



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación del desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos  
reforzada con encamisado de concreto y fibras de acero,  
Lima–2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Farroñan Valdera, Nelson Alcides ([ORCID: 0000-0003-1645-7630](https://orcid.org/0000-0003-1645-7630))

Ramos Vargas, Willian Jhon ([ORCID: 0000-0002-2964-3419](https://orcid.org/0000-0002-2964-3419))

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo ([ORCID: 0000-0002-0655-523X](https://orcid.org/0000-0002-0655-523X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**Lima – Perú**

**2021**

## **Dedicatoria**

Dedico este presente trabajo a mis padres y hermanos porque a pesar de todos los obstáculos ellos están conmigo dándome las fuerzas para seguir adelante.

A Dios,  
por haberme permitido llegar hasta donde me encuentro, haberme dado la fuerza y voluntad necesarios para enfrentar y superar los obstáculos que se me presentaron a lo largo de toda mi vida.

## **Agradecimiento**

A mi asesor de tesis el ingeniero, Minaya rosario Carlos Danilo por su experiencia científica para la creación del estudio, por sus valiosas críticas en la corrección del trabajo de tesis.

A mi madre Esperanza Vargas Areche por la demostrarme que tras un problema hay una solución y al persistir se logran los sueños.

A ellos infinitamente gracias.

A mis padres José y Teresa, por su dedicación y paciencia, y darme su gran ejemplo día a día, es un orgullo ser hijo suyo, a mis hermanas Nancy, Lady y Teresa que junto a mis padres me enseñaron a valorar lo que tengo y a esforzarme por mejorar cada vez más.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Indice de contenidos .....	iv
Indice de tablas .....	v
Indice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>14</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>24</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	24
3.2. Variables , operacionalización .....	25
3.3. Población, muestra y muestreo .....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	28
3.5. Procedimientos .....	28
3.6. Método de análisis de datos .....	28
3.7. Aspectos éticos.....	29
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>108</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>114</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Cargas de acuerdo a los ambientes.....	34
Tabla 2 Propiedades de los materiales existentes y concretos reforzados con fibras de acero a usar.....	43
Tabla 3 Formas de modo consideradas y factores de participación modal.....	46
Tabla 4 Cortante dinámico de la estructura.....	51
Tabla 5 Cortante absorbido por las placas.....	51
Tabla 6 Espectro de respuesta.....	56
Tabla 7 Desplazamiento de centro de masa en X-X.....	59
Tabla 8 Desplazamiento de centro de masa en Y-Y.....	59
Tabla 9 Tabla de distorsiones (drift) en X y Y.....	62
Tabla 10 Cortante dinámico en X por nivel.....	67
Tabla 11 Cortante dinámico en Y por nivel.....	67

## Índice de figuras

Figura 1 Mapa de microzonificación sísmica del distrito de villa el salvador y ubicación del caso.....	33
Figura 2 Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del primer piso.....	35
Figura 3 Creación del material de concreto $f'c = 210\text{kgf/cm}^2$ de acuerdo a las especificaciones técnicas.....	36
Figura 4 Creación de losa aligerada en una dirección .....	38
Figura 5 Sección de las vigas.....	39
Figura 6 Detalle de la placa de 25 cm. ....	41
Figura 7 Modelo tridimensional reforzado, desarrollado en ETABS .....	44
Figura 8 Modelo tridimensional, desarrollado en ETABS .....	45
Figura 9 Masa sísmica de la estructura, desarrollado en ETABS .....	46
Figura 10 Primer modo de la estructura, desarrollado en ETABS .....	47
Figura 11 Segundo modo de la estructura, desarrollado en ETABS .....	48
Figura 12 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS .....	49
Figura 13 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS .....	49
Figura 14 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS .....	49
Figura 15 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS .....	50
Figura 16 Espectro de respuesta de acuerdo con la norma peruana E030, desarrollado en ETABS .....	50
Figura 17 Creación de Espectro de Respuesta.....	58
Figura 18 Desplazamiento de centro de masa en X.....	59
Figura 19 Desplazamiento de centro de masa en Y.....	60
Figura 20 Desplazamiento de centro de masa en Y.....	61
Figura 21 Desplazamiento de centro de masa en Y.....	62
Figura 22 Máximo desplazamiento por piso en X.....	63
Figura 23 Máximo desplazamientos por piso en Y .....	63
Figura 24 Desplazamiento de centro de masa en X.....	64
Figura 25 Desplazamiento de centro de masa en Y.....	65
Figura 26 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección X.....	65
Figura 27 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección Y.....	66

Figura 28 Fuerza cortante en X por nivel de piso. Desarrollado en el ETABS.	67
Figura 29 Fuerza cortante en Y por nivel de piso.....	68
Figura 30 Fuerza cortante en Y por nivel de piso.....	69
Figura 31 Fuerza cortante en Y por nivel de piso.....	70
Figura 32 Comparación de fuerzas cortantes entre el sistema reforzado y sin reforzar.....	71
Figura 33 Recorte de Tabla N°10 del capítulo 21 de la Norma E030 del RNE.	74
Figura 34 Diagrama de Momento flector 1er nivel. Desarrollado en el ETABS	75
Figura 35 Diagrama de Momento flector 2do nivel. Desarrollado en el ETABS	76
Figura 36 Diagrama de Momento flector 3ero nivel. Desarrollado en el ETABS .....	77
Figura 37 Diagrama de Momento flector 4to nivel. Desarrollado en el ETABS	78
Figura 38 Diagrama de Momento flector elevación de eje A-A. ....	79
Figura 39 Fig. 21.4.4. del capítulo 21 de la norma E060 del RNE.....	89
Figura 40 Detalle de diseño de viga principal.....	91
Figura 41 Cambio de modelo tipo membrane a Shell en Losa aligerada. ....	92
Figura 42 Combinaciones de carga para el diseño de columna.....	102
Figura 43 Diseño de columna en el software ETABS.....	102
Figura 44 Diagrama de interacción .....	103
Figura 45 Detalle del encamisado de columna.....	103
Figura 46 Detalle de placa en la sección.....	104
Figura 47 Detalle de diseño de placa. ....	107
Figura 48 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección X. Fuente: Elaboración propia. ....	108
Figura 49 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección Y.....	109
Figura 50 Comparación de fuerzas cortantes entre el sistema reforzado y sin reforzar.....	111

## Resumen

En la actualidad, en el Perú existen numerosas edificaciones de concreto armado y albañilería confinada que han sido construidas sin la participación de profesionales relacionados con la industria de la construcción. Estas edificaciones presentan una serie de irregularidades de concepción estructural, y constructiva, que las vuelven proclives a sufrir grandes daños y/o colapso ante el escenario de la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud. Ante esta situación, el presente trabajo de investigación pretende aportar con una posible solución basada en el reforzamiento de elementos estructurales mediante el uso de encamisados de columnas usando concreto reforzado con fibras de acero. Las fibras de acero proveen de mayor ductilidad a la tensión al concreto, por lo que el requerimiento de grandes cantidades de refuerzo de corte disminuye. La metodología implementada consistió en el estudio de un caso específico localizado en el distrito de villa el salvador. Esta edificación se analizó mediante el modelo del elemento finito, determinándose así su respuesta ante la acción de un sismo de gran magnitud. De la misma forma, la propuesta de reforzamiento fue estudiada mediante el método del elemento finito, determinando su respuesta sísmica temporal. Los resultados obtenidos muestran que la edificación en su estado actual presentó una respuesta sísmica ineficiente, con grandes distorsiones laterales, excediendo con facilidad los límites máximos establecidos en la norma peruana de diseño sísmico. Asimismo, se pudo constatar que la máxima respuesta sísmica del reforzamiento estructural presentó mejoras importantes, siendo la más destacada, la minimización de las máximas distorsiones laterales dejándola dentro de los límites máximos permitidos por la norma de diseño sísmico.

**Palabras clave:** Respuesta sísmica, encamisado de columnas, fibras de acero.



## **Abstract**

Currently, in Peru there are numerous reinforced concrete and confined masonry buildings that have been built without the participation of professionals related to the construction industry. These buildings present a series of structural and constructive design irregularities, which make them prone to suffering great damage and / or collapse in the event of the occurrence of a major seismic event. Faced with this situation, this research work aims to provide a possible solution based on the reinforcement of structural elements through the use of column cladding using concrete reinforced with steel fibers. Steel fibers provide greater tensile ductility to concrete, so the requirement for large amounts of shear reinforcement is decreased. The methodology implemented consisted of the study of a specific case located in the district of Villa El Salvador. This building was analyzed using the finite element model, thus determining its response to the action of a large earthquake. In the same way, the reinforcement proposal was studied using the finite element method, determining its temporal seismic response. The results showed that the building in its current state presented an inefficient seismic response, with large lateral distortions, easily exceeding the maximum limits established in the Peruvian seismic design standard. Likewise, it was found that the maximum seismic response of the structural reinforcement presented important improvements, the most notable being the minimization of the maximum lateral distortions, leaving it within the maximum limits allowed by the seismic design standard.

**Keywords:** Seismic response, column jacketing, steel fibers.

## I. INTRODUCCIÓN

Descripción de la realidad problemática.

Numerosas estructuras de concreto armado, edificadas mundialmente, no tienden por garantizar el alcance de estándares estipulados a nivel normativo en torno a lo sísmico en la actualidad, que modo que existe un escenario de susceptibilidad respecto del colapso de edificaciones de presentarse un sismo, dándose una problemática relacionada a la ingeniería estructural.

Respecto a lo nacional, se tiene una situación similar debido a la condición de país de tercer mundo el 70 % de las construcciones son informales por lo que la probabilidad de que ocurra un desastre nacional era grande. Además, debido a que existe una alta sismicidad en el Perú, ese riesgo se multiplica significativamente.

Ante esta problemática, existían numerosos estudios alrededor del mundo orientados a minimizar estos casos, por ejemplo, en los **Estados Unidos** de América se habían desarrollado numerosas técnicas de reforzamiento basadas en fibra de carbono, logrando buenos resultados al incrementarse la rigidez. En **Italia** se habían desarrollado métodos de reforzamiento de estructuras de adobe, lo que mitiga el impacto de un sismo. En **Chile** se desarrollaron técnicas de reforzamiento basadas en disipación de energía, y encamisado de columnas.

En el caso peruano existieron muchos esfuerzos por rehabilitar numerosas estructuras sísmicamente vulnerables, a continuación, se detallaron algunos de estos esfuerzos. En **Lima** se propuso el uso de malla electrosoldada como método de reforzamiento de muros de albañilería artesanal. Esta técnica logra incrementar de manera eficiente la resistencia lateral de estos elementos. En **Huancayo** se han propuesto métodos de encamisado de columnas y placas, que permiten incrementar, no solo la rigidez lateral, sino la resistencia lateral de estructuras. En **Cuzco** se propuso el método de encamisado de columnas con el objeto de generar un incremento, tanto en la rigidez lateral como en la resistencia.

A nivel local, específicamente en el CISMID, se habían propuesto métodos de reforzamiento basados en fibras de carbono de alta resistencia, logrando

elevados niveles de resistencia y rigidez. En la Pontificia Universidad Católica del Perú se propusieron métodos de reforzamiento basados en encamisado de columnas con concretos de alta resistencia estructural, lográndose buenos resultados.

Este trabajo de investigación, se realizó en la Urb. Pachacamac, distrito de Villa El Salvador - Lima, usando encamisado de concreto y fibras de acero, donde previamente se empleó el software Etabs para un análisis previo respecto de las estructuras de albañilería confinada, con el objeto de observar los efectos de los elementos estructurales de concreto armado en el desempeño sísmico.

### **Formulación del problema**

#### **Formulación Del Problema General:**

¿De qué manera influye el encamisado de concreto y las fibras de acero en el desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos, Lima - 2021?

#### **Formulación De Los Problemas Específicos:**

¿Cuánto es el incremento de la capacidad de deformación de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021?

¿cuánto se reduce la cortante de entrepiso de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021?

¿Cuánto se incrementa la resistencia lateral de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021?

### **Objetivos de la investigación.**

#### **Objetivo General:**

Evaluar el desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos mediante el uso de encamisados de concretos y fibras de acero, Lima - 2021.

#### **Objetivos Específicos:**

Especificar el incremento de la capacidad de deformación de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero, Lima - 2021.

Especificar la reducción de la cortante de entrepiso de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021.

Especificar el incremento de la resistencia lateral de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero, Lima - 2021.

### **Justificación**

El Perú es una región de alta sismicidad, por lo que las estructuras diseñadas ahora y en el futuro cercano debieron estar preparadas para esta eventualidad; además, el concreto convencional usado ampliamente en las obras de construcción tiene un comportamiento indeseable frente a esfuerzos de tensión lo que no ayudo a tener mejores desempeños sísmicos, por tanto, resultó vital estudiar el empleo de concretos que hayan sido reforzados con fibras de acero y su efecto en el desempeño sísmico de estructuras.

### **Justificación social:**

Frente a los cambios sociales y a factores económicos es necesario que las empresas constructoras y las municipalidades ofrezcan métodos de reforzamiento de viviendas informales diseñadas en distritos de lima.

Nuestra investigación esta canalizada en fortalecer las viviendas con técnicas de reforzamiento la cual nos ayudara a que las viviendas tengas una buena respuesta estructural frente a un sismo, mejorando la seguridad de las familias y dando trabajos a los ciudadanos.

### **Justificaciones metodológicas**

Nuestra metodología de investigación se especifica en determinar la relación que existe entre el encamisado de concreto y fibras de acero en el desempeño sísmico en la estructura de las viviendas, la cual ayudara como referencias a estudiantes y empresas como muestras de investigación, pues permite tener una nueva visión de métodos de trabajo, la cual reducirá los riesgos de colapso de las viviendas y así permitir que las familias tengan seguridad y calidad de vida.

### **Justificaciones ambientales**

En nuestro trabajo de investigación va también en relación con el medio ambiente, ya que así no demoleríamos viviendas de la cual generen desperdicios y contaminen el medio ambiente, nuestra propuesta es reforzar las viviendas en las comunidades y así minimizaríamos la acumulación de desmontes en las sociedades y protegeremos la naturaleza en general.

### **Hipótesis General:**

Mejorará el encamisado con concreto y fibras de acero logrará mejorar el desempeño sísmico de estructuras de 4 pisos, Lima - 2021.

### **Hipótesis Específicas:**

Incrementar el encamisado de concreto y fibras de acero provoca la reducción de la cortante de entrepiso de la estructura de 4 pisos, Lima - 2021.

Incrementar el encamisado de concreto y fibras de acero provoca un incremento en la resistencia lateral de la estructura de 4 pisos, Lima - 2021.

Incrementar el encamisado de concreto y fibras de acero provoca un incremento en la capacidad de deformación de la estructura de 4 pisos, Lima - 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Considerando que existen antecedentes asociados al objeto de la presente investigación, a nivel internacional y nacional, se propuso su clasificación en dichos niveles de forma que exista un orden acerca de la consulta de fuentes, por lo cual se inicia con la sección de fuentes nacionales.

### NACIONALES

Marín, F (2015), propuso como **objetivo** de su investigación la determinación de la vulnerabilidad sísmica de la institución educativa Ramón Castilla. La **metodología** empleada para este fin fue el modelamiento en software y la realización de una secuencia de análisis considerados como estáticos y no lineales. El diseño de investigación planteado fue el diseño experimental. Los **resultados** encontrados de este análisis mostraron que la estructura analizada es muy vulnerable a la acción de sismos considerados como raros, por lo que los autores recomendaron un reforzamiento estructural en las columnas y vigas. Las **conclusiones** se asociaron a proponer reforzamientos con muros (concreto) y vigas, así como reforzar con columnas T y L (propuesta), lo cual influiría en la mejora de la resistencia y rigidez de las estructuras, mitigando desplazamientos de entrepisos y evitando errores (fallas) de columna corta [42].

Quispe, N (2018) en el trabajo de grado sustentado en la Universidad Nacional de Cajamarca titulado ***“Variación de la resistencia mecánica de elementos sometidos a compresión, con el incremento de su sección resistente mediante un encamisado, haciendo uso de un puente epóxico”*** estudió una serie de probetas de concreto con el propósito de evaluar los efectos del encamisado de concreto en Cajamarca. El **objetivo** primario se asoció con determinar el efecto principal que tiene el encamisado en la compresión del concreto respecto de su resistencia. La **metodología** que emplearon se enmarcó en el desarrollo de probetas que fueron sometidas a un ensayo a nivel de laboratorio. Trabajó en base a una muestra de 50 probetas de forma cilíndrica que fueron sometidas a ensayos de compresión uniaxial. La investigación tuvo un diseño experimental tuvo el enfoque cuantitativo. Los principales **resultados** encontrados mostraron que el encamisado logra incrementar resistencia a la compresión hasta 50% con respecto a la resistencia base [26].

Laucata, E (2015). El **objetivo** central de su investigación fue determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de una sección de edificaciones propias de un asentamiento de la ciudad de Trujillo. El **diseño** que empleó en su investigación fue no experimental, ya que abordó el análisis de una existente realidad sin intencionalidad de modificación. Los **resultados** hallados evidenciaron que muchas de las edificaciones en estudio son muy vulnerables a sismos denominados como muy raros y raros, por más que a nivel normativo se exija garantizar un adecuado comportamiento sísmico a nivel estructural. Las **conclusiones** fueron que la rigidez en las viviendas es mayor en el sentido perpendicular y para lo identificado en la calle se presenta una cantidad insuficiente de muros, con pendiente estando expuesto a riesgos de daños a evento sísmico [41].

**Finalmente**, esta sección es complementada con investigaciones desarrolladas de manera local, en este caso, la ciudad de Lima.

Palomino y Tamayo (2016). La **metodología** empleada por ellos fue CAPRA, entendida como técnica que se direcciona a evaluar la vulnerabilidad sísmica a nivel estructural de una sección de hospitales ubicados en la ciudad de Lima. La **población** de estudio abarcó a 5 hospitales, entre privados y públicos, de Lima. Los **resultados** evidenciaron que existe una elevada vulnerabilidad de los hospitales estudiados, donde se darían consecuencias en torno a la pérdida de vidas, ya que tras de un gran evento destructivo, se espera que se afecte a una cantidad grande de personas que requerirán de atención médica en instalaciones adecuadas y operativas. Se **concluye** que se deben tomar asumir entornos correctivos para garantizar lo funcional continuo a nivel estructural, por ende, garantizar la sostenibilidad de los servicios básicos [41].

## **LOCALES**

Guardia, M (2019) expuso una serie de estudios útiles para el reforzamiento estructural. El **objetivo** de la investigación se asoció con proponer un conjunto de pesquisas orientadas al reforzamiento de elementos estructurales de una edificación con irregularidades numerosas que abarquen a la rigidez y su irregularidad, además de los términos de resistencia, entre otros. La **metodología** de la investigación abordó a emplear una evaluación numérica en

torno a las deficiencias estructurales, de modo que se determinó la existencia de columnas y vigas que demuestren ser necesarias de reforzamiento. Así también, empleó el modelamiento de la edificación mediante software análisis estructural. El **diseño** la investigación fue no experimental con un enfoque cuantitativo. La población fue unitaria, evidenciando que no se dio una muestra como tal. La **población** abarcó a una vivienda catalogada como sísmicamente vulnerable del distrito de puente Piedra. Los **resultados** alcanzados demostraron que el proponer reforzamientos permitió cumplir con los propósitos de desempeño considerados en el trabajo [40].

Quispe, J (2019). estudio un grupo de técnicas de reforzamiento estructural para lograr un desempeño sísmico adecuado en una institución educativa de Chaclacayo. En este trabajo de investigación el principal **objetivo** fue determinar el estado vulnerable de la edificación estudiada. La **metodología** que empleó abarcó a establecer un estudio acerca del sistema estructural presente, considerando deficiencias o fallas integralmente. La recolección de datos fue realizada empleando un Scanner de concretos y detectores de varillas de acero. El enfoque que estableció fue cuantitativo, considerando un diseño no experimental y transversal por la duración puntual del estudio. La **población** fue unitaria, de modo que no existió como tal una muestra, mientras que la población fue una institución educativa, catalogada como sísmicamente vulnerable, del distrito de Chaclacayo. Los **resultados** mostraron que la edificación presenta una rigidez inconsistente, así como se identificó una resistencia deficiente, siendo ésta severa. Para alcanzar mejoras sustanciales en los niveles de desempeño respecto de lo sísmico y sea aceptable en marco de lo estipulado por la normativa vigente, se propuso el realizar un reforzamiento lo cual demuestra ser efectivo. Las **conclusiones** para sismos frecuentes tendrán una inmediata ocupación en torno al desempeño, así como, para sismos raros, lo estructural demostrará tener un desempeño que garantice seguridad [26].

Palomino y Tamayo (2016: p.50), en el trabajo de investigación de licenciatura en ingeniería civil presentada ante la Pontificia Universidad Católica Del Perú y titulada ***“Evaluación probabilista del riesgo sísmico de hospitales en lima con plataforma CAPRA”***, realizó una serie de estudios orientadas a la evacuación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras usando el sistema



CAPRA. El **diseño** de investigación que empleó abarcó a lo no experimental, pues estudió a la vulnerabilidad de 5 estructuras, destinadas a hospitales, de Lima. La **población** abarcó propiamente a dichos hospitales. Los **resultados** alcanzados mediante la investigación demostraron objetivamente que los hospitales analizados evidenciaron problemas en torno a la vulnerabilidad sísmica, recomendando así la necesidad de optar por su actualización y mejora en marco del cumplimiento de la normativa vigente.

## **INTERNACIONALES**

El-Betar Sameh (2016), presentó su investigación en la revista Science Direct que fue titulado “Seismic Vulnerability evaluation of existing R.C. buildings”, donde se presentaron un conjunto de estudios direccionados a analizar las edificaciones y su nivel de vulnerabilidad sísmica en el Cairo, Egipto. El objeto abordado en la investigación se asoció a la prevención de que las estructuras colapsen al darse sismos de gran intensidad. Empleó metodológicamente el contexto de recopilación de información de campo, así como empleó el modelamiento de edificaciones a través de un software ingenieril. Encontró que hasta un 80 % de las estructuras estudiadas necesitan de intervenciones para prevenir su colapso frente a sismos de gran magnitud.

Di Luccio, Michel and Ferrier (2017), in the research entitled “Seismic retrofitting of RC walls externally strengthened by flax - FRP strips” aimed to reinforce reinforced concrete walls by applying reinforced polymer fibers (Fiber Reinforced Polymer "FRP"). The methodology used consisted of the use of an external jacket (External Bonded “EB”). For this, the fibers were placed in the form of strips in the areas where the formation of cracks due to the action of seismic loads was expected, in order to be able to observe the sales of the proposed method, three reinforced concrete walls were tested, The first wall, called a control wall, was not placed any type of external reinforcement, while the second wall was placed with carbon fibers (CFRP). Para finalizar, se compararon los datos hallados para así determinar que la aplicación de fibras de carbono permiten optimizar la resistencia lateral de las paredes ensayadas.

Elghazy, Refai and Ebead (2017), used reinforced mats with a cementitious matrix (Fabric-reinforced cementitious “FRCM”), as a technique for reinforcing reinforced concrete beams subjected to the effects of the corrosion of steel rods, for this, the analyzed beams were built at the same time and subjected to a solution that accelerates the corrosion process of the reinforced concrete rods, for this three specimens were built, which were subjected to dissolution for periods of time of 70, 140 and 210 days, in order to obtain mass losses of reinforcing steels of 10%, 20% and 30%, respectively. Finally, it was found that the use of reinforced fiber cement blankets managed to increase the reduced load capacity due to corrosion.

Kaushik and Dasgupta (2015: p.5), in the article entitled “Assessment of Seismic Vulnerability of Structures in Sikkim, India, Based on Damage Observation during Two Recent Earthquakes”, and presented to the journal of the American Society of Civil Engineers (ASCE Library). El objetivo de su trabajo fue plantear el aprovechamiento y análisis de los efectos que tuvo el sismo de 2006 considerando la respuesta sísmica de las edificaciones de Sikkim, en la India. La metodología empleada abordó al empleo de un modelo de estructuras a través de un soporte informático especializado de forma que se logre generar predicciones en torno al comportamiento sísmico a nivel estructural. La **población** considerada en la investigación abarcó a un total de 50 edificaciones analizadas cualitativa y cuantitativamente. Los **resultados** encontrados evidenciaron que los sismos identificados repercutieron de forma negativa en un 30 % de las edificaciones aproximadamente, por lo que se propuso un conjunto de métodos de reforzamiento.

Mercado y Sabogal (2016) realizaron la investigación **titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones a porticadas de concreto armado en la ciudad de Cartagena”**, estudiando mediante aquella a lo sísmicamente vulnerable de estructuras, abarcando al análisis de un par de viviendas y considerando las cualidades de la zona de estudio. Se tuvo por **objetivo** el determinar de forma cuantitativa lo sísmico vulnerable de lo estructural edificado de Cartagena, Colombia. Emplearon la **metodología** propuesta por la FEMA (Federal Emergency Management Agency), empleando el análisis no lineal estático, demostrando que las estructuras analizadas mantuvieron

características adecuadas en torno a la seguridad de vida frente a sismos en un periodo de retorno de 475 años. La **población** y la **muestra** coincidieron en este trabajo de investigación, teniendo un total de tres casos de estudio. Se **concluye** que las estructuras analizadas deben someterse a procesos de mejora para así minimizar efectos potenciales sobre éstas [26].

Cervantes, A (2017). realizó el estudio de propuestas de reforzamiento estructural para una cámara frigorífica de concreto armado con una serie de deficiencias estructurales. El principal **objetivo** de la investigación fue proponer un método que involucre al reforzamiento técnico y que sea económicamente viable, de modo que aquello permita operar estructuras respetando parámetros necesarios que garanticen seguridad. El **diseño** asumió un entorno experimental virtual, puesto que se asumieron métodos numerosos de reforzamiento que luego fueron analizados a través de un software que permita el análisis estructural y considerando técnicas no lineales. La **población** analizada fue unitaria, ya que la investigación se orientó en el comportamiento estructural del frigorífico. Los **resultados** evidenciaron que el empleo de fibras de carbono hace que se dé un incremento significativo en la capacidad de carga de la edificación estudiada, por lo que se recomendó dicho método como una alternativa de reforzamiento [17].

Soto, E (2018). El principal **objetivo** de su investigación se orientó a distinguir métodos ya propuestos, además de evaluar su potencial aplicación en casos puntuales, como es el caso de estructuras de concreto armado, estructuras de albañilería, entre otros. El **diseño** de la investigación fue no experimental que abordó a la revisión bibliográfica, así como consideró el recolectar patentes y técnicas disponibles. Para ello, no existió una **población** propiamente de análisis pues se orientó al estudio a enlistar una serie de alternativas disponibles en marco de la rehabilitación o reforzamiento de estructuras. Los **resultados** hallados permitieron identificar que existen cuantiosas alternativas de reforzamiento, considerando también la disponibilidad de tecnologías, lo que permite enlistar métodos como el encamisado de columnas, la consideración de disipadores de energía, el aislamiento sísmico, etc. [23].

Di Luccio, Michel y Ferrier (2017), plantearon una alternativa que refuerce muros de concreto armado considerando para ello el empleo de fibras de polímeros reforzados (Fiber Reinforced Polymer “FRP”), además de emplear un encamisado externo (External Bonded “EB”); el diseño aborda a la colocación de fibras en forma de tiras donde se espera que se generen grietas producto de la acción de eventos que produzcan cargas sísmicas, con el objeto de lograr identificar oportunidades respecto de dicho método, para lo cual es pertinente desarrollar ensayos considerando tres muros de concreto armado, donde el primero de éstos sea el de control, al cual no se llega a colocar algún tipo de refuerzo exterior, respecto del segundo muro debe contener las fibras de carbono (CFRP) y para finalizar se llegaron a comparar los resultados obtenidos, alcanzando a identificar que al aplicar fibras de carbono se logra incrementar la resistencia lateral respecto del ensayo realizado [33].

Elghazy, Refai y Ebead (2017), emplearon mantas reforzadas considerando una matriz cementosa (Fabric-reinforced cementitious “FRCM”), alternativa que se emplea para reforzar vigas de concreto armado que serán sometidas a efectos de la corrosión propias del desgaste de varillas de acero, para aquello, las vigas estudiadas fueron construidas considerando un único momento, de modo que sean sometidas a una solución mediante la cual se llegue a acelerar procesos de desgaste (corrosión) de las varillas de concreto armado; diseñaron y sometieron a prueba a tres especímenes, que fueron observados tras una disolución por 70, 140 y 210 días, con el objeto de evidenciar pérdidas de masa en los aceros de refuerzos a un 10 %, 20 % y 30 % respectivamente. Finalmente, identificaron que el empleo de mantas reforzadas con fibra de cementos, alcanzó el incremento de la capacidad de carga perdida y derivada del efecto de desgaste por la corrosión [23].

## **TEORIAS RELACIONADAS CON LAS VARIABLES**

### **CEMENTO**

El cemento es un material de construcción que se caracteriza principalmente por el generar contextos de endurecimiento derivado del incremento de resistencia y rigidez al mezclarlo con agua. Esta cualidad la hace viable para emplear en contextos de desarrollo estructural de todo tipo, pues también llega a mantener

un estado fluido, previo a endurecer, lo que permite dar forma a elementos que uno pretenda alcanzar. Dicho estado es denominado como cemento en estado fresco. Existiendo una serie de tipos de cemento, el más usado en la construcción a nivel nacional es el denominado como Portland. Aquel se llega a obtener a partir de la pulverización del Clinker de cemento, el mismo que está conformado por concentraciones de sulfato de calcio y silicato de calcio, siendo el primero de ellos el que se encuentra en mejor proporción. Es oportuno mencionar que el cemento está conformado por minerales diversos, dentro de los que se encuentra el calcio, que proviene de la caliza en estado natural, el aluminio y el silicio, encontrando también otras sustancias en mucho menor proporción [15].

## **ADITIVOS**

Aquellos son sustancias químicas que se tienden por agregar, en forma de mezclas, en el concreto fresco con el objeto de mejorar sus propiedades, las cuales se asocian con la resistencia a la compresión, además de influir en la trabajabilidad del concreto, encontrándose éste en estado fresco, también influye en la porosidad del concreto, entre otras cualidades de interés. Muchos aditivos se encuentran orientados a mejorar dichas propiedades, encontrándose aquello a nivel comercial [17].

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

La trabajabilidad es una de las propiedades más relevantes del concreto, encontrándose éste en estado fresco. Aquella propiedad mide el nivel de fluidez de las mezclas de concreto, además de indicar si el concreto puede llegar a fluir dentro del encofrado, manteniéndose dicha propiedad para el cemento en estado fresco. También existen concretos con poca fluidez, lo cual merma dicha propiedad dentro de encofrados, más aún con poco espacio, por lo que se presentarían intersticios cuando la mezcla endurezca, lo cual, en la fabricación de elementos estructurales, es un comportamiento indeseable [21].

De igual manera, la trabajabilidad se mide mediante el cono de Abraham. Aquello permite lograr la medición de la fluidez directamente, tomando como referencia la altura del cono mencionado.

## **FIBRAS DE ACERO**

Aquellas engloban a materiales de construcción considerados como filamentosos y que se hacen de acero con un cierto parecido a los hilos de longitud variable, hasta en ciertos casos tiene un parecido al alambre número 16 o 18, siendo oportuno señalar que las longitudes varían desde 3 hasta 20 mm dependiendo de la aplicación a darle. Este material es usualmente utilizado en la fabricación de concretos que son reforzados con fibras. Su propósito de importancia es mejorar la resistencia a la tensión de modo que se eviten fisuras y se propaguen éstas [23].

A nivel comercial, se dan distintos tipos de fibras de acero, lo cual depende de la aplicación que se pretenda dar. Se encuentra en la revisión bibliográfica que se dan noticias donde fibras con extremos deformados generan una mayor adherencia entre el concreto y las fibras. Otras fuentes muestran que es posible emplear fibras de acero que hayan sido recicladas a base de neumáticos en desuso, encontrando similares características con las fibras comerciales [20].

## **REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS**

Dicho proceso mantiene la secuencia siguiente: inicialmente, es necesario evaluar lo actual del estado de la edificación estructural, es decir, identificar las características propias en torno a la resistencia frente a cargas laterales. Este proceso abarca no solo a la identificación de los tamaños por secciones, también se direcciona a determinar la calidad de los materiales empleados, además de la calidad de concreto, del acero, de la albañilería, etc. [26].

A partir de ello, es preciso realizar la determinación de la demanda sísmica. Aquello se aborda mediante registros de aceleración, conocido también como espectros de aceleración. La elección respecto del método de determinación depende de forma estricta del tipo de análisis a emplearse en torno a la verificación del desempeño sísmico. Si se opta por un análisis estático catalogado como no lineal, se alcanzan a definir espectros de aceleraciones, caso contrario, el método denominado como de análisis dinámico no lineal tiempo historia, requiere propiamente registros de aceleración [26].

Cuando se hayan definido los pasos preliminares, se aborda a la determinación del nivel de desempeño sísmico. En aquello se alcanzará a verificar el desempeño de la estructura a nivel integral o global, además se identificará si se cumplen los objetivos de desempeño que hayan sido predispuestos. De ser el caso, la evaluación culmina y se aborda el desarrollo del informe, empero si se diese lo contrario, es preciso realizar la identificación de fallas locales que estarían causando fallas a nivel global, así también, se debe identificar los modos por los cuales la falla se presenta de forma que se propongan elementos asociados al reforzamiento estructural.

Cuando se haya propuesto lo asociado al reforzamiento estructural, se llega a modelar el sistema estructural una vez más, así como se evalúa nuevamente el desempeño sísmico. Se recomienda el empleo de técnicas estadísticas de forma que se garantice la probabilidad de que el desempeño sísmico sea efectivo con lo solicitado, además de que sea razonable [31].

Si lo que se propone en términos de reforzamiento tiende por ser razonable, el proceso culmina. Para finalizar, es preciso detallar los criterios estructurales de forma que se garantice que el comportamiento previsto se llegue a cumplir, lo cual implica que si se seleccionó un modo de falla flexional, este se deba cumplir.

## **ESTUDIO CUANTITATIVO DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL**

Es relevante el entendimiento acerca del reforzamiento que se orienta a generar mejoras respecto de las deficiencias de los sistemas estructurales. En dicho sentido, puede ser que la estructura analizada evidencie deficiencias en torno a la resistencia lateral, por lo que se requiere incrementar dicho valor así como el de la rigidez. También es posible que se dé el incremento de la capacidad de deformación, existiendo métodos que permiten realizar aquello, tal es el caso, en forma de ejemplo, del confinar el concreto de columnas, lo cual no incrementaría la resistencia, sino únicamente la capacidad de deformación [35].

## **REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Como se precisó anteriormente, el reforzamiento del sistema estructural se orienta a mejorar las propiedades de los elementos estructurales considerados como específicos, los cuales abordan a columnas, placas, muros de albañilería,

etc. A continuación, se muestran algunos de éstos, los cuales se suelen observar en la práctica de la ingeniería estructural [41].

## **REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS**

Se denota un incremento de la capacidad a nivel de lo estructural y sus elementos para la rehabilitación de las edificaciones, ya que fueron diseñadas considerando parámetros asociados a las características de los refuerzos asociados a códigos de diseño anteriores [41].

Las edificaciones antiguas fueron diseñadas respetando códigos sísmicos, así como obviando éstos; así también, sistemas viales, como puentes antiguos, se ejecutaron considerando diseños originales que no contemplaron recomendaciones actuales en marco de las características asociadas a la demanda sísmica, así como obviando términos de su determinación, donde se consideraron detalles de refuerzo antiguos.

## **RESISTENCIA LATERAL**

La resistencia lateral es la máxima fuerza lateral que la estructura es capaz de tolerar. Este parámetro se obtuvo de un ensayo de cargas laterales o más comúnmente, de un análisis estático no lineal [44]

## **RESISTENCIA A LA TRACCION**

La resistencia a la tracción es la fuerza máxima en tensión que un elemento estructural puede tolerar. Asociado a este mismo término se pudo hablar del esfuerzo de tensión, definido como la máxima fuerza en tensión dividida entre el área de aplicación de la carga [45].

## **III.METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Según lo propuesto por Hernández Sampieri et. al. [44] y Borja [48], los estudios de tipo aplicada emplean conocimientos existentes con el objeto de resolver una existente problemática, lo que quiere decir que no necesariamente se generan conocimientos nuevos. El estudio presente se orienta en responder de que si el uso de encamisado de concretos reforzados con fibras permitió reforzar



estructuras de concreto armado. Para su abordaje, se emplearon conocimientos disponibles respecto de la mecánica de materiales, además de lo existente en términos de tecnología del concreto, entre otros criterios. Es por ello el tipo aplicado fue empleando en el estudio.

Respecto al diseño de la investigación, según lo propuesto por Hernández Sampieri et. al [44] y Borja [48], se conciba a éste como una serie de fases detalladas que permiten desarrollar la investigación, de modo que se alcancen los objetivos propuestos en ésta. En dicho marco se llegó a plantear la estrategia a seguir para dar respuesta a las cuestiones planteadas en el estudio. Así también, en concordancia con los citados autores, lo experimental o no experimental se constituye como el diseño de la investigación. De acuerdo a ello, cuando se da una deliberada manipulación de la variable denominada como independiente, se habla del diseño experimental, considerando el objeto de alcanzar mediciones en la otra variable.

El diseño de investigación que se propuso en el presente estudio consistió en analizar la estructura en forma de caso de estudio considerando lo actual para así establecer la respuesta sísmica pertinente. En modo de alcance, se emplearán dos tipos de modelos de análisis, donde el primero abarca a realizar un análisis modal espectral y el segundo un análisis estático no lineal, de modo que, a partir de ello, se alcancen resultados que evidencien las deficiencias existentes y así proponer un conjunto de mejoras que se basen en encamisados de concreto que incluyan fibras para su refuerzo.

También se evaluaron las mejoras existentes en la estructura analizada. Aquello fue abordado mediante el análisis modal espectral, con el objeto de identificar mejoras en la rigidez lateral, mientras que el análisis estático no lineal permitió evaluar la capacidad de deformación y la resistencia lateral.

### **3.2. Variables y operacionalización**

En concordancia con lo propuesto por Hernández Sampieri et. al. [44] y Borja [48], el término variable se asocia a una magnitud en pertinencia al objeto de estudio, lo cual es susceptible de mediciones y caracterizaciones que consideren los enfoques cualitativos y cuantitativos. Dichas variables se clasifican como

dependiente e independiente; la última de aquellas tiende por ser sometida a un control y cuya variación representa un efecto en las otras variables, mientras que la variable denominada como dependiente presenta un efecto en lo que se desea medir y cuyas diferenciaciones son producto de la variación de la otra variable.

El presente trabajo pretende identificar y proponer mejoras en torno al desempeño sísmico asociado a una estructura cuando se emplean encamisados con concretos, que emplean fibras de acero para su reforzamiento. De acuerdo a ello, el encamisado de concretos reforzados con fibras de acero abarca a la variable independiente, mientras que la otra variable constituye al desempeño sísmico de edificaciones de concreto armado. Resumiendo, se tiene:

X = encamisado de concretos reforzados con fibras de acero.

Y = desempeño sísmico de estructuras de concreto armado.

Como se denota respecto de las variables, el presente estudio pretende alcanzar la relación entre las variables X e Y, del siguiente modo:

$$X \rightarrow Y$$

Definición de "X":

El encamisado de concretos reforzados con fibras engloba a un conjunto de actividades que tienden por incrementar la sección transversal de una viga o columna empleando concretos con fibras de acero que permitan su reforzamiento, así como el refuerzo longitudinal de acero y el refuerzo transversal de acero convencional.

Dimensiones:

1. Sección transversal
2. Concreto reforzado con fibras
3. Refuerzo longitudinal
4. Refuerzo transversal

Definición de "Y":

El desempeño sísmico en torno a una edificación donde se haya empleado concreto reforzado, aborda a la temática donde una estructura evidencia parámetros de resistencia lateral, capacidad de deformación y rigidez lateral. Considerando el método FEMA 356, el desempeño sísmico aborda características operacionales, de prevención de eventos de colapso y que garanticen seguridad para la vida.

Dimensiones:

1. Rigidez lateral
2. Resistencia lateral
3. Capacidad de deformación

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Acorde a lo propuesto por Hernández Sampieri et. al. [44] y Borja [48], la población abarca a un grupo de unidades, consideradas como de análisis, del cual se pretende obtener información a través de la investigación. En el presente estudio, la población se conformó por todas las estructuras que hayan sido edificadas en base de albañilería confinada de 4 pisos de la urb. Pachacamac en el distrito de villa el Salvador, a los cuales se evaluó los efectos que tiene el encamisado de concreto reforzado y fibras en el desempeño sísmico de una vivienda existente.

#### **Muestra**

En cuanto a la muestra es una casa de 4 pisos de albañilería confinada en urb. Pachacamac, se le va evaluó la aceleración entre pisos, resistencia lateral y la capacidad de deformación mediante el uso del software etabs.

#### **Muestreo**

Se seleccionó el tipo de muestreo no probabilístico y de diseño específico cuasi experimental, Es preciso acotar que lo probabilístico y lo no probabilístico genera indistintos resultados.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **3.4.1. Técnicas**

Según lo señalado por Hernández Sampieri [44], las técnicas de recolección de datos se refieren a medios y recursos orientados a cotejar, conservar y transmitir información obtenida durante el desarrollo de estudios científicos. De forma puntual, las técnicas se refieren a cómo se llegó a obtener información.

Para el presente estudio, la técnica de la observación experimental fue la seleccionada, mediante la cual se llegaron a estudiar las mejoras existentes en pavimentos rígidos cuando se llegan a aplicar concretos reforzados con fibras de acero.

Se complementa aquello con la observación, proceso fundamental para obtener valederas conclusiones y permite validar hipótesis [48]. En el presente estudio, la aplicación de la observación experimental, se asocia con aquel que permite analizar las condiciones que son controladas por el investigador, en el caso del presente trabajo se pretende estudiar las mejoras de pavimentos rígidos fabricados mediante la incorporación, en el concreto, de las fibras de acero.

#### **3.4.2. Instrumentos**

El instrumento empleado en el estudio abarcó a dispositivos tecnológicos.

Se utilizó también el software Microsoft Excel.

En relación a ello, Hernández Sampieri et. al. [44] precisa que los instrumentos tienden por ser dispositivos que fueron ideados para cotejar, y hasta incluso medir, parámetros que sean de interés en su empleo para el estudio.

### **3.5. Procedimientos**

Las labores de recolección de data iniciaron con la evaluación de la edificación existente. Aquella evaluación implica el análisis de la geometría, de las propiedades de los materiales, de las cuantías, etc.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El procesamiento de los datos obtenidos fue mediante los principios del análisis estructural, considerando modelos de éstos. Dichos métodos engloban al

análisis modal espectral, así como al análisis estático no lineal, evidenciando que los resultados obtenidos, a través de los modelos, se orientan al alcance de los objetivos del estudio.

### **3.7. Aspectos Éticos**

La información reportada en el presente estudio es de propiedad intelectual de los investigadores en calidad de autores, por tanto, las ideas, gráficos, tablas y cualquier otra fuente obtenida de terceros fue citada de forma pertinente, de forma que se da el crédito y mérito a los autores citados, lo cual derecho se han ganado, siguiendo para ello el estilo de referenciación ISO 690. El cotejo de citas consideró y diferenció a las consideradas como textuales y otras que han sido parafraseadas, de modo que para éstas últimas se consignaron los datos de autoría pertinente, mientras que para citas textuales se emplearon comillas además de indicar dichos datos de autoría.

## IV. RESULTADOS

### Nombre de la tesis:

Evaluación del desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos reforzada con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima-2021.

### Ubicación:

Departamento: Lima

Provincia : Lima

Distrito : Villa El Salvador

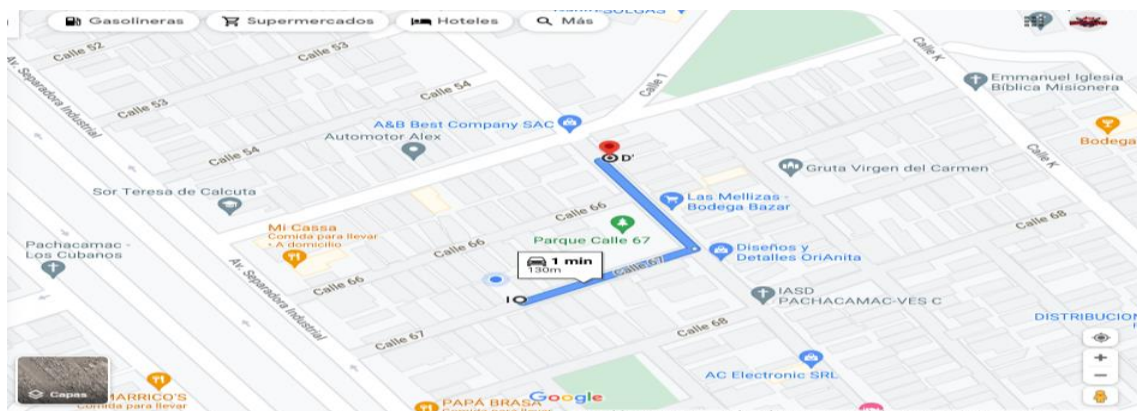
Ubicación : MZ. d1 LT. 17 CA. "g" 4ta etapa barrio 1 sector 1- Villa El Salvador



**Figura N°03:** Mapa del Perú  
fuente: Google Search.

**Figura N°04:** Mapa de la Región de Google  
Fuente: Google Search.

## LOCALIZACIÓN



## OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Cuánto es el incremento de la capacidad de deformación de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021

**Figura N° 05:** Localización de la vivienda lima – V.E.S.

Fuente: Google Maps.

Los análisis se realizaron en la vivienda familiar ubicada en la MZ. d1 LT. 17 CA. “g” 4ta etapa barrio 1 sector 1- Villa El Salvador está a una hora del centro de lima, donde se hizo 1 calicatas.

**Descripción: Calicata -1**

Profundidad: 3.00 m

Dimensiones: 1.00 x 1.00 m

Lado de la casa: posterior



**Figura 06:** Calicata -1

Fuente: Elaboración propia

Profundidad: 3.00 m

Dimensiones 1.00 x 1.00 m

Lado de la casa: posterior



**Figura 07:** Calicata -1

Fuente: Elaboración propia.

**Trabajo en situ para el tipo de suelo**

Se realizó el ensayo DPL en campo, realizando una calicata en el primer nivel de la vivienda, se procedió dejó caer un puntaza cónica metálica que va acoplada a un varillaje de la cual se hincó al terreno, es por ello que, se realizó 1 ensayo penetrómetro dinámico ligero - DPL para identificar los valores de resistencia del suelo (cohesión y fricción) y así poder tener el tipo de suelo.

## Cálculo del Angulo de fricción según schmertmann DPL 01:

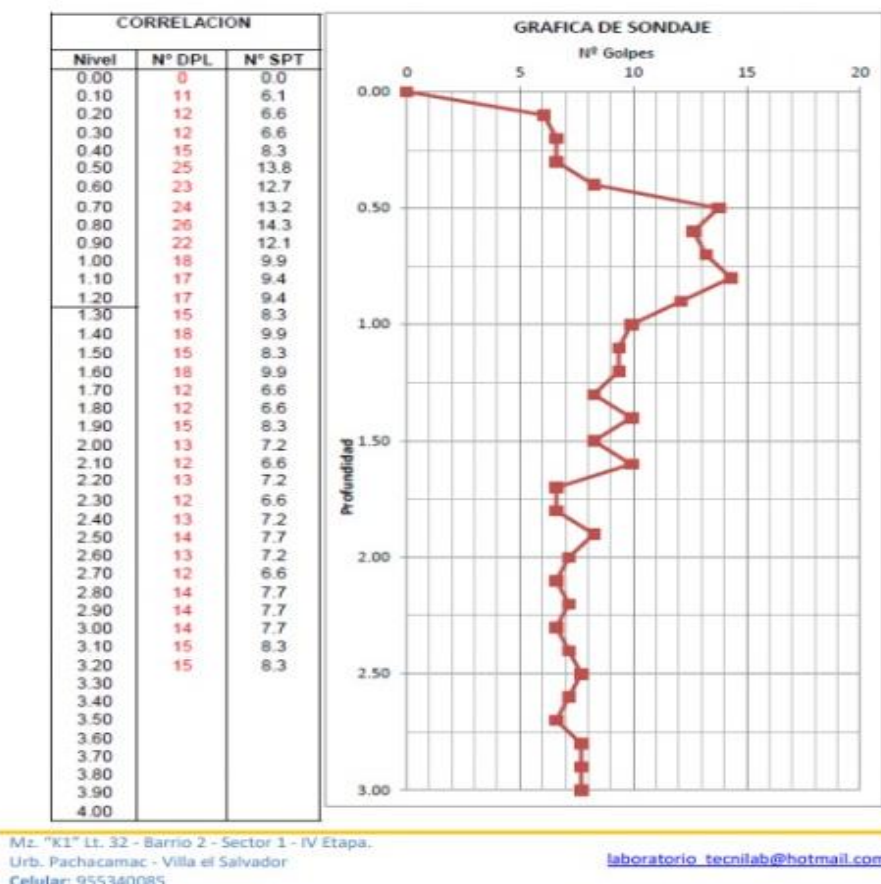
la profundidad antes indicada la cimentación se apoya sobre arenas limosas de compacidad media, cuyas características principales están dadas por su Angulo de fricción interna. De la cual depende del número de golpes N, de la prueba de penetración dinámica ligera (DPL), correlacionado con el ensayo STP.

SEGÚN SCHMERTMANN:

$$\phi = 24 + (4 * \ln(Pl/b)) / 0.693$$

Angulo de fricción interna  $\phi = 29.10$

Interpretación: en función a la data obtenida, se consideró que el tipo de suelo es desfavorable de la cual es un tipo de suelo SP, cuyo valor del ángulo de fricción es menor a 28.82





La estructura analizada está ubicada en Villa El Salvador. En contraste con la normativa nacional vigente de diseño sísmico (E030), lo sísmicamente demandable está directamente influenciada por el tipo de suelo, específicamente, por su comportamiento dinámico. En este sentido se harán uso de los mapas de microzonificación sísmica elaborados por el CISMID.



Figura 1 Mapa de microzonificación sísmica del distrito de Villa El Salvador y ubicación del caso.

Fuente: Google

Del mapa de microzonificación sísmica consultado, y mostrado en la figura 1 se puede apreciar que la ubicación de la estructura están en la zona 2, por lo que las características del suelo serán las asociadas al suelo S2, dado en la norma peruana de diseño sísmico. Los parámetros asociados serían:

$$S=1.2$$

$$T_p=0.4s$$

$$T_I=2.5s$$

## OBJETIVO ESPECÍFICO 2

¿Cuánto es el incremento de la capacidad de deformación de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021?

El objetivo marcado en este trabajo de investigación se alcanzó mediante el modelamiento de la estructura analizada en dos casos específicos, siendo el primero, el modelamiento de la estructura en su estado actual, y el modelamiento de la estructura con su reforzamiento estructural. Cabe mencionar que el reforzamiento estructural se hizo considerando el uso de placas de concreto armado. Y los materiales base para estos casos fueron el acero estructural convencional y el concreto reforzado con fibras de acero.

De los resultados presentados y mostrados en las figuras siguientes, se puede observar que las deformaciones laterales de la estructura reforzada disminuyeron de forma considerable al ser comparadas con las distorsiones laterales de la estructura si reforzar, lo que permite cumplir con el objetivo.

## EVALUACIÓN DE LOS USOS POR NIVELES Y PISOS

En concordancia con los ambientes distintos, se confeccionó el metrado de cargas de acuerdo a la normativa vigente (E.020 del RNE).

Tabla 1 Cargas de acuerdo a los ambientes

	AMARILLO SALA	VERDE TALLER	CYAN SSHH	AZUL SUM	ROJO MAC pasadizo	ANARANJADO Dormitorio	PLOOMO AZOTEA
<b>CM</b> TAB	0	0	150	0	0	0	
ACAB	120	120	120	120	120	120	120
LAD TECHO	65	65	65	65	65	65	65
	<b>185</b>	<b>185</b>	<b>335</b>	<b>185</b>	<b>185</b>	185	185
<b>CV</b> S/C	250	350	250	400	250	250	100
TAB MOV	0	0	0	0	0	0	
	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>250</b>	<b>400</b>	<b>250</b>	250	100

fuelle: Elaboración Propia

## EVALUACIÓN DE LA ARQUITECTURA

A continuación, se muestra las plantas arquitectónicas de la estructura analizada.

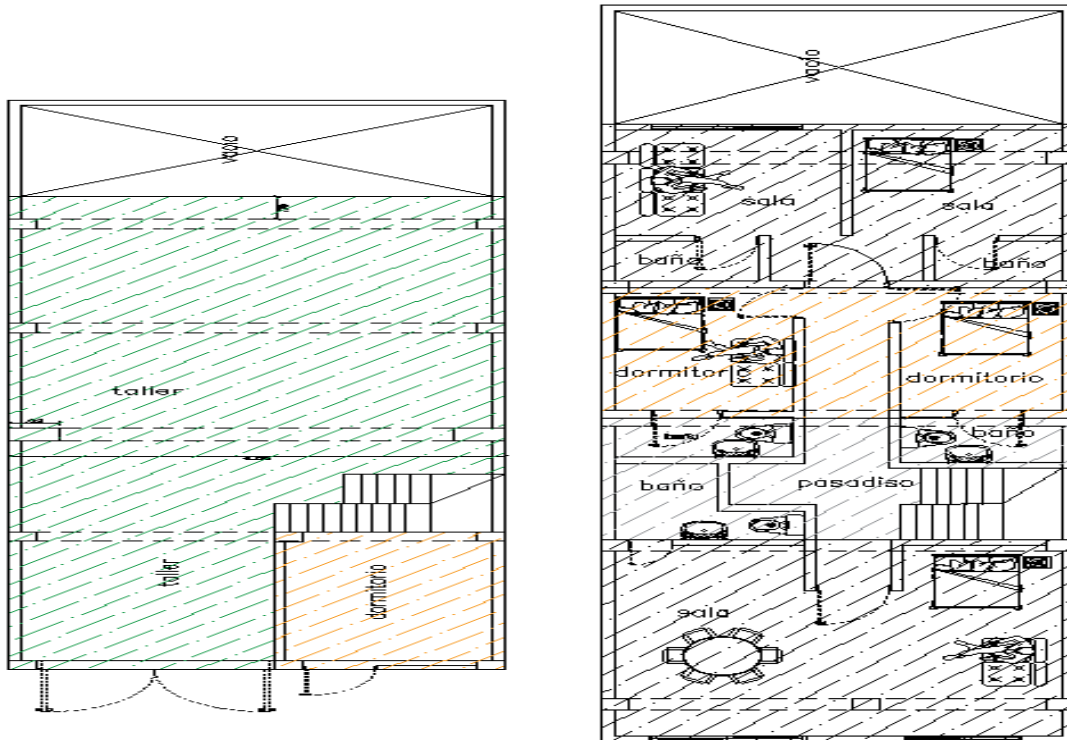


Figura 2 Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del primer piso.

*Fuente: elaboración propia*

### Definición de los materiales

De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto se consideró los siguientes valores:

- Concreto armado:  $f'c = 210 \frac{kg}{cm^2}$        $E = 217370.65 \frac{kg}{cm^2}$

- Acero de refuerzo:  $f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$

General Data	
Material Name	<input type="text" value="f'c=210kgf/cm2"/>
Material Type	Concrete <input type="button" value="v"/>
Directional Symmetry Type	Isotropic <input type="button" value="v"/>
Material Display Color	<input type="button" value="Change..."/>
Material Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	<input type="text" value="2400"/> kgf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	<input type="text" value="244.732"/> kgf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	<input type="text" value="2173706512"/> kgf/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	<input type="text" value="0.2"/>
Coefficient of Thermal Expansion, A	<input type="text" value="0.0000099"/> 1/C
Shear Modulus, G	<input type="text" value="905711046.64"/> kgf/m <sup>2</sup>

Figura 3 Generación del material de concreto  $f'c = 210kgf/cm^2$  de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Fuente: programa etabs

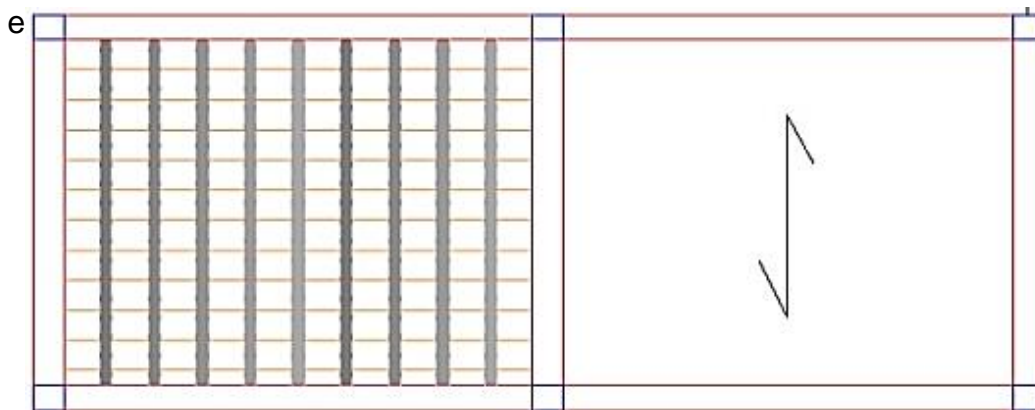
## Secciones y su definición

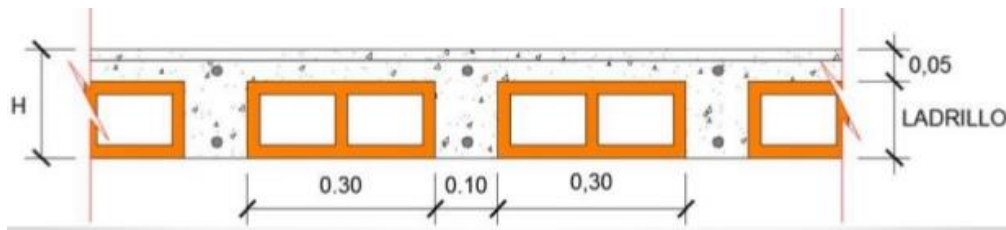
### Losas

Respetando el predimensionamiento, se tiene una losa aligerada de 20 cm.

#### A. LOSA ALIGERADA 1 SENTIDO

La siguiente figura muestra la dirección de las viguetas, la cual





$H = L/25$       Uso de la Edificación  
 $L = 3.77 \text{ m}$       Longitud del lado menor del paño  
 $H_c = 0.151 \text{ m}$       Peralte de Aligerado calculado  
 Hasumido =  $0.20 \text{ m}$       Peralte de Aligerado Asumido

Según norma E.060

	Condiciones de apoyo			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
$h$ mínimo	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

$L = 3.77 \text{ m}$       Longitud del lado menor del paño  
 $C.apoyo = \text{Con un extremo continuo}$   
 $H_{calculado} = 0.204 \text{ m}$       Peralte de Aligerado Calculado  
 Hasumido =  $0.20 \text{ m}$       Peralte de Aligerado Asumido

**General Data**

Property Name:

Slab Material:  ...

Notional Size Data:

Modeling Type:  ▾

Modifiers (Currently Default):

Display Color:

Property Notes:

Use Special One-Way Load Distribution

---

**Property Data**

Type:  ▾

Overall Depth:  m

Slab Thickness:  m

Stem Width at Top:  m

Stem Width at Bottom:  m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction):  m

Rib Direction is Parallel to:  ▾

Figura 4 Creación de losa aligerada en una dirección

Fuente: programa etbas

## Vigas

De acuerdo al predimensionamiento de las vigas (L/10, L/11 y L/12) se tiene.

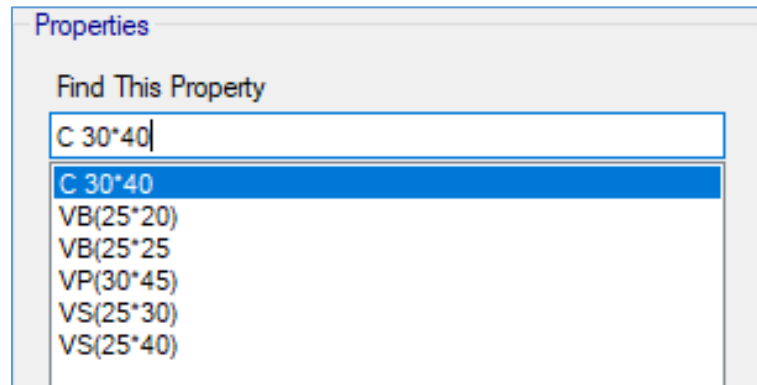


Figura 5 Sección de las vigas

Fuente: Programa Etbas

## Columnas

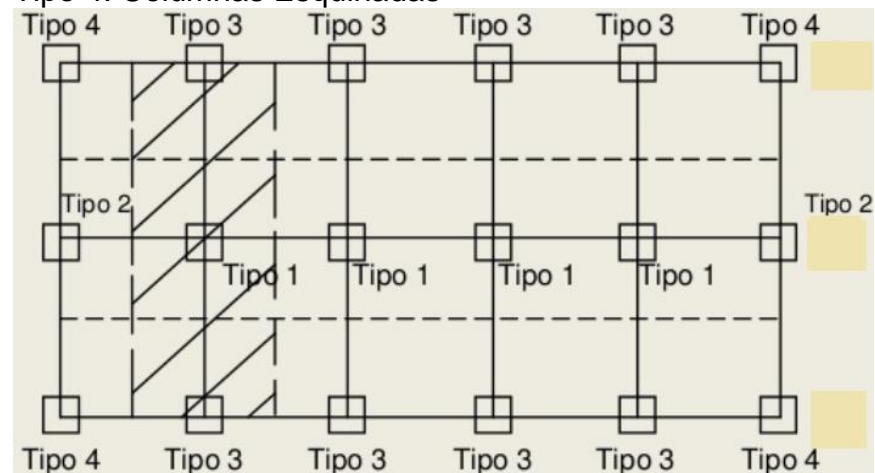
De acuerdo al predimensionamiento y longitud de desarrollo del acero se tiene la sección de 30\*40 de la columna.

### A. DATOS GENERALES

Tipo 1: Columnas Centradas

Tipo 2 y 3: Columnas Excéntricas

Tipo 4: Columnas Esquinadas



P (PD+PL)	=	1000.00 kg/m <sup>2</sup>	Peso por nivel maximizada
N	=	4.00	Numero de niveles
At	=	9.90 m <sup>2</sup>	Area tributaria
f'c	=	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión
Ubicac.	=	Columnas Centradas	

A	=	419.05 cm <sup>2</sup>	Area de columna
---	---	------------------------	-----------------

L	=	20.47 cm	Dimension Cuadrada	Columna
L1	=	25.00 cm	Lado 1 de columna	
L2	=	16.76 cm	Lado 2 de columna	

### Placas

De acuerdo al predimensionamiento de placas de concreto armado de 25 de espesor se necesita la siguiente longitud.

<b>L<sub>x</sub> =</b>	$\frac{V_{\text{basal},x}}{\Phi \times 0.53 \times \text{raiz}(f'c) \times b \times 0.8}$	<b>L<sub>x</sub></b>

$\Phi = 0.85$   
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$   
 $b = 25 \text{ cm}$   
 $130.57$   
 $V_{\text{basal en x-x}} = 31455 \text{ kgf}$   
**L<sub>x</sub> = 240.91 cm**

<b>L<sub>y</sub> =</b>	$\frac{V_{\text{basal},y}}{\Phi \times 0.53 \times \text{raiz}(f'c) \times b \times 0.8}$	<b>L<sub>y</sub></b>

$\Phi = 0.85$   
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$   
 $b = 25 \text{ cm}$   
 $130.57$   
 $V_{\text{basal en y-y}} = 28831.51 \text{ kgf}$   
**L<sub>y</sub> = 220.82 cm**



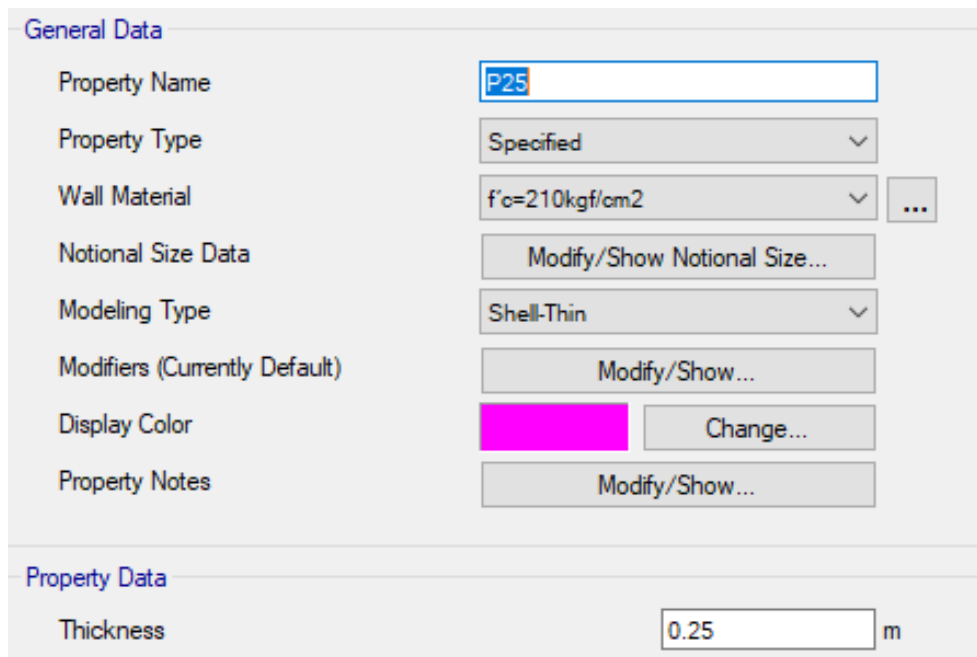


Figura 6 Detalle de la placa de 25 cm.

Fuente: Programa Etbas

## Escaleras

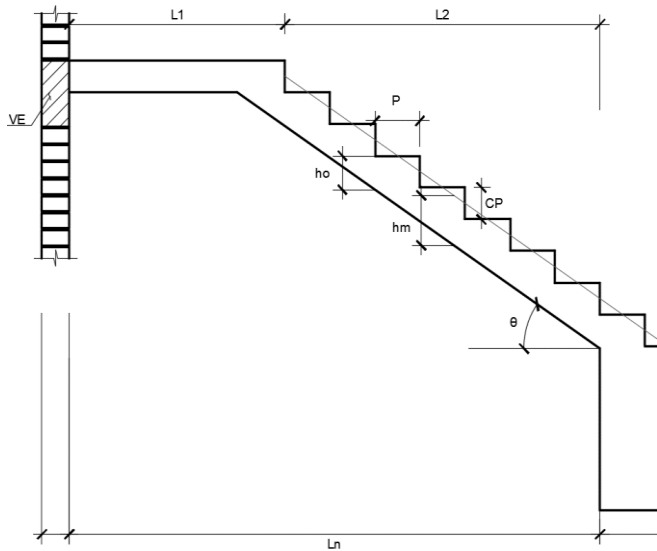
### A. DATOS GENERALES

Según Norma E.060

#### A.1. Propiedades del Material

$\gamma_c$	=	2400.00 kg/m <sup>3</sup>	Peso específico del Concreto Armado
$f_c$	=	175.00 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del concreto
$E_c$	=	198431.3 kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de Elasticidad del Concreto
$f_y$	=	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del acero

#### A.2. Dimensiones de la Escalera



b	=	0.900 m	Ancho de Escalera
P	=	0.250 m	Paso
CP	=	0.180 m	Contrapaso
$\theta$	=	35.75 °	Angulo de Inclinación
L1	=	0.900 m	Luz Libre del descanso
L2	=	1.900 m	Luz libre de la escalera
$L_n$	=	2.800 m	Luz Libre del Tramo
h	=	1.476 m	Altura de Escalera
B1	=	0.150 m	Ancho Apoyo 1
B2	=	0.300 m	Ancho Apoyo 2

### A.2. Cargas de Gravedad

A	=	100.00 Kg/m <sup>2</sup>	Acabados
S/C	=	500.00 Kg/m <sup>2</sup>	Sobrecarga

### B. PREDIMENSIONAMIENTO

t	=	0.140 m	$t = L_n/20$
		0.112 m	$t = L_n/25$
t	=	0.150 m	Espesor de Garganta
Cos ( $\theta$ )	=	0.8115	
hm	=	0.275 m	$hm = (t/\text{Cos}\theta) + CP/2$

### Definición del modelo sin reforzamiento

En la presente sección, se evidencian los resultados del análisis estructural de la edificación en su estado no reforzada. Como se puede apreciar del modelo analizado, las secciones transversales obtenidas son, en general, esbeltas por lo que puede anticiparse con toda claridad que la edificación analizada requerirá de un reforzamiento. Además de eso, conviene comentar que la estructura será reforzada a través del empleo de concretos que hayan sido reforzados con fibras de acero, por lo que a continuación se muestran las propiedades del concreto reforzado con fibras de acero. Como se puede observar de esta tabla, la resistencia a la compresión de lo reforzado con fibras de acero fue de 210 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que la resistencia a la tensión del concreto fue de 21 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 2 Propiedades de los materiales existentes y concretos reforzados con fibras de acero a usar.

Tipo de concreto	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Ft (kg/cm <sup>2</sup> )
Convencional	175	17.5
Con fibras	210	21

fuentes: Elaboración Propia

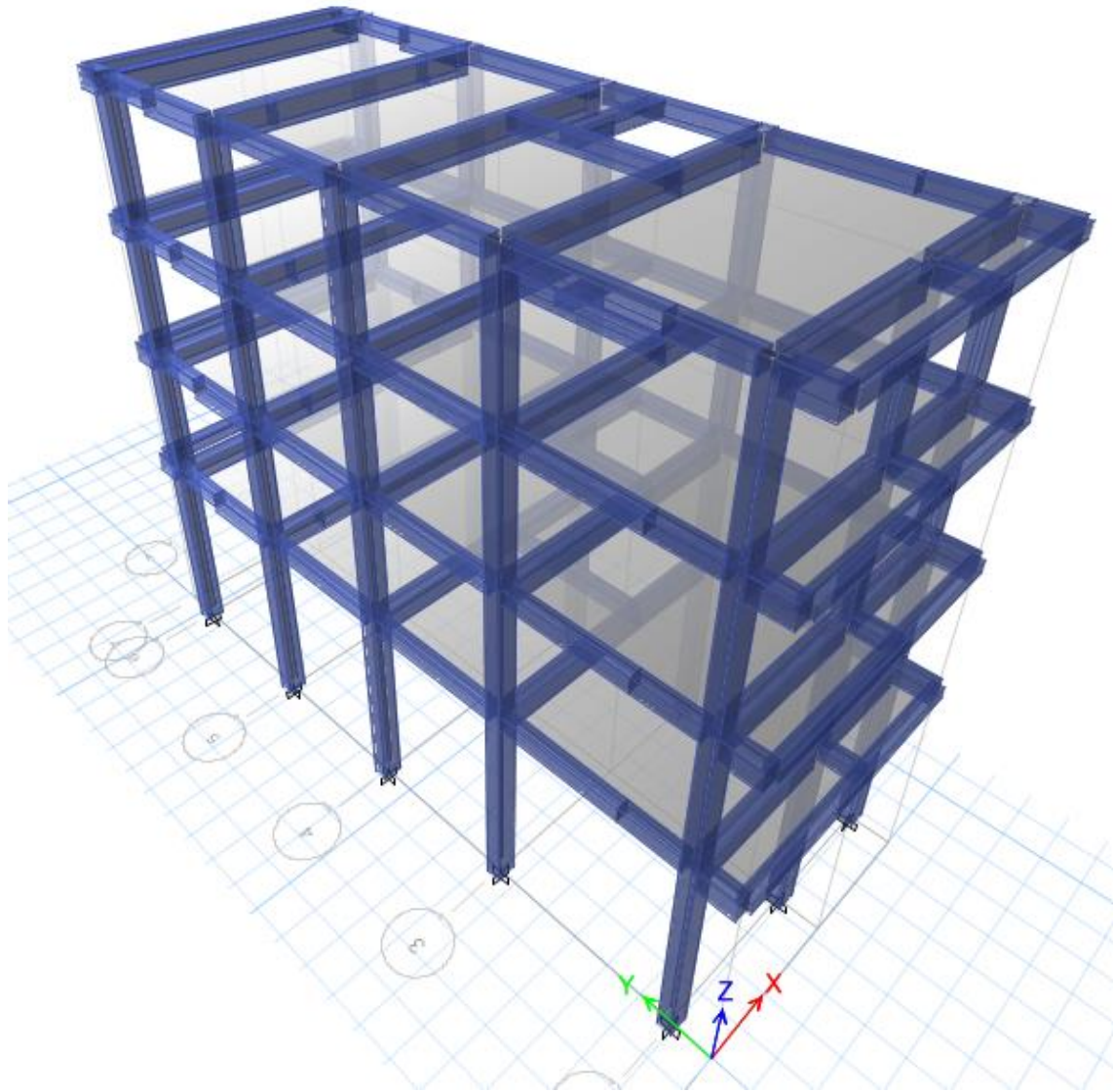


Figura 7 Modelo tridimensional reforzado, desarrollado en ETABS

*Fuente: programa etabs*

### **Definición del modelo estructural reforzado**

Un modelo tridimensional permitió analizar a la estructura, considerando a losas muy rígidas en consideración de la acción en su distribución. Así también, dicho análisis involucró al comportamiento elástico y lineal, donde los componentes del concreto armado fueron mostrados con los elementos lineales. En el análisis, el modelo consideró únicamente elementos estructurales, empero, los que no tienen dicha característica fueron añadidos en el modelo de forma de requerimientos de carga puesto que aquellos no contribuyen en la resistencia, ni en la rigidez, de la edificación.

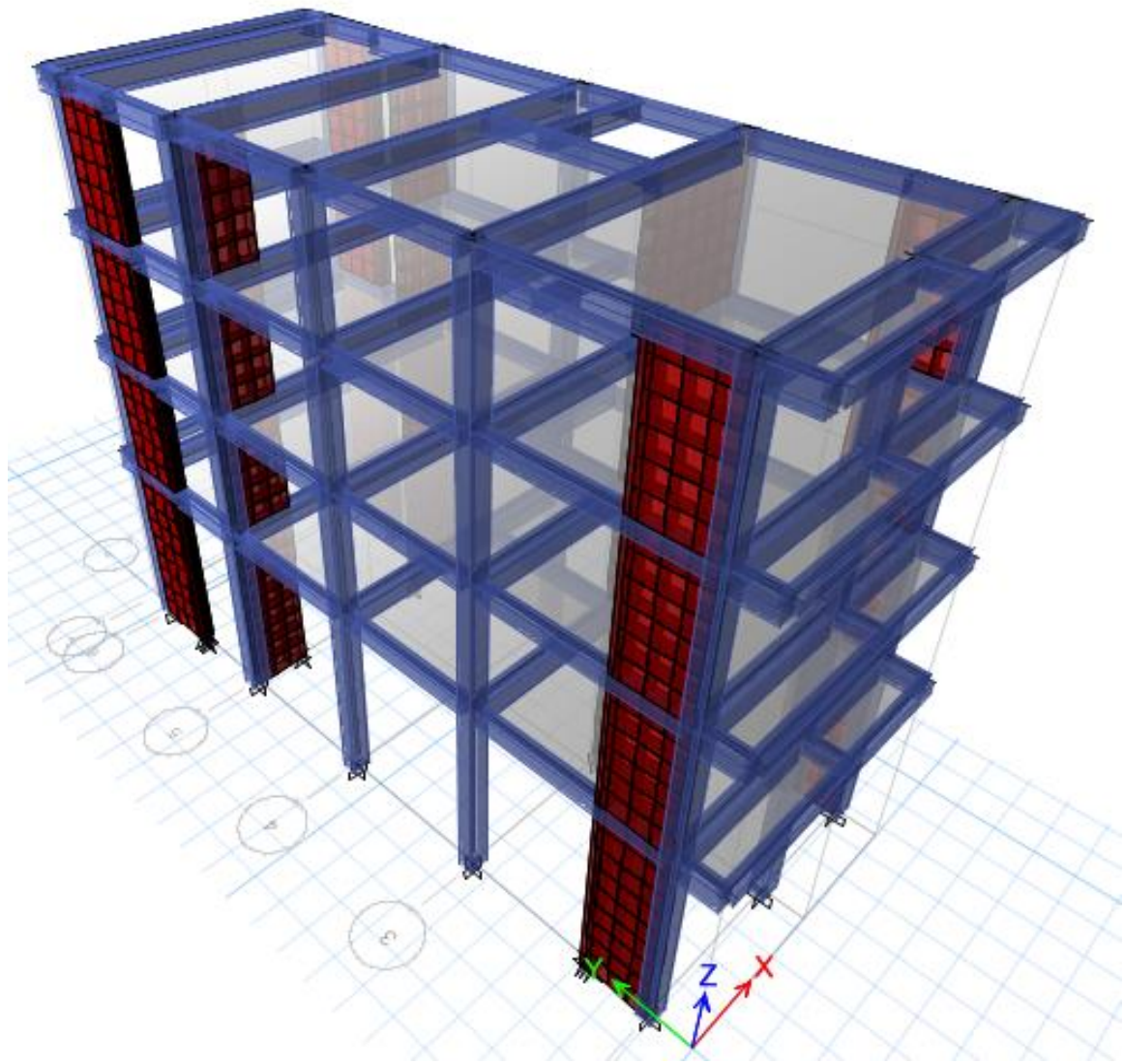


Figura 8 Modelo tridimensional, desarrollado en ETABS

*Fuente: programa etabs*

## Definición de la masa sísmica

Aquello se aborda en su cálculo mediante la adición de aquella a la carga permanente y total de la estructura, considerando una porción (%) de la carga viva, denominada sobrecarga, la cual se halla de la manera siguiente:

Se toma un 50 % de la carga viva para edificaciones de categorías A y B. Se toma el 25 % de la carga viva para edificaciones de la categoría C. Para el estudio, la edificación es de tipo C.

Figura 9 Masa sísmica de la estructura, desarrollado en ETABS

Fuente: programa etabs

## Formas de modo presentes en la estructura reforzada

Acorde a lo propuesto por la norma E030, se deben considerar tres modos en lo que respecta a vibración que consideren a una gran parte masa participativa (90%) de forma que se continúe adecuadamente con el análisis, apreciando de aquel modo que se alcanza a cumplir, de modo que también se disminuyan los modos Diaphragm Lateral Mass al análisis de la estructura objeto de estudio, para que no sea pesado.

Tabla 3 Formas de modo consideradas y factores de participación modal. Fuente: Elaboración propia.

Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	<b>0.46</b>	0.1968	0.0005	0	0.1968	0.0005	0
2	<b>0.414</b>	0.0001	<b>0.7797</b>	0.000003892	0.1969	0.7802	0.000003957
3	<b>0.379</b>	<b>0.599</b>	0.0005	0.0000252	0.7959	0.7807	0.00002916
4	0.119	0.021	0.000004199	0.000002298	0.8169	0.7807	0.00003145
5	0.098	0.0001	0.1536	0.00002204	0.8171	<b>0.9344</b>	0.0001
6	0.095	0.1312	0.0001	0.0003	<b>0.9482</b>	<b>0.9345</b>	0.0004
7	0.065	0.00003276	0.00001403	0.1223	<b>0.9483</b>	<b>0.9345</b>	0.1227
8	0.058	0.00001382	0.00000281	0.0206	<b>0.9483</b>	<b>0.9345</b>	0.1433
9	0.056	5.168E-07	0.00001798	0.0571	<b>0.9483</b>	<b>0.9345</b>	0.2004



10	0.055	5.413E-07	0.000001003	0.0131	<b>0.9483</b>	<b>0.9345</b>	0.2135
11	0.055	0.0001	0.000005278	0.0535	<b>0.9483</b>	<b>0.9345</b>	0.267
12	0.054	0.000001564	0.000001171	0.0031	<b>0.9483</b>	<b>0.9345</b>	0.27

Mode	Period sec	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0.46	0.0001	0.0361	0.6182	0.0001	0.0361	0.6182
2	0.414	0.091	0.0000165	0.0009	0.0911	0.0361	0.6192
3	0.379	0.00003105	0.1174	0.1999	0.0911	0.1536	0.8191
4	0.119	7.801E-07	0.0506	0.1097	0.0911	0.2042	<b>0.9288</b>
5	0.098	0.1945	0.0002	0.00002304	0.2856	0.2044	<b>0.9288</b>
6	0.095	0.00003066	0.3155	0.0196	0.2857	0.5199	<b>0.9484</b>
7	0.065	0.00001963	0.0022	0.000002054	0.2857	0.5222	<b>0.9484</b>
8	0.058	0.00001011	0.0001	0	0.2857	0.5222	<b>0.9484</b>
9	0.056	0.0613	0.0000234	0.00001536	0.347	0.5223	<b>0.9484</b>
10	0.055	0.001	0.0078	0.00003531	0.348	0.5301	<b>0.9484</b>
11	0.055	0.0123	0.0531	0.0001	0.3603	0.5832	<b>0.9485</b>
12	0.054	0.004	0.0003	0.000009639	0.3643	0.5835	<b>0.9485</b>

3-D View Mode Shape (Modal) - Mode 1 - Period 0.460261747076358

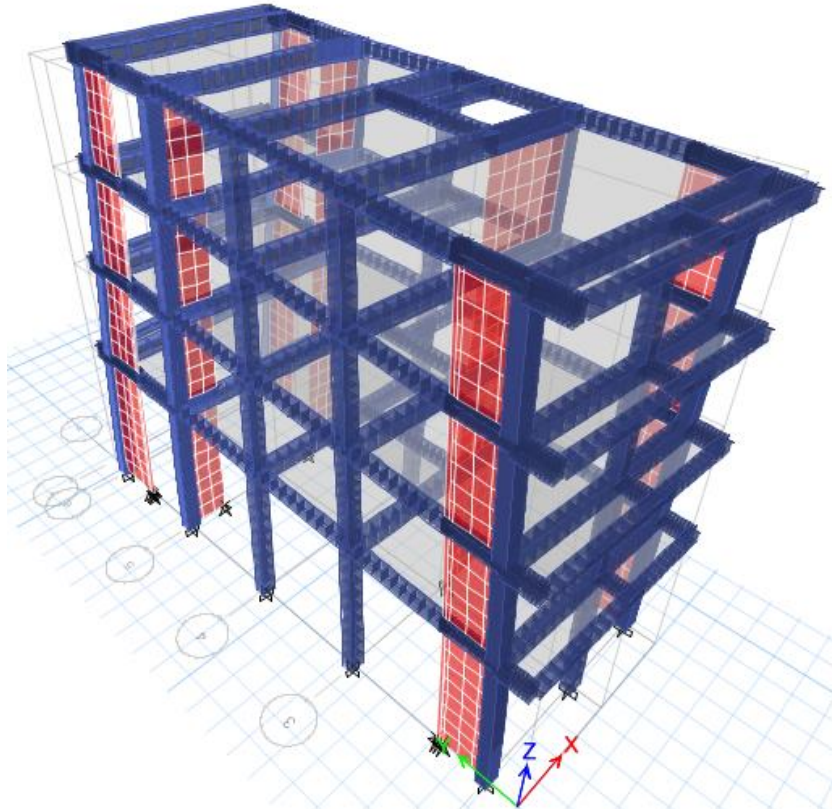


Figura 10 Primer modo de la estructura, desarrollado en ETABS

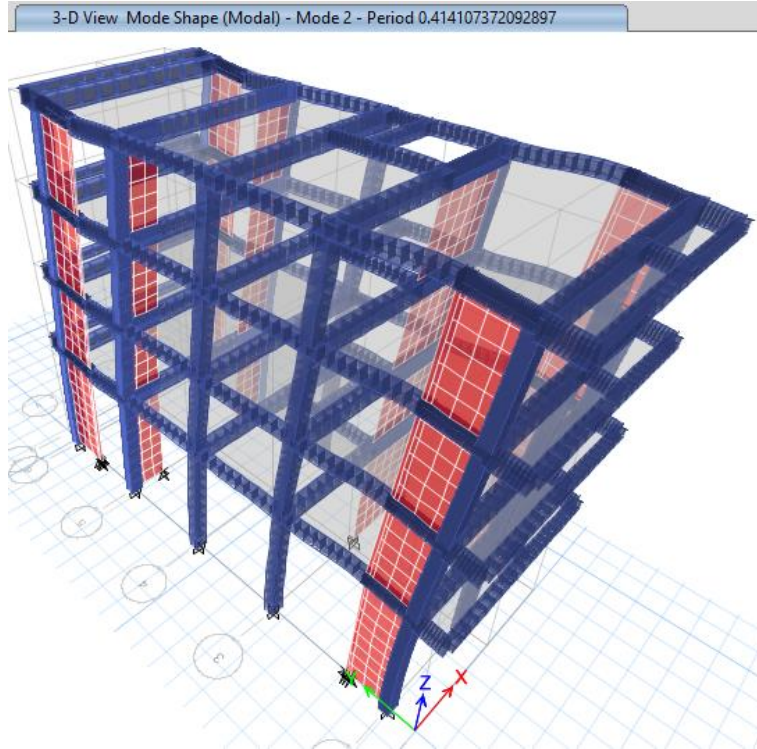


Figura 11 Segundo modo de la estructura, desarrollado en ETABS

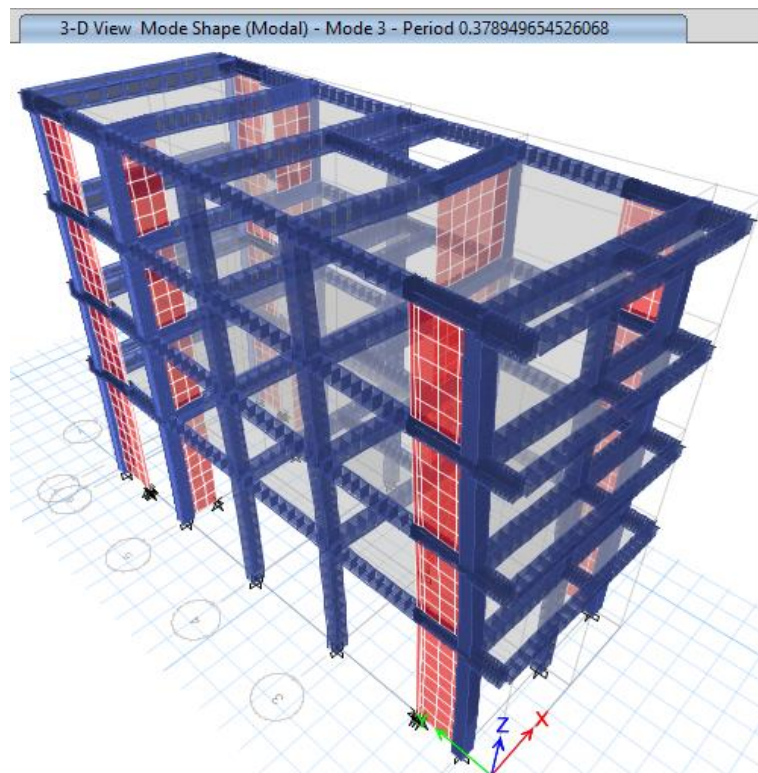




Figura 12 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS

### Formas de modo de la estructura sin reforzamiento

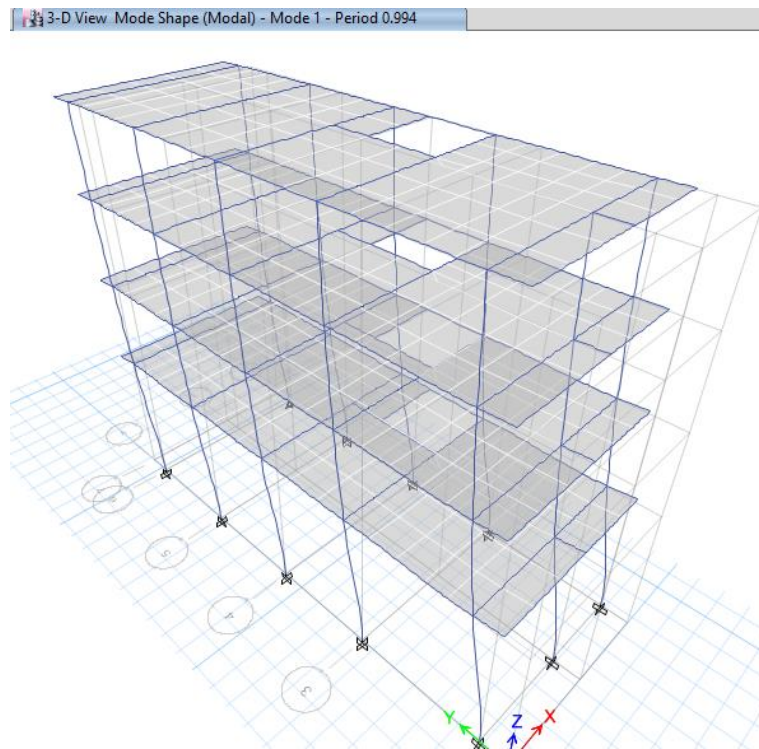


Figura 13 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS

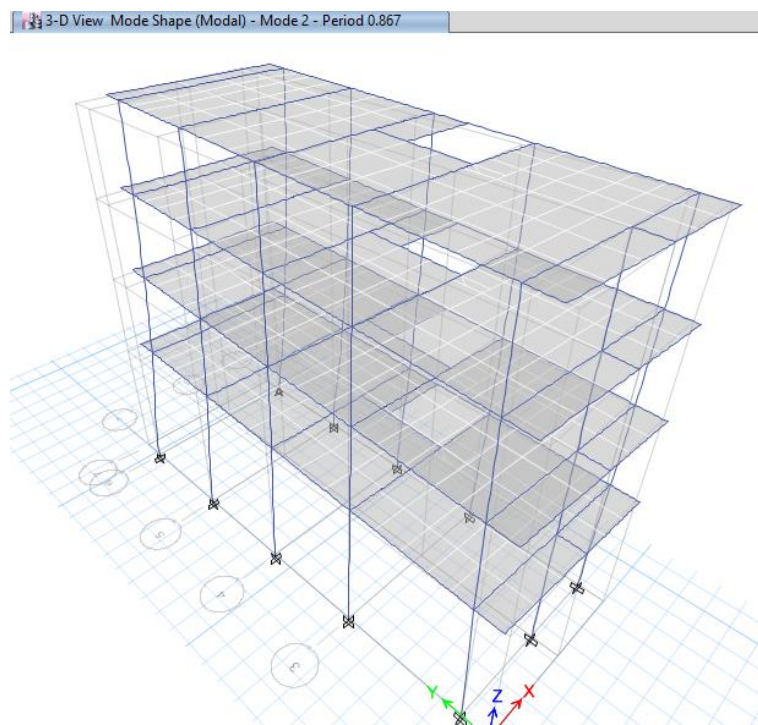


Figura 14 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS

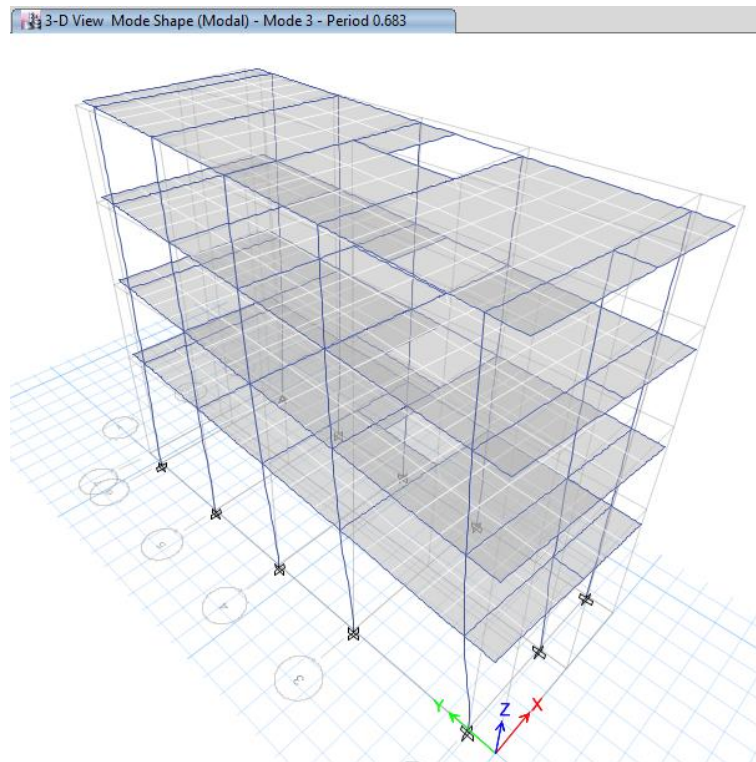


Figura 15 Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS

**Definición de la demanda sísmica considerando  $I_a=1$  e  $I_p=1$**

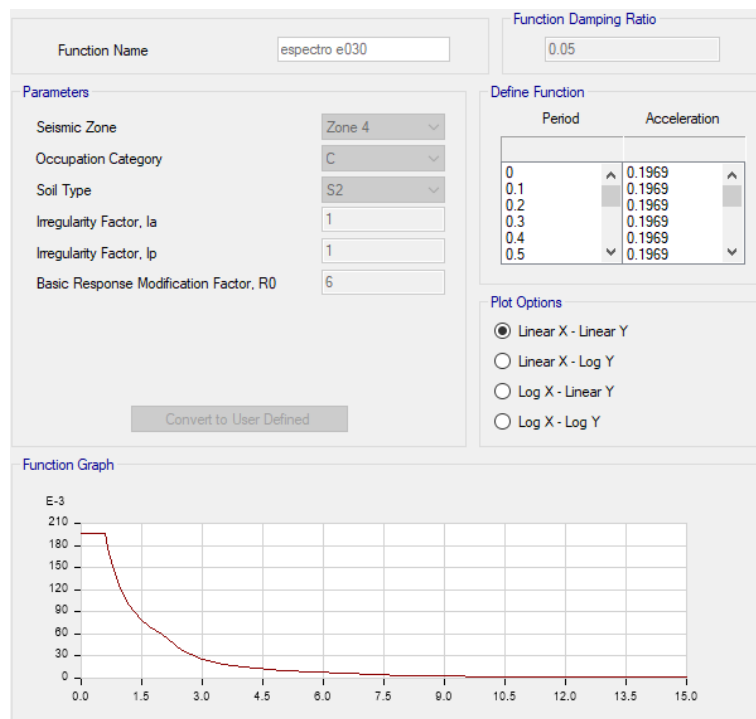


Figura 16 Espectro de respuesta de acuerdo con la norma peruana E030, desarrollado en ETABS

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

### Cortante dinámico total de la estructura

Tabla 4 Cortante dinámico de la estructura.

TABLE: Base								
Reactions								
Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
SX	LinRespSpec	Max	<b>60.4084</b>	1.5901	0.6943	16.8011	557.7026	477.8054
SY	LinRespSpec	Max	1.5901	<b>70.4122</b>	0.2593	667.4187	14.9561	226.8534

fuelle: Elaboración Propia

### Cortante absorbida por las placas

Tabla 5 Cortante absorbido por las placas.

TABLE: Pier								
Forces								
Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P	V2	V3
						tonf	tonf	tonf
Story1	P1X	SX	LinRespSpec	Max	Bottom	60.3258	<b>49.4395</b>	0.1349
Story1	P1Y	SY	LinRespSpec	Max	Bottom	39.4487	<b>60.6633</b>	0.1528

fuelle: Elaboración Propia

### Verificación del sistema estructural

#### VERIFICACION DE R

#### *comprobacion de cortantes de muros*

EN X-X	
V.muros	49.44
V.total	60.41

PORCENTAJE	<b>82%</b>	TIPO 1	Entonces R=6 debido a que la estructura trabaja como un sistema de MUROS ESTRUCTURALES, ya que el reglamento menciona que si la cortante absorbida por el muro es mayor que el 70% se un sistema de Muros Estructurales.
------------	------------	--------	--

<b>EN Y-Y</b>	
V.muros	60.66
V.total	70.41

**PORCENTAJE 86%** TIPO2 Entonces R=6 debido a que la estructura trabaja como un sistema de MUROS ESTRUCTURALES, ya que el reglamento menciona que si la cortante absorbida por el muro es mayor que el 70% se un sistema de Muros Estructurales.

**DIRECCION "X"**

Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento o centro de masa(mm)	Desplazamiento o relativo (mm)	Rigidez Lateral (Ton.f/mm)
Piso 4	18.4354	9.015	2.152	8.567
Piso 3	38.507	6.863	2.378	16.193
Piso 2	51.8001	4.485	2.329	22.241
Piso 1	59.7846	2.156	2.156	27.729
Base	60.4084	0	0	

**conforme suben los niveles la rigidez disminuye y no aumenta por lo tanto "No se tiene irregularidad de rigidez por piso blando"**

**DIRECCION "Y"**

Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento o centro de masa(mm)	Desplazamiento o relativo (mm)	Rigidez Lateral (Ton.f/mm)
Piso 4	21.7184	11.693	2.9	7.489
Piso 3	45.3776	8.793	3.155	14.383
Piso 2	60.9696	5.638	3.06	19.925
Piso 1	69.7628	2.578	2.578	27.061
Base	70.4122	0	0	

**conforme suben los niveles la rigidez disminuye y no aumento por lo tanto "No se tiene irregularidad de rigidez por piso blando"**

### DIRECCION "X"

Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento o centro de masa (mm)	Desplazamiento o relativo (mm)	Rigidez (Ton.f/mm)
Piso 4	18.44	9.02	2.15	8.57
Piso 3	38.51	6.86	2.38	16.19
Piso 2	51.80	4.49	2.33	22.24
Piso 1	59.78	2.16	2.16	27.73
Base	60.41	0.00	0.00	

### DIRECCION "Y"

Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento o centro de masa (mm)	Desplazamiento o relativo (mm)	Rigidez (Ton.f/mm)
Piso 4	21.72	11.69	2.90	7.49
Piso 3	45.38	8.79	3.16	14.38
Piso 2	60.97	5.64	3.06	19.92
Piso 1	69.76	2.58	2.58	27.06
Base	70.41	0.00	0.00	

### 3. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

Story	UX	UY	UZ	X
	tonf-s <sup>2</sup> /mm	tonf-s <sup>2</sup> /mm	tonf-s <sup>2</sup> /mm	
Piso 4	0.00893	0.00893	0.00893	<b>8.76</b>
Piso 3	0.011916	0.011916	0.011916	<b>11.69</b>
Piso 2	0.011916	0.011916	0.011916	<b>11.69</b>
Piso 1	0.013071	0.013071	0.013071	<b>12.82</b>
Base	0.00088	0.00088	0.00088	<b>0.86</b>

### 4. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD DE GEOMETRIA VERTICAL

DIRECCION "X"

Irregularidad de Geometría Vertical, $I_a=0.90$
Cuando $b_2 > 1.3 \times b_1$

b2 = 0  
b1 = 0  
cuando 0 > 0

**No se tiene irregularidad de geometría vertical.**

**DIRECCION "Y"**  
b2 = 0  
b1 = 0  
cuando 0 > 0

**No se tiene irregularidad de geometria vertical**

**En nuestra estructura no se presenta:**

**En nuestra estructura no se presenta:**

## **EVALUACIÓN DE IRREGULARIDADES**

### **Irregularidades en altura**

No existen irregularidades en altura

### **Irregularidades en planta**

#### **1. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD TORSIONAL**

Las distorsiones son proporcionales para un mismo nivel respecto de los desplazamientos relativos (misma altura)

#### **EN X-X**

Desplazamiento relativo	
mínimo	0.000806
máximo	0.000806

Desplazamiento relativo promedio  
0.000806

Luego se promedia el desplazamiento máximo relativo con el desplazamiento relativo promedio

$$1 < 1.3$$

**No se tiene irregularidad torsional**

**EN Y-Y**

Desplazamiento relativo	
mínimo	0.000616
máximo	0.000616

Desplazamiento relativo promedio  
0.000616

Ahora se promedia el desplazamiento máximo relativo con el desplazamiento relativo promedio

$$1 < 1.3$$

**No se tiene irregularidad torsional**

## 2. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD POR ESQUINAS ENTRANTES

Se clasifica a la estructura como irregular al darse esquinas entrantes, donde sus dimensiones, en ambas direcciones, son mayores que 20% del correspondiente total en planta.

**EN X-X**

Longitud libre			Longitud Total	
L1	0	m	8.47	m
L2	0	m		
L3	0	m		
<b>Longitud =</b>			0 m	

$$0\% > 20\%$$

**No se tiene irregularidad por esquinas entrantes**

**EN Y-Y**

Longitud libre			Longitud Total	
L1	0	m	36.83	m
L2	0	m		
L3	0	m		

**Longitud =** 0 m

0% > 20%

**No se tiene irregularidad por esquinas entrantes**

### 3. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

La edificación en estudio no presenta orificios en su diafragma rígido

**No se tiene irregularidad por discontinuidad del diafragma**

### 4. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD POR SISTEMAS NO PARALELOS

La edificación en estudio está definida con sus ejes resistentes perpendiculares

**No se tiene irregularidad por sistema paralelos**

### Definición de la demanda sísmica final

Tabla 6 Espectro de respuesta

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	RO	6	6
U	1.00	la	1.00	1.00
S	1.05	lp	1.00	1.00
TP	0.60	R	6	6
TL	2.00	g	9.81 m/s <sup>2</sup>	

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.931	1.931
2.50	0.02	1.931	1.931



2.50	0.04	1.931	1.931
2.50	0.06	1.931	1.931
2.50	0.08	1.931	1.931
2.50	0.10	1.931	1.931
2.50	0.12	1.931	1.931
2.50	0.14	1.931	1.931
2.50	0.16	1.931	1.931
2.50	0.18	1.931	1.931
2.50	0.20	1.931	1.931
2.50	0.25	1.931	1.931
2.50	0.30	1.931	1.931
2.50	0.35	1.931	1.931
2.50	0.40	1.931	1.931
2.50	0.45	1.931	1.931
2.50	0.50	1.931	1.931
2.50	0.55	1.931	1.931
2.50	0.60	1.931	1.931
2.31	0.65	1.783	1.783
2.14	0.70	1.655	1.655
2.00	0.75	1.545	1.545
1.88	0.80	1.449	1.449
1.76	0.85	1.363	1.363
1.67	0.90	1.288	1.288
1.58	0.95	1.220	1.220
1.50	1.00	1.159	1.159
1.36	1.10	1.053	1.053
1.25	1.20	0.966	0.966
1.15	1.30	0.891	0.891
1.07	1.40	0.828	0.828
1.00	1.50	0.773	0.773
0.94	1.60	0.724	0.724
0.88	1.70	0.682	0.682
0.83	1.80	0.644	0.644
0.79	1.90	0.610	0.610
0.75	2.00	0.579	0.579
0.59	2.25	0.458	0.458
0.48	2.50	0.371	0.371
0.40	2.75	0.306	0.306
0.33	3.00	0.258	0.258
0.19	4.00	0.145	0.145
0.12	5.00	0.093	0.093
0.08	6.00	0.064	0.064
0.06	7.00	0.047	0.047
0.05	8.00	0.036	0.036
0.04	9.00	0.029	0.029

0.03	10.00	0.023	0.023
------	-------	-------	-------

FUENTE: Elaboración Propia

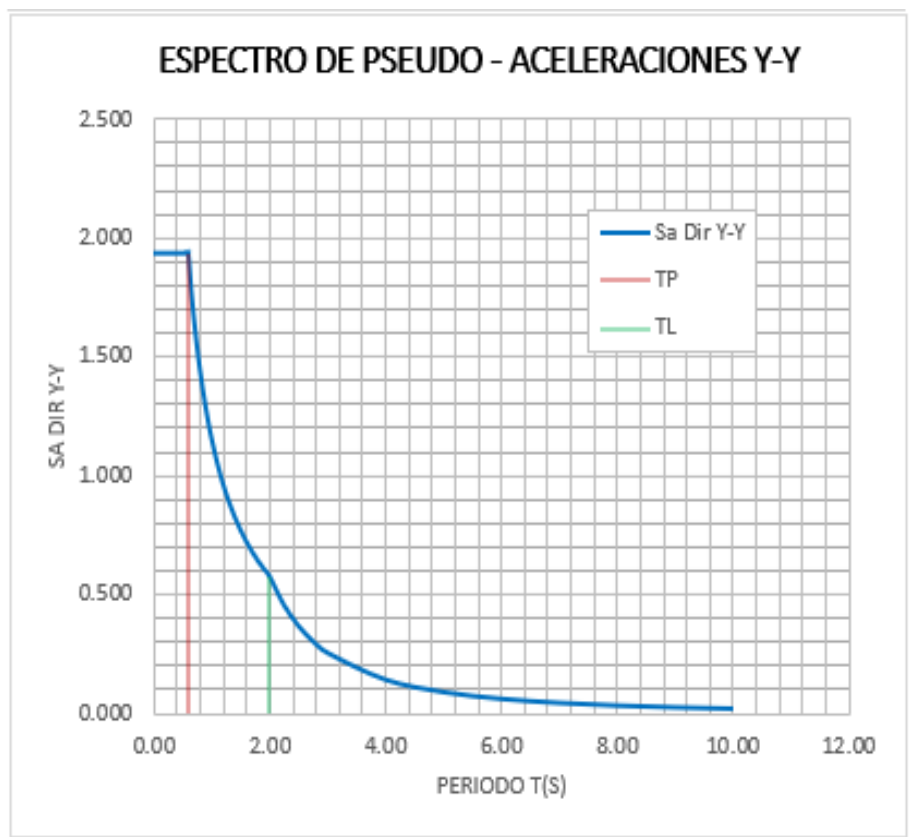
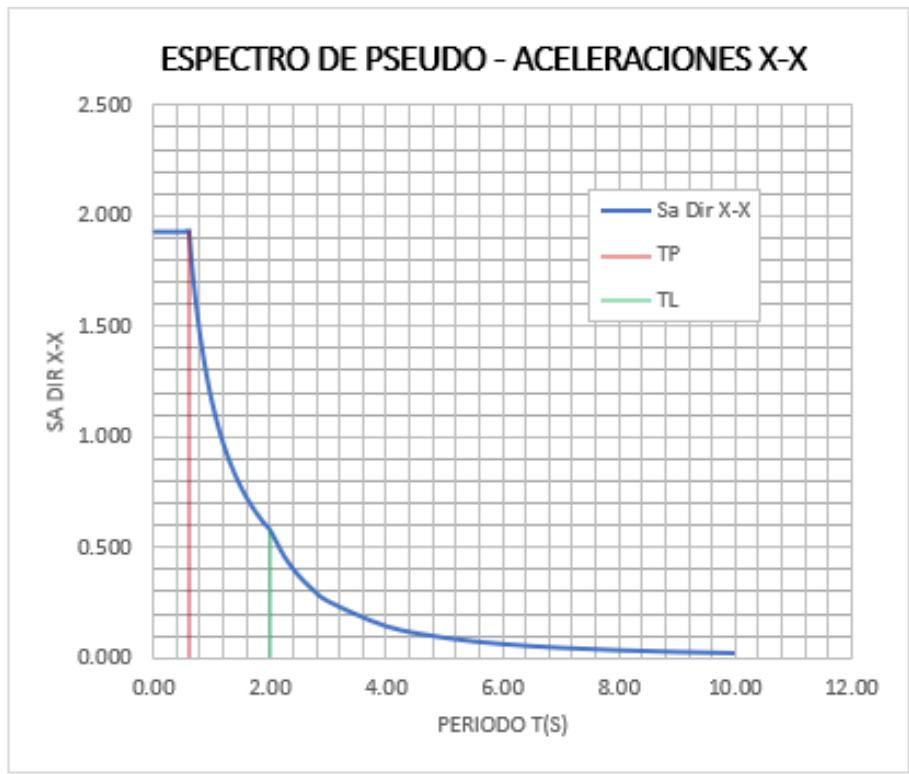


Figura 17 Creación de Espectro de Respuesta.

Fuente: Elaboración Propia

## RESPUESTA SÍSMICA (ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL)

### Desplazamientos del centro de masas estructura reforzada

Tabla 7 Desplazamiento de centro de masa en X-X

Story	Elevation mm	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story4	12500	9.015	0.314
Story3	9750	6.863	0.27
Story2	7000	4.485	0.174
Story1	4250	2.156	0.079
Base	0	0	0

fuentes: Elaboración Propia

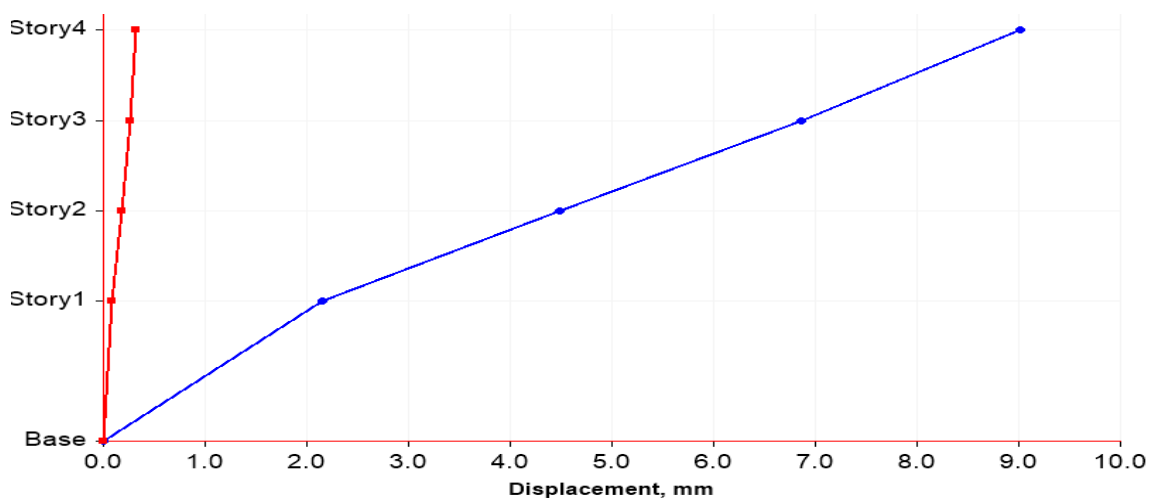


Figura 18 Desplazamiento de centro de masa en X.

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 8 Desplazamiento de centro de masa en Y-Y

TABLE: Story Response				
Story	Elevation mm	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story4	12500	Top	0.342	11.693
Story3	9750	Top	0.261	8.793

Story2	7000	Top	0.171	5.638
Story1	4250	Top	0.081	2.578
Base	0	Top	0	0

Fuente: Elaboración Propia

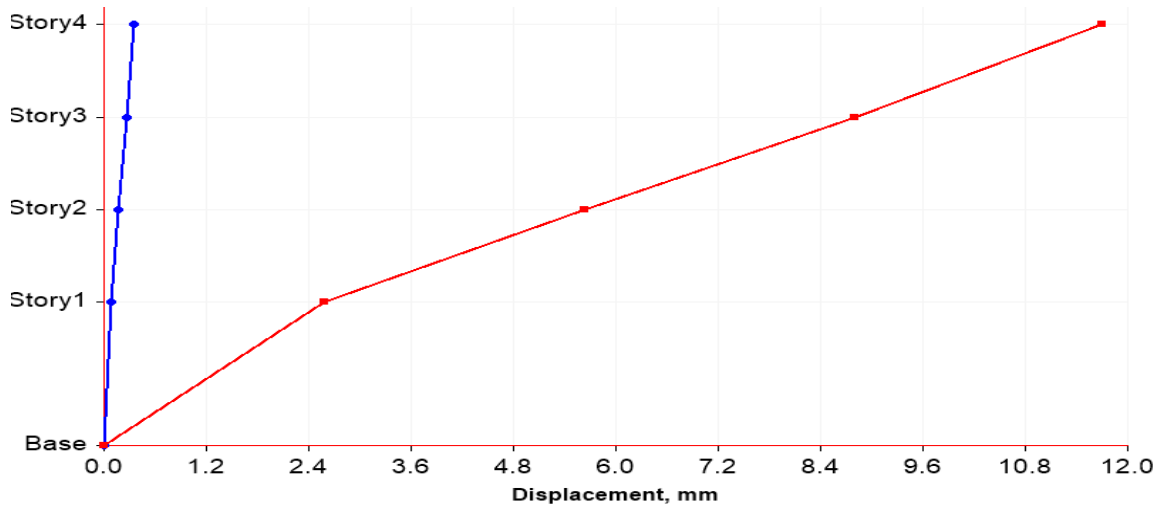


Figura 19 Desplazamiento de centro de masa en Y

Fuente: Elaboración Propia

### Desplazamientos del centro de masa de la estructura no reforzada

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story4	12.5	Top	104.072	3.523
Story3	9.75	Top	94.592	3.455
Story2	7	Top	77.689	2.829
Story1	4.25	Top	52.543	1.909
Base	0	Top	0	0

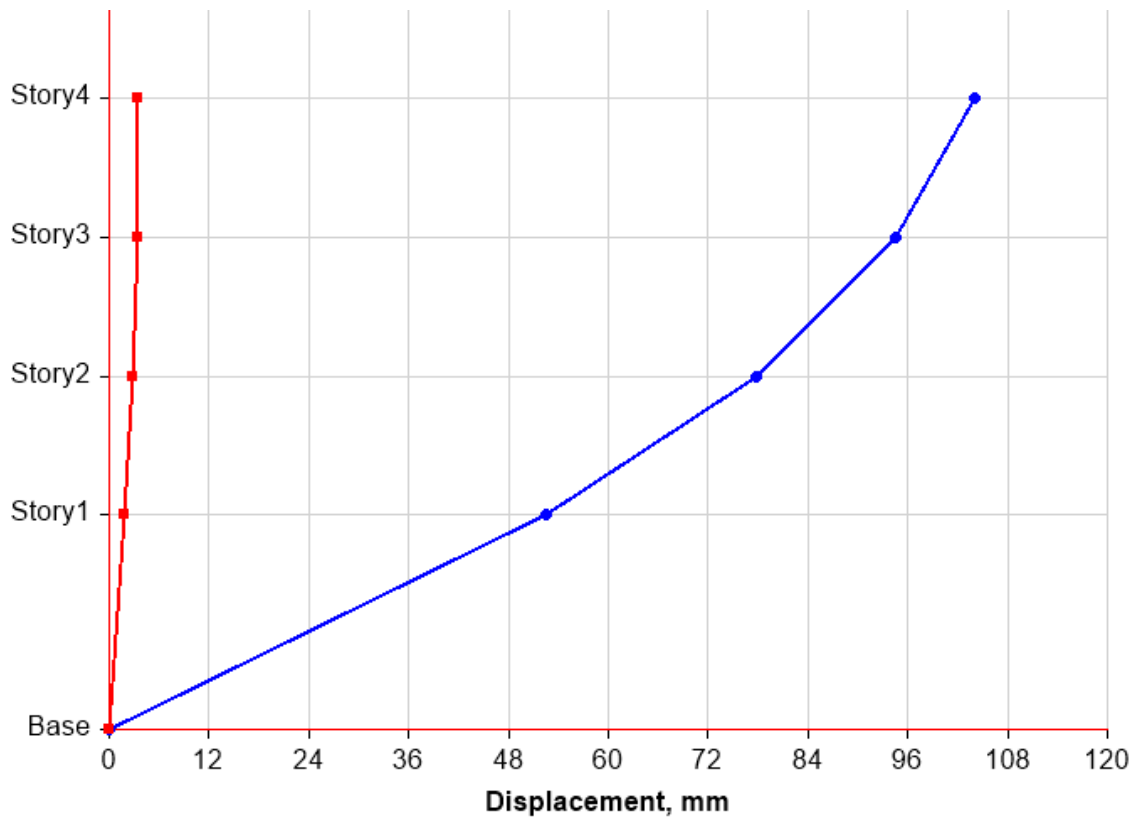


Figura 20 Desplazamiento de centro de masa en Y

Fuente: elaboración propia.

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		mm	mm
Story4	12.5	Top	4.35	157.846
Story3	9.75	Top	3.933	145.798
Story2	7	Top	3.253	121.974
Story1	4.25	Top	2.202	85.234
Base	0	Top	0	0

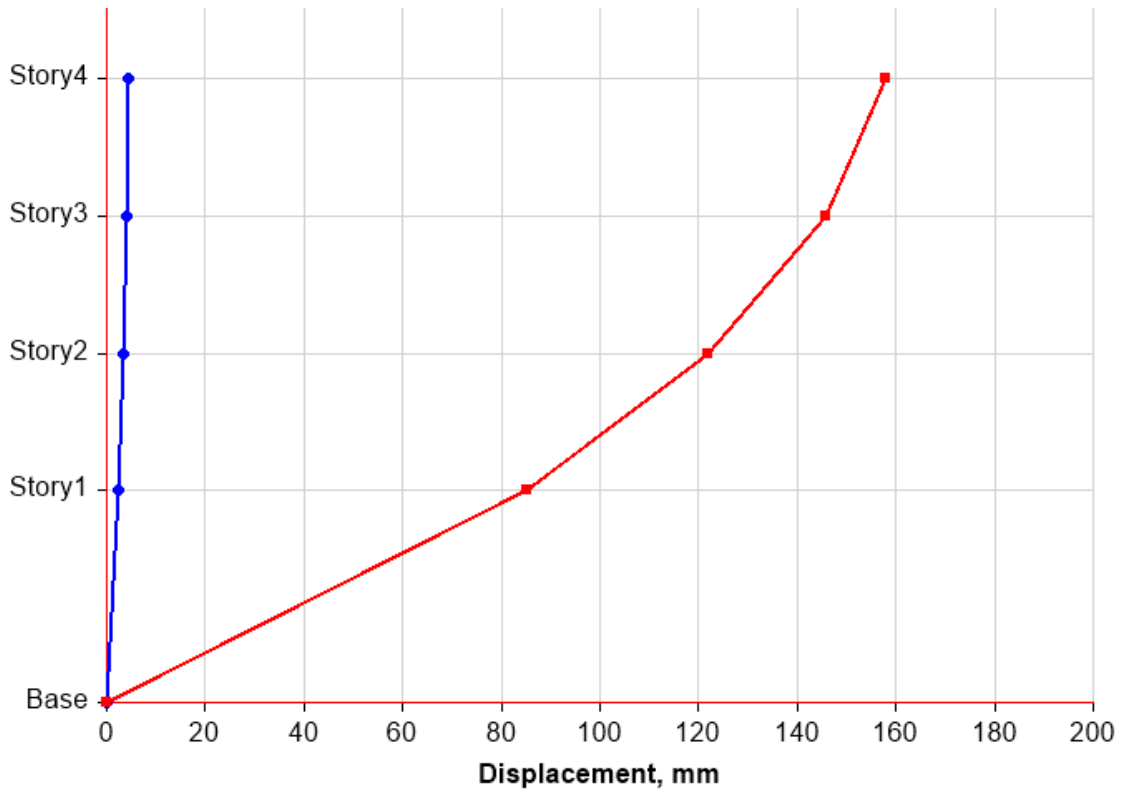


Figura 21 Desplazamiento de centro de masa en Y

Fuente: Elaboración Propia

### Máximos desplazamientos por piso Reforzada

Tabla 9 Tabla de distorsiones (drift) en X y Y.

Nivel	Carga	Dist X-X	<0.007	Dist Y-Y	<0.007
Story4	DX	0.005374	¡Cumple!	0.004881	¡Cumple!
Story3	DX	0.006101	¡Cumple!	0.005318	¡Cumple!
Story2	DX	0.006191	¡Cumple!	0.005168	¡Cumple!
Story1	DX	0.003627	¡Cumple!	0.002835	¡Cumple!

fuentes: Elaboración Propia

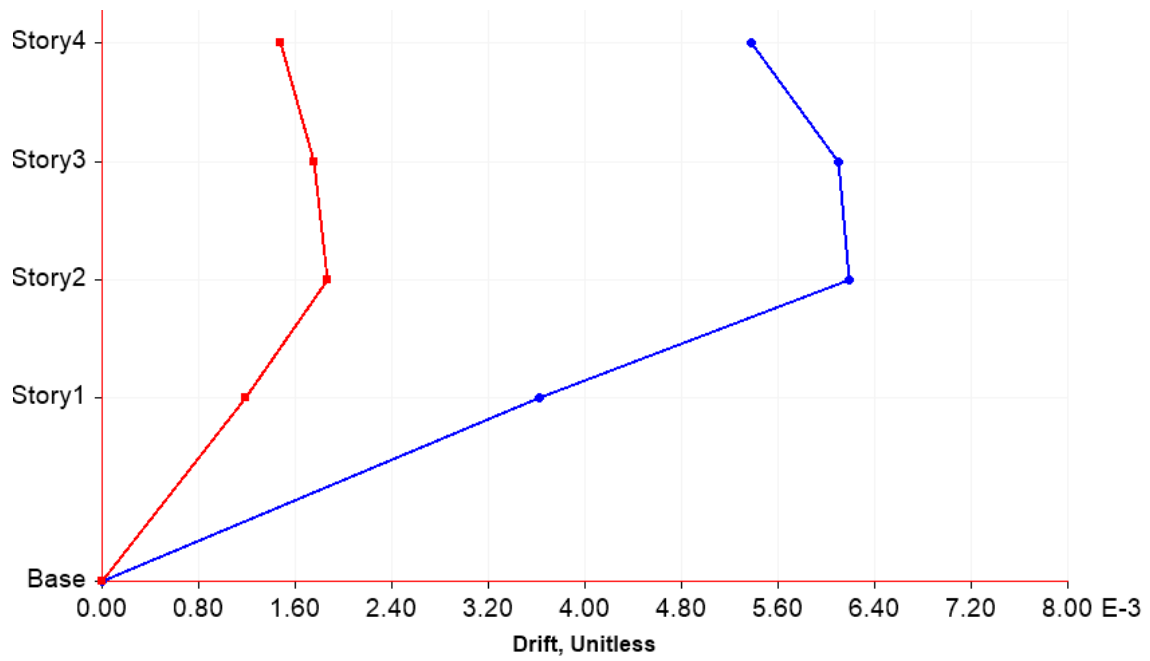


Figura 22 Máximo desplazamiento por piso en X

Fuente: Elaboración Propia.

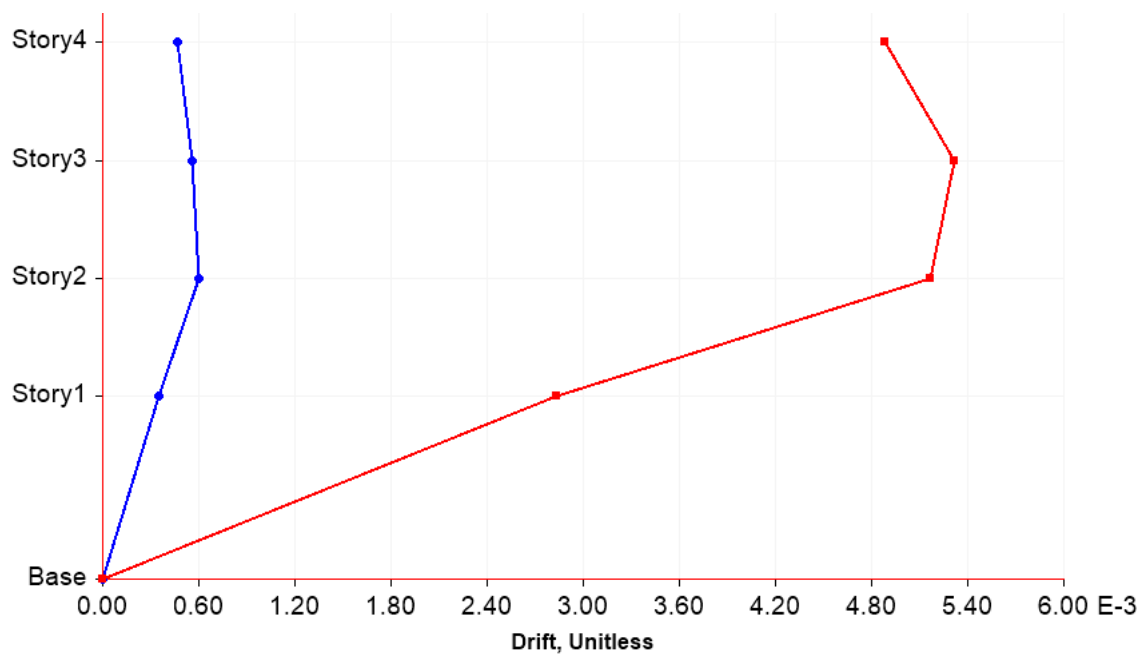


Figura 23 Máximo desplazamientos por piso en Y

Fuente: Elaboración Propia.

### Máximas distorsiones laterales sin reforzar

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m			
Story4	12.5	Top	0.005939	0.001369
Story3	9.75	Top	0.011102	0.00263
Story2	7	Top	0.016596	0.003969
Story1	4.25	Top	0.022896	0.005852
Base	0	Top	0	0

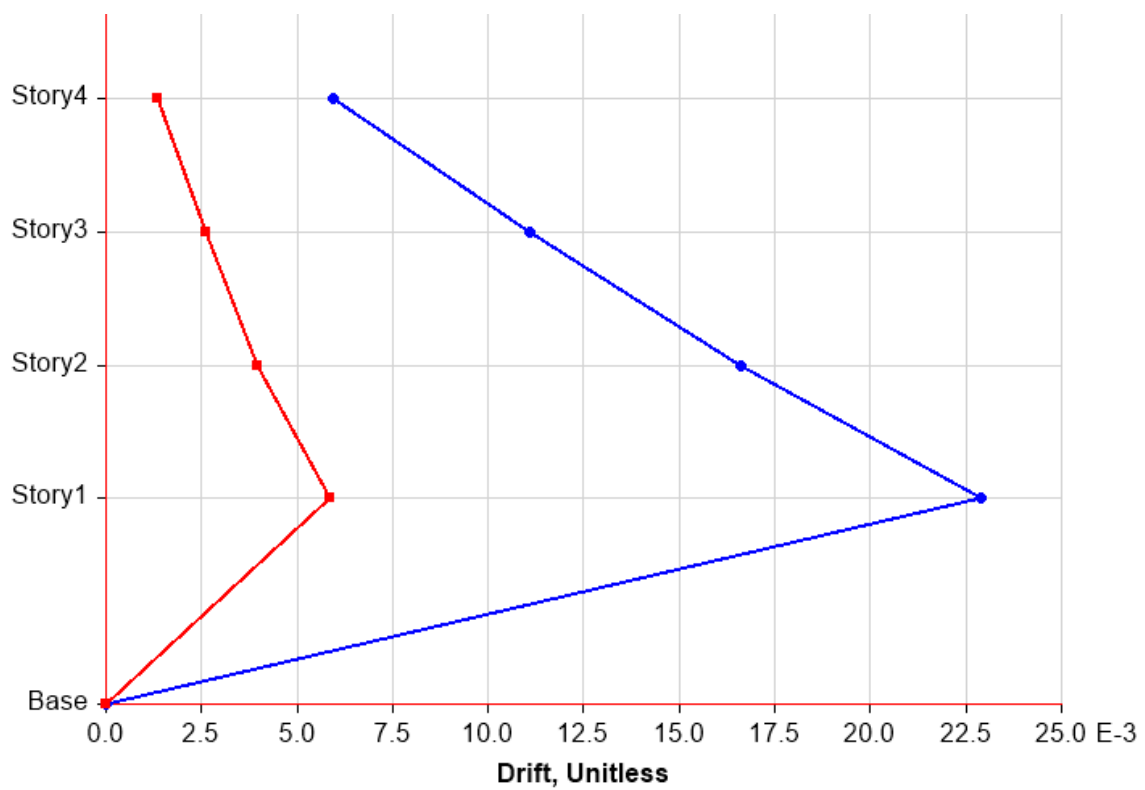


Figura 24 Desplazamiento de centro de masa en X

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m			
Story4	12.5	Top	0.0004	0.0046
Story3	9.75	Top	0.0007	0.0089
Story2	7	Top	0.0011	0.0136
Story1	4.25	Top	0.0018	0.0205
Base	0	Top	0	0



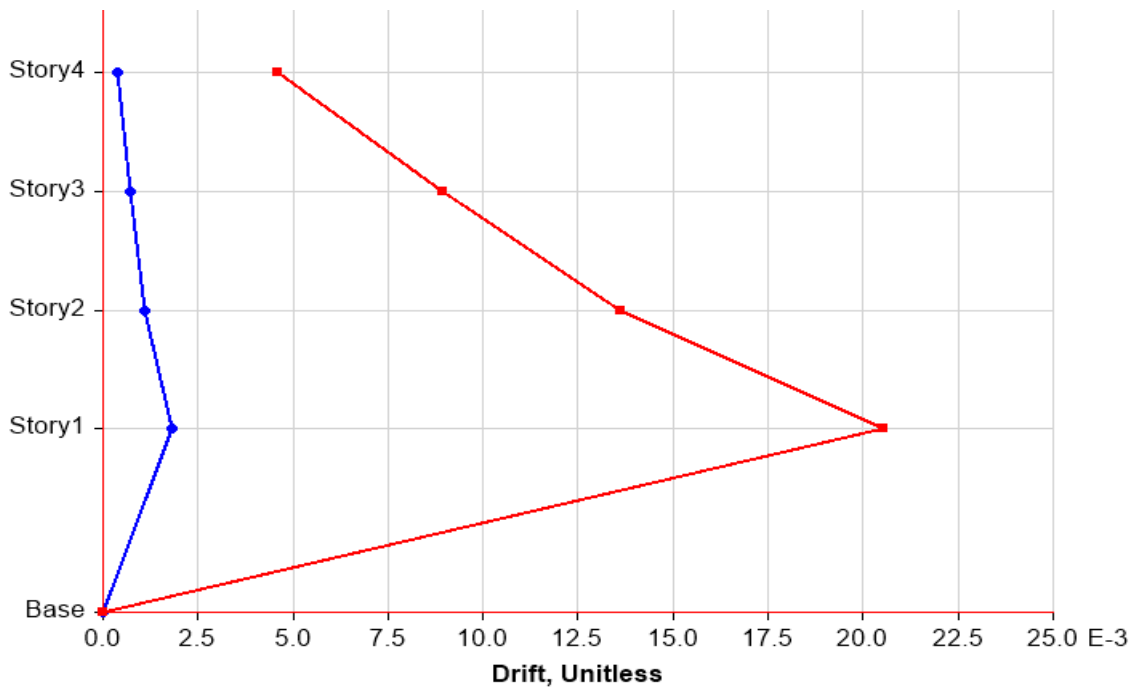


Figura 25 Desplazamiento de centro de masa en Y

Fuente: *Elaboración Propia*

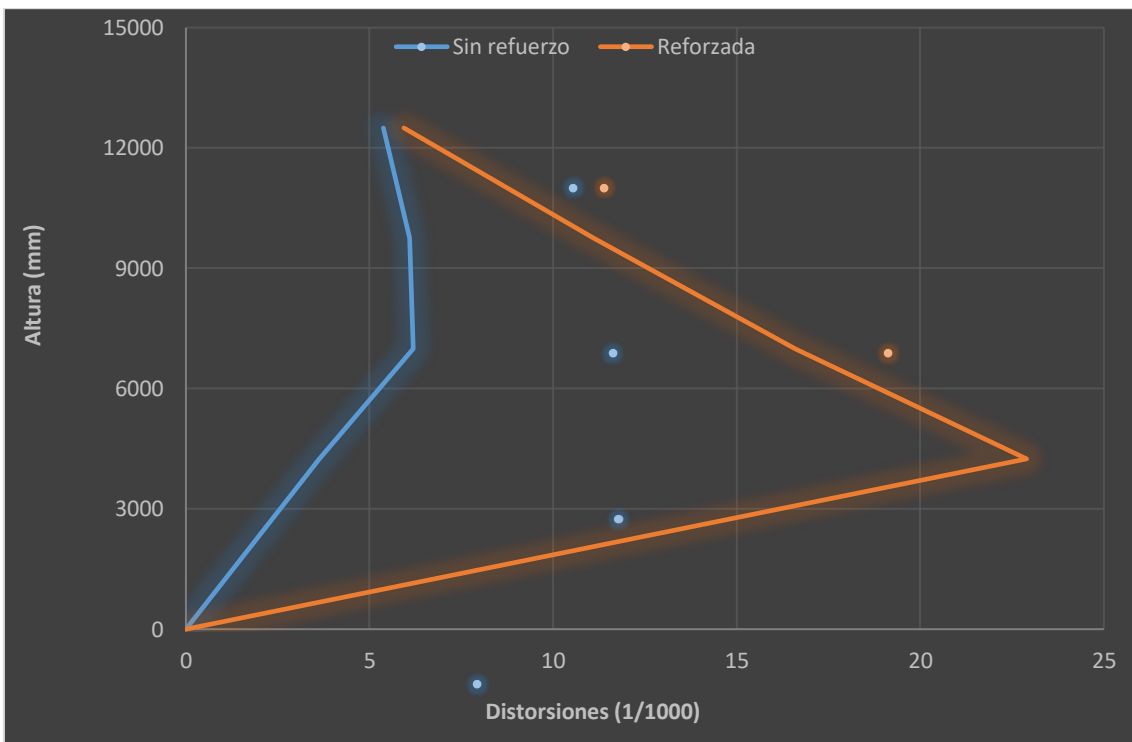


Figura 26 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección X.

Fuente: *Elaboración propia.*

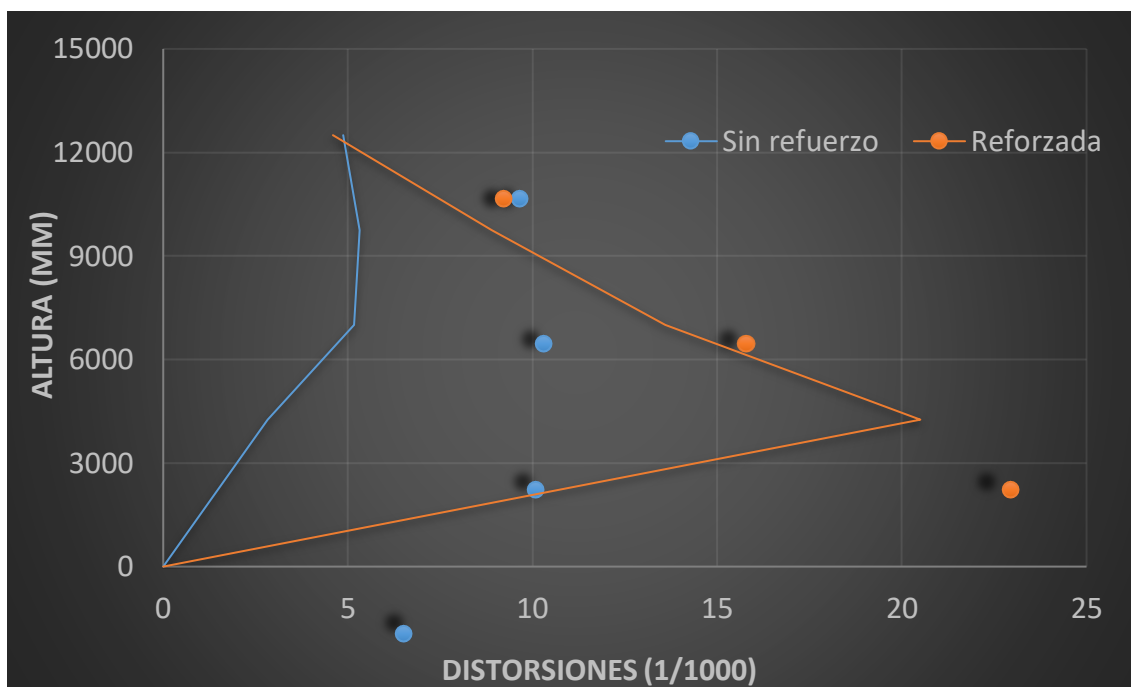


Figura 27 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección Y.

Fuente: Elaboración propia.

### Objetivo específico N°02

¿Qué cuanto se reduce la cortante de entrepiso de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021?

En lo presente se evidencia lo alcanzado en torno al análisis sísmico estructural de la edificación sin reforzamiento estructural y de la estructura con reforzamiento estructural. Los resultados encontrados evidencian claramente que el reforzamiento propuesto mostró un incremento en la rigidez lateral de la estructura analizada, por lo que no solo disminuyeron los periodos fundamentales de la estructura, sino que se incrementaron de manera notable las fuerzas cortantes dinámicas ocurridas en la base de la estructura. Estos resultados nos permiten afirmar que la edificación analizada incrementa la cortante basal cuando se aplica la técnica de reforzamiento propuesta.

### Máximas cortantes laterales por piso reforzada

Tabla 10 Cortante dinámico en X por nivel. Fuente: Elaboración propia.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Story4	12.5	Top	18.4354	0.5229
		Bottom	21.1688	0.4906
Story3	9.75	Top	38.507	1.0738
		Bottom	40.3175	1.0458
Story2	7	Top	51.8001	1.4271
		Bottom	52.9767	1.4081
Story1	4.25	Top	59.7846	1.5984
		Bottom	60.4084	1.5901
Base	0	Top	0	0
		Bottom	0	0

Fuente: Elaboración Propia

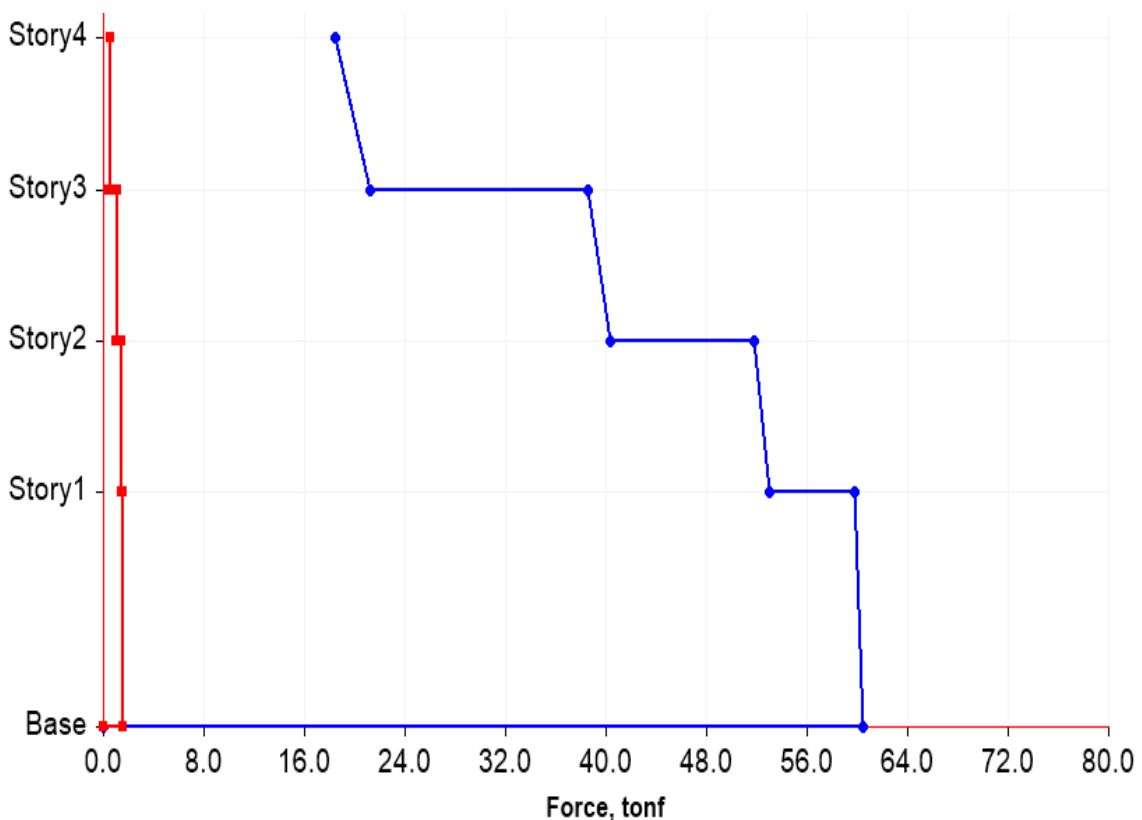


Figura 28 Fuerza cortante en X por nivel de piso. Desarrollado en el ETABS.

Fuente: programa etabs.

Tabla 11 Cortante dinámico en Y por nivel. Fuente: Elaboración propia.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Story4	12.5	Top	0.4716	21.7184
		Bottom	0.545	24.9796
Story3	9.75	Top	1.0211	45.3776
		Bottom	1.0719	47.5368
Story2	7	Top	1.3829	60.9696
		Bottom	1.4133	62.3337
Story1	4.25	Top	1.576	69.7628
		Bottom	1.5901	70.4122
Base	0	Top	0	0
		Bottom	0	0

fuelle: Elaboración Propia

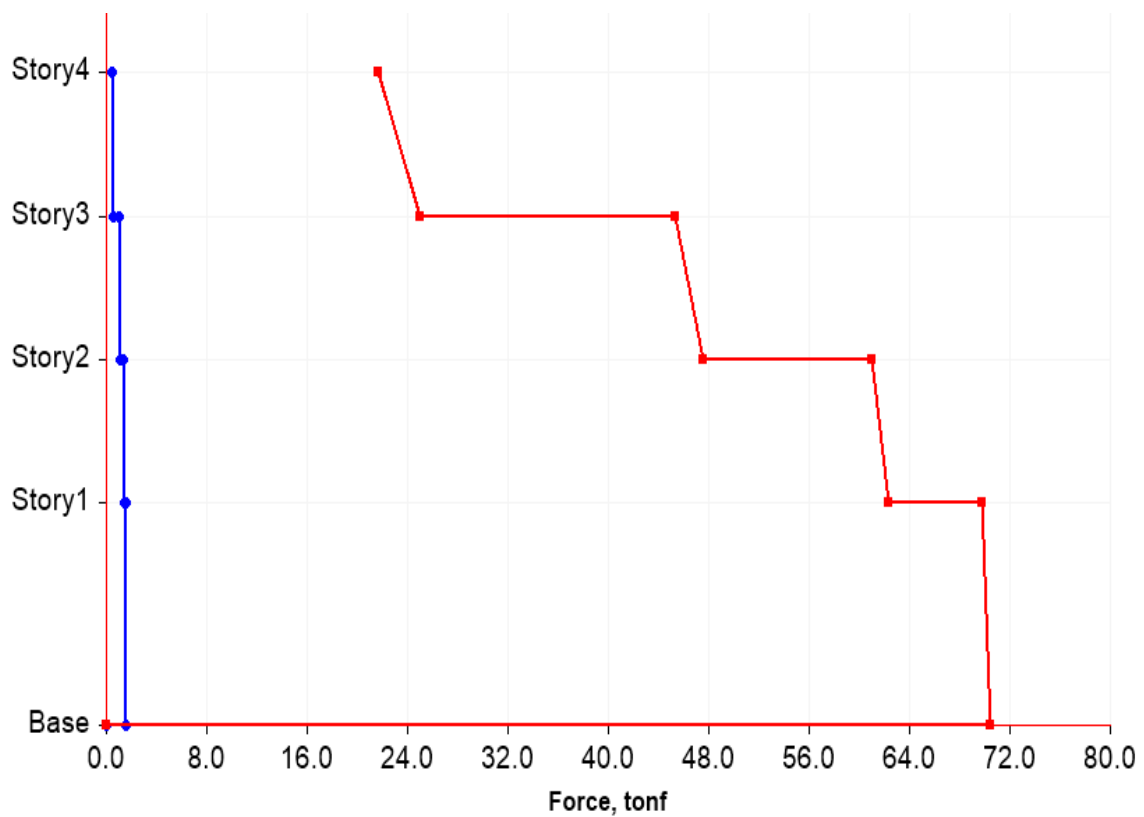


Figura 29 Fuerza cortante en Y por nivel de piso.

Desarrollado en el ETABS.

### Cortantes dinámicas de la estructura sin reforzar

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Story4	12.5	Top	12.596	0.3745
		Bottom	12.596	0.3745
Story3	9.75	Top	27.3947	0.8903
		Bottom	27.3947	0.8903
Story2	7	Top	39.2475	1.2947
		Bottom	39.2475	1.2947
Story1	4.25	Top	47.8411	1.5389
		Bottom	47.8411	1.5389
Base	0	Top	0	0
		Bottom	0	0

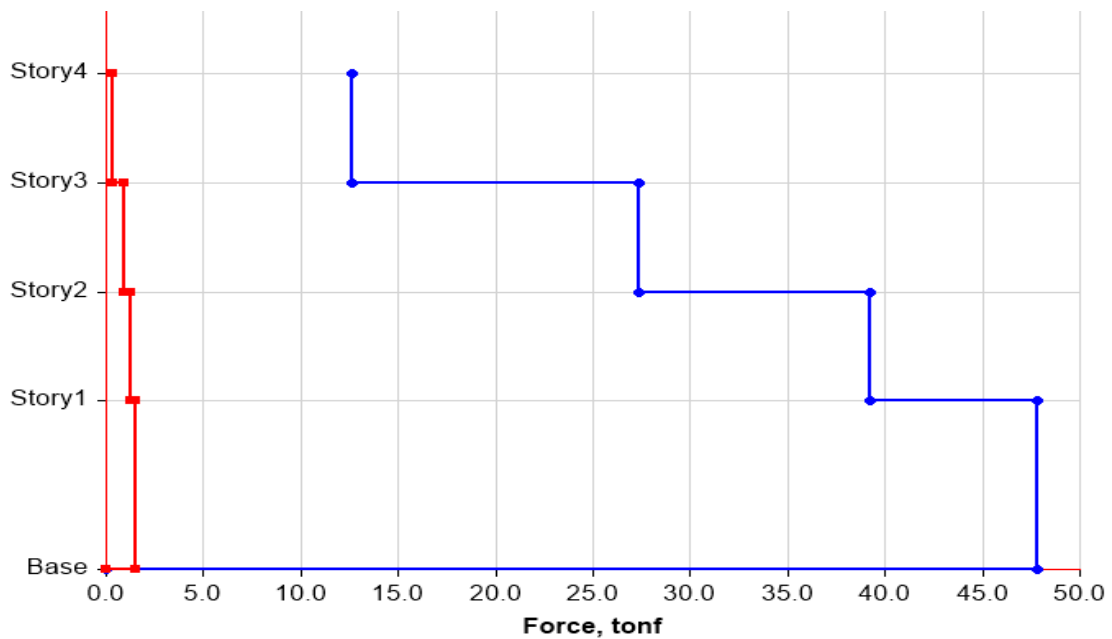


Figura 30 Fuerza cortante en Y por nivel de piso.

*Desarrollado en el ETABS.*

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Story4	12.5	Top	0.3313	11.1614
		Bottom	0.3313	11.1614
Story3	9.75	Top	0.7442	24.3025
		Bottom	0.7442	24.3025
Story2	7	Top	1.0831	34.9208
		Bottom	1.0831	34.9208
Story1	4.25	Top	1.3209	42.9059
		Bottom	1.3209	42.9059
Base	0	Top	0	0
		Bottom	0	0

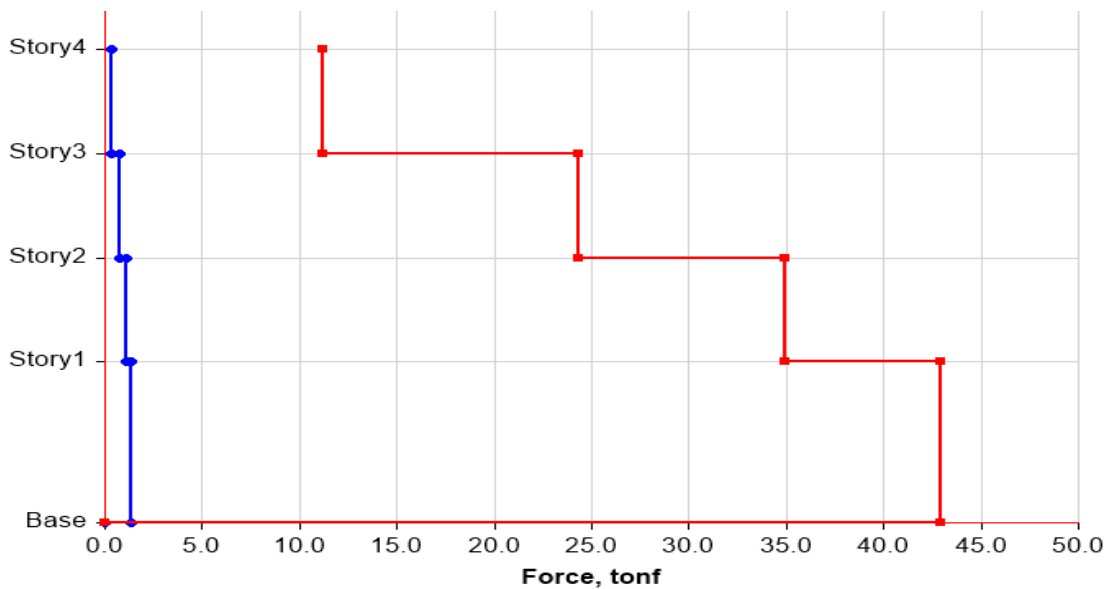


Figura 31 Fuerza cortante en Y por nivel de piso.

*Desarrollado en el ETABS*

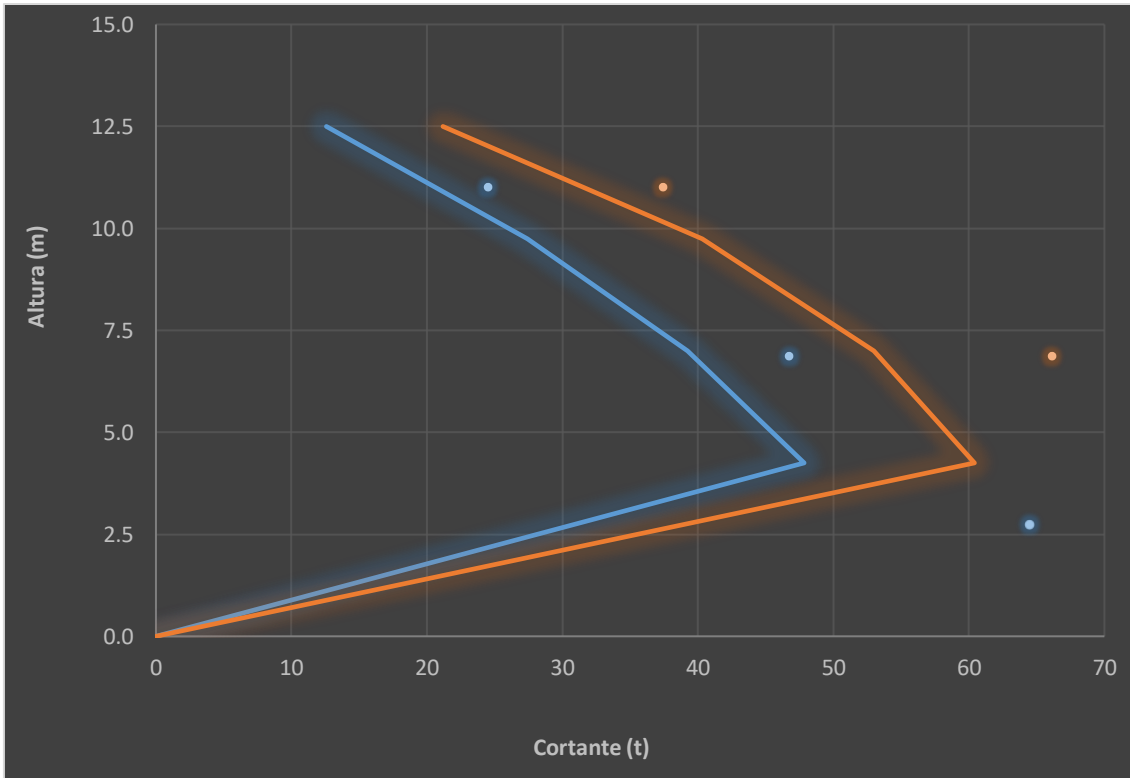


Figura 32 Comparación de fuerzas cortantes entre el sistema reforzado y sin reforzar.

Fuente: Elaboración propia

### Verificación del cortante estático

#### Factor de amplificación sísmica

##### PERIODO EN X

$T_p = 0.60$

$T_L = 2.00$

ETABS  $T_x = 0.379$

$C_x = 2.5$

##### PERIODO EN Y

ETABS  $T_y = 0.414$

$C_y = 2.5$

$T < T_p$	$C = 2,5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

AHORA HALLANDO EL CX Y XY  
PARA INTRODUCIR EN EL  
SOFTWARE

$$CX = Z \cdot U \cdot C \cdot S / R \quad \mathbf{0.1969}$$

$$CY = Z \cdot U \cdot C \cdot S / R \quad \mathbf{0.1969}$$

**DISTRIBUCION DE LA FUERZA SISMICA EN ALTURA**

COMO EN NUESTRO CASO EL PERIODO ES MAYOR QUE 0.5 SEGUNDOS USAREMOS

$$K = (0.75 + 0.5 \cdot T) < 2$$

T menor que 0.5 segundos

$$K = 1$$

T mayor que 0.5 segundos

$$K = (0.75 + 0.5 \cdot T) < 2.0$$

$$K_x = 1.000$$

$$K_y = 1.000$$

**Factor de escalamiento por cortante estático**

<b>VERIFICACIÓN DE CORTANTE</b>				
<b>CORTANTE</b>	<b>ESTATICO</b>	<b>DINAMICO</b>	<b>VERIFICACIÓN 80% DEL EST. PARA ESTRUCTURAS REGULARES</b>	<b>CONDICIÓN</b>
X-X	88.50	60.41	70.80	<b>NO CUMPLE</b>
Y-Y	88.50	70.41	70.80	<b>NO CUMPLE</b>

En caso no cumpla la condición, se calculará el Factor de Escala para multiplicarlo a la fuerza mas no al desplazamiento.

$$F.E.x = 1.172$$

$$F.E.y = 1.006$$



### Verificación de irregularidad torsional

Nivel	Carga	Desp Relativo X-X	Dist X-X	Promedio Dist X-X	Desp Rel/Prom Dist	Verif X-X
Story4	DX	0.0148	0.0054	0.0007	0.3643	<b>Regular</b>
Story3	DX	0.0112	0.0061	0.0005	0.0489	<b>Regular</b>
Story2	DX	0.0073	0.0062	0.0004	0.0478	<b>Regular</b>
Story1	DX	0.0023	0.0036	0.0001	0.0588	<b>Regular</b>

Nivel	Carga	Desp Relativo Y-Y	Dist Y-Y	Promedio Dist Y-Y	Desp Rel/Prom Dist	Verif Y-Y
Story4	DY	0.0006	0.0049	0.0006	1.0849	<b>Regular</b>
Story3	DY	0.0004	0.0053	0.0005	1.0741	<b>Regular</b>
Story2	DY	0.0003	0.0052	0.0003	1.0221	<b>Regular</b>
Story1	DY	0.0001	0.0028	0.0001	1.2193	<b>Irregularidad Torsional</b>

De acuerdo al RNE de la E030 en el artículo 21 de Restricciones a la Irregularidad, del 21.1 "Categoría de la edificación e irregularidad" de la tabla N°10.

Para nuestro proyecto de edificación está permitido la "Irregularidad torsional" mas no la Irregularidad torsional extrema.

Tabla N° 10		
CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Figura 33 Recorte de Tabla N°10 del capítulo 21 de la Norma E030 del RNE.

Fuente: Norma E-030 RNE

### OBJETIVO ESPECIFICO N°03

¿Cuánto se incrementa la resistencia lateral de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021?

En esta sección se presenta el proceso seguido para la consecución del tercer objetivo específico de este trabajo de investigación. Se muestran partes de los elementos, denominados como verticales, resistentes a sismos de la edificación reforzada contra las secciones de los elementos resistentes de la edificación sin reforzar. Como se aprecia de los resultados presentados, el hecho de tener secciones de mayor tamaño y mayor cantidad de refuerzo demuestra que la resistencia lateral de la estructura reforzada ha sido mayor significativamente, llegando a cumplir con el tercer objetivo específico.

# DISEÑO DEL REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

## DISEÑO DE VIGAS

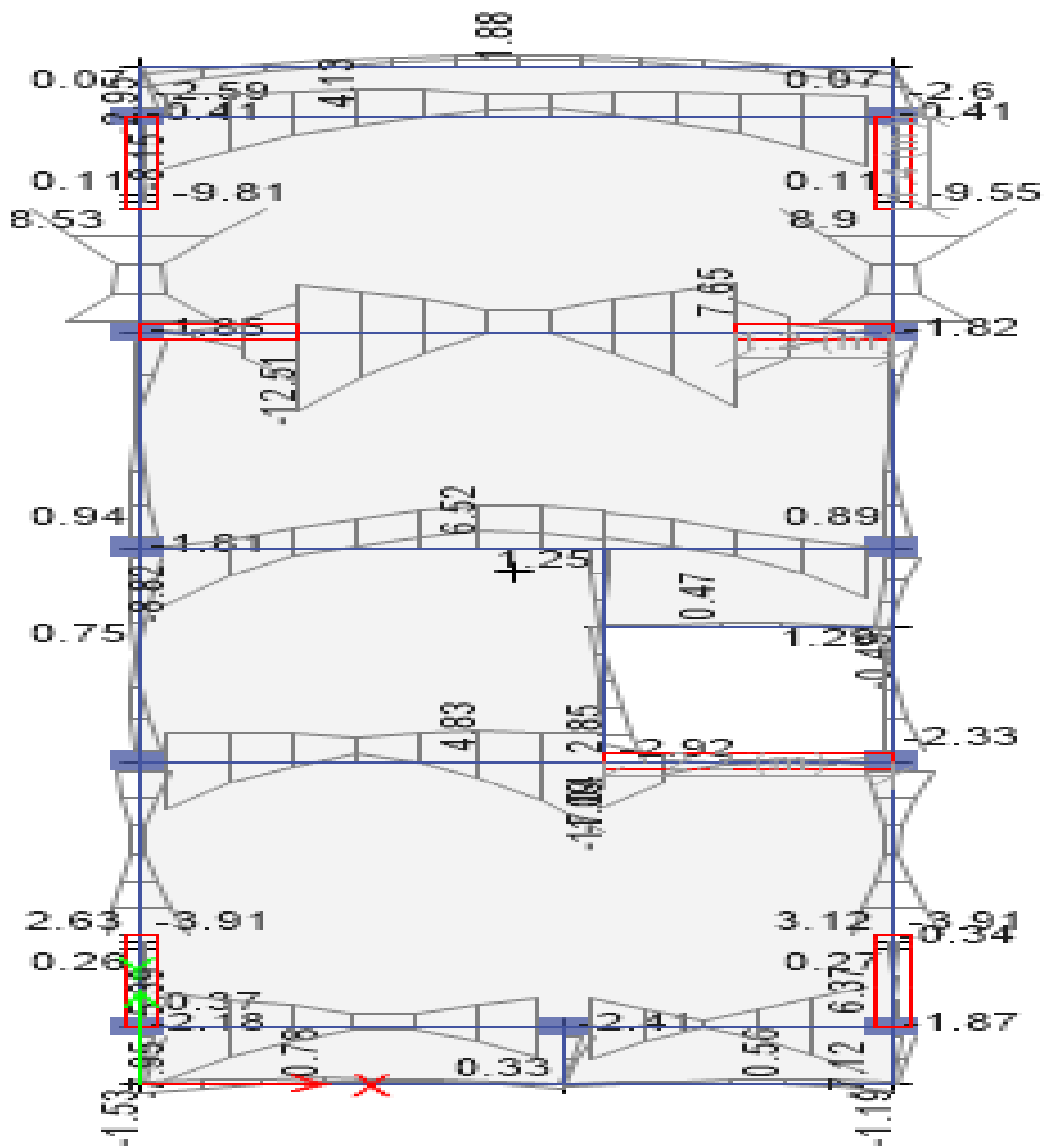


Figura 34 Diagrama de Momento flector 1er nivel. Desarrollado en el ETABS

Fuente: Programa Etabs

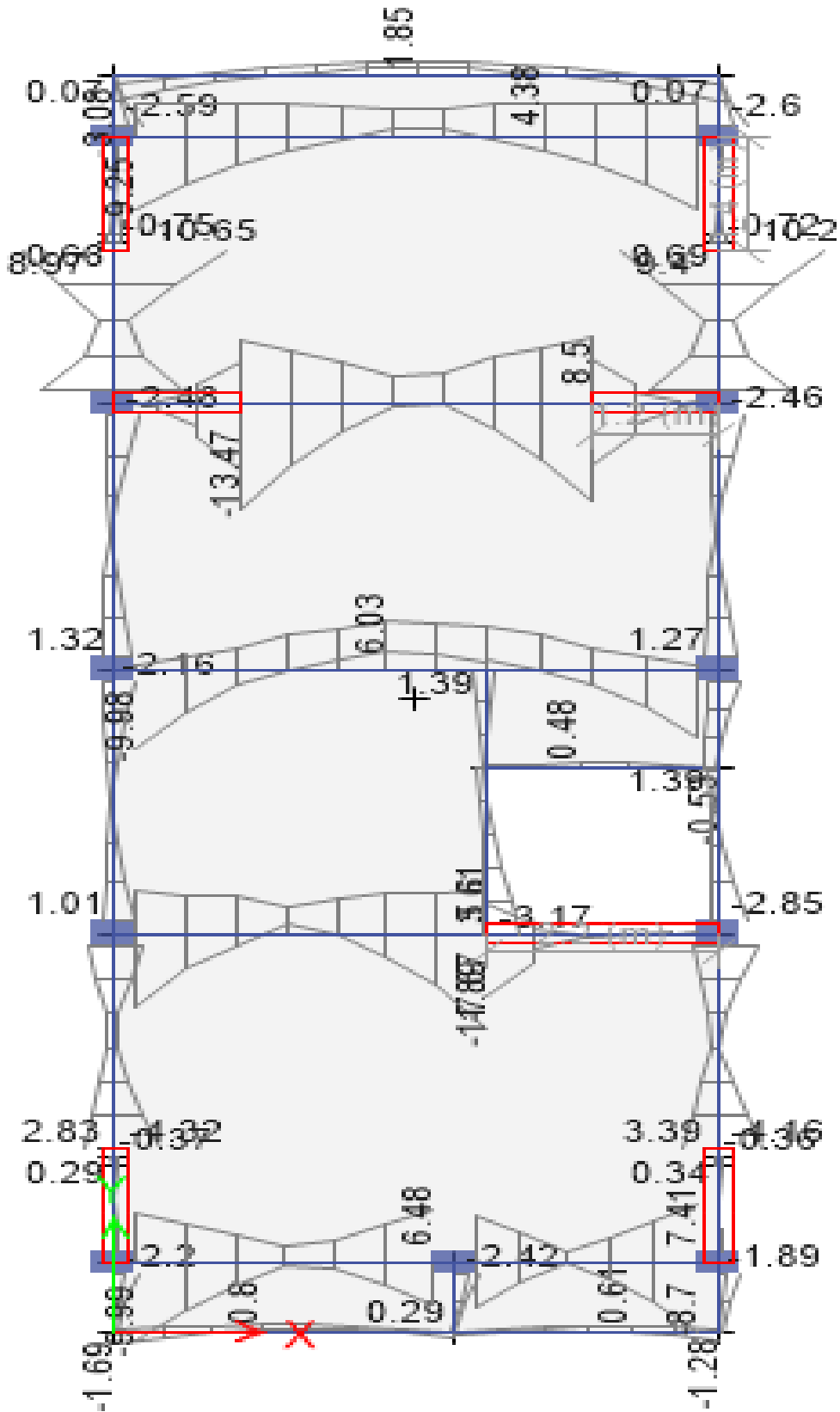


Figura 35 Diagrama de Momento flector 2do nivel. Desarrollado en el ETABS

Fuente: Programa Etabs

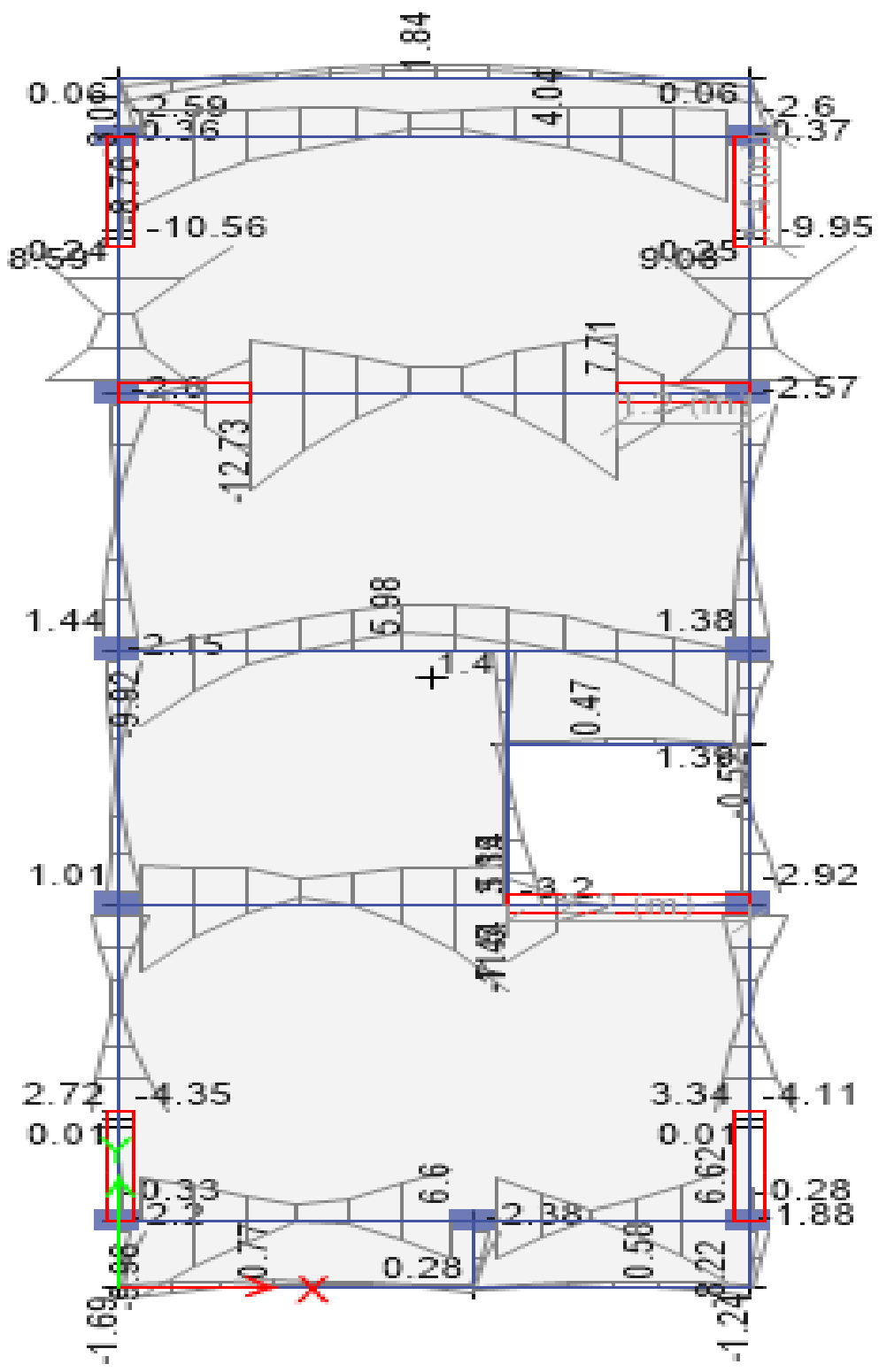


Figura 36 Diagrama de Momento flector 3ero nivel. Desarrollado en el ETABS

Fuente: programa etabs

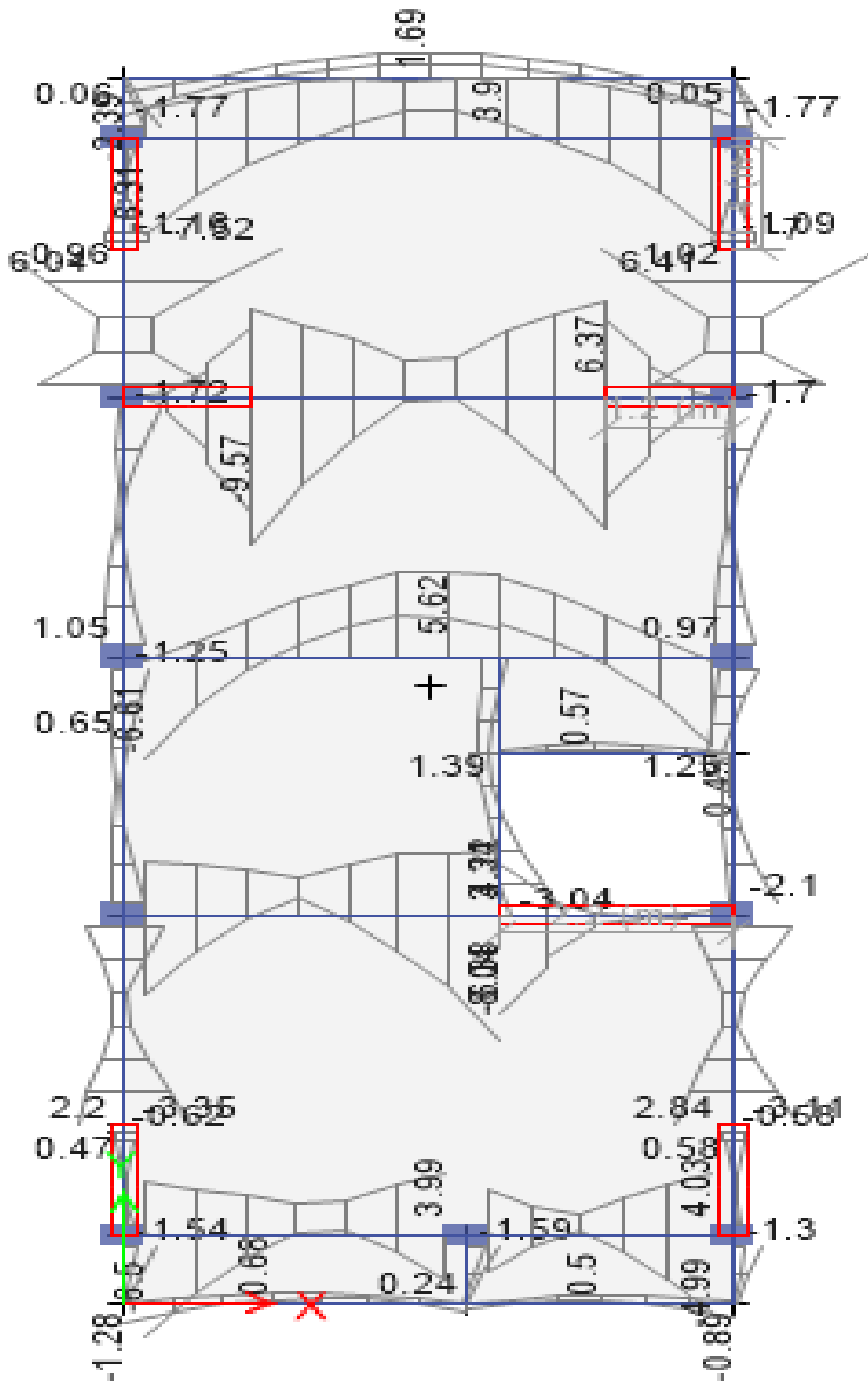


Figura 37 Diagrama de Momento flector 4to nivel. Desarrollado en el ETABS

Fuente: programa etabs

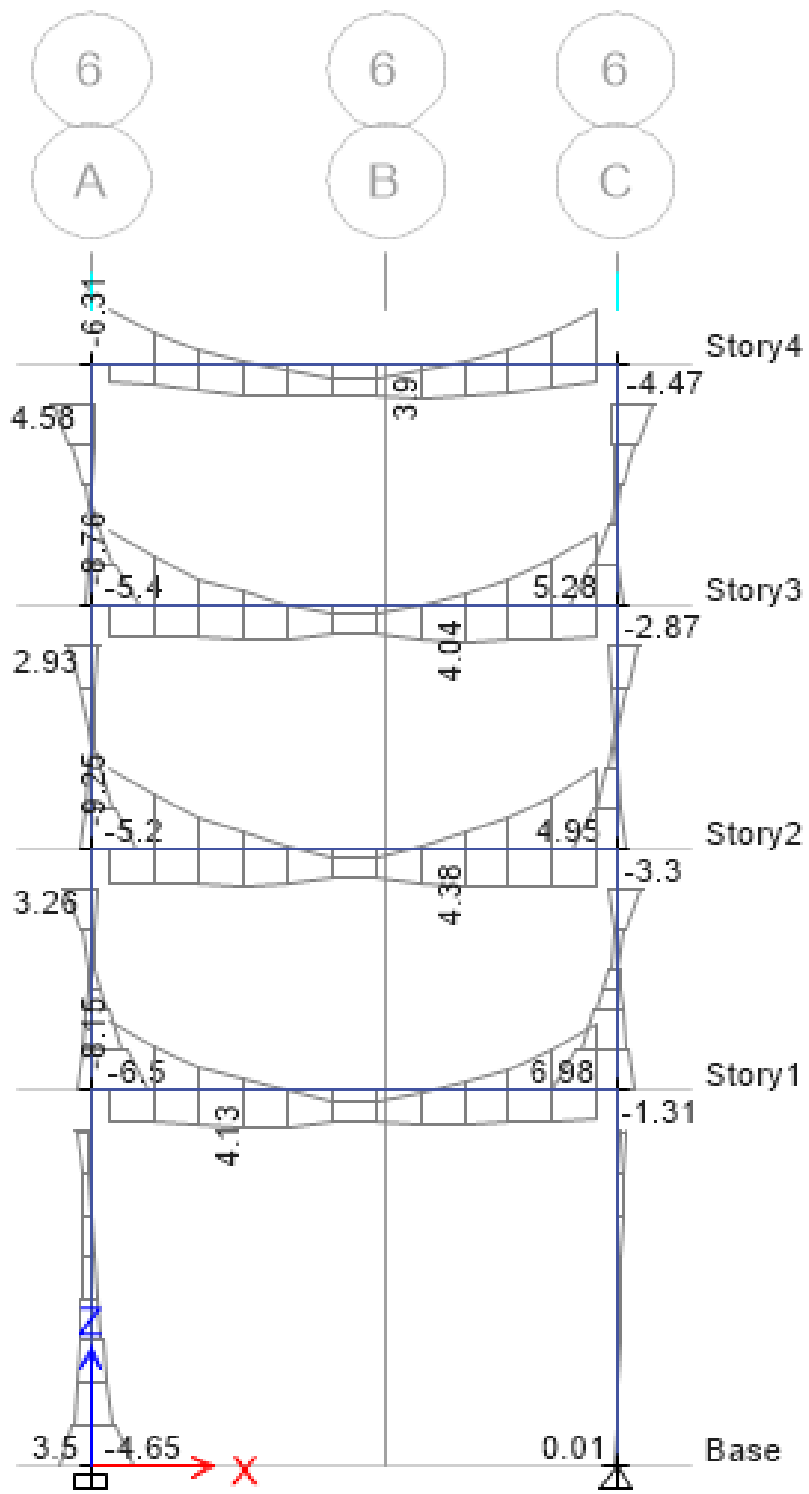


Figura 38 Diagrama de Momento flector elevación de eje A-A.

Fuente: programa etabs

## DISEÑO POR FLEXION - E060

### 1. Datos del material

$$f'c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia a la compresión

$$fy := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia a la fluencia del concreto

$$\phi b := 0.9$$

Factor de reducción por flexión

$$\phi v := 0.85$$

Factor de reducción por cortante

$$\phi t := 0.85$$

Factor de reducción por torsión

### 2. Datos de la geometría

$$b := 30 \text{ cm}$$

Ancho de viga

$$h := 45 \text{ cm}$$

Peralte de viga

$$r := 4 \text{ cm}$$

Recubrimiento libre

$$\phi long := \frac{5}{8} \text{ in}$$

Diámetro de refuerzo longitudinal

$$\phi estrib := \frac{3}{8} \text{ in}$$

Diámetro de estribo

$$d' := h - \left( r + \phi estrib + \frac{\phi long}{2} \right) = 39.254 \text{ cm}$$

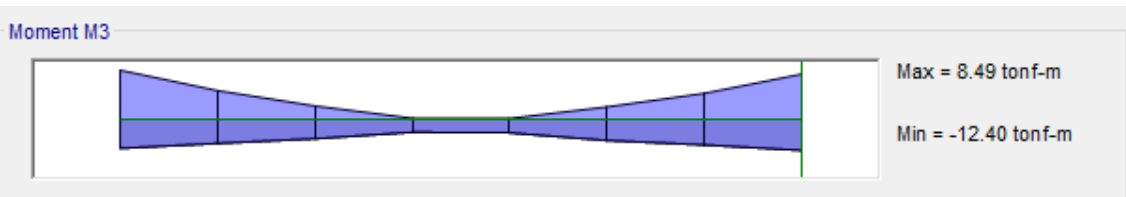
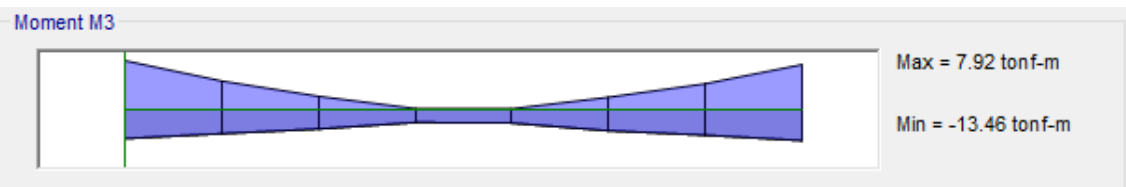
Peralte efectivo de viga

### 3. Momento actuante (ETABS)

$$M_{u,NEG\_IZQ} := 13.46 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{u,NEG\_DERECHO} := 12.4 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{u,POSITIVO} := 7.92 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$





#### 4. Diseño

$$As_{flexion.NEG\_IZQ} := 0.85 \cdot \frac{f'c}{fy} \cdot b \cdot d' \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu.NEG\_IZQ}{(\phi b \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d'^2)}} \right)$$

$$As_{flexion.NEG\_DERECHO} := 0.85 \cdot \frac{f'c}{fy} \cdot b \cdot d' \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu.NEG\_DERECHO}{(\phi b \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d'^2)}} \right)$$

$$As_{flexion.POSITIVO} := 0.85 \cdot \frac{f'c}{fy} \cdot b \cdot d' \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu.POSITIVO}{(\phi b \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d'^2)}} \right)$$

$$As_{flexion.NEG\_IZQ} = 10.088 \text{ cm}^2$$

$$As_{flexion.NEG\_DERECHO} = 9.203 \text{ cm}^2$$

$$As_{flexion.POSITIVO} = 5.657 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{cuantia.NEG\_IZQ} := \frac{As_{flexion.NEG\_IZQ}}{b \cdot d'} = 0.009$$

$$\rho_{cuantia.NEG\_DERECHO} := \frac{As_{flexion.NEG\_DERECHO}}{b \cdot d'} = 0.008$$

$$\rho_{cuantia.POSITIVO} := \frac{As_{flexion.POSITIVO}}{b \cdot d'} = 0.005$$

$$\rho_{minima} := \begin{cases} \text{if } \frac{14}{fy} \cdot \frac{kgf}{cm^2} > 0.8 \cdot \frac{\sqrt{f'c \cdot \frac{cm^2}{kgf}} \cdot \frac{kgf}{cm^2}}{fy} \\ \left| \frac{14}{fy} \cdot \frac{kgf}{cm^2} \right. \\ \text{else} \\ \left. \left| 0.8 \cdot \frac{\sqrt{f'c \cdot \frac{cm^2}{kgf}} \cdot \frac{kgf}{cm^2}}{fy} \right. \right. \end{cases} = 0.003$$

$$As_{minimo} := \rho_{minima} \cdot b \cdot d' = 3.925 \text{ cm}^2 \quad \text{equivale}$$

$$2 @ \cdot \frac{5}{8} \text{ in}$$

altura de compresión en la sección

$$a_{LADO\_IZQ} := \frac{As_{flexion.NEG\_IZQ} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = 7.912 \text{ cm}$$

$$a_{LADO\_DERECHO} := \frac{As_{flexion.NEG\_DERECHO} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = 7.218 \text{ cm}$$

$$a_{POSITIVO} := \frac{As_{flexion.POSITIVO} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = 4.437 \text{ cm}$$

Momento nominal

$$M_{n\_NEG\_IZQ} := A_{s\_flexion\_NEG\_IZQ} \cdot f_y \cdot \left( d' - \frac{a_{LADO\_IZQ}}{2} \right) = 14.956 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{n\_NEG\_DERECHA} := A_{s\_flexion\_NEG\_DERECHO} \cdot f_y \cdot \left( d' - \frac{a_{LADO\_DERECHO}}{2} \right) = 13.778 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{n\_POSITIVO} := A_{s\_flexion\_POSITIVO} \cdot f_y \cdot \left( d' - \frac{a_{POSITIVO}}{2} \right) = 8.8 \text{ tonnef} \cdot m$$

## 5. Verificación

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_{balanceada} := \left( \frac{0.85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \right) \cdot \left( \frac{6000}{6000 + f_y \cdot \frac{cm^2}{kgf}} \right)$$

$$\rho_{maxima} := 0.75 \cdot \rho_{balanceada} = 0.016$$

if  $\rho_{cuantia\_NEG\_IZQ} > \rho_{maxima}$  = "Si cumple"  
 || "No cumple"  
 else  
 || "Si cumple"

**Nota:**  
 Cuando no cumple  
 cambiar de sección

if  $\rho_{cuantia\_NEG\_DERECHO} > \rho_{maxima}$  = "Si cumple"  
 || "No cumple"  
 else  
 || "Si cumple"

if  $\rho_{cuantia\_POSITIVO} > \rho_{maxima}$  = "Si cumple"  
 || "No cumple"  
 else  
 || "Si cumple"

## 5. Acero de diseño

### M. NEGATIVO IZQUIERDO

$$\phi_{long_1} := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$n_{1\_neg\_izq} := 3$$

Diámetro de refuerzo longitudinal

$$\phi_{long_2} := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$n_2 := 3$$

**Doble capa**

$$n_{izq\_neg} := n_{1\_neg\_izq} + (n_2 - 1) \begin{matrix} arriba \\ abajo \end{matrix}$$

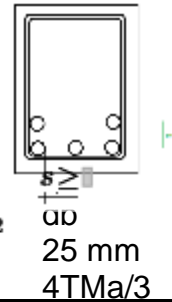
$$A_{acero.long_1} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{long_1}}{2} \right)^2 = 1.979 \text{ cm}^2$$

Área de refuerzo longitudinal

$$A_{\text{acero.long2}} := \pi \cdot \left( \frac{\phi \text{long}_2}{2} \right)^2 = 1.979 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{flexion.NEG_IZQ}} = 10.088 \text{ cm}^2 \text{ (necesario)}$$

$$A_{\text{acero.propuesto}} := n_{1\_neg\_izq} \cdot A_{\text{acero.long1}} + n_2 \cdot A_{\text{acero.long2}}$$



$$A_{\text{acero.propuesto}} = 11.876 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{maximo}}} := \rho_{\text{maximo}} \cdot b \cdot d' = 18.768 \text{ cm}^2$$

Condición = "Cumple"

### Limites longitudinales

$$M_{\text{acero\_prop\#1}} = 8.288 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

Momento actuante de AREA de acero de varillas longitudinales



$$L_{\text{momento\_acero\#1}} := 0.442 \cdot m$$

Agregando distancia desde el punto de corte

$$\phi \text{long}_2 = 1.588 \text{ cm}$$

$$d' = 39.254 \text{ cm}$$

$$12 \phi \text{long}_2 = 19.05 \text{ cm}$$

se elige el mayor

$$L_{\text{bci}} := L_{\text{momento\_acero\#1}} + d' = 83.454 \text{ cm}$$

redondea 0.85 m

### Longitud de desarrollo

$$\Psi_t := 1 \quad \Psi_e := 1 \quad \Psi_s := 0.8 \quad \lambda := 1$$

$$L_d := \frac{f_y \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}} \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \lambda}{8.2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}}} \cdot \phi \text{long}_2 = 56.11 \text{ cm}$$

**M. NEGATIVO DERECHO**

$$\phi long_1 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$n_{1\_der\_neg} := 3$$

$$\phi long_2 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$n_2 := 2$$

$$n_{der\_neg} := n_{1\_der\_neg} + n_2$$

$$A_{acero.long1} := \pi \cdot \left( \frac{\phi long_1}{2} \right)^2 = 1.979 \text{ cm}^2$$

$$A_{acero.long2} := \pi \cdot \left( \frac{\phi long_2}{2} \right)^2 = 1.979 \text{ cm}^2$$

$$A_{acero.propuesto} := n_{1\_der\_neg} \cdot A_{acero.long1} + n_2 \cdot A_{acero.long2}$$

$$A_{acero.propuesto} = 9.897 \text{ cm}^2$$

$$A_{sflexion.NEG\_DERECHO} = 9.203 \text{ cm}^2 \quad (\text{necesario})$$

$$A_{smaximo} := \rho_{maxima} \cdot b \cdot d' = 18.768 \text{ cm}^2$$

**Condición = "Cumple"**

Limites longitudinales

$$M_{acero\_prop\#1} = 8.288 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

Momento actuante de AREA de acero de varillas longitudinales



$$L_{momento\_acero\#1} := 3.35 \text{ m} - 2.979 \cdot \text{m}$$

$$L_{momento\_acero\#1} = 0.371 \text{ m}$$

Agregando distancia desde el punto de corte

$$\phi long_2 = 1.588 \text{ cm}$$

$$d' = 39.254 \text{ cm}$$

$$12 \phi long_2 = 19.05 \text{ cm}$$

se elige el mayor

$$L_{bci} := L_{momento\_acero\#1} + d' = 76.354 \text{ cm}$$

**redondea 0.80 m**

Longitud de desarrollo

$$\Psi_t := 1$$

$$\Psi_e := 1$$

$$\Psi_s := 0.8$$

$$\lambda := 1$$

$$Ld := \frac{f_y \cdot \frac{cm^2}{kgf} \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \lambda}{8.2 \cdot \sqrt{f'c \cdot \frac{cm^2}{kgf}}} \cdot \phi long_2 = 56.11 \text{ cm}$$

**MOMENTO. POSITIVO**

$$\phi long_1 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$n_{1\_positivo} := 2$$

$$n_{positivo} := n_{1\_positivo} + n_2$$

$$\phi long_2 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$n_2 := 1$$

$$A_{acero.long1} := \pi \cdot \left( \frac{\phi long_1}{2} \right)^2 = 1.979 \text{ cm}^2$$

$$A_{acero.long2} := \pi \cdot \left( \frac{\phi long_2}{2} \right)^2 = 1.979 \text{ cm}^2$$

$$A_{acero.propuesto} := n_{1\_positivo} \cdot A_{acero.long1} + n_2 \cdot A_{acero.long2}$$

$$A_{acero.propuesto} = 5.938 \text{ cm}^2$$

$$A_{sflexion.POSITIVO} = 5.657 \text{ cm}^2 \quad \text{necesita}$$

$$A_{smaximo} := \rho_{maxima} \cdot b \cdot d' = 18.768 \text{ cm}^2$$

**Condición = "Cumple"**

Limites longitudinales

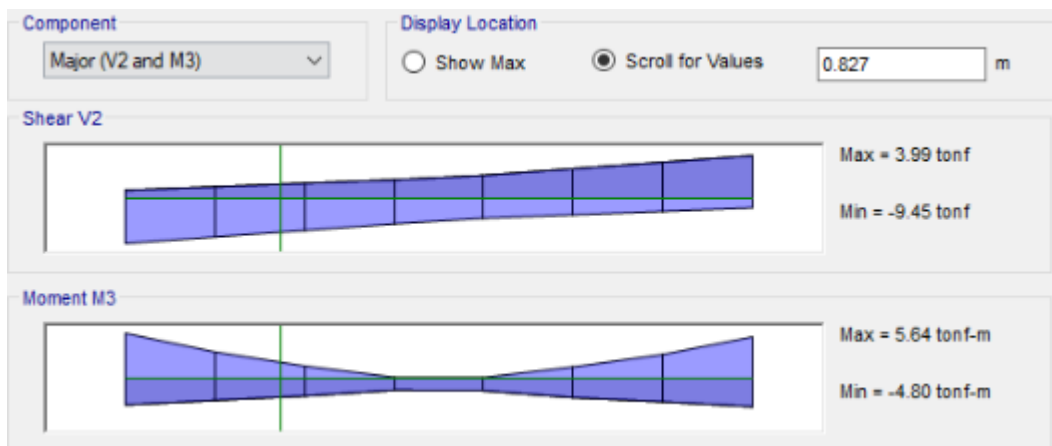
$$M_{acero\_positivo} = 5.642 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

Momento actuante de AREA de acero de varillas longitudinales

$$L_{positivo\_izq} := 82.7 \text{ cm}$$

$$L_{positivo\_der} := 3.35 \text{ m} - 2.37 \text{ m}$$

$$L_{positivo\_der} = 98 \text{ cm}$$





Agregando distancia desde el punto de corte

$$\phi long_2 = 1.588 \text{ cm} \quad d' = 39.254 \text{ cm} \quad \text{se elige el mayor}$$

$$12 \phi long_2 = 19.05 \text{ cm}$$

$$Lb_{pos\_izq} := L_{positivo\_izq} + d' = 121.954 \text{ cm} \quad \text{redondea} \quad 1.25 \text{ m}$$

$$Lb_{pos\_der} := L_{positivo\_der} + d' = 137.254 \text{ cm} \quad \text{redondea} \quad 1.40 \text{ m}$$

Longitud de desarrollo

$$\Psi_t := 1 \quad \Psi_e := 1 \quad \Psi_s := 0.8 \quad \lambda := 1$$

$$Ld := \frac{f_y \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}} \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \lambda}{8.2 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}}}} \cdot \phi long_2 = 56.11 \text{ cm}$$

### Verificando espaciamientos

$$\phi long_1 = 1.588 \text{ cm} \quad \text{Diámetro del acero mayor}$$

$$S_{espaciamiento\_mínimo} := 2.5 \text{ cm} \quad \text{Separación mínima de acero longitudinal}$$

$$T_{M.A.4\#3} := \frac{4}{3} \cdot \text{in} = 3.387 \text{ cm} \quad \text{Tamaño máximo del agregado}$$

$$Separacion_{mínima} := \begin{cases} \text{if } \phi long_1 < T_{M.A.4\#3} \\ \quad \left\| T_{M.A.4\#3} \right. \\ \text{also if } S_{espaciamiento\_mínimo} < T_{M.A.4\#3} \\ \quad \left\| T_{M.A.4\#3} \right. \end{cases} = 3.387 \text{ cm}$$

En la parte superior

$$s_{sup\_izq} := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \phi_{estrib} - \left( n_{izq\_neg} \cdot \frac{\phi long_1}{2} \right)}{n_{izq\_neg} - 1}$$

$$s_{sup\_izq} = 4.032 \text{ cm}$$

---

Condición<sub>sup\_izq</sub> = "Cumple"

$$s_{sup\_der} := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \phi_{estrib} - \left( n_{der\_neg} \cdot \frac{\phi_{long_1}}{2} \right)}{n_{der\_neg} - 1}$$

$$s_{sup\_der} = 4.032 \text{ cm}$$

---

Condición<sub>sup\_der</sub> = "Cumple"

En la parte inferior

$$s_{inf\_pos} := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \phi_{estrib} - \left( n_{positivo} \cdot \frac{\phi_{long_1}}{2} \right)}{n_{positivo} - 1}$$

$$s_{inf\_pos} = 5.64 \text{ cm}$$

---

Condición<sub>inf\_neg</sub> = "Cumple"

## DISEÑO POR CORTANTE

### 1.0 Datos del Material

$f'c$	280 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
$\emptyset$	0.85 (E.060)
Diam Estribo	3/8"

### 2.0 Datos de la geometría

$b_w$	30 cm	
$h$	45 cm	
$r'$	4.9525 cm	(dos capas)
$d$	40.0475 cm	

### 3.0 Análisis Estructural

$V_u$	12.64 ton
-------	-----------

### 4.0 Diseño

#### $V_u$

$\emptyset V_c/2$	4.53 ton	<b>Si requiere acero transversal</b>
$\emptyset V_c = \emptyset 0.53 \cdot \text{raiz}(f'c) \cdot b_w \cdot d$	9.06 ton	<b>Calcular acero de estribo</b>

$\emptyset V_s = V_u - \emptyset V_c$	3.58 ton	<b>Fuerza que tiene que absorber el estribo</b>
---------------------------------------	----------	---

#### $V_s$

$2\emptyset V_c = \emptyset 1.06 \cdot \text{raiz}(f'c) \cdot b_w \cdot d$	18.11342 ton	$S_{\max} = \min[60; d/2]$
$4\emptyset V_c = \emptyset 2.12 \cdot \text{raiz}(f'c) \cdot b_w \cdot d$	36.22684 ton	$S_{\max} = \min[30; d/4]$

$V_s$	4.22 ton
-------	----------

$s = (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$	56.66 cm	(Cálculo)
$S_{\max}$	20.02 cm	(Requisito de Norma)

**$S_{\text{diseño}}$  20.02 cm**

Nota: de este diseño ahora, pasamos a la E 060 del RNE a verificar la distribución de estribos que nos da el capítulo 21 para un sistema de Muros estructurales.



## CONDICION DE LA CORTANTE SEGÚN LA NORMA-E060 CAP: 21

- a)
- |                     |              |   |
|---------------------|--------------|---|
| Mn1                 | 17.256 Ton-m | Por el acero longitudinal propuesto                             |
| Mn2                 | 14.704 ton-m | Por el acero longitudinal propuesto                             |
| lu                  | 3.35 m       | Luz libre entre vigas   |
| $V_u = 1.25(cm+cv)$ | 6.75         | Cortante obtenido de la amplificación de las cargas de servicio |

Vu1  
= 16.29 Ton

- b) Condición será dice multiplicar por 2.5 al sismo y de la cual tendremos la siguiente cortante

Vu2  
= 21.43 Ton

A la combinación de carga multiplicamos el sismo de 1 a 1.25

## CORTANTE ULTIMA DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

Vu = 12.64 Ton

Cortante ultimo del análisis estructural ordinario

### FINALMENTE

Vu =	12.64 Ton	se elige el mínimo de la cortante ultima según E 060
Vu1 =	16.29 Ton	
Vu2 =	21.43 Ton	

Como el reglamento nos dice que la cortante ultima según análisis estructural no debe ser menor que las condiciones de cortante del capítulo 21 de la E 060 y en caso lo sea se elegirá el mayor tendremos la cortante ultima de:

**Vu = 16.2903 Ton**



Fig. 21.4.4 Requerimientos de estribos en vigas.

Figura 39 Fig. 21.4.4. del capítulo 21 de la norma E060 del RNE.

Fuente: norma E-060 RNE

En sentido de lo propuesto por la Norma E-060, en su Capítulo 21

En la zona de

El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 100 mm de la cara del elemento de (E060-21.4.4.4)

desde la cara de la columna hasta  $2 \cdot h = 90$

$$s \leq \frac{d}{4} \quad S_{max} := \frac{d}{4} = 9.81 \text{ cm}$$

$$s \leq 8 \phi_s \quad S_{max} := 8 \phi_s = 12.7 \text{ cm}$$

$$s \leq 24 \phi_e \quad S_{max} := 24 \phi_e = 22.86 \text{ cm}$$

$$s \leq 30 \text{ cm} \quad S_{max} := 30 \text{ cm}$$

Respecto de la zona de confinamiento, la separación de estribos será a 9 cm

Para lo central

Entre 90 y 245 de la cara de la columna izquierda

$$s \leq \frac{d}{2} \quad S_{max} := \frac{d}{2} = 19.63 \text{ cm}$$

En esta zona se distribuirá el acero de estribo a cada 17.5 cm

Considerando limites tenemos

Finalmente tenemos

$\phi 3/8$ ; 1 @ 5cm , 10 @ 9 cm, R @ 17.5 cm en ambos Lados

**V.P- (0.30 x 0.45 m)**  
**NIVEL CRITICO**  
**Ejes1-1**

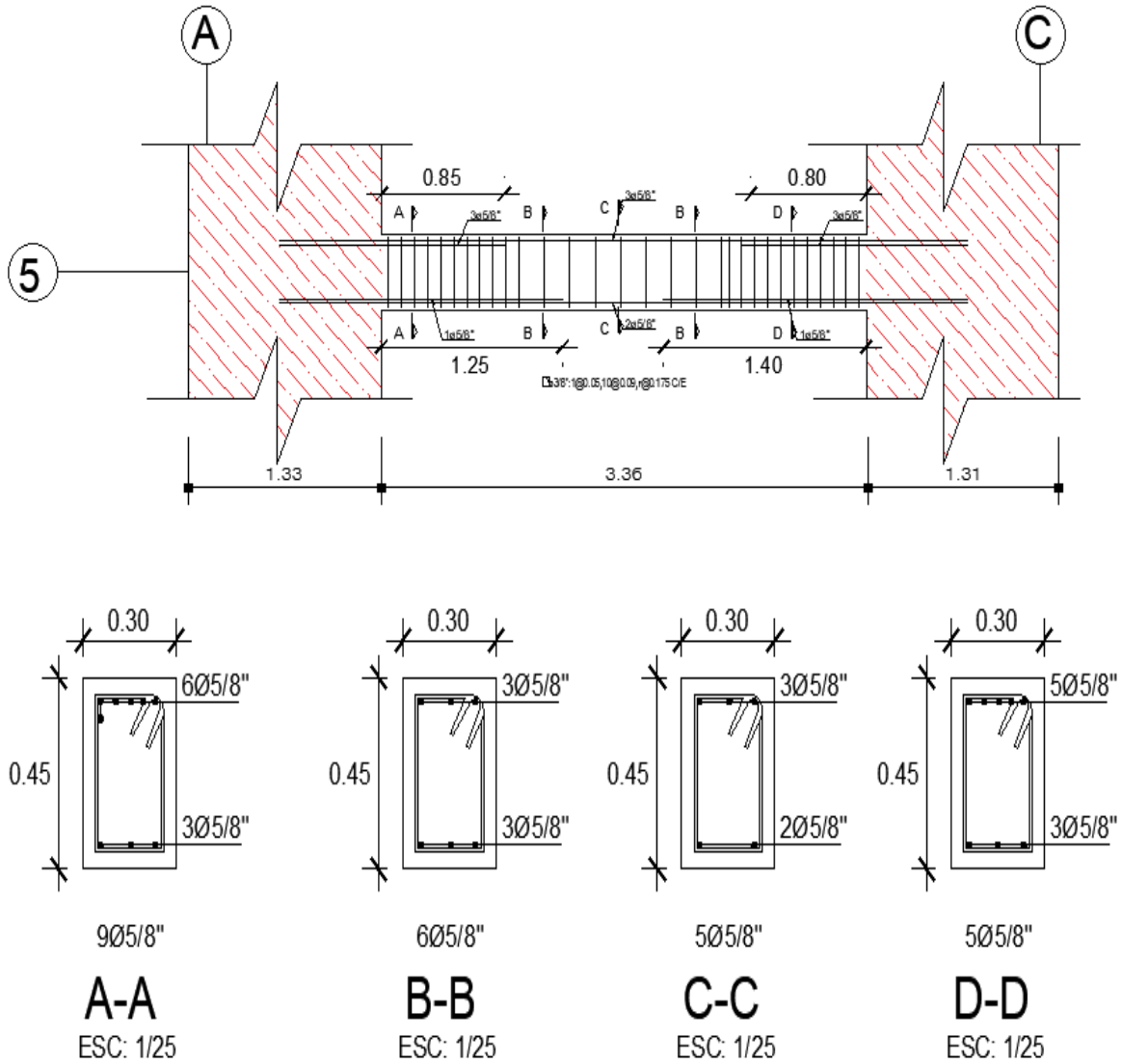


Figura 40 Detalle de diseño de viga principal

Fuente: elaboración propia

**DISEÑO DE LOSAS**

Respecto del diseño de las losas, en torno al aligerado propuesto por el modelo estructural, se debe modificar la disposición del tipo de losa membrana a losas Shell, puesto que la primera losa solo transmite fuerzas horizontales, empero la segunda tiene 6 grados de libertad en cada nudo, de forma que aporta con un diagrama de deformación vertical lo cual muestra cómo se deforma el aligerado.

The image shows a software interface with two sections: 'General Data' and 'Property Data'. In the 'General Data' section, the 'Modeling Type' is set to 'Shell-Thin'. In the 'Property Data' section, the 'Type' is set to 'Ribbed', and various dimensions are specified in meters.

General Data	
Property Name	Losa alig. 20cm
Slab Material	f'c=210kgf/cm2
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	[Green Box] Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Type	Ribbed
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	0.4 m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis

Figura 41 Cambio de modelo tipo membrana a Shell en Losa aligerada.

Fuente: programa etabs

**Diseño de Losas Aligerada en 01 Dirección**  
Momentos de los 4 tramos

	1er tramo	2do tramo	3er tramo	4to tramo
–	$M1a := 538 \text{ kg-m}$	$M2a := 675$	$M3a := 110$	$M4a := 586$
+	$M1b := 235 \text{ kg-m}$	$M2b := 49$	$M3b := 88$	$M4b := 34$
–	$M1c := 660 \text{ kg-m}$	$M2c := 111$	$M3c := 649$	$M4c := 135$

Calculo de Área de acero (cm)

$f_c := 210$	Resistencia a la compresión del
$F_y := 4200$	Resistencia a la fluencia del acero
$\phi := 0.9$	Valor a flexión
$r := 2$	Recubrimiento

**Tramo 1**

$l_{interse.\#1.1} := 1.75 \text{ m}$                        $l_{interse.\#1.2} := 1.05$

Momento negativo 1 (para una sección rectangular)

$Md := M1a \cdot 100 = 53800 \text{ Kg-cm}$

$b := 10 \text{ cm}$                       Base de vigueta

$h := 20 \text{ cm}$                       Altura de vigueta

$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$                       Diámetro de acero long.

$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$                       Peralte de vigueta

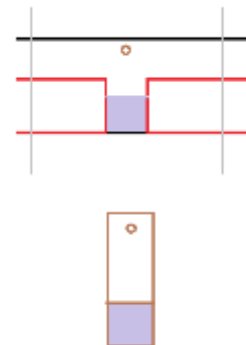
$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Md}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$

**$A_s = 0.862 \text{ cm}^2$**

Área de acero del momento actuante

$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.005$                       Cuantía

$\rho_{min} := 0.0018$                       Cuantía mínima



$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo

Usamos : 1  $\phi$  1/2  $A_s = 1.28 \text{ cm}^2$



Momento positivo



$$Md := M1b \cdot 100 = 23500 \text{ Kg-cm}$$

$b := 40 \text{ cm}$  Base larga de vigueta

$h := 20 \text{ cm}$  Altura de vigueta

$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$  Diámetro de acero

$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$  Peralte de vigueta

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Md}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 0.357 \text{ cm}^2$$

Área de acero del momento actuante

$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 5.092 \cdot 10^{-4}$  Cuantía

$a := \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} = 0.21 < 5 \text{ cm}$

Se mantiene una sección rectangular

$\rho_{min} := 0.0018$

Cuantía mínima

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 1.262$$

Área de acero mínimo

Usamos : 1  $\phi$  1/2  $A_s = 1.28$

Momento negativo 2

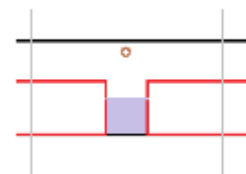
$$Md := M1c \cdot 100 = 66000 \text{ Kg-cm}$$

$b := 10 \text{ cm}$  Base de vigueta

$h := 20 \text{ cm}$  Altura de vigueta

$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$  Diámetro de acero

$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$  Peralte de vigueta



$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Md}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 1.074$$

Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.006$$

Cuantía

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

Cuantía mínima

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315$$

Área de acero mínimo

Usamos : 1  $\phi$  1/2 As: 1.28 cm<sup>2</sup>

## Tramo 2

$$l_{interse.\#2.1} := 1.28 \text{ m}$$

$$l_{interse.\#2.2} := 0.62 \text{ m}$$

### Momento negativo 1

$$Md := M2a \cdot 100 = 6.75 \cdot 10^4 \text{ Kg-cm}$$

$$b := 10 \text{ cm}$$

$$h := 20 \text{ cm}$$

$$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Md}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 1.1$$

Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.006$$

Cuantía

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

Cuantía mínima

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315$$

Área de acero mínimo

Usamos : 1  $\phi$  1/2 As: 1.28 cm<sup>2</sup>

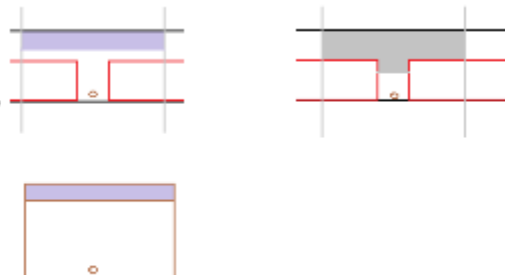
### Momento positivo

$$Md := M2b \cdot 100 = 4900 \text{ Kg-cm}$$

$$b := 40 \text{ cm}$$

$$h := 20 \text{ cm}$$

$$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$



$$d := h - r - \frac{\phi s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_d}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 0.074 \quad \text{cm}^2 \quad \text{Área de acero del momento actuante}$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 1.057 \cdot 10^{-4} \quad \text{Cuantía}$$

$$a := \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} = 0.044 < 5 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} := 0.0018 \quad \text{Cuantía mínima}$$

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 1.262 \quad \text{Área de acero mínimo}$$

Usamos : 1  $\phi$  1/2 As: 1.28

### Momento negativo 2

$$M_d := M_{2c} \cdot 100 = 1.11 \cdot 10^4 \quad \text{Kg-cm}$$

$$b := 10 \quad \text{cm}$$

$$h := 20 \quad \text{cm}$$

$$\phi s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_d}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 0.17 \quad \text{Área de acero del momento actuante}$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 9.673 \cdot 10^{-4} \quad \text{Cuantía}$$

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

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315 \quad \text{Cuantía mínima}$$

Usamos : 1  $\phi$  3/8" As: 0.71 cm<sup>2</sup> Área de acero mínimo



### Tramo 3

$$l_{interse.\#3.1} := 0.6$$

$$l_{interse.\#3.2} := 1.6$$

#### Momento negativo 1

$$M3d := M3a \cdot 100 = 1.1 \cdot 10^4 \quad Kg - cm$$

$$b := 10 \quad cm$$

$$h := 20 \quad cm$$

$$\phi s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi s}{2} = 17.524$$

$$As := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M3d}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$As = 0.168$$

Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d} = 9.585 \cdot 10^{-4} \quad \text{Cuantía}$$

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

Cuantía mínima

$$As_{min} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315$$

Área de acero mínimo

Usamos : 1  $\phi 3/8$ "  $As$ : 0.71 cm<sup>2</sup>

#### Momento positivo

$$M3d := M3b \cdot 100 = 8800 \quad Kg - cm$$

$$b := 40 \quad cm$$

$$h := 20 \quad cm$$

$$\phi s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi s}{2} = 17.524$$

$$As := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M3d}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$As = 0.133$$

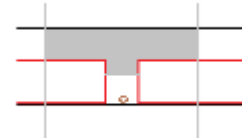
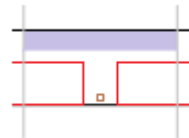
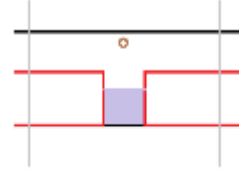
Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d} = 1.9 \cdot 10^{-4} \quad \text{Cuantía}$$

$$a := \frac{As \cdot F_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} = 0.078 < 5 \text{ cm}$$

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

Cuantía mínima



$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 1.262$$

Área de acero mínimo

Usamos : 1  $\phi$  1/2"  $A_s$ : 1.28 cm<sup>2</sup>

### Momento negativo 2

$$M_{3d} := M_{3c} \cdot 100 = 6.49 \cdot 10^4 \quad Kg-cm$$

$$b := 10 \quad cm$$

$$h := 20 \quad cm$$

$$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{3d}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 1.054$$

Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.006 \quad \text{Cuantía}$$

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

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315$$

Cuantía mínima

Usamos: 1  $\phi$  1/2"  $A_s$ : 1.28 cm<sup>2</sup> Área de acero mínimo

### Tramo 4

$$l_{interse. \#4.1} := 1.6$$

$$l_{interse. \#4.2} := 0.85$$

### Momento negativo 1

$$M_{4d} := M_{4a} \cdot 100 = 5.86 \cdot 10^4 \quad Kg-cm$$

$$b := 10 \quad cm$$

$$h := 20 \quad cm$$

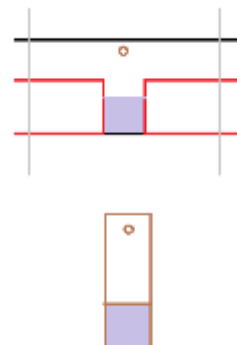
$$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{4d}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 0.945$$

Área de acero del momento actuante



$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.005 \quad \text{Cuantía}$$

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

Cuantía mínima

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315$$

Área de acero mínimo

Usamos:  $1 \phi 1/2''$   $A_s$ : 1.28 cm<sup>2</sup>

Momento positivo

$$M4d := M4b \cdot 100 = 3400 \quad \text{Kg-cm}$$



$$b := 40 \quad \text{cm}$$

$$h := 20 \quad \text{cm}$$

$$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M4d}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$



$$A_s = 0.051$$

Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 7.329 \cdot 10^{-5} \quad \text{Cuantía}$$

$$a := \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} = 0.03 < 5 \text{ cm}$$

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

Cuantía mínima

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 1.262$$

Área de acero mínimo

Usamos:  $1 \phi 1/2''$   $A_s$ : 1.28 cm<sup>2</sup>

Momento negativo 2

$$M4d := M4c \cdot 100 = 1.35 \cdot 10^4 \quad \text{Kg-cm}$$

$$b := 10 \quad \text{cm}$$

$$h := 20 \quad \text{cm}$$

$$\phi_s := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$d := h - r - \frac{\phi_s}{2} = 17.524$$

$$A_s := \frac{0.85 f_c \cdot b \cdot d}{F_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M4d}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_s = 0.207$$

Área de acero del momento actuante

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.001$$

Cuantía

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

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 0.315$$

Cuantía mínima

Usamos: 1  $\phi$  3/8"  $A_s$ : 0.71 cm<sup>2</sup> Área de acero mínimo

### Longitud de desarrollo:

Condiciones	Alambres corrugados o barras de 3/4" y menores	Barras de 7/8" y mayores
Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor...	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{8.2 \sqrt{f_c}} \right) db$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{6.6 \sqrt{f_c}} \right) db$

$$\Psi_t := 1 \quad \Psi_e := 1 \quad \Psi_s := 0.8 \quad \lambda := 1$$

$$L_{d38} := \frac{F_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \lambda}{8.2 \cdot \sqrt{f_c}} \cdot \left( \frac{3}{8} \cdot 2.54 \right) = 33.666 \quad cm$$

$$L_{d12} := \frac{F_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \lambda}{8.2 \cdot \sqrt{f_c}} \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 2.54 \right) = 44.888 \quad cm$$

$$L_{d58} := \frac{F_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \lambda}{8.2 \cdot \sqrt{f_c}} \cdot \left( \frac{5}{8} \cdot 2.54 \right) = 56.11 \quad cm$$

### Para 3/8

$$r := 2$$

$$db := \frac{3}{8} \cdot 2.54$$

$$K_{tr} := 0$$

$$cb := r + \frac{db}{2}$$

$$L_d := \frac{F_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s \cdot \lambda}{3.5 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left( \frac{cb + K_{tr}}{db} \right)} \cdot db$$

$$L_d = 24.272 \quad cm$$

### Para 1/2

$$r := 2$$

$$db := \frac{1}{2} \cdot 2.54$$

$$K_{tr} := 0$$

$$cb := r + \frac{db}{2}$$

$$Ld := \frac{Fy \cdot \Psi t \cdot \Psi e \cdot \Psi s \cdot \lambda}{3.5 \cdot \sqrt{fc} \cdot \left( \frac{cb + Ktr}{db} \right)} \cdot db$$

$$Ld = 40.55 \text{ cm}$$

## RESUMEN DE LONGITUD DE ACEROS NEGATIVOS

TRAMO 1

$$L_{I.1.1} := l_{interse. \#1.1} + \frac{Ld12}{100} = 2.199 \text{ m} \quad \text{izquierdo} \quad 2.20 \text{ m}$$

$$L_{I.1.2} := l_{interse. \#1.2} + \frac{Ld12}{100} = 1.499 \text{ m} \quad \text{derecho} \quad 1.50 \text{ m}$$

TRAMO 2

$$L_{I.2.1} := l_{interse. \#2.1} + \frac{Ld12}{100} = 1.729 \text{ m} \quad \text{izquierdo} \quad 1.75 \text{ m}$$

$$L_{I.2.2} := l_{interse. \#2.2} + \frac{Ld58}{100} = 1.181 \text{ m} \quad \text{derecho} \quad 1.20 \text{ m}$$

TRAMO 3

$$L_{I.3.1} := l_{interse. \#3.1} + \frac{Ld58}{100} = 1.161 \text{ m} \quad \text{izquierdo} \quad 1.20 \text{ m}$$

$$L_{I.3.2} := l_{interse. \#3.2} + \frac{Ld58}{100} = 2.161 \text{ m} \quad \text{derecho} \quad 2.20 \text{ m}$$

TRAMO 4

$$L_{I.4.1} := l_{interse. \#4.1} + \frac{Ld58}{100} = 2.161 \text{ m} \quad \text{izquierdo} \quad 2.20 \text{ m}$$

$$L_{I.4.2} := l_{interse. \#4.2} + \frac{Ld58}{100} = 1.411 \text{ m} \quad \text{derecho} \quad 2.50 \text{ m}$$

## Longitud de desarrollo de gancho

$$Ldg38 := \frac{0.075 \Psi e \cdot \lambda \cdot Fy}{\sqrt{fc}} \cdot \frac{3}{8} \cdot 2.54 = 20.705 \text{ cm}$$

$$Ldg12 := \frac{0.075 \Psi e \cdot \lambda \cdot Fy}{\sqrt{fc}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2.54 = 27.606 \text{ cm}$$

$$Ldg58 := \frac{0.075 \Psi e \cdot \lambda \cdot Fy}{\sqrt{fc}} \cdot \frac{5}{8} \cdot 2.54 = 34.508$$

## Longitud de gancho

$$Lge38 := 12 \cdot \frac{3}{8} \cdot 2.54 = 11.43 \text{ cm}$$

$$Lge12 := 12 \cdot \frac{4}{8} \cdot 2.54 = 15.24 \text{ cm}$$

$$Lge58 := 12 \cdot \frac{5}{8} \cdot 2.54 = 19.05 \text{ cm}$$

## DISEÑO DE COLUMNAS

Para el diseño de las columnas se trabajará con las combinaciones de sismo.

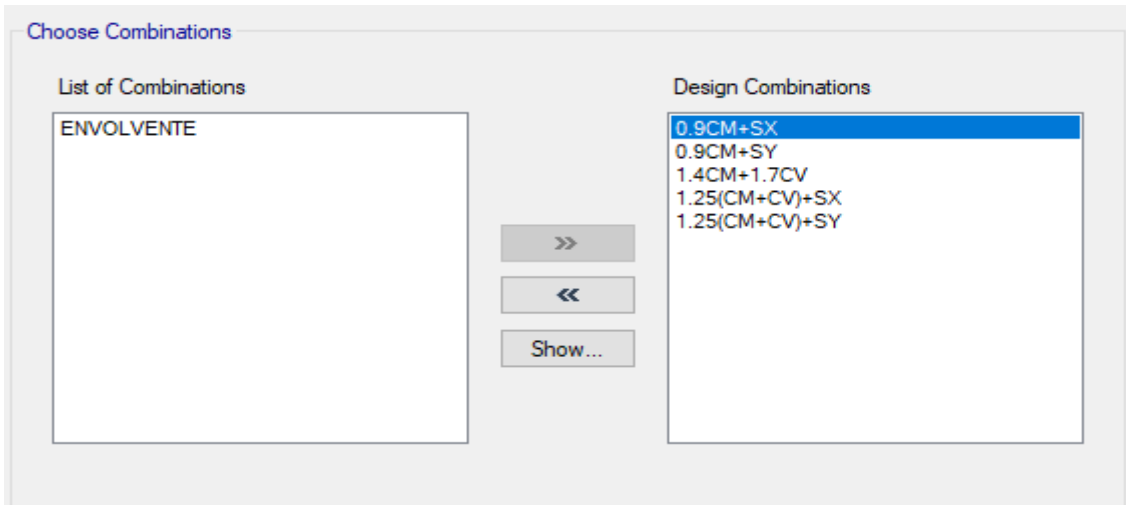


Figura 42 Combinaciones de carga para el diseño de columna

Fuente: Programa Etbas

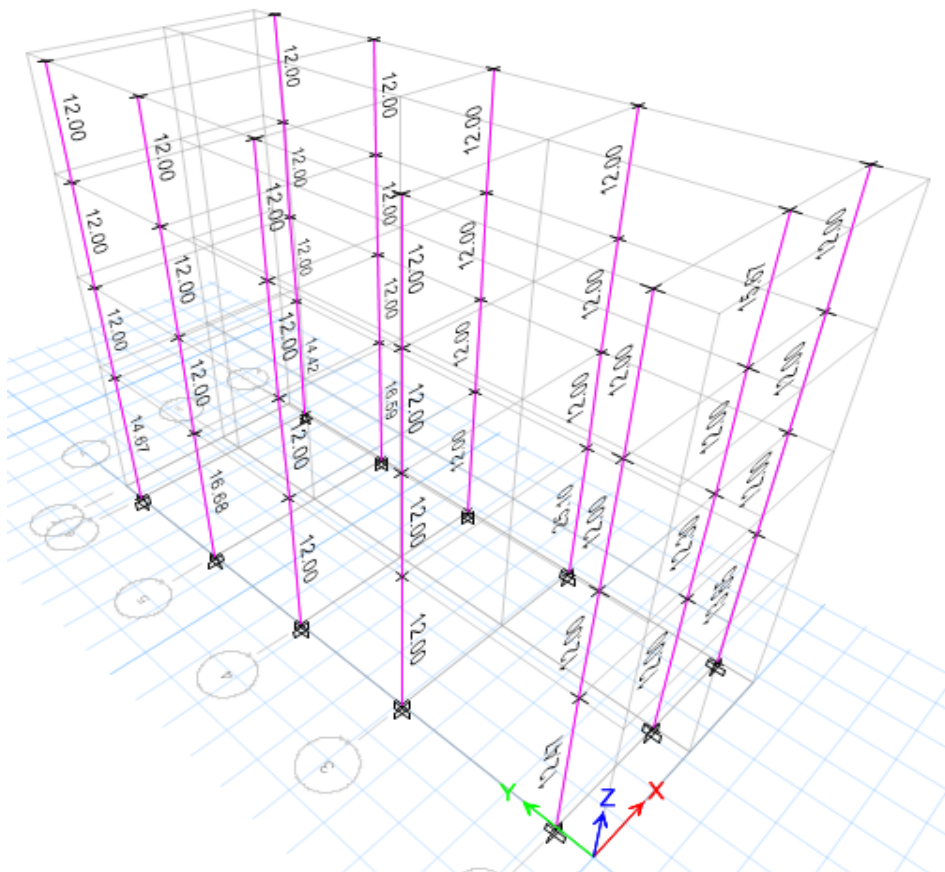


Figura 43 Diseño de columna en el software ETABS.

Fuente: Programa Etabs

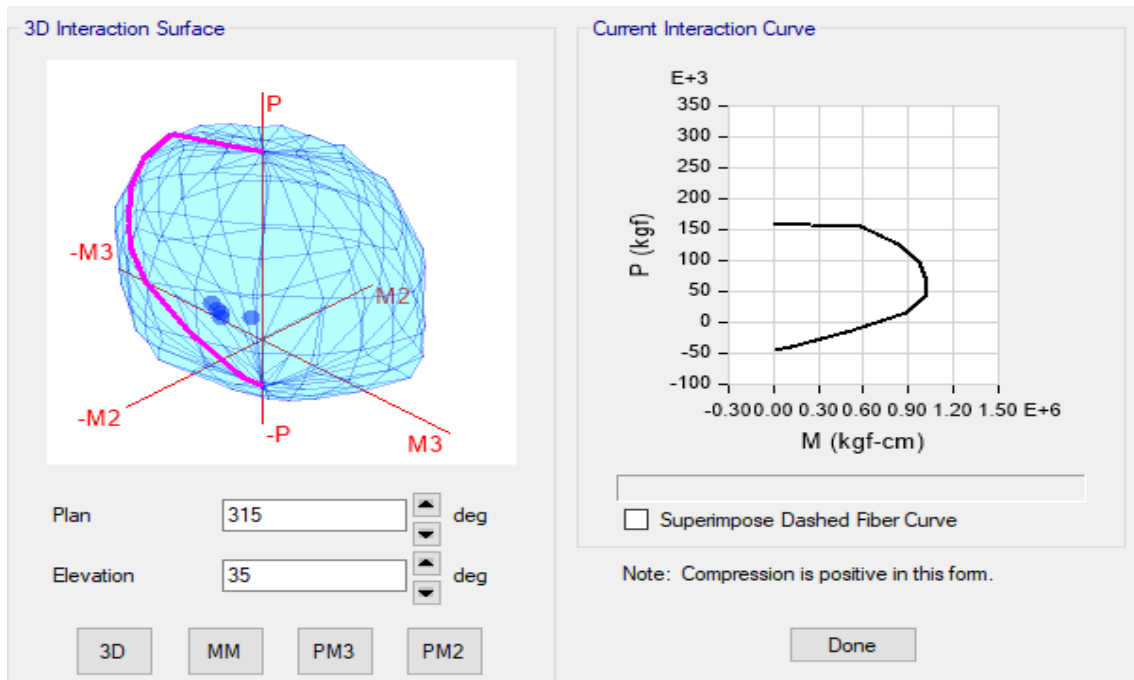


Figura 44 Diagrama de interacción

Fuente: Programa Etabs

Tal como se observa, las columnas de sección de 30x40 cumplen con los parámetros de diseño, siendo oportuno mencionar que las columnas cumplen debido a que las placas de concreto armado propuestas llegan a absorber significativamente la cortante total de la estructura producida por el sismo.

De acuerdo a las diferentes solicitaciones de carga de diseño, se puede en el diagrama de interacción que la columna lo soporta.

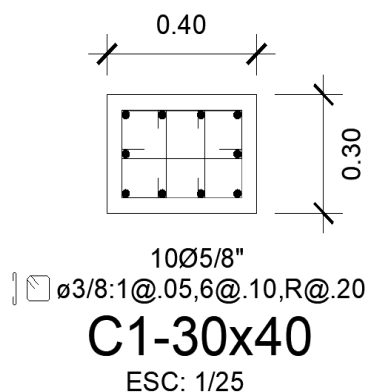


Figura 45 Detalle del encamisado de columna.

Fuente: elaboración propia

## DISEÑO DE PLACAS

En lo que respecta a las placas y su diseño, se propone que los elementos de borde se encuentren distribuidos con varillas de 5/8" (tomando como criterio de diseño como columna, de forma que se respete la cuantía mínima de 0.01) y el alma de la placa esta propuesto con acero de 1/2" cada 25 cm en dos capas vertical y horizontal.

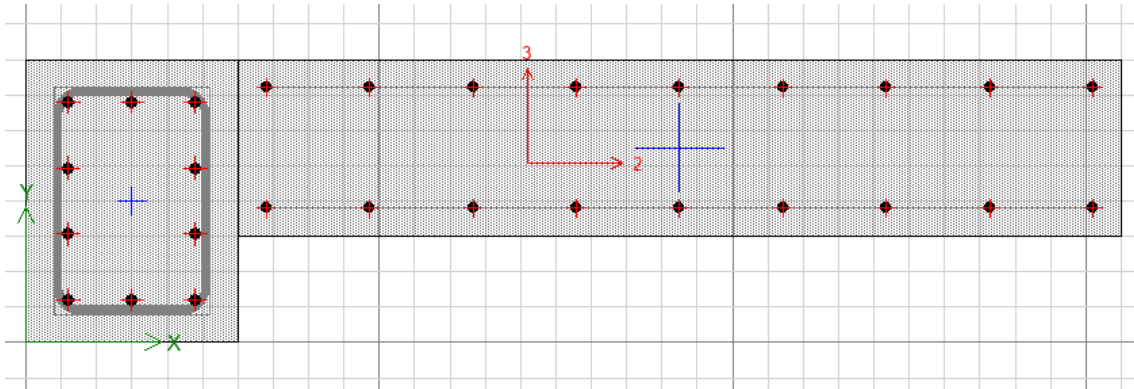


Figura 46 Detalle de placa en la sección

Fuente: programa etabs

### Acero mínimo por Cortante (cuantía transversal)

#### Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm <sup>2</sup> /cm	Shear Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	V <sub>u</sub> kgf	ΦV <sub>c</sub> kgf	ΦV <sub>n</sub> kgf
Top	Leg 1	0.0839	1.25(CM+CV)+SY	47169.13	1106063.82	16824	21671.45	51411.29
Bottom	Leg 1	0.0839	1.25(CM+CV)+SY	53183.96	8140794.68	16908.44	13280.67	43020.51

Área de Acero mínimo por cm **0.0839** (cm<sup>2</sup>/cm)

Área de acero propuesto 1/2" **1.27** cm<sup>2</sup>

Espaciamiento En una capa 15.1370679  
En dos capas 30.2741359  
asignando **25** cm

### ELEMENTO DE BORDE



$f'_c$	280 kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y$	4200 kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción del acero
B	30 cm	Lado transversal de la columna
L	40 cm	Lado longitudinal de la columna
$A_g$	1200 cm <sup>2</sup>	Área total del elemento de borde
$A_{ch}$	999 cm <sup>2</sup>	área del núcleo del elemento de borde
s	15 cm	Espaciamiento de estribos

### Estribos en Dirección Longitudinal

$b_c$  24 cm

$A_{sh1}$  1.449 cm<sup>2</sup>

$A_{sh2}$  2.16 cm<sup>2</sup>

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_y h} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_y h}$$

$A_{sh}$	2.160 cm <sup>2</sup>	
$A_{\phi}$	0.710 cm <sup>2</sup>	3/8"
ram.		
Estrib.	3.04	4.00

### Estribos en Dirección Transversal

$b_c$  34 cm

$A_{sh1}$  2.052 cm<sup>2</sup>

$A_{sh2}$  3.06 cm<sup>2</sup>

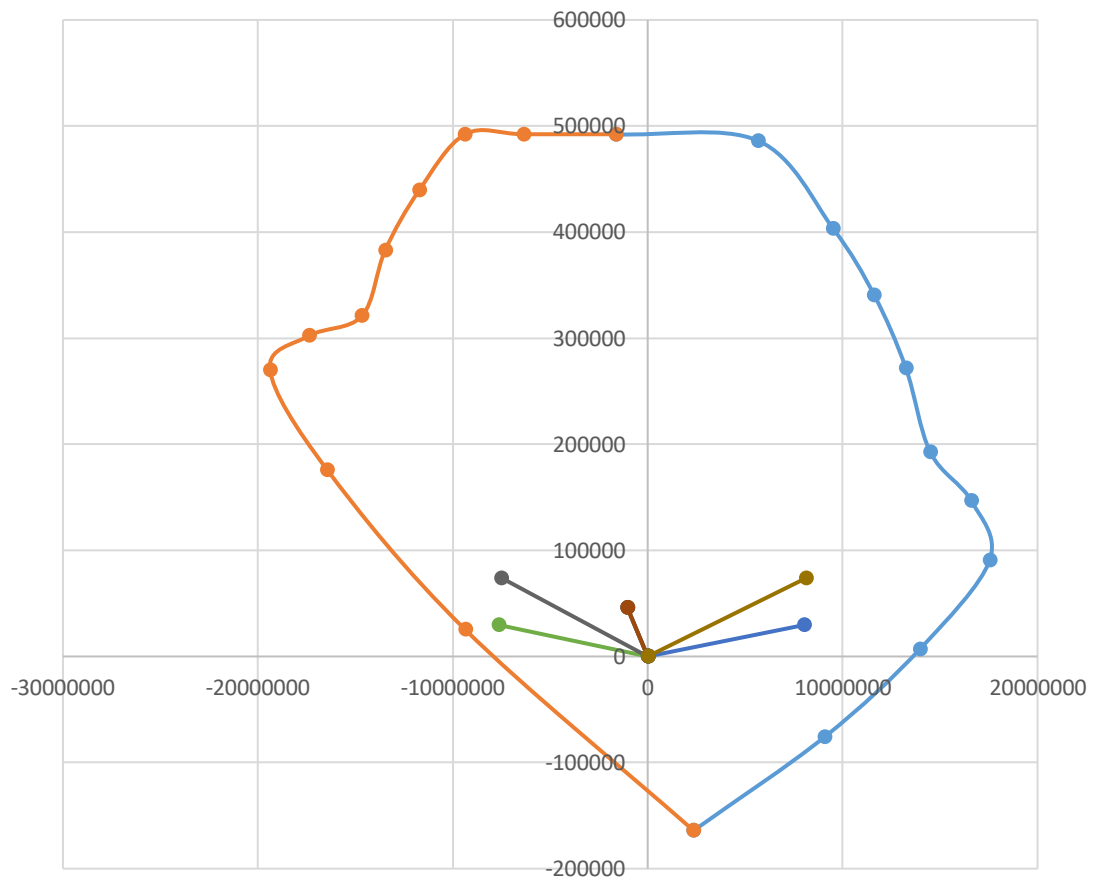
$A_{sh}$	3.060 cm <sup>2</sup>	
$A_{\phi}$	0.710 cm <sup>2</sup>	3/8"
ram.		
Estrib.	4.31	5.00

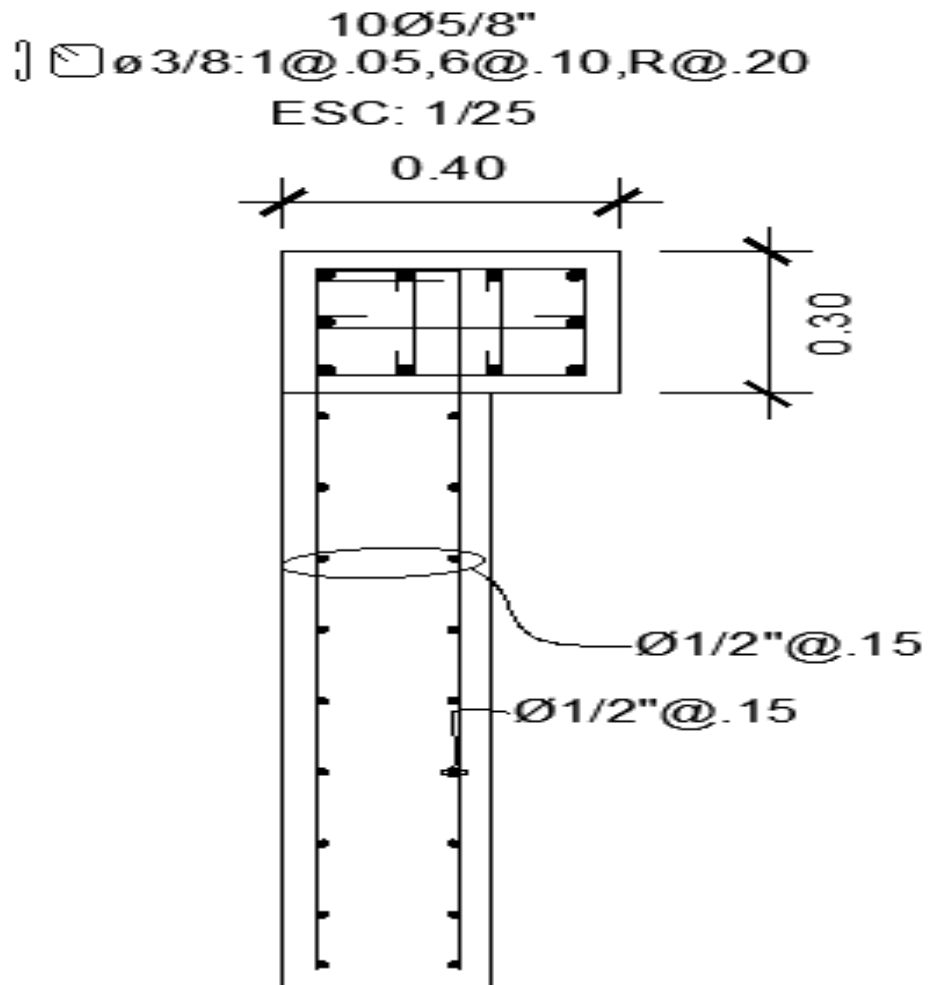
**TENSION**

**COMPRESION**

Combinacion	Pu-(kgf)	Mu-(kgf-cm)
0.9CM+Sy	0	0
	46143.36	-1047757.51
0.9CM+Sy	0	0
	46143.36	-1047757.51
0.9CM+Sy	0	0
	29614.56	8016136.95
0.9CM+Sy	0	0
	29614.56	-7626066.89

Combinacion	Pu-(kgf)	Mu-(kgf-cm)
1.25(CM+CV)+Sy	0	0
	46143.36	-1047757.51
1.25(CM+CV)+Sy	0	0
	46143.36	-1047757.51
1.25(CM+CV)+Sy	0	0
	74005.03	-7501409.17
1.25(CM+CV)+Sy	0	0
	74005.03	8140794.68





**Placa P1**  
 ESC: 1/25

Figura 47 Detalle de diseño de placa.

Fuente: *Elaboración Propia.*

## V. DISCUSIÓN

- Determinar el incremento de la capacidad de deformación de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero, Lima - 2021.

### Antecedente

Guardia (2019), que estudió el diseño del reforzamiento de vigas y columnas considerando la técnica del encamisado, así como analizando el comportamiento estructural de una vivienda de Lima, encontró que el uso del encamisado de columnas de concreto armado usado en una vivienda del distrito de puente piedra tuvo resultados positivos, logrando mejoras en la resistencia y rigidez lateral, hecho que se vio traducido en la mejora de las capacidades de deformación hasta en un 50% de este valor.

### Resultados

Los resultados encontrados muestran que efectivamente, el reforzamiento estructural propuesto permite control las deformaciones laterales de la estructura analizada, tal como se muestran en la siguiente figura.

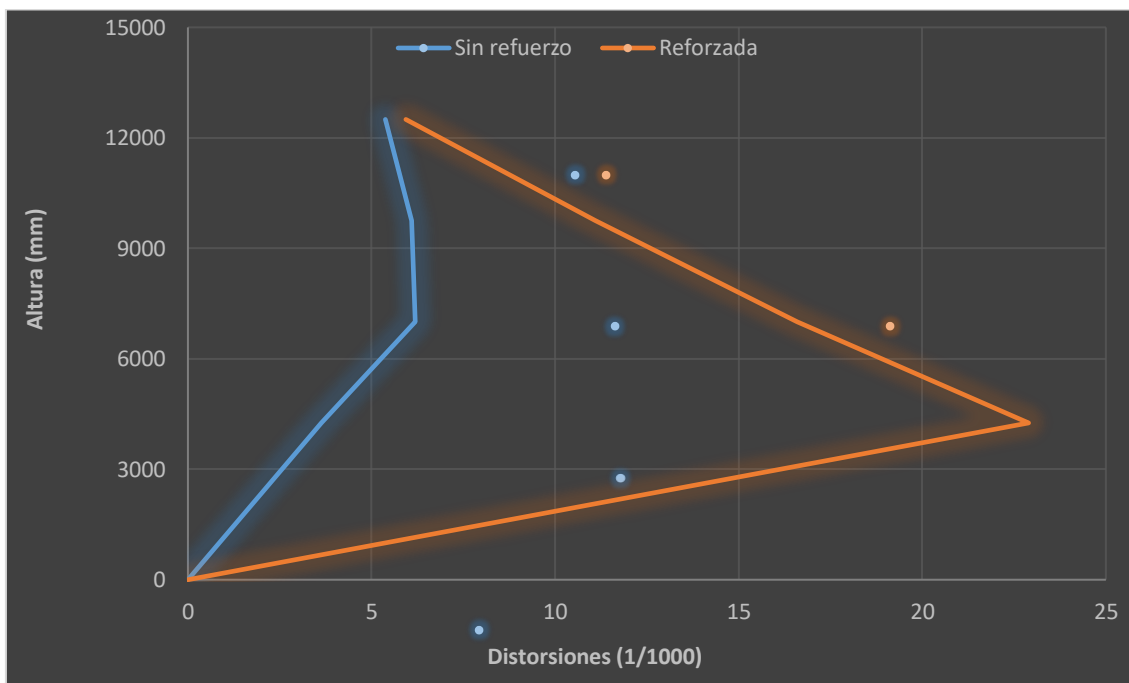


Figura 48 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección X. Fuente: Elaboración propia.

De hecho, de los datos encontrados, se ha encontrado una disminución de más del 100%, tanto en dirección X como en dirección Y

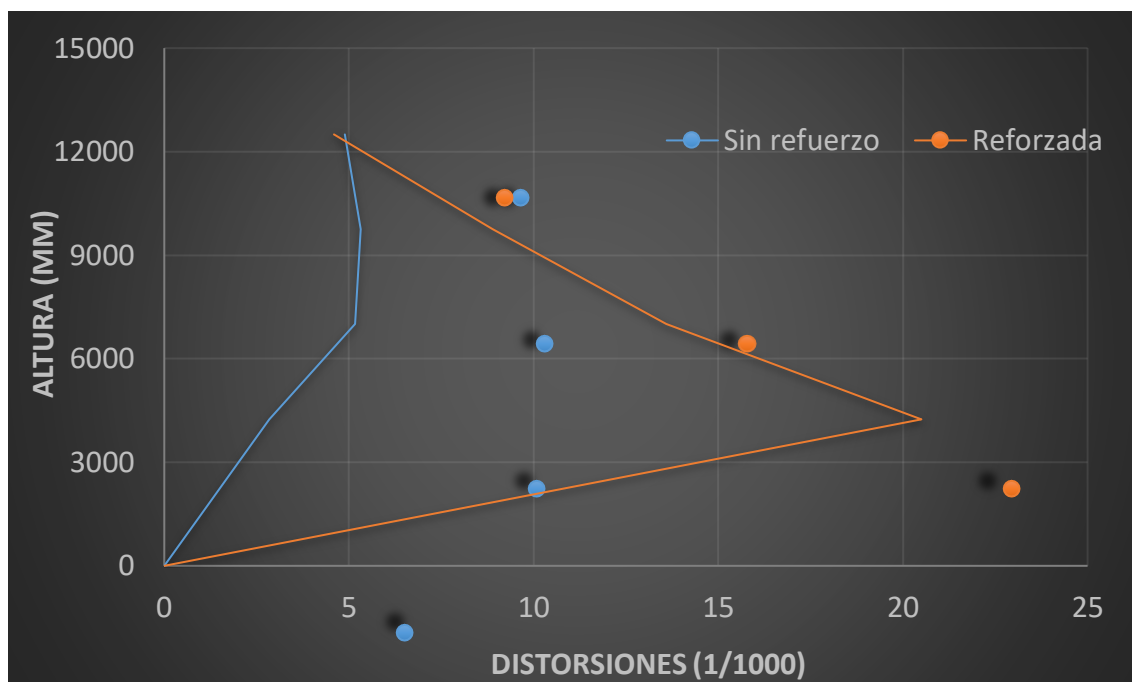


Figura 49 Máximas distorsiones encontradas en las estructuras con refuerzo y sin refuerzo en dirección Y. Fuente: Elaboración propia.

### Comparación

Finalmente, la evaluación del desempeño sísmico realizada mediante el método del análisis estático no lineal o pushover ha revelado con una contundencia absoluta, que la demanda de desplazamientos laterales debida a un sismo, en relación a lo normativo vigente en marco de diseños sísmicos, ha excedido grandemente los límites elásticos de la estructura analizada y por tanto el desempeño sísmico operacional de lo estructural. De hecho, de acuerdo con los resultados del análisis no lineal, se ha observado que la estructura analizada supera con facilidad el nivel considerado como de desempeño de la prevención del colapso, lo que significa que la rigidez de la estructura analizada es tal que no es capaz de tolerar la demanda de desplazamientos. Aunque es importante aclarar en este punto que el nivel de desempeños sísmico en la dirección transversal estuvo dentro de los parámetros sísmicos esperados; mientras que en la dirección longitudinal, el desempeño sísmico fue prevención de colapso y prevención de colapso.

- Determinar la reducción de la cortante de entrepiso de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021.

### **Antecedente**

Lo derivado de la evaluación modal espectral confirman que los máximos desplazamientos laterales de la estructura sometida de presentarse un sismo donde se tenga un periodo de retorno consecuente con lo demandado por la normatividad vigente de diseño sísmico superaron fácilmente las distorsiones máximas detalladas en la normativa asociada al diseño sísmico. Aquí es conveniente recordar que en la normativa de diseño sísmico peruana E030 (2018), se establecen límites de distorsiones laterales de entrepiso máximos de hasta 7/1000. Esta condición garantiza un desempeño sísmico razonable para la estructura analizada, o en términos equivalentes, garantiza una rigidez lateral mínima.

Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en el trabajo de investigación del ingeniero Silva Tupac (2009), quien encontró que los elementos conformantes de conjuntos estructurales edificados en pórticos de concreto armado con columnas que integran secciones transversales inferiores a los recomendados poseen niveles de rigidez lateral inferiores a los que las normativas de diseño sísmico establecen. Especialmente las distorsiones máximas, ya sean laterales, establecidas en la normativa de diseño sísmico, que resultó ser una norma muy exigente en cuanto a criterios de rigidez y desempeño sísmico

Soto Emma (2018) en su tesis de grado titulada “Rehabilitación De Estructuras De Concreto” encontró que las técnicas de reforzamiento usados para el reforzamiento estructural, lograron aumentar de forma significativa la rigidez de la estructura para el entorno lateral, así también su resistencia. Este hecho provocó que el cortante en la base de la estructura se incremente considerablemente. Los resultados reportados por Soto muestran un incremento del 80%.

### **Resultados**

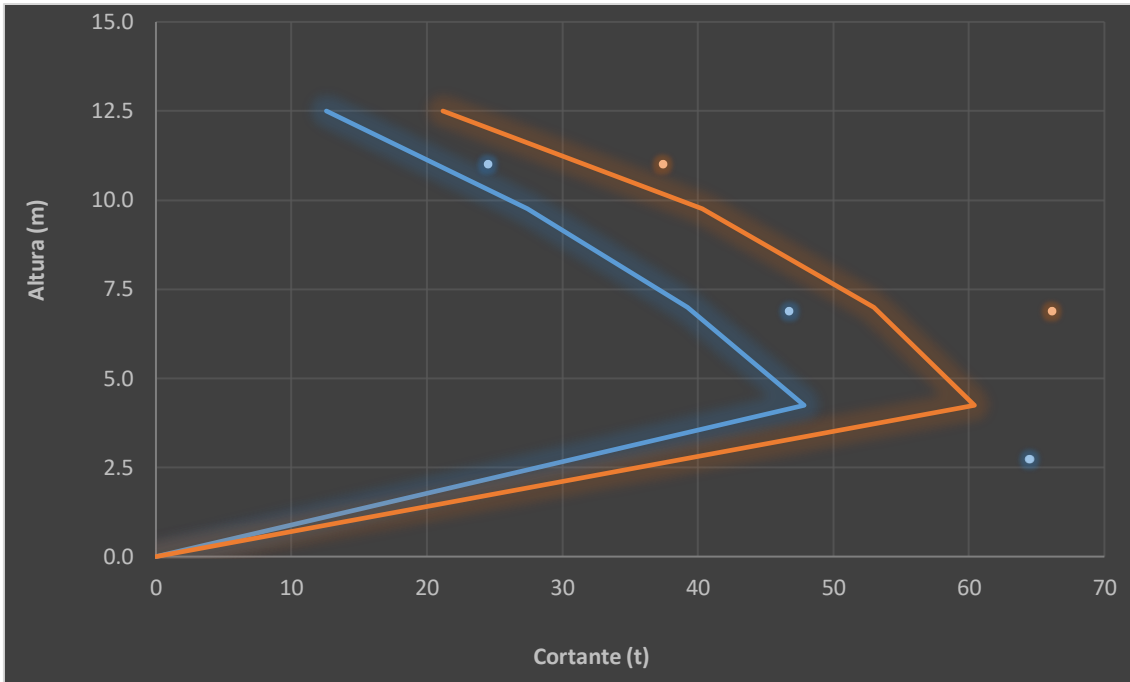


Figura 50 Comparación de fuerzas cortantes entre el sistema reforzado y sin reforzar. Fuente: Elaboración propia

### Comparación

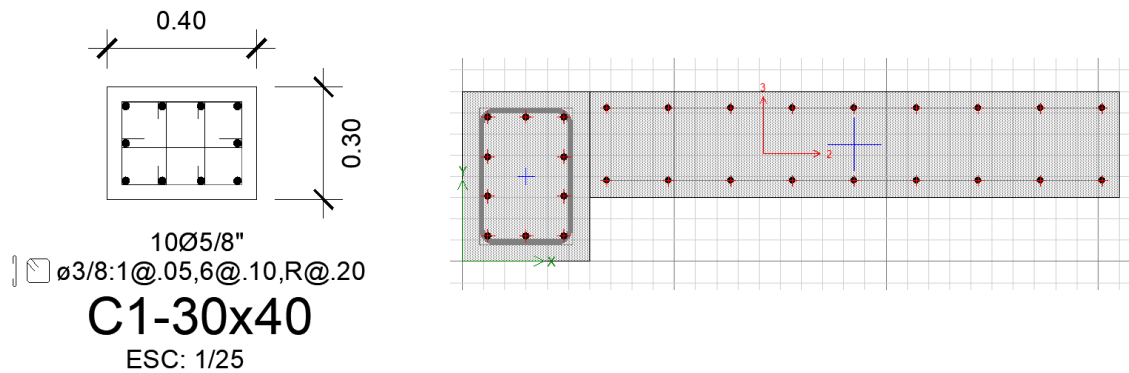
De los resultados presentados se puede observar que el cortante dinámico tuvo un incremento de hasta 72%, un valor muy parecido al encontrado por Soto, quien encontró un incremento de hasta 80%.

- Determinar el incremento de la resistencia lateral de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero, Lima - 2021.

### Antecedente

Quispe (2019), en el trabajo de grado presentada ante la Universidad Peruana Unión en su tesis de grado titulada “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la I.E. N°1199 Mariscal Ramón Castilla, UGEL N°6 del Distrito de Chaclacayo” encontró que es posible controlar la vulnerabilidad sísmica de esta edificación mediante métodos de reforzamiento básicos como el encamisado de columnas. Los resultados encontrados muestran un incremento de la resistencia lateral considerable, traducido en términos de secciones transversales mayores. Las secciones transversales de las columnas reforzadas fueron incrementadas hasta en un 100%.

## Resultados



## Comparación

Los resultados presentados muestran, en principio, que la edificación estudiada, considerando su estado actual, presenta numerosas deficiencias en lo que respecta a la estructura, tales como limitada rigidez lateral, inadecuada resistencia lateral y elementos estructurales demasiado esbeltos. A continuación se exponen estas interpretaciones y se comparan con los resultados obtenidos de otros trabajos de investigación.

La evaluación de cualidades estructurales de la estructura estudiada mostró que las columnas existentes tuvieron secciones transversales de 25x30, donde la menor dimensión se da en la dirección longitudinal; mientras que el mayor peralte se da en la dirección transversal. Las vigas transversales fueron principales, con dimensiones de 25x40cmxcm. De acuerdo con trabajos previos presentados por otros autores como Borja y Torres (2015), el hecho de tener pórticos de concreto armado demasiado esbeltos provocará que la estructura analizada sea vulnerable a la acción de un sismo de gran magnitud. De hecho, establecen que el tener columnas con secciones transversales menores a 50cmx50xm para estructuras de tres pisos a mas su susceptibles de la acción de sismos con periodos de retorno que varían de 475 años

Los resultados encontrados están de acuerdo, también, con trabajos como los presentados por los ingenieros Pérez Muncada (2019), quien mostró que los sistemas estructurales de pórticos de concreto armado resultan muy vulnerables



a la acción de los sismos, si las secciones transversales propuestas para estas no son lo suficientemente rígidas. En este sentido establece que las secciones transversales de 60x60 para una edificación de cuatro pisos a más, es lo mínimos recomendable.

Estos datos muestran que efectivamente, las secciones transversales de poco tamaño pueden provocar que las estructuras sean susceptibles a la acción de sismos. En el caso analizado, claramente las secciones transversales encontradas fueron menores a las recomendadas por tales autores así que esto resulta en un indicio claro que el sistema estructural no es el adecuado para la zona sísmica en la que se construyó. Además, de esto, es importante mencionar que en la dirección transversal, las columnas están acopladas a un sismo de muros de albañilería confinada, por lo que se espera que la rigidez y resistencia de lo estructural y diseñado como un sistema sea más que suficiente para resistir la demanda de desplazamientos impuesta por un sismo, definido por la normativa vigente.

.

## VI. CONCLUSIONES

- Los resultados mostrados a lo largo del informe muestran que la técnica de reforzamiento propuesta, basada en el uso de concreto reforzado con fibras de acero, ha logrado incrementar las secciones transversales de las columnas del primer nivel, evitando el fallo de estas por la acción de un sismo de gran magnitud. Además, estos mismos resultados han mostrado que el reforzamiento propuesto ha logrado mejorar, de manera notable, el desempeño sísmico, pasando de la prevención de colapso a seguridad de vida, lo que garantiza que la estructura no colapsará ante la ocurrencia de un evento telúrico. Finalmente, también se ha logrado disminuir las máximas distorsiones laterales de alrededor de 25/1000 ha una distorsión lateral de 6.5/1000.
- Determinar el incremento de la capacidad de deformación de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero, Lima - 2021. El análisis de los resultados de la estructura sin reforzamiento muestra que la capacidad de desplazamiento máxima fue de 150 mm, en dirección X, mientras que en dirección Y, este valor fue de 70mm. Asimismo, los desplazamientos de fluencia fueron de 30 mm y 12mm, en direcciones X e y, respectivamente. El reforzamiento propuesto logro incrementar la capacidad de deformación hasta 300 mm, en dirección X; mientras que en la dirección transversal, este valor fue de 60 mm. De la curva de capacidad obtenida para el caso de la estructura reforzada, se observa que la ductilidad obtenida con el reforzamiento alcanzó un valor de tres unidades, lo que resultó ser casi un 30% más respecto de la estructura sin reforzar. Estos resultados muestran que el reforzamiento propuesto logró una mejora considerable de los niveles de ductilidad de la estructura analizada.
- Determinar la reducción de la cortante de entrepiso de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero, Lima - 2021.\_La técnica de reforzamiento propuesta permitió incrementar de manera considerable la cortante dinámica de la estructura analizada. De hecho, si se observan los resultados presentados en los acápite correspondientes, el lector podrá apreciar un incremento del 80% en la cortante dinámica basal. Esto se dio a raíz de que la rigidez de todo el sistema se ha incrementado considerablemente, mediante el uso de la técnica propuesta.

- Determinar el incremento de la resistencia lateral de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero, Lima - 2021. La resistencia lateral de la estructura sin reforzar reportó valores de 135 t en la dirección X, en tanto que en la dirección Y, este parámetro llegó hasta 650 t. Mientras que el reforzamiento propuesto al sistema estructural de interés logró resistencia en el orden de 450 t, en la dirección X y 800 t, en la dirección Y. Como el lector podrá apreciar, el reforzamiento ha logrado triplicar la resistencia lateral de la estructura analizada, consiguiendo así un nivel de desempeño sísmico que se encuentra en operacional y seguridad de vida, en la dirección X; mientras que en la dirección Y, el desempeño sísmico alcanzado se situó en operacional, es decir, un sismo con un nivel de peligro sísmico consecuente con la norma peruana de diseño sísmico no generará daños apreciables en la estructura analizada.

## VII. RECOMENDACIONES

- Con base en los resultados obtenidos se recomienda el reforzamiento de la estructura analizada, pues de los análisis efectuados, tanto análisis lineal, como análisis estático, se observa que el comportamiento sísmico fue absolutamente ineficiente, superando con creces los máximos desplazamientos laterales y por tanto las máximas distorsiones laterales permitidas en la norma peruana de diseño sísmico.
- El reforzamiento recomendado es el basado en el encamisado de columnas, pues es una técnica accesible, ya que los materiales y disponibilidad de mano de obra son fácilmente encontrados en el País. Además, con base en los resultados encontrados, la técnica de reforzamiento implementada en los términos vistos dentro de la tesis, resultarán en la mejora significativa del desempeño sísmico.
- Se recomienda el uso de concretos reforzados con fibras para el encamisado de columnas, en especial, si el objetivo es incrementar el cortante basal de la estructura en cuestión. De los resultados encontrados se ha observado un muy buen nivel de comportamiento de la estructura reforzada.
- Se recomienda incrementar la sección de las columnas hasta convertirlas en placas, tal como se ha mostrado en el presente trabajo de investigación. Esto provocará un incremento cuantioso en la resistencia lateral de los elementos verticales resistentes a carga lateral; esto a su vez, provocará un incremento cuantioso de la resistencia lateral de la estructura completa.

## REFERENCIAS

(ARIAS Odón, F.G. (2017) El proyecto de Investigación, Caracas: Episteme.

AFUSO, Alejandro, "Diseño Estructural De Un Edificio De Concreto Armado De Cinco Pisos y Tres Sótanos Ubicado En El Distrito De Barranco" (Ingeniería Civil), la pontificia Universidad Católica del Perú 2017,103, pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9336>.

AGUADO Crespo, F. Introducción a la Construcción. La Habana. Pueblo y

ALBARRACÍN Ñique, Patricia y GALLO Liendo, Eduardo. Desempeño sísmico de un edificio a porticado de siete pisos diseñado con el reglamento nacional de

AYALA Bustamante, Orlando. Diseño del edificio multifamiliar “los robles”

Baldock, Robert “Structural Optimisation In Building Design Practice: Case-Studies In Topology Optimisation Of Bracing Systems (Engineer Civil) UnitedKingdom,2007,165Pp.<https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/specialint/erest/mavt/design-materials-fabrication/engineering-design-and-omputinglab/DoctoralTheses/>

Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte, 2017.

BARROS Bastidas, Liliana y PEÑAFIEL Plazarte, Mayra. Análisis comparativo

BERNABEU, Larena, Alejandro “Estrategias De Diseño Estructural En La Arquitectura Contemporánea” (Ingeniero Civil). Madrid: Departamento de Estructuras de Edificación Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Politécnica de Madrid; 2007;433 pp.

BERNAL, César. Metodología de la investigación. 2 a ed. Pearson: Universidad de la Sabana, 2017. 320 pp. ISBN: 978-958-699-125-5

BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación.2ad. Pearson: Universidad de la Sabana,2017.320pp ISBN:978-958-699-125-5.

BORDA, Mariela. El proceso de investigación. Visión general de su desarrollo. Barranquilla,Colombia: Universidad del Norte, 2017.ISBN: 9789587412949

BORDA, Mariela. El proceso de investigación. Visión general de su desarrollo.

BORJA Suarez, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros, 2017, 38 pp.

BRICEÑO Z., Adriana P. CARRERAS G. Nelson H. “Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2017 y Nueva Zelanda 2017” Chile. (Ingeniería Civil), 2017, 154, pp. Disponible en

CABRERA Cabrera, Elmer “Diseño Estructural en Concreto armado de un edificio de nueve pisos en la ciudad de Piura” (Ingeniería Civil), 2003, 133 pp. Disponible en

caen? ¿Cómo evitarlo? Disponible en: <http://www.cype.pe/informalidad-sectorconstruccion/>

CASTELLANO Otáñez, Santiago Javier. “Cálculo Y Diseño Estructural Para La Del Edificio “Parqueadero Municipal El Aguacate”, De La Ciudad De Sangolquí. (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad De Las Fuerzas Armadas Espe Ingeniería Civil, 2017, 162 Pp. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10722>.

CISNEROS Milla, Álvaro. Diseño en concreto armado de un edificio multifamiliar de siete pisos sin sótano. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2019. 100 pp.

Ciudad de Managua. Tesis (Arquitectura). Managua: Universidad Nacional de

CONFRERE, Adeline “Développement D’une Méthode D’analyse Structurale De Bâtiments En Béton Armé: Application Aux Poutres Renforcées Par Des Armatures Prf (Genie Civil) France: L’universite Claude Bernard – Lyon 1, 2019, 260 Pp. Nous avons retenu la solution consistant à substituer les armatures aciers par des armatures PRF pour répondre à la problématique de réduction de l’enrobage en béton des renforcements sans augmenter le risque de corrosion. Disponible en <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel01162904/file/TH2019ConfrereAdeline>.

construcciones y aceptando una deriva máxima de 1 %. Tesis (Ingeniero Civil).

CSI. ETABS. [en línea]. España: GruntsWork, 2018 [fecha de consulta: 22 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.csiespana.com/software/5/etabs>

CUEVA Jiménez, Ronald Alejandro y GONZALEZ Chalcualán, Daniel Xavier “Diseño Por Desempeño De Edificaciones En Hormigón Armado Con Muros De Corte Mediante Los Códigos Fema, Utilizando El Programa Etabs.” (Ingeniero Civil)” Ecuador: Escuela Politécnica Del Ejército,2017, 280, Pp. Disponible en <https://docplayer.es/58700898- Diseño-por-desempeño-de-edificaciones-en-hormigón-armado-con-muros-de-cortemediante-los-códigos-fema-utilizando-el-programa-etabs.html>.

CYPE Perú. Informalidad en el sector construcción: ¿Por qué las edificacionesse

económico-estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, 2019. 205pp.

Educación, 2018. [Fecha de consulta 4 de junio 2018].

Engineering, 2019. 119 pp.

FITORIA Chow, Nilska, HORNEY Cruz, Jessica y HUELVA Franco, Jorge.

FRANCO, Y (2017) Tesis de Investigación. Población y Muestra. Tamayo y

GUEVARA Dongo, Irma y VERA Calderón Engels. Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos con semisótano para un hotel-restaurant-ubicado en el distrito de nuevo Chimbote, provincia Santa. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: UPAO, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 89 pp.

GUTIÉRREZ, H. (2017). Calidad Total y Productividad. (3ra. ed.). México D.F.,

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2018). Metodología de la Investigación. (6ta ed.). México D.F: McGraw-Hill. 660pp.ISBN: 978-1-4562-2396-0

<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2017/06/poblacion-y-muestra-tamayo-ytamayo.html>



[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1359/ICI\\_097.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1359/ICI_097.pdf)

<https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com>

KHADKA, Binod, DAHAL, Babin, K.C., Bishal, BHATTARAI, Isha, DANGAL, KUZNIK, Anna., HURTADO, Amparo. y ESPINAL, Anna. El uso de la encuesta de tipo social en Traductología. Características metodológicas [en línea]. MonTI 2017. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2017]. ISSN 1889-4178

Lima: PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017. 84 pp.

LOA Canales, Gustavo. Diseño estructural de un edificio de concreto armado de seis pisos y dos sótanos. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017. 68 pp.

Madhab. Structural Analysis and Design of Commercial Building for Earthquake

MELI Piralla, Roberto. Diseño estructural. 2° ed. México: Grupo Noriega, 2017. 596 pp.

MENDOZA, Carlos. Análisis y diseño estructural de un edificio de estructura metálica, construido en la ciudad de México. Tesis (Ingeniero civil). México D.F:

México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

MOSCOSO Alcántara, Edisson. Análisis y diseño sísmico de estructuras compuestas en edificaciones. Tesis (Ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, 2018. ANEXOS

Propuesta de complejo de edificio multifamiliar "Villa Santiago" en el barrio Sajonia,

Resistance. Thesis (Civil engineer). Nepal: University Kathmandú. Faculty of

Tamayo. [en línea] México: Limusa. [20 de mayo del 2018]. Disponible:

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería, 2017.  
176 pp.

urbanización santa maría, distrito de José Leonardo Ortiz, provincia Chiclayo,  
región Lambayeque 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: UCV, Facultad de  
Ingeniería, 2017. 164 pp.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: matriz de operacionalización

### EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO REFORZADA CON ENCAMISADO DE CONCRETO CON FIBRAS DE

#### ACERO

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición
Encamisado de concretos reforzados y fibras de acero	El reforzamiento por encamisado de una columna de concreto armado permite el aumento de su capacidad resistente, se realiza agregando refuerzo longitudinal y transversal o una malla electrosoldada alrededor de la sección original y recubirla con concreto premezclado o lanzado. (Jacome, P. 2016. P 48-49)	El encamisado de concretos reforzados con fibras es un proceso que incremento la sección transversal de una columna o viga usando concretos reforzados con fibras de acero, refuerzo longitudinal de acero y refuerzo transversal de acero convencional.	1.Sección transversal	1. Dimensiones	Calculo	m
			2.Concreto reforzado con fibras	2. Resistencia en tensión	Cálculo	kg/cm2
				3. Cuantía longitudinal	Cálculo	adimensional
				4. Cuantía transversal	Cálculo	adimensional
Desempeño sísmico de estructuras de concreto armado	El desempeño se cuantifica en términos de la cantidad de daño de un edificio afectado por un movimiento sísmico y el impacto que tienen estos daños en las actividades posteriores al evento y ver si son tolerables (Aguilar, p, 2003).	El desempeño sísmico de una estructura de concreto reforzado es la forma como una estructura respondió en términos de rigidez lateral, resistencia lateral y capacidad de deformación. Dentro de la metodología FEMA 356 el desempeño sísmico se caracteriza en operacional, seguridad de vida y prevención de colapso.	1.fuerzas cortantes	1. desplazamientos laterales	ETABS	m
			2.Resistencia lateral	2. aceleraciones de entrepiso	ETABS	m/m
			3.Capacidad de deformación	3. distorsiones laterales	ETABS	m/s2

## Anexo 2: Matriz de consistencia

"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO REFORZADA CON ENCAMISADO DE CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO"						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE, DIMENSIONES E INDICADORES			Tipo y diseño de investigación
<u>General</u>	<u>General</u>	<u>General</u>	Variable dependiente: <u>Desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos</u>			<u>Método: (Científico)</u> <u>Tipo: (Aplicada)</u> <u>Nivel: (Explicativa Causal)</u> <u>Diseño: (causi-Experimental)</u> <u>Enfoque: (Cuantitativo)</u> <u>Población: Todos las viviendas de 4 pisos datos.</u> <u>Muestra: 1 vivienda de 4 pisos</u> <u>Muestreo:</u> <u>Técnica: Observación.</u>
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿Cuánto influye el encamisado de concreto y fibras de acero en el desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos?	Mejorar el desempeño sísmico de una estructura de 4 pisos c mediante el uso de encamisados de concretos y fibras de acero.	El empleo encamisado con concretos y fibras de acero logro mejorar el desempeño sísmico de estructuras de 4 pisos.	Encamisado de concretos reforzados con fibras de acero	1. Sección transversal 2. Concreto reforzado con fibras 3. Refuerzo longitudinal 4. Refuerzo transversal -	Calculo Cálculo Cálculo	
<u>Específicos</u>	<u>Específicos</u>	<u>Específicos</u>	Variable dependiente: <u>encamisado de concreto y fibras de acero</u>			
- ¿Qué cuanto se reduce la cortante de entrepisos con encamisado de concreto y fibras de acero?	Determinar la reducción del cortante de entre pisos de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero	El uso de encamisado de concreto y fibras de acero provoco la reducción del cortante de entrepiso de la estructura de 4 pisos.	Máximas fuerzas cortantes de entrepiso (E030, 2018)	Fuerzas cortantes obtenidas de la curva de capacidad		
- ¿En cuánto se incrementa la resistencia lateral de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero?	Determinar el incremento de la resistencia lateral de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero.	El uso de encamisados de concretos y fibras de acero provoco un incremento en la resistencia lateral de la estructura de 4 pisos.	Resistencia lateral (E030, 2018)	Resistencia lateral obtenida de la curva de capacidad	Software etabs	
- ¿Cuál es el incremento de la capacidad de deformación de una estructura de 4 pisos con encamisado de concreto y fibras de acero?	Determinar el incremento de la capacidad de deformación de la estructura de 4 pisos con encamisado de concretos y fibras de acero.	El uso encamisado de concretos y fibras de acero provoco un incremento en la capacidad de deformación de la estructura de 4 pisos.	Máximos desplazamientos laterales (E030, 2018).	Máximas fuerzas cortantes obtenidas de un análisis sísmico.		

### Anexo 3: ensayo de DPL



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

PROYECTO	: EVALUACION DEL DESEMPEÑO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE 4 PISOS REFORZADA CON ENCAMISADO DE CONCRETO Y FIBRAS DE ACERO, LIMA - 2021
UBICACIÓN	: MZ D1 LOT 17 CALLE G 4TA ETAPA BARRIO 1 SECTOR 1 - DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
FECHA	: 17 DE ABRIL DEL 2021
MUESTRA	: DPL 01

#### 01 CALCULO DEL ANGULO DE FRICCION SEGUN SCHMERTMANN DPL 01:

A la profundidad antes indicada la cimentación se apoyarán sobre arenas limosas de compacidad media, cuyas características principales están dadas por su Angulo de fricción interna, el cual depende del número de golpes N, de la prueba de Penetración Dinámica Ligera (DPL), correlacionado con el ensayo SPT.

**SEGÚN SCHMERTMANN:**

$$\phi = 24 + (4 * \ln(Pl/b)) / 0.693$$

**Donde.**

Pl, es la presión límite, que se obtiene de dividir la resistencia a penetración estática (qc) por 3, y a su vez esta resistencia se relaciona con N<sub>spt</sub>, de forma que:

$$(\phi = n * N_{spt})$$

El factor n propuesto por Schmertmann en 1970, está en función del tamaño de grano. Los valores n se sitúan en torno a 2,5 para arenas ligeramente limosas, 2 para arenas limosas, así como 1,25 para limos arenosos:

El parámetro b se refiere al coeficiente propuesto por Müller (1970), tomando el valor de 2,5. Para suelos arenosos, la fórmula del ángulo de rozamiento interno en función de N<sub>spt</sub> quedaría:

$$\phi = 24 + 5,77 * \ln(0,1667 * N_{spt})$$

Donde, N es el número, corregido de golpes del DPL, correlacionado con el SPT.

$$\phi = 24 + 5,77 * \ln(0,1667 * 27.33)$$

Angulo de fricción interna  $\phi = 29.10$

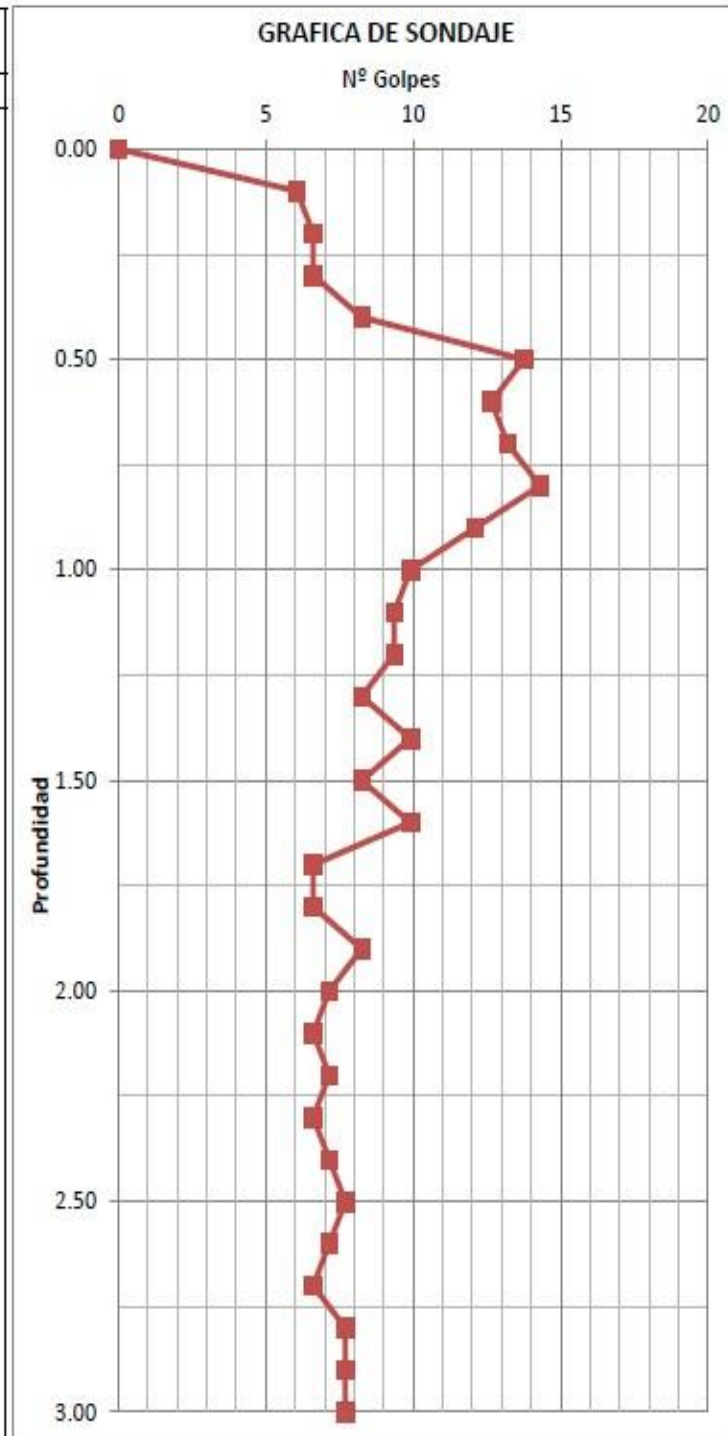
En base a los resultados obtenidos, se aprecia que el valor de Angulo de Fricción más

desfavorable pertenece a los suelos SP; cuyo valor es de  $\phi$  28.82.

A la luz de estos resultados el Consultor cree conveniente utilizar este valor como Angulo de fricción de diseño debido a:

Ser el valor más desfavorable obtenido, perteneciente a suelos tipo SP, los cuales se encuentran en forma aleatoria en toda la zona de estudio como se muestra en el registro de sondaje.

CORRELACION		
Nivel	Nº DPL	Nº SPT
0.00	0	0.0
0.10	11	6.1
0.20	12	6.6
0.30	12	6.6
0.40	15	8.3
0.50	25	13.8
0.60	23	12.7
0.70	24	13.2
0.80	26	14.3
0.90	22	12.1
1.00	18	9.9
1.10	17	9.4
1.20	17	9.4
1.30	15	8.3
1.40	18	9.9
1.50	15	8.3
1.60	18	9.9
1.70	12	6.6
1.80	12	6.6
1.90	15	8.3
2.00	13	7.2
2.10	12	6.6
2.20	13	7.2
2.30	12	6.6
2.40	13	7.2
2.50	14	7.7
2.60	13	7.2
2.70	12	6.6
2.80	14	7.7
2.90	14	7.7
3.00	14	7.7
3.10	15	8.3
3.20	15	8.3
3.30		
3.40		
3.50		
3.60		
3.70		
3.80		
3.90		
4.00		



<b>ORRELACION DE LA COM PACIDAD RELATIVA - ÁNGULO DE FRICCIÓN</b>															
<b>Df (mts.)</b>	<b>N SPT (correlacionado)</b>	<b>COMPACIDAD RELATIVA</b>	<b>ANGULO DE FRICCIÓN</b>												
<b>3.00</b>	<b>7.70</b>	<b>27.33</b>	<b>29.10</b>												
<p>estado de compacidad relativa para suelos granulares se realizó de acuerdo al criterio de (1967), modificado por Skemton (1968).</p> <table> <thead> <tr> <th><b>Cr</b></th> <th><b>Estado de compacidad</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>de 0 a 15</td> <td>Muy suelta</td> </tr> <tr> <td>de 15 a 35</td> <td>suelta</td> </tr> <tr> <td>de 35 a 65</td> <td>Medianamente densa</td> </tr> <tr> <td>de 65 a 85</td> <td>Densa</td> </tr> <tr> <td>de 85 a 100</td> <td>Muy densa</td> </tr> </tbody> </table>				<b>Cr</b>	<b>Estado de compacidad</b>	de 0 a 15	Muy suelta	de 15 a 35	suelta	de 35 a 65	Medianamente densa	de 65 a 85	Densa	de 85 a 100	Muy densa
<b>Cr</b>	<b>Estado de compacidad</b>														
de 0 a 15	Muy suelta														
de 15 a 35	suelta														
de 35 a 65	Medianamente densa														
de 65 a 85	Densa														
de 85 a 100	Muy densa														



## ANEXO 5: Ficha De Recolección De Datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### Ficha de recolección de datos: encamisado de concreto y fibras de acero

“Evaluación Del Desempeño Sísmico De Una Estructura De 4 Pisos Reforzada Con Encamisado

De

Concreto Y Fibras De Acero, Lima-2021”

#### Parte A: Datos generales

Tesista 01: Ramos Vargas William Jhon

Tesista 02: Farroñan Valdera Nelson Alcides

Fecha: Lima, 6 julio del 2021

**VARIABLE INDEP 1:** Encamisado de concretos reforzados y fibras de acero

	Resistencia a la tensión
	Resistencia a la compresión

Tesis: Quispe, N (2017) “*Variación De La Resistencia Mecánica De Elementos Sometidos A Compresión, Con El Incremento De Su Sección Resistente Mediante Un Encamisado, Haciendo Uso De Un Puente Epóxido*”: resistencia tensión – resistencia en compresión.

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Desempeño sísmico

	Desplazamientos laterales
	Cortantes de entre pisos
	Capacidad de deformación

Tesis: Soto, E (2017): Mercado, L y Sabogal, C (2016) ***“Análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones a porticadas de concreto armado en la ciudad de Cartagena.*** Desplazamiento – capacidad – aceleración entre pisos.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**Apellidos: CAPCHA MOLINA**

**Nombres: EDÉN ANGEL**


**Título: INGENIERO CIVIL**

**Grado: MAESTRO**

**N° Reg. CIP:221349**

**Observaciones: Las variables elegidas son consistentes con el estudio realizado.**

**Firma / CIP**



**Apellidos: TALLA SOTELO**

**Nombres: CRISTIAN VICENTE**

**Título: INGENIERO CIVIL**

**Grado: TITULADO**

**N° Reg. CIP:284234**

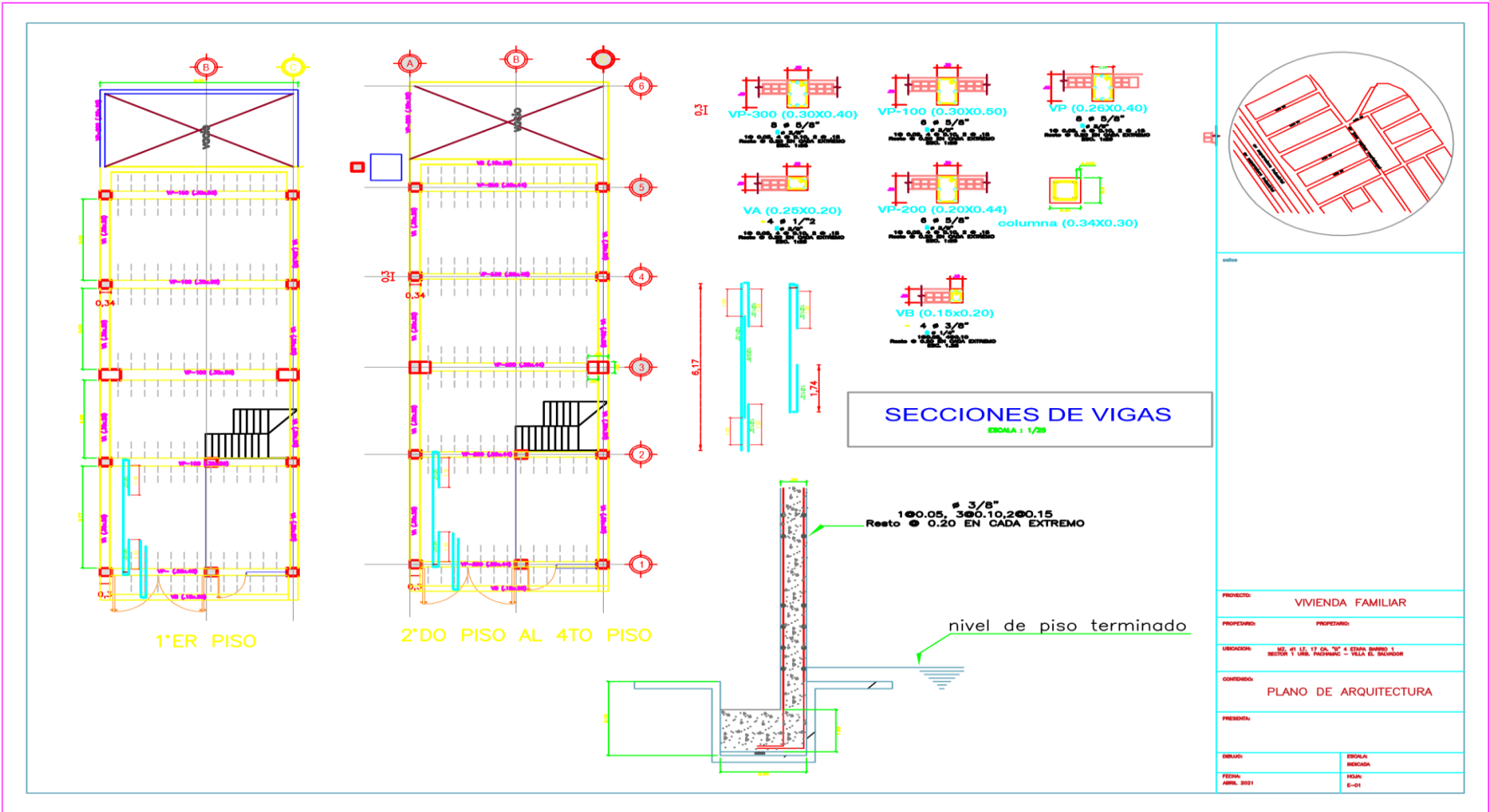
**Observaciones: las variables especificadas son válidas.**

**Firma / CIP**



-----  
**CRISTIAN VICENTE  
TALLA SOTELO  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284234**

Anexo 6: Plano Vivienda



**Anexo 7: Parte Frontal De A Vivienda**



**Anexo 8: Fallas Estructurales**





**Anexo 9: Elementos Estructurales Expuestas**



**Anexo 10: Condiciones Del Estado Del Suelo**

