciones, que es el 5 por ciento de la longitud total del edificio.

Para este caso es:

Dirección X

$$7 \times 0.05 = 0.35 \text{ m}$$

Dirección Y

$$20 \times 0.05 = 1 \text{ m}$$

3.1.1.4.2.2. Fuerza cortante basal

Carga muerta (D):	517.59	Ton
Carga viva (L):	119.55	Ton
Peso Total (D+0.25L):	547.48	Ton

Tabla 6: cortante estática

	PERIODO	C	ZUCS/R	V estática
T_{XX}	0.107	2.5	0.25	137.72 tonf
T_{YY}	0.122	2.5	0.25	137.72 tonf

Fuente: propia

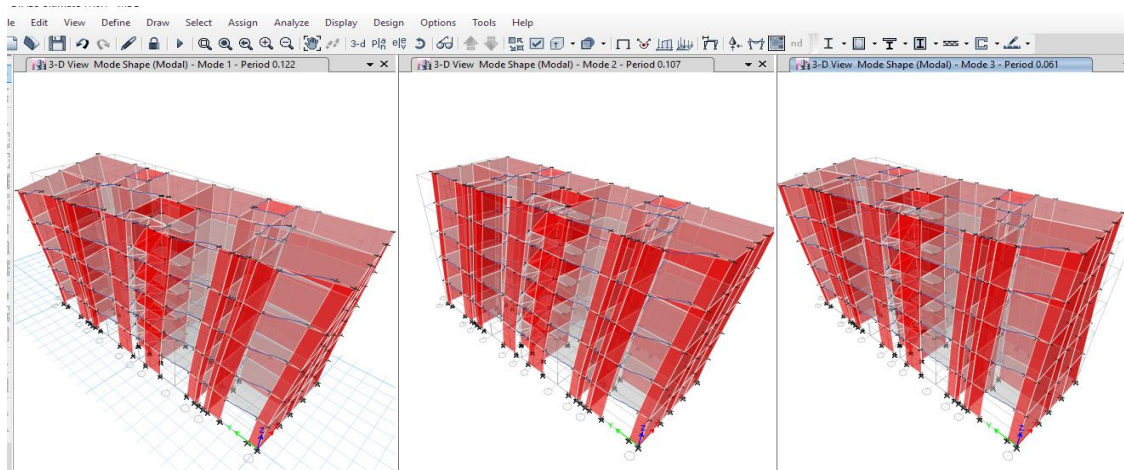


Figura 4: periodos de vibración

3.1.1.4.3. Análisis sísmico dinámico

La mezcla espectral se verá para el análisis sísmico complejo, para lo cual se interpretará el modelo pseudo-tridimensional. La siguiente expresión describe esta mezcla:
 $S_a = ZUCS/R \cdot g$

A partir de los datos anteriores se consigue el siguiente espectro:

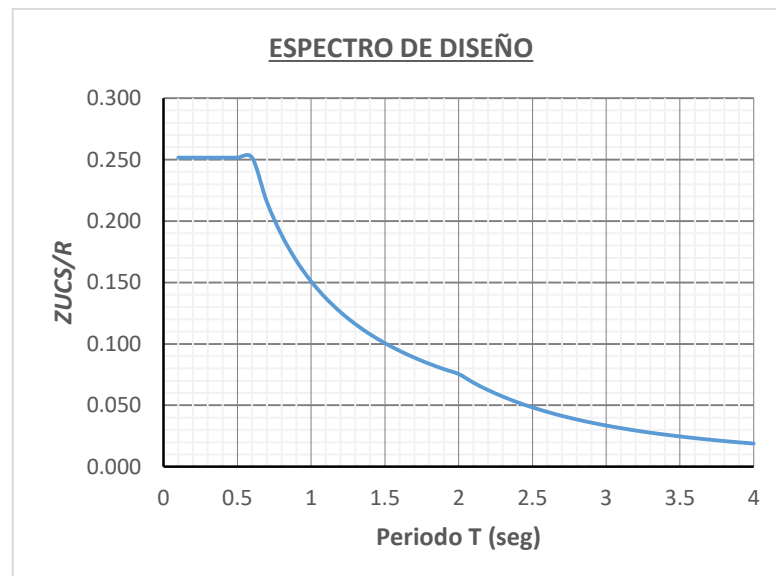


Figura 5: espectro de diseño

Calculo del factor de escala

De acuerdo al estandar E 0.30: el análisis en cada dirección, las fuerza cortantes en el en la base será mayor que el 80% del valor calculado en el análisis estático para estructuras regulares.

Tabla 7: Factor de escala MDL

	PERIODO	C	V estática	V dinámica	V mín	f escala	% Peso	f escala
T _{xx}	0.107	2.5	137.72 tonf	90.28 tonf	110.18 tonf	1.2204	20.13%	0.7547
T _{yy}	0.122	2.5	137.72 tonf	71.90 tonf	110.18 tonf	1.5324	20.13%	0.7547
	↑ del ETABS (Modal periods)	↑ Espectro		↑ del ETABS (Base Reactions)	↑ 80% V est.	↑ para diseño		↑ Para calcular desplazamientos

Fuente: propia

Podemos observar que el cortante dinámico es inferior al 80% en ambas direcciones, por ellos es necesario escalar dicho cortante.

3.1.1.5. Diseño de elementos estructurales

3.1.1.5.1. Diseño de losas

Las losas en general (Aligerado y Sólido) administraron dos funciones en la construcción, la primera es transmitir el esfuerzo por igual a cada uno de los elementos estructurales y la segunda es unir los elementos estructurales de manera que actúen de manera uniforme antes de un terremoto.

Tabla 8: Metrado de cargas losas macizas

PISO TIPICO

LOSA MACIZA DE 0.10 m

CARGA MUERTA	Area (m²)	Peso	Total (kg)	CARGA VIVA	Area (m²)	Peso	Total (kg)
Losa Maciza	1.00	2400	240.00	S/carga (Vivienda)	1.00	200	200.00
Acabado	1.00	60	60.00				
Wm		300.00			Wm		200.00
Wu = 1.4 x Wm + 1.7 x Wl				Wu = 760.00 kg/m2			

LOSA MACIZA DE 0.20 m

CARGA MUERTA	Area (m²)	Peso	Total (kg)	CARGA VIVA	Area (m²)	Peso	Total (kg)
Losa Maciza	1.00	2400	480.00	S/carga (Vivienda)	1.00	200	200.00
Acabado	1.00	60	60.00				
Wm		540.00			Wm		200.00
Wu = 1.4 x Wm + 1.7 x Wl				Wu = 1096.00 kg/m2			

PISO AZOTEA

LOSA MACIZA DE 0.10 m

CARGA MUERTA	Area (m²)	Peso	Total (kg)	CARGA VIVA	Area (m²)	Peso	Total (kg)
Losa Maciza Acabado	1.00	2400	240.00	S/carga (Vivienda)	1.00	100	100.00
	1.00	60	60.00				
	Wm		300.00		Wm		100.00
Wu = 1.4 x Wm + 1.7 x Wl				Wu = 590.00 kg/m2			

LOSA MACIZA DE 0.20 m

CARGA MUERTA	Area (m²)	Peso	Total (kg)	CARGA VIVA	Area (m²)	Peso	Total (kg)
Losa Maciza Acabado	1.00	2400	480.00	S/carga (Vivienda)	1.00	100	100.00
	1.00	60	60.00				
	Wm		540.00		Wm		100.00
Wu = 1.4 x Wm + 1.7 x Wl				Wu = 926.00 kg/m2			

Fuente: propia

Determinación del peralte efectivo

Usaremos : **Ø 3/8"**

ø (cm) = 0.95

= cm

t = 10 cm

4.05

recub = cm

da = t - recub - 0.5 * ø da = 5.47 cm

db = t - recub - 1.5 * ø db = 4.52 cm

dm = 5.00 cm

Calculando el acero mínimo

As minimo: 0.0018 * b * h

As minimo : **1.80 cm²**

Usaremos: **Ø 3/8"**

ø (cm) = 0.95 cm

As = 0.71 cm²

Distrib. **Ø 3/8"** @ 0.40 m Usaremos **Ø 3/8"** @ **0.25m**

As colocada : **2.85** cm²

Se decide la colocación del acero en la parte central de la losa
Por lo que el aporte del acero en esta ubicación es como sigue:

Para el Momento

Negativo:

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$a = 0.67064225$$

$$\phi Mn^- = 502.57 \text{ kg.m}$$

$$\phi_{flexion} = 0.90$$

$$\phi_{cortante} = 0.85$$

Para el Momento

Positivo:

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$a = 0.67064225$$

$$\phi Mn^+ = 502.57 \text{ kg.m}$$

Usando las formulas

Mu_(negativo)

$$= 700.00 \text{ kg.m}$$

$$\phi Mn^- = 502.57 \text{ kg.m}$$

Mu_(positivo)

$$= 500.00 \text{ kg.m}$$

$$\phi Mn^+ = 502.57 \text{ kg.m}$$

Mu_(negativo)

$$= 197.43 \text{ kg.m}$$

Asumimos un S=12.5cm

$$As = 5.68 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$a = 1.33647059$$

$$\phi Mn^- = 930.047209 \text{ kg.m}$$

Se colocará bastones adicionales

Acero negativo **Ø 3/8"** @ **0.25 m**

DISEÑO POR CORTANTE:

Cortante actuante :

$V = 1,100.00 \text{ kg}$

Cortante resistente:

$$\frac{V_u}{V_n} \leq \phi \left(\frac{V_c}{V_s} + \frac{\phi * 0.53 * \sqrt{f_c} * b}{* d} \right) \quad \phi = 0.85$$

$\phi V_c =$ 3,264.18 kg	$\phi V_c =$ 3.26 ton	OK
--------------------------	-----------------------	----

3.1.1.5.2. Diseño de cimentaciones

Se diseñará los elementos que llevarán todos los esfuerzos de columnas, y muros de ductilidad limitada hacia el suelo.

Para nuestro diseño usaremos el programa SAFE, el cual nos ayudara a obtener resultados de una manera más rápida.

Para el diseño y análisis de nuestra cimentación se consideró los siguientes parámetros:

Presión Admisible

$$\sigma_{adm} = 1.52 \frac{kg}{cm^2}$$

3.1.1.5.2.1 Configuración de la losa

Para el análisis de la plataforma de cimentación, se consideró una losa sólida de 20 cm de espesor con vigas de cimentación de 20x40 cm con el fin de conectar la losa a los diferentes elementos que soportaba.

A continuación, presentaremos los chequeos que se realizaron en la configuración estructural:

El análisis estructural de la losa se realizó en el programa SAFE, donde realizaremos la primera verificación, tomaremos el 100% de la carga muerta y el 100% de la carga viva, compararemos los esfuerzos generados por estas cargas con la capacidad de carga del suelo. Primero, probamos la capacidad de los rodamientos si no podemos ajustar nuestras medidas según sea necesario.

El diseño de la placa base se lleva a cabo por cargas de gravedad, como una losa sólida, ya que; Esto es prácticamente como un diafragma rígido, por lo que fue diseñado de la misma manera que una pérdida entre pisos.

3.1.1.5.2.2 Diseño por flexión

Momento positivo en el eje “X”

$$M_u = 4.5 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$a = 100 \text{ cm } d = 17 \text{ cm}$$

$$M_u K_u = a \times d^2$$

$$450000$$

$$K_u = 100 \times 17^2$$

$$K_u = 15.57$$

$$\rho = 0.00435$$

la cuantía mínima es:

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

Y la cuantía máxima es:

$$\rho_{\max} = 0.0159$$

Por lo tanto, utilizaremos cuantía calculada

$$A_s = \rho x a x d$$

$$A_s = 0.00435 \times 100 \times 17$$

$$A_s = 7.40 \text{ cm}^2$$

Del mismo modo calcularemos el espaciamiento, para el cálculo usaremos acero de ½” para toda nuestra malla.

$$S = 1.29 / 7.40$$

$$S = 0.174$$

Por lo tanto usaremos acero de ½” @ 0.15 m.

Momento negativo en el eje “X”

$$M_u = 4.3 \text{ Tn} - m a = 100 \text{ cm}$$

$$d = 17 \text{ cm}$$

$$M_u K_u = a \times d^2$$

$$430000$$

$$K_u = 100 \times 17^2$$

$$K_u = 14.87$$

$$\rho = 0.00414$$

3.1.1.5.2.3 Diseño por corte

Se ha obtenido los siguientes datos en el análisis con SAFE:

$$V_{ux} = 5.99 \text{ Tn}$$

$$V_{uy} = 7.42 \text{ Tn}$$

Procederemos con el cálculo del aporte del concreto para contrarrestar el esfuerzo por corte (V_c)

$$\phi V_c = 0.85 (0.53) \sqrt{f_c} * a * d$$

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 17$$

$$\phi V_c = 11.098 \text{ Tn}$$

Del resultados podemos inferir que el aporte del concreto es superior que los esfuerzos por corte, por ello no omitirá alguna diseño adicional.

3.1.1.5.3. Diseño de muros de ductilidad limitada

Procederemos a diseñar el muro de ductilidad limitada del baño del eje 3.

Lo hemos definido en el modelo con el nombre “Baño”, del cual extraemos las combinaciones de cargas.

Tabla 9: Combinaciones de carga para el muro “baño”

Story	Pier	Load Case/Combo	P	V2	V3	T	M2	M3
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO1	BAÑO	Comb1	-42.5613	0.0333	-0.4294	0.4443	-0.3424	-1.4578
PISO1	BAÑO	Comb2 Max	-35.1897	5.195	0.5238	0.7962	2.7275	22.858
PISO1	BAÑO	Comb2 Min	-37.7846	-5.1298	-1.2427	-0.0515	-3.2983	-25.3179
PISO1	BAÑO	Comb3 Max	-35.1897	5.195	0.5238	0.7962	2.7275	22.858
PISO1	BAÑO	Comb3 Min	-37.7846	-5.1298	-1.2427	-0.0515	-3.2983	-25.3179
PISO1	BAÑO	Comb4 Max	-34.303	3.4816	0.9727	1.0752	3.1964	14.7028
PISO1	BAÑO	Comb4 Min	-38.6713	-3.4164	-1.6916	-0.3305	-3.7671	-17.1627
PISO1	BAÑO	Comb5 Max	-34.303	3.4816	0.9727	1.0752	3.1964	14.7028
PISO1	BAÑO	Comb5 Min	-38.6713	-3.4164	-1.6916	-0.3305	-3.7671	-17.1627
PISO1	BAÑO	Comb6 Max	-19.8863	5.1957	0.7049	0.6103	2.8759	23.4431
PISO1	BAÑO	Comb6 Min	-22.4812	-5.1291	-1.0616	-0.2374	-3.1499	-24.7329
PISO1	BAÑO	Comb7 Max	-19.8863	5.1957	0.7049	0.6103	2.8759	23.4431
PISO1	BAÑO	Comb7 Min	-22.4812	-5.1291	-1.0616	-0.2374	-3.1499	-24.7329
PISO1	BAÑO	Comb8 Max	-18.9996	3.4823	1.1538	0.8893	3.3448	15.2879
PISO1	BAÑO	Comb8 Min	-23.3679	-3.4157	-1.5105	-0.5164	-3.6188	-16.5776
PISO1	BAÑO	Comb9 Max	-18.9996	3.4823	1.1538	0.8893	3.3448	15.2879
PISO1	BAÑO	Comb9 Min	-23.3679	-3.4157	-1.5105	-0.5164	-3.6188	-16.5776
PISO1	BAÑO	ENVOLVENTE Max	-18.9996	5.1957	1.1538	1.0752	3.3448	23.4431
PISO1	BAÑO	ENVOLVENTE Min	-42.5613	-5.1298	-1.6916	-0.5164	-3.7671	-25.3179

Fuente: propia

3.1.1.5.3.1 Calculo del acero preliminar

Para la dirección XX

obtenemos el acero inicial del muro, por ello tenemos que obtener Vu.

$$V_u = 46.41 \text{ Tn}$$

Asimismo comprobaremos lo siguiente:

$$0.27 \cdot \sqrt{210 \cdot 7400} = 28.85 \text{ Tn}$$

$$V_u = 48.41 \text{ Tn} > 28.85 \rightarrow \text{es como el segundo modo}$$

Calculo del acero mínimo horizontal

En este modo $\rho_{\min} = 0.0025$, se asemeja con los cálculos, por ello el acero horizontal será:

$$A_s = 0.0025 \cdot 100 \cdot 10$$

$$A_s = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.50 / 2.54$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.197 \text{ colocaremos el acero de 8mm a 20 cm}$$

Calculo del acero mínimo vertical

En este segundo caso para calcular la cuantía realizamos:

$$\rho_v = (0.0025 + 0.5 (2.5 - H/L) (\rho_h - 0.0025))$$

$$\rho_v = (0.0025 + 0.5 (2.5 - 13.40/7.40) (0.0025 - 0.0025))$$

$$\rho_v = 0.0025$$

$$A_s = 0.0025 \cdot 100 \cdot 10$$

$$A_s = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.50 / 2.54$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.197 \rightarrow \text{colocaremos el acero de 8 mm a 20 cm.}$$

PARA LA DIRECCION Y-Y

Calculamos el acero inicial, por ello calcularemos Vu.

$$V_u = 61.54 \text{ Tn}$$

Asimismo, comprobaremos lo siguiente:

$$0.27 \times \sqrt{210 \times 7000} = 27.39 \text{ Tn}$$

$V_u = 61.54 \text{ Tn} > 27.39 \rightarrow$ estamos en el segundo caso

Calculo del acero horizontal

Para este caso $\rho_{\min} = 0.0025$ el cual coincide con lo calculado por lo tanto el acero horizontal es:

$$A_s = 0.0025 \times 100 \times 10 \quad A_s = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.50 / 2.54$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.197 \text{ colocaremos el acero de 8mm a 20 cm}$$

Calculo del acero vertical

En este segundo caso para calcular la cuantía realizamos:

$$\rho_v = (0.0025 + 0.5 (2.5 - H/L) (\rho_h - 0.0025))$$

$$\rho_v = (0.0025 + 0.5 (2.5 - 13.40/7.40) (0.0025 - 0.0025))$$

$$\rho_v = 0.0025$$

$$A_s = 0.0025 \times 100 \times 10$$

$$A_s = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.50 / 2.54$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.197 \rightarrow \text{colocaremos el acero de 8 mm a 20 cm}$$

De estos cálculos preliminares nuestro muro de ductilidad limitada queda de la siguiente manera:

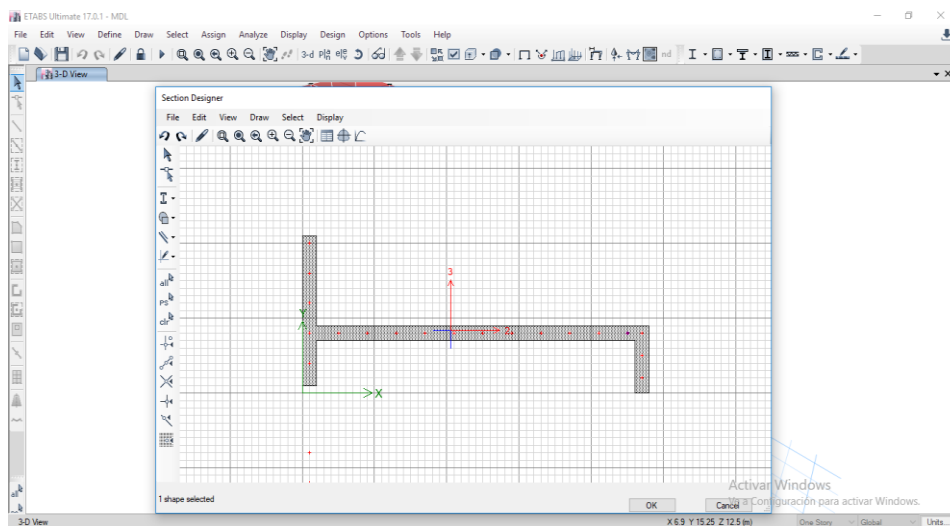


Figura 6: vista de distribución del acero de refuerzo en el muro “baño”

3.1.1.5.3.2 Diseño por flexocompresión

De la figura anterior precederemos a graficar los diagramas de interacción.

ANALISIS EN EL EJE X-X

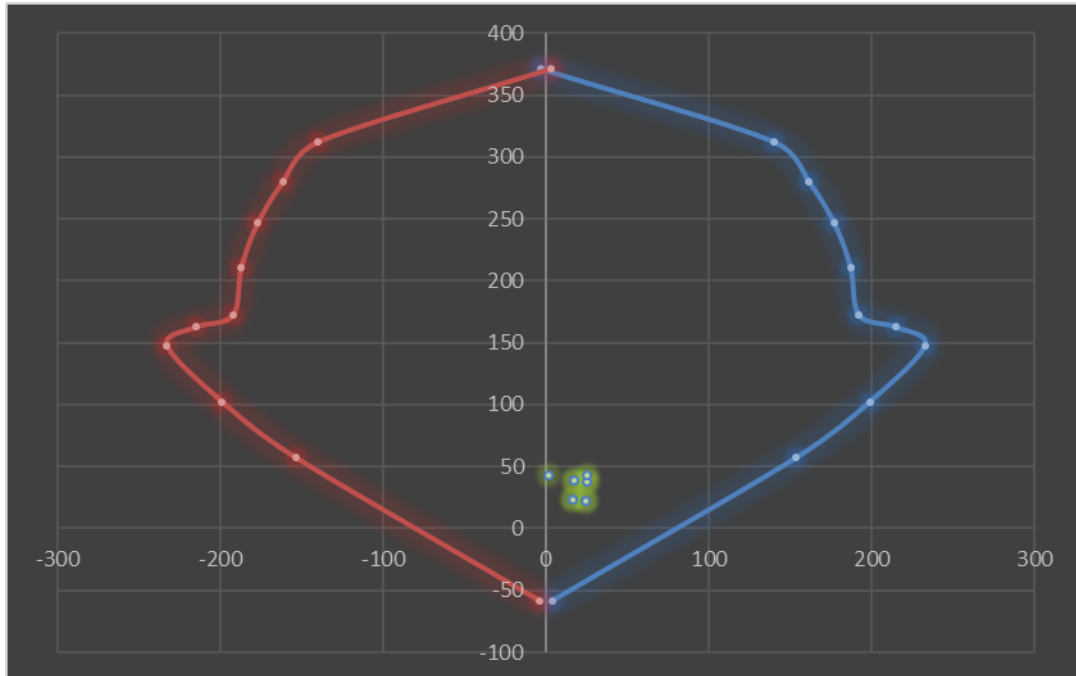


Figura 7: diagrama de interacción muro

3.1.1.5.3.3 Calculo del momento crítico de agrietamiento

Se verificará lo siguiente:

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

Sabemos que:

$$M_u = \phi M_n$$

Comprobación de confinamiento de los extremos del muro

Tenemos que comprobar que se cumpla la siguiente expresión:

$$c \geq \frac{l_m}{600 \cdot \Delta m}$$

El valor de “c” lo obtenemos directamente del ETABS, el cual es 245 cm

$$l_m = 7.40 \text{ m}$$

$$\Delta m = 0.0079 \text{ m}$$

$$h_m = 13.40 \text{ m}$$

$$c \geq 7.4 / 600 \cdot (0.0079 / 13.40) = 21.24$$

$$c = 0.24 \text{ m} < 21.24 \text{ m} \rightarrow \text{Ok}$$

Por lo tanto, no es necesario confinar los bordes (núcleos de confinamiento). Sin embargo, se colocó un refuerzo con una cuantía menor al 1%.

Calculo del refuerzo horizontal final

Sabemos que:

$$\rho_h = V_s / f_y \cdot A_{ws}$$

$$\rho_h = 17470 / 4200 \times 700 \times 10$$

$$\rho_h = 0.0006$$

Pero de acuerdo a la Norma E-060 la cuantía horizontal no debe ser menor que 0.0025

$$A_{sh} = 0.0025 \times 100 \times 10$$

$$A_{sh} = 2.5 \text{ cm}^2$$

Colocamos el acero

$$S(8 \text{ mm}) = 0.50 / 2.5$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.20 \text{ m} \rightarrow 0.20 \text{ m}$$

Calculo del refuerzo vertical final

$$\rho_v = (0.0025 + 0.5 (2.5 - H/L) (\rho_h - 0.0025))$$

$$\rho_v = (0.0025 + 0.5 (2.5 - 13.90/7.40) (0.0025 - 0.0025))$$

$$\rho_v = 0.0025 \rightarrow \rho_v = 0.0025$$

Por lo tanto el acero vertical será:

$$A_{sv} = 0.0025 \times 100 \times 10$$

$$A_{sv} = 2.5 \text{ cm}^2$$

Colocamos el acero:

$$S(8 \text{ mm}) = 0.50 / 2.5$$

$$S(8 \text{ mm}) = 0.20 \rightarrow 0.20 \text{ m}$$

De nuestro diseño la distribución del refuerzo será:

Acero vertical Malla Ø 8 mm @ 0.20m

Acero horizontal Malla Ø 8 mm @ 0.20 m

Diseño por corte fricción

Se debe comprobar de acuerdo a la norma que el refuerzo vertical sea resistente al corte fricción.

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dirección X-X

$$V_u = 46.41 \text{ Tn}$$

$$\phi V_n = \phi \mu \cdot (N_u + A_v \cdot f_y)$$

Donde:

$$N_u = \text{Carga axial amplificada } N_u = \phi \cdot N_m$$

$$N_m = \text{Carga muerta}$$

$$N_u = 0.9 \times 133.92 \text{ Tn} = 120.53 \text{ Tn}$$

$$A_v = \text{Area del acero colocado}$$

$$A_v = 51 \times 0.5 + 4 \times 1.13$$

$$A_v = 30.02 \text{ cm}^2$$

$$\mu = 1 \text{ Superficie intencionalmente rugosa}$$

$$\mu = 0.6 \text{ Superficie no intencionalmente rugosa}$$

$$\phi = 0.85$$

$$\phi V_n = 0.85 \times 0.6 \times (120.53 + 30.02 \times 4.2)$$

$$\phi V_n = 125.77 \text{ Tn}$$

$$\phi V_n = 125.77 \text{ Tn} > V_u = 46.41 \text{ Tn} \rightarrow \text{ok}$$

Notamos que el acero colocado verticalmente en esta dirección es resistente al corte por fricción.

Dirección Y-Y

$$V_u = 61.54$$

$$\phi V_n = \phi \mu \cdot (N_u + A_v \cdot f_y)$$

Donde:

$$N_u = \text{Carga axial amplificada}$$

$$N_u = \phi \cdot N_m \quad N_m = \text{Carga muerta}$$

$$N_u = 0.9 \times 133.92 \text{ Tn} = 120.53 \text{ Tn}$$

$$A_v = \text{Area del acero colocado}$$

$$A_v = 48 \times 0.5 + 4 \times 3 \times 1.13 \quad A_v = 25.56 \text{ cm}^2$$

$\mu = 1$ Superficie intencionalmente rugosa

$\mu = 0.6$ Superficie no intencionalmente rugosa

$$\phi = 0.85$$

$$\phi V_n = 0.85 \times 0.6 \times (120.53 + 25.56 \times 4.2)$$

$$\phi V_n = 116.22 \text{ Ton}$$

$$\phi V_n = 116.22 \text{ Ton} > V_u = 61.54 \text{ Ton} \rightarrow \text{ok}$$

Como se puede ver el acero colocado verticalmente en esta dirección también es resistente al corte por fricción.

3.1.1.5.4. Factores de sobre resistencia muros de ductilidad limitada

Tabla 10: Cortante del concreto en muros de ductilidad limitada.

Muro	f'_c (kg/cm ²)	L (cm)	bw (cm)	Acw (cm ²)	hm (cm)	hm/lm	α_c	$Acw = \alpha_c \cdot \sqrt{f'_c}$	d (cm)	Vc (t)	¿cumple?
1X	210	700	10	7000	1300	0.0186	0.53	7.68042968	697	53.5325948	cumple
2X	210	260	10	2600	1300	0.05	0.53	7.68042968	257	19.7387043	cumple
3X	210	243	10	2430	1300	0.0535	0.53	7.68042968	240	18.4330312	cumple
4X	210	165	10	1650	1300	0.0788	0.53	7.68042968	162	12.4422961	cumple
5X	210	165	10	1650	1300	0.0788	0.53	7.68042968	162	12.4422961	cumple
6X	210	258	10	2580	1300	0.0504	0.53	7.68042968	255	19.5850957	cumple
7X	210	355	10	3550	1300	0.0366	0.53	7.68042968	352	27.0351125	cumple
8X	210	258	10	2580	1300	0.0504	0.53	7.68042968	255	19.5850957	cumple
9X	210	165	10	1650	1300	0.0788	0.53	7.68042968	162	12.4422961	cumple
10X	210	243	10	2430	1300	0.0535	0.53	7.68042968	240	18.4330312	cumple
11X	210	165	10	1650	1300	0.0788	0.53	7.68042968	162	12.4422961	cumple
12X	210	260	10	2600	1300	0.05	0.53	7.68042968	257	19.7387043	cumple
13X	210	700	10	7000	1300	0.0186	0.53	7.68042968	697	53.5325948	cumple
1Y	210	113	10	1130	1300	0.115	0.53	7.68042968	110	8.44847264	cumple
2Y	210	290	10	2900	1300	0.0448	0.53	7.68042968	287	22.0428332	cumple
3Y	210	147	10	1470	1300	0.0884	0.53	7.68042968	144	11.0598187	cumple
4Y	210	147	10	1470	1300	0.0884	0.53	7.68042968	144	11.0598187	cumple
5Y	210	290	10	2900	1300	0.0448	0.53	7.68042968	287	22.0428332	cumple
6Y	210	113	10	1130	1300	0.115	0.53	7.68042968	110	8.44847264	cumple
7Y	210	370	10	3700	1300	0.0351	0.53	7.68042968	367	28.1871769	cumple
8Y	210	269	10	2690	1300	0.0483	0.53	7.68042968	266	20.4299429	cumple
9y	210	370	10	3700	1300	0.0351	0.53	7.68042968	367	28.1871769	cumple
10y	210	2000	10	20000	1300	0.0065	0.53	7.68042968	1997	153.378181	cumple

Fuente: propia

Tabla 11: Cortante del acero de los muros de ductilidad limitada.

Muro	f'_c (kg/cm ²)	A_{cw} (cm ²)	$0.27 \sqrt{f'_c} \cdot c_w$	ρ_h	F_y (kg/cm ²)	V_s (t)
1X	210	7000	27.38870205	0.0025	4200	73.5
2X	210	2600	10.17294648	0.0025	4200	27.3
3X	210	2430	9.507792283	0.0025	4200	25.515
4X	210	1650	6.45590834	0.0025	4200	17.325
5X	210	1650	6.45590834	0.0025	4200	17.325
6X	210	2580	10.09469304	0.0025	4200	27.09
7X	210	3550	13.88998461	0.0025	4200	37.275
8X	210	2580	10.09469304	0.0025	4200	27.09
9X	210	1650	6.45590834	0.0025	4200	17.325
10X	210	2430	9.507792283	0.0025	4200	25.515
11X	210	1650	6.45590834	0.0025	4200	17.325
12X	210	2600	10.17294648	0.0025	4200	27.3
13X	210	7000	27.38870205	0.0025	4200	73.5
1Y	210	1130	4.421319045	0.0025	4200	11.865
2Y	210	2900	11.34674799	0.0025	4200	30.45
3Y	210	1470	5.751627431	0.0025	4200	15.435
4Y	210	1470	5.751627431	0.0025	4200	15.435
5Y	210	2900	11.34674799	0.0025	4200	30.45
6Y	210	1130	4.421319045	0.0025	4200	11.865
7Y	210	3700	14.47688537	0.0025	4200	38.85
8Y	210	2690	10.52508693	0.0025	4200	28.245
9y	210	3700	14.47688537	0.0025	4200	38.85
10y	210	20000	78.25343443	0.0025	4200	210

Fuente: propia

En las tablas 10 y 11 observamos los cortantes que soportan el concreto y el acero en los muros de ductilidad limitada.

3.1.1.6. Diseño por desempeño

3.1.1.5.1. Propiedades no lineales de los materiales

En el software ETABS se definió los materiales y sus respectivas propiedades incluyendo aquellas no lineales.

CONCRETO

Resistencia del concreto $f'_c=210$ kg/cm²

Elasticidad $E=2173706$ kg/cm²

Módulo de Poissons $\nu= 0.15$

$\epsilon=0.0022$

Material Property Data

General Data

Material Name: CONCRETO F'C=210KG/CM²

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 945089.79 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 8: propiedades del concreto

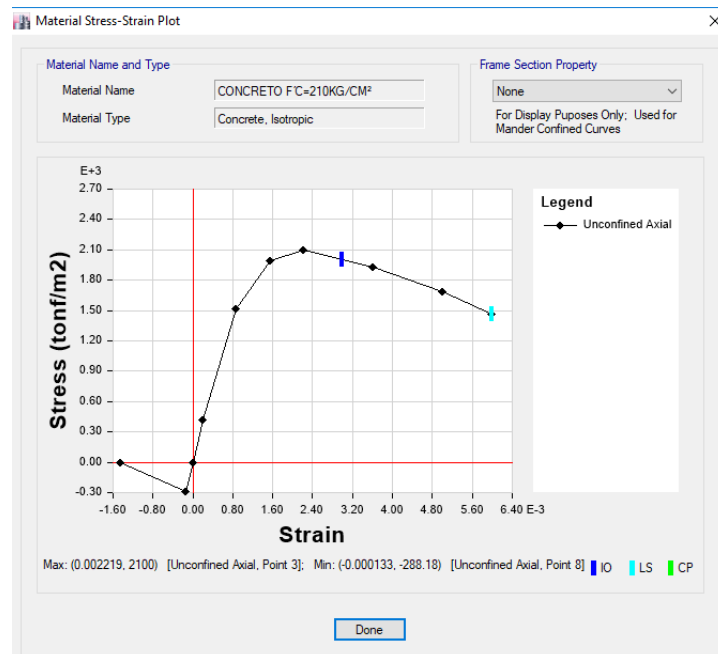


Figura 9: Diagrama esfuerzo deformación del concreto sin confinamiento

Las figuras 8 y 9 muestra la gráfica de esfuerzo– deformación del concreto según Mander y la curva de histerética. Las cuales son imprescindibles para cuantificar la respuesta del concreto.

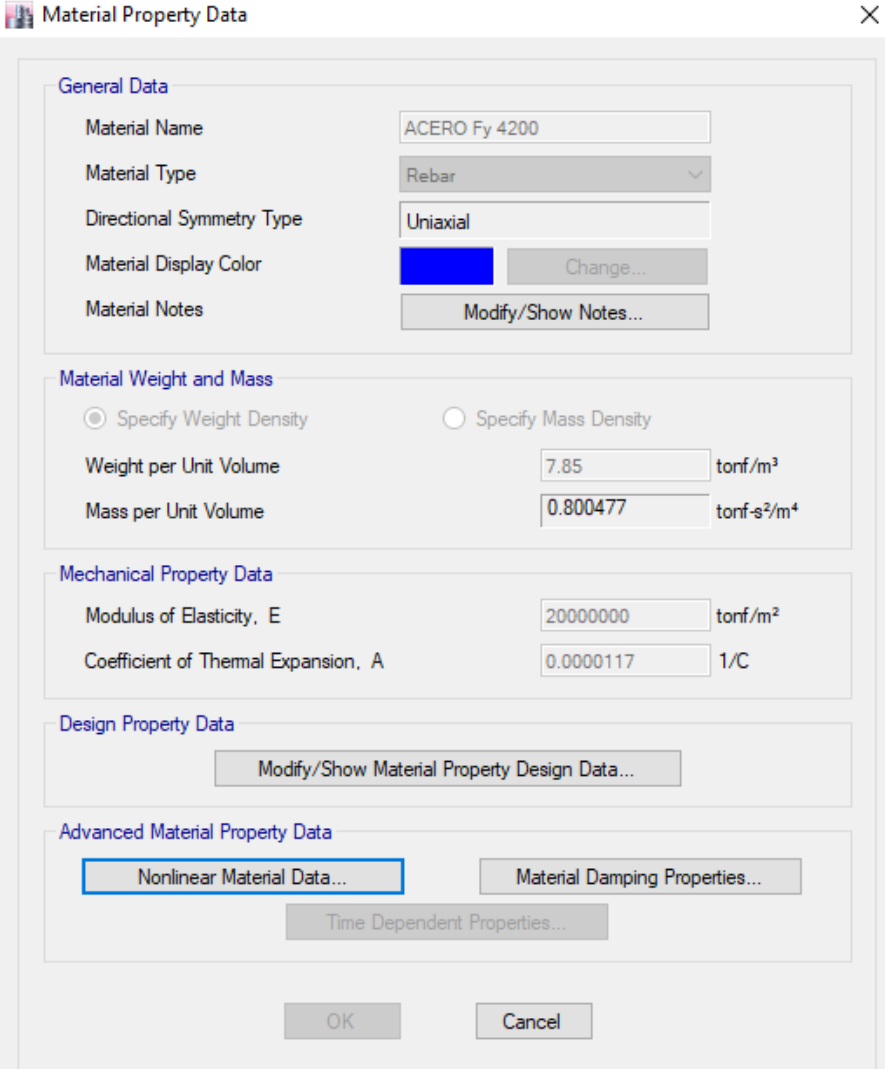
ACERO DE REFUERZO

Cedencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Capacidad ultima $F_u=5600 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad $E=2100000 \text{ kg/cm}^2$

Poisson's $\nu= 0.30$



The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Contains fields for "Material Name" (set to "ACERO Fy 4200"), "Material Type" (set to "Rebar" with a dropdown arrow), "Directional Symmetry Type" (set to "Uniaxial"), "Material Display Color" (a blue color swatch with a "Change..." button), and "Material Notes" (with a "Modify/Show Notes..." button).
- Material Weight and Mass:** Features two radio buttons: "Specify Weight Density" (selected) and "Specify Mass Density". Below are input fields for "Weight per Unit Volume" (7.85 tonf/m³) and "Mass per Unit Volume" (0.800477 tonf-s²/m⁴).
- Mechanical Property Data:** Includes input fields for "Modulus of Elasticity, E" (20000000 tonf/m²) and "Coefficient of Thermal Expansion, A" (0.0000117 1/C).
- Design Property Data:** Contains a single button labeled "Modify/Show Material Property Design Data...".
- Advanced Material Property Data:** Includes buttons for "Nonlinear Material Data..." (highlighted with a blue border), "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties..." (disabled).

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

Figura 10: Propiedades del acero de refuerzo

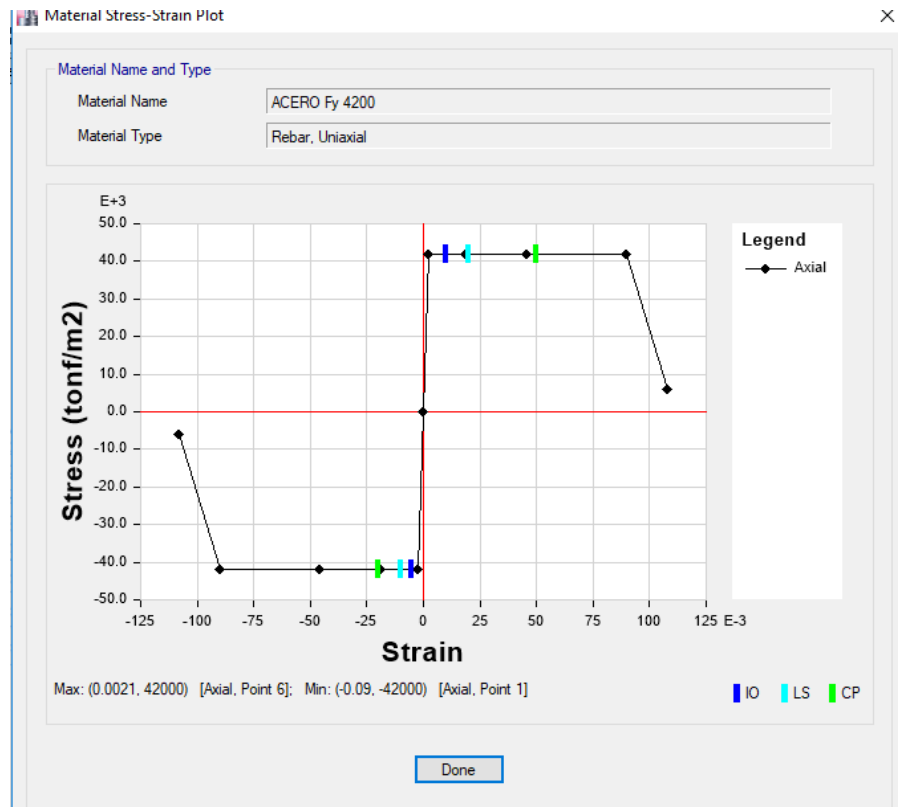


Figura 11: Grafica esfuerzo deformación del acero de refuerzo

3.1.1.6.2. Patrón de cargas

Para la aplicación del análisis estático no-lineal (Pushover) se utilizaron los patrones de carga lateral indicados en la Tabla N° 05 que se aplicará a la estructura en forma monotónica, es decir, en un solo sentido (sentido X), teniendo en cuenta las cargas de gravedad permanentes de la estructura.

Tabla 12: Patrón de cargas

Story	Load Case/Combo	Location	VX
			tonf
PISO5	SESTX	Bottom	-30.7912
PISO4	SESTX	Bottom	-67.04
PISO3	SESTX	Bottom	-94.2285
PISO2	SESTX	Bottom	-112.3542
PISO1	SESTX	Bottom	-121.417

Fuente: propia

3.1.1.6.3. Espectro de respuesta

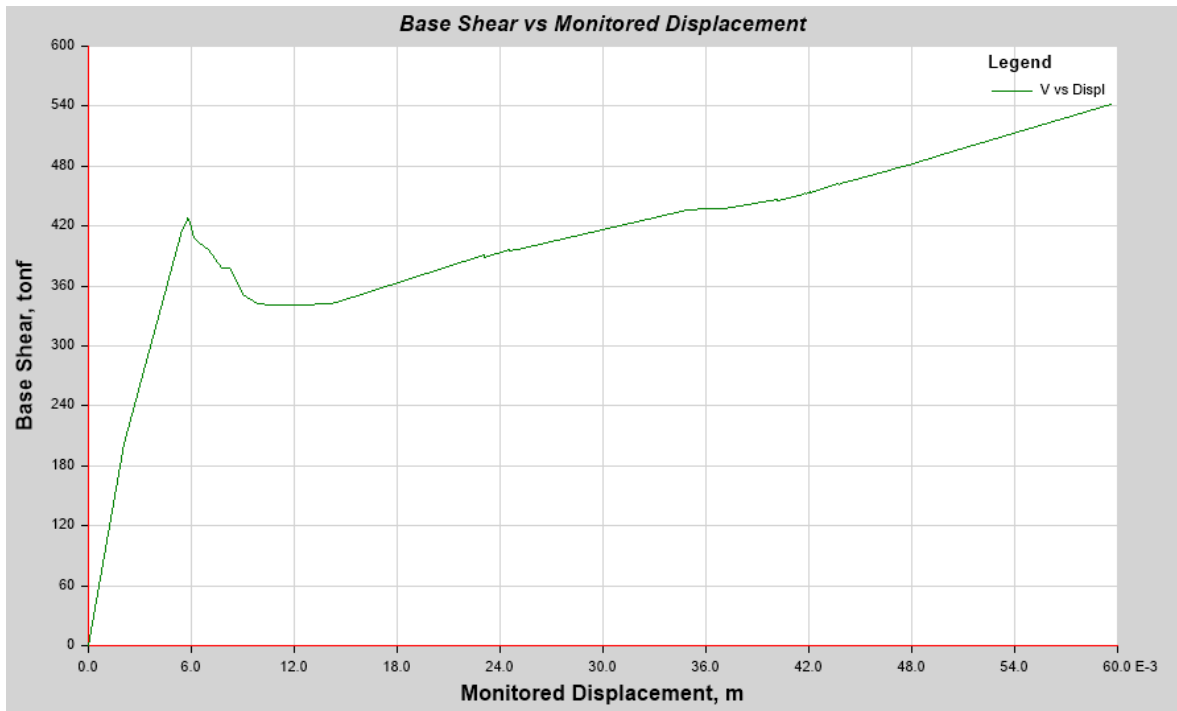


Figura 12: Curva de espectro de capacidad

En esta metodología es necesario calcular los puntos importantes de la curva de capacidad para poder determinar parámetros de la estructura como sobrerresistencia o ductilidad. El punto de colapso tiene un desplazamiento 5.9 cm con una fuerza cortante de 540 ton; el punto de fluencia efectiva tiene un desplazamiento de 0.6 cm con una fuerza cortante de 430 ton; el punto de formación de la primera rótula tiene un desplazamiento de 0.3 con una fuerza cortante de 215 ton.

3.1.7.4. Formación de rotulas plásticas

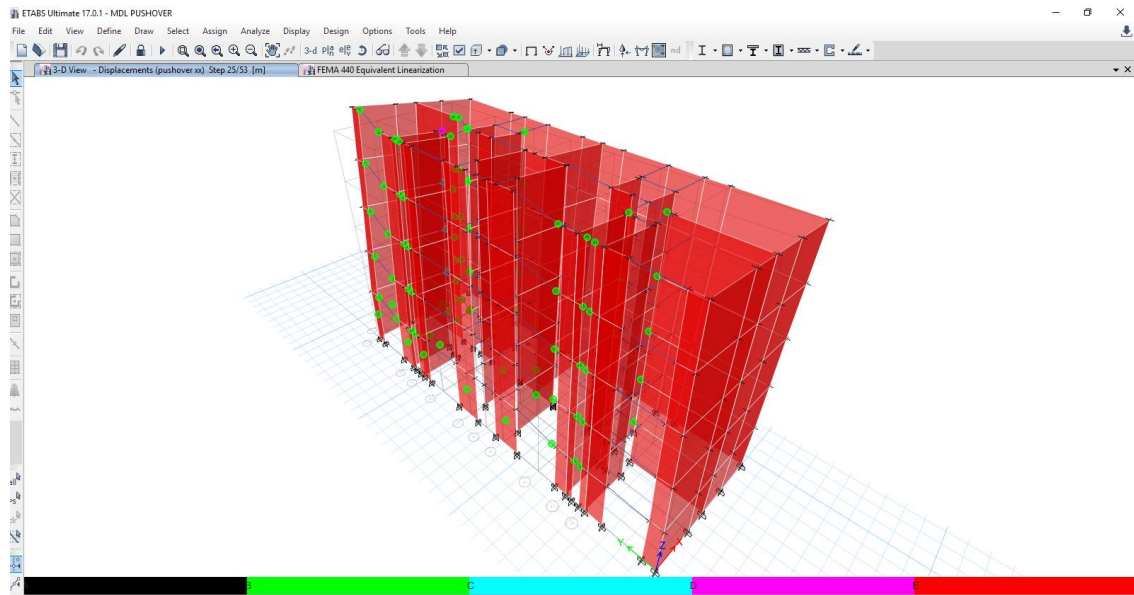


Figura 13: Rotulas plásticas

3.1.2. Muro de albañilería confinada

3.1.2.1. Estructuración

Para la estructuración del edificio mediante el sistema de ductilidad limitada se tuvo en cuenta que el espesor mínimo de 10 cm, el cual se varió de acuerdo al requerimiento del análisis estructural posterior.

Para la estructuración se tuvo en cuenta los siguientes criterios para la concepción estructural:

a) SIMPLICIDAD

Se debe buscar simplicidad en la estructuración, ya que esta característica permite un mejor comportamiento durante los sismos, esto debido a que en una estructura simple se puede predecir mejor su comportamiento sísmico.

b) SIMETRÍA

Para el modelo estructural se consideró una simetría en ambas direcciones para evitar los efectos torsionales debido a que estos pueden debilitar la estructura.

c) RESISTENCIA Y DUCTILIDAD ADECUADA

Con la estructuración propuesta, la edificación debe tener una resistencia adecuada por lo menos en las dos direcciones ortogonales con el fin de garantizar la estabilidad del edificio.

d) UNIFORMIDAD Y CONTINUIDAD DE LA ESTRUCTURA

Se consideró que la estructura sea continua tanto en planta como en elevación con el fin de evitar concentración de esfuerzos y cambios bruscos de rigideces.

d.1) IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES

De acuerdo al proyecto de arquitectura, se realizó las verificaciones de irregularidades en planta y altura, resultando una estructura regular.

e) RIGIDEZ LATERAL

Para poder controlar las deformaciones de la estructura, se dotó de rigidez lateral en ambas direcciones a la edificación, para esto se debe proveer a la estructura de elementos estructurales en ambas direcciones con el fin de aportar una adecuada rigidez lateral y así poder garantizar el buen desempeño de la estructura.

f) DIAFRAGMA RÍGIDO

Se consideró una losa rígida para poder distribuir la fuerza sísmica horizontal en los elementos estructurales (muros, placas, etc.) de acuerdo a su rigidez lateral de cada uno.

3.1.2.2. Predimensionamiento

El proceso de pre dimensionamiento consistió en asignar una dimensión tentativa a los distintos elementos estructurales. Después del análisis estructural se verificara que las dimensiones asumidas sean las adecuadas para cada uno de los elementos estructurales de nuestro edificio.

3.1.2.2.1. Predimensionamiento de losa aligerada

En este proyecto se consideró usar losas aligeradas tanto en el primer como en los niveles típicos de la edificación, el criterio de elección de estas losas se explicó anteriormente. Para el pre dimensionamiento seguiremos usando los criterios tomados de la bibliografía de Estructuración y Diseño de Edificaciones del Ing. Antonio Blanco.

Usaremos losas de 20 cm de peralte debido a la uniformidad que se le dará en ambos sentidos.

3.1.2.2.2. Predimensionamiento de vigas

Para vigas estructurales o principales el peralte (h) y la base (bw) se pre dimensionará teniendo en cuenta lo siguiente:

$$h \geq \frac{ln}{10} \text{ ó } \frac{ln}{12}$$

$$0.3h < b_w < 0.5h$$

3.1.2.2.3. Predimensionamiento de columna

Para las columnas se utilizó el siguiente criterio para pre dimensionarlas

$$Area\ de\ columna = \frac{p(servicio)}{0.45xf'c}$$

Para el caso particular de nuestro edificio y concorde a nuestra arquitectura tendremos una columna de 20x60cm de dimensión.

3.1.2.2.4. Espesor Mínimo de Muros “t”

El espesor efectivo mínimo para las zonas sísmicas 3 y 4 será:

$$t \geq \frac{h}{20} = \frac{2.5}{20} = 12.5$$

Se utilizará muros de soga de espesor efectivo de 0.13 m (0.15m tarrajados) y de cabeza de 0.23 m (0.25 tarrajados).

3.1.2.3. Análisis por cargas de gravedad

3.1.2.3.1 Metrado de cargas

Para diseñar un elemento estructural necesitamos conocer y estimar la magnitud de las cargas de gravedad y de sismo que actuaran sobre este. Según la norma peruana E-020 de cargas establece que los elementos estructurales de un edificio deben ser diseñados para resistir las cargas que se le aplique, para ello establece valores para ser usados los cuales son divididos en dos tipos de cargas las cuales fueron usadas en nuestro modelamiento.

Carga Muerta

- Concreto Armado 2400 kg/m³
- Albañilería sólida 1800 kg/m³
- Albañilería Hueca 1350 kg/m³
- Aligerados de 17 cm 280 kg/m²
- Piso Terminado 100 kg/m²

Carga Viva

- Viviendas 200 kg/m³
- Techos 100 kg/m³

- Corredores 200 kg/m²
- Escaleras 200 kg/m²

El siguiente metrado para obtener el valor de “P” lo obtenemos del programa ETABS a quien le asignamos las cargas mencionadas anteriormente:

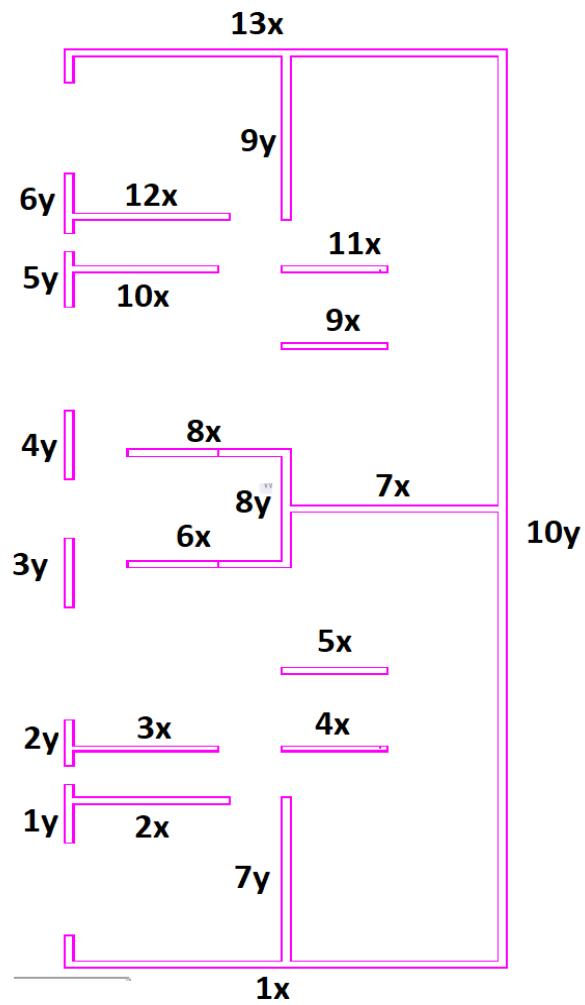


Figura 14: Muros de albañilería confinada

Tabla 13: Densidad de muros en dirección x e y

Dirección X			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	$L \times t$ m ²
1X	7	0.13	0.9100
2X	2.600	0.23	0.5980
3X	2.430	0.13	0.3159
4X	1.650	0.13	0.2145
5X	1.650	0.13	0.2145
6X	2.580	0.23	0.5934
7X	3.550	0.23	0.8165
8X	2.580	0.23	0.5934
9x	1.650	0.13	0.2145
10x	2.430	0.13	0.3159
11x	1.650	0.13	0.2145
12x	2.600	0.23	0.5980
13x	7.000	0.13	0.9100

Dirección Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	$L \times t$ m ²
1Y	1.130	0.13	0.1469
2Y	2.900	0.13	0.3770
3Y	1.470	0.13	0.1911
4Y	1.470	0.13	0.1911
5Y	2.900	0.13	0.3770
6Y	1.130	0.13	0.1469
7Y	3.700	0.23	0.8510
8Y	2.690	0.23	0.6187
9y	3.700	0.23	0.8510
10y	20.000	0.13	2.6000

$$\sum L \times t = 6.5091$$

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 2.0125$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.0465$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.0359$$

cumple

$$\sum L \times t = 6.3507$$

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 2.0125$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.04536$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.03594$$

cumple

3.1.2.4. Análisis sísmico

Para nuestro modelamiento se consideró tanto en el eje “x” como en el eje “y” muros de albañilería confinada de 14 cm de espesor, también se utilizaron muros de 24cm para tener la densidad de muros requerida. Así como también para aumentar la rigidez, se consideró vigas peraltadas hacia arriba en los pórticos externos. Con respecto a las losas, que son considerados los diafragmas rígidos de nuestro modelo; utilizamos losas aligeradas de 20 cm de altura, por otro lado en la parte interna se utilizó vigas chatas con el fin de adecuarnos a la arquitectura planteada.

Para realizar nuestro modelamiento usamos como herramienta al programa ETABS.

De lo mencionado se muestra a continuación imágenes del modelamiento y estructuración.

3.1.2.4.1. Modelamiento estructural

Para nuestro modelamiento se consideró tanto en el eje “x” como en el eje “y” muros de albañilería confinada de 13 cm de espesor, también se utilizaron muros de 23 cm para tener la densidad de muros requerida. Así como también para aumentar la rigidez, se

consideró vigas peraltadas hacia arriba en los pórticos externos. Con respecto a las losas, que son considerados los diafragmas rígidos de nuestro modelo; utilizamos losas aligeradas de 20 cm de altura, por otro lado en la parte interna se utilizó vigas chatas con el fin de adecuarnos a la arquitectura planteada.

Para realizar nuestro modelamiento usamos como herramienta al programa ETABS.

De lo mencionado se muestra a continuación imágenes del modelamiento y estructuración.

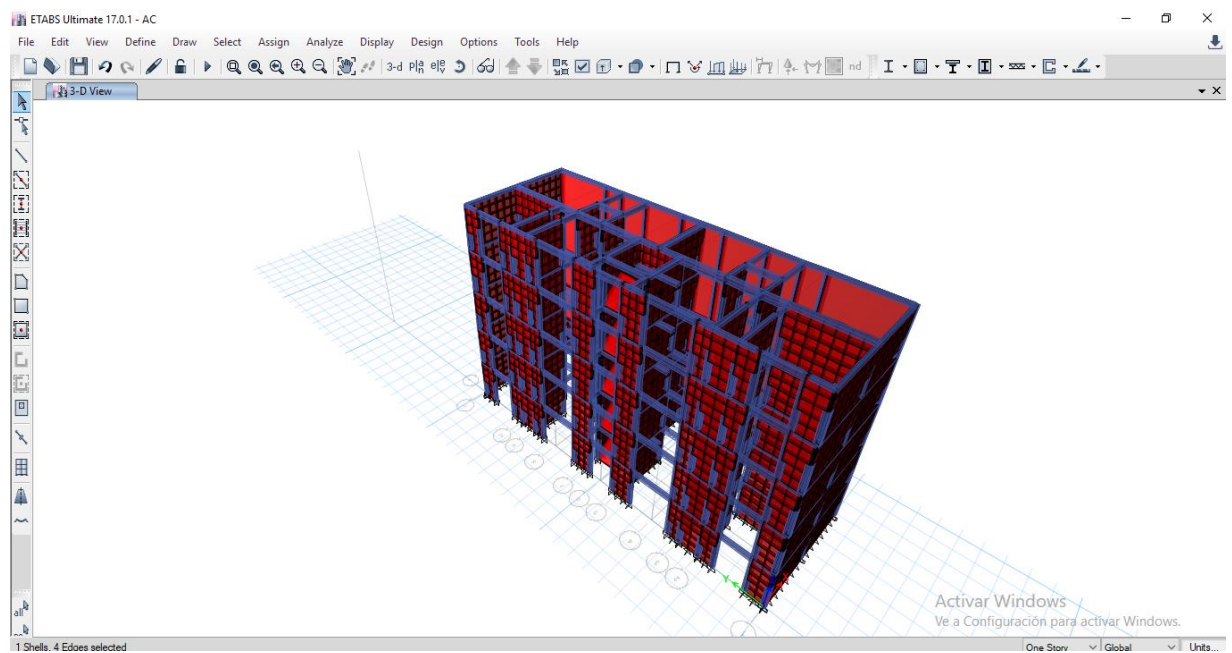


Figura 15: modelamiento estructural albañilería confinada

3.1.2.4.2. Análisis sísmico estático

3.1.2.4.2.1 Parámetros generales

- a. FACTOR DE ZONA (Z): La edificación se encuentra ubicada en Arequipa la cual por especificación de la norma E 030 se encuentra ubicada en la zona sísmica 3 le corresponde $Z = 0,35$.
- b. COEFICIENTE DE USO (U): La edificación se encuentra destinada a vivienda y de acuerdo a la norma E 030 esta es una edificación común por lo tanto le corresponde $U = 1$
- c. PARAMETROS DE SUELO (S): La edificación se encuentra cimentada sobre suelo intermedio al cual le corresponde S2 el cual nos otorga un valor de $S=1,2$ como factor de suelo y un $T_p=0.6$ para la plataforma del espectro.

d. COEFICIENTE DE REDUCCION (R): La edificación tiene irregularidad en planta y en ambas direcciones está conformado por muros de Albañilería Confinada el cual nos otorga un valor de $R=6$, pero por ser una edificación irregular nuestro

$$R = 0.75 \times 6 = 4.5$$

e. COEFICIENTE DE REDUCCION SISMICA (C): La edificación de acuerdo a la norma E 030 habla del factor de amplificación sísmica la cual toma la siguiente formula:

$$C = 2.5 (T_p/T) ; C \leq 2.5$$

3.1.2.4.2.2 Calculo de peso sismico de la edificacion

Del metrado de cargas anterior tenemos:

Tabla 15: *Peso de la edificación*

Story	Load Case/Combo	P . TOP	PROMEDIO	PESO POR PISO
		TONF	TON	TON
TECHO 5	Pe = CM+0.25CV	71.523	107.86495	107.86495
TECHO 4	Pe = CM+0.25CV	211.0868	247.42875	139.5638
TECHO 3	Pe = CM+0.25CV	350.6505	386.99245	139.5637
TECHO 2	Pe = CM+0.25CV	490.2143	526.55625	139.5638
TECHO 1	Pe = CM+0.25CV	629.7781	666.12005	139.5638
				666.12005

Fuente: propia

3.1.2.4.2.3 Fuerza cortante en la base de la edificación

Peso Edific=	666.12	Ton	
Ve=ZUCS/R	0.33542	Coeficiente sismica	
VXX=ZUCS/R*Pe	223.428	Ton	cortante final

3.1.2.4.3. Análisis sísmico dinámico

3.1.2.4.3.1 Generalidades

Para el análisis sísmico dinámico se usó la combinación espectral, en el cual se usó el modelo pseudo-tridimensional.

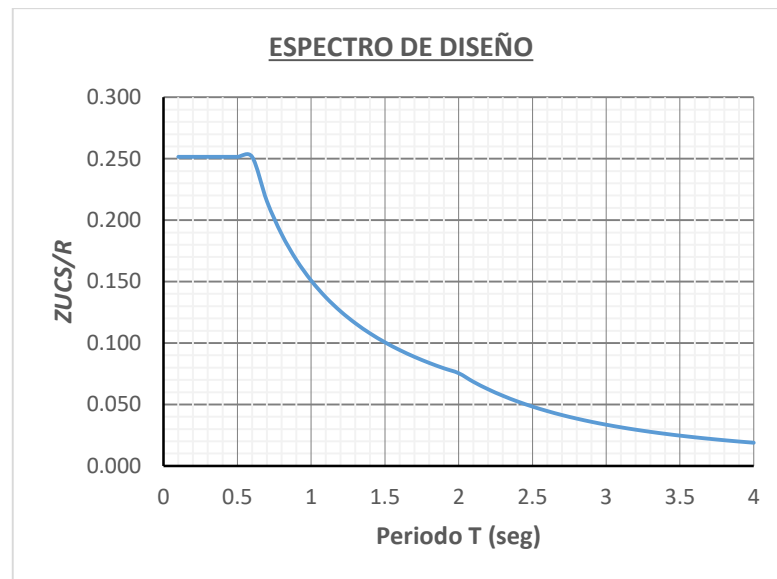


Figura 16: espectro de diseño

3.1.2.4.3.2 Fuerza cortante en la base

Según la norma E-030 indica que para estructuras regulares la fuerza cortante dinámica en la base de un edificio no deberá ser menor al 80% de la fuerza cortante estática, es decir:

$$V_{din} \geq 80\% V_{est}$$

Tabla 15: *Factor de escala*

PESO EDIFICACION	CORTANTE ESTATICA	CORTANTE DINAMICA	FACTOR DE ESCALA
666.12005	223.427767	182.4224	0.979826
666.12005	223.427767	146.15975	1.2229236

Fuente: propia

Finalmente, la cortante de diseño será:

Tabla 16: *Cortante de diseño:*

V _{diseño}	182.4224
V _y diseño	178.7422134

Fuente: propia

3.1.2.4.3.2 Modos y periodos de vibración

Para nuestro modelo consideramos 15 modos de vibración, esto con el fin de hallar el porcentaje de masa participativa en cada uno de los modos.

Tabla 17: *Modos de vibración*

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		Sec			
Modal	1	0.258	0.5122	0.1626	0.1257
Modal	2	0.241	0.2728	0.4349	0.0824
Modal	3	0.194	0.0148	0.2051	0.6273
Modal	4	0.08	0.115	0.0156	0.0188
Modal	5	0.075	0.0283	0.1034	0.0233
Modal	6	0.065	0.0059	0.0264	0.0813
Modal	7	0.045	0.0281	0.0013	0.0057
Modal	8	0.041	0.0037	0.0299	0.0044
Modal	9	0.039	0.004	0.0054	0.0201
Modal	10	0.034	0.0085	0.0002	0.0022
Modal	11	0.031	0.0008	0.01	0.0011
Modal	12	0.03	0.0019	0.0013	0.0061
Modal	13	0.029	0.002	2.34E-05	0.0003
Modal	14	0.026	0.0001	0.0023	0.0002
Modal	15	0.026	0.0006	0.0002	0.0012

Fuente: propia

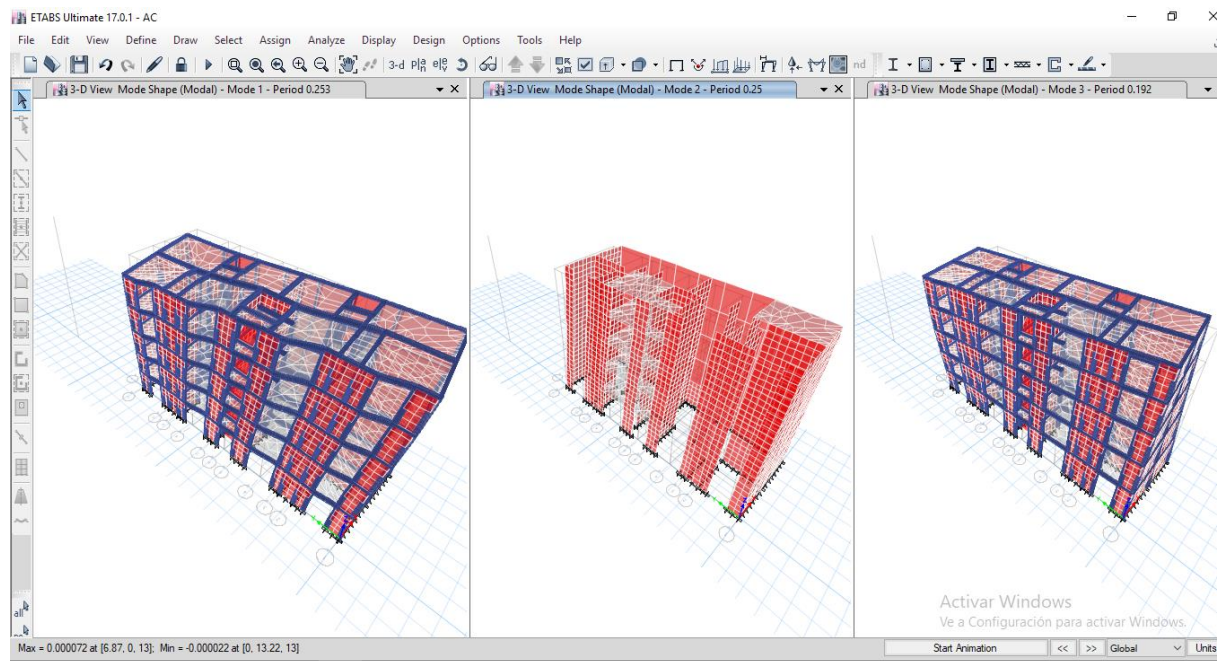


Figura 17: primeros modos de vibración

3.1.2.4.3.3. Desplazamiento lateral

Del modelamiento en el software ETABS obtenemos los desplazamientos y derivas máximas, para nuestro caso según la Norma E-030 establece que para edificaciones con el sistema de muros de albañilería confinada la deriva máxima es de 0,005.

Para calcular el desplazamiento real de nuestra edificación, obtenemos los desplazamientos del modelo el cual lo multiplicaremos por 0.75R.

Tabla 18: Derivas de entrepiso

Story	Load Case /Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DRIFT INELASTICO
					m	m	m	0.75R
TECHO 5	SEXX	X	0.00056	224	2.9571	19.88	13	0.00126
TECHO 4	SEXX	X	0.000706	224	2.9571	19.88	10.4	0.0015885
TECHO 3	SEXX	X	0.000786	224	2.9571	19.88	7.8	0.0017685
TECHO 2	SEXX	X	0.000766	224	2.9571	19.88	5.2	0.0017235
TECHO 1	SEXX	X	0.000578	224	2.9571	19.88	2.6	0.0013005
TECHO 5	SEYY	Y	0.000524	680	0	4.135	13	0.001179
TECHO 4	SEYY	Y	0.000642	680	0	4.135	10.4	0.0014445
TECHO 3	SEYY	Y	0.000701	680	0	4.135	7.8	0.00157725
TECHO 2	SEYY	Y	0.000664	680	0	4.135	5.2	0.001494
TECHO 1	SEYY	Y	0.000513	68	6.87	6.4	2.6	0.00115425

Fuente: propia

Notamos que el máximo desplazamiento de entrepiso (deriva) no supera 0.005.

3.2.5.4.4 Verificación por torsión

La irregularidad torsional ocurre cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del entrepiso.

Tabla 19: Verificación por torsión

Story	Load Case/Comb o	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z
							m	m	m
TECHO 5	SDX Max	Diaph D1 X	0.000502	0.000479	1.048	152	2.9571	0	13
TECHO 4	SDX Max	Diaph D1 X	0.00064	0.000607	1.053	152	2.9571	0	10.4
TECHO 3	SDX Max	Diaph D1 X	0.000715	0.000676	1.057	152	2.9571	0	7.8
TECHO 2	SDX Max	Diaph D1 X	0.000699	0.000659	1.061	152	2.9571	0	5.2
TECHO 1	SDX Max	Diaph D1 X	0.000539	0.000504	1.069	152	2.9571	0	2.6
TECHO 5	SDY Max	Diaph D1 Y	0.000485	0.000378	1.284	507	0	19.38	13
TECHO 4	SDY Max	Diaph D1 Y	0.000592	0.000468	1.265	680	0	4.135	10.4
TECHO 3	SDY Max	Diaph D1 Y	0.00064	0.000513	1.247	680	0	4.135	7.8
TECHO 2	SDY Max	Diaph D1 Y	0.000603	0.000491	1.227	680	0	4.135	5.2
TECHO 1	SDY Max	Diaph D1 Y	0.000433	0.000365	1.186	680	0	4.135	2.6

Fuente: propia

Notamos que el ratio no sobrepasa 1.3, por tanto no existe irregularidad torsional.

3.1.2.5. Diseño de elementos estructurales de albañilería confinada

3.1.2.5.1. Diseño de muros de albañilería confinada

Diseño por cargas verticales

Para los muros de albañilería realizamos las siguientes verificaciones:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$$

Tabla 20: Comprobación por cargas verticales

Muro	L (m)	t (m)	P _m (Kg)	σ _m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación
1X	7.0000	0.2300	22046.1	1.3693	6.362149608	Muro Correcto
2X	2.6000	0.1300	7012.5	2.0747	5.003415046	Muro Correcto
3X	2.4300	0.1300	6329.9	2.0038	5.003415046	Muro Correcto
4X	1.6500	0.1300	5021.5	2.341	5.003415046	Muro Correcto
5X	1.6500	0.1300	6406.6	2.9868	5.003415046	Muro Correcto
6X	2.5800	0.2300	13653.3	2.3009	6.362149608	Muro Correcto
7X	3.5500	0.2300	18602	2.2783	6.362149608	Muro Correcto
8X	2.5800	0.2300	12010.2	2.024	6.362149608	Muro Correcto
9X	1.6500	0.1300	6360.5	2.9653	5.003415046	Muro Correcto
10X	2.4300	0.1300	6346.5	2.009	5.003415046	Muro Correcto
11X	1.6500	0.1300	5042.8	2.351	5.003415046	Muro Correcto
12X	2.6000	0.2300	7014.2	1.1729	6.362149608	Muro Correcto
13X	7.0000	0.2300	21913.2	1.3611	6.362149608	Muro Correcto
1Y	1.1300	0.2300	2835	1.0908	6.362149608	Muro Correcto
2Y	2.9000	0.2300	6973.9	1.0456	6.362149608	Muro Correcto
3Y	1.4700	0.2300	3278.3	0.9696	6.362149608	Muro Correcto
4Y	1.4700	0.2300	3321.4	0.9824	6.362149608	Muro Correcto
5Y	2.9000	0.2300	6958	1.0432	6.362149608	Muro Correcto
6Y	1.1300	0.2300	2815.1	1.0831	6.362149608	Muro Correcto
7Y	3.7000	0.2300	22284.8	2.6187	6.362149608	Muro Correcto
8Y	2.6900	0.2300	13676.3	2.2105	6.362149608	Muro Correcto
9y	3.7000	0.2300	22265.6	2.6164	6.362149608	Muro Correcto
10y	20.0000	0.1300	58138.8	2.2361	5.003415046	Muro Correcto

Fuente: propia

La norma de albañilería confinada E.070 establece que los esfuerzos en los muros sean inferiores a $0.2f'_m(1-(h/35t)^2)$. En la tabla se muestra que todos los muros cumplen con este requisito, cabe mencionar que en caso de no cumplirse se puede incrementar el espesor del muro.

Tabla 21: Diseño por fisuración-SISMO MODERADO

Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vm (Kg)	
$V_e \leq 0.55V_m$										
16536.10	13578.51	26904.36	1.69	0.98	13578.51	26904.36	3.533	1.000	44858.3	No Fisurado
4977.90	3994.64	2826.95	0.69	1.60	3994.64	2826.95	3.674	1.000	9763.917	No Fisurado
4380.50	3487.25	2291.77	1.01	1.48	3487.25	2291.77	3.698	1.000	9062.965	No Fisurado
3177.10	2121.4	1166.97	0.81	0.89	2121.40	1166.97	2.999	1.000	6200.483	No Fisurado
3791.30	1723.4	1116.52	0.58	0.36	1723.40	1116.52	2.547	1.000	6341.749	No Fisurado
10202.20	6066.67	4962.77	20.87	5.38	6066.67	4962.77	3.154	1.000	17478.21	No Fisurado
14264.20	9094.09	5877.99	18.32	3.65	9094.09	5877.99	5.492	1.000	24101.52	No Fisurado
8998.90	3583.7	4448.61	5.16	2.51	3583.70	4448.61	2.078	1.000	17201.45	No Fisurado
3780.10	1721.81	1113.51	0.54	0.30	1721.81	1113.51	2.551	1.000	6339.173	No Fisurado
4389.70	3468.58	2277.83	0.86	1.49	3468.58	2277.83	3.700	1.000	9065.081	No Fisurado
3185.20	2112.17	1161.85	0.58	0.70	2112.17	1161.85	3.000	1.000	6202.346	No Fisurado
4976.60	3972.18	2809.71	0.73	1.53	3972.18	2809.71	3.676	1.000	16393.62	No Fisurado
16425.80	13426.41	26809.98	1.48	1.25	13426.41	26809.98	3.506	1.000	44832.93	No Fisurado
2000.20	18.28	12.43	488.70	108.89	488.70	108.89	5.071	1.000	7087.496	No Fisurado
4805.20	5.94	21.09	339.36	330.11	339.36	330.11	2.981	1.000	18113.7	No Fisurado
2168.30	4.35	17.86	173.42	75.46	173.42	75.46	3.378	1.000	9120.259	No Fisurado
2190.80	4.65	18.15	157.47	75.34	157.47	75.34	3.072	1.000	9125.434	No Fisurado
4796.40	5.83	20.97	341.13	340.68	341.13	340.68	2.904	1.000	18111.67	No Fisurado
1985.80	18.09	12.30	501.64	98.52	501.64	98.52	5.754	1.000	7084.184	No Fisurado
15698.50	207.25	202.50	459.15	879.52	459.15	879.52	1.932	1.000	25311.16	No Fisurado
10246.50	387.11	189.21	522.49	383.98	522.49	383.98	3.660	1.000	18133.55	No Fisurado
15693.20	205.3	200.84	601.22	724.63	601.22	724.63	3.070	1.000	25309.94	No Fisurado
41426.40	132.58	118.34	2899.79	16772.42	2899.79	16772.42	3.458	1.000	75828.07	No Fisurado

Fuente: propia

La norma E.070 menciona que para evitar fisuras en los muros ante sismos moderados que son más frecuentes, se diseñaran para sismo moderando. Asimismo, se deberá verificar que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia por fisuras por corte: $V_e < 0.55V_m$ (la cortante producida por el sismo moderado deberá ser inferior a 0.55 veces la cortante asociada al agrietamiento diagonal. Podemos observar que ningún muro resulta fisurado, de suceder lo contrario se puede aumentar el espesor del muro para cumplir con este requisito.

Tabla 22: Diseño de columnas de confinamiento

M (Kg-m)	F (Kg)	Número de Columnas Nc	Long. Paño Mayor, Lm (m)	0.5 L (m)	Pc (Kg)	δ	As (cm ²)	Arreglo	Vc (Kg)	T (Kg)	C (Kg)	An (cm ²)	Acf (cm ²)	D (cm)
26210.2	7488.64	3	3.45	3.5	5512.03	0.8	0.50	4φ8mm	8410.9	1976.6	13000.7	345.0	345.0	15
-4953.4	1950.15	2	2.54	1.3	2488.95	0.8	0.50	4φ8mm	4769.3	-538.8	4439.1	195.0	195.0	15
-5055.5	2198.02	2	2.3	1.215	2190.25	0.8	0.50	4φ8mm	4289.1	7.7733	4388.27	195.0	195.0	15
-4122.7	2712.33	2	1.52	0.825	1588.55	0.8	0.50	4φ8mm	2856	1123.8	4300.88	195.0	195.0	15
-4355.7	2865.57	2	1.52	0.825	1895.65	0.8	0.50	4φ8mm	2921	969.92	4761.22	195.0	195.0	15
-6938.2	2903	2	2.39	1.29	5101.1	0.8	0.50	4φ8mm	8095.5	-2198	8004.1	345.0	345.0	15
-13705	4007.39	2	3.42	1.775	7132.1	0.8	0.50	4φ8mm	11609	-3125	11139.5	345.0	345.0	15
-7553.9	3160.64	2	2.39	1.29	4499.45	0.8	0.50	4φ8mm	7967.3	-1339	7660.09	345.0	345.0	15
-4361.6	2869.45	2	1.52	0.825	1890.05	0.8	0.50	4φ8mm	2919.9	979.4	4759.5	195.0	195.0	15
-5061	2200.43	2	2.3	1.215	2194.85	0.8	0.50	4φ8mm	4290.1	5.5845	4395.28	195.0	195.0	15
-4124.1	2713.22	2	1.52	0.825	1592.6	0.8	0.50	4φ8mm	2856.8	1120.6	4305.82	195.0	195.0	15
-11489	4523.27	2	2.54	1.3	2488.3	0.8	0.50	4φ8mm	8007.7	2035	7011.57	345.0	345.0	15
25957.9	7416.55	3	3.45	3.5	5475.27	0.8	0.50	4φ8mm	8406.2	1941.3	12891.8	345.0	345.0	15
-8284.6	6903.86	2	1.2	0.565	1000.1	0.8	0.50	4φ8mm	3763.3	5903.8	7903.96	345.0	345.0	15
-21018	7931.25	4	2.65	1.45	1201.3	0.8	0.50	4φ8mm	4965.7	6729.9	9132.55	345.0	345.0	15
-10855	8897.32	2	1.22	0.735	1084.15	0.8	0.50	4φ8mm	3784.6	7813.2	9981.47	345.0	345.0	15
-10861	8902.77	2	1.22	0.735	1095.4	0.8	0.50	4φ8mm	3786.7	7807.4	9998.17	345.0	345.0	15
-20984	7918.36	4	2.65	1.45	1199.1	0.8	0.50	4φ8mm	4965.1	6719.3	9117.46	345.0	345.0	15
-8311.7	6926.44	2	1.2	0.565	992.9	0.8	0.50	4φ8mm	3761.5	5933.5	7919.34	345.0	345.0	15
-28114	7875.21	2	3.57	1.85	7849.25	0.8	0.50	4φ8mm	12211	25.958	15724.5	345.0	345.0	15
-20880	15524.4	3	1.22	1.345	3415.5	0.8	0.50	4φ8mm	3400	12109	18939.9	345.0	345.0	15
-28578	8004.95	2	3.57	1.85	7846.6	0.8	0.50	4φ8mm	12210	158.35	15851.6	345.0	345.0	15
-41814	4181.38	11	3.57	10	3766.04	0.8	0.50	4φ8mm	4739.3	415.35	7947.42	195.0	195.0	15

Fuente: propia

Para el diseño de las columnas de confinamiento la norma E.070 establece que el área de la sección de las columnas será mayor de las áreas que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor a 15 veces el espesor de la columna (15t) en cm². Notamos que para todas las columnas cumplen con 15 cm de espesor.

Tabla 22: Diseño de estribos y refuerzo longitudinal

Ac (cm ²)	An (cm ²)	Asf (cm ²)	Ast (cm ²)	As- requerida (cm ²)	Arreglo	As-existente (cm ²)	tn (cm)	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	45cm ó 1.5d	Arreglo
425	345	2.95	0.55	3.50	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.67	-0.15	1.52	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.50	0.00	1.50	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.00	0.31	1.31	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.02	0.27	1.29	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	2.83	-0.62	2.22	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	4.06	-0.88	3.19	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	2.79	-0.38	2.41	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.02	0.27	1.30	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.50	0.00	1.50	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.00	0.31	1.31	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	2.80	0.57	3.37	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	2.94	0.54	3.49	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.32	1.65	2.97	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.74	1.89	3.62	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.33	2.19	3.51	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.33	2.19	3.51	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.74	1.88	3.62	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.32	1.66	2.98	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	4.28	0.01	4.28	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	1.19	3.39	4.58	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
425	345	4.28	0.04	4.32	4 ϕ 1/2"	5.08	21	7.742	4.49	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
255	195	1.66	0.12	1.78	4 ϕ 1/2"	5.08	11	11.14	8.57	5	45	ϕ 6mm,9@5cm,4@10cm,rto25cm C/E

Fuente: propia

La norma E.070 establece que, para el diseño de refuerzo vertical, esta deberá ser capaz de soportar la acción combinada de corte-fricción y tracción; adicionalmente, desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto y como mínimo se colocaran 04 varillas para formar un nucleo confinado. El acero para las columnas son 4 fierros de 0.5 pulgadas de diámetro. Los estribos de las columnas son acero de 6 mm.

Tabla 24: *Diseño de vigas solera*

Ts (Kg)	As- requerida (cm ²)	Arreglo	As-existente (cm ²)	Estribos
22429	5.93	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
4882	1.29	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
4531.5	1.20	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
3100.2	0.82	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
3170.9	0.84	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
8739.1	2.31	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
12051	3.19	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
8600.7	2.28	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
3169.6	0.84	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
4532.5	1.20	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
3101.2	0.82	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
8196.8	2.17	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
22416	5.93	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
3763.3	1.00	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
9056.8	2.40	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
4560.1	1.21	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
4562.7	1.21	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
9055.8	2.40	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
3761.5	1.00	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
12656	3.35	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
9066.8	2.40	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
12655	3.35	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
37914	10.03	4 ϕ 3/8"	2.85	ϕ 8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E

Fuente: propia

Según la norma E.070 las vigas solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual a $T_s = v_m$ ó $L_m/2L$. de esto resulta acero longitudinal de 3/8" y estribos de 8 mm.

3.1.2.6. Diseño por desempeño

3.1.2.6.1. Propiedades no lineales de los materiales

En el programa ETABS se definieron cada uno de los materiales correspondientes a la estructura y se configuraron las propiedades no-lineales de cada uno, en la siguiente figura se aprecia este proceso:

CONCRETO

Resistencia del concreto a usar $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad $E=2173706 \text{ kg/cm}^2$

Poissons $\nu=0.15$

$\epsilon=0.0022$ (para la máxima capacidad a la compresión)

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box with the following sections and values:

- General Data:**
 - Material Name: CONCRETO F'C=210KG/CM²
 - Material Type: Concrete
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: [Color swatch] Change...
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
 - ☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.15
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 - Shear Modulus, G: 945089.79 tonf/m²
- Design Property Data:**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...

Buttons at the bottom: OK, Cancel.

Figura 18: propiedades del concreto

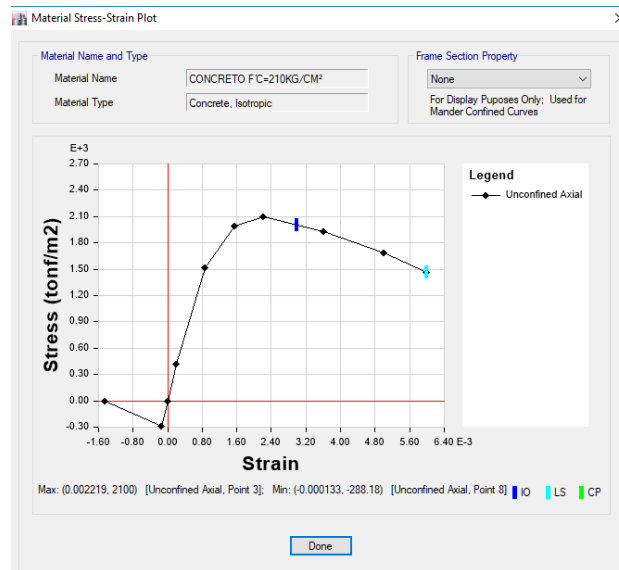


Figura 19: Diagrama esfuerzo deformación del concreto sin confinar

Como se puede apreciar en las figuras 17 y 18 se utilizó la gráfica de esfuerzo–deformación del concreto estipulada por Mander y la curva de histéresis de concreto. Que son indispensables para medir el comportamiento del concreto en función de las deformaciones y los cambios de rigidez en agrietamiento por medio de una función exponencial de la deformación.

ACERO DE REFUERZO

Cedencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Capacidad ultima $F_u=5600 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad $E=2100000 \text{ kg/cm}^2$

Poisson's $\nu= 0.30$

Figura 20: Propiedades del acero de refuerzo

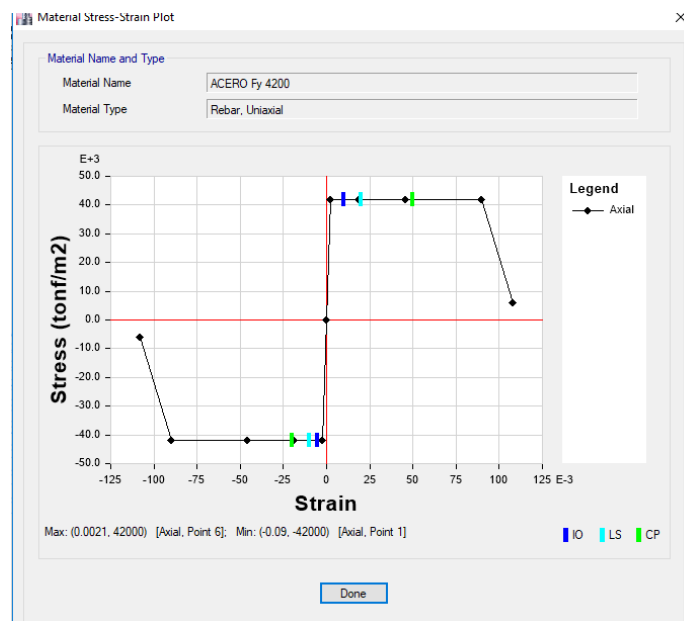


Figura 21: Grafica esfuerzo deformación del acero de refuerzo

3.1.2.6.2. Patrón de cargas

Para la aplicación del análisis estático no-lineal (Pushover) se utilizaron los patrones de carga lateral indicados en la Tabla N° 05 que se aplicará a la estructura en forma monotónica, es decir, en un solo sentido (sentido X), teniendo en cuenta las cargas de gravedad permanentes de la estructura.

Tabla 26: Patrón de cargas

Story	Load Case/Combo	Location	VX
			tonf
PISO5	SESTX	Bottom	-30.7912
PISO4	SESTX	Bottom	-67.04
PISO3	SESTX	Bottom	-94.2285
PISO2	SESTX	Bottom	-112.3542
PISO1	SESTX	Bottom	-121.417

Fuente: propia

3.1.2.6.3. Espectro de respuesta

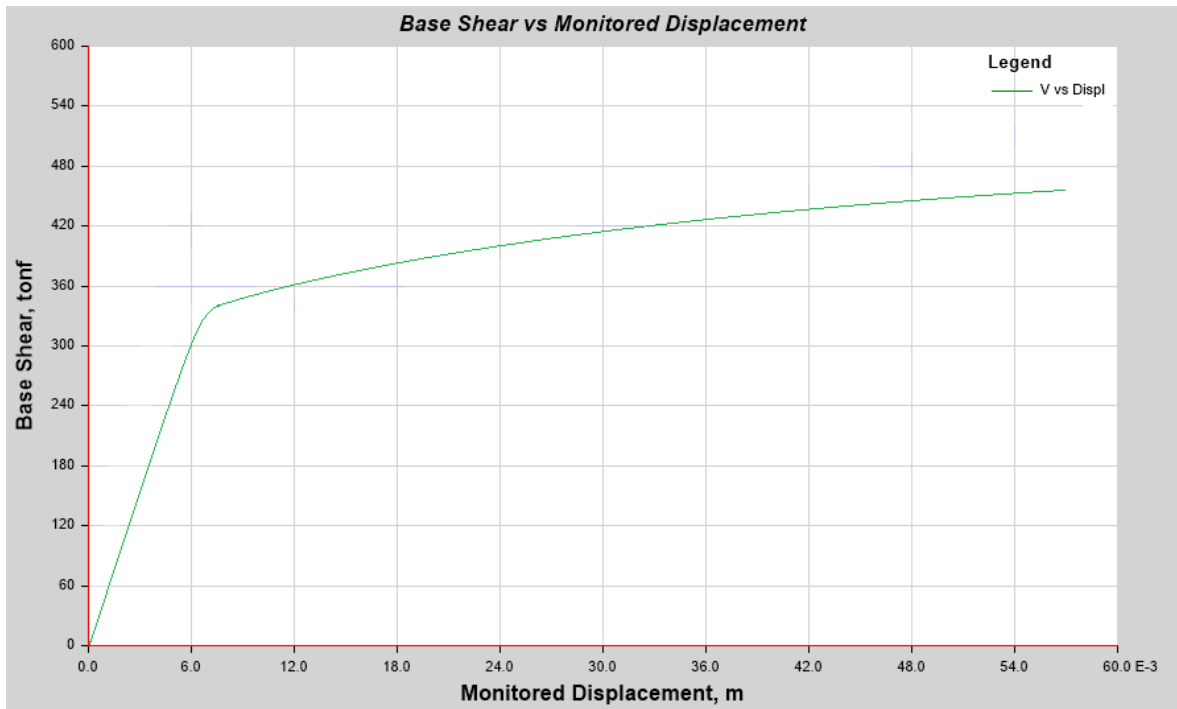


Figura 22: Curva de espectro de capacidad

En esta metodología es necesario calcular los puntos importantes de la curva de capacidad para poder determinar parámetros de la estructura como sobrerresistencia o ductilidad. El punto de colapso tiene un desplazamiento 5.5 cm con una fuerza cortante de 460 ton; el punto de fluencia efectiva tiene un desplazamiento de 0.7 cm con una fuerza cortante de 330 ton; el punto de formación de la primera rótula tiene un desplazamiento de 0.35 con una fuerza cortante de 165 ton.

3.1.2.6.4. Formación de rotulas plásticas

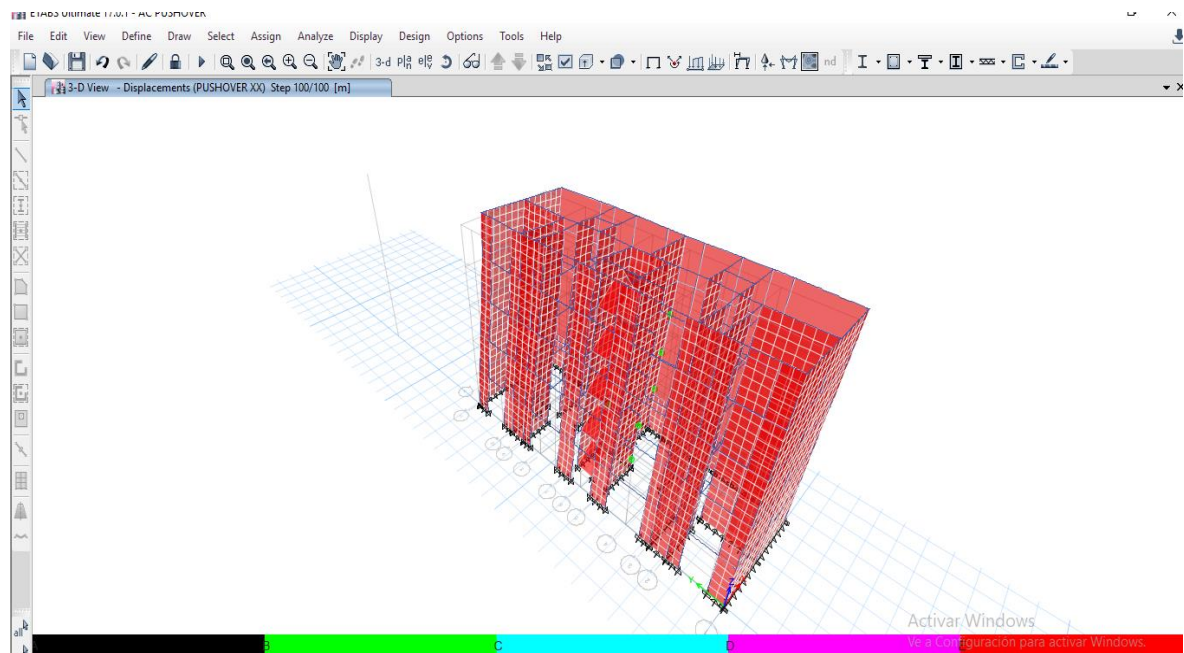


Figura 23: rotulas plásticas

3.1.3. Evaluación económica de muros de ductilidad limitada

3.1.3.1. Planilla de metrados

Para nuestro proyecto en el sistema de muros de ductilidad limitada se tomaron las partidas necesarias para la construcción de nuestro edificio, solo se tomaron en cuenta partidas de estructuras. Es decir que para esta lista de partidas solo se consideró el cascaron de la estructura, por lo tanto no se tomó en cuenta lo que es la arquitectura, las instalaciones eléctricas, sanitarias, pintura, carpintería de madera, vidrios, etc. Esto debido que en ambos sistemas estructurales los costos son prácticamente los mismos.

Por otro lado para el metrado de las diferentes partidas se respetó cada uno de los ítems del reglamento nacional de metrados.

A continuación mostramos una lista de partidas que fueron consideradas para el presente proyecto, tanto para estructuras como para arquitectura.

Tabla 26: Planilla de metrados

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
 SRA. ILDA HUARI
 PROPIETARIO: RODRIGUEZ
 UBICACIÓN: EL TAMBO-HUANCAYO-JUNIN

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1,00,00	<u>MOVIMIENTO TIERRAS</u>		
1,10,00	Excavación Manual	M3	152.00
1,20,00	Eliminación de material exedente	M3	99.00
1,30,00	Relleno Manual c/plancha	M3	42.00
2,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</u>		
2,10,00	Solado platea de cimentación	M2	179.00
3,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</u>		
3,10,00	<u>PLATEA</u>		
3,11,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	35.00
3,12,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	3,678.00
3,13,01	Encofrado y desencofrado platea	M2	12.00
3.20,00	<u>MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA</u>		
3.21,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	45.12
3.22,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	3,489.00
3.23,00	Encofrado y desencofrado losas	M2	1,271.00
3.30,00	<u>ESCALERAS</u>		
3.31,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	10.01
3.32,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	568.00
3.33,00	Encofrado y desencofrado	M2	52.79
3.40,00	<u>VIGAS</u>		
3.41,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	36.06
3.42,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	5,222.00
3.43,00	Encofrado y desencofrado	M2	223.07
3.50,00	<u>LOSAS</u>		
3.51,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	66.00
3.52,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	1,045.00
3.53,00	Encofrado y desencofrado	M2	644.00

Fuente: propia

3.1.3.2. Análisis costos unitarios

Se elaboró los análisis de costos unitarios para cada una de las partidas mencionadas anteriormente, teniendo en cuenta los costos reales de los diferentes insumos por la zona, ya que por la zona existen ferreterías que venden por mayor los insumos de construcción, es decir a precio de fábrica. A continuación se muestra el análisis de costos unitarios exclusivamente para muros de ductilidad limitada y sobre cimientos ya que este es uno de los puntos de nuestra comparación de nuestro estudio, tanto en concreto, acero y encofrado.

Tabla 27: Análisis de costos unitarios

01.03.05	Concreto f'c=210 kg/cm2 Muros de ductilidad limitada				
m3/DIA	MO.	50.0000	EQ.	50.0000	Costo unitario directo por : 312.27 m3
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0160	22.27	0.36
OPERARIO	hh	2.0000	0.3200	18.77	6.01
OFICIAL	hh	2.0000	0.3200	15.30	4.90
					11.26
Materiales					
CONCRETO PREMEZCLADO	m3		1.0000	300.00	300.00
					300.00
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	11.26	0.56
vibradora	hm	0.5	0.0800	5.63	0.45
					1.01
01.03.05	ACERO CORRUGADO Fy= 4200 kg/cm²				
KG/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : 4.88 : KG
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	18.77	0.60
OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	15.30	0.49
					1.09

Materiales

FIERRO CORRUGADO	kg	1.0700	3.05	3.26
ALAMBREn°16	kg	0.0590	6.10	0.36
				3.62

Equipos

CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm	0.5000	0.0160	7.50	0.12
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	1.09	0.05	
					0.17

01.03.05

ENCOFRADO MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

m2/DIA	MO.	35.0000	EQ.	35.0000	Costo unitario directo por : 28.68
					m2

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0229	22.27	0.51
OPERARIO	hh	1.0000	0.2286	18.77	4.29
OFICIAL	hh	1.0000	0.2286	15.30	3.50
					8.30
Materiales					
MADERA TORNILLO	pie2		4.0000	4.50	18.00
CLAVO	Kg		0.3500	3.40	1.19
ALAMBRE	Kg		0.2000	3.90	0.78
					19.97
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	8.30	0.41
					0.41

Fuente: propia

3.1.3.3. Presupuesto final de obra

Teniendo los metrados finales y los análisis de costos unitarios se presenta a continuación el presupuesto final de nuestro proyecto para el sistema de muros de ductilidad limitada.

Tabla 28: Presupuesto final de obra MDL

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
 PROPIETARIO: SRA. ILDA HUARI RODRIGUEZ
 UBICACIÓN: EL TAMBO-HUANCAYO-JUNIN

FECHA: **Nov-19**

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD (Metrado)	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
1,00,00	<u>MOVIMIENTO TIERRAS</u>					42,304.73
1,10,00	Excavación Manual	M3	152.00	33.28	5,059.08	
1,20,00	Eliminación de material exedente	M3	99.00	358.04	35,445.60	
1,30,00	Relleno Manual c/plancha	M3	42.00	42.86	1,800.05	
2,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</u>					6,046.62
2,10,00	Solado platea de cimentación	M2	179.00	33.78	6,046.62	
3,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</u>					208,587.78
3,10,00	<u>PLATEA</u>					29,416.41
3,11,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	35.00	312.27	10,929.45	
3,12,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	3,678.00	4.88	17,948.64	
3,13,01	Encofrado y desencofrado platea	M2	12.00	44.86	538.32	
3.20,00	<u>MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA</u>					67,377.57
3.21,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	45.12	312.27	14,089.62	
3.22,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	3,489.00	4.88	17,026.32	
3.23,00	Encofrado y desencofrado losas	M2	1,271.00	28.53	36,261.63	
3.30,00	<u>ESCALERAS</u>					9,198.62
3.31,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	10.01	312.27	3,125.82	
3.32,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	568.00	4.88	2,771.84	
3.33,00	Encofrado y desencofrado	M2	52.79	62.53	3,300.96	
3.40,00	<u>VIGAS</u>					47,551.56
3.41,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	36.06	312.27	11,260.46	
3.42,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	5,222.00	4.88	25,483.36	
3.43,00	Encofrado y desencofrado	M2	223.07	48.45	10,807.74	
3.50,00	<u>LOSAS</u>					55,043.62
3.51,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	66.00	312.27	20,609.82	
3.52,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	1,045.00	4.88	5,099.60	
3.53,00	Encofrado y desencofrado	M2	644.00	45.55	29,334.20	
a)	COSTO DIRECTO			CD		256,939.13

Fuente: propia

3.1.4. Evaluación económica de muros de ductilidad limitada

3.1.4.1. Planilla de metrados

Para nuestro proyecto en el sistema de muros de albañilería confinada se tomaron las partidas necesarias para la construcción de nuestro edificio, al igual que en el anterior sistema solo se tomaron en cuenta partidas de estructuras. Es decir que para esta lista de partidas solo se consideró el cascaron de la estructura a nivel de tarrajeo y solaqueado, por lo tanto no se tomó en cuenta lo que es la arquitectura, las instalaciones eléctricas, sanitarias, pintura, carpintería de madera, vidrios, etc. Esto debido que en ambos sistemas estructurales los costos son los mismos.

Por otro lado para el metrado de las diferentes partidas se respetó cada uno de los ítems del reglamento nacional de metrados.

A continuación mostramos una lista de partidas que fueron consideradas para el presente proyecto, tanto para estructuras como para arquitectura.

Tabla 29: *Planilla de metrados*

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
SRA. ILDA HUARI
PROPIETARIO: RODRIGUEZ
EL TAMBO-HUANCAYO-
UBICACIÓN: JUNIN

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1,00,00	<u>MOVIMIENTO TIERRAS</u>		
1,10,00	Excavación Manual	M3	152.00
1,20,00	Eliminación de material exedente	M3	99.00
1,30,00	Relleno Manual c/plancha	M3	42.00
2,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</u>		
2,10,00	Solado platea de cimentación	M2	179.00
3,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</u>		
3,10,00	<u>PLATEA</u>		
3,11,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	35.00

3,12,00	Acero corrugado Fy=4200kg/cm2	KG	3,678.00
3,13,01	Encofrado y desencofrado platea	M2	12.00
3.20,00	<u>MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA</u>		
3.21,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	45.12
3.22,00	Acero corrugado Fy=4200kg/cm2	KG	3,489.00
3.23,00	Encofrado y desencofrado losas	M2	1,271.00
3.30,00	<u>ESCALERAS</u>		
3.31,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	10.01
3.32,00	Acero corrugado Fy=4200kg/cm2	KG	568.00
3.33,00	Encofrado y desencofrado	M2	52.79
3.40,00	<u>VIGAS</u>		
3.41,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	36.06
3.42,00	Acero corrugado Fy=4200kg/cm2	KG	5,222.00
3.43,00	Encofrado y desencofrado	M2	223.07
3.50,00	<u>LOSAS</u>		
3.51,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	66.00
3.52,00	Acero corrugado Fy=4200kg/cm2	KG	1,045.00
3.53,00	Encofrado y desencofrado	M2	644.00

Fuente: propia

3.1.4.2. Análisis costos unitarios

Se elaboró los análisis de costos unitarios para cada una de las partidas mencionadas anteriormente, teniendo en cuenta los costos reales de los diferentes insumos por la zona, ya que por la zona existen ferreterías que venden por mayor los insumos de construcción, es decir a precio de fábrica. A continuación, mostramos los análisis de costos unitarios para cada una de las partidas de estructuras y arquitectura. Aquí el elemento más predominante es la unidad de albañilería la cual según la norma E-060 tiene ciertas especificaciones, las cuales fueron tomadas en cuenta para la compra de este, es decir en este proyecto se considerará el ladrillo mecanizado King Kong tipo V. De igual manera aquí tomaremos los análisis de costos que serán usados para nuestro estudio de comparación.

Tabla 30: Análisis de precios unitarios

01.03.05	MUROS DE LADRILLO KK SOGA						
m2/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000		Costo unitario directo por : m2	73.08
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad		Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
CAPATAZ	Hh	0.1000	0.0800		22.27	1.78	
OPERARIO	Hh	1.0000	0.8000		18.77	15.02	
PEON	Hh	0.5000	0.4000		13.93	5.57	
							22.37
Materiales							
LADRILLO KING KONG 18 HUECOS 24*14*9	UND		37.0000		1.10	40.70	
CEMENTO TIPO 1	BLS		0.2080		24.00	4.99	
ARENA GRUESA	M3		0.0300		50.00	1.50	
							47.19
Equipos							
ANDAMIO METÁLICO	Hm	2.0000	1.6000		1.50	2.40	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000		22.37	1.12	
							3.52
01.03.05	MUROS DE LADRILLO KK CABEZA						
m2/DIA	MO.	7.5000	EQ.	7.5000		Costo unitario directo por : m2	125.63
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad		Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1067		22.27	2.38	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0667		18.77	20.02	
PEON	hh	0.5000	0.5333		13.93	7.43	
							29.83
Materiales							
LADRILLO KING KONG 18 HUECOS 24*14*9	UND		69.0000		1.10	75.90	
CEMENTO TIPO 1	BLS		0.5130		24.00	12.31	
ARENA GRUESA	M3		0.0580		50.00	2.90	
							91.11
Equipos							
ANDAMIO METÁLICO	hm	2.0000	2.1333		1.50	3.20	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000		29.83	1.49	
							4.69

3.1.4.3. Presupuesto final de obra

Teniendo los metrados finales y los análisis de costos unitarios se presenta a continuación el presupuesto final de nuestro proyecto para el sistema de muros estructurales de albañilería confinada.

Tabla 31: Presupuesto albañilería confinada

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

PROPIETARIO: SRA. ILDA HUARI RODRIGUEZ

UBICACIÓN: EL TAMBO-HUANCAYO-JUNIN

FECHA: **Nov-19**

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD (Metrado)	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
1,00,00	<u>MOVIMIENTO TIERRAS</u>					42,304.73
1,10,00	Excavación Manual	M3	152.00	33.28	5,059.08	
1,20,00	Eliminación de material exedente	M3	99.00	358.04	35,445.60	
1,30,00	Relleno Manual c/plancha	M3	42.00	42.86	1,800.05	
2,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</u>					6,046.62
2,10,00	Solado platea de cimentación	M2	179.00	33.78	6,046.62	
3,00,00	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</u>					208,587.78
3,10,00	<u>PLATEA</u>					29,416.41
3,11,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	35.00	312.27	10,929.45	
3,12,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	3,678.00	4.88	17,948.64	
3,13,01	Encofrado y desencofrado platea	M2	12.00	44.86	538.32	
3,20,00	<u>MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA</u>					67,377.57
3,21,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	45.12	312.27	14,089.62	
3,22,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	3,489.00	4.88	17,026.32	
3,23,00	Encofrado y desencofrado losas	M2	1,271.00	28.53	36,261.63	
3,30,00	<u>ESCALERAS</u>					9,198.62
3,31,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	10.01	312.27	3,125.82	
3,32,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	568.00	4.88	2,771.84	
3,33,00	Encofrado y desencofrado	M2	52.79	62.53	3,300.96	
3,40,00	<u>VIGAS</u>					47,551.56
3,41,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	36.06	312.27	11,260.46	
3,42,00	Acero corrugado Fy= 4200kg/cm2	KG	5,222.00	4.88	25,483.36	
3,43,00	Encofrado y desencofrado	M2	223.07	48.45	10,807.74	

3.50,00	LOSAS					55,043.62
3.51,00	Concreto F'c=210kg/cm2	M3	66.00	312.27	20,609.82	
3.52,00	Acero corrugado Fy=4200kg/cm2	KG	1,045.00	4.88	5,099.60	
3.53,00	Encofrado y desencofrado	M2	644.00	45.55	29,334.20	
a)	COSTO DIRECTO			CD	256,939.13	

Fuente: propia

El costo directo para albañilería confinada es S/. 285 626.32 soles

3.2. Evaluación técnica y económica

3.2.1. Evaluación comparativa de la respuesta estructural y diseño por desempeño

3.2.1.1. Derivas

Tabla 32: Comparación de derivas

PISO	MDL		ALBAÑILERIA CONFINADA		RELACIÓN (%)	
Piso 5	XX	YY	XX	YY	XX	YY
	0.00132	0.00118	0.0017	0.0015	78%	79%

Fuente: propia

Observamos que las derivas del sistema MDL y albañilería confinada cumple con los requisitos de la norma E.030, siendo inferior a 0.005, asimismo notamos que la deriva en el eje “x” para MDL es el 78% de la deriva en albañilería confinada, mientras que en el eje “y” la deriva para MDL es el 79% de la deriva en albañilería confinada.

3.2.1.2. Desplazamientos laterales

Tabla 33: Comparación de desplazamientos

PISO	MDL		ALBAÑILERIA CONFINADA		RELACIÓN (%)	
Piso 5	XX (m)	YY (m)	XX (m)	YY (m)	XX	YY
	0.0158	0.015	0.0177	0.0199	89%	75%

Fuente: Propia

Observamos que los desplazamientos del sistema MDL y albañilería confinada cumple con los requisitos de la norma E.030, asimismo notamos que el desplazamiento en el eje “x” para MDL es el 89% del desplazamiento en albañilería confinada, mientras que en el eje “y” el desplazamiento para MDL es el 75% del desplazamiento en albañilería confinada.

3.2.1.3. Factores de sobre resistencia

Tabla 34: Factores de sobre resistencia

DIRECCIÓN	MDL	ALBAÑILERÍA CONFINADA	RELACIÓN (%)
XX	2.79	2.28	122%
YY	2.90	2.25	129%

Fuente: propia

Observamos que el factor de sobre resistencia en el eje “x” para MDL es 22% más que la sobre resistencia en albañilería confinada, mientras que en el eje “y” la sobre resistencia para MDL es el 29% más que la sobre resistencia en albañilería confinada.

3.2.1.4. Sobre resistencia respecto a la cortante de diseño

Tabla 35: Sobre resistencia respecto a la cortante de diseño

Colapso/ Diseño	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	ALBAÑILERÍA CONFINADA	RELACIÓN
	3.92	2.06	1.9

Fuente: propia

Observamos que la sobre resistencia respecto a la cortante de diseño para MDL es 90% más que la sobre resistencia respecto a la cortante de diseño en albañilería confinada.

3.2.1.4. Ductilidad global respecto a la fluencia efectiva

Tabla 36: Ductilidad global respecto a la fluencia efectiva

Colapso/ Fluencia efectiva	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	ALBAÑILERÍA CONFINADA	RELACIÓN
	9.83	7.85	1.25

Fuente: propia

Observamos que la ductilidad global para MDL es el 25% más que la ductilidad global en albañilería confinada.

3.2.2. Evaluación comparativa económica

Tabla 37: Comparación de costos

MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA (S/.)	ALBAÑILERÍA CONFINADA (S/.)	RELACIÓN (%)
256939.13	285626.32	90%

Fuente: propia

Observamos que el costo estructural del sistema MDL es el 90% del costo estructural en albañilería confinada.

IV. DISCUSIÓN

En los resultados del análisis estático y dinámico el sistema de muros de ductilidad limitada (MDL) en la tabla 32, da una deriva máxima igual a 0.00132 mientras que para albañilería confinada se obtuvo una deriva máxima de 0.0017. Encontrándose ambos resultados satisfaciendo la norma E.030, sin embargo, la deriva del sistema MDL es un 78% de la deriva en albañilería confinada. Lo expuesto es semejante con los resultados de Ligan (2018), el cual infiere que el sistema MDL es mucho más rígido que el sistema de albañilería confinada encontrando una deriva máxima de 0.0031 para el sistema MDL y 0.00474 para albañilería confinada. Los resultados se asemejan debido a que en ambas investigaciones se usaron el mismo material (concreto acero, ladrillos), y la estructura son parecidas con respecto a la regularidad estructural ya que ambas estructuras son de 05 pisos típicos.

En la tabla 34, observamos los factores de sobre resistencia. El sistema MDL es 82% más resistente en el eje “x” y 29% más resistente en el eje “y” que el sistema de albañilería confinada. Estos resultados que manifiestan una mejor sobre resistencia del sistema MDL es semejante al resultado obtenido por Merodio y Vásquez (2018), los cuales obtuvieron una sobre resistencia de 2.72 para MDL y 2.04 para albañilería confinada. Se infiere que el sistema MDL es mucho más sobre resistente que albañilería confinada debido a la cantidad de muros de concreto armado que poseen.

En la tabla 35 observamos los costos de la ejecución del proyecto con respecto a la estructura para el sistema MDL es S/. 256 939.13 soles y para albañilería confinada S/. 285 626.32 nuevos soles, siendo el más costoso la albañilería confinada. Estos resultados concuerdan con la investigación hecha por Cáceres y Enriquez (2017), cuyos costos fueron de S/. 296 468.45 soles y S/. 304 605.63 para MDL y albañilería confinada respectivamente. Los costos de MDL resultan mejores porque es un sistema industrial que permite ahorrar mano de obra, tiempo de ejecución.

V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo de los resultados obtenidos, el sistema de muros de ductilidad limitada es más efectivo técnico y económicamente que el sistema estructural de albañilería confinada para el edificio “El Sol” Huancayo 2019. Para ello, se tomó en consideración una evaluación técnica basada en el cumplimiento de las normas aplicables, una evaluación por desempeño y una evaluación económica.

2. De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis estructural, diseño estructural y diseño por desempeño se infiere técnicamente que el sistema estructural de Muros de ductilidad limitada el más efectivo técnicamente. La deriva encontrada en el sistema MDL es 22% menos que el sistema de albañilería confinada; el desplazamiento lateral máximo para MDL es 11% menos que el sistema de albañilería confinada, el factor de sobre resistencia para MDL es 29% mayor que el sistema de albañilería confinada.

3. Con respecto a la evaluación por desempeño se concluye que el sistema de muros de ductilidad limitada es más efectivo. La sobre resistencia respecto a la cortante de diseño del sistema estructural de albañilería confinada es 90% más que la albañilería confinada. la ductilidad del sistema estructural de muros de ductilidad limitada es 25% mayor que la ductilidad de la albañilería confinada.

4. Con respecto a los costos, el sistema de MDL es económicamente mejor que el sistema de albañilería confinada. El costo de la ejecución de la estructura para el sistema MDL es de S/. 256 939.13 soles y para albañilería confinada S/. 285 626.32 nuevos soles; representando un 10% menor en costo. Las partidas que se consideró para el sistema estructural de muros de ductilidad limitada fueron: movimiento de tierras, obras de concreto simple; obras de concreto armado; mientras que las partidas del sistema estructural de albañilería confinada fueron: movimiento de tierras, obras de concreto simple, obras de concreto armado y muros de albañilería confinada.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los muros de ductilidad limitada no sean muy largos. Los muros deben de tener una longitud similar a los muros de albañilería, entonces estamos hablando de 4 mts de espaciamiento de longitud como tal, para lograr un mejor comportamiento, y una mejor performance estructural.
2. Se recomienda tener especial cuidado en la ubicación de los muros ya sean estos de Ductilidad Limitada o de Albañilería Confinada ya que todos estos tienen una función estructural y por ende no es posible cambiarlos o quitarlos a criterio de los usuarios para rediseñar la distribución de ambientes o realizar cambios en las instalaciones.
3. Se recomienda que el análisis realizado por los programas de software sea comprobados por un especialista (calculista) mediante métodos aproximados, para que de esta manera los resultados obtenidos sean confiables y coherentes porque los métodos usados para la estructuración es muy particular a cada persona, así como los métodos de cálculo, sin embargo debe haber cierto aproximación entre los resultados independiente del autor.

REFERENCIAS

ATC-40, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Applied Technology Council. Redwood City: 1996. Pp. 68-69.

ALMEIDA Navarrete, Francisco Javier. Análisis experimental de muros delgados de hormigón armado para viviendas de baja altura. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2015.

BING, ZUANFENG y WEIZHENG. Experimental Evaluation of Seismic Performance of Squat RC Structural Walls with Limited Ductility Reinforcing Details. Taylor & Francis, 2015.

BLANCO Blasco, Antonio. Estructuración y diseño de edificaciones en concreto armado. Capítulo de Ingeniería Civil. 2da edición. pp. 300. 1994

CÁCERES Cáceres, Ernesto y ENRIQUEZ Ranilla, Luis. Análisis de costos, diseño sísmoresistente- estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Arequipa: Universida Nacion San Agustin 2017.

CAMPBELL, Jaime. Modelo numérico para el análisis no-lineal de muros de albañilería. (Título en Ingeniería Civil). Chile : Universidad de La Serena, 2015.

CAPECO (Cámara Peruana de Construcción), 2017. Informe Económico de la Construcción. Lima. (14)

ESCAMILLO Rodriguez, James Paul. Diseño estructural de una edificación de albañilería confinada de 8 pisos en la ciudad de Trujillo, La Libertad. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.

GALLEGOS, Hector y CASABONNE, Carlos. Albañilería estructural. 3ra edición. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. pp 444.

GALVEZ, Adolfo. Viviendas de concreto con mallas electrosoldadas [en línea]. 2010. Disponible en:
http://www.aciperu.org/eventos/IX_Conv_Nov/15_Adolfo_Galvez_Viviendas_economicas_de_concreto_con_mallas_electrosoldadas.pdf

HERNANDEZ Sampieri Roberto, FERNANDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Pilar. 2003. Metodología de la Investigación. 6ta edición. México: Mc Graw Hill, 2004.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2017). Población total, crecimiento intercensal, anual y tasa de crecimiento promedio anual según año censal. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

LINGAN Guzman, Sara Elizabeth. Análisis y diseño estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada para una vivienda multifamiliar. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

MORALES Morales, Roberto. Diseño de concreto armado. 3ra. Edición. Lima: Fondo Editorial ICG, 2006. pp.228.

MUÑOZ, Alejandro; DELGADO Ehni, Raul y PEÑA Rodriguez, Catalina. Desempeño sismorresistente de muros de ductilidad limitada. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú.2010.

MUÑOZ Peláez, Alejandro. Ingenieria Sismorresistente. Lima, Perú: Fondo editorial PUCP, 1999.

MESTYANIC. 1986. The earthquake resistance of reinforced concrete structural walls of limited ductility. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1986.

NTP E. 060: Concreto Armado. Diario Oficial El Peruano. Lima , 08 de mayo del 2009.

NTP E.020: Cargas. Diario Oficial el Peruano. Lima, 23 de mayo del 2006.

NTP E.030: Diseño Sismorresistente. Diario Oficial El Peruano. Lima, 24 de enero del 2016.

NTP E0.70: Albañilería. Diario Oficial El Peruano. Lima, 2006.

OTAZZI Pasino, Antonio. Apuntes del curso Concreto Armado 1. Lima, Perú: Fondoeditorial PUCP, 2005.

PAEZ, Diego. T ipología estructural de muretes en mamposteria solicitados a esfuerzos cortantes. (Título en Ingeniería Civil). Colombia : Facultad de Ingeniería, 2006.

PONS Gascon, Wilfredo Felipe y ALVAREZ Deulofeu, Eduardo Rafael. Earthquake-resistant structural design of reinforced masonry housing buildings for their construction in Bayamo and Guantánamo cities. Ciencia en su PC, (1): 2018.

RIVA, Paolo y FRANCHI, Alberto. Behavior of reinforced concrete walls with welded wire mesh subjected to cyclic loading. Structural Journal, Vol. 98. 2001. Pp. 324-334.

SAN BARTOLOME, Angel. Comportamiento a carga lateral de muros delgados de concreto reforzados en su zona central con barras de acero, fibra de polipropileno y con fibra de acero. Investigación y Desarrollo, (5): 2-16, 2013.


SAN BARTOLOMÉ Angel. Construcciones de Albañilería Confinada. Pontificia Universidad Católica del Perú. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú, 1994.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. 1°. Ed. Lima: Universidad Nacional de San Marcos, 2007. 1-195 pp.
ISBN:9789972380419

VILLARREAL, Genner. Ingeniería Sismo – Resistente. Lima 2013. 100 pp.

VIZCONDE, Adalberto. Estudio de la calidad en la construcción de viviendas con el sistema constructivo muros de ductilidad limitada en la ciudad de guayaquil y propuesta para su correcto funcionamiento. (Titulo en Ingeniería Civil). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2015.

ANEXO 1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "el sol", Huancayo - 2019							
TESISTA: Coca Huari Joel Maximo							
EVALUACIÓN TÉCNICA							
1. DERIVAS							
PISO	SISTEMA DE ALBAÑILERIA		SISTEMA MUROS DE		RELACIÓN (%)		
Piso 5	XX	YY	XX	YY	XX	YY	
2. DESPLAZAMIENTOS LATERALES							
PISO	SISTEMA DE ALBAÑILERIA		SISTEMA MUROS DE		RELACIÓN (%)		
Piso 5	XX	YY	XX	YY	XX	YY	
FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA - ALBAÑILERIA CONFINADA - PISO 1							
DIRECCIÓN	Fuerza cortante V_u (t)	$V_m(t)$	$V_c(t)$	$V_s(t)$	Fuerza resistente (t)	Factor de sobre resistencia	
XX							
YY							
FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA - MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA - PISO 1							
DIRECCIÓN	Fuerza cortante V_u (t)	$V_c(t)$	$V_s(t)$	Fuerza resistente (t)	Factor de sobre resistencia		
XX							
YY							
3. FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA							
DIRECCIÓN	MUROS DE DUCTILIDAD		ALBAÑILERIA CONFINADA		RELACIÓN (%)		
XX							
YY							
APELLIDOS	Reategui Diaz						
NOMBRES	Jorge						
ESPECIALIDAD	Ingeniero Civil						

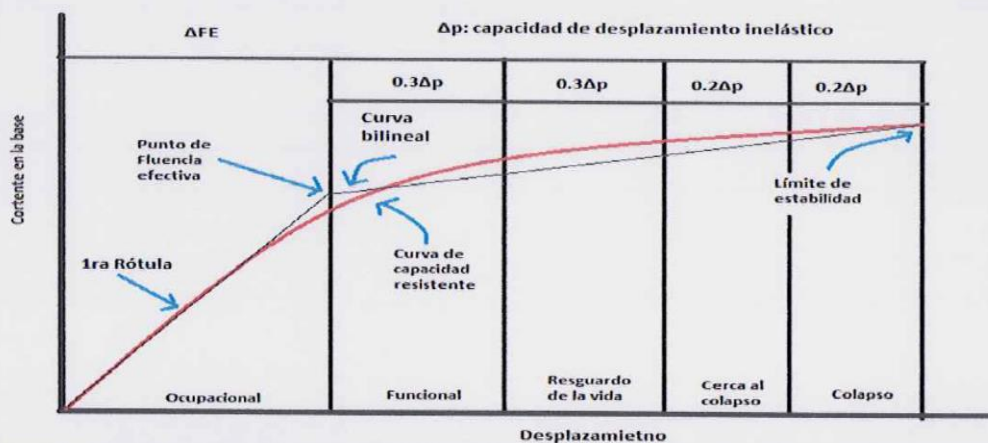

JORGE REATEGUI DIAZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 131237



TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "El Sol", Huancayo - 2019

TESISTA: Coca Huari Joel Maximo

Curva de capacidad



PUNTOS IMPORTANTES EN LA CURVA DE CAPACIDAD EN CADA DIRECCIÓN

PUNTOS IMPORTANTES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA				ALBAÑILERÍA CONFINADA			
	DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y		DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y	
	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)
Diseño								
Primera Rotula								
Fluencia Efectiva								
Colapso								

4. SOBRERRESISTENCIA RESPECTO A LA CORTANTE DE DISEÑO

Colapso/ Diseño	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA		ALBAÑILERÍA CONFINADA		RELACIÓN	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY

5. DUCTILIDAD GLOBAL RESPECTO A LA FLUENCIA EFECTIVA

Colapso/ Fluencia efectiva	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA		ALBAÑILERÍA CONFINADA		RELACIÓN	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY

6. COSTO DIRECTO

MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA (S/.)	ALBAÑILERÍA CONFINADA (S/.)	RELACIÓN (%)

APELLIDOS		Reategui Díaz
NOMBRES		Jorge
ESPECIALIDAD		Ingeniero Civil

JORGE
REATEGUI DIAZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 131237



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "el sol", Huancayo - 2019

TESISTA: Coca Huari Joel Maximo

EVALUACIÓN TÉCNICA

1. DERIVAS

PISO	SISTEMA DE ALBAÑILERÍA		SISTEMA MUROS DE		RELACIÓN (%)	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Piso 5						

2. DESPLAZAMIENTOS LATERALES

PISO	SISTEMA DE ALBAÑILERÍA		SISTEMA MUROS DE		RELACIÓN (%)	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Piso 5						

FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA - ALBAÑILERÍA CONFINADA - PISO 1

DIRECCIÓN	Fuerza cortante V_u (t)	$V_m(t)$	$V_c(t)$	$V_s(t)$	Fuerza resistente (t)	Factor de sobre resistencia
XX						
YY						

FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA - MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA - PISO 1

DIRECCIÓN	Fuerza cortante V_u (t)	$V_c(t)$	$V_s(t)$	Fuerza resistente (t)	Factor de sobre resistencia
XX					
YY					

3. FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA

DIRECCIÓN	MUROS DE DUCTILIDAD	ALBAÑILERÍA CONFINADA	RELACIÓN (%)
XX			
YY			

APELLIDOS

Cruz Neyra

NOMBRES

Guillermo Adrian

ESPECIALIDAD

Ingeniero Civil

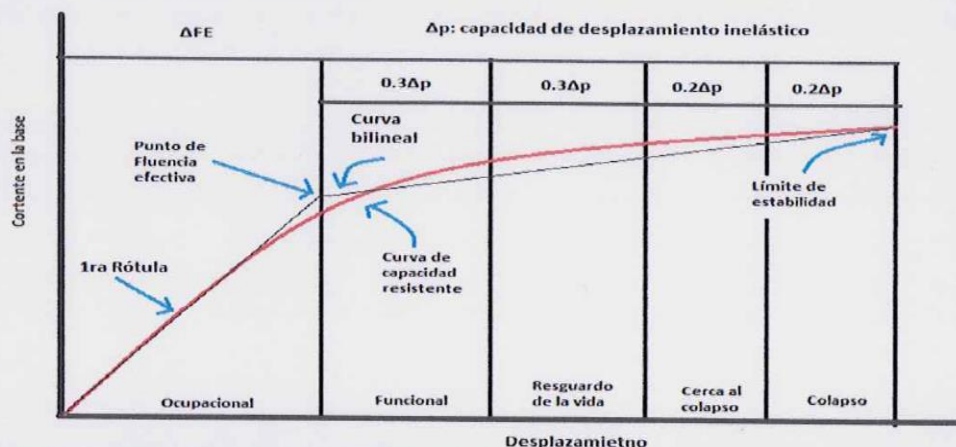
Guillermo Adrian Cruz Neyra
Ingeniero Civil
Reg. C.I.P. N° 45009



TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "El Sol", Huancayo - 2019

TESISTA: Coca Huari Joel Maximo

Curva de capacidad



PUNTOS IMPORTANTES EN LA CURVA DE CAPACIDAD EN CADA DIRECCIÓN

PUNTOS IMPORTANTES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA				ALBAÑILERÍA CONFINADA			
	DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y		DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y	
	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)
Diseño								
Primera Rotula								
Fluencia Efectiva								
Colapso								

4. SOBRRRESISTENCIA RESPECTO A LA CORTANTE DE DISEÑO

Colapso/ Diseño	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA		ALBAÑILERÍA CONFINADA		RELACIÓN	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY

5. DUCTILIDAD GLOBAL RESPECTO A LA FLUENCIA EFECTIVA

Colapso/ Fluencia efectiva	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA		ALBAÑILERÍA CONFINADA		RELACIÓN	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY

6. COSTO DIRECTO

MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA (S/.)	ALBAÑILERÍA CONFINADA (S/.)	RELACIÓN (%)

APELLIDOS		Cruz Neyra
NOMBRES		Guillermo Adrian
ESPECIALIDAD		Ingeniero Civil

Guillermo Adrian Cruz Neyra
Ingeniero Civil
Reg. C.I.P. N° 49969



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "el sol", Huancayo - 2019

TESISTA: Coca Huari Joel Maximo

EVALUACIÓN TÉCNICA

1. DERIVAS

PISO	SISTEMA DE ALBAÑILERIA		SISTEMA MUROS DE		RELACIÓN (%)	
Piso 5	XX	YY	XX	YY	XX	YY

2. DESPLAZAMIENTOS LATERALES

PISO	SISTEMA DE ALBAÑILERIA		SISTEMA MUROS DE		RELACIÓN (%)	
Piso 5	XX	YY	XX	YY	XX	YY

FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA - ALBAÑILERIA CONFINADA - PISO 1

DIRECCIÓN	Fuerza cortante V_u (t)	$V_m(t)$	$V_c(t)$	$V_s(t)$	Fuerza resistente (t)	Factor de sobre resistencia
XX						
YY						

FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA - MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA - PISO 1

DIRECCIÓN	Fuerza cortante V_u (t)	$V_c(t)$	$V_s(t)$	Fuerza resistente (t)	Factor de sobre resistencia
XX					
YY					

3. FACTORES DE SOBRE RESISTENCIA

DIRECCIÓN	MUROS DE DUCTILIDAD	ALBAÑILERIA CONFINADA	RELACIÓN (%)
XX			
YY			

APELLIDOS

Chura Quispe

NOMBRES

Edith Yovana

ESPECIALIDAD

Ingeniero Civil



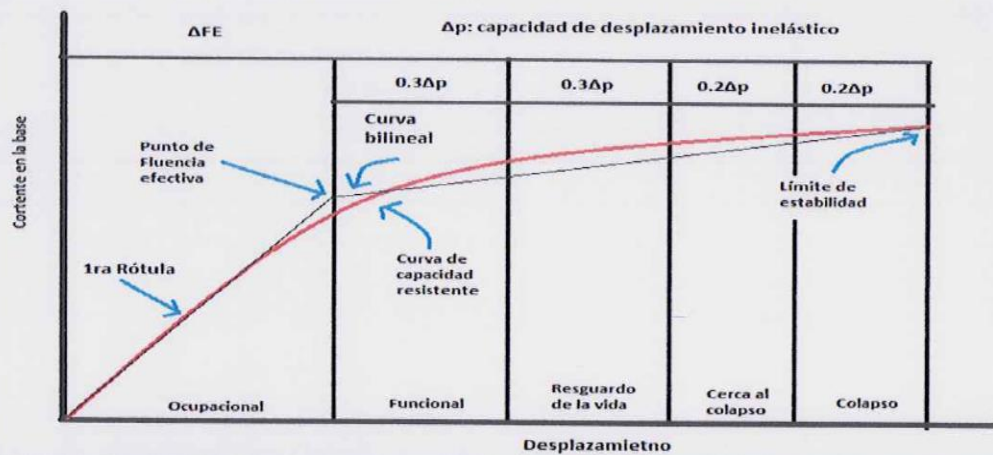
CHURA QUISPE EDITH YOVANA
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 134385



TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "El Sol", Huancayo - 2019

TESISTA: Coca Huari Joel Maximo

Curva de capacidad



PUNTOS IMPORTANTES EN LA CURVA DE CAPACIDAD EN CADA DIRECCIÓN

PUNTOS IMPORTANTES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA				ALBAÑILERÍA CONFINADA			
	DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y		DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y	
	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)	Δ (cm)	V (ton)
Diseño								
Primera Rotula								
Fluencia Efectiva								
Colapso								

4. SOBRERRESISTENCIA RESPECTO A LA CORTANTE DE DISEÑO

Colapso/ Diseño	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA		ALBAÑILERÍA CONFINADA		RELACIÓN	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY

5. DUCTILIDAD GLOBAL RESPECTO A LA FLUENCIA EFECTIVA

Colapso/ Fluencia efectiva	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA		ALBAÑILERÍA CONFINADA		RELACIÓN	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY

6. COSTO DIRECTO



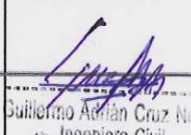

MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA (S/.)	ALBAÑILERÍA CONFINADA (S/.)	RELACIÓN (%)

APELLIDOS	Chura Quispe
NOMBRES	Edith Yovana
ESPECIALIDAD	Ingeniero Civil



CHURA QUISPE EDITH YOVANA
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 134385

5. Anexo 2: validez del instrumento

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			VALIDEZ DEL INSTRUMENTO	
TESIS: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "El Sol", Huancayo - 2019				
TESISTA: Coca Huari Joel Maximo				
VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN				
RANGO	MAGNITUD	VALOR	NOMBRE	CIP/FIRMA
0.81 a 1.00	Muy alta	0.86	Jorge Reategui Díaz	 JORGE REATEGUI DIAZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 131237
0.61 a 0.80	Alta			
0.41 a 0.60	Moderada			
0.21 a 0.40	Baja			
0.01 a 0.20	Muy baja			
VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN				
RANGO	MAGNITUD	VALOR	NOMBRE	CIP/FIRMA
0.81 a 1.00	Muy alta	0.83	Guillermo Adrián Cruz Neyra	 Guillermo Adrián Cruz Neyra Ingeniero Civil Reg. C.I.P. N° 49900
0.61 a 0.80	Alta			
0.41 a 0.60	Moderada			
0.21 a 0.40	Baja			
0.01 a 0.20	Muy baja			
VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN				
RANGO	MAGNITUD	VALOR	NOMBRE	CIP/FIRMA
0.81 a 1.00	Muy alta	0.85	Edith Yovana Chura Quispe	 CHURA QUISPE EDITH YOVANA INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 134365
0.61 a 0.80	Alta			
0.41 a 0.60	Moderada			
0.21 a 0.40	Baja			
0.01 a 0.20	Muy baja			

ANEXO 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL EDIFICIO "EL SOL" HUANCAYO, 2019.

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE Sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) y albañilería confinada (AC)	Sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL)	Estructuración y Predimensionamiento
¿Cuál de los sistemas estructurales diseñados por muros de ductilidad limitada o albañilería confinada de un edificio es más efectivo técnica y económicamente?	Determinar el sistema estructural más efectivo técnico y económicamente para el edificio “El sol” Huancayo-2019.	El sistema estructural de muros de ductilidad limitada es más efectivo técnico y económicamente que el sistema estructural de albañilería confinada para el edificio “El sol” Huancayo-2019.		Sistema estructural de albañilería confinada (AC)	Ánisis por cargas de gravedad
					Ánisis sísmico
					Diseño por desempeño
					Diseño estructural
					Estructuración y Predimensionamiento
					Ánisis por cargas de gravedad
					Ánisis sísmico
					Diseño por desempeño
					Diseño estructural
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE Evaluación técnico económica	Evaluación técnica	Derivas
¿Cuál de los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada o albañilería confinada es más efectivo técnicamente?	Evaluar técnicamente el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio “El sol” Huancayo-2019.	El sistema estructural de muros de ductilidad limitada es más efectivo técnicamente que el sistema estructural de albañilería confinada para el edificio “El sol” Huancayo-2019.		Evaluación por desempeño	Desplazamientos
					Sobrerresistencia respecto a la cortante de diseño (tn/tn)
					Ductilidad global respecto de la fluencia efectiva (tn/tn)
					Factor de sobre resistencia
¿Cuál de los sistemas estructurales diseñados por muros de ductilidad limitada o albañilería confinada de un edificio es más económico?	Evaluar económicamente el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio “El sol” Huancayo-2019.	El sistema estructural de muros de ductilidad limitada es más económico que el sistema estructural de albañilería confinada para el edificio “El sol” Huancayo-2019.		Evaluación económica	Costo Directo

ANEXO 4: ESTUDIO DE SUELOS

PROYECTO: "EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL EDIFICIO "EL SOL", HUANCAYO-2019."

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES

DE CIMENTACIÓN



SOLICITANTE:

JOEL MÁXIMO COCA HUARI

PROYECTO:

**"EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL
SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y
ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL EDIFICIO "EL
SOL", HUANCAYO-2019."**

UBICACIÓN:

**JR. MARISCAL GAMARRA 295 - EL TAMBO,
HUANCAYO**

AGOSTO, 2019


CHURA QUIMPE ESPINOZA
INGENIERA CIVIL
R.O. CIP N° 134386

CONTENIDO

1. GENERALIDADES

- 1.1. OBJETO DEL ESTUDIO
- 1.2. UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO
- 1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
- 1.4. SISMICIDAD DE LA ZONA.

2. INVESTIGACIONES EFECTUADAS

- 2.1. GEOTÉCNIA DE LA ZONA DE TRABAJO.
- 2.2. DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO
- 2.3. NÁPA FREÁTICA.

3. ANÁLISIS DE LA CIMENTACION

- 3.1. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.
- 3.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.
- 3.3. ASENTAMIENTOS.

4. CONCLUSIONES

5. RECOMENDACIONES

ANEXO I : RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETO DEL ESTUDIO

El presente Informe Técnico tiene por objeto realizar un Estudio de Suelos para el **Proyecto: Evaluación técnico económica del sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada del edificio "EL SOL", Huancayo - 2019**, el mismo que se ha efectuado por medio de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio, necesarios para determinar la capacidad portante del área en estudio, proporcionándose las características físico - mecánicas del suelo en esa área de estudio.

1.2. UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO

El terreno en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo y Departamento de Junin.

Su dirección es Jr. Mariscal Gamarra 295, El Tambo.



Ubicación del Área en Estudio. Fuente: Google Maps

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Se trata de la construcción de una vivienda multifamiliar ubicada en el distrito El Tambo – Huancayo.

1.4. SISMICIDAD DE LA ZONA

Desde el punto de vista sísmico, el territorio Peruano pertenece al Círculo Circumpacífico, que comprende las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo y por lo tanto se encuentra sometido con frecuencia a movimientos telúricos. Pero dentro del territorio nacional, existen varias zonas que se diferencian por su mayor o menor frecuencia de estos movimientos.

De acuerdo con la Norma E-030 de Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Construcciones, el distrito el Tambo, localidad donde se halla el área de estudio corresponde a la zona sísmica 3.



ZONIFICACION SISMICA DE ACUERDO AL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES ACTUALIZADO 2018.

Parámetro de Diseño Sismorresistente

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones y a la Norma Técnica de Edificaciones E-030, Diseño Sismorresistente, se deberá tomar los siguientes valores:

- a) Factor de Zona $Z = 0.35$
- b) Condiciones Geotécnicas: El suelo investigado, pertenece al perfil Tipo S2, que corresponde a un suelo intermedio.
- c) Período de Vibración del Suelo. $T_p = 0.6 \text{ seg.}$
- d) Factor de Amplificación del Suelo. $S = 1.15$
- e) Factor de Amplificación Sísmica (C).

Se calculará en base a la siguiente expresión:

$$C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_n}{T} \right) \quad C \leq 2.5$$

Para T = Período de vibración de la estructura = H/C_t

- f) Categoría de la Edificación. C
- g) Factor de Uso $U = 1.0$
- h) La fuerza horizontal o cortante basal, debido a la acción sísmica se determinará por la fórmula siguiente:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R}$$

Donde:

V = CORTANTE BASAL
Z = FACTOR DE ZONA
U = FACTOR DE USO
S = FACTOR DE AMPLIFICACION DEL SUELO
C = FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA
R = COEFICIENTE DE REDUCCION
P = PESO DE LA EDIFICACIÓN

De acuerdo a lo observado en las exploraciones de campo, al resultado de los ensayos de laboratorio y a lo indicado en el Mapa de Zonificación sísmica de la zona en estudio, se observa que el perfil de suelo para la zona de estudio se clasifica, conforme a la norma E-030 referente al diseño sísmo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, como S2, el cual corresponde a perfiles de suelo intermedios conforme a su rigidez. De acuerdo a ello, se establece los parámetros sísmicos indicados en el cuadro I.

CUADRO I

COEFICIENTES SISMICOS		
Zona 3	Z	0.35
Factor de uso	U	1.00
Factor de amplificación de suelo	S	1.15
Periodo predominante	T _P	0.60 seg.

2. INVESTIGACIONES EFECTUADAS

2.1. GEOTECNIA DE LA ZONA DE TRABAJO

• SONDAJES – INVESTIGACION DE CAMPO

Los trabajos de exploración de campo, fueron realizados por personal de laboratorio. Para tal efecto se excavó 02 calicatas, denominadas C-01, C-02 (ver Cuadro II), alcanzándose profundidades máximas de hasta 2.45 m. Estos 02 puntos exploratorios nos han permitido establecer la configuración estratigráfica de la zona caracterizando el tipo de suelo de la misma, así como obtener los datos correspondientes necesarios para la realización de los ensayos de laboratorio tendientes a conocer las características físicas mecánicas de la zona.

No se encontró nivel freático, en laboratorio se moldeó la matriz del suelo para realizar las pruebas respectivas.

Paralelamente al muestreo efectuado en cada exploración, se realizó el registro de las calicatas para observar el perfil estratigráfico del terreno.

CUADRO II - RELACIÓN DE CALICATAS

CALICATA N°	UBICACIÓN	PROF. (m)
C-01	Interior del lote	2.20
C-02	Interior del lote	2.45

• **ENSAYOS DE LABORATORIO**

Con la finalidad de determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los suelos subyacentes encontrados en la exploración de campo se procedió a la respectiva recolección de muestra y datos obtenidos con la finalidad de realizar las correspondientes pruebas de laboratorio.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Se anexan los resultados en el presente informe.

De los resultados obtenidos se constata la presencia, hasta la profundidad explorada, predominado por canto rodado, arenas (GP, SP) y poca presencia de finos (arcillas de baja plasticidad) .

2.2. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Las calicatas realizadas nos han permitido identificar el tipo de suelo existente en la zona de estudio, hasta la profundidad alcanzada (3 metros). La zona está constituida mayormente por suelo gravoso bien graduado con alto porcentaje de bolonería, envueltas en un manto general de material predominantemente de gravas, limo y arenas, caracterizando el suelo como GC, GM según SUCS, con contenidos de humedad variable con la profundidad.

2.3. NAPA FREÁTICA

No se observó presencia de nivel freático en ninguna de las calicatas.

3. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

3.1. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN

Se recomienda cimentar las estructuras portantes a la profundidad mínimas, de acuerdo a las indicaciones del siguiente Cuadro

Ubicación	Suelo de Cimentación	Nivel de Desplante mínimo Df (m)
Zona de Estudio	GC, GM	1.50 min. (Con respecto a N.T.N.)

TIPO DE CIMENTACIÓN

Se recomienda el empleo de zapatas aisladas. A continuación, se especifica en el cuadro siguiente:

Ubicación	Suelo de Cimentación	Tipo de Cimentación
Zona de Estudio	GC, GM	Zapatas aisladas

3.2. CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

- Se trata de una cimentación sobre suelo gravoso medianamente consolidado en su mayor parte conformado por gravas mal graduadas con limo y arcillas (GC, GM)
- La capacidad de carga, se ha determinado en base a la fórmula del Dr. Karl Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1971) que es:

$$q_a = \frac{ScC'Nc + S\gamma \frac{1}{2} \gamma BN\gamma - Sq \gamma DfNq}{FS}$$

Obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro N° 2 - Capacidad Admisible.

Tipo Cimentación	Profundidad Df (m.)	Q. Ult. (kg/cm ²)	Q. Adm. (kg/cm ²)
Zapata Cuadrada	1.50	6.34	2.11
	1.80	7.09	2.36
	2.00	7.59	2.53

3.3. ASENTAMIENTOS

En los análisis de cimentación, se distinguen dos clases de asentamientos, asentamientos totales y diferenciales, de los cuales, éstos últimos son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura.

La presión admisible por asentamiento es aquella que, al ser aplicada por una cimentación de tamaño específico, produce un asentamiento tolerable por la estructura.

El límite de los asentamientos tolerables para edificios en los que no se permiten grietas, está dado por la distorsión angular, esto es:

$$\alpha = \frac{f}{L} = \frac{1}{500}$$

Vale decir, 1cm, para luces de 5m.

El asentamiento, se ha calculado mediante la teoría elástica, que está dado por la fórmula:

$$p = \frac{P l_f B (1 - \mu^2)}{E_s}$$

Para:

p = Asentamiento (cm.)

P = Presión de trabajo (Kg/cm²)

B = Ancho menor cimentación (cm.)

μ = Relación de Poisson

E_s = Módulo de Elasticidad (Kg/cm²)

l_f = Factor de influencia, que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles 1977).

Forma de la Zapata	Q. Adm. (Ton/m ²)	B (m)	Es (Ton/m ²)	u	l_f	SI (cm)
Cuadrada	31.8	1.50	4500	0.15	120	1.09

Como se puede observar, el asentamiento rápido a producirse es tolerable porque

$$p < \delta \text{ (1"=2.54 cm)}$$

Esto nos indica que el asentamiento rápido es menor que el asentamiento tolerable.

4. CONCLUSIONES

En base a la exploración de campo, datos de laboratorio y al análisis efectuado se puede concluir lo siguiente:

- El área en estudio se encuentra ubicado en el Distrito el Tambo, Provincia de Huancayo y Departamento de Junín.
- No se encontró nivel freático hasta una profundidad de 2.45 m.
- Respecto a la sismicidad del área de estudio, ésta se encuentra ubicada dentro la zona N° 3 (Zona de Alta Sismicidad), por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que se presenten sismos de considerable magnitud, con intensidades de VII a IX en la Escala de Mercalli Modificada.
- En lo que respecta a la Geodinámica Externa, el suelo de fundación no estará sujeto a socavaciones, menos a deslizamientos, así como no se ha encontrado evidencias de hundimiento ni levantamientos en el terreno.
- El presente estudio es válido sólo para el área investigada.

5. RECOMENDACIONES

- Se podrá cimentar por medio de cimentación superficial tipo zapatas aisladas y/o cimientos corridos.
- Las cimentaciones de las Edificaciones a proyectar serán dimensionadas de tal forma que apliquen al terreno una carga no mayor a lo recomendado en la siguiente tabla de acuerdo a la siguiente estructura. La profundidad de cimentación deberá encontrarse siempre a -1.50m. como mínimo. (Con respecto a N.T.N.).



Tipo Cimentación	Profundidad Df (m.)	Q. Ult. (kg/cm ²)	Q. Adm. (kg/cm ²)
Zapata Cuadrada	1.50	6.34	2.11
	1.80	7.09	2.36
	2.00	7.59	2.53

- Las conclusiones y los resultados de éste estudio son válidos sólo para la zona investigada y para los fines solicitados. Su uso en zonas diferentes o para otros fines no es responsabilidad del suscrito.
- Cualquier dificultad no prevista en el presente estudio deber ser resuelta durante el proceso constructivo, atendiendo a las especificaciones técnicas y a lo previsto en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.



 CHIRIA QUISPE EDITH YOVANA
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 134386

ANEXO 5: LICENCIA SOFTWARE ETABS



Dear Joel Maximo Coca Huari,

Thank you for requesting an evaluation version of ETABS.

Download Link: [ETABS Evaluation Version](#)

This evaluation version is for non-commercial use only. This version is fully functional. Models created in the Evaluation version are not compatible with the commercial version, and vice-versa. The Evaluation version should not be used to start any real project as the models cannot be opened 30 days after creation.

For questions about ETABS or to obtain a registered license, please contact the CSI Sales Department or your local CSI Channel Partner.

Thank you for your interest in CSI Products.

Computers and Structures, Inc.

SAP²⁰⁰⁰ **ETABS[®]** **CSiBRIDGE[®]** **SAFE[®]** **CSiCOL** **PERFORM^{3D}** **CSiPLANT[™]**

Computers and Structures, Inc. | 1646 N. California Blvd, Walnut Creek, CA 94596 USA | www.csiamerica.com