



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo entre el sistema de losa convencional y losa con viguetas prefabricadas en el diseño sísmico de una vivienda en Arequipa

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Calcina Huanque, Luis Leonardo (ORCID:0000-0002-6598-6064)

Ccari Tapia , Erick Jesus (ORCID:0000-0003-3113-4215)

ASESOR:

Magister. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID:0000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

Lima –Perú

2021

Dedicatoria

A mis padres; quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido lograr una meta más en mi vida profesional, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades que se me presenten en la vida. Porque Dios está conmigo siempre.

A mis tíos; por su cariño, apoyo y motivación incondicional, durante todo este proceso, por estar en todo momento alentándome a seguir hasta alcanzar mi meta gracias.

A toda mi familia, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis proyectos y metas.

A Dios, por guiarme por el buen camino, por darme vida, fuerza y sabiduría a lo largo de mis estudios. Por brindarme una familia tan acogedora, alegre y amorosa.

Gracias

Erick Jesus Ccari Tapia

A las manos suaves y amorosas de mi madre que me dieron calma cuando los días se volvían más pesados, a las manos fuertes y seguras de mi padre que siempre estuvieron para ayudarme, a las pequeñas y firmes manos de mi hermana que me dieron la confianza para seguir adelante y a las manos celestiales de Dios que me han guiado y me guiaran en esta vida.

Luis Leonardo Calcina Huanqqe

Agradecimiento

El Amor de nuestros padres y la paciencia con la que cada día se preocuparon en nosotros y nuestro futuro profesional. Por nuestros avances y logros desarrollados en esta tesis. Un apoyo incondicional, tanto física como moral. Gracias a nuestros padres por ser los principales organizadores de estos logros, gracias a ellos por confiar y creer en nosotros. Agradecemos también a nuestro tutor y profesor, en la cual nos guió con firmeza y dedicación en cada momento de asesoría, siendo precisos y exactos en cada sesión. Gracias a la vida por darnos este nuevo triunfo en nuestra profesión. Agradecidos de corazón a todas las personas que nos dieron el apoyo y la creencia necesaria para poder culminar con esta tesis.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD DE AUTOR (ES)

Nosotros, **ERICK JESUS CCARI TAPIA Y LUIS LEONARDO CALCINA HUANQQUE** alumnos de la Facultad de ingeniería y arquitectura y Escuela profesional de ingeniería civil de la universidad Cesar Vallejo Lima, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al trabajo de investigación /Tesis Titulado “Análisis comparativo entre el sistema de losa convencional y losa con viguetas prefabricadas en el diseño sísmico de una vivienda en Arequipa”, son:

1. De nuestra autoría.
2. el presente trabajo de investigación/tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El trabajo de investigación / tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el trabajo de investigación / tesis son reales, no ha sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Arequipa, 06 de febrero del 2021

CCARI TAPIA ERICK JESUS

DNI:47463028

CALCINA HUANQQUE LUIS LEONARDO

DNI: 46125778

índice de contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	ii
índice de contenidos	iv
Índice De Tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	8
III. METODOLOGÍA	30
3.1. Tipo y diseño de investigación	31
3.2. Variables y operacionalización	32
3.3. Población, muestra y muestreo	45
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.5. Procedimientos	46
3.6. Método de análisis de datos	46
3.7. Aspectos éticos	47
IV. RESULTADOS	48
V. DISCUSIÓN	95
VI. CONCLUSIONES	98
VII. RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS	102
ANEXOS	108

Índice De Tablas

Tabla 1 Zonificación.....	21
Tabla 2 Factor de Suelo “S”	22
Tabla 3 Periodos T_p y T_L	23
Tabla 4 <i>Características de Viguetas Pretensadas</i>	28
Tabla 5 Luces máximas de viguetas pretensadas	28
Tabla 6 <i>Peso de Viguetas con Losa</i>	29
Tabla 7 : Momentos Admisibles de las Viguetas.....	29
Tabla 8 Operacionalización de Variables.....	33
Tabla 9 Datos del edificio multifamiliar.....	46
Tabla 10 Parámetros Sísmicos	57
Tabla 11 Comparación de Cortantes	69
Tabla 12 Cuadro de Comparación de Periodos y Porcentajes de Reducción Entre uno y otro	73
Tabla 13 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en X	74
Tabla 14 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en Y	75
Tabla 15 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en X	77
Tabla 16 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en Y	78
Tabla 17 Comparación de Desplazamientos Máximos	80
Tabla 18 Desplazamiento Inelásticos	81
Tabla 19 <i>Tabla con la Selección de la Viguetas Según sus Características y Momentos</i>	91
Tabla 20 Resumen de Comparación de Diseños.....	94
Tabla 21 Matriz de Operacionalización de Variables	109

Índice de figuras

Figura: 1 Losa con Vigüeta de Hierro y Bovedilla en Forma de Arco	2
Figura: 2 Corte de Techo Aligerado con Rieles de Ferrocarril.....	3
Figura: 3 Techo Aligerado con Rieles de Ferrocarril	3
Figura: 4 Fases del Sistema Industrializado.....	13
Figura: 5 Sistema de Vigüeta Pretensada con Bovedilla.....	17
Figura: 6 Sistema de Vigüeta Tralicho con Bovedilla	18
Figura: 7 Cortante Basal	20
Figura: 8 Territorio Nacional con las Zonas Sísmicas (Nte E0.30, 2016)	21
Figura: 9 Sección de Vigüeta	27
Figura: 10 Ubicación del Edificio	49
Figura: 11 Plano de Planta Arquitectura Sotano-1	49
Figura: 12 Plano de Planta Arquitectura Primer Nivel	50
Figura: 13 Plano de Planta Arquitectura Primer Nivel	50
Figura: 14 Losa Aligerada	51
Figura: 15 <i>Viga Pre-Dimensionada</i>	52
Figura: 16 Área Tributaria.....	53
Figura: 17 Columna Pre-Dimensionada	54
Figura: 18 <i>Área Tributaria</i>	54
Figura: 19 Columna Pre-Dimensionada	55
Figura: 20 Definición de Materiales ETABS	58
Figura: 21 Columnas y Vigas en ETABS.....	58
Figura: 22 Placas en ETABS.....	59
Figura: 23 Lozas en ETABS.....	59
Figura: 24 Espectro en XX- YY Para Análisis Dinámico ETABS.....	61
Figura: 25 La Figura Muestra Solamente Placas y Muros de Corte	62
Figura: 26 La Figura Muestra Toda la Estructura en Conjunto para.....	62
Figura: 27 Planta de Losa Tradicional.....	63
Figura: 28 Planta de Losa con Vigüetas Prefabricadas.....	64
Figura: 29 Cortante con Sismo Estático en Dirección XX	65
Figura: 30 Cortante con Sismo Estático en Dirección YY	66
Figura: 31 Cortante con Sismo Estático en Dirección XX	67
Figura: 32 Cortante con Sismo Estático en Dirección YY	68
Figura: 33 Gráfico de Comparación de Cortantes por sus dos.....	69
Figura: 34 Periodo Fundamental de Vibración	70
Figura: 35 Periodos y Frecuencia Nodal	71
Figura: 36 Participación Modal	71
Figura: 37 Periodos y Frecuencia Nodal	72
Figura: 38 Participación Modal	72
Figura: 39 <i>Periodos de Vibración Comparación Entre un Sistema y el Otro</i>	73
Figura: 40 Derivas Inelásticas en X.....	74
Figura: 41 Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección X.....	75
Figura: 42 Derivas Inelásticas en Y	76
Figura: 43 Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección Y	76
Figura: 44 Derivas Inelásticas en X.....	77

Figura: 45	Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección X.....	78
Figura: 46	Derivas Inelásticas en Y.....	79
Figura: 47	Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección Y.....	79
Figura: 48	<i>Comparación de Desplazamientos Máximos</i>	80
Figura: 49	Derivas Inelásticas en X-X.....	81
Figura: 50	Derivas Inelásticas en X-X.....	82
Figura: 51	Sectores para Análisis y Diseño de Losa.....	83
Figura: 52	Carga Muerta Distribuida en la Vigüeta.....	84
Figura: 53	Carga Viva Distribuida en la Vigüeta.....	84
Figura: 54	<i>Momentos Máximos y Mínimos de Vigüetas</i>	85
Figura: 55	Momento y Cortantes Máximos.....	85
Figura: 56	Cortantes Máximos.....	87
Figura: 57	Sección de Vigüeta Convencional.....	87
Figura: 58	Detalle de Distribución de Acero en Planta.....	88
Figura: 59	Sectores para Análisis y Diseño de Losa.....	89
Figura: 60	Carga Muerta Distribuida en la Vigüeta.....	89
Figura: 61	Carga Viva Distribuida en la Vigüeta.....	90
Figura: 62	Momentos Máximos y Mínimos de Vigüetas.....	90
Figura: 63	Momento y Cortantes Máximos.....	90
Figura: 64	Tipo de Vigüeta.....	92
Figura: 65	<i>Cortantes Máximos</i>	93
Figura: 66	Sección De Vigüeta Prefabricado.....	93
Figura: 67	Detalle de Distribución de Acero en Planta.....	94

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo principal dar a conocer el uso de las viguetas prefabricadas en la ciudad de Arequipa, estas ya se encuentran en el mercado local pero su uso es limitado por la falta de conocimiento tanto de la parte técnica como de la parte del cliente o constructor que no sabe el uso adecuado o los beneficios que esta nueva tecnología brinda al ser comparada con un aligerado convencional.

Se ha hecho el análisis para ambos casos de una losa de uso convencional y una losa usando viguetas prefabricadas y al ser comparados se ha notado diferencias importantes desde el peso hasta las fuerzas basales y distorsiones que se generan en el edificio, en ambos casos los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo permitido en el reglamento nacional de edificaciones lo cual nos permitiría usar cualquiera de las 2 losas, pero mostrando que la losa con viguetas prefabricadas nos brinda un mejor comportamiento.

También se ha hecho el diseño de la losa convencional y un diseño de la losa con viguetas prefabricadas en esta última se ha respetado las indicaciones del proveedor permitiendo que los datos y resultados sean aplicables a la vigueta que se nos ofrece en el catálogo, parte importante del diseño de esta última es el acero negativo de la losa el cual ha sido calculado y esperamos pueda ser usado como modelo para el cálculo y uso correcto de estas nuevas tecnologías.

El uso de prefabricados se está masificando pero de forma empírica y basado más en el uso de abaratar costos y tiempos, pero muy pocos estudios se han hecho con el fin de indicar el cálculo de estos usando de forma correcta elemento bajo un análisis y diseño que nos permita aprovechar de forma adecuada estas tecnologías que en otros países ya son usados de forma regular.

Palabras claves: Estructura, Vigueta Prefabricada, Diseño estructural.

Abstract

The main objective of this thesis is to know the use of prefabricated vignettes in the city of Arequipa, these are located in the local market but are limited by the lack of knowledge of the technical part as well as the client or constructor part. who does not know how to take advantage of the benefits that this new technology brings to be compared with a conventional ally.

If the analysis for both conventional use cases and prefabricated vignettes and their comparisons have taken important differences from the basic points and distortions that are generated in the edition, in both cases the results are within what is allowed in the regulations. nedipations which would allow us to use any of the 2 slabs, but showing that the slab with precast joists gives us better performance.

It also has the conventional design and a design with prefabricated vignettes in the latter, the supplier's instructions have been respected, allowing the dates and results to be applied to the vignette that we offer in the catalog the design of the latter. It is the negative action of the one that has been calculated and we can use it as a model for the calculation and correction of our new technologies.

The use of precast materials is massive in terms of empirical form and relies more on the use of cost and time reduction methods, but many studies have been conducted in order to indicate the calculation of these using a correct form and analysis. . and design that allows us to approve these forms of technology that are commonly used in other lands.

Keywords: Structure, Precast Joist, Structural Design.

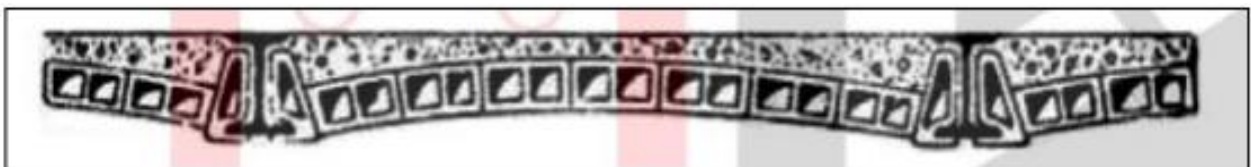
I. INTRODUCCIÓN

Según Gestión (2013), el 60% de los hogares del país son cerveceros caseros. Esto sugiere que una parte importante de quienes quieren construir sus propias viviendas lo hacen sin asesoramiento técnico y / o experto. Este estudio tiene como objetivo promover la calidad de la construcción a través del proceso de industrialización con el fin de reducir las malas prácticas informales que ocurren en el sector de la construcción.

Worldwide Custodio (2014) describe el ejemplo del Salford Mill, construido en Manchester en 1801, como uno de los pioneros en el uso de su sistema de pisos livianos. Se utilizaron vigas de acero en este proyecto y el edificio fue revolucionario en ese momento. El primero en utilizar hierro para toda su estructura.

Asimismo, un proyecto visionario que utiliza vigas y arcos fue un proyecto de la fábrica de algodón Philips y Lee, que utiliza vigas en T dobles y arcos en forma de arco. Para rellenos de concreto simples para suavizar arcos y superficies, esto generalmente se ve en la Figura 1.

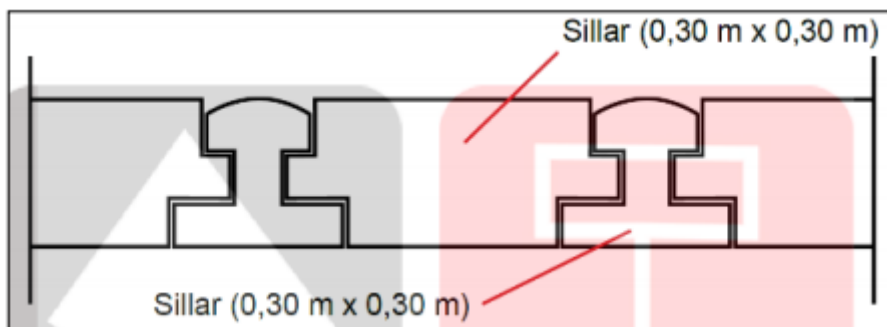
Figura: 1 Losa con Vigueta de Hierro y Bovedilla en Forma de Arco



Fuente: Adaptado De Custodio ,2014

Dentro del país, en la región de Arequipa, después del sismo del año 1911, se reconstruyeron muchas edificaciones, en ellas uso viguetas de hierro en las losas o techos. Como lo indica la Figura N° 3, los techos aligerados fueron construidos con rieles de ferrocarril, separados a 0.80m. entre sí, usando piedras, sillar tallados, bovedillas o casetones, en la cara superior tiene una mezcla de cal y arena, y por la cara inferior se usó un revestimiento de cal. (Custodio, 2014)

Figura: 2 Corte de Techo Aligerado con Rieles de Ferrocarril



Fuente: Adaptado de Custodio ,2014

Aún se observa en estas construcciones de hasta 3 niveles que, en su mayoría, son utilizadas como viviendas, locales comerciales, hoteles, entre otros. Según Custodio (2014) es necesario recalcar que estas edificaciones no han sufrido mayores daños, a pesar que han pasado varios sismos, como el de 1960 y 2001, que causaron daños al Centro Histórico de la ciudad de Arequipa, pero sin lograr dañar estas edificaciones que hoy en día se pueden admirar.

Figura: 3 Techo Aligerado con Rieles de Ferrocarril



Fuente: Adaptado de Custodio ,2014

La construcción de edificaciones principalmente viviendas multifamiliares ha crecido considerablemente en estos últimos años, teniendo más demanda de lo común en la población peruana, esto ha demandado una mayor en infraestructura. En las edificaciones tradicionales se colocan algunos elementos prefabricados como: dinteles, escaleras, pisos, techos y se montan sobre muros levantados tradicionalmente. Perú se puede situar actualmente a este nivel de industrialización de la construcción.

Hay Varios niveles de procesos en el rubro de la construcción. Se tienen construcciones antiguas, las construcciones tradicionales, las construcciones tradicionales evolucionadas, las construcciones con concreto masivo y las construcciones con grandes elementos prefabricados. (Lewicki, 1968)

Pese a los beneficios anteriormente mencionados, el uso de la prefabricación en el país es de casos aislados, por más que haya una tendencia a un mayor empleo de esta tecnología en la construcción. Es importante analizar las carencias y desinformación que han llevado a esta situación. Estas limitaciones pueden ser separadas en dos corrientes, uno asociado al comportamiento visto en estructuras prefabricadas, y otro asociado a la normativa vigente para este tipo de estructuras (Rodríguez, 2001).

Actualmente en Perú el mercado de la construcción ofrece materiales para poder realizar técnicas de colocado de concreto hecho en el mismo lugar de la edificación (preparado de concreto en obra o concreto premezclado de una empresa), así mismo se está incrementando la demanda de algunos elementos de concreto prefabricado en las diferentes construcciones de proyectos de edificios, viviendas, etc. como viguetas pretensadas, viguetas prefabricadas de concreto armado y prelosas.

El costo para personal es también considerablemente mayor junto a la calidad. Ya que se tiene que contratar gente para que se realice cada actividad por separado esto ocasiona mucho tiempo.

En esta oportunidad lo que se quiere exponer es una solución completa con elementos prefabricados de concreto, que muestran buenos resultados en nuestras ciudades, estos han demostrando durabilidad, economía y eficiencia en su uso a lo

largo de estos últimos años. Un ejemplo claro, es el excelente comportamiento de las estructuras prefabricadas en coberturas o galpones y puentes en la ciudad de Arequipa.

La problemática principal para esta investigación es la surge a la pregunta ¿Cuáles son los resultados del análisis comparativo entre una losa de vigueta prefabricada y una losa de vigueta convencional para decidir el diseño estructural más conveniente para una vivienda multifamiliar de 7 niveles y un sótano en la ciudad de Arequipa?

Las problemáticas secundarias de esta investigación aparecen con las siguientes preguntas ¿Qué diferencia en análisis se puede apreciar entre los dos tipos de losas, convencional y con viguetas prefabricadas? ¿qué diferencia hay al momento de realizar el diseño de los tipos de losas? ¿Mejora el comportamiento estructural considerando losa con viguetas prefabricadas?

Los objetivos generales de la investigación será Realizar un análisis y diseño comparativo de diafragmas (losas) de tipo convencional y con viguetas prefabricadas.

Los objetivos específicos de la investigación será Realizar un comparativo entre los dos tipos de losas convencional y con viguetas prefabricadas.

Diseñar el edificio considerando los diafragmas en insitu y en prefabricado, Evaluar los desplazamientos y drift considerando los respectivos diafragmas. Realizar el estado del conocimiento referente a las metodologías de diseño. Propuestas en el ACI 318 de 2019 para el diseño entrepiso como diafragma. Diseñar el entrepiso de acuerdo a las recomendaciones del ACI-318 de 2019. Comparar y mostrar los diferentes resultados que serán obtenidos en la modelación entre los sistemas de diafragmas. Proponer métodos correctos de diseño y análisis que puedan ser utilizadas e implementadas a futuro en la norma E-0.60

Justificación de la investigación, En la mayoría de las edificaciones actuales las losas son coladas en insitu Con el pasar de los años se ha evaluado y comparado en otros países la experiencia en este campo, proponiendo como una posible alternativa implementar las losas en prefabricados ya que estos reducen el tiempo de construcción.

La vivienda a menudo determina la calidad de vida de la población. Esto ha obligado a la autoconstrucción de viviendas unifamiliares en Arequipa, especialmente al desarrollo y creación de innovadoras tecnologías de paneles. Es importante señalar que muchas casas se construyen de manera informal, por lo que es necesario reducir y comenzar a modificar las malas prácticas de construcción que ponen en peligro a la mayoría de la población.

Del mismo modo, debido a que la losa o techo representa una parte importante en el ámbito presupuestal de la vivienda, es fundamental difundir las nuevas tecnologías usadas en losas aligeradas que son usadas en países desarrollados en la construcción de viviendas unifamiliares, esto permitirá el ingresar al autoconstrucción sostenible.

Esto mejora la calidad del trabajo realizado en losas de piso livianas utilizando paneles prefabricados en sistemas de construcción en comparación con los sistemas de piso livianos tradicionales. De esta forma, el nuevo sistema constructivo reduce costes al mejorar el uso de los recursos humanos, el tiempo de construcción y los materiales utilizados en las viviendas unifamiliares y al generar puestos de trabajo para el público.

El motivo de este trabajo, es saber que el Perú es un país de riesgo considerable a un sismo que puede traer daños y consecuencias incluso hasta el colapso de las estructuras de edificios, lo cual en la norma técnica de edificaciones E-060 no se menciona el análisis de los respectivos diafragmas de entrepiso tanto en prefabricado y en colados en insitu

Viabilidad de la investigación, Como hemos mencionado, en diversos países del mundo existe un avance importante sobre dichas tecnologías; Caso contrario a nuestro país donde solo existe muy poca información en nuestras bibliotecas sobre el tema, así mismo también en las investigaciones nacionales al respecto. La falta de información deja dudas sin resolver sobre el comportamiento, análisis y diseño de diafragmas. Es por eso, que esta situación se convierte en una fuente de motivación de la tesis presentada.

Lo que se busca investigar es si el diafragma en prefabricado es una mejor alternativa frente a los diafragmas colocados en insitu de concreto armado, debido

a su facilidad constructiva para insertarla: No requiere Encofrado, tiempo de secado, etc.

Se cuenta con tiempo, financiamiento, bibliografía, acceso a la normativa y software especializado.

Las limitaciones de la investigación son: Este estudio está dirigido a una edificación de 7 pisos y un sotano, ubicada en el departamento de Arequipa. El reforzamiento va a contemplar las dos alternativas diafragma de concreto armado colado en insitu frente a un prefabricado. El análisis estructural se realizará en software (etabs) para facilitar el procesamiento de la información y cálculo. No se considerará el modelamiento de la tabiquería solo se considera como carga adicional al edificio.

II. MARCO TEÓRICO

Este capítulo detalla las teorías necesarias para la investigación actual sobre la evolución de la construcción industrial hacia los prefabricados de hormigón prefabricado para la ingeniería civil y la construcción. Finalmente, el proceso de fabricación de la viga prefabricada

Los levantamientos y requisitos locales fueron revisados a nivel nacional e internacional para completar este levantamiento y estos levantamientos proporcionaron los criterios. Criterios y definiciones específicos como costo, tiempo, análisis, diseño. Nieto, J. (2014) es un ejemplo de un estudio realizado en la Universidad de Cuenca en Ecuador, donde se realizó un estudio sobre el tratado "Diseñando una casa de dos pisos con una solución prefabricada". Al comparar el costo y los tiempos de construcción, se puede concluir que el uso de elementos prefabricados para uso residencial muestra una reducción de costos del 7.07%, y el tiempo requerido para su construcción es mucho mayor que las estructuras convencionales. Ahorre un 33,33% más de tiempo en proyectos de vivienda.

El diseño y construcción con elementos prefabricados genera una edificación limpia, Es imprescindible calcular el diseño geométrico como: tamaño, volumen y peso, de cada uno de las piezas para poder prefabricarlo para hallar el presupuesto de dicha construcción, de viviendas, considerándose el montaje y transporte de dichas piezas prefabricadas, tiempo de llegada al lugar y tiempo de montaje.

Para ver la seguridad que tienen estos elementos prefabricados en viviendas la Universidad Nacional Autónoma de México, Méndez, J. (2015), publico la investigación: "Principios prácticos para la prefabricación y aplicación de presfuerzo en concreto". En la cual se define que el prefabricado es parte del sistema de los proyectos u obras en términos generales. No deberíamos olvidar ni perder de vista que los elementos deben prefabricarse teniendo en cuenta la necesidad de transporte, montaje y de las diferentes instalaciones involucradas. Considerando lo mencionado anteriormente, es posible hacer edificaciones con mayor calidad y menos retrasos en general.

Es difícil poder transmitir el énfasis que se requieren para algunos procesos del prefuerzo y la prefabricación, es necesario tener en cuenta que estos procesos pueden generar riesgos si no se dan la debida supervisión para revisar los datos y detalles que estos nos brindan y por ese motivo se necesita personal con capacitaciones para el cuidado del 24 torón, la aplicación del calor, la transferencia de los esfuerzos, el uso adecuado de calderas, la seguridad permanente en el adecuado mantenimiento de esas zonas que va a estar en constante aplicación de prefuerzo accesorios, etc.

Para que estos proyectos sean viables en edificaciones, principalmente de viviendas dando soluciones de uso de elementos prefabricados, Perdomo, V. (2015). La Universidad de la República de Uruguay plantea en la tesis: "Prefabricados de hormigón análisis de sistemas aplicados a vivienda". En el cual se plantea y define que un sistema de elementos prefabricados y uno tradicional, dando resultados para cada caso particular, no existe una definición exacta. Resulta inevitablemente de una investigación de caso específico; por lo cual se debe establecer que usar la tecnología de elementos prefabricados es una garantía de calidad mucho mayor en las edificaciones del sector de la construcción, deberá depender de varios factores por ser relativo.

Principalmente se deberá dar exigencias a las empresas que fabriquen dicho elemento prefabricado y sus materiales que se emplearan. Esas condiciones deben prevalecer al momento de realizar y elaborar los trabajos de manipulación en obra (montaje).

En nuestro país, la Universidad de Ciencias Aplicadas del Perú, Percca, A. (2015) realizó la siguiente investigación. "Estudio y análisis de costo-beneficio sobre la aplicación de elementos prefabricados de hormigón en la estructura del casco de" Tottes Guipor ". El proyecto describe las dificultades encontradas en el comercio de elementos prefabricados de hormigón armado en nuestro país e identifica el entorno inaceptable. Nuestra escuela utiliza modelos y procesos para construir construcciones nuevas y existentes, porque el sistema de elementos prefabricados en hormigón armado debe dar un gran paso para el comercio.

Eso quiere decir que con el pasar de los años se va añadiendo valor a esta última alternativa, que ahora se realiza en edificaciones y se va incrementando este valor; al alcanzar las construcciones con elementos prefabricados más de 70% de la edificación será un avance significativo y de envergadura grande en el avance hacia la construcción en desarrollo. Se debe concluir que el uso y la aplicación de este sistema de elementos prefabricados tiene varios beneficios importantes para una edificación o proyecto, ventajas resaltantes frente a sistemas convencionales de construcción.

Para ver temas de análisis de productos y costo en diferentes mercados de Latinoamérica, J. (2013) en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito realizó el proyecto: "Estudio del mercado de los prefabricados en Colombia frente al mercado mundial" en el cual se menciona innumerablemente el desarrollo de elementos prefabricados en ese mercado, muestra un retraso frente a otras industrias a nivel mundial, ya que solo se concentran en pavimentos prefabricados (adoquines, bordillos, baldosas, alcantarillados y mamposterías, dejando de lado los elementos del sector de infraestructura como túneles y puentes, tales como las que son netamente para estructuras en viviendas de diferentes sistemas a los de muros estructurales (vigas, losas y columnas).

El continente americano hoy se está beneficiando de los elementos prefabricados debido al atraso económico de Europa y estaban buscando nuevos lugares para invertir. Encontré un lugar como la región andina. Este es un socio ideal para crear y volver a fortalecer la industria. Está en el mercado. Finalmente, los elementos arquitectónicos prefabricados de hormigón se han vuelto más aceptados. Esto se debe a que el nuevo sistema de refuerzo de fibra de vidrio creó elementos muy ligeros y delgados que contribuyeron muy poco a la carga del edificio en sí.

La prefabricación, dentro de la historia, puede considerarse como un criterio que no posee un origen definido, sin embargo, la obra por montaje es muy vieja como la misma historia de la obra.

Si observa de cerca las innumerables estructuras monumentales, como los templos griegos y romanos, las piedras y el mármol se hicieron en el taller y se colocaron en los edificios. Algunas de estas grandes estructuras utilizaron "hormigón

premezclado" que se conserva en la actualidad. El uso de refuerzos también es muy clásico, por ejemplo, estructuras de ladrillo y caña, con dos paredes exteriores y una estructura de pared rellena con una pared central de mampostería. Por ejemplo, estas paredes se pueden conectar entre sí mediante tracción. El elemento que los conecta. .. Según Vitruvian Polion, siglo I a.C.

Como sabemos hoy, el hormigón armado nació en la segunda mitad del siglo XIX. Buenos ejemplos son el barco Lambott de 1850 y el jarrón Monie de 1863. De Monnier, nacieron de forma definitiva, práctica y voluntaria, basados en las ideas únicas del autor desde que fueron patentados. Gran parte del trabajo se realiza en hormigón armado, pero se hace de forma completamente experimental y algunos de los principios básicos utilizados carecen de rigor científico.

A presentimiento de la tecnología a usar no es mala, la utiliza el constructor belga Hennebique.

El desarrollo inicial serio y fundado, tanto en el análisis teórico y experimental, de una "teoría del concreto armado", se debe a Emil Mörsch, cuya memoria es editada por la empresa Wayss y Freytag en mayo de 1902.

A comienzo del siglo XX se afianza de manera oficial al concreto armado como material de construcción el cual es aceptado en la sociedad, con la publicación de las primeras normativas: Suiza en 1903, Prusia en 1904, Francia en 1906, Reino Unido en 1907 y USA en 1910. A lo largo del segundo cuarto del siglo XX se logran afianzar los conocimientos necesarios sobre el concreto como para poder construir estructuras pretensadas, iniciativa que ya existía como desarrollo teórico a partir de segundo medio del siglo XIX.

Fue Ujunu Frecine de 1926 quien dio este importante paso adelante, explica: "Inventé un nuevo material que no tiene nada que ver con el hormigón armado. En nuestro país, la casa prefabricada de hormigón nació hacia 1892 con GRAU, empresa que desarrollaba la producción de bloques y tuberías de hormigón.

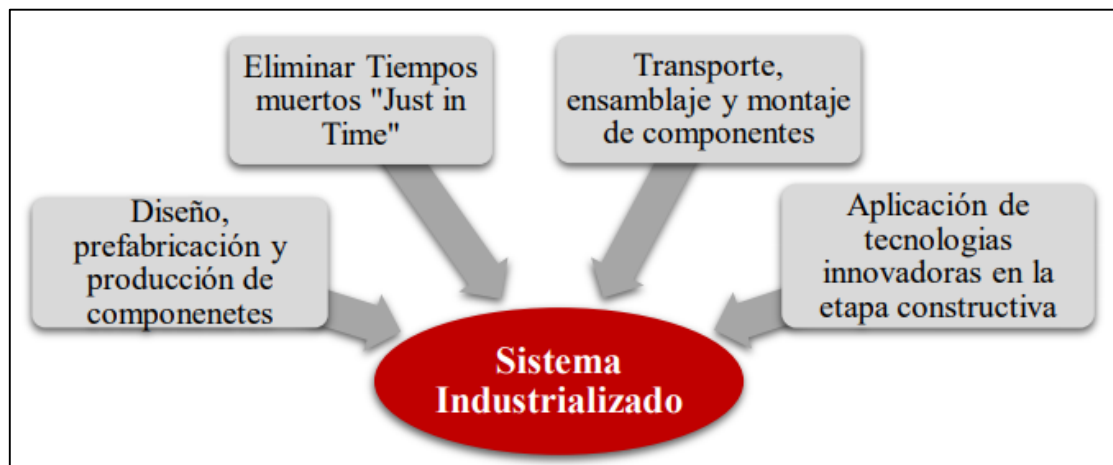
Entre tanto, la fabricación de elementos prefabricados de concreto armado, se usaron en viviendas de uno o dos pisos, aproximadamente en 1950, utilizando

sistema BETONIT, que consiste en la fabricación de secciones de 80 cm. de ancho y pared de 2 cm. de espesor y el sistema CEDESCO de grandes secciones del tamaño del muro de un cuarto, para construcciones de dos pisos.

Pasado los años 60, obras de gran envergadura, como el puente que pasa sobre el río Bio-Bío, y el puente sobre el Malleco, utilizaron vigas prefabricadas pretensadas. Igualmente, se utilizan en edificios industriales, con prefabricados estructurales como vigas y columnas.

El Metro de Santiago de la década de 1970 fue conocido por su construcción a gran escala que utilizaba soluciones prefabricadas en el túnel, como acero en forma de I con losas (ladrillo). Chang (2014) nos indica, la construcción industrializada se refiere a cambiar el proceso de construcción de una vivienda en una producción industrial masiva, con esto se busca tener más beneficios económicos y de calidad. En la Figura 4 se puede notar las diferentes fases que participan en un sistema industrializado y estos puedan dar los resultados esperados.

Figura: 4 Fases del Sistema Industrializado.



Fuente: Adaptado De Chang ,2014

Es importante evaluar los comportamientos observados en las edificaciones durante los sismos intensos. Además, se sabe que, en diversas partes del mundo, después de éstos movimientos sísmicos se han efectuado cambios importantes en

reglamentos sísmicos de cada país. Por lo tanto, se analiza y estudia el comportamiento observado de estructuras prefabricadas en muchos de los sismos de gran magnitud ocurridos en el mundo.

Los entrepisos de alguna manera tienen influencia en la respuesta lateral de las estructuras. En consecuencia, si la rigidez a la flexión de placa de piso es completamente ignorada, la rigidez lateral del edificio puede ser subestimada.

Estas losas de piso actúan como un diafragma de piso en la distribución de carga Lateral.

Se puede definir el diafragma como la agrupación de elementos estructurales que permiten transferir las fuerzas inducidas por una carga horizontal inercial o por otras cargas como el viento a los elementos del sismo resistentes.

Asegurando la integridad de la estructura. (Correal, 2013). El diafragma conforma un sistema tridimensional completo que amarra los elementos de la edificación entre sí y da resistencia lateral y estos sectores uniéndolos a un diafragma de resistencia por la fuerza externa lateral.

Las losas rígidas por lo general son construidas de madera contrachapada, tablero metálico o una losa de concreto. Su uso también puede ser destinado para losa de piso y de algunas cubiertas, también como rampas estructurales en estacionamientos, un diafragma puede incluir colectores y cuerdas

Actúan en la losa rígida, se considera que actúa como un elemento a flexión (viga) que va distribuida en forma horizontal entre las piezas verticales de la resistencia sísmica para el sistema. Siendo este caso, la losa rígida desarrollara los momentos por flexión y algunos cortantes en su superficie y posiblemente otras situaciones.

Además, el código expresa: “El sistema de resistencia de elementos verticales antes esfuerzos externos laterales no se entienden a la longitud de toda la altura del diafragma, algunas veces se utilizan colectora que reciban fuerza de corte de losa rígida y lo transfiera a las piezas verticales (columnas). Algunas veces se usa la definición “distribuidor” para describí a un colector que transfiere las fuerzas desde una pieza vertical hacia el diafragma” (ACI 318-14, 2014)

Las funciones del diafragma de piso cumplen múltiples funciones y son de gran importancia dentro del comportamiento de la edificación durante un evento sísmico. Los diafragmas no solo resisten cargas verticales y las distribuyen a los elementos que conforman el sistema de resistencia de fuerzas gravitacionales, sino que además son los encargados de mantener la integridad de la estructura, distribuyendo al sistema de resistencia de cargas horizontales como muros, columnas y pórticos, las cargas que se presentan durante dicho evento. (Moehle, et. al, 2010). A continuación, se describe brevemente algunas de las funciones del diafragma Definidas por Moehle (Moehle, et. al, 2010), y que están contempladas en el ACI 318-19.

Fuerzas en el plano del diafragma: Todas las fuerzas externas adyacentes que viene de la combinación de las cargas, como el de viento, el de sismo, el de presiones del suelo, el de fluidos general acciones de cortante flexión y axiales. En la superficie de la losa rígida a medida que esta cuida es lugar de las piezas perpendiculares al plano de resistencia a las fuerzas adyacentes y transfieres esas fuerzas hacía las diferentes pizas. Para las cargas externas como el viento, la fuerza lateral es hecha normalmente por la presión y acción del mismo viento que actúa en la fachada de la edificación de viviendas y es llevad por las losas rígidas a los elementos perpendiculares al plano.

Para fuerzas más fuertes como el sismo, las fuerzas inerciales que se van a generar son dentro de la losa rígida y las proporciones aferentes de elementos como el muro, columnas y los demás elementos de la estructura, luego son transferidos por las losas rígidas a los elementos verticales. Para las edificaciones con sótanos, las fuerzas laterales son derivadas por el empuje que hace terreno natural contra los muros del sótano. En los sistemas típicos, los muros que van en la parte de niveles inferiores al terreno sótano se extienden perpendicular al plano entre los pisos que se utilizan también como losas rígidas o diafragmas, los cuales a su vez se encarga de distribuir adyacentes del empuje del suelo de suelo hacia las otras piezas de resistencia a fuerzas.

Fuerzas de transferencia del diafragma: En cuestión de resistencia ante fuerzas laterales los elementos verticales de la estructura pueden tener diferentes propiedades a lo largo de su trayectoria vertical, también pueden cambiar su

resistencia de un piso a otro en todos sus planos, creando entre los elementos verticales transferencia de fuerzas. Al nivel del terreno de una edificación con sótano cambian los planos de resistencia. Las fuerzas se transfieren desde los niveles más angostos hasta los muros de sostenimiento del sótano y a través de una losa rígida de podio.

Fuerzas de conexión: La fuerza del viento que se aplica sobre la parte externa de la edificación, ahí se realiza las fuerzas fuera de la superficie. De igual manera, las vibraciones producidas mediante un movimiento llamado sismo pueden generar esfuerzo de carga inercial en la pieza de la estructura vertical y no estructural, así como son las fachadas. Las fuerzas con dirigidas de manera que va desde los elementos donde se van a desarrollar las fuerzas hacia el diafragma a través de sus conexiones.

Fuerzas de arriostro miento de las columnas: Los diseños arquitectónicos algunas veces requieren el uso de columnas inclinadas, que algunas veces provocan empujes grandes en el plano de las losas rígidas debido a que las cargas de vuelco y gravedad. Estas fuerzas de empuje pueden ir en diferentes direcciones del plano. Depende de la orientación y Angulo de inclinación de las columnas y de si se encuentran en tracción y compresión. Cuando el elemento de empujes no se encuentra previamente balanceados de otras piezas estructurales, esas fuerzas deberían dirigirse a la losa rígida de tal manera que se pueda transmitir a otras piezas que resistan fuerzas adyacentes.

Esas fuerzas son simples y son importantes en los elementos prefabricadas verticales cargadas excéntricamente y que no se encuentren edificadas de manera uniforme y monolítica con las estructuras adyacentes. Las losas rígidas dan soporte de carga lateral a los elementos verticales (columnas) que no se encuentren analizadas y diseñadas como parte esencial del sistema de resistencia ante las fuerzas adyacentes, uniéndolas a otros elementos que nos proporcionan estabilidad lateral a la estructura.

Fuerzas fuera del plano del diafragma: Los diafragmas mayormente son las estructuras del techo y piso, soportan principalmente fuerzas gravitacionales. El reglamento de la construcción nos puede exigir considerar las fuerzas que actúan

fuera del plano debido a las fuerzas de viento en una losa y a las fuerzas de sismo que produce aceleración vertical.

La clasificación del diafragma es uno de los primeros pasos en el análisis lateral de una estructura. Generalmente, los diseñadores clasifican los diafragmas como flexible o rígido para la ejecución de un diafragma (losa aligerada), ya se cuentan con tecnologías innovadoras que aportan a su construcción y estos permita reducir los costos tanto de materiales y de mano de obra.

Entre los elementos que componen los suelos, los suelos y los suelos prefabricados se encuentran los elementos más habituales en el mercado actual. La empresa que empezó a vender estos artículos fue FIRTH, más tarde llamada CONCREMAX, y ahora forma parte de UNICON. Al referirse a estas empresas a continuación, es importante entender que estamos hablando de ambas empresas. Actualmente existen otras empresas como VIPRET de Lima y SUPERMIX de Arequipa.

La plataforma arqueada prefabricada que se muestra en la Figura 5 consiste en una viga pretensada y bloques de ladrillo arqueados comúnmente utilizados en la construcción de viviendas y oficinas y para apoyar a las empresas constructoras.

Figura: 5 Sistema de Viguetas Pretensadas con Bovedilla



Fuente: Elaboración Propia

Actualmente existe una vigueta que lleva por nombre “Tralicho”, que es una vigueta prefabricada que se suele utilizar para los diafragmas (losas aligeradas en una y dos direcciones). En la imagen N° 6 se aprecia la vigueta tralicho junto con

las bovedillas en un diafragma (techo aligerado), como se puede ver, las bovedillas se colocan al principio de los lagos alejados para asegurar la colocación del resto de bovedillas.

Figura: 6 Sistema de Viguetas Tralicho con Bovedilla



Fuente:

Sistema de Viguetas Tralicho con Bovedilla. (s. f.). [FIGURA]. Sistema de Viguetas Tralicho con Bovedilla. <https://gerardoor.wordpress.com/sistemaalitec/>

Las ventajas más comunes en este tipo de construcción

Dar mayor rendimiento de trabajo: La gran parte del trabajo consiste en unir las viguetas prefabricadas con los demás elementos como ladrillos, acero y concreto, ya no es necesario colocarlos sobre el encofrado ya que se trata de juntar los elementos que no han sido prefabricados con los elementos contruidos en el lugar.

Optimización de los tiempos de construcción: Se reducirán los tiempos muertos. Se reducirán los costos y tiempos de construcción, pues la cantidad de personal necesario en obra se reduce al eliminar las partidas de encofrado con tablas y la habilitación de todo el acero positivo.

Precisión dimensional: Al ser las viguetas pre-dimensionadas, las dimensiones ya son estandarizadas según indiquen los planos esto reducirá los trabajos que de forma convencional podrían surgir.

Mejor calidad de acabados: Como son elaborados en fábricas los estándares de calidad son más estrictos y también tienen una mejor presentación e incluso podrían usarse como acabado cara vista.

Disminuye los desperdicios: Los desperdicios en obra se reducen ya que estas viguetas son desarrolladas en fábricas, del mismo modo los desperdicios generados por los encofrados también se ven reducidos.

Rapidez en habitar la vivienda: Al no ser necesario los encofrados estos ambientes quedan libres pudiendo usarse en menos de una semana después del vaciado de concreto, esto es un ahorro en el tiempo ya que de forma convencional suelen demorar entre 2 semanas y 21 días.

Presupuestos más precisos: Los presupuestos se hacen más precisos evitando el desperdicio de gran manera, al tener la cantidad de viguetas ya establecidas permitiendo el control de los materiales de forma más precisa y dándole mejores usos a los materiales sobrantes.

Mano de obra no especializada: El poder montar estas viguetas prefabricadas es muy sencillo, esto nos permite prescindir de mucha de la mano de obra calificada, ya que se puede instruir de forma muy rápida por capacitaciones sencillas. Asimismo, el uso de máquinas se reduce ya que estos elementos son relativamente ligeros.

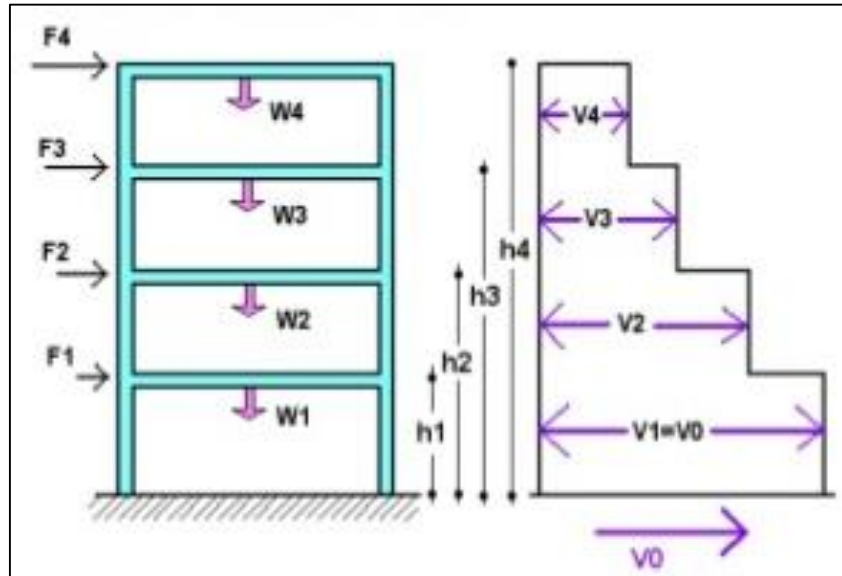
Anular los tiempos muertos. Al optimizar los tiempos de trabajo la producción aumenta esto de por si reduce los tiempos muertos, los cuales muchas veces son generados por la falta de materiales y la logística que pueden surgir por la descoordinación de otros materiales, herramientas o máquinas.

Todos estos beneficios logrados por la implementación de estas nuevas tecnologías nos permitirán mejorar sustancialmente los trabajos y por ende rendimientos que reflejarán su impacto positivo a la población que los use.

Cortante Basal

Saavedra nos dice que, al juntarse de forma progresiva de las fuerzas generadas por las cortantes de cada nivel, el cual se refleja en la base de toda edificación. Dichas cortantes se refieren a la aplicación de la fuerza sísmica en cada nivel determinado los cuales se acumulan a medida que se acercan a la base.

Figura: 7 Cortante Basal



Fuente: Ingeniero Carlos Saavedra, <https://saavedraonline.wordpress.com/2016/10/29/verificacion-del-cortante-basal-segun-covenin-1756-2001/>, 2016

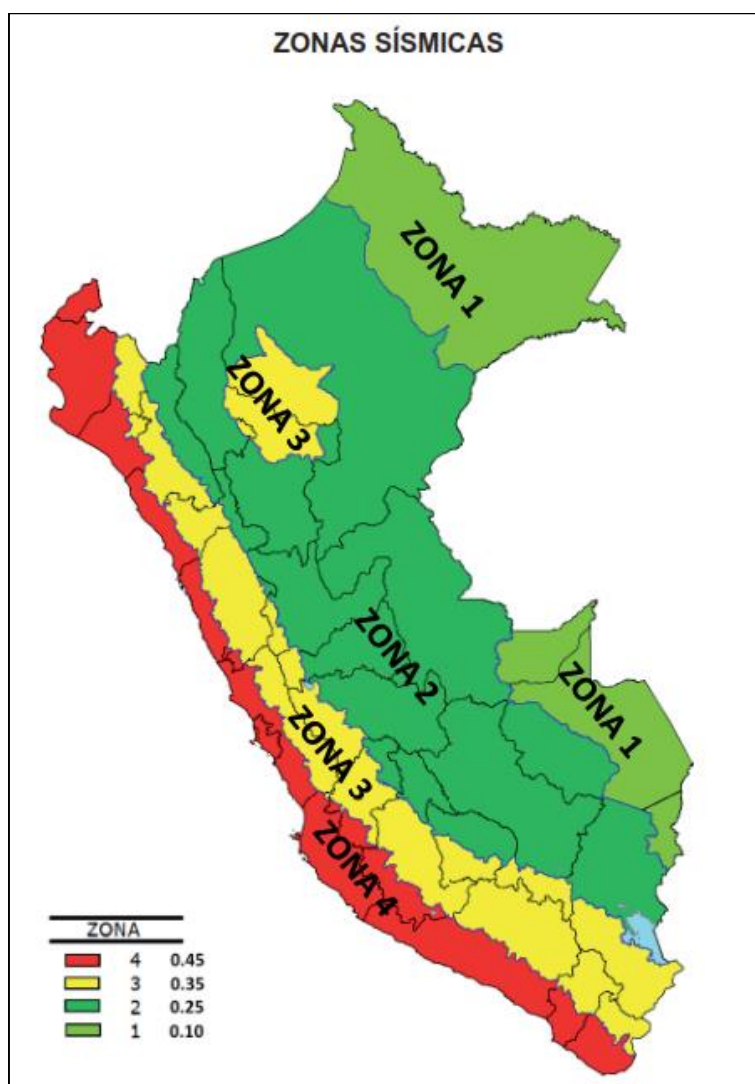
Se refiere a la cortante basal de todo el diseño V , a nivel de cargas últimas, que la estructura recibirá en una dirección ya especificada en el diseño, esta será determinada por las expresiones.

$$V = \frac{ZUCS}{R} P \quad C/R \geq 0.125 \quad C = 2,5\left(\frac{T_p}{T}\right); C \leq 2,5$$

Zonificación

El territorio peruano está dividido en 4 zonas sísmicas, las cuales fueron distribuidas por su sismicidad observada, movimientos sísmicos y atenuación en la distancia epicentral e información geotectónica. Dichas zonas son asignadas a un factor Z , los cuales son interpretados a una aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con la probabilidad de hasta un 10% de ser excedida en un lapso de 5 años. El factor Z esta expresado como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Figura: 8 Territorio Nacional con las Zonas Sísmicas (Nte E0.30, 2016)



Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E-0.30, 2016

Tabla 1 Zonificación

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E-0.30, 2016

Factor S, Factor TP y Factor TL

Según la NTE E.030, el factor S es el fenómeno de amplificación de las ondas sísmicas según el tipo de suelo. El factor TP es el periodo que delimita la plataforma del factor de amplificación sísmica (C) y el factor TL es el periodo que define el inicio de la zona del factor de amplificación sísmica (C).

Se cuenta con cinco tipos de suelo:

- Perfil Tipo S0: Roca dura, aquí encontramos las rocas sanas con una dispersión de ondas de corte Vs mayores de 1500 m/s.
- Perfil Tipo S1: Roca o suelos muy rígidos, hallaremos rocas con grados de facturación diferentes; sus velocidades de propagación de onda de corte Vs serán entres 500 m/s y 1500 m/s.
- Perfil Tipo S2: Suelos intermedios, corresponden los suelos rígidos medianamente con Vs en el rango de 180 m/s y 500 m/s.
- Perfil Tipo S3: Suelos blandos, hallaremos suelos flexibles con Vs menores o igual a 180 m/s.
- Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales, aquí se presentan los suelos excepcionalmente flexibles, con condiciones geológicas desfavorables. Para ello se necesita un estudio específico.

Tabla 2 Factor de Suelo "S"

		FACTOR DE SUELOS "S"			
ZONA \ SUELO	SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4		0.80	1.00	1.05	1.10
Z3		0.80	1.00	1.15	1.20
Z2		0.80	1.00	1.20	1.40
Z1		0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E-0.30, 2016

Tabla 3 Periodos T_p y T_L

PERIODOS " T_p " Y " T_L "				
	PERFIL DE SUELO			
	S0	S1	S2	S3
T_p (S)	0.80	1.00	1.05	1.10
T_L (S)	0.80	1.00	1.15	1.20

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E-0.30, 2016

Factor de Amplificación Sísmica (C)

Este factor es definido por las características de cada lugar y son usadas según lo siguiente

expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2.5(T_p/T)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5(T_p/T)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5(T_p \cdot T_L \cdot T^2)$$

Factor "U"

Las estructuras están clasificadas según categorías. Asimismo la Norma Técnica Peruana Sismo resistente E 0.30, nos indica que para edificios que cuentan con aislamiento sísmico aislamiento en la base se considera 1 como factor U.

La NTE E0.30 nos da a conocer 4 categorías las cuales están divididas por:

A: edificaciones esenciales contando con un factor $U= 1,5$

B: edificaciones importantes con un factor $U= 1,3$

C: edificaciones comunes con un factor $U= 1,0$

D: edificaciones temporales (en estas edificaciones se debe ver la resistencia y rigidez).

Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “Ro” Ro se aplicara solo a estructuras en la que los elementos tanto horizontales como verticales permitan la disipación de la energía, para así mantener la estabilidad de la estructura.

Los sistemas estructurales de concreto armado cuentan con coeficientes básicos de reducción de esta manera:

-Pórticos = 8

-Dual = 7

-De muros estructurales = 6

-Muros de ductilidad limitada = 4

Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica “R”

Para obtener el coeficiente de reducción para la fuerza sísmica “R”, se debe determinar qué tipo de sistema estructural de concreto usaremos así hallaremos el coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica dándonos el Ro. Para determinar las irregularidades estructurales en altura la Norma E0.30 nos indica que contamos con 6 tipos y 5 tipos de irregularidades estructurales en planta.

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

Dónde:

Ia: irregularidad estructural en altura

Ip: irregularidad estructural en planta

Estimación de Peso

Esto se realiza añadiendo al total de la carga de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga. Para ello tenemos la Norma E 0.30 nos indica lo siguiente:

- Para las categorías A y B se tomara el 50 % de la carga viva,
- Categoría C un 25 % de la carga viva,
- En depósitos un 80%,

- En azoteas y techos un 25% y
- En estructuras de tanques, silos un 100% de la carga contenida.

Losa Aligerada

El nombre de la losa ligera proviene de su método de fabricación y su peso ligero, donde el hormigón o el hormigón se sustituye por materiales más ligeros como el poliestireno y el ladrillo. En la construcción de viviendas de dos pisos, las losas livianas reemplazan el concreto con unidades de ladrillo. Este reemplazo reduce la carga sobre la losa y reduce el peso que puede ocurrir. Esto le permite recubrir la misma superficie de una manera más realista y económica. Los suelos ligeros, en cambio, no requieren el uso de encofrado, ya que los ladrillos actúan como encofrado de los tirantes.

Vulnerabilidad Sísmica

Según Barbat nos dice que es necesario saber que la vulnerabilidad en un sismo para una estructura es algo propio de cada edificación, además, es único a cada característica de peligro del lugar donde se haya observado estos sismos con anterioridad, las edificaciones que sufren estos sismos por más similar que sean sus estructuras sufren diferentes daños estructurales, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma área sísmica. Por ende, toda estructura puede ser vulnerable, pero no estar sujeta a riesgos si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica.

Viguetas Prefabricadas y Bovedillas de Poliestireno

Es el sistema de losa aligerada que usa a 2 elementos prefabricados. Las viguetas prefabricadas que pueden ser: la semi-vigüeta de alma abierta que llevan por nombre viguetas fert, Vigüeta pretensada o viga metálica denominadas Viga T y las bovedillas de poliestireno.

Poliestireno Expandido EPS

El poliestireno se obtiene por la polimerización del estireno, se coloca un agente de expansión que es el petano. Su fabricación se obtiene a través de tres fases: la pre expansión, maduración De las perlas pre-expandida y por Último el moldeo.

El poliestireno cuenta con algunas propiedades como:

- Aislamiento térmico
- Resistencia a la humedad
- Durabilidad (por su resistencia al envejecimiento)
- Resistencia mecánica
- Versatilidad
- Compatibilidad
- Facilidad de manejo y transporte

El poliestireno es un material inerte el cual no ataca el medio ambiente, ni salud; una de las características más importantes es que es 100% reciclable.

Bovedillas de Poliestireno

Es uno de los elementos más importantes en una losa prefabricada a base de vigueta y bovedilla, es el material aligerante intermedio entre los elementos que están sometidos a carga llamadas vigas de transferencia (viguetas) y su función se limita a rellenar espacios para ahorrar en volumen el uso de concreto para el aligerando la estructura por ello elimina carga negativa de peso muerto.

Ventajas sobre el peso

Al contar con menos peso en las Bovedillas, este influirá en un excelente funcionamiento tanto en tensiones como en tensiones dadas para cualquier estructura diseñada.

Las bovedillas de poliestireno resultan extraordinariamente ligeros a comparación de las bovedillas tradicionales. La reducción del peso puede estar alrededor de 100 a 130 kg/m².

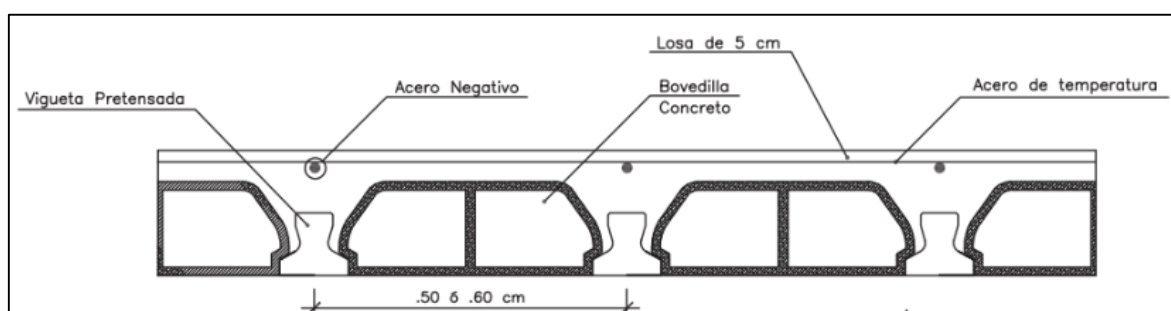
Al referirnos a esta reducción de peso hablamos sobre la disminución de cargas permanentes sobre la estructura.

Viguetas prefabricadas

Castillo da la definición que las viguetas prefabricadas (pretensadas) FIRTH están diseñadas con la normativa peruana vigente de estructuras capítulo 18 (concreto pre esforzado) y con el ACI 318-99. En el capítulo 21 (concreto prefabricado) cumple con las disposiciones de esta; de igual manera en el capítulo 22 donde habla sobre elementos de concretos compuestos sujetos a flexión.

Según Concretec, las raíces son parte del sistema estructural que forma la capa interglacial. Su función es absorber los esfuerzos de flexión generados por los nervios modulares de la losa. Dependiendo del método y la orientación del sitio, la carga funcional se puede transmitir a la estructura del edificio y luego a los cimientos.

Figura: 9 Sección de Viguetas



Fuente: Adaptado De La Tesis De Grado -Elementos Prefabricados-Pretensados De Montaje Manual Para Techos Y Entrepisos De La Vivienda Social, Antonio Marcos Sacoto Toledo, 2016, universidad universidad de cuenca de cuenca. Elaboracion propia

La resistencia de las viguetas varía según la cantidad de armadura, y la excentricidad de la carga de pretensado, diferenciándose de esta forma las series de producción standard que se adecuan a los requerimientos de cálculo.

Las viguetas pretensadas están compuestas por cemento, arena gruesa, confitillo, acero pretensado.

La vigueta por sí misma no es una estructura, sino es la armadura de la losa. Y su función es absorber los esfuerzos de tracción a los cuales estará sometida

Techomax nos indica las características de las viguetas pretensadas, donde nos indica la resistencia última del acero, resistencia especificada del concreto y excentricidad del acero de la vigueta.

Tabla 4 Características de Viguetas Pretensadas

Serie	Area de acero (cm ²)	fpu (Kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²)	ep (cm)	Volumen vigueta (m ³)	Peso vigueta kg/ml
V101	0.378	18900	350	0.54	0.0072	17.0
V102	0.504	18900	350	1.09	0.0072	17.0
V103	0.630	18900	420	1.01	0.0072	17.0
V104	0.784	18900	420	1.09	0.0072	17.0
V105	0.980	18900	500	1.31	0.0072	17.0

Fuente: Modelos De Viguetas Prefabricadas Techomax,2018

Según Concremax las luces máximas para cada serie pretensada son las siguientes: **Tabla 5** Luces máximas de viguetas pretensadas

Serie de Vigueta	Luz Máxima (m)
V-101	5.5
V-102	6.5
V-103	7.5
V-104	7.5
V-105	8.5

Fuente: Modelos De Viguetas Prefabricadas Techomax,2018

Peso Del Elemento De Vigüeta Prefabricada

Los pesos de las vigüetas van de acuerdo con las especificaciones técnicas y elementos que intervienen en su construcción, por lo tanto, cada pieza contará con un peso que será dado por metro lineal, brindándonos así un ratio para poder cuantificarlo y así obtener el peso exacto de dicho elemento prefabricado.

Techomax nos brinda un cuadro con las especificaciones técnicas sobre el peso de las vigüetas pretensadas.

Tabla 6 *Peso de Vigüetas con Losa*

ALTURA DE LOSA (cm)	LOSA TRADICIONAL	SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGÜETAS TECHOMAX					
	ARCILLA A 40cm (kg/m ²)	LOSA CON VIGÜETAS SIMPLES				LOSA CON VIGÜETAS DOBLES	
		ARCILLA A 50cm (kg/m ²)	POLIESTIRENO A 50cm (kg/m ²)	CONCRETO A 50cm (kg/m ²)	BANDEJA + BLOQUE POL A 50cm (kg/m ²)	ARCILLA A 50cm (kg/m ²)	POLIESTIRENO A 50cm (kg/m ²)
17 @ 60	270	-----	180	-----	-----	-----	-----
17 @ 50	270	265	190	-----	260.02	290	230
20 @ 60	300	-----	195	-----	-----	-----	-----
20 @ 50	300	280	210	315	277.53	345	280
25 @ 60	350	-----	225	-----	-----	-----	-----
25 @ 50	350	335	250	375	306.23	430	350
30 @ 60	400	-----	255	-----	-----	-----	-----
30 @ 50	400	400	300	-----	335.89	515	420

Fuente: Modelos De Vigüetas Prefabricadas Techomax,2018

Los momentos con los cuales se comparará para hacer el diseño de losa para momentos positivos.

Tabla 7 : *Momentos Admisibles de las Vigüetas*

	Altura de losa (cm)	Dist/Ejes (cm)	Peso Propio (Kg/m ²)			Momentos Admisibles (Kg-m) = ϕ Mn				
			Arcilla	Poliestireno	Concreto	V101	V102	V103	V104	V105
VIGÜETA SIMPLE	17	60	255	180	-----	807	1099	1338	1648	1989
	17	50	265	190	-----	807	1099	1338	1648	1989
	20	50	280	210	315	999	1356	1657	2047	2486
	25	50	335	250	360	1319	1783	2190	2713	3317
	30	50	400	300	-----	1640	2210	2724	3379	4150
VIGÜETA DOBLE (DDVV)	17	71	250	200	-----	1527	2047	2446	2950	3459
	17	61	290	230	-----	1527	2047	2446	2950	3459
	20	61	345	280	-----	1909	2557	3079	3737	4433
	25	61	430	350	-----	2549	3408	4139	5056	6073
	30	61	515	420	-----	3189	4261	5202	6381	7724

Fuente: Modelos De Vigüetas Prefabricadas Techomax,2018

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: aplicada

- En este estudio, en el diseño de hormigón armado de una vivienda unifamiliar en la ciudad de Arequipa, se aplicó un método de análisis comparativo de un sistema de cubierta convencional y un sistema de vigas prefabricadas, y se obtuvieron diferentes resultados en el análisis y diseño de las dos estructuras anteriores. (diafragmas) Verifique que esté hecho. Este estudio proporciona una solución clara al problema de la interferencia sísmica en los edificios, así como un tipo de aplicación en este estudio. Además de aportar conocimientos como base para futuras investigaciones.
- Según Francisco Abarza, en la investigación aplicada, "los investigadores intentan resolver problemas conocidos y encontrar respuestas a preguntas específicas. En otras palabras, la investigación aplicada se centra en si una empresa papelera quiere determinar si el papel reciclado cumple con los requisitos de las especificaciones de el grosor del rollo, puede desarrollar un procedimiento sistemático para responder a esta pregunta en particular.
- Según Fidias Arias, los estudios experimentales "son un proceso (variable dependiente) de exponer a un grupo de sujetos o individuos a condiciones, estímulos o tratamientos específicos (variables independientes) para observar los efectos o respuestas que se producen. Se produce. Se define".
- La encuesta se realizó bajo el tipo de prueba de aplicación. De hecho, se implementa un sistema de evaluación comparativa web que le permite optimizar sus procesos internos para medir la calidad del aprendizaje.

Diseño de investigación:

- Según (Sampieri et al, 2010), “El diseño de experimentos, como su nombre indica, es un estudio de caso que ocurrió en el pasado, funcionando sin manipulación, experimentación, transformación o participación de variables independientes. Las relaciones entre variables generalmente se proporcionan y analizan para causar casos (pág. 121).
- El diseño aplicado a esta encuesta no es empírico, ya que se relevarán los eventos relevados en los últimos años. En este caso, la regla que se aplica a este estudio comparativo longitudinal es una variable fija, por lo que no hay cambio en la encuesta

3.2. Variables y operacionalización

Variables independientes

- Edificio de vivienda multifamiliar

Variables dependientes

- Diseño de diafragma con prefabricado
- Diseño de diafragma colado en insitu

Tabla 8 Operacionalización de Variables

N°	Variables	Tipo de variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
1°	Edificio de vivienda multifamiliar en la ciudad de Arequipa	Independiente	Módulo de departamentos de vivienda multifamiliar	departamentos de 500 m ² de 7 niveles y un sótano y 4 departamentos por nivel.	<ul style="list-style-type: none"> Área De 95 m² cada departamento
2°	Diseño de diafragma con viguetas prefabricado	Dependiente	Los métodos de diseño y análisis para el comportamiento sísmico. Estos métodos se desarrollan a través de la colocación de viguetas prefabricados para el diafragma del edificio.	<ul style="list-style-type: none"> Distorsión Limite <7/1000 Distorsión Limite <7/1000 Cortante basal Cortante en diafragma 	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion X Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion Y Fuerza sísmica espectro de respuesta X %de cortante

3°	Diseño de diafragma colado en insitu	Dependiente	Los métodos de diseño y análisis para el comportamiento sísmico. Estos métodos se desarrollan a través de la colocación de viguetas echas en insitu para el diafragma del edificio.	<ul style="list-style-type: none"> • Distorsión Limite <7/1000 • Distorsión Limite <7/1000 • Cortante basal • Cortante en diafragma 	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion X • Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion Y • Fuerza sismica espectro de respuesta X • Fuerza sismica espectro de respuesta Y • % de cortante
----	--------------------------------------	-------------	---	---	---

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Una población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes que amplían las conclusiones de un estudio. Esto es independiente del alcance del problema y de la investigación.

Según Mario Tamayo, “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde la unidad de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación

- La población del estudio a realizar estuvo constituida por los edificios conformado por 7 niveles de viviendas multifamiliares y un sótano en la ciudad de Arequipa.
- La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico por conveniencia y se ha elegido para este estudio el edificio asignado para desarrollar labores académico.
- El investigador se haga cargo de todos los procedimientos de aplicación en el edificio seleccionado.
- El investigador se encargará de todos los costos de la implementación y ejecución logística de esta evaluación piloto.
- El edificio de vivienda multifamiliar seleccionado para esta evaluación de análisis y diseño comparativo es el edificio multifamiliar Bavaria 7 niveles y un sótano que tiene las siguientes características:

Tabla 9 Datos del edificio multifamiliar

NOMBRE DEL PROYECTO	EDIFICIO BAVARIA
PISOS	7
DEPARTAMENTOS POR NIVEL	4
UBICACIÓN	AREQUIPA / SACHACA
CANTIDAD DE HABITANTES	84

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Técnicas; Para la recolección de datos se utilizó la observación directa está nos permite enfocar la metodología establecido por Benedetti-Petrini en la cual se anotaran los resultados obtenidos de la observación.

3.5. Procedimientos

- Se realizará como técnica la observación experimental mediante el estudio y análisis de la estructura se pudra corroborar que la edificación cumplirá con la normatividad del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, es más segura ante sismos.

3.6. Método de análisis de datos

- Se utilizará los programas ETABS, AUTOCAD, hojas de cálculo Excel entre otros que nos permitan recolectar y validar datos que estén acorde al RNE.

3.7. Aspectos éticos

- Se realizará en base a la norma E.020 de Cargas, E.030 de Diseño Sismo resistente, E.060 de Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

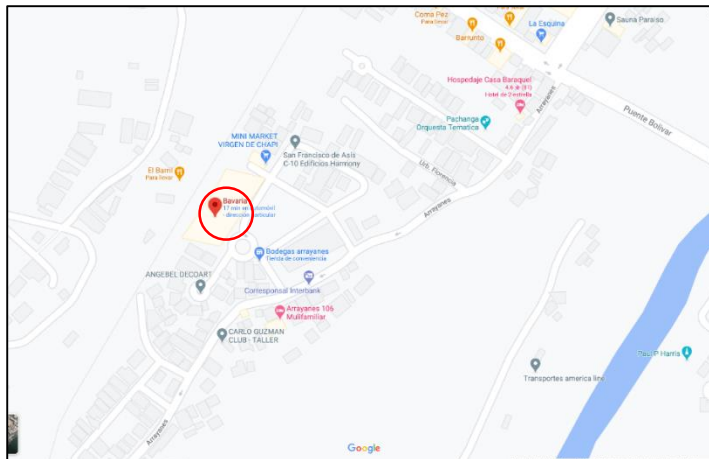
IV. RESULTADOS

Desarrollo Del Procedimiento

Descripción del proyecto

Se analizó un edificio multifamiliar de 7 niveles y un sótano, en cada nivel 4 departamentos. Ubicada en Av. Luna Pizarro 202 Vallecito distrito de Arequipa contando un total de 634 m² área terreno, los pisos tienen una luz de losa a techo de 2.50 en cada nivel.

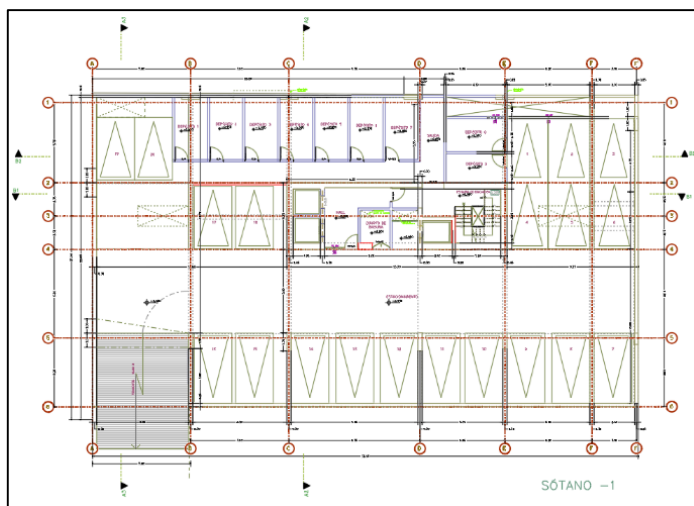
Figura: 10 *Ubicación del Edificio*



Fuente: Elaboración Propia

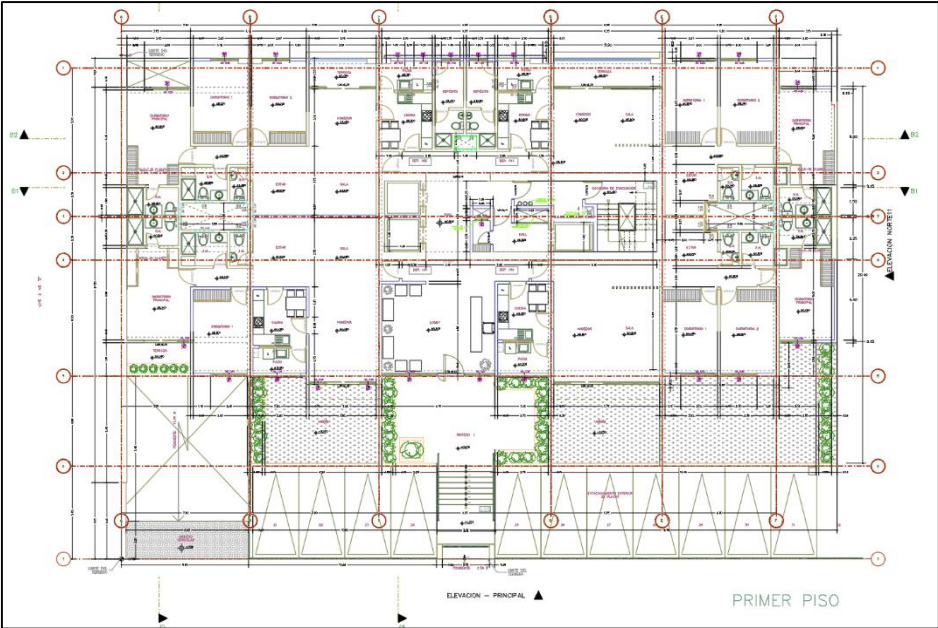
Adquisición de Planos del edificio Multifamiliar de viviendas Bavaria

Figura: 11 *Plano de Planta Arquitectura Sotano-1*



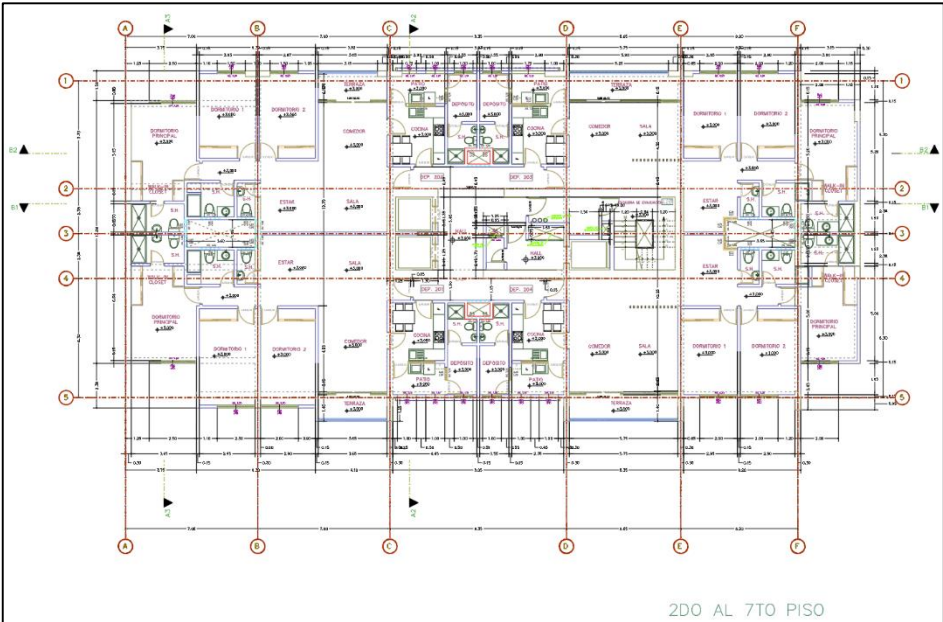
Fuente: Elaboración Propia

Figura: 12 Plano de Planta Arquitectura Primer Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 13 Plano de Planta Arquitectura Primer Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Pre-dimensionamiento de elementos estructurales

A continuación, se presenta el pre dimensionamiento de losa aligerada, losa maciza, vigas y columnas. Los cuales se realizaron en base a los criterios y recomendaciones del Dr. Genner Villareal Castro.

Pre-dimensionamiento de losa aligerada tradicional.

De acuerdo al proyecto tenemos luces entre 4 a 6.00 metros

Luz mayor en dirección XX: 4.10 ml

Luz mayor en dirección YY: 6.00 ml

Criterio de pre dimensionamiento

$$H = \frac{L_n}{25}$$

Donde:

H: Peralte de losa

L_n : Luz libre entre apoyos

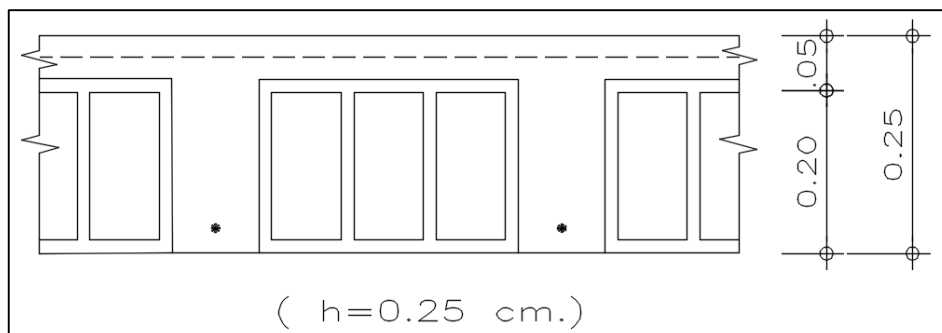
Se obtiene

$$H_X = 0.164$$

$$H_Y = 0.240$$

Por lo que se trabajó con un peralte de losa de 25 cm.

Figura: 14 Losa Aligerada



Fuente: Elaboración Propia

Pre- dimensionamiento de vigas principales

Vigas principales

Las vigas principales se armaron en sentido YY.

Datos de entrada:

Luz mayor en dirección Y: 7.55 m.

Para vigas largas $L/14$

Criterio para el peralte según norma E-060 mínimo 25 cm o de $30h$ a $50h$

Donde:

L: Luz libre entre apoyos

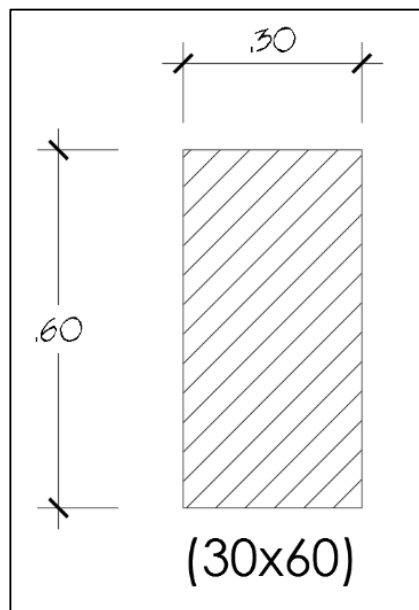
B: Base de la viga

Se obtiene

$H = 0.53$ damos peralte de 60 cm

Tenemos una viga peraltada de $H=60$ cm y $B=0.30$ cm

Figura: 15 Viga Pre-Dimensionada



Fuente: Elaboración Propia

Pre-dimensionamiento de columnas

Pre-dimensionamiento de columna central

Criterio:

$$A_c = \frac{N_p * A_t * 10000}{0.45 * f'_c}$$

Donde:

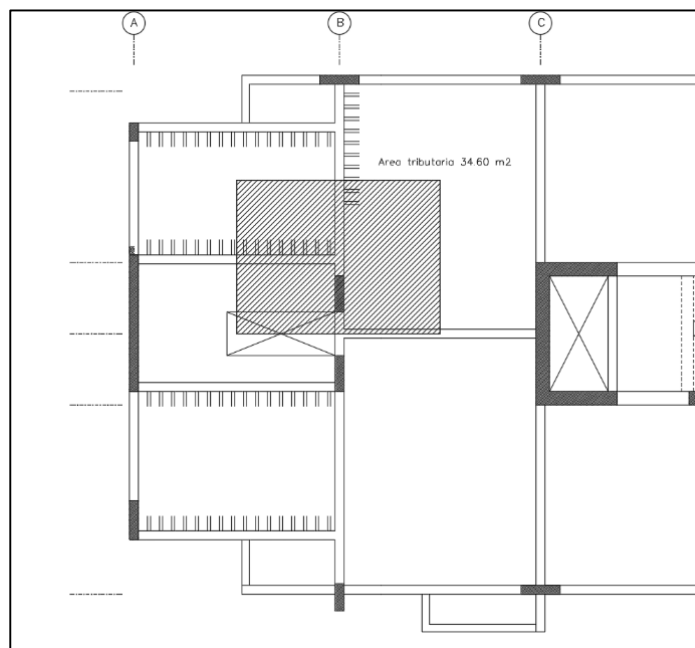
A_c = Área de columna

N_p = Número de pisos = 8

A_t = Área tributaria

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto

Figura: 16 Área Tributaria

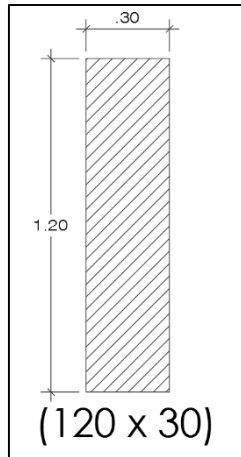


Fuente: Elaboración Propia

$$A_c = \frac{8 * 34.60 * 1000}{0.45 * 210} = 2929.56 \text{ cm}^2$$

Para columna central se propuso una de 1.20 x 0.30 metros dando como área 3600cm²

Figura: 17 Columna Pre-Dimensionada



Fuente: Elaboración Propia

Pre-dimensionamiento de columna lateral o esquinera

Criterio:

$$A_c = \frac{N_p * A_t * 10000}{0.45 * f'c}$$

Donde:

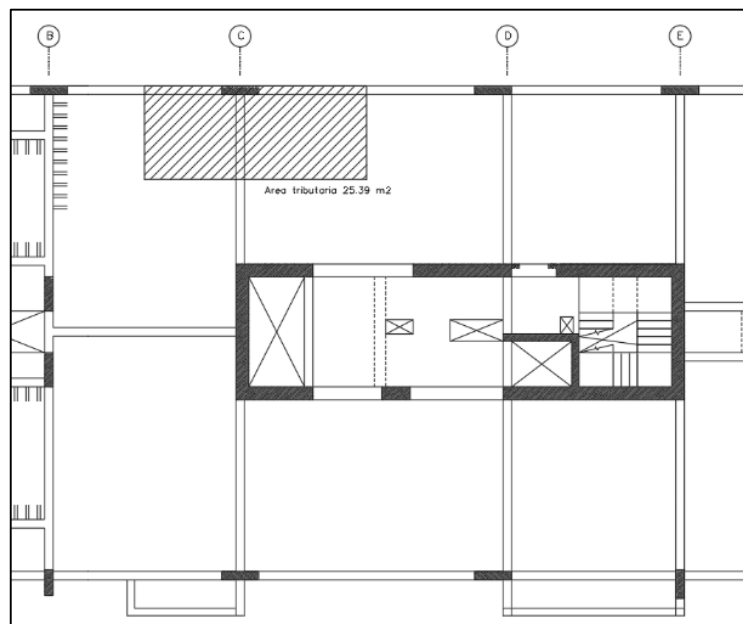
A_c = Área de columna

N_p = Número de pisos = 8

A_t = Área tributaria

$f'c$ = Resistencia a la compresión del concreto

Figura: 18 Área Tributaria

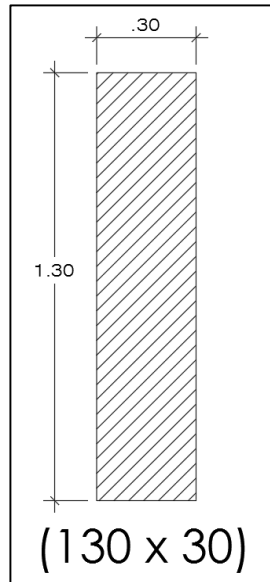


Fuente: Elaboración Propia

$$A_c = \frac{8 \cdot 25.39 \cdot 1000}{0.45 \cdot 210} = 2149.4 \text{ cm}^2$$

Para columna central se propuso una de 1.30 x 0.30 metros dando como área 3900cm²

Figura: 19 Columna Pre-Dimensionada



Fuente: Elaboración Propia

Normas técnicas de edificación peruanas

Estas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006) están indicadas dentro del reglamento nacional de edificaciones, y se mencionan a continuación

-Norma Técnica de edificación E020 – CARGAS

-Norma Técnica de edificación E030 – DISEÑO SISMORESISTENTE (2016)

-Norma Técnica de edificación E050 – MECANICA DE SUELOS

-Norma Técnica de edificación E060 – CONCRETO ARMADO

-Norma Técnica de edificación E070 – ALBAÑILERIA

-ACI 318-14

-AISC 360-10

Metrados de cargas

Las cargas de diseño consideradas son debido al peso propio, a la carga viva y la carga por efectos sísmicos, la norma para las cargas vivas distribuidas son según la norma E020. Dichas cargas son como se detallan a continuación:

Carga Muerta:

Peso específico del concreto armado	=	2400 kg/m ³
Peso Losa Aligerada h=0.25m	=	350 kg/m ²
Efectos térmicos variación de temperatura	=	20° C/día
Peso volumétrico del suelo	=	2010 kg/m ³
Peso del piso terminado	=	100 kg/m ²
Peso losa con viguetas prefabricadas	=	250 kg/m ²

Carga Viva:

Viviendas	=	200 Kg/m ²
Corredores y Escaleras	=	400 Kg/m ²
Cargas en azoteas	=	100 Kg/m ²

Carga por Sismo:

Ver espectro de respuesta de aceleración de diseño más adelante.

Combinaciones De Carga Para El Análisis

se menciona todas las combinaciones de cargas requeridas para el diseño de los elementos de concreto armado según establecido en la norma E.030

Requisitos Generales De Resistencia

Resistencia Requerida

- La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1,4 CM + 1,7 CV$$

- Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1,25 (CM + CV) + - CS$$

$$U = 0,9 CM + - CS$$

- No se va a considerar la acción de sismo y de viento simultáneamente

Análisis estructural del edificio

El análisis estructural sísmico se hará de acuerdo a las indicaciones de la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente E.030-2019.

Se usó un modelo tridimensional en los 3 ejes ,con tres coordenadas dinámicas por nivel, tomando en cuenta deformaciones por flexión, fuerza cortante y carga axial.

Los apoyos se consideran empotramientos perfectos en el primer piso.

Parámetros Sísmicos.

Tabla 10 *Parámetros Sísmicos*

FACTOR	DESCRIPCION	VALOR
Factor de Zona (Z)	Zona Sismica 3	0.35
Factor de suelo (S)	Perfil Tipo S2	1.15
Periodo Tp	Parámetros de sitio	0.6
Periodo Tl	Parámetros de sitio	2
Factor de uso (U)	Edificaciones Comunes	1
Factor de amplificación sísmica (C)	Norma	2.5
Factor de reducción de fuerzas,(Rx)	Dual	7
Factor de reducción de fuerzas,(Ry)	Dual	7

Fuente: Elaboración Propia

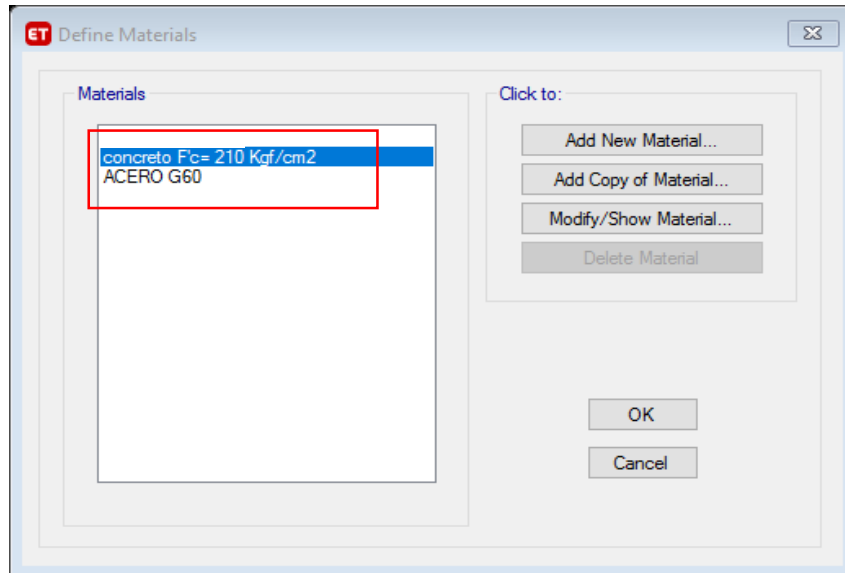
Modelamiento en ETABS

Para su realización, es necesaria realizar la elaboración del respectivo cálculo estructural de acuerdo a los planos de arquitectura para llegar a la estructuración y diseño final. En este caso se va a realizar mediante programas de cómputo sofisticados que permiten simular el comportamiento estructural sísmico y estático de los edificios respectivamente.

Se ha usado el programa reconocido a nivel mundial para el análisis y diseño sísmico de estructuras denominado ETABS 2016 Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones).

Propiedades de materiales en ETABS

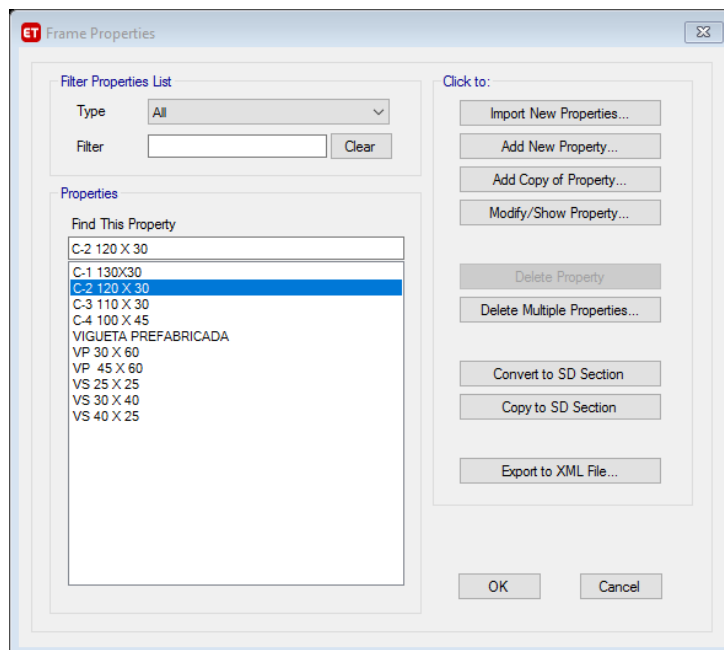
Figura: 20 Definición de Materiales ETABS



Fuente: Elaboración Propia

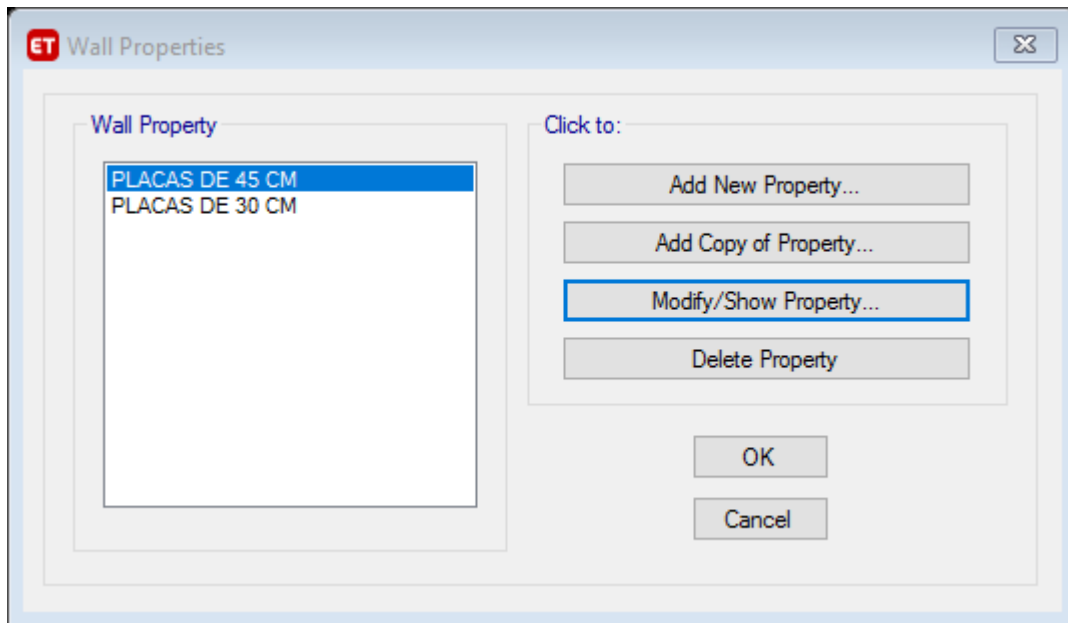
Elementos estructurales ETABS

Figura: 21 Columnas y Vigas en ETABS



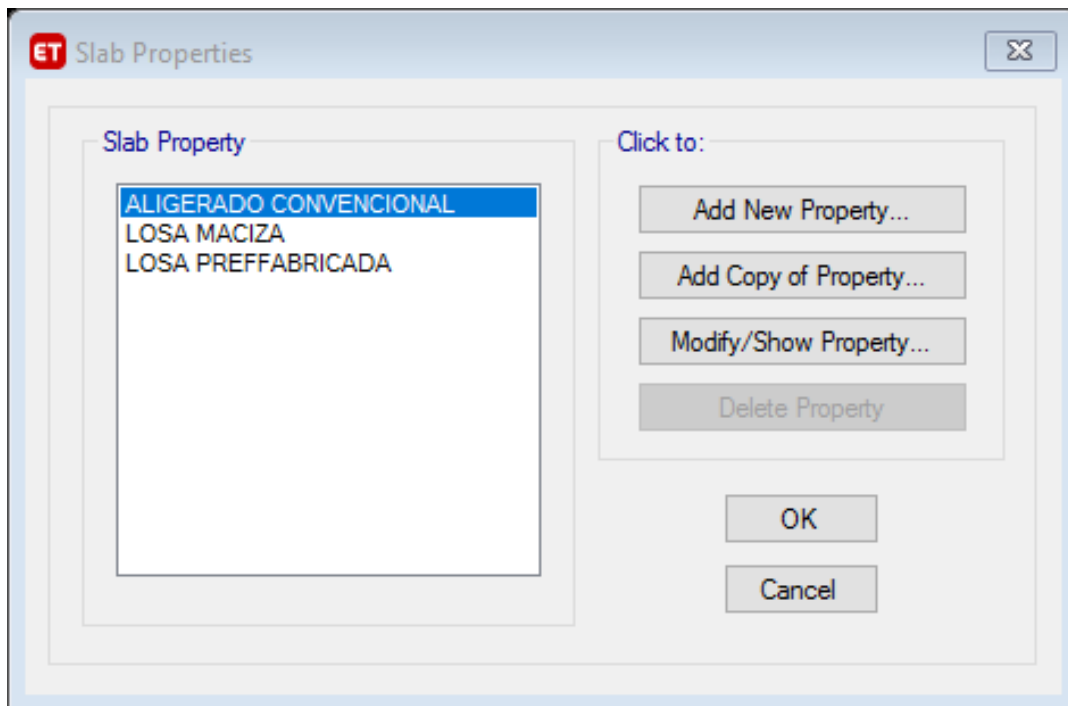
Fuente: Elaboración Propia

Figura: 22 Placas en ETABS



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 23 Lozas en ETABS



Fuente: Elaboración Propia

Espectro de Diseño

Los factores de diseño se han considerado de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos realizado, y de acuerdo a la norma E-030 para el sistema estructural tomado, tal como se indica a continuación:

- Factor de zona $Z = 0.35$, ciudad de Arequipa.
- Factor de uso $U=1$ por ser una edificación de categoría C (Edificaciones de viviendas multifamiliares).
- Factor de suelo $S=1.15$, que corresponde a un suelo intermedio.

Asociado a este tipo de suelo está el Periodo de suelo $T_p=0.60$ s y $T_l= 2.00$ s.

- Factor de Zona Estructural R: Factor de Reducción de la Respuesta Sísmica.

Factor de Reducción en la Dirección X-X $R_{xx}=7$ (Dual)

Factor de Reducción en la Dirección Y-Y $R_{yy}=7$ (Dual)

- Factor de amplificación sísmica (C): este se define mediante la siguiente expresión

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

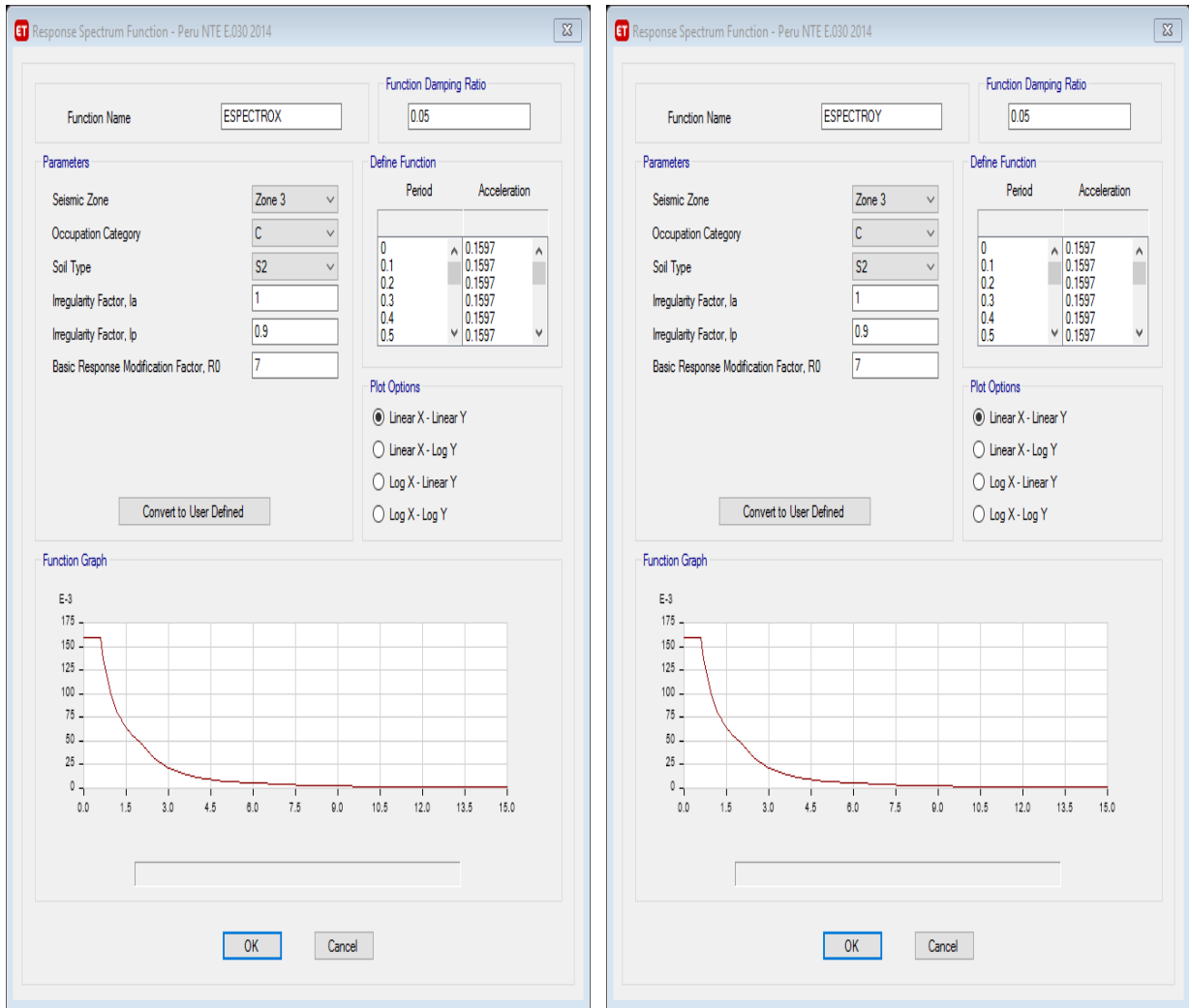
$$C := 2.5$$

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

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

$$g := 9.81$$

Figura: 24 Espectro en XX- YY Para Análisis Dinámico ETABS



Fuente: Elaboración Propia

Concepción Estructural

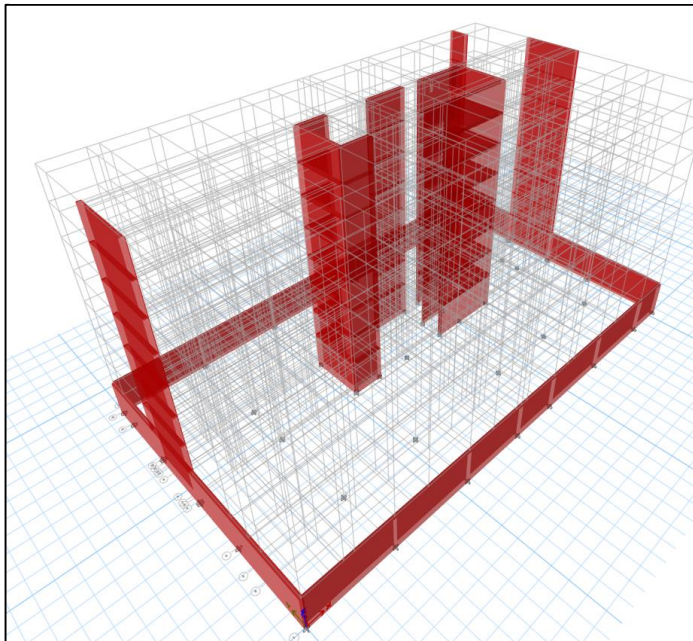
Las estructuras a construir serán consideradas según reglamentos como estructura común (categoría C) porque será un edificio multifamiliar.

Actualmente el área sobre el cual se va a proceder a construir es un terreno plano.

La estructura cuenta con vigas peraltadas, columnas, placas y caja de ascensor. El sistema estructural empleado es dual en ambos sentidos tanto en X como en Y, brindándole la respectiva rigidez lateral, así mismo recalca que son estructuras que la única variación del elemento ser las losa ya que una será analizada con una losa convencional aligerada de losa de 25 cm y la otra será analizada con viguetas prefabricadas.

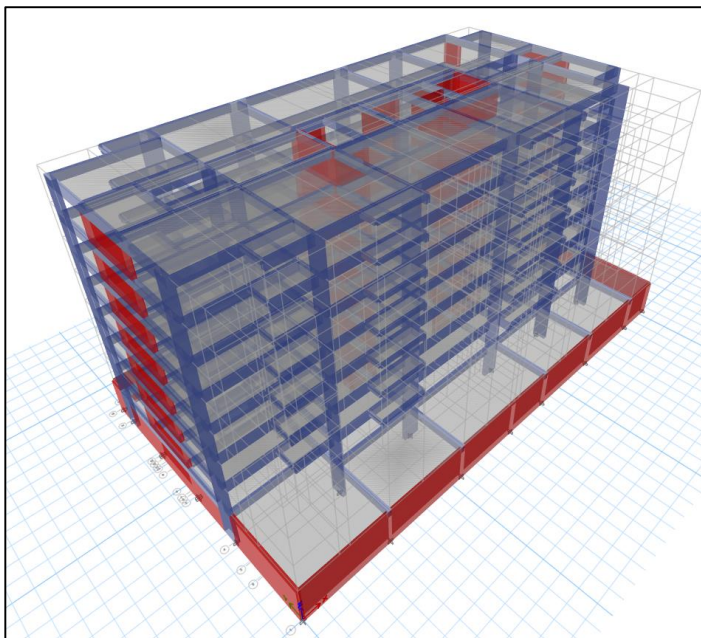
Se ha previsto, por efectos de estructuración, la separación con junta de 15cm alrededor de la construcción colindante a los vecinos.

Figura: 25 *La Figura Muestra Solamente Placas y Muros de Corte*



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 26 *La Figura Muestra Toda la Estructura en Conjunto para Ambos Casos*

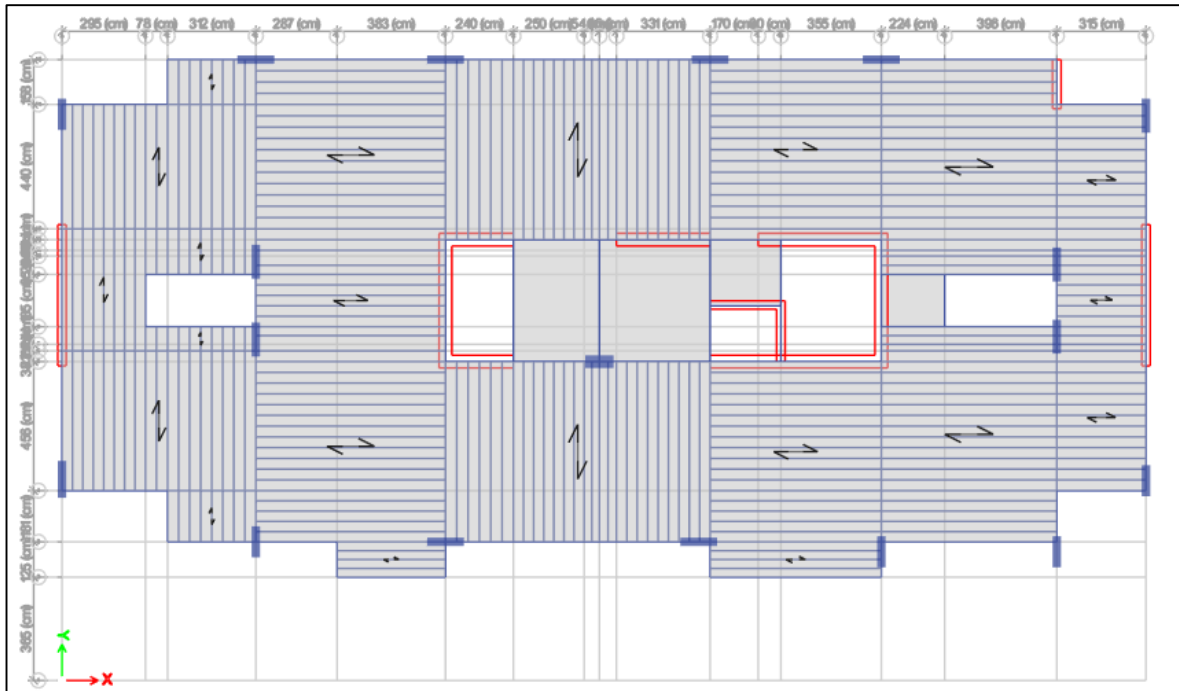


Fuente: Elaboración Propia

Modelamiento De Aligerados Para Ambos Casos

Modelamiento para una planta tradicional con aligerado en un sentido losa de 25 cm de altura y para una luz libre de 6.00 metros de luz

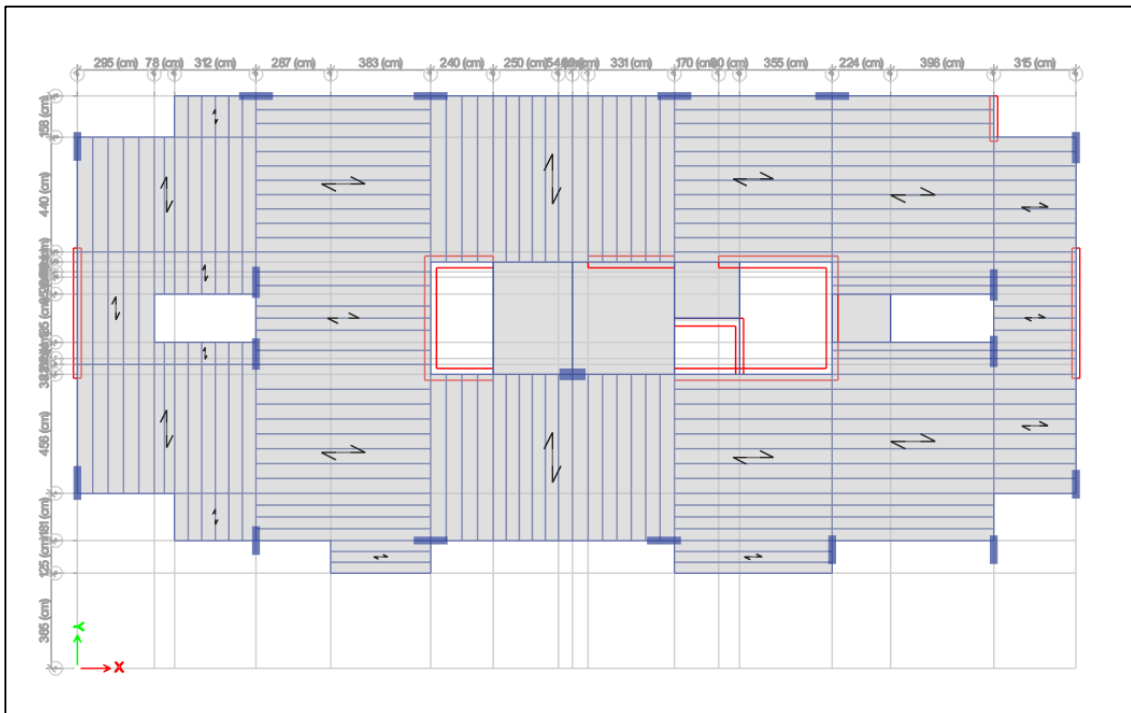
Figura: 27 *Planta de Losa Tradicional.*



Fuente: Elaboración Propia

Modelamiento Para una planta convencional con aligerado en un sentido losa de 25 cm de altura y para una luz libre de 6.00 metros de luz espaciamento entre ejes de viguetas serán distribuidas a cada 40 cm a eje, con ladrillo de albañilería de arcilla.

Figura: 28 Planta de Losa con Viguetas Prefabricadas



Fuente: Elaboración Propia

Modelamiento Para una planta con viguetas prefabricadas con aligerado en un sentido losa de 25 cm de altura y para una luz libre de 6.00 metros de luz espaciamiento entre ejes de viguetas serán distribuidas a cada 50 cm a eje, con bovedilla de poliestireno.

Respuesta Sísmica De La Estructura

La categoría de la edificación es tipo C por ser vivienda multifamiliar para ambos casos. La altura a considerar para ambos casos es 3.00 metros en el primer nivel y en los niveles superiores 2.50 para este cálculo.

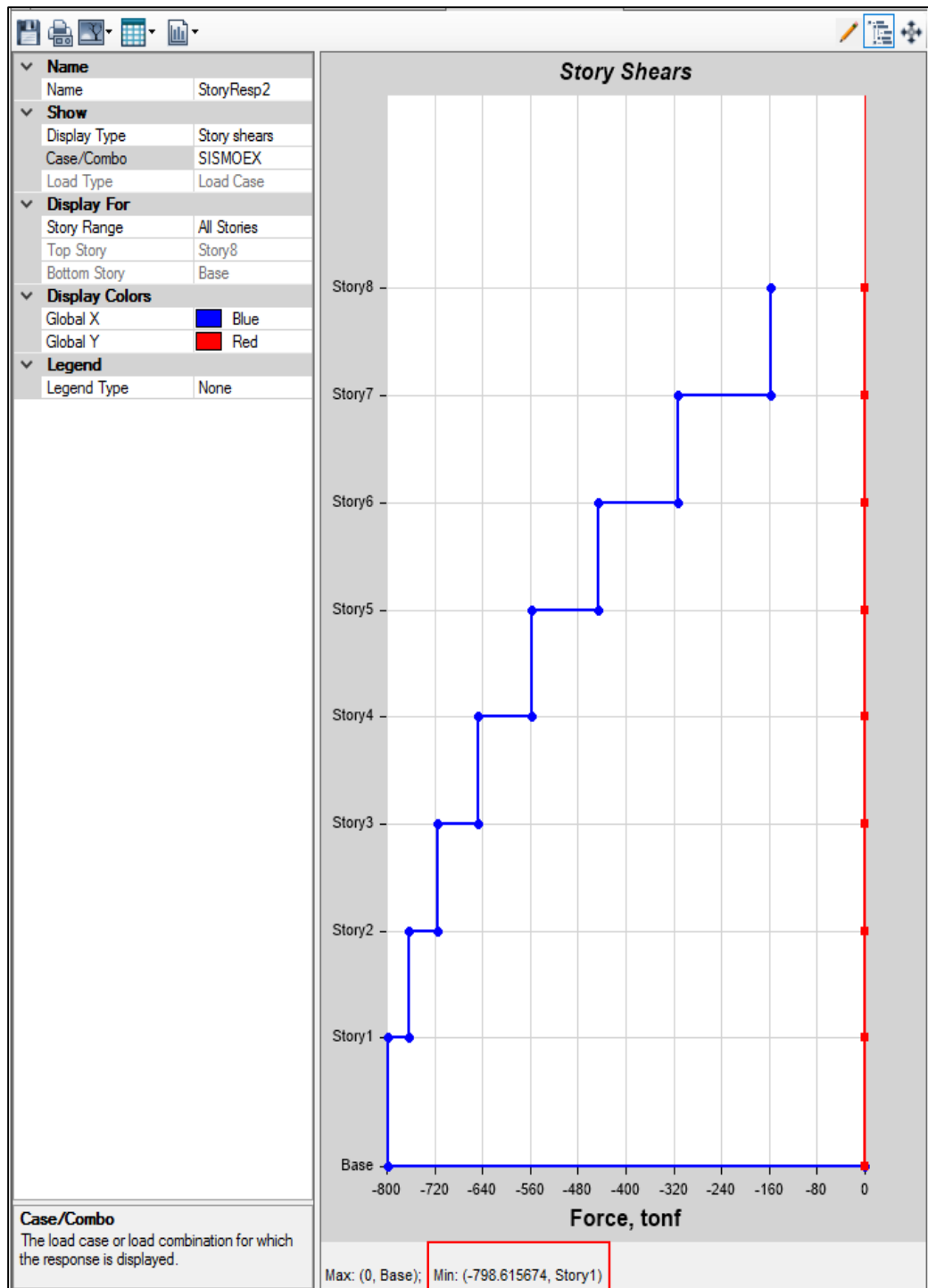
Cálculo de cortante basal en la base para ambos casos

Cortante Que Llegan A La Estructura

Para Estructura Con Aligerado Convencional

Sentido XX

Figura: 29 Cortante con Sismo Estático en Dirección XX

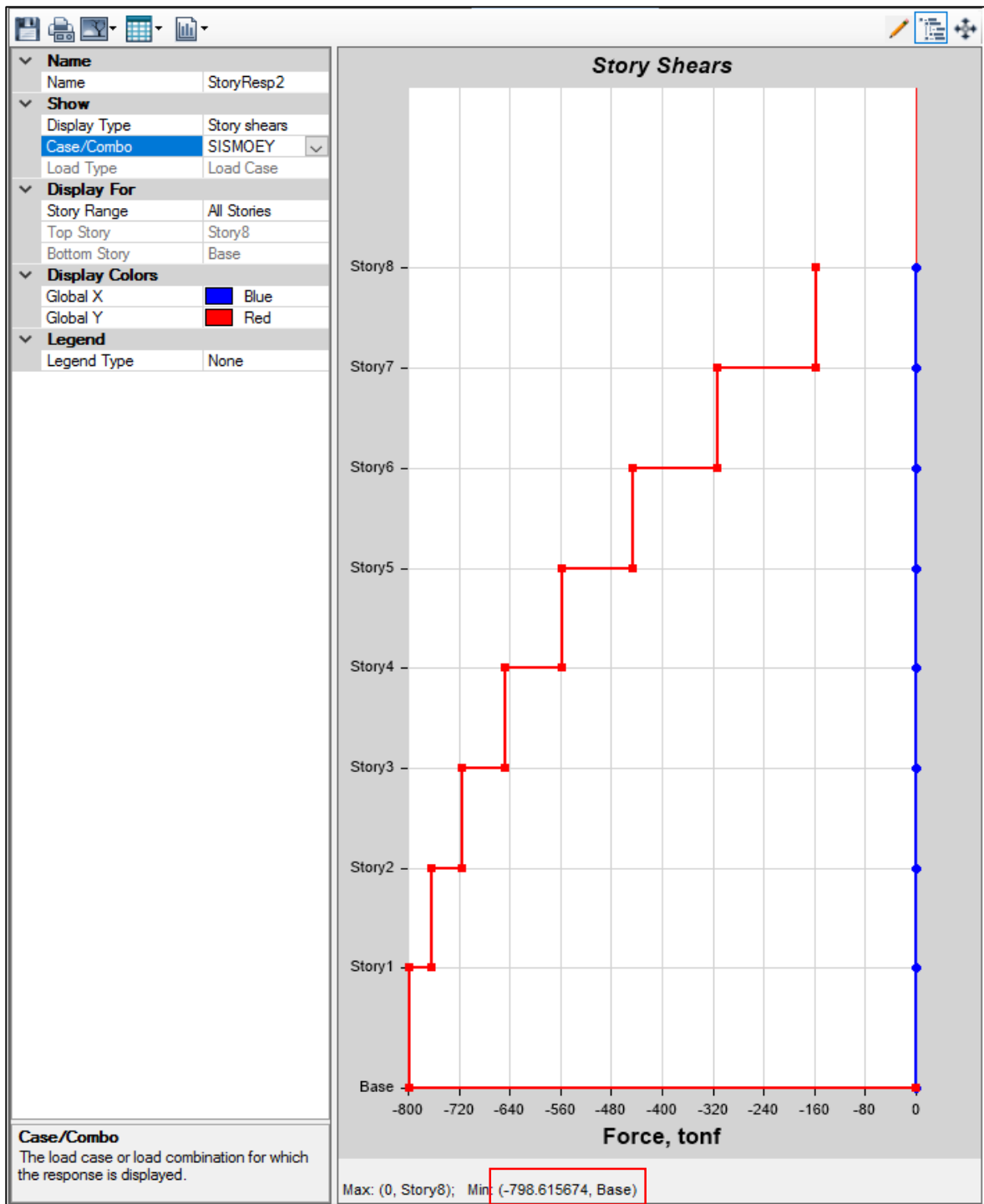


Fuente: Elaboración Propia

$$V_x = 798.62 \text{ Tnf}$$

Sentido YY

Figura: 30 Cortante con Sismo Estático en Dirección YY



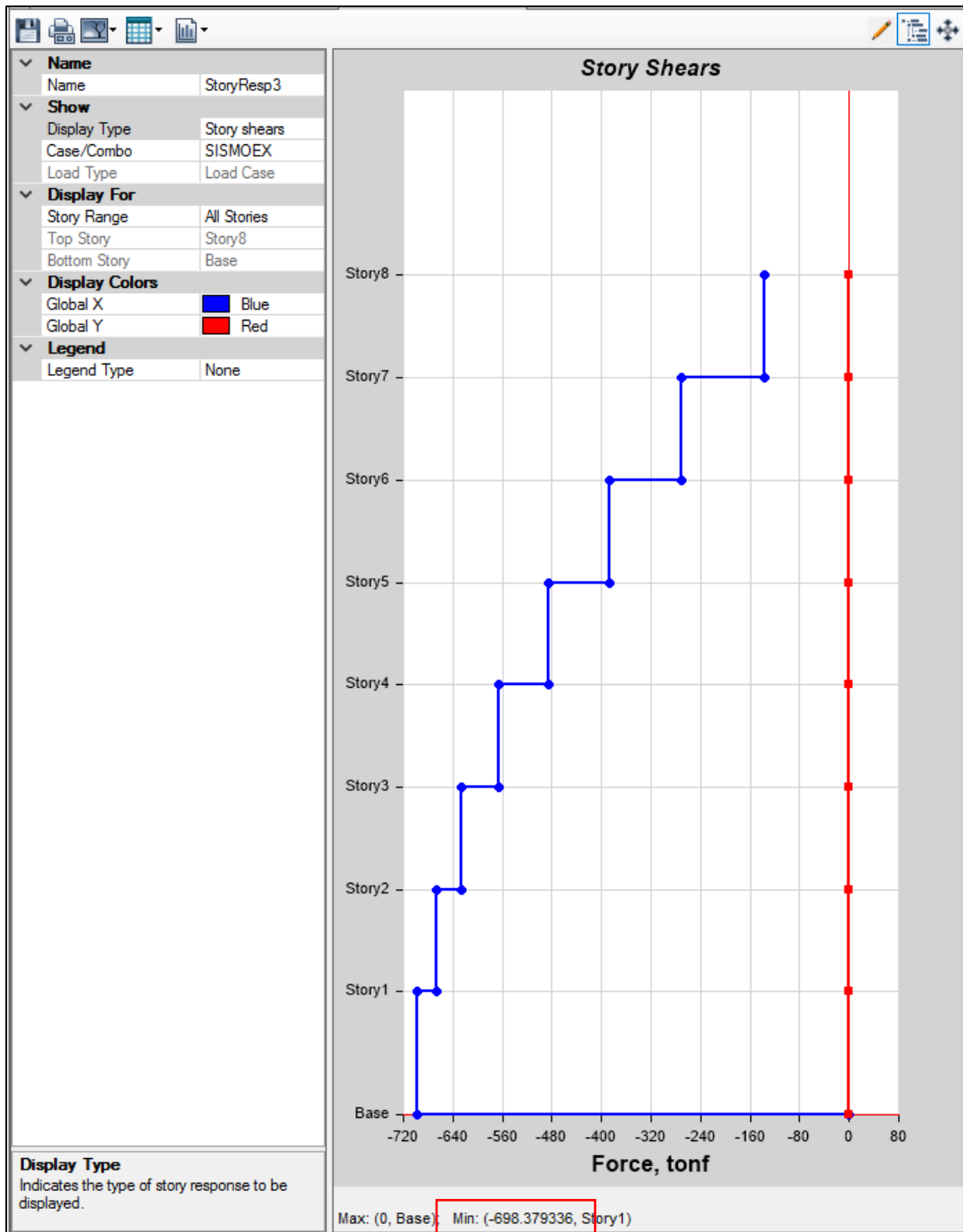
Fuente: Elaboración Propia

$$V_y = 798.62 \text{ Tnf}$$

Para Estructura Con Viguetas Prefabricadas y bovedilla de poliestireno

Sentido XX

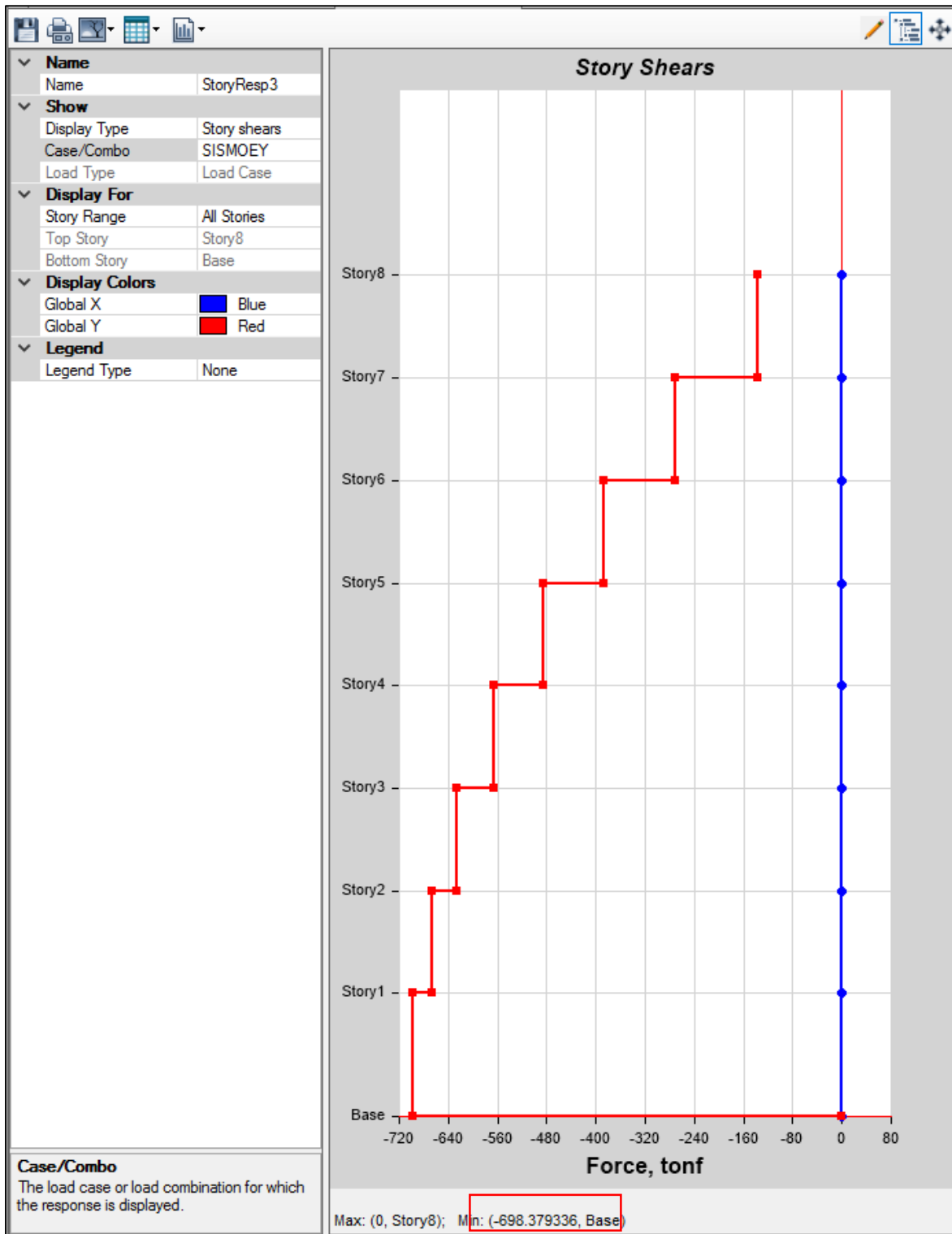
Figura: 31 Cortante con Sismo Estático en Dirección XX



Fuente: Elaboración Propia

$$V_x = 698.37 \text{ Tnf}$$

Figura: 32 Cortante con Sismo Estático en Dirección YY



Fuente: Elaboración Propia

$$V_y = 698.37 \text{ Tnf}$$

Podemos apreciar que la cortante cambia entre los dos modelos, el modelo convencional con aligerado común y el modelo de con viguetas prefabricadas

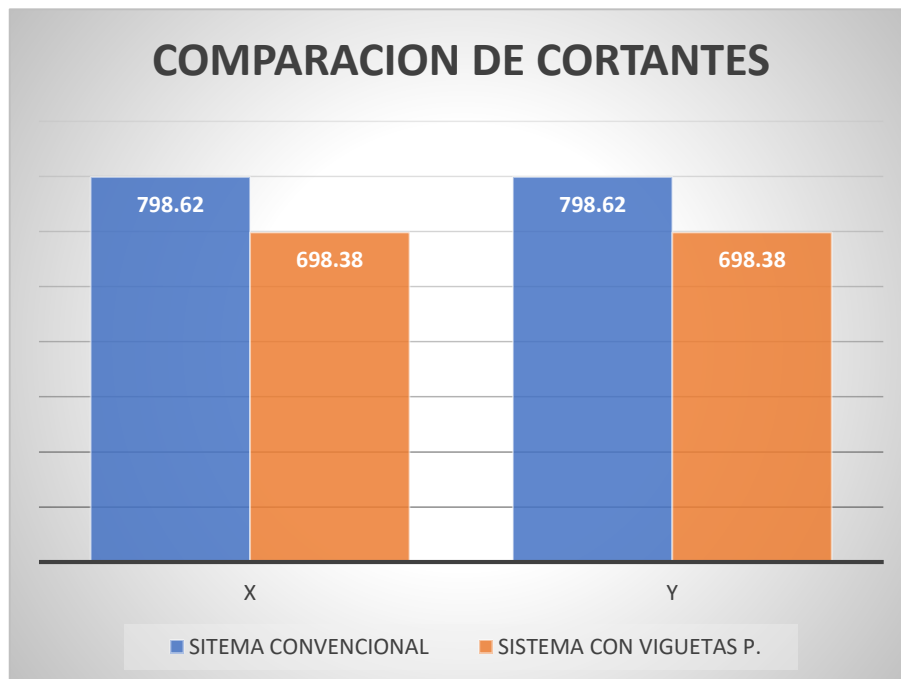
Se aprecia que hay una reducción de cortante basal del 14.3% entre las viguetas prefabricadas y el sistema convencional dando como resultado que el sistema con viguetas prefabricado tiene menos cortante basal ya que el peso de la misma es menor al de una convencional.

Tabla 11 Comparación de Cortantes

COMPARACION DE CORTANTES			
ITEM	SISMO ESTATICO		REDUCCION
DIRECCION	X	Y	%
SITEMA CONVENCIONAL	798.6157	798.6157	14.3
SISTEMA CON VIGUETAS P.	698.3793	698.3793	

Fuente: Elaboración Propia

Figura: 33 Grafico de Comparación de Cortantes por sus dos Dirección X-X y Y-Y



Fuente: Elaboración Propia

Periodos De Vibración

El periodo fundamental de la estructura se halla con $C_t = 60$ para la dirección X por ser un sistema dual y $C_t = 60$ para la dirección Y por ser un sistema dual.

Figura: 34 *Periodo Fundamental de Vibración*

4.5.4 Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Fuente: E-030 Sismoresistente

Para Estructura Con Aligerado Convencional.

Figura: 35 *Periodos y Frecuencia Nodal*

ET Modal Periods And Frequencies

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No \nd Fre Sort: None

Filter: None

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.37	2.706	17.0045	289.1532
Modal	2	0.32	3.129	19.6616	386.5788
Modal	3	0.289	3.457	21.7223	471.8592
Modal	4	0.089	11.275	70.8435	5018.8008
Modal	5	0.081	12.303	77.3002	5975.3148
Modal	6	0.073	13.607	85.4975	7309.8165
Modal	7	0.042	23.768	149.338	22301.8443
Modal	8	0.039	25.669	161.2814	26011.7059
Modal	9	0.035	28.348	178.1139	31724.5735
Modal	10	0.028	36.056	226.5443	51322.3052
Modal	11	0.025	39.537	248.4184	61711.7219
Modal	12	0.023	43.409	272.7462	74390.4672

Record: << < 3 > >> of 12 Add Tables... Done

Fuente: Elaboración Propia

Figura: 36 *Participación Modal*

ET Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No rticipati Sort: None os

Filter: None

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum
Modal	1	0.37	0.0003	0.5336	0	
Modal	2	0.32	0.6415	0.0014	0	
Modal	3	0.289	0.0178	0.1098	0	
Modal	4	0.089	0.0009	0.1499	0	
Modal	5	0.081	0.1533	0.0003	0	
Modal	6	0.073	0.0005	0.0348	0	
Modal	7	0.042	0.0006	0.0643	0	
Modal	8	0.039	0.0596	0.0004	0	
Modal	9	0.035	0.0003	0.0124	0	
Modal	10	0.028	0.0002	0.0435	0	
Modal	11	0.025	0.0413	0.0001	0	
Modal	12	0.023	0.0002	0.011	0	

Record: << < 1 > >> of 12 Add Tables... Done

Fuente: Elaboración Propia

Para Estructura Con Viguetas prefabricadas bovedilla de poliestireno

Figura: 37 Periodos y Frecuencia Nodal

ET Modal Periods And Frequencies

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No And Freq Sort: None

Filter: None

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.343	2.912	18.2994	334.8698
Modal	2	0.298	3.355	21.0783	444.2948
Modal	3	0.269	3.713	23.3287	544.2288
Modal	4	0.082	12.123	76.1718	5802.1361
Modal	5	0.076	13.18	82.8121	6857.8422
Modal	6	0.068	14.604	91.7571	8419.3608
Modal	7	0.039	25.509	160.2797	25689.5914
Modal	8	0.036	27.479	172.657	29810.4528
Modal	9	0.033	30.428	191.1863	36552.2144
Modal	10	0.026	38.621	242.6637	58885.6881
Modal	11	0.024	42.29	265.7138	70603.8477
Modal	12	0.021	46.604	292.8185	85742.6879

Record: << < 3 > >> of 12 Add Tables... Done

Fuente: Elaboración Propia

Figura: 38 Participación Modal

ET Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No ing Mas Sort: None

Filter: None

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ
Modal	1	0.343	0.0004	0.5411	0
Modal	2	0.298	0.6423	0.0009	0
Modal	3	0.269	0.0162	0.1022	0
Modal	4	0.082	0.0011	0.1531	0
Modal	5	0.076	0.1532	0.0005	0
Modal	6	0.068	0.0004	0.0315	0
Modal	7	0.039	0.0008	0.0659	0
Modal	8	0.036	0.0597	0.0006	0
Modal	9	0.033	0.0003	0.0109	0
Modal	10	0.026	0.0003	0.0446	0
Modal	11	0.024	0.0416	0.0001	0
Modal	12	0.021	0.0002	0.0099	0

Record: << < 1 > >> of 12 Add Tables... Done

Fuente: Elaboración Propia

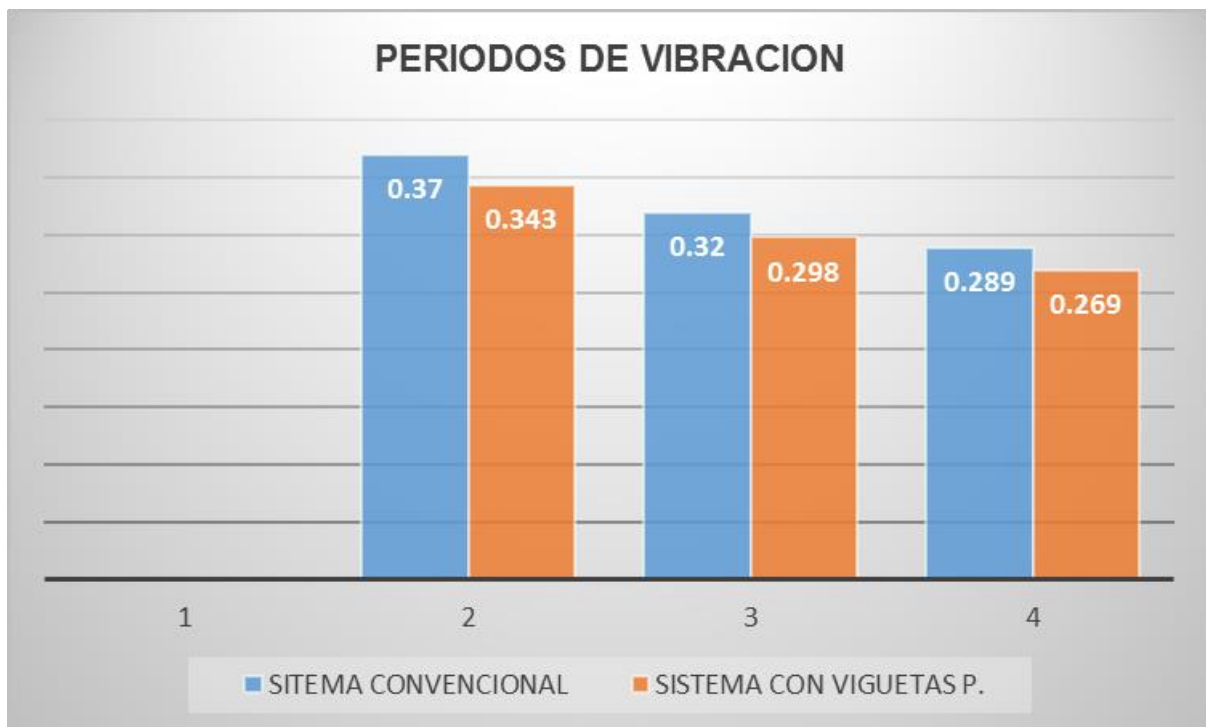
Se aprecia que hubo una reducción entre el 7.38% al 7.87% del periodo como muestra el cuadro de la tabla 4

Tabla 12 Cuadro de Comparación de Periodos y Porcentajes de Reducción Entre uno y otro

PERIDOS FUNDAMENTALES (S)	1	2	3	DIRECCION X	DIRECCION Y
SITEMA CONVENCIONAL	0.37	0.32	0.289	0.32	0.37
SISTEMA CON VIGUETAS P.	0.343	0.298	0.269	0.298	0.343
PORCENTAJE DE REDUCCION	7.87%	7.38%	7.43%	7.38%	7.87%

Fuente: Elaboración Propia

Figura: 39 Periodos de Vibración Comparación Entre un Sistema y el Otro



Fuente: Elaboración Propia

Desplazamiento Máximos De La Estructura Según Norma

Se verificará los desplazamientos con la norma E-0.30 vigente

Para estructura con aligerado convencional

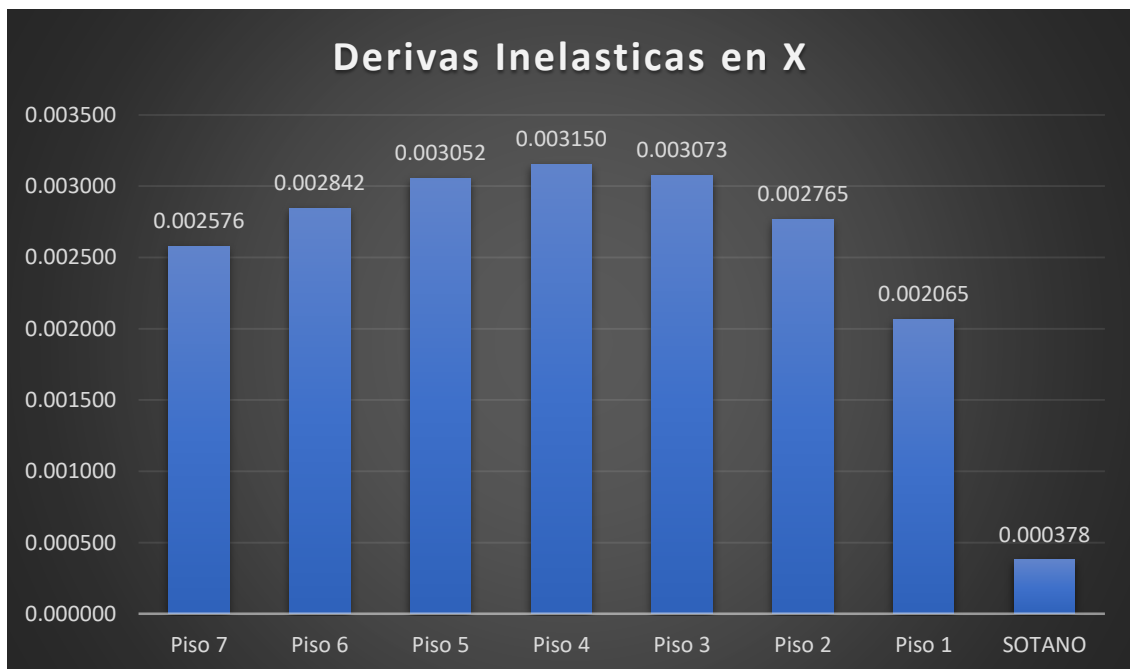
Dirección XX

Tabla 13 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en X

Piso	Altura m	DESPLAZAMIENTO DIRECCION "X"						Desplazamiento o maximo Lateral cm
		Desplazamiento o maximo. mm	Derivas Δ elástica	Derivas inelásticas Δ inelástica	Derivas inelásticas Δ (%)	Deriva límite Δ limite	verificacion	
Piso 7	20.50	7.119	0.000368	0.002576	0.26	0.70	OK	4.98
Piso 6	18.00	6.199	0.000406	0.002842	0.28	0.70	OK	4.34
Piso 5	15.50	5.183	0.000436	0.003052	0.31	0.70	OK	3.63
Piso 4	13.00	4.093	0.00045	0.003150	0.32	0.70	OK	2.87
Piso 3	10.50	2.968	0.000439	0.003073	0.31	0.70	OK	2.08
Piso 2	8.00	1.87	0.000395	0.002765	0.28	0.70	OK	1.31
Piso 1	5.50	0.882	0.000295	0.002065	0.21	0.70	OK	0.62
SOTANO	3.00	0.161	5.40E-05	0.000378	0.04	0.70	OK	0.11
					0.000	0.70		

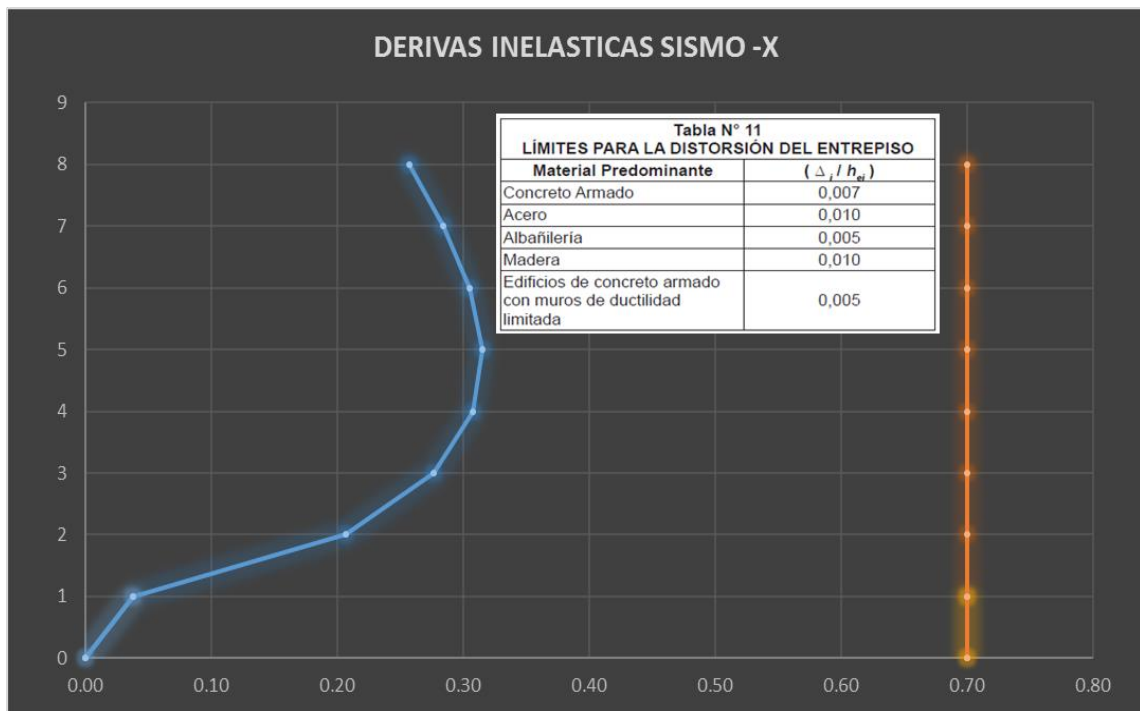
Fuente: Elaboración Propia

Figura: 40 Derivas Inelásticas en X



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 41 Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección X



Fuente: Elaboración Propia

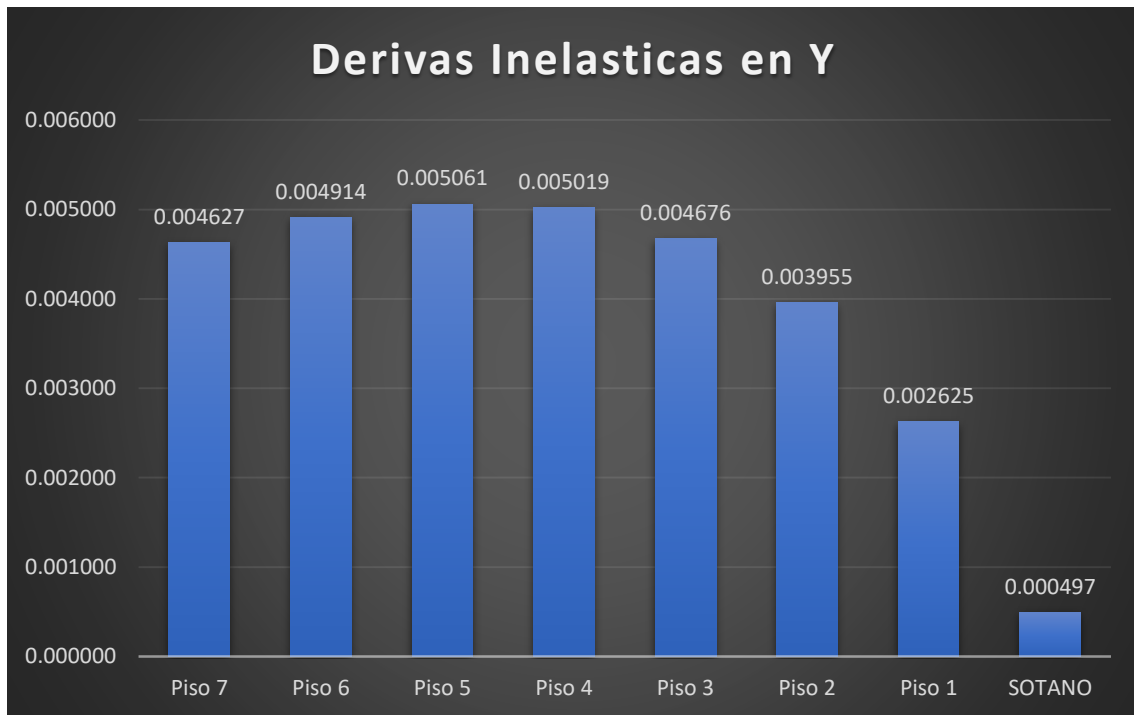
Dirección YY

Tabla 14 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en Y

Piso	Altura m	DESPLAZAMIENTO DIRECCION "Y"					verificacion	Desplazamiento maximo Lateral cm
		Desplazamiento maximo. mm	Derivas Δ elástica	Derivas inelásticas Δ inelástica	Derivas inelásticas Δ (%)	Deriva límite Δ limite		
Piso 7	20.50	11.24	0.000661	0.004627	0.46	0.70	OK	7.87
Piso 6	18.00	9.589	0.000702	0.004914	0.49	0.70	OK	6.71
Piso 5	15.50	7.834	0.000723	0.005061	0.51	0.70	OK	5.48
Piso 4	13.00	6.026	0.000717	0.005019	0.50	0.70	OK	4.22
Piso 3	10.50	4.234	0.000668	0.004676	0.47	0.70	OK	2.96
Piso 2	8.00	2.564	0.000565	0.003955	0.40	0.70	OK	1.79
Piso 1	5.50	1.151	0.000375	0.002625	0.26	0.70	OK	0.81
SOTANO	3.00	0.214	7.10E-05	0.000497	0.05	0.70	OK	0.15
base					0.000	0.70		

Fuente: Elaboración Propia

Figura: 42 Derivas Inelásticas en Y



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 43 Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección Y



Fuente: Elaboración Propia

Para estructura con viguetas prefabricadas y bovedilla de poliestireno

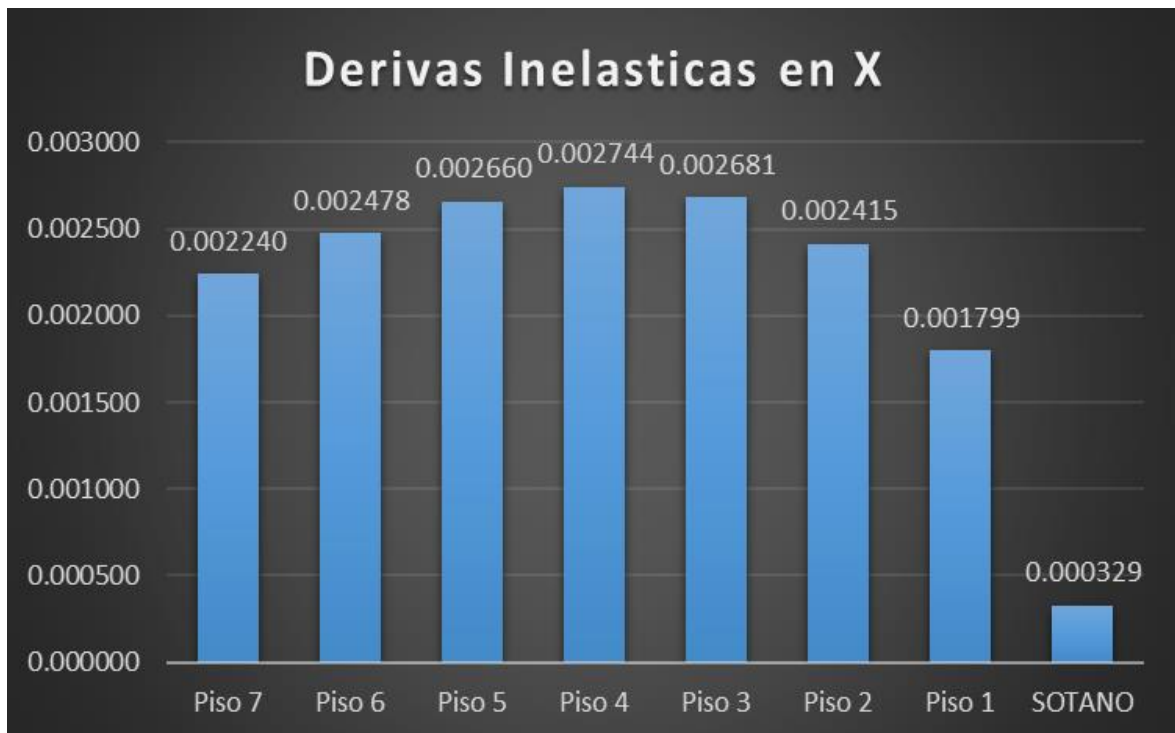
Dirección XX

Tabla 15 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en X

Piso	Altura m	DESPLAZAMIENTO DIRECCION "X"						verificacion	Desplazamiento máximo Lateral cm
		Desplazamiento máximo mm	Derivas elástica Δ	Derivas inelásticas Δ	Derivas inelásticas Δ (%)	Deriva límite Δ límite			
Piso 7	20.50	6.206	0.00032	0.002240	0.22	0.70	OK	4.34	
Piso 6	18.00	5.406	0.000354	0.002478	0.25	0.70	OK	3.78	
Piso 5	15.50	4.521	0.00038	0.002660	0.27	0.70	OK	3.16	
Piso 4	13.00	3.571	0.000392	0.002744	0.27	0.70	OK	2.50	
Piso 3	10.50	2.591	0.000383	0.002681	0.27	0.70	OK	1.81	
Piso 2	8.00	1.632	0.000345	0.002415	0.24	0.70	OK	1.14	
Piso 1	5.50	0.77	0.000257	0.001799	0.18	0.70	OK	0.54	
SOTANO	3.00	0.14	4.70E-05	0.000329	0.03	0.70	OK	0.10	
					0.000	0.70			

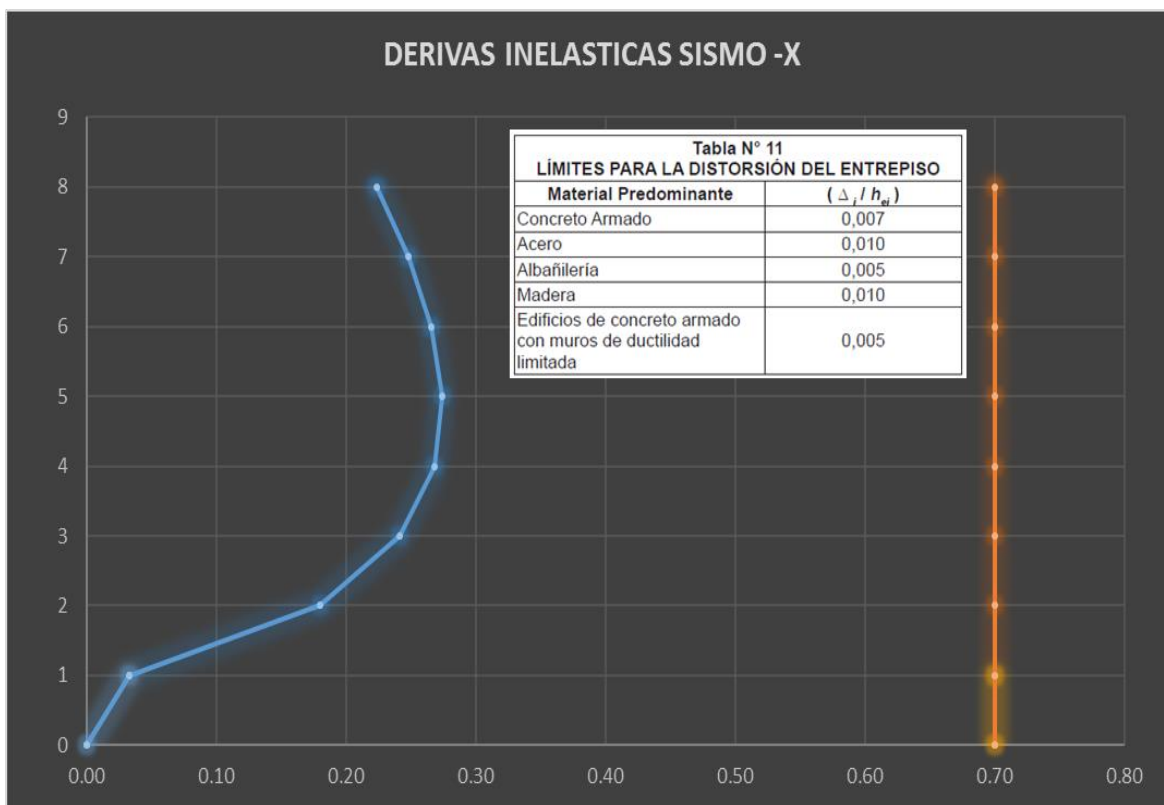
Fuente: Elaboración Propia

Figura: 44 Derivas Inelásticas en X



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 45 Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección X



Fuente: Elaboración Propia

Dirección YY

Tabla 16 Derivas Inelásticas y Desplazamientos en Y

Piso	Altura m	DESPLAZAMIENTO DIRECCION "Y"						Desplazamiento máximo Lateral cm
		Desplazamiento máximo mm	Derivas elástica	Derivas inelásticas $\Delta_{inelástica}$	Derivas inelásticas $\Delta(\%)$	Deriva límite $\Delta_{límite}$	verificación	
Piso 7	20.50	9.722	0.000571	0.003997	0.40	0.70	OK	6.81
Piso 6	18.00	8.295	0.000607	0.004249	0.42	0.70	OK	5.81
Piso 5	15.50	6.778	0.000625	0.004375	0.44	0.70	OK	4.74
Piso 4	13.00	5.215	0.00062	0.004340	0.43	0.70	OK	3.65
Piso 3	10.50	3.665	0.000578	0.004046	0.40	0.70	OK	2.57
Piso 2	8.00	2.22	0.000489	0.003423	0.34	0.70	OK	1.55
Piso 1	5.50	0.998	0.000324	0.002268	0.23	0.70	OK	0.70
SOTANO	3.00	0.187	6.20E-05	0.000434	0.04	0.70	OK	0.13
base					0.000	0.70		

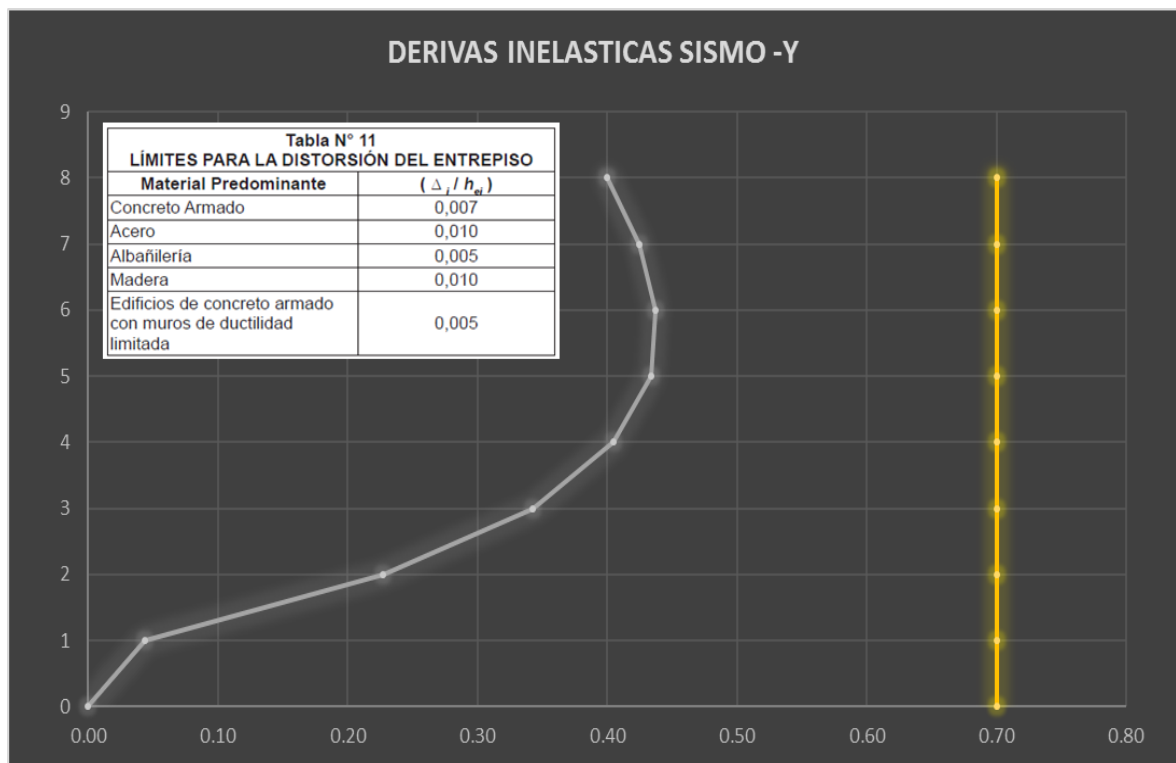
Fuente: Elaboración Propia

Figura: 46 Derivas Inelásticas en Y



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 47 Derivas con Respecto al Límite Permitido E-0.30 en Dirección Y



Fuente: Elaboración Propia

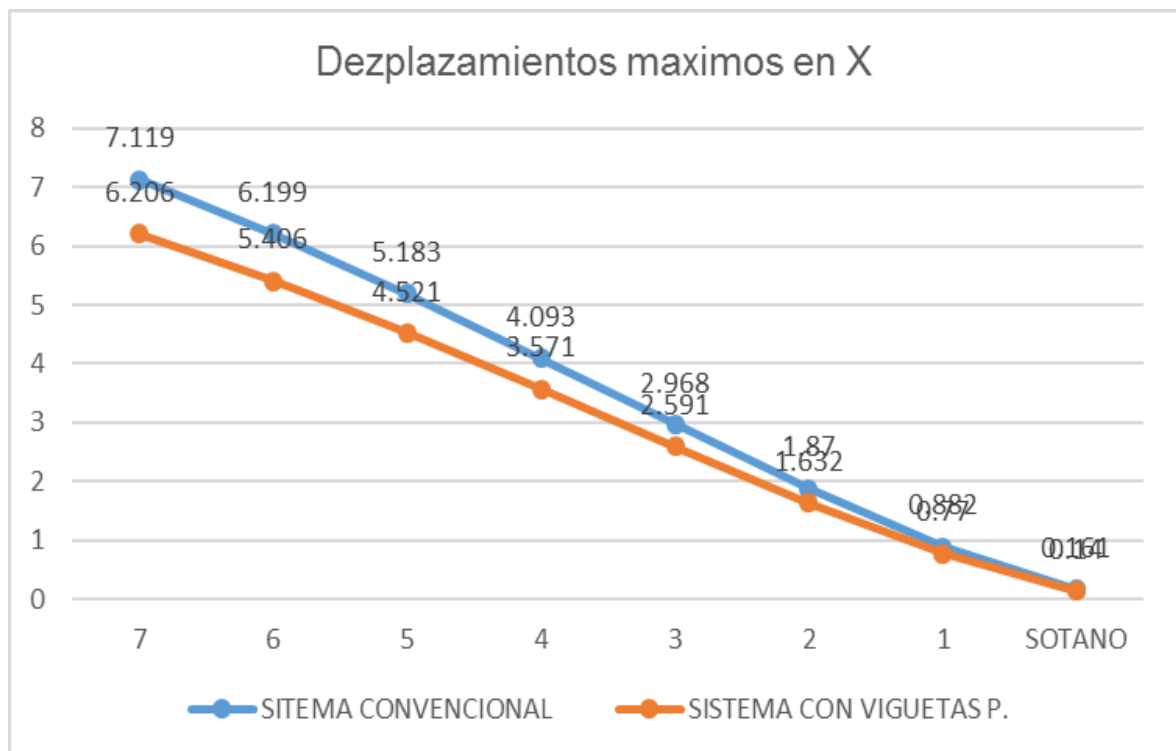
Se aprecia que hubo una reducción de desplazamientos máximo comparado con el sistema convencional.

Tabla 17 Comparación de Desplazamientos Máximos

DEZPLAZAMIENTO MAXIMO mm						
NIVEL	SITEMA CONVENCIONAL		SISTEMA CON VIGUETAS P.		REDUCCION %	
	X	Y	X	Y	X	Y
	7	7.119	11.24	6.206	9.722	14.71%
6	6.199	9.589	5.406	8.295	14.67%	15.60%
5	5.183	7.834	4.521	6.778	14.64%	15.58%
4	4.093	6.026	3.571	5.215	14.62%	15.55%
3	2.968	4.234	2.591	3.665	14.55%	15.53%
2	1.87	2.564	1.632	2.22	14.58%	15.50%
1	0.882	1.151	0.77	0.998	14.55%	15.33%
SOTANO	0.161	0.214	0.14	0.187	15.00%	14.44%

Fuente: Elaboración Propia

Figura: 48 Comparación de Desplazamientos Máximos



Fuente: Elaboración Propia

También podemos ver que las derivas inelásticas se redujeron en ambos casos pasar la norma peruana de sismo E-030

Tabla 18 Desplazamiento Inelásticos

DEZPLAZAMIENTO INELASTICOS								
NIVEL	SITEMA CONVENCIONAL		SISTEMA CON VIGUETAS P.		REDUCCION %		Deriva límite Δ_{limite}	verificacion para los dos sistemas
	X	Y	X	Y	X	Y		
7	0.002576	0.004627	0.00224	0.003997	15.00%	15.76%	0.007	OK
6	0.002842	0.004914	0.002478	0.004249	14.69%	15.65%	0.007	OK
5	0.003052	0.005061	0.00266	0.004375	14.74%	15.68%	0.007	OK
4	0.00315	0.005019	0.002744	0.00434	14.80%	15.65%	0.007	OK
3	0.003073	0.004676	0.002681	0.004046	14.62%	15.57%	0.007	OK
2	0.002765	0.003955	0.002415	0.003423	14.49%	15.54%	0.007	OK
1	0.002065	0.002625	0.001799	0.002268	14.79%	15.74%	0.007	OK
SOTANO	0.000378	0.000497	0.000329	0.000434	14.89%	14.52%	0.007	OK

Fuente: Elaboración Propia

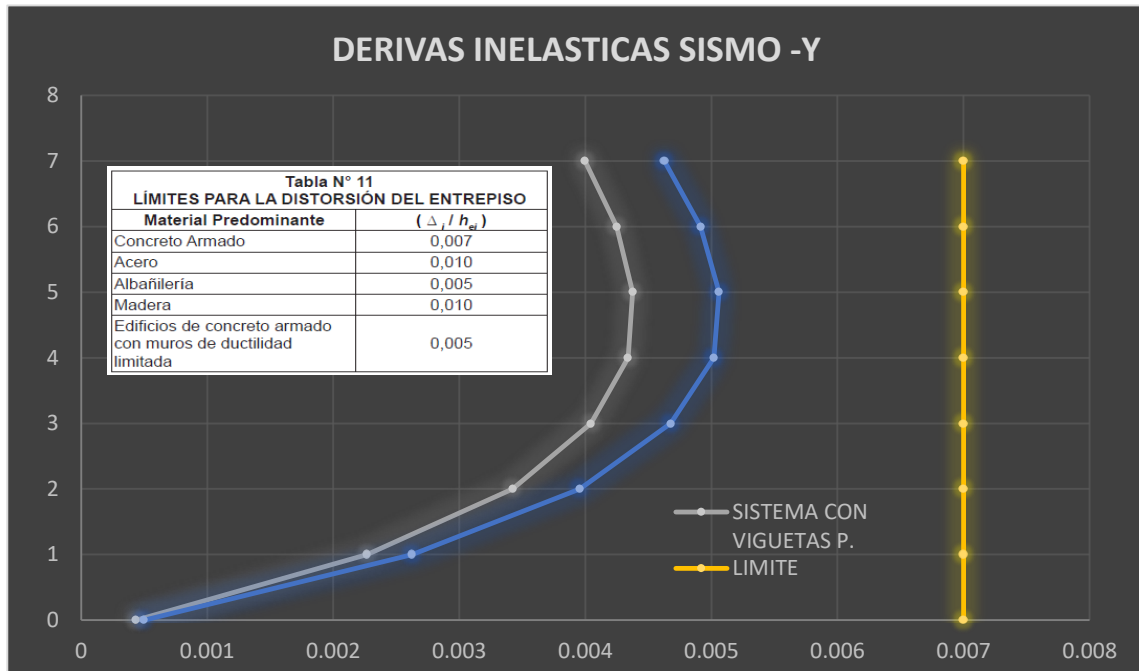
podemos ver la comparación de las derivas inelásticas en cada sentido
sentido XX

Figura: 49 Derivas Inelásticas en X-X



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 50 Derivas Inelásticas en X-X



Fuente: Elaboración Propia

Análisis y diseño en losas

Análisis y diseño para losas convencionales

Cargas Aplicadas a la losa

Carga Muerta:

Peso de la losa de 25 cm + piso terminado
+ tabiquería distribuida = 350+100+100= 450 kg/m²

Carga Viva:

Cargas para viviendas = 200 Kg/m²

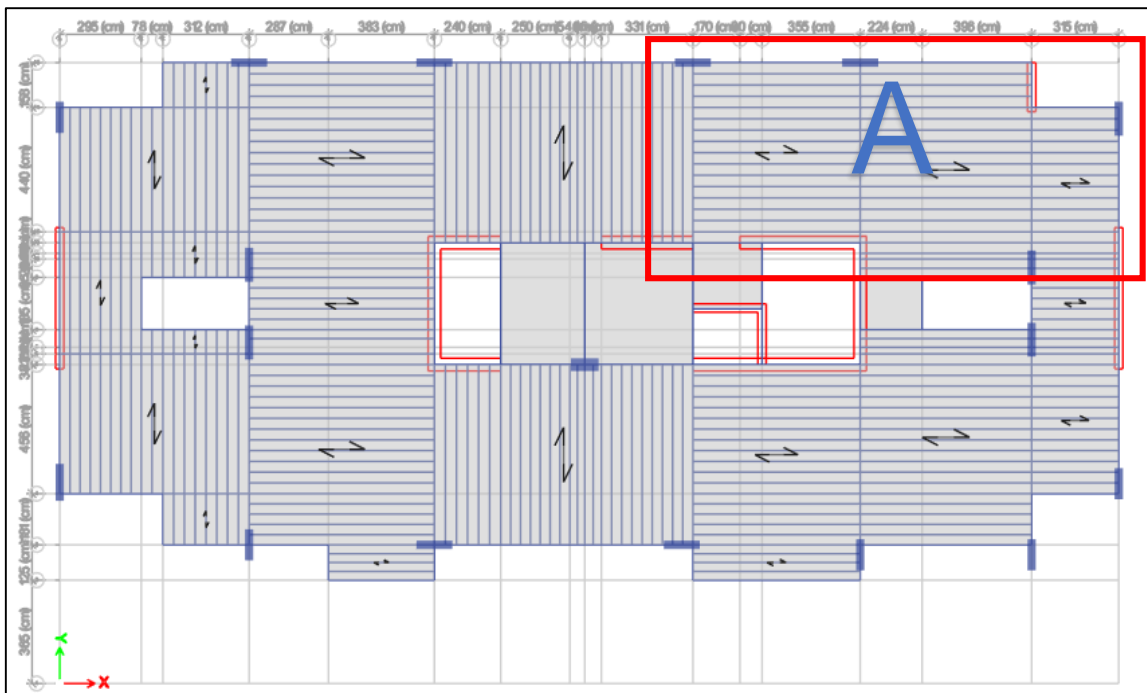
Cargas en azoteas = 100 Kg/m²

Combinaciones de carga de diseño de viguetas

Para el diseño de las losas se consideró el estado más crítico, esto representado a través de apoyos articulados y con combinación de carga de $1.4CM+1.7CV$.

Se realizará el diseño de aligerado convencional de mayor luz como se muestra la figura 51

Figura: 51 Sectores para Análisis y Diseño de Losa



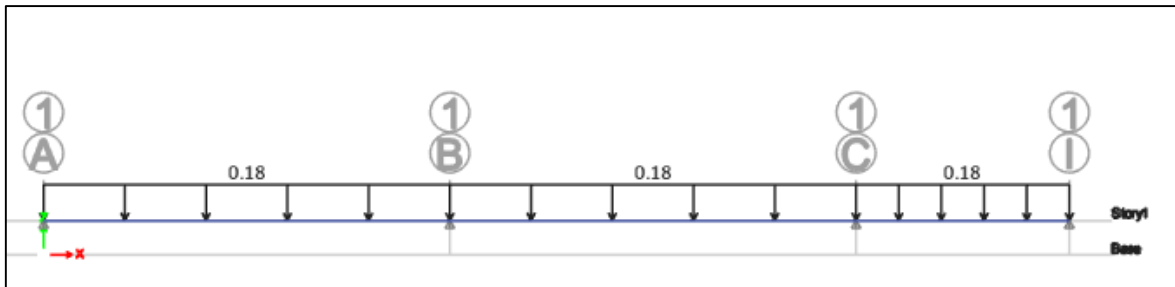
Fuente: Elaboración Propia

Análisis de losa

Para el análisis de la losa se tomará las dos secciones mostradas en la figura 51 Aligerado Típico de sótano, 1ro, hasta el 7 to nivel eje D-F' con un ancho tributaria de 40 cm a ejes

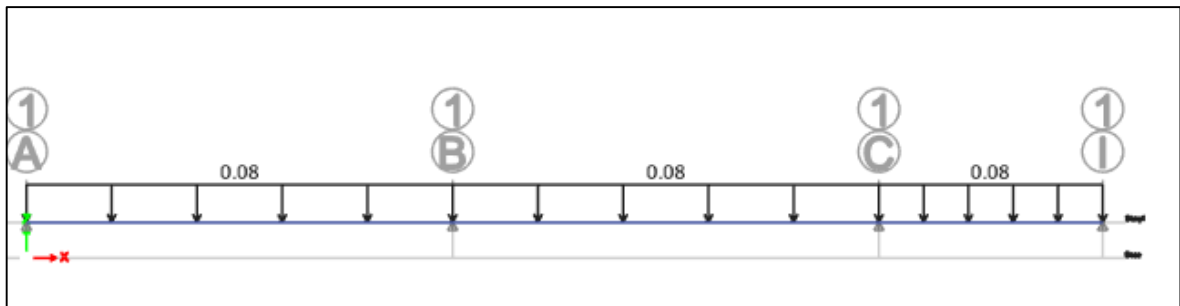
Cargas

Figura: 52 Carga Muerta Distribuida en la Vigüeta



Fuente: Elaboración Propia

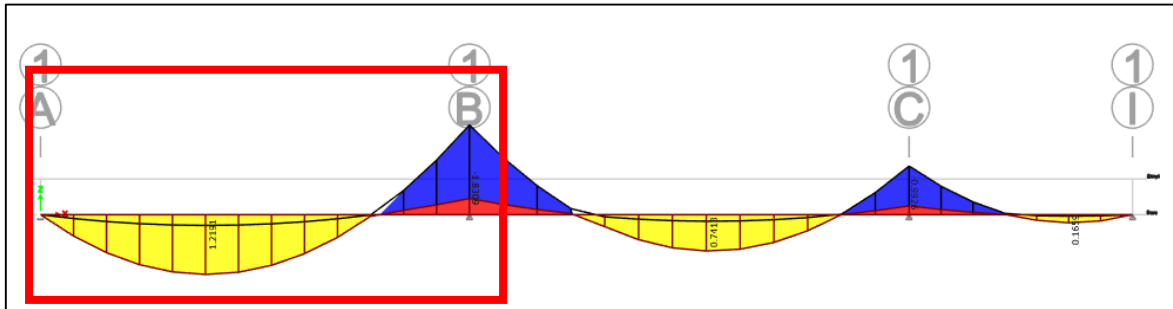
Figura: 53 Carga Viva Distribuida en la Vigüeta



Fuente: Elaboración Propia

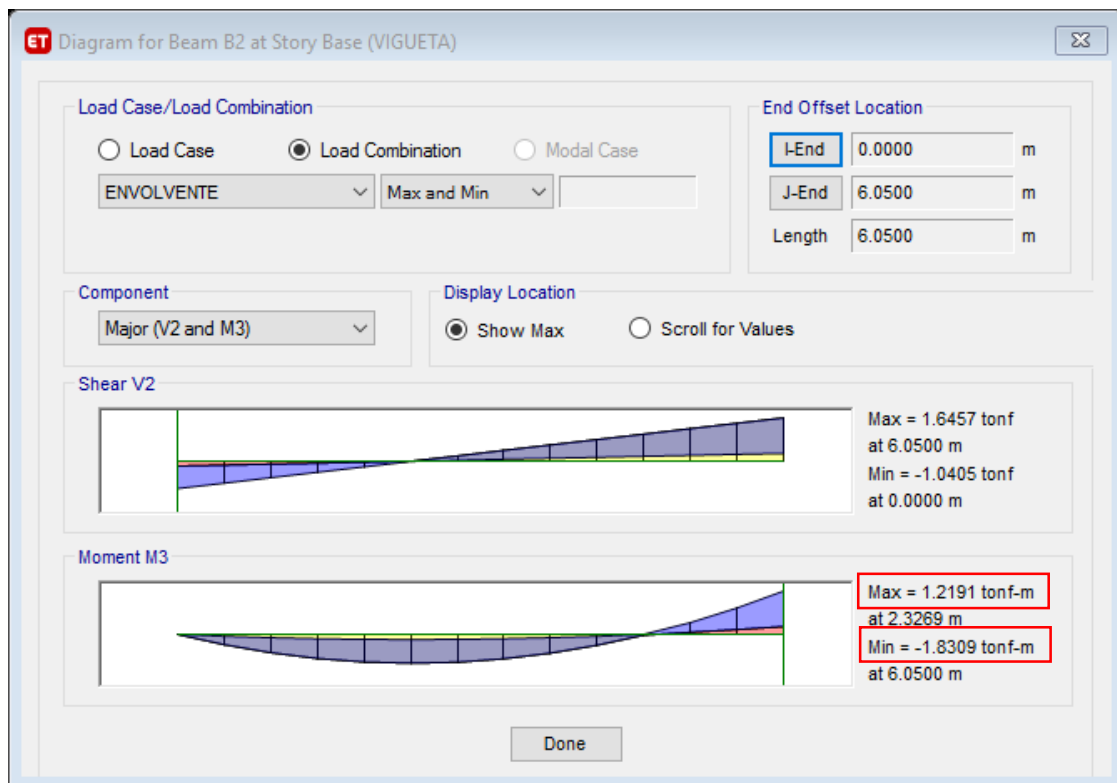
Momentos y cortantes en losa convencionales

Figura: 54 Momentos Máximos y Mínimos de Viguetas



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 55 Momento y Cortantes Máximos



Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Calculo de refuerzo de acero en losa convencional

Para la sección señalada, la más crítica en la figura 54

Acero positivo

$$M_u = 1.22 \text{ Tonf}\cdot\text{m}$$

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

$$d = 22\text{cm}$$

$$K_u = \frac{M_u \cdot 10^5}{\frac{b}{\text{cm}} \cdot \frac{d^2}{(\text{cm})^2}} = \boxed{25.20}$$

$$A_S = 1.60 \text{ cm}^2$$

$$A_S \text{ } \emptyset 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$A_S \text{ } \emptyset 3/8" = 0.71 \text{ cm}^2$$

La losa presenta refuerzo de 1 varillas de $\emptyset 1/2"$ + un refuerzo de 1 $\emptyset 3/8"$ = 1.98 $\text{cm}^2 > 1.60 \text{ cm}^2$ cumple

Acero Negativo

$$M_u = 1.83 \text{ Tonf}\cdot\text{m}$$

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

$$d = 22\text{cm}$$

$$K_u = \frac{M_u \cdot 10^5}{\frac{b}{\text{cm}} \cdot \frac{d^2}{(\text{cm})^2}} = \boxed{37.81}$$

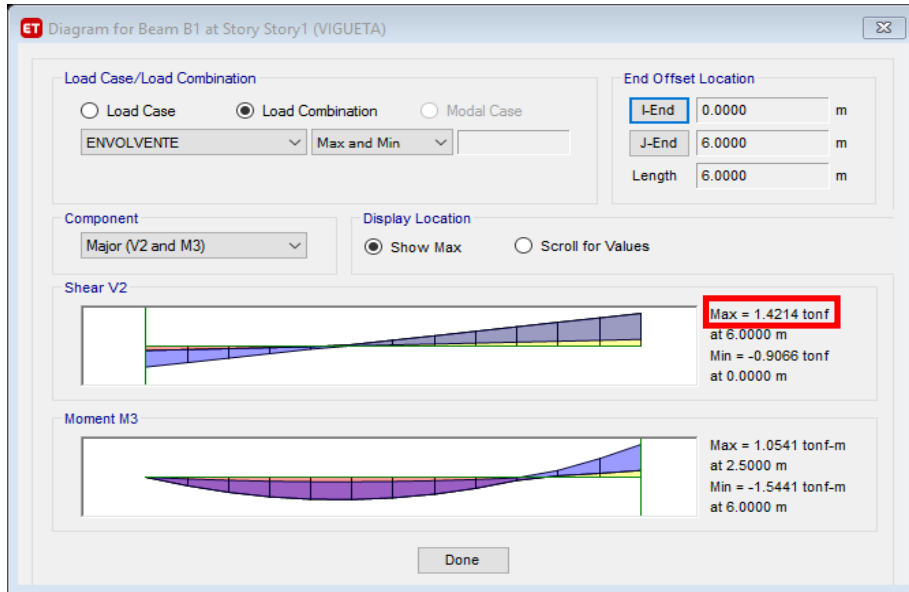
$$A_S = 2.53 \text{ cm}^2$$

$$A_S \text{ } \emptyset 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

La losa presenta refuerzo de 2 varillas de $\emptyset 1/2"$ = 2.54 $\text{cm}^2 > 2.53 \text{ cm}^2$ cumple

Verificación por corte

Figura: 56 Cortantes Máximos



Fuente: Elaboración Propia

$$\phi V_c = 1.1 * \phi 0.53 \sqrt{F'c} x b_w x d$$

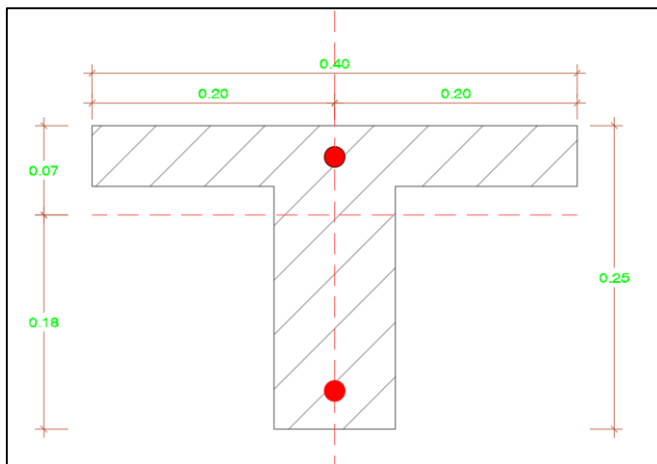
$$\phi V_c = 1.1 * 0.85 * 0.53 \sqrt{210} x 11 x 22.5$$

$$V_c = 1777.34 \text{ Kg}$$

$$V_u = 1421.4 \text{ Kg}$$

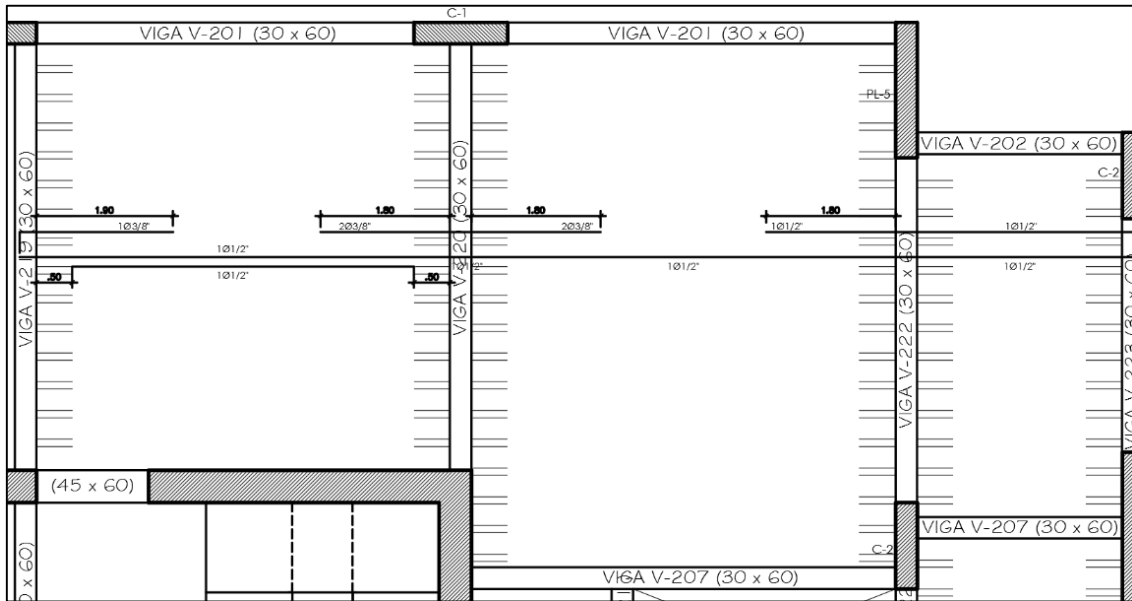
$V_c > V_u$ cumple

Figura: 57 Sección de Vigueta Convencional



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 58 Detalle de Distribución de Acero en Planta



Fuente: Elaboración Propia

Análisis y diseño para losas con viguetas prefabricadas

Para el análisis de la losa se tomó la sección mostradas en la figura 48 Aligerado Típico de sótano, 1ro, hasta el 7 to nivel eje D-F' con un ancho tributaria de 50 cm a ejes

Cargas Aplicadas a la losa

Carga Muerta:

Peso de losa con viguetas prefabricadas + piso terminado
 + tabiquería distribuida = 250 + 100+100 =450 kg/m²

Carga Viva:

Cargas para viviendas = 200 Kg/m²

Cargas en azoteas = 100 Kg/m²

Combinaciones de carga de diseño de viguetas

Para el diseño de las losas se consideró el estado más crítico, esto representado a través de apoyos articulados y con combinación de carga de 1.4CM+1.7CV.

Se realizará el diseños de aligerado con viguetas prefabricadas de mayor luz como se muestra la figura 59

Figura: 59 Sectores para Análisis y Diseño de Losa

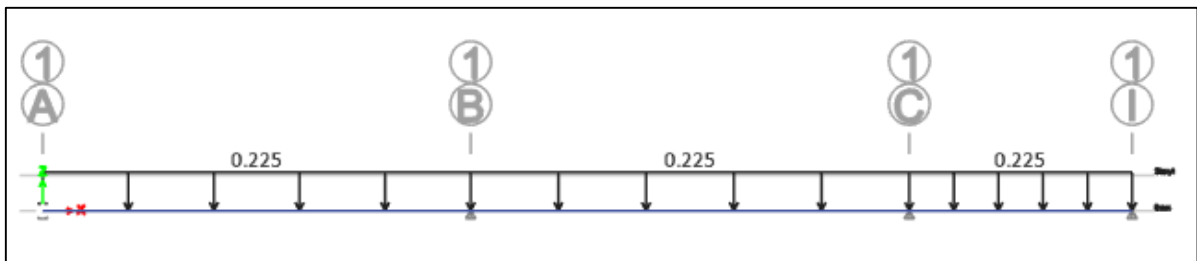


Fuente: Elaboración Propia

Análisis de losa

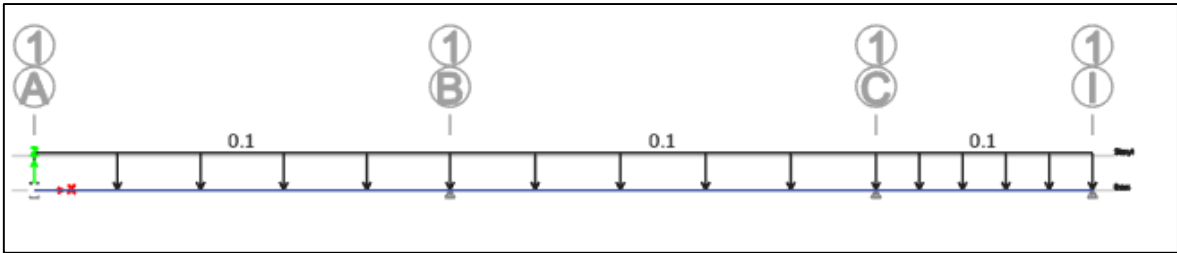
Cargas

Figura: 60 Carga Muerta Distribuida en la Vigueta



Fuente: Elaboración Propia

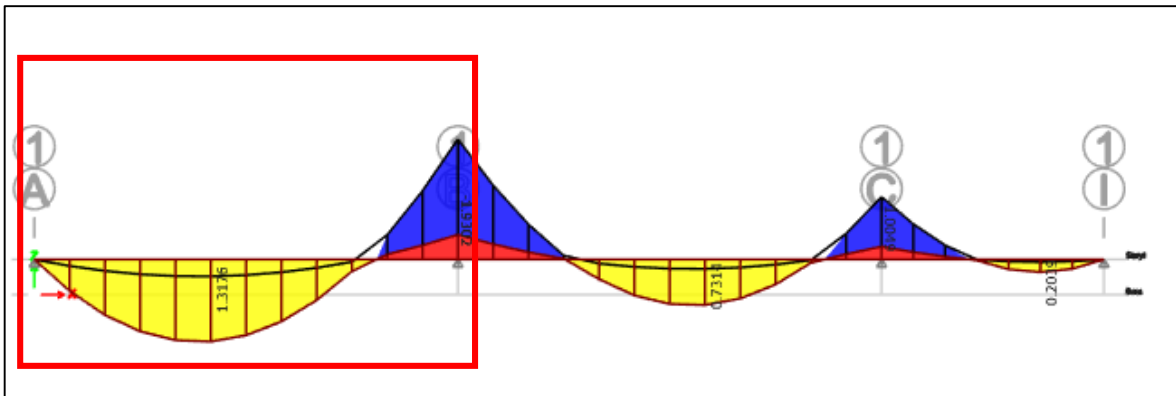
Figura: 61 Carga Viva Distribuida en la Vigueta



Fuente: Elaboración Propia

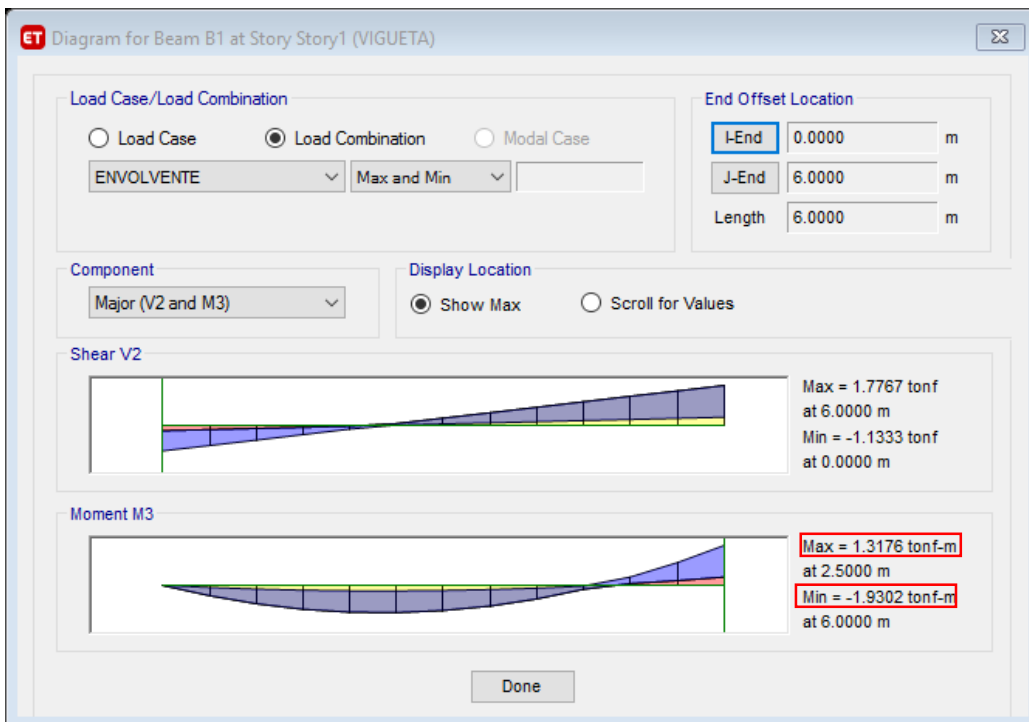
Momentos y cortantes en losa convencionales

Figura: 62 Momentos Máximos y Mínimos de Viguetas



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 63 Momento y Cortantes Máximos



Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Calculo de refuerzo de acero en losa con viguetas prefabricadas

Para la sección señalada, la más crítica en la figura 62

Para este diseño vemos que el momento máximo positivo es de 1.32 Tonf-m procedemos a comparar con la tabla 18 para escoger una vigueta adecuada.

Momento positivo

$M_u = 1.32 \text{ Tonf-m} = 1320 \text{ Kg-m}$

$b = 10\text{cm}$

$d = 22\text{cm}$

$l = 6.00 \text{ m}$

Tabla 19 *Tabla con la Selección de la Vigueta Según sus Características y Momentos*

	Altura de losa (cm)	Dist/Ejes (cm)	Peso Propio (Kg/m ²)			Momentos Admisibles (Kg-m) = ϕM_n				
			Arcilla	Poliestireno	Concreto	V101	V102	V103	V104	V105
VIGUETA SIMPLE	17	60	255	180	-----	807	1099	1338	1648	1989
	17	50	265	190	-----	807	1099	1338	1648	1989
	20	50	280	210	315	999	1356	1657	2047	2486
	25	50	335	250	360	1319	1783	2190	2713	3317
	30	50	400	300	-----	1640	2210	2724	3379	4150
VIGUETA DOBLE (DDVV)	17	71	250	200	-----	1527	2047	2446	2950	3459
	17	61	290	230	-----	1527	2047	2446	2950	3459
	20	61	345	280	-----	1909	2557	3079	3737	4433
	25	61	430	350	-----	2549	3408	4139	5056	6073
	30	61	515	420	-----	3189	4261	5202	6381	7724



Fuente: Elaboración Propia

Comparamos los momentos de la de la vigueta prefabricada V102 con un momento de 1783 Kg-m comparamos con el momento de análisis

$1320 \text{ Kg-m} < 1783 \text{ Kg-m}$ cumple

Vemos que cumple por eso tomamos la vigueta prefabricada V102

Figura: 64 Tipo de Vigueta

TIPOS DE VIGUETAS				
V-101	V-102	V-103	V-104	V-105
				
3Æ4mm	4Æ4mm	5Æ4mm	4Æ5mm	5Æ5mm

Fuente: Tipos De Viguetas Techomax ,2018

Acero Negativo

$$M_u = 1.93 \text{ Tonf}\cdot\text{m}$$

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

$$d = 22\text{cm}$$

$$A_S = 2.71 \text{ cm}^2$$

$$A_S \text{ } \emptyset 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

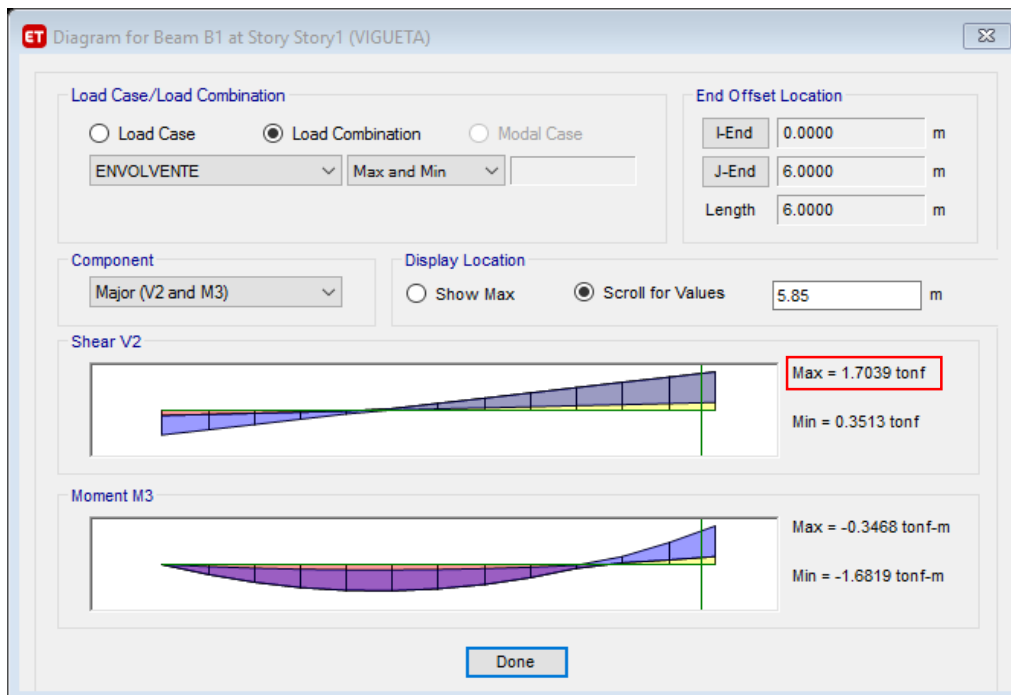
$$A_S \text{ } \emptyset 5/8" = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$K_u = \frac{M_u \cdot 10^5}{\frac{b}{\text{cm}} \cdot \frac{d^2}{(\text{cm})^2}} = \boxed{39.87}$$

La losa presenta refuerzo de 1 varillas de $\emptyset 1/2" + 1 \emptyset 5/8" = 3.25\text{cm}^2 > 2.53 \text{ cm}^2$
cumple

Verificación por corte

Figura: 65 Cortantes Máximos



Fuente: Elaboración Propia

$$\phi V_c = 1.1 * \phi 0.53 \sqrt{F'_c} \times b_w \times d$$

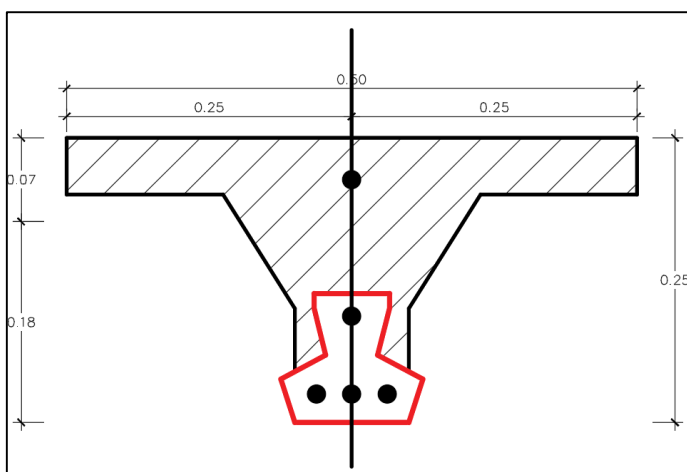
$$\phi V_c = 1.1 * 0.85 * 0.53 \sqrt{210} \times 11 \times 22.5$$

$$V_c = 1777.35 \text{ Kg}$$

$$V_u = 1703.9 \text{ Kg}$$

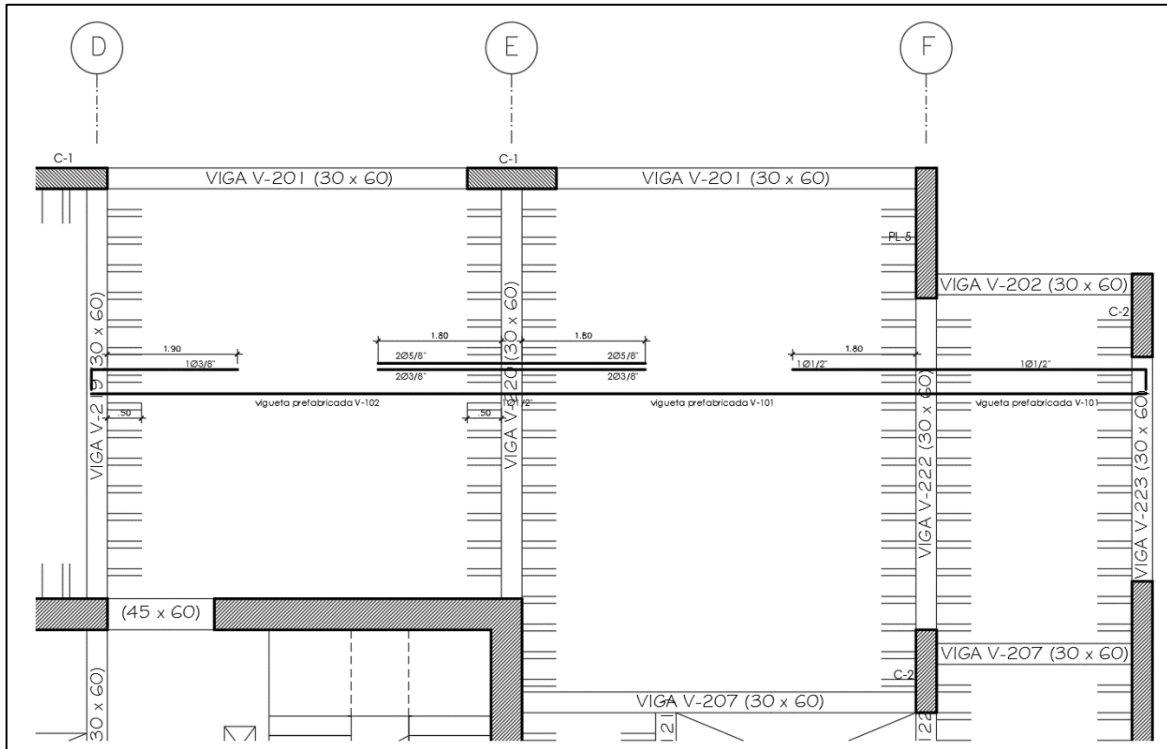
$$V_c > V_u \text{ cumple}$$

Figura: 66 Sección De Vigueta Prefabricado



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 67 Detalle de Distribución de Acero en Planta



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 Resumen de Comparación de Diseños

ITEM	DIMENSIONES	TIPO	PESO	DISEÑO POR CORTE QUE SOPORTA	DISEÑO POR CORTE DEL ANALISIS	DISEÑO POR FLEXION	
						MOMENTO DEL ANALISIS	MOMENTO RESISTENTE
DISEÑO CONVENCIONAL	LOSA DE 25 CM	ACERO POSITIVO As=1.60 cm ²	350 KG/cm ²	1777.35	1421.4	1.22	1.47
DISEÑO CON VIGUETAS P.	LOSA DE 25 CM	VIGUETA TIPO V102	250 KG/cm ²	1777.35	1703.9	1.32	1.78

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

RUIZ, Katherinne (2019), En su tesis **“Reducción de la cortante basal cuando se aplican losas con viguetas prefabricadas y bovedillas de poliestireno, Lima 2019”** toma como base un diseño aporticado pero este solo es uno de los modelos de construcción permitidos dentro de nuestra normativa.

Podemos notar que en ambos casos la reducción respecto al peso es considerable y las derivas encontradas están dentro de lo permitido en el RNE. Pero también las diferencias son notorias con respecto a ambos modelos ya que en el modelo de albañilería la reducción de las derivas encontradas es de 14.74% a 15.74% y en el modelo aporticado la reducción de las derivas van desde un 9.00% a un 16.00% siendo nuestra propuesta la que menos variación tiene entre las derivas analizadas.

En la tesis analizada no presenta un diseño de la losa o como interactúa esta con las viguetas prefabricadas por lo cual nosotros si hicimos este diseño respetando y poniendo a prueba las especificaciones del proveedor.

UICÓN, L. y VÁSQUEZ O. (2018), En su tesis **“Uso de viguetas pretensadas para optimizar tiempo, calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas de los sectores C y D de Lima”** nos muestra las ventajas del uso de las viguetas prefabricadas tanto en costo como en la reducción de tiempo, pero no nos presenta un modelo del diseño el cual creemos es básico para poder expandir esta tecnología que aun dentro del país es tomada como poco confiable y costosa.

En nuestra presente tesis creemos que hacemos un complemento a la tesis predecesora ya que incluimos un modelo matemático que nos permite tener una mayor confianza en estas tecnologías la cual esperamos sean usadas en las construcciones y autoconstrucciones de la población nacional.

SUICO J., SANEZ J. Y SAMAMÉ C. (2020), En su tesis **“Propuesta de mejora en el proceso constructivo de losas de entresijos para el edificio multifamiliar breña 951 utilizando sistemas prefabricados para el aumento de la rentabilidad”** nos presenta una nueva forma del control y uso de los aligerados pero no presenta un diseño matemático de las mismas esto es una constante de los trabajos académicos referido a este tema del uso de los prefabricados los cuales solo buscan mejorar los costos y tiempos, también cabe mencionar que los pocos trabajos encontrados para esta tecnología solo usan las recomendaciones

del fabricante y solo diseñan las columnas y vigas olvidando que en una vigueta prefabricada es necesario el calculo del acero negativo el cual no es parte del diseño del proveedor de los elementos prefabricados.

Todos los trabajos académicos realizados utilizando esta tecnología nos acercan mas al uso de esta y que sea masivo permitiendo que no solo los nuevos profesionales hagan uso de estas en sus diseños y expongan a la población sus veneficios en seguridad y costos. En la ciudad de Arequipa el modelo más usado en la construcción es el de albañilería con losas aligeradas de concreto, los elementos prefabricados son poco conocidos y por ende la población duda de ellos, esperamos que con esta investigación se pierda el miedo y pueda generalizar su uso.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó las cortantes en el Eje X-X y en él Y-Y para ambos sistemas constructivos obteniendo una reducción para el sistema de vigas prefabricadas de hasta un 14.30 %, esto a causa de la reducción de peso al usar viguetas de hasta 50 cm de espaciamiento.
- Los periodos de vibración para ambos casos fueron obtenidos teniendo como resultado una reducción de 7.87% para el sistema de vigas prefabricadas.
- Los desplazamientos máximos encontrados para ambos sistemas se encuentran dentro de lo permitido en la RNE. Pero se encontró una reducción de estos desplazamientos en el eje X-X que varían desde los 14.71% en los pisos superiores hasta 15% en el sótano, del mismo modo para el eje Y-Y se encontró una reducción de los desplazamientos que varían desde los 15.61% en los pisos superiores hasta 14.44% en el sótano al usar el sistema con viguetas prefabricadas (ver la tabla 9).
- Al hacer el metrado de cargas para el diseño se obtuvo una reducción del peso por m² de hasta 100 kg. Esto conlleva a la reducción de todos los parámetros requeridos en el RNE.
- El diseño del acero negativo es de 1 varillas de Ø1/2"+ 1 Ø5/8", esta nos permite completar el diseño de la losa aligerada usando la vigueta prefabricada.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar viguetas prefabricadas para disminuir el peso de la losa en una estructura convencional y así poder mejorar su comportamiento estructural.
- Se recomienda volver a diseñar elementos como vigas y columnas al momento de cambiar una estructura con losa convencional a una con losa de viguetas prefabricadas ya que al tener más separación entre las viguetas va a pesar menos y el momento que llega a la viga será menor al de un convencional por lo tanto la cuantía de acero será menor tanto en vigas como en columnas, ya que abra una reducción de fuerzas laterales.
- Si se llegase a realizar la ejecución de una losa con viguetas prefabricadas considerar mano de obra calificada para dicha instalación e isaje durante la instalación de viguetas prefabricadas.
- Tener en cuenta los nuevos procesos constructivos, ya que generan beneficios económicos y técnicos para las viviendas unifamiliares

REFERENCIAS

- NTCDF2004, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal". México D.F, 2004.
- NZS 3101, Standards New Zealand, "Concrete Structures Standard – The Design of Concrete Structures" and "Commentary on the Design of Concrete Structures", Wellington, Nueva Zelanda, 1995.
- Park, R. "A Perspective on the Seismic Design of Precast Concrete Structures in New Zealand". PCI Journal, Mayo-Junio, 1995.
- Pérez D, Carranza R, Martínez R, Alcocer S. "Comportamiento sísmico de un tipo de conexión viga columna de elementos prefabricados de concreto", XI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Monterrey, NL, México, Nov 1998.
- RCDF2004, "Reglamento de Construcciones del Distrito Federal". Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D.F, 2004.
- Restrepo, J I, Park, R and Buchanan, A H. "Design of connections of earthquake resisting precast reinforced concrete perimeter frames of buildings", Journal of the Prestressed/Precast Concrete Institute, Vol 40, Nro 5, Septiembre-Octubre 1995.
- Rodríguez, M. y Blandon, J. "Ensayes ante Cargas Laterales Cíclicas Reversibles de una Estructura Prefabricada de Concreto Reforzado de dos Niveles". Reporte de Investigación 627, Instituto de Ingeniería, UNAM, Marzo, 2002.

- Alcocer S, Carranza R, Perez D., "Behaviour of a Precast Concrete Beam-Column Connection". World Conference of Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 2000
- UBC 1997, Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, Whittier, California, 1997
- Rodriguez M., Restrepo J.I. y Carr A.J., "Earthquake Resistant Precast Concrete Buildings: Floor Accelerations in Buildings", Research Report 2000-6, Dept of Civil Engineering, University of Canterbury, Nueva Zelandia.
- PCI DESIGN HANDBOOK precast and prestressed concrete 7 edition
- RUIZ, Katherinne "Reducción de la cortante basal cuando se aplican losas con viguetas prefabricadas y bovedillas de poliestireno, Lima 2019", Universidad Cesar Vallejo, Lima,2019.
- UICÓN, L. y VÁSQUEZ O. "Uso de viguetas pretensadas para optimizar tiempo, calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas de los sectores C y D de Lima", Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas,Lima 2018
- SUICO J., SANEZ J. Y SAMAMÉ C. (2020), Propuesta de mejora en el proceso constructivo de losas de entresijos para el edificio multifamiliar breña 951 utilizando sistemas prefabricados para el aumento de la rentabilidad", Universidad Tecnológica del Peru, Lima 2020
- Arcotecho (2018). Manual técnico Vigacero. Recuperado de <http://vigacero.pe/>
- ANIPPAC (2016), Viguetas y Bovedillas. Recuperado de <https://www.anippac.org.mx/demos/VIGUETAS%20Y%20BOVEDILLAS.pdf>
- Avecilla, R. D. (2016). Alternativa estructural - constructiva de entresijos y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido (Tesis Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca – Ecuador.

- Carranza R. y Rodríguez D. F. (2009). Manual básico para el diseño de elementos prefabricados, Ciudad de México, México. Grupo constructor SEPSA S.A. Recuperado de <https://studylib.es/doc/7948016/manual-b%C3%A1sico--- grupo-constructor-sepsa-sa-de-cv>
- Chile.Cubica (s.f.). APU Análisis de Precios Unitarios. Recuperado de <https://www.chilecubica.com/estudio-costos/a-p-u/>
- Concremax (2015). Manual técnico Techomax. Recuperado de <http://www.concremax.com.pe/categoria/techomax-losas-aligeradaspretensadas>
- Concretec (2016). Viguetas Pretensadas. Recuperado de <https://www.concretec.com.bo/fichas/viguetas.pdf>
- EFCO (2019). ¿Qué es Apuntalamiento y Re apuntalamiento? Recuperado de <https://www.efcoforms.com/2015/03/what-is-shoring-what-isreshoring/?lang=es>
- Espinoza, M.I. y Guerra, S.F. (2018). Análisis comparativo de costos entre losa aligerada con sistema convencional versus viguetas prefabricadas de alma abierta en edificios multifamiliares (Tesis Pregrado) Universidad San Martín de Porres, Lima – Perú.
- Ghio, Virgilio & Bascuñán, Roberto (2006). Innovación Tecnológica en la Construcción ahora es cuando. Revista Ingeniería de Construcción, <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/download/GHIO/152>
- Huari, C.E. (2010). Estructuras de un edificio de departamentos de diez pisos, ubicado en una esquina de Miraflores, dentro de un conjunto conformado por tres edificios. (Tesis Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Iza, N. G. (2015). La incidencia de viguetas pretensadas en el comportamiento estructural de edificaciones de grandes luces. (Tesis Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador.

- McCormac (2002). Diseño de estructuras de acero método LRFD. México: Alfaomega Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). Norma E.060 Concreto Armado. Lima - Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Lima - Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2005). Resolución Ministerial N°331-2005-Vivienda. Lima, Perú. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/sistemas_no_convencionales/SCNC%20AMPLIACION%20VIGUETAS%20PRETENSADAS%20FIRTH.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014). Resolución Ministerial N°269-2014-Vivienda. Lima - Perú. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/RM-269-2014-VIVIENDA.pdf>.
- Morales, Roberto (s.f.). Diseño en concreto armado. Lima, Perú: Instituto de la construcción y gerencia.
- Nilson, A. H. (2001). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá, Colombia: McGrawHill Interamericana S.A.
- OSALAN (2007). Guía Práctica de Encofrados. Recuperado de http://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/libro/seguridad_200720/es_200720/adjuntos/seguridad_200720.pdf
- Ottazzi, G. (2017). Apuntes del curso concreto armado I. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pérez, Mireya y Ochoa Raquel (2006). Prefabricación, base del cambio en la construcción. Construcción y Tecnología. Recuperado de <http://www.imcyc.com/ct2006/abril06/PUBLI.pdf>
- Portillo, R. J. (2009). Análisis, evaluación y rediseño de losas prefabricadas de concreto armado, aligeradas con poli estireno expandido, ensaya en un laboratorio un modelo de propuesta de losas prefabricadas de concreto

armado y aligeradas con poli estireno expandido (Tesis Pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

- Puicón, C.L. y Vásquez, C.O. (2018). Uso de viguetas pretensadas para optimizar tiempo, calidad y costos en la auto construcción de losas aligeradas de los sectores C y D de Lima (Tesis de Pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú.
- Rivera, G.D. (2017). Análisis comparativo del sistema prefabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016 (Tesis Pre Grado) Universidad Peruana Los Andes, Huancayo - Perú.
- Rodríguez, W (s.f.). Diseño clásico de techos aligerados. Recuperado de https://www.academia.edu/26468679/DISE%C3%91O_CL%C3%81SICO_DE_TECHOS_ALIGERADOS._ROOF_DESIGN
- SENCICO. (2018). Sistemas constructivos no convencionales para la edificación de las viviendas, aprobadas en el Perú. Recuperado de <http://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=232>
- SENCICO (2014). Manual de instalación de techo aligerado con viguetas prefabricadas de acero. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?id=71>
- Velázquez, H.O y Villena M.M.F. (2017). El Proyecto PREVI: Caso de una comunidad sustentable. Aplicación de los conceptos de Cristopher Alexander. Repositorio Institucional URP. Recuperado de <http://repositorio.urp.edux.pe/handle/urp/1102>
- Villareal. G (s.f.), Pre dimensionamiento de elementos estructurales. Recuperado de <https://es.slideshare.net/HuayaneyC/predimencionamiento-de-elementosestructurales>

ANEXOS

Tabla 21 Matriz de Operacionalización de Variables

N °	Variables	Tipo de variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
1°	Edificio de vivienda multifamiliar en la ciudad de Arequipa	Independiente	Módulo de departamentos de vivienda multifamiliar	departamentos de 500 m ² de 7 niveles , 01 sótano y 4 departamentos por nivel.	<ul style="list-style-type: none"> • Área cada departamento de 95 m²
2°	Diseño de diafragma con viguetas prefabricado	Dependiente	Los métodos de diseño y análisis para el comportamiento sísmico. Estos métodos se desarrollan a través de la colocación de viguetas prefabricados para el diafragma del edificio.	<ul style="list-style-type: none"> • Distorsión Limite <7/1000 • Distorsión Limite <7/1000 • Cortante basal • Cortante en diafragma 	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion X • Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion Y • Fuerza sísmica espectro de respuesta X • %de cortante

3°	Diseño de diafragma colado en insitu	Dependiente	<p>Los métodos de diseño y análisis para el comportamiento sísmico. Estos métodos se desarrollan a través de la colocación de viguetas echas en insitu para el diafragma del edificio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Distorsión Limite <7/1000 • Distorsión Limite <7/1000 • Cortante basal • Cortante en diafragma 	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion X • Desplazamiento relativo $\frac{Dr}{he}$ en direccion Y • Fuerza sismica espectro de respuesta X • Fuerza sismica espectro de respuesta Y • % de cortante
----	--------------------------------------	-------------	--	---	---

Fuente: Elaboración Propia