



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE  
UNA VIVIENDA DE 5 NIVELES CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON  
LADRILLO Y TECNOPOR

**Línea de investigación:**

**Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autora:**

Verde Dionisio, Christian Hans

**Asesor:**

Tello Malpartida, Omart Demetrio  
(ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**Jurado:**

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín  
García Urrutia – Olavarría, Roque Jesús Leonardo  
Jaramillo Tarazona, Francisco

**Lima - Perú**

**2021**

**Referencia:**

Verde, C. (2021). *Evaluación comparativa del comportamiento estructural de una vivienda de 5 niveles con entepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5575>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA  
VIVIENDA DE 5 NIVELES CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON  
LADRILLO Y TECNOPOR

**Línea de Investigación:**

**Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor(a):**

Verde Dionisio, Christian Hans

**Asesor(a):**

Tello Malpartida, Omart Demetrio

(ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**Jurado:**

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

García Urrutia – Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Jaramillo Tarazona, Francisco

**Lima – Perú**

**2021**

## **Agradecimientos**

Cito este espacio para agradecer a mi madre: Miriam Dionisio Vara por ser padre y madre para mí y por su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación profesional, por su constancia, dedicación y por no perder la esperanza en mi etapa preuniversitaria y universitaria con miras a lograr la vida profesional.

A mi padrastro: Marcos Pantoja Asencios por su apoyo y motivación para cumplir mis objetivos trazados.

A mi Universidad Nacional Federico Villarreal por darme la carrera anhelada de Ingeniería Civil y formarme en las diferentes ramas de esta carrera.

**Dedicatoria.**

Dedicado a mi madre por su lucha constante, su abnegación y tenacidad por guiarme por el gran sendero que me condujese en mi formación profesional. En este párrafo he de citar a mi abuelo M.D.L un hombre que me dio lecciones de vida, Agradezco a mis familiares y amigos que hicieron de mi etapa profesional una aventura y un desafío. Y a mi alma mater por acogerme y formarme en las diferentes ramas de la carrera de Ingeniería Civil lo cual hoy es mi tarjeta de entrada a mi mundo laboral.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.	<b>Descripción y formulación del problema .....</b>	<b>2</b>
1.1.1.	Descripción del problema.....	2
1.1.2.	Formulación del problema.....	3
1.2.	<b>Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
1.3.	<b>Objetivos.....</b>	<b>8</b>
1.3.1.	Objetivo General.....	8
1.3.2.	Objetivos Específicos. ....	8
1.4.	<b>Justificación.....</b>	<b>9</b>
1.4.1.	Justificación de la investigación.....	9
1.5.	<b>Hipótesis .....</b>	<b>13</b>
1.5.1.	Hipótesis General. ....	13
1.5.2.	Hipótesis específica.....	13
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1.	<b>Bases teóricas sobre el tema de investigación .....</b>	<b>14</b>
2.1.1.	Losa aligerada.....	14
2.1.2.	Fuerzas internas en los elementos estructurales.....	23
2.1.3.	Parámetros dinámicos.....	27
<b>III.</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>34</b>
3.1.	<b>Tipo de investigación.....</b>	<b>34</b>
3.2.	<b>Ámbito temporal y espacial.....</b>	<b>34</b>

<b>3.3.</b>	<b>Variables.....</b>	<b>34</b>
3.3.1.	Variable independiente.....	34
3.3.2.	Variables dependientes.....	34
<b>3.4.</b>	<b>Población y muestra.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.</b>	<b>Instrumentos.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6.</b>	<b>Procedimientos.....</b>	<b>36</b>
3.6.1.	Procedimiento.....	36
3.6.2.	Ejecución del procedimiento.....	38
<b>3.7.</b>	<b>Análisis de datos.....</b>	<b>53</b>
<b>3.8.</b>	<b>Limitaciones de la investigación.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados de la investigación.....</b>	<b>55</b>
4.1.1.	Fuerzas internas de los elementos estructurales.....	56
4.1.2.	Parámetros dinámicos.....	81
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>94</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>100</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Dimensiones comerciales del ladrillo .....	16
<b>Tabla 2</b> Estabilidad química del tecnopor .....	19
<b>Tabla 3</b> Tabla de pesos unitarios de carga muerta .....	22
<b>Tabla 4</b> Tabla de pesos unitarios .....	23
<b>Tabla 5</b> Porcentaje de carga viva a considerar .....	27
<b>Tabla 6</b> Tabla de límites de desplazamientos .....	28
<b>Tabla 7</b> Tabla de factores de zona .....	30
<b>Tabla 8</b> Tabla de parámetros de suelo .....	31
<b>Tabla 9</b> Tabla de sistema estructural .....	31
<b>Tabla 10</b> Metrado de cargas para losa convencional .....	40
<b>Tabla 11</b> Metrado de carga para losa con tecnopor .....	42
<b>Tabla 12</b> Resumen de dimensiones del predimensionamiento .....	45
<b>Tabla 13</b> Resumen de irregularidades de la estructura .....	46
<b>Tabla 14</b> Carga muerta para losa convencional y con tecnopor .....	49
<b>Tabla 15</b> Resultados del peso dinámico para losa convencional .....	51
<b>Tabla 16</b> Resultados del peso dinámico para losa con tecnopor .....	52
<b>Tabla 17</b> Datos técnicos .....	55
<b>Tabla 18</b> Resultados de momento flector en vigas con losa convencional .....	57
<b>Tabla 19</b> Resultados de momento flector en vigas con losa con tecnopor .....	57
<b>Tabla 20</b> Análisis comparativo de momentos en vigas .....	57
<b>Tabla 21</b> Resultados de la fuerza cortante en vigas con losa convencional .....	60
<b>Tabla 22</b> Resultados de la fuerza cortante en vigas con losa con tecnopor .....	60
<b>Tabla 23</b> Análisis comparativo de fuerza cortante en vigas .....	60
<b>Tabla 24</b> Resultados de la fuerza axial en vigas con losa convencional .....	62

<b>Tabla 25</b> Resultados de la fuerza axial en vigas con losa con tecnopor .....	62
<b>Tabla 26</b> Análisis comparativo de la fuerza axial en vigas producto de la envolvente .....	63
<b>Tabla 27</b> Resultados de la torsión en vigas con losa convencional .....	65
<b>Tabla 28</b> Resultados de la torsión en vigas con losa con tecnopor .....	65
<b>Tabla 29</b> Análisis comparativo de torsión en vigas producto de la envolvente .....	65
<b>Tabla 30</b> Resultados del momento flector en columnas para Carga Muerta .....	67
<b>Tabla 31</b> Resultados del momento flector en columnas para Carga Viva .....	67
<b>Tabla 32</b> Resultados del momento flector en columnas por sismo (SX) .....	68
<b>Tabla 33</b> Resultados del momento flector en columnas por sismo (SY) .....	68
<b>Tabla 34</b> Resultados del momento flector en columnas por Carga Muerta .....	68
<b>Tabla 35</b> Resultados del momento flector en columnas para Carga Viva .....	69
<b>Tabla 36</b> Resultados del momento flector en columnas por sismo (SX) .....	69
<b>Tabla 37</b> Resultados del momento flector en columnas por sismo (SY) .....	69
<b>Tabla 38</b> Análisis comparativo del Momento para Carga Muerta .....	69
<b>Tabla 39</b> Análisis comparativo del Momento por sismo (SX) .....	71
<b>Tabla 40</b> Análisis comparativo del Momento por sismo (SY) .....	72
<b>Tabla 41</b> Resultados de la fuerza axial en columnas para carga muerta (CM) .....	74
<b>Tabla 42</b> Resultados de la fuerza axial en columnas para carga viva (CV) .....	74
<b>Tabla 43</b> Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SX) .....	75
<b>Tabla 44</b> Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SY) .....	75
<b>Tabla 45</b> Resultados de la fuerza axial en columnas para carga muerta (CM) .....	75
<b>Tabla 46</b> Resultados de la fuerza axial en columnas para carga viva (CV) .....	76
<b>Tabla 47</b> Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SX) .....	76
<b>Tabla 48</b> Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SY) .....	76
<b>Tabla 49</b> Análisis comparativo de Fuerza axial por carga muerta (CM) .....	76

<b>Tabla 50</b> Análisis comparativo de Fuerza axial por Sismo (SX).....	78
<b>Tabla 51</b> Análisis comparativo de Fuerza axial por Sismo (SY).....	80
<b>Tabla 52</b> Resultados de la carga en servicio para losa convencional.....	82
<b>Tabla 53</b> Resultados de la carga en servicio para losa con tecnopor .....	83
<b>Tabla 54</b> Análisis comparativo del peso dinámico de la estructura.....	84
<b>Tabla 55</b> Desplazamiento absoluto en las dos direcciones .....	85
<b>Tabla 56</b> Límite de desplazamiento lateral .....	86
<b>Tabla 57</b> Desplazamiento absoluto en las dos direcciones .....	86
<b>Tabla 58</b> Límite de desplazamiento lateral .....	86
<b>Tabla 59</b> Análisis comparativo de distorsión.....	87
<b>Tabla 60</b> Análisis comparativo de distorsión (UY) .....	88
<b>Tabla 61</b> Calculo de la cortante basal – Losa convencional .....	89
<b>Tabla 62</b> Calculo de la cortante basal – Losa con tecnopor.....	90
<b>Tabla 63</b> Análisis comparativo de cortante basal.....	91
<b>Tabla 64</b> Resultados de la fuerza sísmica en altura .....	92
<b>Tabla 65</b> Resultados de la fuerza sísmica en altura .....	92
<b>Tabla 66</b> Análisis comparativo de distribución de la fuerza sísmica.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Losa aligerada convencional .....	14
<b>Figura 2</b> Losa aligerada con tecnopor .....	15
<b>Figura 3</b> Losas unidireccionales .....	15
<b>Figura 4</b> Losas bidireccionales .....	16
<b>Figura 5</b> Proceso de fabricación del ladrillo .....	17
<b>Figura 6</b> Dimensiones comerciales del tecnopor .....	18
<b>Figura 7</b> Etapas para la obtención de tecnopor .....	21
<b>Figura 8</b> Fuerzas internas .....	23
<b>Figura 9</b> Momento flector en pórtico .....	24
<b>Figura 10</b> Flexión n vigas .....	24
<b>Figura 11</b> Fuerza de corte .....	25
<b>Figura 12</b> Diagrama de fuerza cortante.....	25
<b>Figura 13</b> Fuerza axial en vigas .....	26
<b>Figura 14</b> Esfuerzos de torsión .....	26
<b>Figura 15</b> Momento flector y axial en columnas .....	27
<b>Figura 16</b> Modelo dinámico de masas concentradas de un edificio .....	28
<b>Figura 17</b> Desplazamientos relativo .....	29
<b>Figura 18</b> Detalle de distribución de fuerza sísmica.....	33
<b>Figura 19</b> Plano de arquitectura y estructuras.....	38
<b>Figura 20</b> Plano de áreas de influencia.....	39
<b>Figura 21</b> Plano de influencia en elevación para entrepiso .....	40
<b>Figura 22</b> Pórtico Eje 2 y piso 3 .....	47
<b>Figura 23</b> Pórtico del Eje 2, representa el área de influencia crítica .....	48
<b>Figura 24</b> Diagrama de Momento flector .....	49

<b>Figura 25</b> Diagrama de fuerza cortante.....	49
<b>Figura 26</b> Diagrama de fuerza axial.....	50
<b>Figura 27</b> Diagrama de torsión en viga.....	50
<b>Figura 28</b> Diagrama de momento flector.....	50
<b>Figura 29</b> Diagrama de fuerza axial.....	50
<b>Figura 30</b> Pórtico Eje 2 y piso 3 .....	56
<b>Figura 31</b> Diagrama de Momento flector .....	56
<b>Figura 32</b> Cuadro estadístico de momentos en vigas.....	59
<b>Figura 33</b> Diagrama de Fuerza cortante en vigas .....	59
<b>Figura 34</b> Cuadro estadístico de fuerza cortante en vigas .....	61
<b>Figura 35</b> Diagrama de Fuerza Axial en vigas .....	62
<b>Figura 36</b> Cuadro estadístico de fuerza axial.....	64
<b>Figura 37</b> Diagrama de Torsión en vigas.....	64
<b>Figura 38</b> Cuadro estadístico de torsión .....	66
<b>Figura 39</b> Diagrama de Momento en columnas.....	67
<b>Figura 40</b> Cuadro estadístico de Momentos (CM).....	70
<b>Figura 41</b> Cuadro estadístico de Momentos (SX).....	72
<b>Figura 42</b> Cuadro estadístico de Momentos por sismo (SY).....	73
<b>Figura 43</b> Diagrama de Fuerza axial en columnas.....	74
<b>Figura 44</b> Cuadro estadístico de Fuerza axial por carga muerta (CM).....	78
<b>Figura 45</b> Cuadro estadístico de Fuerza axial por sismo (SX) .....	79
<b>Figura 46</b> Cuadro estadístico de Fuerza axial por sismo (SY) .....	81
<b>Figura 47</b> Cuadro estadístico del peso dinámico total .....	85
<b>Figura 48</b> Cuadro estadístico de distorsión (UX) .....	88
<b>Figura 49</b> Cuadro estadístico de distorsión.....	89

<b>Figura 50</b> Cuadro estadístico de cortante basal .....	91
<b>Figura 51</b> Cuadro estadístico de distribución de fuerza sísmica.....	93

## RESUMEN

El proyecto de investigación comprende sobre la evaluación comparativa del comportamiento estructural a nivel de análisis de una vivienda multifamiliar de 5 niveles con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor, El tipo de investigación realizado es cuantitativa pero no de carácter experimental, Los cálculos se realizó con el uso del programa ETABS con la finalidad de demostrar las fuerzas internas con mayor precisión debido a que el sistema es una estructura de infinitos grados de libertad y dejar un precedente para los que investiguen temas a fines. En la siguiente tesis se tiene en cuenta que el ladrillo es uno de los materiales más usados en la construcción de losas aligeradas con un peso de 7.05kg por unidad en promedio, sin embargo, la construcción de losas con tecnopor tiene un auge debido a las ventajas a nivel estructural y su facilidad para instalarlo, ya que disminuye el peso de la estructura dando como resultado la disminución de las fuerzas internas de los elementos estructurales. Dentro de las investigaciones más relevantes se tiene a Martínez, (2012). en su tesis titulada: Construcción con paneles estructurales de poliestireno expandido. La estructura de la vivienda construida con paneles estructurales de EPS, reduce un 35,22 % el peso del edificio. La finalidad de esta investigación, es promover el uso de bloques de tecnopor en la construcción de losas aligeradas en edificaciones ya que representa una gran ventaja a nivel estructural por aliviar el peso.

**Palabras clave:** momentos resistentes, fuerza cortante, deflexión, predimensionamiento, excentricidad, rigidez, modelo dinámico.

## ABSTRACT

The research project includes the comparative evaluation of the structural behavior at the level of analysis of a 5-level multifamily house with lightened mezzanine with brick and technopor, The type of research carried out is quantitative but not experimental, The calculations were performed with the use of the ETABS program in order to demonstrate internal forces with greater precision because the system is a structure of infinite degrees of freedom and leave a precedent for those who investigate issues at the end. In the following thesis it is taken into account that brick is one of the most used materials in the construction of lightened slabs with a weight of 7.05kg per unit on average, however, the construction of slabs with technopor has a boom due to the advantages at the structural level and its ease of installation, since it reduces the weight of the structure resulting in the decrease of the internal forces of the structural elements. Among the most relevant research is Martínez, (2012). in his thesis entitled: Construction with expanded polystyrene structural panels. The structure of the house built with EPS structural panels, reduces the weight of the building by 35.22%. The purpose of this research is to promote the use of technopor blocks in the construction of lightened slabs in buildings since it represents a great advantage at a structural level to relieve weight.

**Keywords:** resistant moments, shear force, deflection, predimensioning, eccentricity, rigidity, dynamic model

## I. INTRODUCCIÓN

El tema a tratar en esta investigación es sobre la Evaluación comparativa del comportamiento estructural de una vivienda de 5 niveles con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor, desde el pasado, el tema de la construcción de edificaciones se ha estado innovando y en constante búsqueda de elementos sustitutos tanto en gestión, tecnología, equipos y materiales que puedan cumplir la misma función y mejorar en ciertos aspectos, por ello, la siguiente investigación se enfoca en la losa, teniendo en cuenta que el ladrillo es uno de los materiales más usados en la construcción teniendo un peso de 7.05kg por unidad en promedio según las especificaciones técnicas de Consorcio Pirámide S.A.C, sin embargo, la construcción de losas con tecnopor tiene un crecimiento debido a las ventajas a nivel estructural, por ello nuestra atención a entender el grado de importancia del uso de los bloques de tecnopor como sustituto del ladrillo de arcilla y su influencia en las fuerzas internas de los elementos estructurales ( Vigas, Columnas y placas) mas no en las losas, debido a que cumplen solo la función de relleno, siendo las nervaduras ( Viguetas) las que soportan el peso de dicho elemento, se debe tener en cuenta que las fuerzas internas dependerá de las cargas soportadas (carga muerta, carga viga y carga por sismo) y para ello se realizara un metrado de cargas.

Con el metrado de cargas correspondientes a las áreas de influencia de la edificación se obtendrá las fuerzas internas de los elementos estructurales en magnitud tanto para la losa con bloques de tecnopor y con ladrillo de arcilla que con la combinación de dichas cargas y su análisis respectivo se determinará el porcentaje de variación para ambos sistemas y se evaluará con cuadros comparativos y estadísticas que determinara su diferencia e interpretación de conclusiones y como consecuencia las ventajas o desventajas de su uso.

El tipo de investigación realizado es cuantitativo, pero no de carácter experimental. Por ser una estructura de infinitos grados de libertad, el cálculo se realizará con el uso del programa ETABS que es exclusivamente para el análisis de edificaciones y así tener un resultado

satisfactorio y confiable para los que quieran investigar sobre dicho tema.

## **1.1. Descripción y formulación del problema**

### ***1.1.1. Descripción del problema.***

La búsqueda de mejorar el comportamiento estructural de las fuerzas internas de los elementos estructurales en las edificaciones, que cumplan con las normas de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones nos conlleva a disminuir el peso de la estructura en sus diferentes elementos (Entrepisos, tabiquería, accesorios mecánicos, etc.) en la siguiente investigación se evaluará los entrepisos; por lo que se necesita concientizar a edificar viviendas cada vez más livianas, sismo resistente y buscar sustitutos de los elementos descritos.

En la actualidad se viene desarrollando el uso del tecnopor en las diferentes infraestructuras, del mismo modo en el aligeramiento de las losas, pero no de manera masificada por el desconocimiento de las ventajas a nivel estructural, en las últimas décadas las construcciones de losas aligeradas en su mayoría son con el ladrillo de arcilla, que analizándolo se convierte en un material casi innecesario por la sobrecarga que genera en las edificaciones y el aumento en magnitud de las fuerzas internas de los elementos estructurales.

El ladrillo de arcilla de 0.15x0.30x0.30m para losa aligerada para espesores de 0.20m pesa 7.05kg por unidad según las especificaciones técnicas de Consorcio Pirámide S.A.C, representando un peso relativamente alto en comparación a los bloques de tecnopor que llegan a pesar solo 0.135kg representando solo el 2% del peso real, resultando ventajoso por cumplir la función de relleno en las losas aligeradas al no tener un comportamiento estructural. En

consecuencia, los bloques de tecnopor representan una óptima alternativa de reemplazo y solución con respecto al ladrillo en las losas aligeradas.

Es así que el mejoramiento del comportamiento estructural de los elementos estructurales en las edificaciones se enfocará en la procedencia de los bloques de tecnopor, el ladrillo de arcilla y el análisis comparativo entre la losa convencional y la losa con bloques de

tecnopor para una misma edificación. Luego se realizará un análisis estructural con la finalidad de hallar las fuerzas internas de los elementos estructurales (Fuerza axial, flexión, corte y torsión) y hacer una evaluación comparativa entre edificaciones con entresijos convencionales y con bloques de tecnopor.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

La formulación del problema, implica la delimitación del campo de investigación donde se desarrollará el proyecto y la idea de investigación, la presente tesis se centra en los problemas que ocasiona el uso del ladrillo de arcilla como material para aligerar las losas en las edificaciones. Resaltando que el uso en las losas aligeradas, representan un peso excesivo, en consecuencia, se plantea el uso de otro material alternativo que sustituya al ladrillo de arcilla, presentando mejores resultados a nivel estructural.

El tipo de investigación realizado es cuantitativo, pero no de carácter experimental, se realiza un análisis comparativo de las fuerzas internas de los elementos estructurales con el uso del programa ETABS para que los resultados tengan mayor precisión.

#### **1.1.2.1. Problema general.**

¿Cuánto es la variación en magnitud del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar de 5 niveles con entresijo de losa aligerada con ladrillo y bloques de tecnopor?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos.**

- ¿Cuál será el beneficio estructural si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo, y por consiguiente si resulta conveniente dicho reemplazo?
- ¿Cuánto es la diferencia numérica de las fuerzas internas de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo?
- ¿Cuánto es la diferencia numérica en los parámetros dinámicos de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo?

## 1.2. Antecedentes

**Almeida (2014)**, el objetivo es conocer los beneficios del material y el uso del tecnopor como un medio de transmisión de cargas, justificar el empleo del tecnopor en el ámbito de la construcción y su comportamiento en suelos blandos.

El método empleado fue los ensayos de laboratorio como la absorción, compresión y flexión del tecnopor comprobando sus propiedades mecánicas. Los resultados sobre estudios del comportamiento mecánico del tecnopor son favorables, sin embargo, es recomendable la creación de normas nacionales que respalden su uso.

En conclusión, su aplicación en diversos problemas de ingeniería, en el proceso constructivo genera una optimización en el uso de recursos humanos, este trabajo aporta las propiedades mecánicas del tecnopor hechos en laboratorio.

**Avecillas (2016)**, aportar soluciones estructurales-constructivas para entrepisos y losas de viviendas evaluando el uso del concreto y tecnopor para aligerar la estructura y ahorrar encofrado. Hacer un cálculo tanto analítico como numérico, proponiendo una alternativa estructural – constructiva mediante bloques o bovedillas de poliestireno expandido; Como resultado disminuye el peso en un 45 a 48% aproximadamente generando soluciones racionales del diseño estructural de entrepisos demostrando superioridad técnica. En la investigación se aporta una solución estructural-constructiva; para comparar resultados se evaluaron como referencia soluciones de uso tradicional como losas de hormigón o arcilla que al tener menor peso el poliestireno, requiere menor peralte y menor consumo de materiales, este trabajo aporta con soluciones estructurales para el diseño.

**Aza (2014)**, el objetivo de esta investigación es el adecuado análisis y diseño de los elementos estructurales en función a la normativa vigente.

El método empleado fue el uso de software tanto para el análisis gravitacional como por fuerza horizontal con precisión. En la evaluación de desplazamientos los resultados no

excedieron los máximos permisibles que figuran en la norma E – 030. La conclusión de la tesis se enfoca en una buena estructuración y que predomine la vibración en sus dos ejes principales, evitando los efectos de torsión para no perjudicar los elementos estructurales. Aportando el análisis y diseño adecuado en función a la norma vigente.

**Barbat – Oller y Vielma (2005)**, evitar el efecto destructivo de las fuerzas horizontales sobre la estructura mediante un adecuado análisis estructural, antiguamente los métodos para calcular las fuerzas horizontales se consideraban el 10% del peso de la estructura; en la actualidad se aplican métodos simplificados.

Existen un gran desnivel entre los desarrollos técnicos y los conceptos que se aplica en la normativa de diseño, este hecho se refleja claramente en el comportamiento sísmico muy irregular de los edificios durante los grandes terremotos ocurridos en el mundo en los últimos diez años. Por ello se observa la necesidad de incluir los efectos de la acción sísmica en los cálculos estructurales.

La parte técnica de diseño y los conceptos se tienen que desarrollar en conjunto para un adecuado análisis y diseño estructural aplicando las normas del RNE como mecanismos de reducción de los riesgos sísmicos. Este trabajo aporta un adecuado análisis de las fuerzas horizontales, para evitar daños por efecto sísmico.

**Chávez (2011)**, el objetivo es difundir las ventajas estructurales que genera el uso del tecnopor en entrepisos de losa aligerada, evitar las juntas frías y considerar la frecuencia de suministro de concreto. Las viguetas prefabricadas reducen la cantidad de encofrado y acero positivo, resulta ventajoso trabajar con elementos pre dimensionados. Para entrepisos existen tecnopor con diferentes densidades, pero para un mejor comportamiento estructural se usará el de 10Kg/m<sup>3</sup>, como resultado tienen un menor peso por área tributaria, optimizando las fuerzas internas de los elementos estructurales. Estos sistemas no son usados de manera masiva por falta de conocimiento de sus ventajas, también representa un sistema más económico con

bovedillas de poliestireno con respecto al sistema tradicional.

Los nuevos sistemas de construcción disminuyen el costo por m<sup>2</sup> y en algunos recursos se reduce de un 20% a 30% (concreto), este sistema no es usado de manera masiva por el desconocimiento de sus ventajas y por falta de difusión de los especialistas. El aporte de la investigación se enfoca en el mejor comportamiento de los elementos estructurales producto del uso de tecnopor con menor peso específico.

**Cosinga y Gómez (2017)**, el objetivo se enfoca en el cálculo de costos de un edificio con losa aligerada con tecnopor versus losa aligerada con ladrillo. El cambio de las construcciones tradicionales al método compuesto es lo que hoy en día ha tomado fuerza en el rubro de la construcción que para un adecuado análisis partimos de un previo diseño y análisis para ambos sistemas. En los resultados la cuantía de acero no disminuye debido a que el uso es el mínimo requerido. La conclusión es que el peso de la losa es un 30% del peso de la edificación.

En el Perú se está desarrollando diferentes sistemas de entrepisos, usando diferentes materiales para su aligeramiento como: El tecnopor, arcilla y concreto.

El aporte de la investigación es que con el uso del tecnopor la fuerza cortante se reduce en un 7.5% aproximadamente y que para un adecuado análisis es en función al Reglamento Nacional de Edificaciones.

**De La Torre (2009)**, el objetivo del tema de investigación es el análisis y diseño estático, sísmico de un edificio con el programa ETABS, considerando diafragmas rígidos con tres grados de libertad. Los métodos utilizados para corregir la deformación de pilares por la aplicación de carga fueron; ETABS de corrección por proceso constructivo y el ACI con la restricción de nudos. El método empleado para el diseño fue de resistencia. En el análisis de la fuerza cortante por el método dinámico era menor que el 90% de la cortante estática por lo que se escaló por un factor. Los resultados dinámicos se escalaron por 1.30 y 1.90 por dirección

ortogonal para llegar al 90% de la fuerza cortante estática.

La conclusión de la investigación es, que en la mayoría de vigas gobernaron las cargas de gravedad y sólo un eje tiene responsabilidad sísmica. El aporte de la investigación es el uso del programa ETABS para el cálculo más exacto de las fuerzas interna y su adecuada distribución.

**Martínez (2012)**, el objetivo principal es estudiar un sistema constructivo sustituto al tradicional que se desarrolle en el país, planteando una evolución en el sistema constructivo con nuevos sistemas prefabricados y conocer si es factible, o rentable utilizarlo en España. El método empleado para generar estabilidad en los paneles de tecnopor es mediante una malla de acero galvanizado. Las viviendas construidas con paneles de tecnopor, reducen el peso del edificio en un 35.22% y el tiempo de ejecución del proyecto se redujo en 2 meses en comparación con el sistema tradicional. Una de las conclusiones es que el sistema tradicional es más estable frente al fuego.

Este trabajo aporta con la busca de sustitutos y creación de estructuras compuestas para generar una evolución en el sistema constructivo, y difundir que el tecnopor tiene usos múltiples en el rubro de la construcción.

**Rodríguez (2015)**, el objetivo es analizar y comparar el comportamiento estructural y económico de las losas aligeradas y losas colaborantes con el uso de placas AD-600 y establecer un procedimiento válido para un adecuado diseño y modelamiento.

El trabajo de investigación analiza y compara el comportamiento estructural utilizando bovedillas de tecnopor y evalúa el efecto de las fuerzas internas (Fuerza axial, flexión, corte y torsión) logrando comprender el comportamiento de la estructura, estableciendo un patrón para el modelamiento y diseño de la estructura. Como resultado disminuirá el peso de 280kg/m<sup>2</sup> a 232.32kg/m<sup>2</sup> representando un 17.04% generando un mayor momento resistente, mayor resistencia al esfuerzo cortante y menor flexión. Las losas aligeradas se diseñan como

elementos a flexión por lo que la zona a tracción se puede dejar vacía, dejando a las viguetas únicamente con la función estructural. Estas construcciones compuestas representan una gran ventaja, debido a que aliviana el peso de la estructura y mejoran el comportamiento estructural de los edificios, modelar e idealizar matemáticamente a las estructuras, tener idea de la deformación que tomará la estructura y los tipos de deformación que lo gobierna.

El aporte de esta investigación es que las construcciones con concreto armado en el Perú es el sistema más usado, sin embargo, los sistemas compuestos han representado una gran ventaja con respecto al concreto armado ya que alivian el peso y costo de las estructuras.

**Vasco (2003)**, convertir una superestructura en un sistema resistente que debe ser estudiado unitariamente. Por consiguiente, determinar el tipo de estructura y organizarlo en el espacio es la etapa más importante del proceso de análisis y diseño. Los componentes estructurales deben ser aceptables para los espacios funcionales de la construcción, definir los sistemas resistentes eligiendo los tipos de estructuras y organizándolos en el espacio. Para el diseño por sismo se emplea los parámetros del RNE E-030 para el cálculo de la cortante basal y hallar la sección transversal resultante de los elementos estructurales, tener en cuenta que la carga sísmica es una carga que varía con el tiempo. El aporte de la investigación se enfoca en, que la importancia de un análisis parte de la identificación del sistema estructural.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General.***

Determinar la variación en magnitud del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar de 5 niveles con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y bloques de tecnopor.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos.***

- Determinar el beneficio estructural si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo, y por consiguiente si resulta conveniente dicho reemplazo.

- Comparar la diferencia numérica de las fuerzas internas de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo.
- Comparar la diferencia numérica en los parámetros dinámicos de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo.

#### **1.4. Justificación**

##### ***1.4.1. Justificación de la investigación.***

El espesor de la losa se define mediante un predimensionamiento, para una losa de 20cm se usará ladrillos de 15x30x30cm que según las especificaciones técnicas de PIRAMIDES Y LARK tiene un peso de 7.05 kg por unidad (66.64kg por m<sup>2</sup>) por lo que sustituirlo por bloques de tecnopor resulta conveniente debido a que solo pesa 1.12kg por m<sup>2</sup> representando el 1.68% del peso de la losa convencional. El entrepiso con losa aligerada a base de tecnopor representa una gran ventaja en comparación a la losa convencional ya que el tecnopor tiene un peso específico de 10kg/m<sup>3</sup>, representando una disminución del 20% en el peso total de la losa.

El comportamiento estructural de una vivienda con entrepiso de bloques de tecnopor hace que las fuerzas internas (Fuerza axial, flexión, corte y torsión) disminuyan en comparación a una estructura con entrepiso convencional por ello esta investigación plantea una alternativa estructural, frente a la necesidad de aligerar los techos de manera segura ya que en la construcción de viviendas en el Perú en la mayoría de edificaciones la delimitación de nervaduras y aligeramiento de entrepisos en una o dos direcciones es a través del ladrillo.

El aligeramiento convencional con ladrillos a pesar de tener una parte hueca en su interior sigue representando un peso excesivo por lo que se plantea el uso de los bloques de tecnopor para el mejoramiento de las fuerzas internas (Fuerza axial, flexión, corte y torsión) de los elementos estructurales.

En la losa aligerada los ladrillos o cualquier elemento sustituto no tienen función

estructural por lo que resulta una gran ventaja el uso de los bloques de tecnopor debido a que disminuye el peso de la estructura considerablemente.

La importancia es que las fuerzas de los elementos estructurales tendrán una mejor respuesta frente a los eventos sísmicos.

Asimismo, se evaluará el análisis comparativo de los parámetros dinámicos (Cortante basal, distorsiones, distribución de fuerza en altura) en la estructura lo cual es determinante en las fuerzas internas de los elementos estructurales.

La delimitación de nervaduras comúnmente se ejecuta con el ladrillo de arcilla, pero se puede sustituir por cualquier otro elemento que permita aligerar el entrepiso, en esta investigación se considera el uso del tecnopor con un peso de 10kg/m<sup>3</sup> permitiendo casi la ausencia de peso. Tener en cuenta que los elementos que delimitan las nervaduras no tienen función estructural por ello los entrepisos se diseñan como elementos a flexión por lo cual la zona a tracción se puede dejar vacía, dejando a las viguetas únicamente con la función estructural.

**1.4.1.1. Teórica.** Según (Avecillas Diana, 2016) en la tesis “Alternativa estructural – constructivo de entrepisos y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido” se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En los entrepisos y techos de hormigón armado el acero es uno de los materiales principales consiguiendo así, que en losas con poliestireno expandido sea menor su consumo.
- La tesis reveló que los entrepisos con losas de poliestireno expandido necesitan menor cuantía de acero debido a que los esfuerzos disminuyen, producto de la disminución de la carga permanente en el área tributaria ya que la sobrecarga será el mismo que del convencional porque la norma lo establece.

Según (Chávez Hinojosa, 2011) en la tesis “Análisis comparativo de sistemas y tecnologías aplicadas a la construcción de losas de estacionamiento” se concluye:

- A partir de los cálculos realizados para una distribución en planta de una losa que se vio en el diseño, se concluye en lo que respecta al costo que el sistema de losa más económico es el sistema de losa con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno, generando aproximadamente un ahorro del 23.5 % con respecto al sistema tradicional.
- En el cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de los sistemas analizados, el que resulta más ventajoso es el sistema de losa con viguetas pretensadas, no obstante, se tiene que dar más difusión al sistema de losa con bovedillas de poliestireno ya que resulta también muy ventajoso.

Según (Rodríguez Chavarry, 2015) en la tesis “Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas”, se concluye principalmente:

- El peso de una losa aligerada es de 280 Kg/m<sup>2</sup> y el de una losa colaborante es 232.32 Kg/m<sup>2</sup> teniendo en cuenta que se tratará de una vivienda y con una misma luz a cubrir. Entonces se observa que el peso del sistema de losa colaborante es 17.07% menor que el sistema de losa aligerada.
- Es posible establecer que, para la misma sobrecarga, el sistema estructural de losa colaborante con AD-600 tiene una mayor resistencia a flexión que lo que resiste una losa aligerada: 2145.89 Kg-m > 735.18 Kg-m.

**1.4.1.2. Práctica.** Según el artículo “Construcciones I – Universidad Nacional del Altiplano” (2009). El tecnopor tiene una variedad de usos en el sector construcción, pero el más usual es lo siguiente:

Ladrillos de tecnopor (Casetón o DIPROLOSA). Son ladrillos de tecnopor que reemplazan a los ladrillos de arcilla tradicional y se puede utilizar para cualquier tipo de losa aligerada, siendo su principal característica la casi ausencia total del peso. Asimismo, los diprolosa tienen la ventaja de tener costos bajos y su versatilidad en el proceso constructivo,

mejorando los rendimientos.

Según (Huacre Cahuana, 2016) en la tesis “El uso del tecnopor y su relación con la reducción de peso de una losa aligerada en la construcción de una vivienda multifamiliar en la Asociación Sauce Grande Lurigancho Chosica Lima-Perú periodo 2015-2016”.

Este proyecto se realiza con el fin de dar a conocer este material novedoso con el que ahora se puede trabajar en distintos campos de la construcción y su importancia de este producto que como bien se menciona, es un material muy ligero que cumple con un rol muy importante en las losas aligerada debido a sus características este es un material que favorece al momento de utilizarlo en la construcción, pues la densidad del material guarda una estrecha relación con las propiedades de resistencia mecánica, posee también una excelente capacidad de aislamiento térmico y también una de sus características es la impermeabilidad.

**1.4.1.3. Social.** Según declaraciones de Ángel Teso, Gerente de ANAPE, entidad que agrupa a las empresas del sector - El EPS es un material que cumple todas las exigencias medioambientales desde su proceso de elaboración hasta su extinción o reciclaje.

El tecnopor se caracteriza por tener un bajo impacto al medio ambiente y se puede reciclar para generar el mismo material o nuevos materiales y energía, al ser 100% reciclables cierra el círculo de la sostenibilidad. En relación al proceso constructivo, el tecnopor es un material versátil que genera un mayor rendimiento y facilita el proceso constructivo al personal.

El tecnopor se caracteriza por ser higiénico al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos. No se pudre o enmohece ni se descompone convirtiéndose en un material idóneo. Aparte de servir como material de aligeramiento trabaja como aislante térmico en edificaciones y obras civiles, fachadas, molduras, cubiertas, etc. Un edificio aislado adecuadamente con espuma de poliestireno puede reducir la energía utilizada para climatizarlo hasta en un 40%. De esta manera disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero.

## **1.5. Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis General.***

Si utilizamos bloques de tecnopor en los entrepisos de losa aligerada, entonces tendremos un mejor comportamiento estructural a diferencia de la losa aligerada con ladrillo.

### ***1.5.2. Hipótesis específica.***

- El uso de los bloques de tecnopor genera un mayor beneficio estructural a diferencia del ladrillo y por consiguiente resulta conveniente dicho reemplazo.
- El uso de los bloques de tecnopor genera menores fuerzas internas en los elementos estructurales a diferencia del ladrillo.
- El uso de los bloques de tecnopor genera menores esfuerzos en los parámetros dinámicos a diferencia del ladrillo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

Como investigador del tema “EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 5 NIVELES CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y TECNOPOR” en este párrafo se analizará a ambas estructuras a partir de cálculos matemáticos y analíticos para producir una solución u opción en el rubro de la construcción.

#### 2.1.1. Losa aligerada.

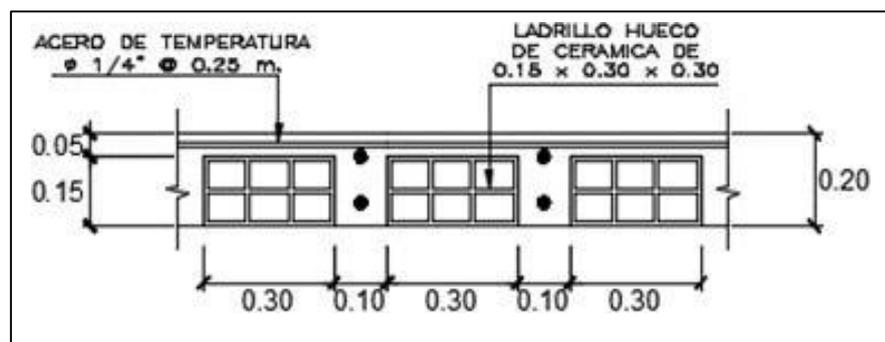
La losa aligerada es una estructura de concreto armado que para aliviar el peso una parte del concreto se reemplaza con ladrillos huecos en su interior u otro elemento, esta estructura trabaja principalmente a flexión por soportar las cargas perpendiculares a dicho elemento.

##### 2.1.1.1. Sistema de losas aligeradas utilizadas en la construcción.

A. *Losa aligerada convencional.* Son las losas más utilizadas en el sector construcción en el Perú con espesores de 20 y 25cm, viguetas de 10cm y espesor de losa armada de 5cm.

### Figura 1

*Losa aligerada convencional*

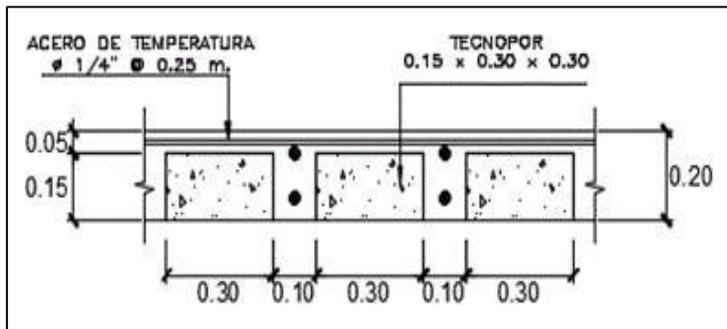


Fuente: Elaboración propia mediante el programa AutoCAD V.19

**B. Losa aligerada con tecnopor.** Este tipo de losas a diferencia del convencional se reemplaza el ladrillo por el tecnopor, siendo un material más liviano, pero con la misma función de relleno.

**Figura 2**

*Losa aligerada con tecnopor*



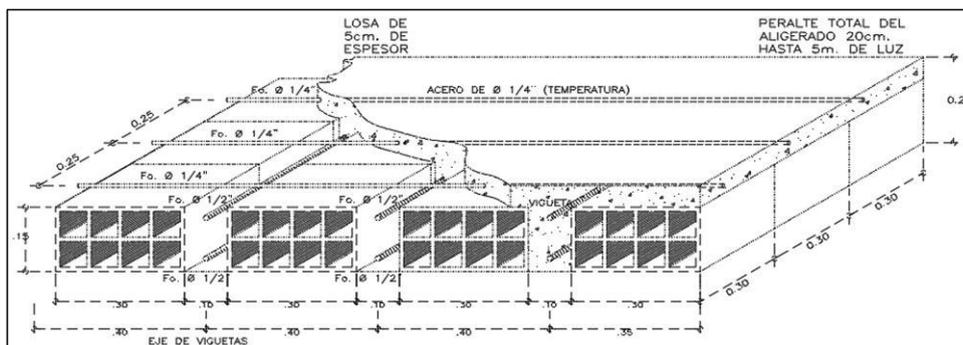
Fuente: Elaboración propia mediante el programa AutoCAD V.19

### 2.1.1.2. Tipos de losa aligerada.

**A. Losas unidireccionales.** Se consideran losas unidireccionales a aquellas que transmiten su carga en una sola dirección a vigas o muros portantes, comportándose como vigas anchas.

**Figura 3**

*Losas unidireccionales*

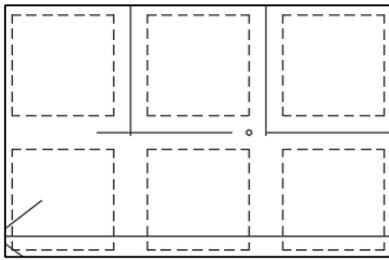


Fuente: Elaboración propia mediante el programa AutoCAD V.19

**B. Losas bidireccionales.** Se consideran losas bidireccionales a aquellas que transmiten las cargas en dos direcciones a vigas o muros portantes.

## Figura 4

### *Losas bidireccionales*



*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa AutoCAD V.19

**2.1.1.3. Espesor de losa aligerada.** Las losas aligeradas se encargan de transferir las cargas a las vigas y columnas por ello en el predimensionamiento se considera el control de deflexiones que según la norma E-060 para una sobrecarga de  $300\text{kg/m}^2$  y luces menores a 7.50m se considera un peralte de  $H=L/25$ .

**2.1.1.4. El ladrillo en losas.** En el sector de la construcción hay tipos de ladrillos: de concreto, de arcilla, silico-calcáreos, etc. Los más usados en una edificación son los de arcilla y tienen diferentes medidas, pero para esta investigación se estudiará el de  $0.15 \times 0.30 \times 0.30$ .

**Tabla 1**

### *Dimensiones comerciales del ladrillo*

Ladrillo	Características Físicas		Descripción
	Dimensiones (cm)	Peso (Kg)	
<b>Hueco 20</b>			Utilizado en licitaciones.
<b>(12 Tubos)</b>	20x30x30	9.15	Para techos altos.
<b>Hueco 15</b>			Más conocidos.
<b>(8 Tubos)</b>	15x30x30	7.05	Todas las ladrilleras la fabrican.
<b>Hueco 12</b>			Siempre se usan en azoteas.
<b>(8 Tubos)</b>	12x30x30	6.30	Es más ligero.

<b>Hueco</b>			
<b>bovedilla</b>	15x30x30	9.45	Ladrillo para licitaciones
<b>H – 15</b>			Mayormente se usa en Lima.
<b>( 4 Tubos )</b>	15x30x30	6.30	Ligero
<b>H – 12</b>			De igual resistencia y medida que el Hueco 12.
<b>( 4 Tubos )</b>	12x30x30	5.30	Ligero

*Nota:* El peso del ladrillo, varía según la altura y sus dimensiones. Adaptada de

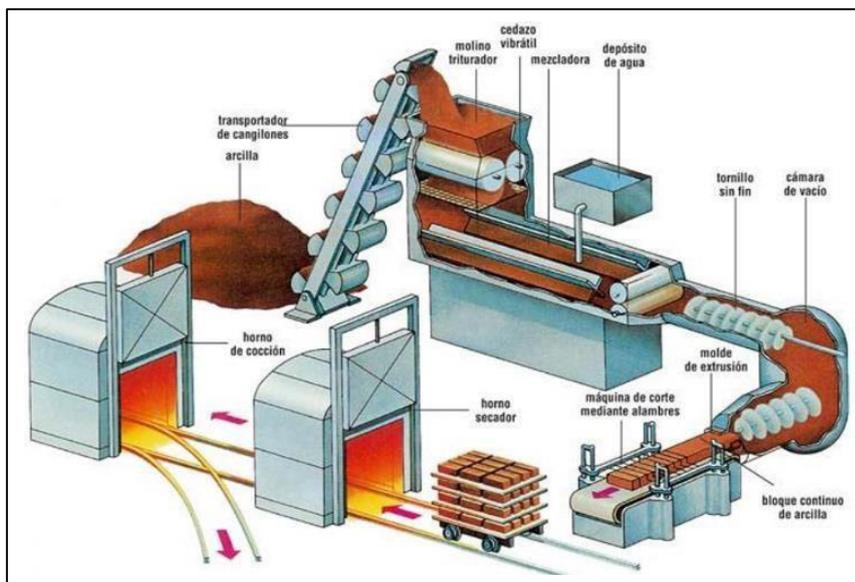
“Dimensiones comerciales del ladrillo”, Consorcio Pirámide S.A.C, 2019.

**A. Propiedades.** El ladrillo para techo tiene un peso de 7.05kg por unidad y la cantidad promedio por metro cuadrado es de 8.33 unidades con resistencia y alta durabilidad.

**B. Proceso de producción del ladrillo.** El proceso de fabricación comprende desde la selección del material (arcilla); que contiene cantidades variables de óxido de hierro, calcio y magnesio. La arcilla al ser humedecida es moldeada pasando por un proceso de secado y cocción de 900 a 1000°C.

### Figura 5

*Proceso de fabricación del ladrillo.*



*Fuente:* Tomado de “fabricación del ladrillo”, por Aguilar Garcia, 2017, Proceso industrial del ladrillo.

### 2.1.1.5. El uso de tecnopor en losas.

En el sector construcción, los materiales de uso son los convencionales sin embargo en la construcción de entrepisos se incorporó el uso del tecnopor para la delimitación de nervaduras, un material plástico generalmente de color blanco. Este material sin expandir tiene una densidad de 765kg/m<sup>3</sup>, pasado el proceso de expansión logra un volumen de 50 veces mayor en comparación a su volumen original debido a que el 98% de su volumen está constituido por aire. Avecillas Ríos, D. (2016). Alternativa estructural – constructiva de entrepiso y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido. Cuenca – Ecuador.

Su densidad oscila entre 10 kg/m<sup>3</sup> a 50 kg/m<sup>3</sup> tienen un peso bajo por la incorporación de aire y resulta ser económico al ser un derivado del petróleo.

#### Figura 6

*Dimensiones comerciales del tecnopor.*

CASETONES		LARGO (metros)	ANCHO (metros)	ESPEORES** (metros)	
		1.20	0.30	0.10; 0.12; 0.15; 0.20; 0.25	
		1.20	0.40	0.10; 0.12; 0.15; 0.20; 0.25	
		2.40	0.30	0.10; 0.12 ; 0.15; 0.20; 0.25	
BOVEDILLAS		LARGO (metros)	ANCHO (metros)	ESPEORES** (metros)	
		1	0.425	0.10; 0.12; 0.15; 0.20; 0.25	
		1	0.525	0.10; 0.12; 0.15; 0.20; 0.25	

\*\* Se realizan cortes según requerimiento

*Nota.* Dimensiones de bovedillas de 0.30 y 0.40 centímetros de ancho y longitud de 1.20metros. Adaptada de “Dimensiones comerciales”, ETSA PERU S.A.C, 2019.

#### A. *Propiedades físicas*

- Densidad.

La densidad del tecnopor oscila entre 10kg/m<sup>3</sup> a 50kg/m<sup>3</sup> por ello los materiales

fabricados de este material se caracteriza por su ligereza, pero resistente.

- Tensión de Compresión.

Su máxima deformación por fluencia es del 2%, mientras estén sometidas a una tensión permanente de compresión.

- Aislamiento Térmico.

El tecnopor tiene un aislamiento térmico excelente frente al frío y calor, Esta propiedad se debe a su estructura de tener aire ocluido ya que el aire en reposo es un excelente aislante térmico.

- Comportamiento ante el agua.

El tecnopor no tiene capilaridad alguna y aun sumergido en agua realizado un ensayo a los 28 días su absorción esta entre el 1 al 3% en volumen sin embargo el vapor de agua si puede penetrar su estructura.

- Comportamiento al fuego.

Es un producto auto extingible (No propaga llamas).

**B. *Propiedades químicas.*** El tecnopor es estable frente a muchos productos químicos (medio acuoso básico o ácido) pero sufre ataque de disolventes orgánicos tradicionales como la acetona.

## Tabla 2

*Estabilidad química del tecnopor.*

<b>TABLA RESUMEN PROPIEDADES QUIMICAS</b>	
<b>SUSTANCIA ACTIVA</b>	<b>ESTABILIDAD</b>
<b>Solución salina (agua de mar)</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
<b>Jabones y soluciones de tensioactivos</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.

<b>Lejías</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
<b>Ácidos diluidos</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
<b>Ácido clorhídrico (35%), ácido nítrico (50%)</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
<b>Ácidos concentrados (sin agua) al 100%</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
<b>Soluciones alcalinas</b>	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
<b>Disolventes orgánicos</b>	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
<b>(acetona, esterres ...)</b>	No estable: El EPS se contrae o se disuelve

*Nota.* Estabilidad del tecnopor, frente a sustancias químicas. *Adaptada de “Estabilidad química del tecnopor”, ETSA PERU S.A.C, 2019.*

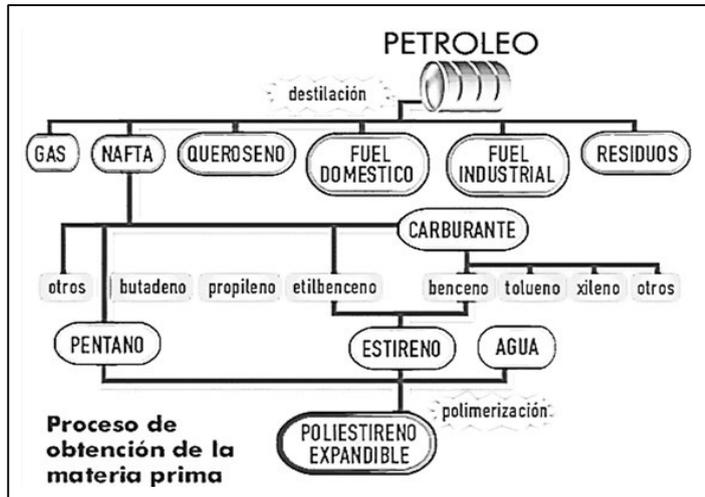
**C. Propiedades biológicas.** No enmohece ni se descompone, tampoco es atacado por las bacterias del suelo no tiene influencia medioambiental y no es perjudicial para el agua. Con respecto a la variación de temperatura, conserva su dimensión hasta los 85°C.

#### **2.1.1.6. Proceso de producción del tecnopor.**

El tecnopor como cualquier otro material plástico, deriva en último término del petróleo el cual obtiene estireno (monómero), la materia prima son pequeñas perlas de poliestireno que en su interior contiene un agente expandible de forma esférica con un diámetro que oscila entre 0,2-3,0 mm y se tratan con diferentes aditivos para influir en las propiedades del material expandido. Cabe mencionar que el agente expandente es un hidrocarburo de bajo punto de ebullición (Pentano). El esquema adjunto muestra los componentes y las diferentes etapas desde la destilación del petróleo hasta la obtención del poliestireno expandible.

**Figura 7**

*Etapas para la obtención de tecnopor.*



Fuente: Etapas para la obtención del Tecnopor. Adaptada de “Etapas para la obtención del tecnopor”, EPS S.A.C, 2019.

En el proceso de fabricación pasa por dos etapas; Polimerización, Secado y acabado.

- Polimerización.

Es la obtención de macromoléculas, La polimerización se realiza mediante suspensión en agua del estireno en unos reactores equipados con mecanismos agitadores que producen la división del estireno en pequeñas gotas suspendidas en el agua.

- Secado y acabado.

En la etapa de secado y acabado la mezcla anterior es secada por aire y por centrifugación y se traslada a una cierta altura para su posterior cribado a diferentes granulometrías ya que siempre existe una cierta dispersión en el diámetro de las perlas obtenidas.

El EPS se obtiene a través del moldeado por vapor, el cual consta de tres etapas: pre expansión, maduración y moldeo (Ramón, 1988).

Se describe las etapas de la siguiente manera; Pre-expansión (el vapor de agua dilata el pentano y expande las perlas hasta 50 veces su volumen inicial), Maduración de las perlas pre-expandidas (permite su estabilización física) y Moldeo (las perlas pre-expandidas se introducen

en un molde cerrado, sometido a una inyección de vapor de agua, las perlas se vuelven a expandir ocupando todo el espacio del molde, soldándose entre ellas para formar un bloque.

**2.1.1.7. Cargas en losas.** Toda edificación estará sometida a sobrecargas, lo cual depende del uso que se realice a la edificación, en ningún caso las cargas deben ser menores a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones y tener en cuenta el área de influencia.

**A. Carga muerta.** Es el peso permanente de materiales y el peso propio de la edificación.

### Tabla 3

*Tabla de pesos unitarios de carga muerta.*

Ladrillo pastelero	16,0 (1600)	
Losetas	24,0 (2400)	
Teja artesanal	16,0 (1600)	
Teja industrial	18,0 (1800)	
Vidrios	25,0 (2500)	
Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto Armado con vigueta 0.10m de ancho y 0.40m entre ejes.		
Espesor de losa (m)	Espesor de losa superior en metros.	Peso propio Kpa (Kgf/m <sup>2</sup> )
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

*Fuente:* Adaptado de *Pesos unitarios* (p.210), Norma técnica E020, 2016, Reglamento Nacional de Edificaciones.

**B. Carga viva.** Es el peso de los ocupantes o la sobrecarga, que dependen del uso que se da a la edificación y ello se especifica en el Art. 6 de la Norma E.020 del RNE.

**Tabla 4**

*Tabla de pesos unitarios*

<b>Teatros</b>	
Vestidores	2,0 (200)
Cuarto de proyeccion	3,0 (300) Ver 3.1.4
Escenario	7,5 (750)
Zonas publicas	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Tiendas</b>	
Corredores y escaleras	5,0 (500) Ver 3.1.4
<b>Viviendas</b>	
Corredores y escaleras	2,0 (200)

*Fuente:* Adaptado de Tabla de *pesos unitarios* (p.205), Norma técnica E020, 2016,

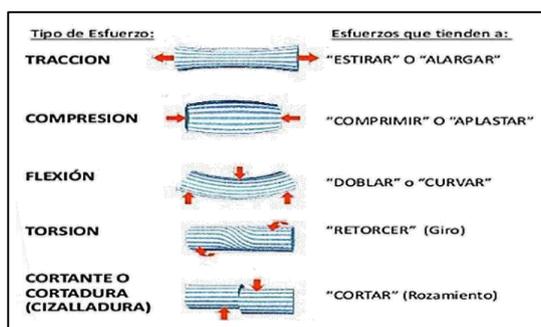
Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 2.1.2. Fuerzas internas en los elementos estructurales.

Las fuerzas internas que se generan en una estructura producto del peso propio, obrecarga o fuerza sísmica, dependerán del sentido o dirección y estas son: Fuerza axial, corte, flexión y torsión.

**Figura 8**

*Fuerzas internas.*



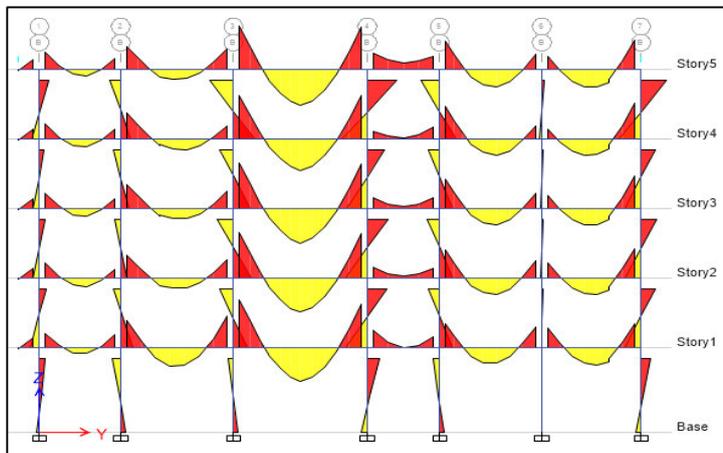
*Fuente:* Tomado de *Fuerzas internas*, por Delgado Contreras, 2011, Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado.

**2.1.2.1. Momento flector en vigas.** Se genera cuando las vigas se flexionan o se curvan, producto de una fuerza aplicada en dicho elemento. Las fuerzas de flexión definen la cantidad de acero longitudinal en las vigas, que dependerá del diagrama de momentos.

$$M_b = M_a + \int v(x)dx$$

**Figura 9**

*Momento flector en pórtico.*

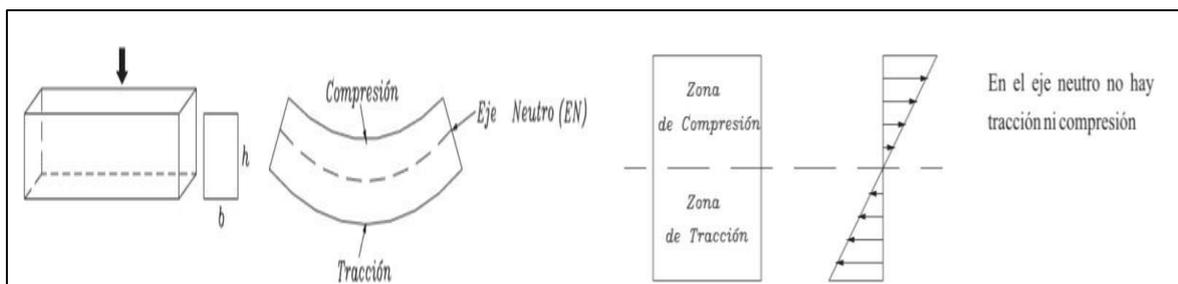


*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.19.1

En la sección transversal de las vigas producto de la flexión, se generan dos áreas; una sometida a compresión y otra a tracción que se separan por un eje neutro. En el caso de las vigas pretensadas el eje neutro se traslada a la basa de la viga, generando que toda la sección transversal trabaje a compresión.

**Figura 10**

*Flexión en vigas.*



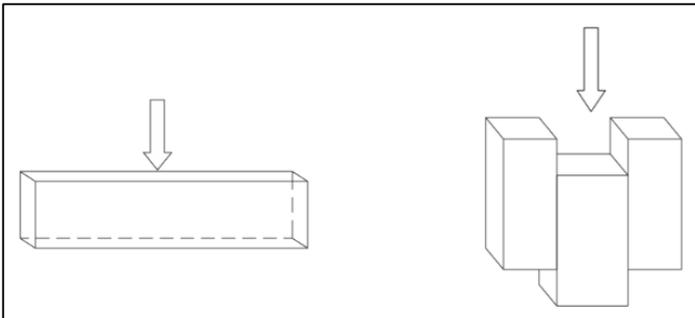
*Fuente:* Tomado de *Esfuerzos de flexión*, por Delgado Contreras,2011, Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado.

**2.1.2.2. Fuerza cortante en vigas.** Son fuerzas de deslizamiento de una parte del cuerpo con respecto a otra, en las vigas los diagramas de fuerza cortante definen el confinamiento de los estribos.

$$V_b = V_a - \int w(x)dx$$

**Figura 11**

*Fuerza de corte*

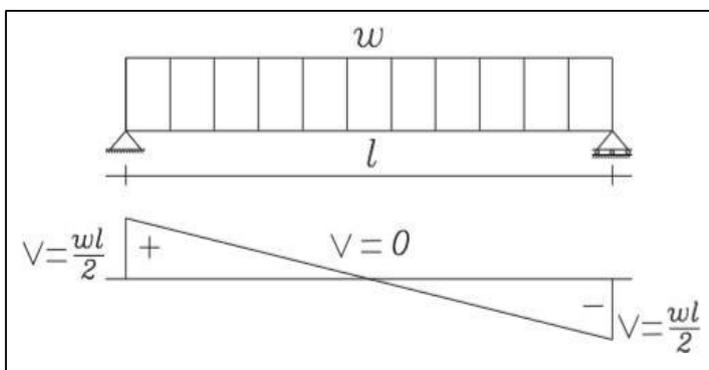


*Fuente:* Tomado de *Esfuerzo de corte*, por Delgado Contreras,2011, Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado.

Un diagrama de fuerza cortante, representa la variación de la magnitud de fuerza en un elemento estructural lo cual define el espaciamiento de los estribos (confinamiento).

**Figura 12**

*Diagrama de fuerza cortante.*

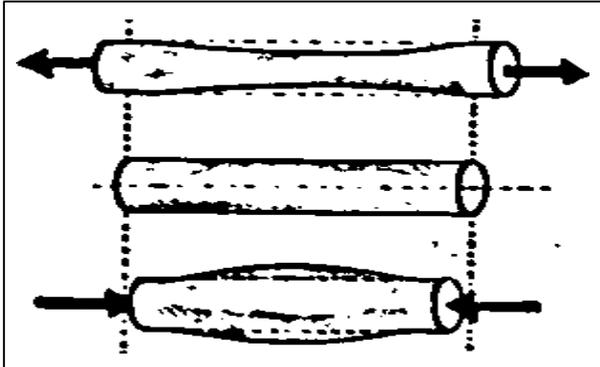


*Fuente:* Tomado de *Diagrama de corte*, por Delgado Contreras,2011, Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado.

**2.1.2.3. Fuerza axial en vigas.** Es la fuerza de tracción o compresión en la dirección del eje longitudinal que experimenta las estructuras sometidas a una fuerza externa, sus partículas internas sufren una alteración.

**Figura 13**

*Fuerza axial en vigas.*

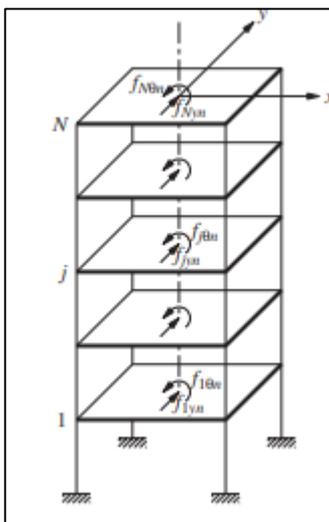


*Fuente:* Tomado de *Diagrama de corte*, por Delgado Contreras, 2011, Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado.

**2.1.2.4. Esfuerzo de torsión.** La torsión se presente cuando el cuerpo es sometido a giro, generándose un esfuerzo torsional.

**Figura 14**

*Esfuerzos de torsión.*

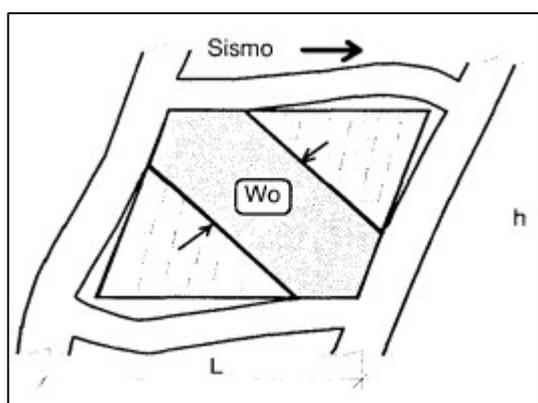


*Fuente:* Tomado de *Fuerzas de torsion*, por Chopra Añil, 2014, Dinámica de estructuras.

**2.1.2.5. Momento flector y axial en columnas.** Las columnas son elementos estructurales sometidas a fuerzas de compresión y flexión (Flexo compresión) que resisten la fuerza cortante transmitida de las vigas, convirtiéndose en fuerza axial para las columnas, considerar que la distribución del acero longitudinal, depende de la fuerza predominante en la estructura que puede ser el momento flector o la carga axial.

### Figura 15

*Momento flector y axial en columnas.*



*Fuente:* Tomado de “*Modelaje de Pórticos con Tabiques de Albañilería*”, por San Bartilomé, 1998, Análisis de edificios.

### 2.1.3. Parámetros dinámicos.

**2.1.3.1. Peso dinámico.** Para calcular el peso dinámico de una estructura, se considera el 100% de la carga permanente y un porcentaje de la sobrecarga, esto se especifica en el artículo 16 de la norma técnica E 0.30 de diseño sismo resistente.

### Tabla 5

*Porcentaje de carga viva a considerar.*

- 
- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
  - b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
  - c. En depósitos, el 80% del peso total que es posible almacenar.
  - d. En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
-

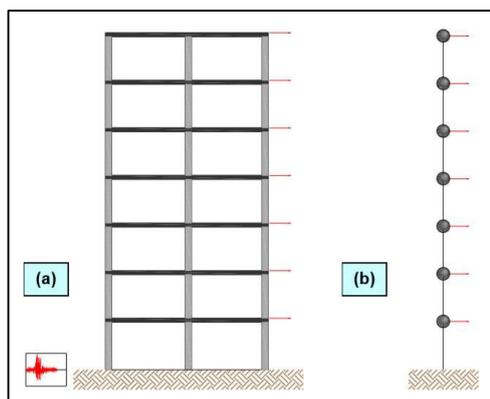
*Fuente: Tomado de Peso de la edificación (p.19), Norma técnica E030, 2016, Reglamento Nacional de Edificaciones.*

Al analizar un edificio, la estructura tiene infinitos grados de libertad y por su complejidad es mejor llevarlo a un modelo matemático. En este caso se considerará el principio de masas concentradas (losa infinitamente rígida) y la rigidez total es la suma de todos los elementos estructurales de columnas y placas.

$$k_j = \sum_{\text{columnas}} \frac{12EI_c}{h^3}$$

**Figura 16**

*Modelo dinámico de masas concentradas de un edificio.*



*Fuente: Tomado de Modelo dinámico, por Barbat – Oller y Vielma, 2005, Monografías de ingeniería sísmica.*

- a) Edificio de plantas rígidas.
- b) Modelo dinámico.

**2.1.3.2. Desplazamiento máximo.** El desplazamiento de la estructura se calcula multiplicando por 0.75R los resultados del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas (Artículo 16, E – 030).

Los desplazamientos permisibles en entresijos dependen del material predominante en la estructura.

**Tabla 6**

*Tabla de límites de desplazamientos*

**LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO**

Estos límites no son aplicables a naves industriales

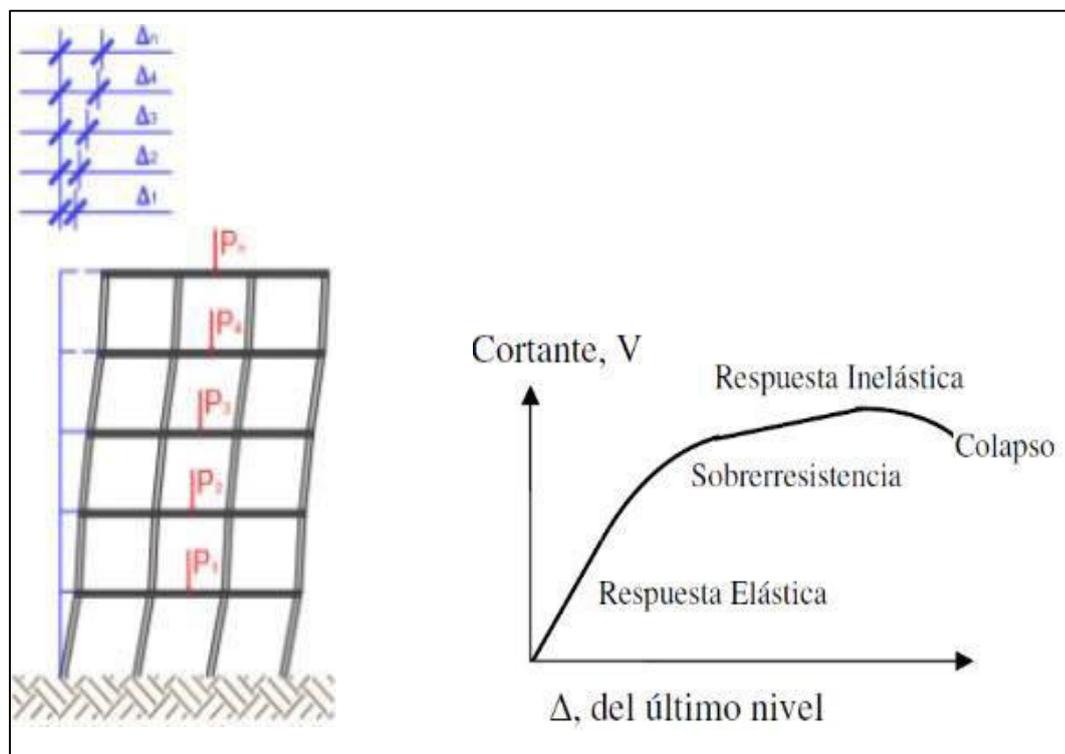
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005

*Fuente:* Tomado de *Limites de desplazamientos* (p.16), Norma técnica E030, 2016,

Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Figura 17**

*Desplazamiento relativo.*



*Fuente:* Tomado de *Efecto P- $\Delta$* , por Barbat – Oller y Vielma, 2005, Monografías de ingeniería sísmica.

**2.1.3.3. Cortante basal de diseño.** Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el Artículo 17 (17.3) para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares. (Artículo 18, E – 030).

$$H = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R_d} \cdot P$$

H: fuerza cortante en la base

**A. Parámetros generales.**

- Factor de zona “Z”

El factor de zona es interpretado como la aceleración máxima del terreno, El edificio en estudio se encuentra en la zona 4, por lo tanto, el factor de zona es 0.45 según el RNE.

**Tabla 7**

*Tabla de factores de zona*

<b>FACTORES DEL ZONA "Z"</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
<b>4</b>	0.45
<b>3</b>	0.35
<b>2</b>	0.25
<b>1</b>	0.10

*Fuente:* Adaptado de *Factor de zona* (p.30), Norma técnica E030, 2016, Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Factor de uso “u”

Según la tabla el proyecto pertenece a la categoría “ C ” - Edificaciones Comunes. Según el artículo 8 de la Norma E 0.30, obtenemos un coeficiente de Uso de U = 1.0.

- Factor de amplificación sísmica “C”

El factor de amplificación sísmica es la respuesta de la estructura con respecto a la

aceleración del suelo. (Artículo 17, E – 030).

$$C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right); c \leq 2,5$$

- Factor de suelo “s”

El tipo de suelo donde se construirá el edificio es intermedio (S2), por lo tanto, el Factor de Suelo será  $S = 1.20$  y  $T_p = 0.6$ .

### Tabla 8

*Tabla de parámetros de suelo.*

<b>Parámetros del Suelo</b>			
Tipo	Descripción	Tp (S)	S
S1	Roca o suelos muy rígido	0,4	1,0
S2	Suelos intermedios	0,6	1,2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4

*Fuente:* Adaptado de *Parámetro de suelo* (p.10), Norma técnica E030, 2016, Reglamento Nacional de Edificaciones.

### **B. Parámetros específicos.**

- Coeficiente de reducción “R”

El sistema estructural es clasificado en función al material predominante en la estructura que definirá el valor numérico del coeficiente de reducción sísmica.

### Tabla 9

*Tabla de sistema estructural*

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coefficientes de Reducción, R</b>
	<b>Para estructurales regulares (*) (**)</b>
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes	9,5

---

a momentos.

Otras estructuras de acero:

Arriostres Excéntricos	6,5
Arriostres en Cruz.	6,0

---

Concreto Armado

Pórticos (1)	8
Dual (2)	7
De muros estructurales (3)	6
Muros de ductilidad limitada (4)	4
Albañilería Armada o Confinada (5)	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

---

*Fuente:* Adaptado de *Sistemas estructurales* (p.14), Norma técnica E030, 2016, Reglamento

Nacional de Edificaciones.

- Factor de amplificación sísmica “C”

Se define de acuerdo a las características de sitio, artículo 7 de la norma E.030 de RNE.

$$C = 2.5 * \frac{T_p}{T} ; C \leq 2.5, T = \frac{h_n}{c_t}$$

Donde:

- T = Período fundamental.
- $T_p = 0.60$ , según el perfil tipo S<sub>2</sub>
- $h_n$  = Altura de la edificación ( $h_n = 13.40$  m)
- $C_T = 35$ , para pórticos; 45, para muros y pórticos; 60, para muros.

**2.1.3.4. Distribución de la fuerza sísmica en altura.** Si el periodo es mayor que 0.7s, una parte de la cortante se aplicara en la parte superior de la estructura como “Fa”.

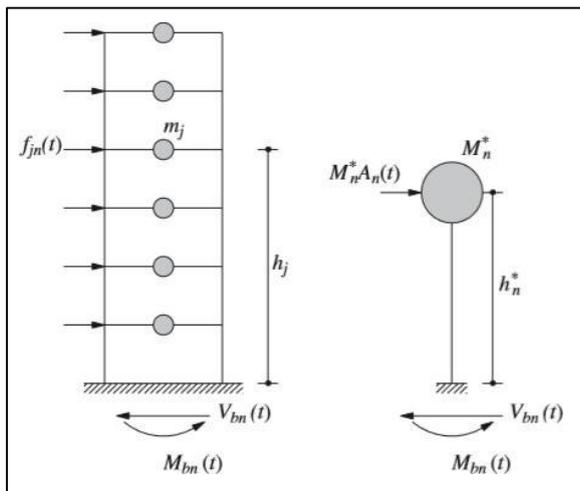
$$F_a = 0,07 \cdot T \cdot V \leq 0,15 \cdot V$$

El resto de la fuerza cortante se distribuirá en todos los niveles, incluyendo la parte superior.

$$F_i = \frac{P_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot h_j} \cdot (V - F_a)$$

**Figura 18**

*Detalle de distribución de fuerza sísmica*



*Fuente:* Tomado de *Distribución de fuerza sísmica*, por Chopra Añil, 2014, *Dinámica de estructuras*.

### **III. MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación.**

El tipo de investigación realizado es cuantitativa pero no de carácter experimental, dicho análisis se realizó con un conjunto de procesos secuenciales sin omitir pasos en donde el orden es riguroso.

El nivel de investigación es descriptiva y explicativa; En el nivel descriptivo se miden y recogen información de manera independiente o grupal sobre los conceptos o variables al que se refieren y en el nivel explicativo, se responde a la causa de algún evento o fenómeno físico lo cual se hizo a través de la modelación e idealización del edificio en función al Reglamento Nacional de Edificaciones.

El diseño de la investigación es de carácter no experimental, Para el desarrollo de la investigación se realizará la comparación de resultados de estudios científicamente comprobables y verificables de manera numérica pero no de carácter experimental.

De acuerdo con Fernández, C. & Baptista, M. (2014). “En este tipo de investigación las variables independientes ocurren y no se puede manipular, no se tiene control directo ni se puede influir en ellas porque ya sucedieron igual que su efecto” (p. 152).

#### **3.2. Ámbito temporal y espacial.**

El ámbito temporal de la investigación es Julio del 2019 y el ámbito espacial es el distrito de los olivos de la ciudad de lima – Perú.

#### **3.3. Variables.**

##### **3.3.1. Variable independiente.**

Entrepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor.

##### **3.3.2. Variables dependientes.**

Evaluación del comportamiento estructural de una vivienda.

#### **3.4. Población y muestra.**

La población está determinada por viviendas con entrepiso de losa aligerada construidas en el distrito de los olivos, departamento de lima.

La muestra es no probabilística dirigida por instrumentos, porque son viviendas con entrepiso de losa aligerada de 5 niveles en el distrito de los olivos, cabe mencionar que las viviendas construidas en lima metropolitana en su mayoría es una combinación de albañilería con sistema aporcado. En consecuencia, se optó por las viviendas de 5 pisos ya que el Reglamento Nacional de Edificaciones considera que la altura máxima de análisis para una vivienda de albañilería es de 15m de altura (5 pisos máximo), se eligió el distrito de los olivos porque puede ser generalizado en lima metropolitana porque la norma tendría el mismo efecto para cualquier vivienda analizada en la ciudad de lima.

### **3.5. Instrumentos.**

Los instrumentos desarrollados en esta tesis se realizaron mediante el dominio e identificación de variables a medir y el desarrollo de indicadores de cada dimensión con recolección de datos pertinentes que implica un plan detallado del procedimiento. Cabe mencionar que la investigación está respaldada de revisiones bibliográficas, normas, manuales, otros.

En esta etapa de la investigación se recopilaron diferentes fuentes de información. A través de la consulta de artículos, tesis y textos que contribuyeron a describir al tecnopor desde su obtención hasta su aplicación en losas aligeradas y la forma que influirá en el comportamiento estructural de las edificaciones.

Las fichas de recolección de datos serán con el desarrollo de los indicadores mediante tablas de comparación en Excel de Microsoft.

Ficha técnica N°1: Material de aligerado predominante – Anexo 4.

Ficha técnica N°2: Datos de mapeo de fuerzas internas – Vigas – Anexo 5.

Ficha técnica N°3: Datos de mapeo de fuerzas internas – Columnas – Anexo 6.

Ficha técnica N°4: Datos de mapeo de fuerzas internas – Muros – Anexo 7.

Ficha técnica N°5: Datos de mapeo de parámetros dinámicos – Anexo 8.

### **3.6. Procedimientos.**

La primera etapa es la compatibilidad entre el plano de arquitectura y estructura, la segunda etapa el predimensionamiento, tercera etapa el análisis estructural y por último el análisis e interpretación de los resultados.

#### **3.6.1. Procedimiento.**

**3.6.1.1. Compatibilidad de especialidades.** Para realizar el análisis estructural se tiene que realizar la compatibilidad de los planos de arquitectura y estructuras, tomando como referencia el predimensionamiento preliminar.

**3.6.1.2. Metrado de Cargas.** El metrado de cargas se realiza para obtener el peso de la estructura y cargas tributarias en cada nivel del edificio y en consecuencia su peso total. Toda edificación estará sometido a cargas lo cual depende del uso de la edificación, en ningún caso las cargas deben ser menores a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones y tener en cuenta el área de influencia.

Con los pesos obtenidos se calcula la ubicación del centro de masa y el centro de inercia para evaluar la excentricidad y la distribución de la fuerza sísmica en toda la altura del edificio.

**A. Carga muerta.** Es el peso permanente de materiales y el peso propio de la edificación.

**B. Carga viva.** Es el peso de los ocupantes o la sobrecarga el cual depende del uso que se da a la edificación y ello se especifica en el Art. 6 de la Norma E.020 del RNE.

**3.6.1.3. Predimensionamiento.** El predimensionamiento de los elementos estructurales se realizara en función de las normas E-020 y E-030 del RNE. Las fórmulas tienen un respaldo de fuentes confiables que conllevan a una adecuada estructuración.

**3.6.1.4. Sistema estructural e irregularidades.** Es importante definir el sistema estructural y las irregularidades para poder definir el coeficiente de reducción sísmica y el factor de irregularidad que permitirán desarrollar la cortante basal de la estructura.

**3.6.1.5. Análisis estructural.** Con el análisis estructural se realizará el cálculo de las fuerzas internas de los elementos estructurales de las vigas y columnas, la cortante basal y la fuerza cortante.

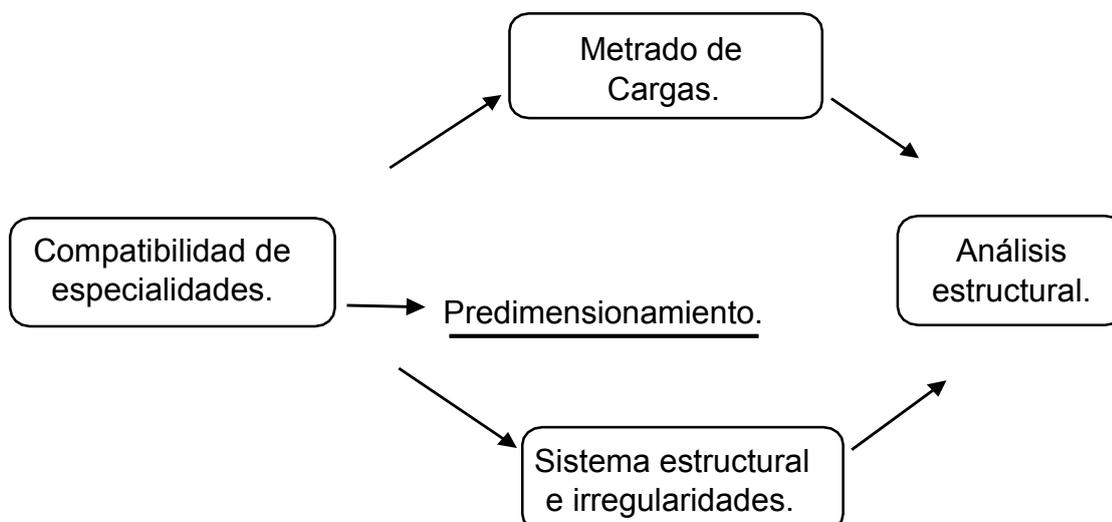
**A. Fuerzas internas de los elementos estructurales.**

Se calcula las fuerzas internas de los elementos estructurales por las cargas permanentes que se ejerce en los distintos elementos debido al funcionamiento de la estructura.

**B. Parámetros dinámicos.**

Para el análisis sísmico se procede a hallar la cortante basal actuante en la estructura. Para esto calculamos el peso total del edificio (considerando un 50% de sobrecarga como indica la Norma E 030 Sismo-Resistente para edificaciones de categoría C).

**Resumen gráfico:**

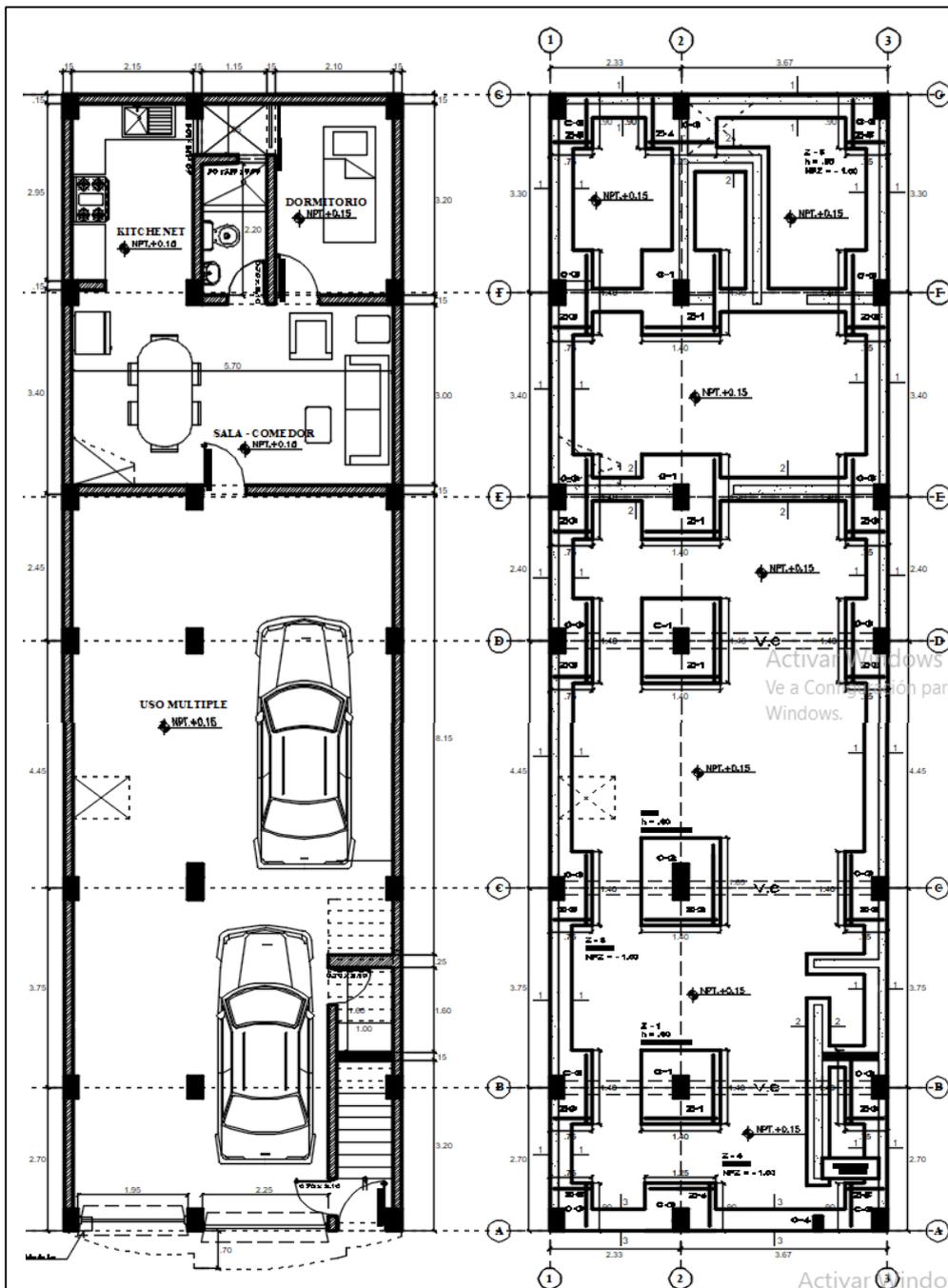


### 3.6.2. Ejecución del procedimiento.

3.6.2.1. **Compatibilidad de especialidades.** En ambos planos tanto de arquitectura y estructuras se aprecia la continuidad de ejes y su separación por lo que se concluye que existe compatibilidad de planos y de elementos estructurales (Columnas).

**Figura 19**

*Plano de arquitectura y estructuras.*

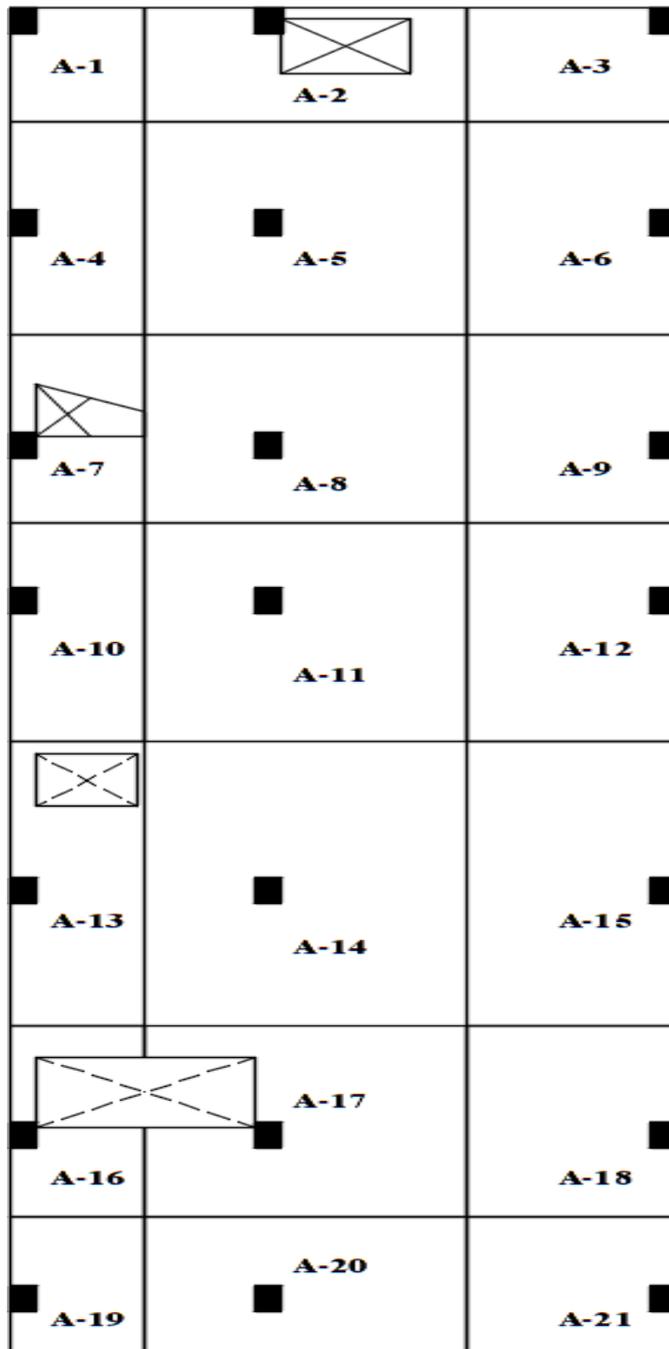


Fuente: Elaboración propia (2019).

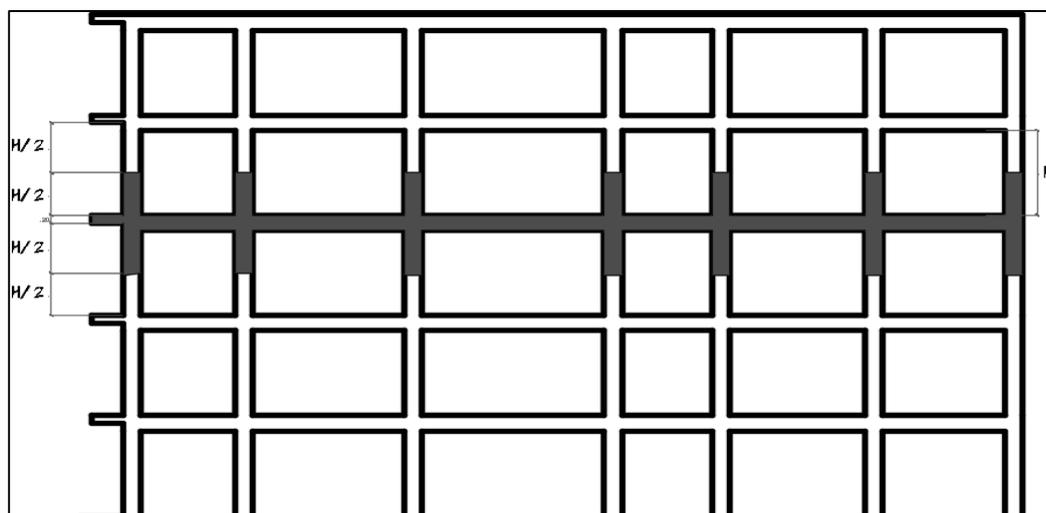
**3.6.2.2. Medrado de Cargas.** Para el medrado de cargas se considerará el área de influencia en las columnas.

**Figura 20**

*Plano de área de influencia*



Fuente: Elaboración propia (2019).

**Figura 21***Plano de influencia en elevación para entrepiso*

Fuente: Elaboración propia (2019).

**A. *Metrado de Cargas par losa convencional.***

Peso Vigas, columnas y escalera	2400	kg/m <sup>3</sup>
Peso de Losas H=0.20m - Ladrillo	300	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería	1800	kg/m <sup>3</sup>
Peso de acabados	100	Kg/m <sup>2</sup>
Sobre Carga	200	Kg/m <sup>2</sup>
Sobre Carga en Azotea	100	Kg/m <sup>2</sup>

**Tabla 10***Metrado de cargas para losa convencional*

AREA	VOLUMEN				CARGA	CARGA
TRIBUTARIA	VIGAS	COLUMNAS	TABIQUERIA	ESCALERA	MUERTA	VIVA
	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	Tn-f	Por m <sup>2</sup> de
						área
						tributaria
						(Tn-f)

<b>A-1</b>	0.184	1.34	0.657		13.10	1.682
<b>A-2</b>	0.352	1.34	2.349		29.79	2.768
<b>A-3</b>	0.234	1.34	1.080		18.91	2.588
<b>A-4</b>	0.334	1.34	1.206		21.69	3.130
<b>A-5</b>	0.383	1.34	1.134		31.34	7.984
<b>A-6</b>	0.368	1.34	2.484		35.00	4.626
<b>A-7</b>	0.312	1.34	1.908		24.31	1.896
<b>A-8</b>	0.407	1.34	0.774	2.062	48.16	5.284
<b>A-9</b>	0.346	1.34	1.494	2.065	47.66	2.347
<b>A-10</b>	0.344	1.34	1.440		23.65	3.153
<b>A-11</b>	0.403	1.34	2.034	2.060	59.47	6.049
<b>A-12</b>	0.354	1.34	2.394	2.060	55.48	2.778
<b>A-13</b>	0.501	1.34	3.258		38.35	2.953
<b>A-14</b>	0.529	1.34	1.476		41.22	10.767
<b>A-15</b>	0.481	1.34	2.052		37.25	6.712
<b>A-16</b>	0.302	1.34	1.701		21.46	1.644
<b>A-17</b>	0.396	1.34	1.224		27.79	6.166
<b>A-18</b>	0.459	1.34	0.972		24.64	4.638
<b>A-19</b>	0.188	1.34	0.882		15.37	2.039
<b>A-20</b>	0.308	1.34	1.710		28.38	4.922
<b>A-21</b>	0.239	1.34	1.116		19.98	3.258
<b>Σ</b>					<b>662.97</b>	<b>87.384</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**B.      *Metrado de Cargas par losa con bloques de tecnopor.***

Peso Vigas, columnas y escalera	2400	kg/m3
Peso de Losas H=0.20m - Tecnopor	239.024	Kg/m2

Peso de tabiquería	1800	kg/m3
Peso de acabados	100	Kg/m2
Sobre Carga	200	Kg/m2
Sobre Carga en Azotea	100	Kg/m2

**Tabla 11***Metrado de carga para losa con tecnopor*

AREA	VOLUMEN				CARGA	CARGA
	VIGAS	COLUMNAS	TABIQUERIA	ESCALERA	MUERTA	VIVA
TRIBUTARIA	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	Tn-f	Por m2 de área tributaria (Tn-f)
<b>A-1</b>	0.184	1.34	0.657		12.65	1.682
<b>A-2</b>	0.352	1.34	2.349		28.93	2.768
<b>A-3</b>	0.234	1.34	1.080		18.11	2.588
<b>A-4</b>	0.334	1.34	1.206		20.79	3.130
<b>A-5</b>	0.383	1.34	1.134		28.94	7.984
<b>A-6</b>	0.368	1.34	2.484		33.49	4.626
<b>A-7</b>	0.312	1.34	1.908		23.75	1.896
<b>A-8</b>	0.407	1.34	0.774	2.062	46.65	5.284
<b>A-9</b>	0.346	1.34	1.494	2.065	46.91	2.347
<b>A-10</b>	0.344	1.34	1.440		22.72	3.153
<b>A-11</b>	0.403	1.34	2.034	2.060	57.56	6.049
<b>A-12</b>	0.354	1.34	2.394	2.060	54.50	2.778
<b>A-13</b>	0.501	1.34	3.258		37.46	2.953
<b>A-14</b>	0.529	1.34	1.476		37.92	10.767
<b>A-15</b>	0.481	1.34	2.052		35.11	6.712

<b>A-16</b>	0.302	1.34	1.701	21.13	1.644
<b>A-17</b>	0.396	1.34	1.224	26.11	6.166
<b>A-18</b>	0.459	1.34	0.972	23.24	4.638
<b>A-19</b>	0.188	1.34	0.882	14.83	2.039
<b>A-20</b>	0.308	1.34	1.710	26.97	4.922
<b>A-21</b>	0.239	1.34	1.116	19.08	3.258
$\Sigma$				<b>636.86</b>	<b>87.384</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

**3.6.2.3. Predimensionamiento.** La estructura emplea como sistema de techado una losa aligerada en un sentido, con 20 cm de espesor como se indicó en las características geométricas.

**A. Predimensionamiento de losa.** Debido a que el proyecto presenta losa aligerada en un sentido, la fórmula para calcular su espesor, es la siguiente:

$$t \geq \frac{L}{20},$$

Para  $L = 3.67$  m.

$$t \geq \frac{3.67}{20} = 0.18\text{m},$$

Se considerará una losa de 0.20m de espesor.

**B. Predimensionamiento de vigas principales.**

$$h = \frac{L}{12}, \quad 0.5h \geq b \geq 0.3h$$

Para  $L = 4.45\text{m}$ ,

$$h \geq \frac{4.45}{12} = 0.37\text{m} \quad \text{Por lo tanto: } h=0.40 \text{ m}$$

Ancho de la Viga: “b”

$$b = \frac{h}{2} = \frac{0.40\text{m}}{2} = 0.20\text{m}$$

En la norma E-0.60 en el artículo 11.3.2 indica que el ancho mínimo es 0.25 m.

**C. Predimensionamiento de vigas secundarias.**

$$h = \frac{L}{14}, \quad 0.5h \geq b \geq 0.3h$$

Para  $L=3.67\text{m}$ ,

$$h \geq \frac{4.45}{12} = 0.37\text{m} \quad \text{Por lo tanto: } h = 0.30\text{m y } b = 0.25\text{m}$$

**D. Predimensionamiento de columna.** Se dimensionaran con la columna de mayor área tributaria siendo la carga más crítica por gravedad, luego se generalizará a todas las columnas, porque las columnas periféricas serán gruesas para tomar las cargas de sismo por volteo.

Fórmula para el cálculo de la sección de la columna (**columna central**).

$$A_g = \frac{P}{45f'_c}$$

Donde:

- $A_g$  = Área de la sección de la columna.
- $P$  = Peso de la Carga permanente.

$$P_i = A_t * 1 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} * 5$$

$$P_i = 2.83 * 3.67 \text{ m}^2 * 1 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} * 5$$

$$P_t = 51.93 \text{ Tn}$$

Reemplazando  $P$ ,

$$A_g = 706.53 \text{ cm}^2$$

Se considera:  $b=0.25 \text{ m}$  y  $h=0.40 \text{ m}$

**Tabla 12**

*Resumen de dimensiones del predimensionamiento.*

<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>ANCHO</b>	<b>PERALTE</b>	<b>UNIDAD</b>
ESPESOR DE LOSA	-	20	cm
VIGA PRINCIPAL	25	40	cm
VIGA SECUENDARIA	25	30	cm
COLUMNAS CENTRALES	25	40	cm
COLUMNAS PERIMETRICAS	25	40	cm

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

#### **3.6.2.4. Sistema estructural e irregularidades.**

**A. Sistema estructural.** En la presente tesis los elementos estructurales se considera solo columnas por lo que se concluye que corresponde a sistema estructural aporticado.

#### **B. Irregularidades en altura.**

- Irregularidad de rigidez - piso blando.

La suma de las áreas de las secciones transversales de columnas y muros debe ser menor que el 85% de la del entrepiso superior o es menor que 30% del promedio de los entrepisos superiores, No se aplica en sótanos. Para la siguiente tesis la sección trasversal de columnas es continuo en todos los pisos por lo que ese concluye como regular.

- Irregularidad de masa.

Según el plano de arquitectura es una edificación con pisos típicos por la cual el peso sería igual en todos los pisos a diferencia de la azotea, por lo que no presenta irregularidad. (Regular).

- Irregularidad geométrica vertical.

Los elementos estructurales del sistema son constantes por lo que no presenta

irregularidad. (Regular).

- Irregularidad por discontinuidad en los sistemas resistentes.

La estructura no presenta discontinuidad de elementos estructurales entre un piso y otro por lo tanto no presenta irregularidad en este punto. (Regular).

**C. Irregularidades en planta.**

- Irregularidad torsional.

Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos, en los que el desplazamiento promedio de un entrepiso supere el 50% del admisible.

El desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, es mayor que 1.3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con aquel del extremo opuesto lo cual se evaluara hallando los desplazamientos laterales de la estructura.

- Esquinas entrantes.

Según la vista en planta se puede determinar que no tiene esquinas entrantes por lo tanto no presentaría irregularidad. (Regular).

- Discontinuidad del diafragma.

Es irregular cuando el área abierta del diafragma es mayor al 50% del área bruta del diafragma según plata representa un porcentaje menor por lo cual no presenta dicha irregularidad.

**Tabla 13**

*Resumen de irregularidades de la estructura*

	<b>IRREGULARIDAD</b>	<b>CONDICION</b>
<b>IRREGULARIDAD</b>	I. PISO DEBIL	REGULAR
<b>EN ALTURA</b>	I. DE MASA	REGULAR
	I. GEOMETRICA VERTICAL	REGULAR

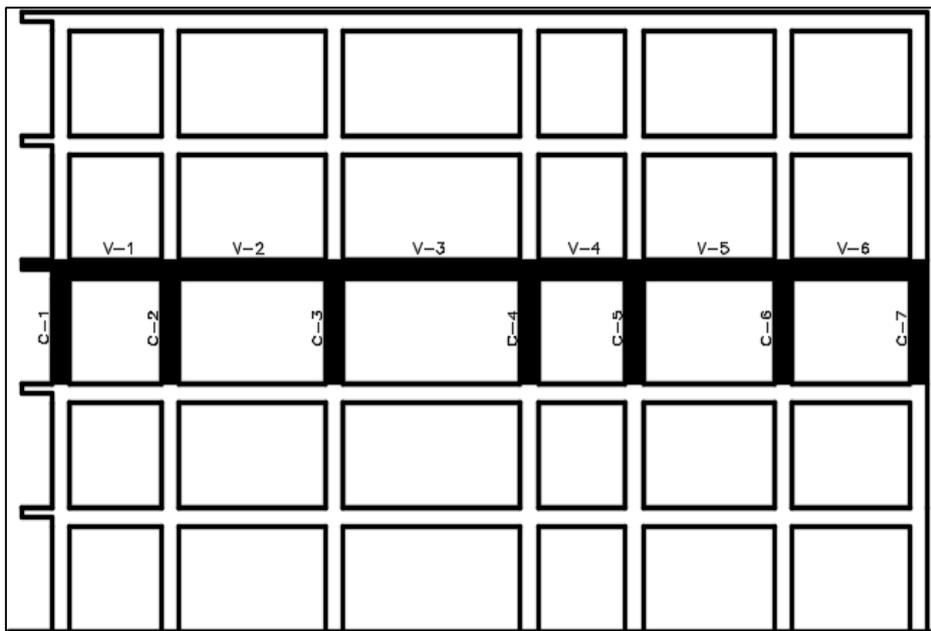
	I. POR DISCONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS RESISTENTES	REGULAR
<b>IRREGULARIDAD EN PLANTA</b>	I. TORSIONAL	REGULAR
	I. ESQUINAS ENTRANTES	REGULAR
	I. DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMA	REGULAR

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**3.6.2.5. Análisis estructural.** Para el análisis de la estructura se eligió el pórtico correspondiente al Eje 2 y el piso 3 por ser el área de influencia crítica tanto en planta como en elevación, representando un total de 6 vigas y 7 columnas para el cálculo de las fuerzas internas de los elementos estructurales y los parámetros dinámicos; El cálculo será con el software ETABS que como ejemplo se adjuntará un análisis en el procedimiento y los demás cálculos se resumirá en un cuadro. Los pesos a considerar para la losa convencional y losa con bloques de tecnopor es de 308.727kg/m<sup>2</sup> y 250.0112kg/m<sup>2</sup> respectivamente lo cual se adjunta en un cuadro a continuación.

### Figura 22

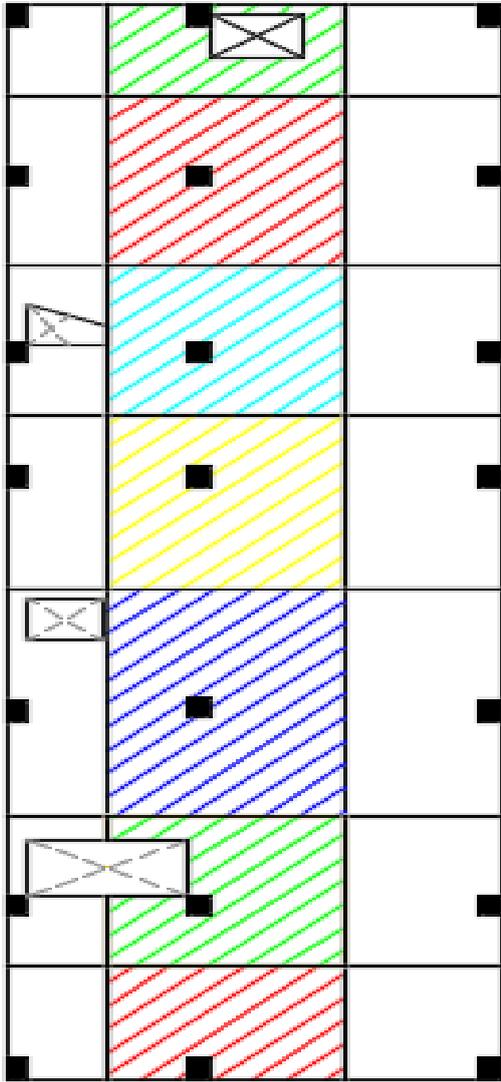
*Pórtico Eje 2 y piso 3*



*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 23**

*Pórtico del Eje 2, representa el área de influencia crítica.*



*Fuente: Elaboración propia (2019).*

**E. Fuerzas internas de los elementos estructurales.** Para el cálculo de las fuerzas internas de las vigas trabajaremos con la envolvente, para ello se trabajará con la resistencia requerida de la combinación de la carga muerta (CM), carga viva (CV) y carga sísmica (CS).

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

$$U = 1.25 (CM + CV) + CS$$

$$U = 1.25 (CM + V) - CS$$

$$U = 0.9CM + CS$$

$$U = 0.9CM - CS$$

**Tabla 14**

*Carga muerta para losa convencional y con tecnopor.*

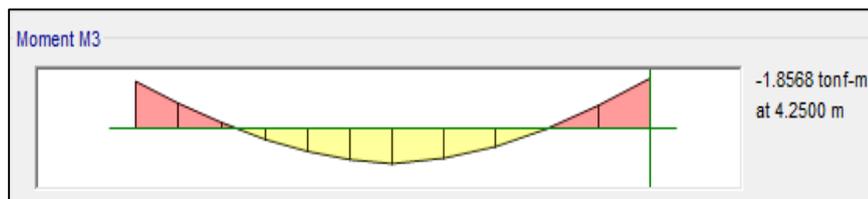
<b>CARGA MUERTA PARA AMBOS SISTEMAS</b>		
<b>Elementos</b>	Losa convencional	Losa con bloques de tecnopor
<b>Tabiquería</b>	150.00	150.00
<b>Acabados</b>	100.00	100.00
<b>Ladrillo</b>	58.73	0.01
	<b>308.727</b>	<b>250.011</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- Momento flector en vigas.

**Figura 24**

*Diagrama de Momento flector.*

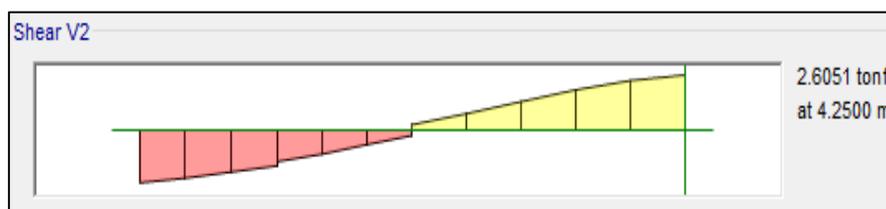


*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.16.1

- Fuerza cortante en vigas.

**Figura 25**

*Diagrama de fuerza cortante.*

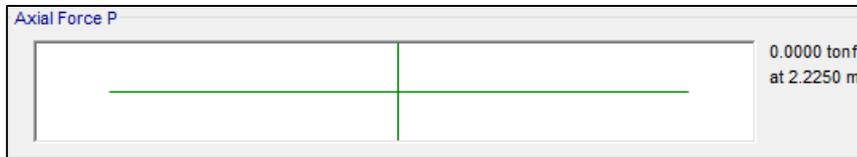


*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.16.1

- Fuerza axial en vigas.

**Figura 26**

*Diagrama de fuerza axial.*

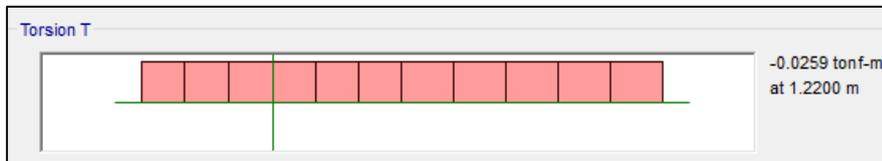


*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.16.1

- Torsión en vigas.

**Figura 27**

*Diagrama de torsión en viga.*



*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.16.1

- Momento flector en columnas.

**Figura 28**

*Diagrama de momento flector.*



*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.16.1

- Fuerza axial en columnas.

**Figura 29**

*Diagrama de fuerza axial.*



*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.16.1

**F. Parámetros dinámicos.** Para la verificación del metrado de cargas se usará la relación del peso total con el área construida total (q), que debe estar en el siguiente rango:

$$0.8 \leq q = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Area Total}} \leq 1.20$$

Peso Vigas, columnas y escalera	2400	Kg/m3
Peso de Losas H=0.20m - Ladrillo	300	Kg/m2
Peso de tabiquería	1800	Kg/m3
Peso de acabados	100	Kg/m2
Sobre Carga	200	Kg/m2
Sobre Carga en Azotea	100	Kg/m2

**Tabla 15**

*Resultados del peso dinámico para losa convencional.*

AREA TRIBUTARIA	VOLUMEN					CARGA MUERTA	CARGA VIVA
	VIGAS (m3)	COLUMNAS (m3)	LOSA (m2)	TABIQUERIA (m3)	ESCALERA (m3)	Tn-f	Por m2 de area tributaria (Tn-f)
<b>A-1</b>	0.184	1.34	1.463	0.657	2.062	13.10	1.682
<b>A-2</b>	0.352	1.34	2.802	2.349	2.065	29.79	2.768
<b>A-3</b>	0.234	1.34	2.640	1.080	2.060	18.91	2.588
<b>A-4</b>	0.334	1.34	2.925	1.206	2.060	21.69	3.130
<b>A-5</b>	0.383	1.34	7.875	1.134		31.34	7.984
<b>A-6</b>	0.368	1.34	4.950	2.484		35.00	4.626
<b>A-7</b>	0.312	1.34	1.847	1.908		24.31	1.896
<b>A-8</b>	0.407	1.34	4.927	0.774		48.16	5.284
<b>A-9</b>	0.346	1.34	2.475	1.494		47.66	2.347
<b>A-10</b>	0.344	1.34	3.022	1.440		23.65	3.153
<b>A-11</b>	0.403	1.34	6.240	2.034		59.47	6.049

A-12	0.354	1.34	3.218	2.394	55.48	2.778
A-13	0.501	1.34	2.900	3.258	38.35	2.953
A-14	0.529	1.34	10.82	1.476	41.22	10.767
A-15	0.481	1.34	7	2.052	37.25	6.712
A-16	0.302	1.34	7.002	1.701	21.46	1.644
A-17	0.396	1.34	1.097	1.224	27.79	6.166
A-18	0.459	1.34	5.511	0.972	24.64	4.638
A-19	0.188	1.34	4.569	0.882	15.37	2.039
A-20	0.308	1.34	1.761	1.710	28.38	4.922
A-21	0.239	1.34	4.649	1.116	19.98	3.258
			2.943			
$\Sigma$					<b>662.97</b>	<b>87.384</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

$$q = \frac{684.82}{591.90} = 1.15, \text{ Esta dentro del rango por lo tanto cumple.}$$

Peso Vigas, columnas y escalera	2400	kg/m3
Peso de Losas H=0.20m - Tecnopor	239.024	Kg/m2
Peso de tabiqueria	1800	kg/m3
Peso de acabados	100	Kg/m2
Sobre Carga	200	Kg/m2
Sobre Carga en Azotea	100	Kg/m2

**Tabla 16**

Resultados del peso dinámico para losa con tecnopor.

AREA	VOLUMEN				CARGA	CARGA
	TRIBUTARI	COLUMNA	TABIQUERI	ESCALER	MUERTA	VIVA
A	VIGAS (m3)	S (m3)	A (m3)	A (m3)	Tn-f	Por m2 de area tributaria (Tn-f)
A-1	0.184	1.34	0.657		12.65	1.682

A-2	0.352	1.34	2.349		28.93	2.768
A-3	0.234	1.34	1.080		18.11	2.588
A-4	0.334	1.34	1.206		20.79	3.130
A-5	0.383	1.34	1.134		28.94	7.984
A-6	0.368	1.34	2.484		33.49	4.626
A-7	0.312	1.34	1.908		23.75	1.896
A-8	0.407	1.34	0.774		46.65	5.284
A-9	0.346	1.34	1.494		46.91	2.347
A-10	0.344	1.34	1.440	2.062	22.72	3.153
A-11	0.403	1.34	2.034	2.065	57.56	6.049
A-12	0.354	1.34	2.394	2.060	54.50	2.778
A-13	0.501	1.34	3.258	2.060	37.46	2.953
A-14	0.529	1.34	1.476		37.92	10.767
A-15	0.481	1.34	2.052		35.11	6.712
A-16	0.302	1.34	1.701		21.13	1.644
A-17	0.396	1.34	1.224		26.11	6.166
A-18	0.459	1.34	0.972		23.24	4.638
A-19	0.188	1.34	0.882		14.83	2.039
A-20	0.308	1.34	1.710		26.97	4.922
A-21	0.239	1.34	1.116		19.08	3.258
				$\Sigma$	<b>636.86</b>	<b>87.384</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

$$q = \frac{658.71}{591.90} = 1.11, \text{ esta dentro del rango por lo tanto cumple.}$$

### 3.7. Análisis de datos.

En esta parte, se realizaron tablas, cuadros estadísticos y gráficos que permitieron establecer parámetro de comparación. Se compraron factores como: momento flector en vigas,

fuerza cortante, fuerza axial y torsión. En columnas momento flector y axial; peso dinámico, desplazamiento máximo, cortante basal de diseño y distribución de fuerza sísmica para ambos sistemas. Con losa convencional y con bloques de tecnopor.

### **3.8. Limitaciones de la investigación.**

Según el RNE existen cuatro tipos de sistemas estructurales; sistema aporticado, sistema dual, muros de ductilidad limitada y muros estructurales de los cuales la siguiente investigación analiza solo el sistema aporticado. El análisis estructural sólo analiza del nivel cero hacia arriba más no la cimentación o el efecto que pudiera tener la estructura con el suelo. La siguiente investigación no abarca el análisis estructural de las losas sólo de vigas y columnas, debido a la complejidad que podría resultar, para ello se tomará el criterio de masas concentradas y losa infinitamente rígida.

## IV. RESULTADOS.

### 4.1. Resultados de la investigación.

Seguidamente se procede con el análisis de los indicadores de la investigación para ambos sistemas, con losa convencional y con bloques de tecnopor en la cual se hallará la fuerza máxima para cada elemento estructural.

**Tabla 17**

*Datos técnicos.*

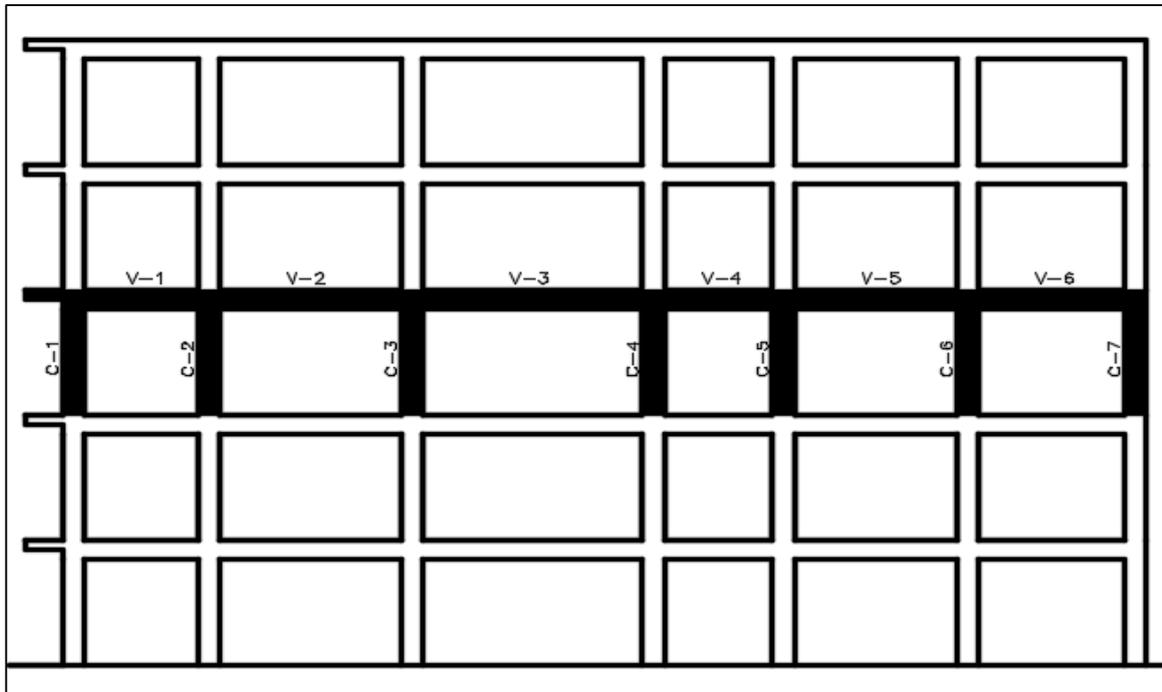
<b>Datos técnicos y peso</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Base inferior	B1	25	cm
Base superior	B2	25	cm
Peralte de viga	H	40	cm
Peralte de losa	H	20	cm
Resistencia del concreto	Fc	210	Kg /cm <sup>2</sup>
Peso del ladrillo	Kg	300	Kg /cm <sup>2</sup>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

Para el análisis de las fuerzas internas de los elementos estructurales se eligió el pórtico del eje 2 y piso 3 ya que el eje representa las áreas tributarias críticas en planta, y en elevación los pisos son típicos.

**Figura 30**

*Pórtico Eje 2 y piso 3.*



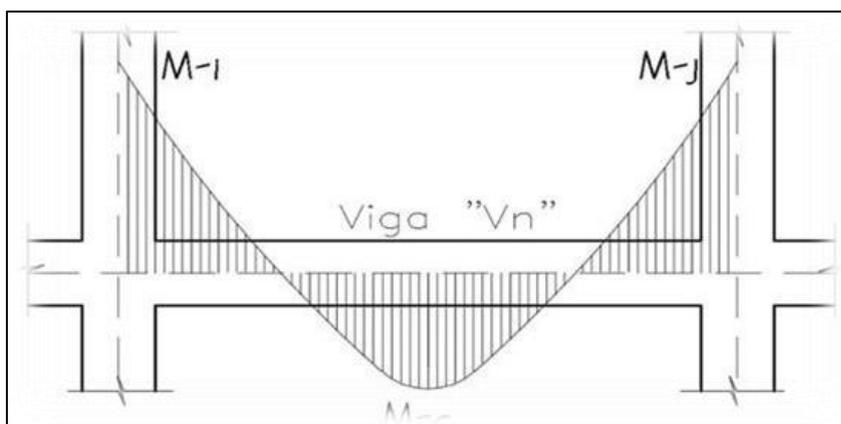
*Fuente: Elaboración propia (2019).*

#### **4.1.1. Fuerzas internas de los elementos estructurales.**

**4.1.1.1. Momento flector en vigas.** Se realizará el análisis comparativo de Momento flector en vigas producto de la envolvente, para ambas losas; Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor.

**Figura 31**

*Diagrama de Momento flector*



*Fuente: Elaboración propia (2019).*

**Primer análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3 con losa convencional..

**Tabla 18**

*Resultados de momento flector en vigas con losa convencional.*

MOMENTOS (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
M-i	-5855.50	-6210.70	-6714.50	-4724.10	-6204.60	-4744.10
M-c	1300.00	2150.80	2595.20	16.20	1831.40	1744.70
M-j	-4428.20	-5933.50	-6837.50	-4616.20	-5537.80	-6309.20

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Segundo análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa con bloques de tecnopor.

**Tabla 19**

*Resultados de momento flector en vigas con losa con tecnopor*

MOMENTOS (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
M-i	-5746.90	-6022.00	-6414.50	-4591.30	-6038.40	-4562.10
M-c	1249.50	2048.80	2411.50	15.60	1729.90	1652.60
M-j	-4295.50	-5696.00	-6568.70	-4531.40	-5342.90	-6161.40

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 20**

*Análisis comparativo de momentos en vigas.*

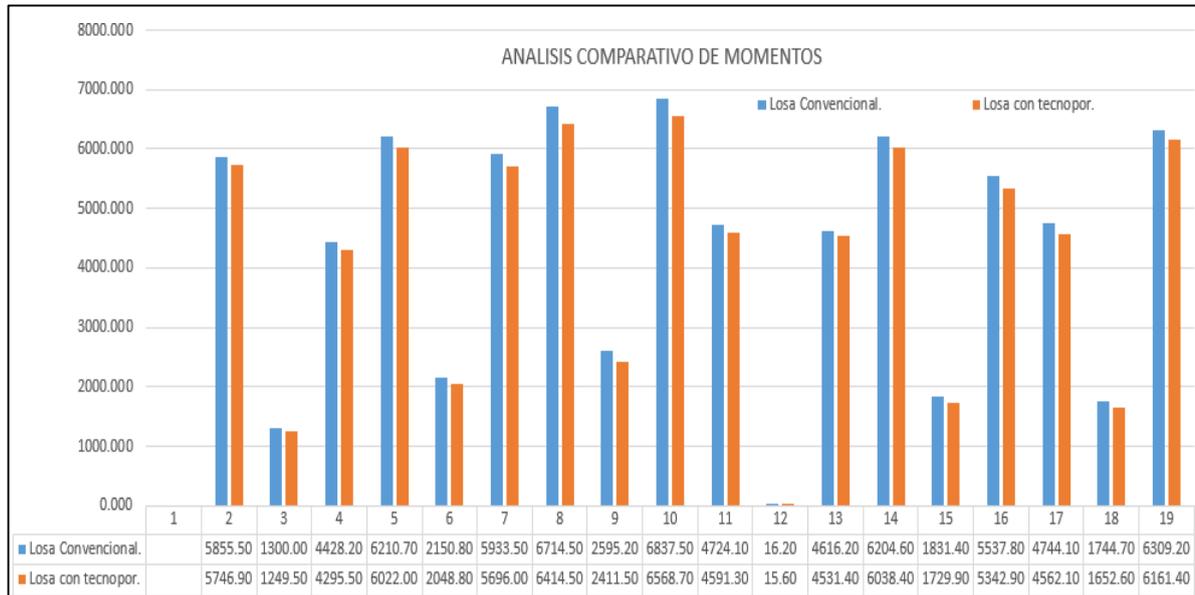
Vigas	Momentos (Kgf-m)	Losa Convencional.	Losa con tecnopor.	$\Delta$ Momento	$\Delta$ %
VIGA 1	M-i	5855.50	5746.90	108.60	98.15%

	<b>M-c</b>	1300.00	1249.50	50.50	96.12%
	<b>M-j</b>	4428.20	4295.50	132.70	97.00%
VIGA 2	<b>M-i</b>	6210.70	6022.00	188.70	96.96%
	<b>M-c</b>	2150.80	2048.80	102.00	95.26%
	<b>M-j</b>	5933.50	5696.00	237.50	96.00%
VIGA 3	<b>M-i</b>	6714.50	6414.50	300.00	95.53%
	<b>M-c</b>	2595.20	2411.50	183.70	92.92%
	<b>M-j</b>	6837.50	6568.70	268.80	96.07%
VIGA 4	<b>M-i</b>	4724.10	4591.30	132.80	97.19%
	<b>M-c</b>	16.20	15.60	0.60	96.30%
	<b>M-j</b>	4616.20	4531.40	84.80	98.16%
VIGA 5	<b>M-i</b>	6204.60	6038.40	166.20	97.32%
	<b>M-c</b>	1831.40	1729.90	101.50	94.46%
	<b>M-j</b>	5537.80	5342.90	194.90	96.48%
VIGA 6	<b>M-i</b>	4744.10	4562.10	182.00	96.16%
	<b>M-c</b>	1744.70	1652.60	92.10	94.72%
	<b>M-j</b>	6309.20	6161.40	147.80	97.66%
					<b>96.25%</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 32**

*Cuadro estadístico de momentos en vigas.*

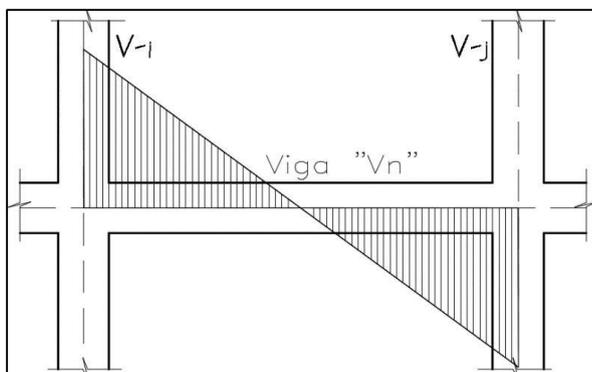


*Nota.* En la **Figura N°32**. Nos permite observar y entender que las fuerzas de momento en las vigas, producto de la envolvente en losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 96.25% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.2. Fuerza cortante en vigas.** Se realizará el análisis comparativo de Fuerza cortante en vigas producto de la envolvente, para ambos sistemas; Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor.

**Figura 33**

*Diagrama de Fuerza cortante en vigas*



*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Primer análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3 con losa convencional.

**Tabla 21**

*Resultados de la fuerza cortante en vigas con losa convencional.*

CORTANTE (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
V-i	-7126.00	-6381.10	-7283.20	-5134.70	-7009.90	-6494.20
V-j	6365.20	6921.10	7506.70	5151.20	6810.20	6352.00

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa con tecnopor.

**Tabla 22**

*Resultados de la fuerza cortante en vigas con losa con tecnopor.*

CORTANTE (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
V-i	-6839.20	-6086.50	-6842.80	-4987.40	-6689.70	-6144.40
V-j	6078.30	6536.10	7069.80	5050.70	6448.00	6104.10

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 23**

*Análisis comparativo de fuerza cortante en vigas.*

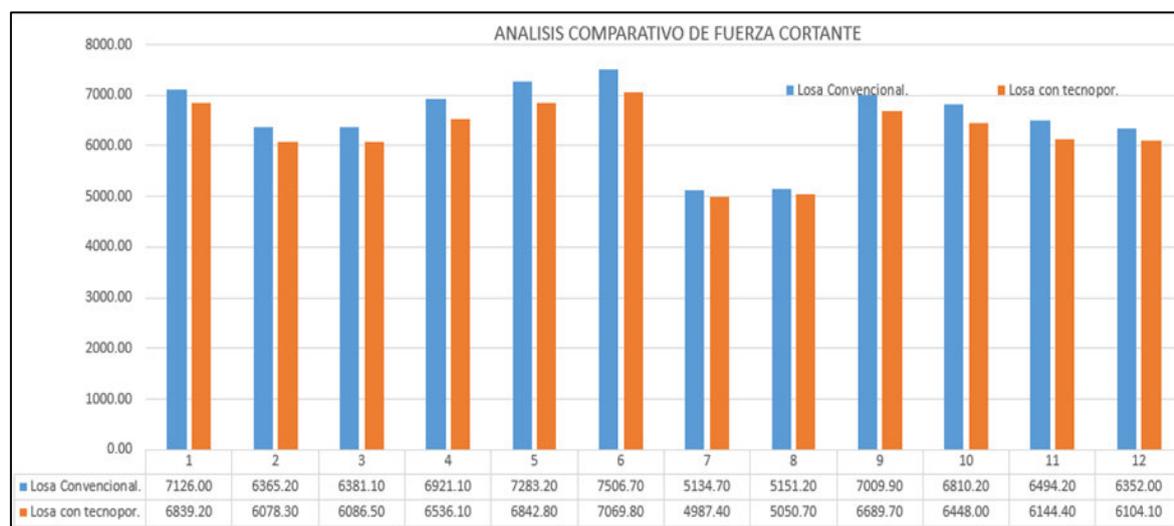
Vigas	Cortante	Losa	Losa con	$\Delta$ Cortante	$\Delta$ %
	(Kgf)	Convencional.	tecnopor.		
VIGA 1	V-i	7126.00	6839.20	286.80	95.98%
	V-j	6365.20	6078.30	286.90	95.49%
VIGA 2	V-i	6381.10	6086.50	294.60	95.38%
	V-j	6921.10	6536.10	385.00	94.44%

VIGA 3	V-i	7283.20	6842.80	440.40	93.95%
	V-j	7506.70	7069.80	436.90	94.18%
VIGA 4	V-i	5134.70	4987.40	147.30	97.13%
	V-j	5151.20	5050.70	100.50	98.05%
VIGA 5	V-i	7009.90	6689.70	320.20	95.43%
	V-j	6810.20	6448.00	362.20	94.68%
VIGA 6	V-i	6494.20	6144.40	349.80	94.61%
	V-j	6352.00	6104.10	247.90	96.10%
					<b>95.45%</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

### Figura 34

Cuadro estadístico de fuerza cortante en vigas.

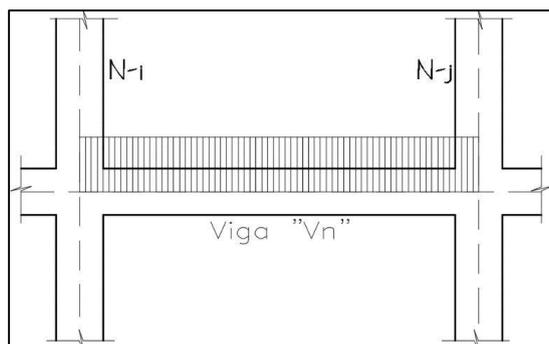


Nota. En el **Figura N°34**. Nos permite observar y entender que las fuerzas cortantes en las vigas, producto de la envolvente con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 95.45% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.3. Fuerza axial en vigas.** Se realizará el análisis comparativo de la Fuerza axial en vigas, producto de la envolvente para ambas losas; Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor.

**Figura 35**

*Diagrama de Fuerza Axial en vigas*



*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Primer análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa convencional.

**Tabla 24**

*Resultados de la fuerza axial en vigas con losa convencional.*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
N-i	-	-	12.10	-	12.40	-
N-j	-	-	6.60	-	8.40	-

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa con tecnopor.

**Tabla 25**

*Resultados de la fuerza axial en vigas con losa con tecnopor*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6

<b>N-i</b>	-	-	10.80	-	11.10	-
<b>N-j</b>	-	-	6.00	-	7.60	-

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 26**

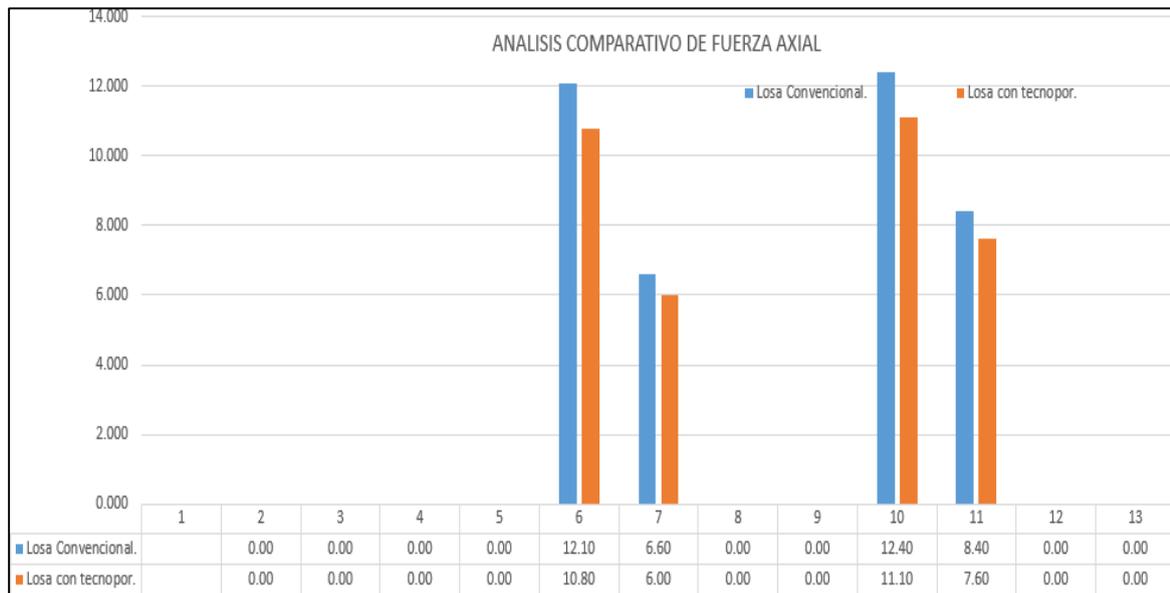
*Análisis comparativo de la fuerza axial en vigas producto de la envolvente.*

<b>Vigas</b>	<b>Axial (Kgf)</b>	<b>Losa Convencional.</b>	<b>Losa con tecnopor.</b>	<b>Δ Cortante</b>	<b>Δ %</b>
<b>VIGA 1</b>	N-i	-	-	-	-
	N-j	-	-	-	-
<b>VIGA 2</b>	N-i	-	-	-	-
	N-j	-	-	-	-
<b>VIGA 3</b>	N-i	12.10	10.80	1.30	89.26%
	N-j	6.60	6.00	0.60	90.91%
<b>VIGA 4</b>	N-i	-	-	-	-
	N-j	-	-	-	-
<b>VIGA 5</b>	N-i	12.40	11.10	1.30	89.52%
	N-j	8.40	7.60	0.80	90.48%
<b>VIGA 6</b>	N-i	-	-	-	-
	N-j	-	-	-	-
					<b>90.04%</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 36**

*Cuadro estadístico de fuerza axial.*

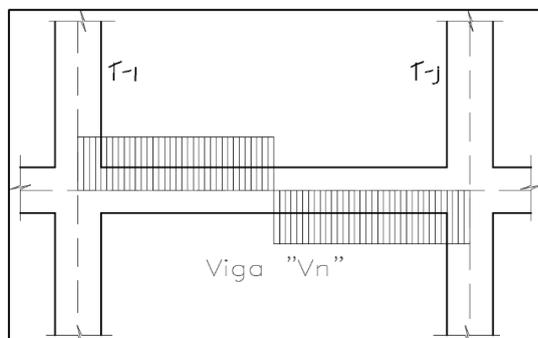


*Nota.* En la **Figura N°36**. Nos permite observar y entender que la fuerza axial en las vigas producto de la envolvente con losa aligerada con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 90.04% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.4. Torsión en vigas.** Se realizará el análisis comparativo de la Torsión en vigas producto de la envolvente, para ambas losas; Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor.

**Figura 37**

*Diagrama de Torsión en vigas.*



*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Primer análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3 con losa convencional.

**Tabla 27**

*Resultados de la torsión en vigas con losa convencional.*

TORSION (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
T-i	59.00	2263.00	268.80	11.80	459.40	337.10
T-j	59.00	-1265.30	-268.80	-11.80	459.40	-744.70

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa con tecnopor.

**Tabla 28**

*Resultados de la torsión en vigas con losa con tecnopor.*

TORSION (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL					
	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3	VIGA 4	VIGA 5	VIGA 6
T-i	57.90	2233.60	266.30	11.90	453.30	323.90
T-j	57.90	-1248.80	-284.00	6.70	-451.30	-725.30

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 29**

*Análisis comparativo de torsión en vigas producto de la envolvente.*

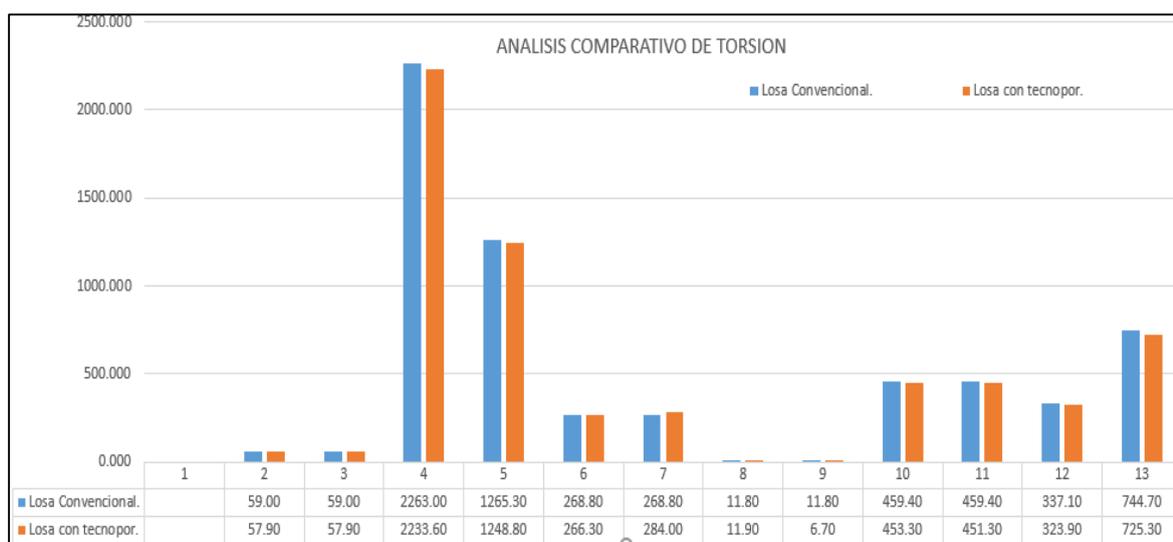
Vigas	Torsion (Kg-f)	Losa Convencional.	Losa con tecnopor.	$\Delta$ Torsion	$\Delta$ %
<b>VIGA 1</b>	N-i	59.00	57.90	1.10	98.14%
	N-j	59.00	57.90	1.10	98.14%
<b>VIGA 2</b>	N-i	2263.00	2233.60	29.40	98.70%
	N-j	1265.30	1248.80	16.50	98.70%

<b>VIGA 3</b>	N-i	268.80	266.30	2.50	99.07%
	N-j	268.80	284.00	-15.20	105.65%
<b>VIGA 4</b>	N-i	11.80	11.90	-0.10	100.85%
	N-j	11.80	6.70	5.10	56.78%
<b>VIGA 5</b>	N-i	459.40	453.30	6.10	98.67%
	N-j	459.40	451.30	8.10	98.24%
<b>VIGA 6</b>	N-i	337.10	323.90	13.20	96.08%
	N-j	744.70	725.30	19.40	97.39%
					<b>95.53%</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

### Figura 38

Cuadro estadístico de torsión.

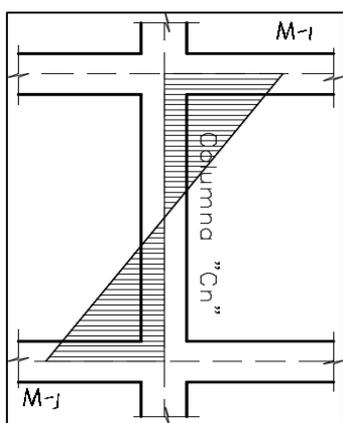


Nota. En la **Figura N°38**. Nos permite observar y entender que las fuerzas de torsión en las vigas con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 95.53% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.5. Momento flector en columnas.** Se realizará el análisis comparativo del momento flector en columnas, para ambas losas; Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor para las cuatro cargas; carga muerta (CM), Carga viva (CV) y sismo en las dos direcciones (SX y SY).

**Figura 39**

*Diagrama de Momento en columnas.*



*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Primer análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa convencional.

**Tabla 30**

*Resultados del momento flector en columnas para Carga Muerta*

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
M-i	-90.80	-510.00	-367.70	934.00	-546.30	111.20	569.40
M-j	79.20	486.30	317.00	-853.40	481.00	-108.20	-554.20

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 31**

*Resultados del momento flector en columnas para Carga Viva*

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7

<b>M-i</b>	-86.00	-495.20	-352.50	898.80	-522.30	110.50	550.8
<b>M-j</b>	75.90	465.80	300.70	-778.40	433.10	-104.00	-514.5

Fuente: Elaboración propia (2019).

**Tabla 32**

Resultados del momento flector en columnas por sismo (SX).

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
<b>M-i</b>	182.50	-793.20	734.00	213.90	-351.40	-234.50	-159.90
<b>M-j</b>	-120.60	616.10	-612.30	-211.70	327.20	-229.50	136.50

Fuente: Elaboración propia (2019).

**Tabla 33**

Resultados del momento flector en columnas por sismo (SY).

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
<b>M-i</b>	2018.50	3943.20	3666.40	4053.70	4451.60	4056.00	1935.60
<b>M-j</b>	-2141.50	-3848.30	-3645.40	-3926.30	-4260.70	-3972.00	-2089.50

Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3, Losa aligerada con tecnopor.

**Tabla 34**

Resultados del momento flector en columnas por Carga Muerta.

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
<b>M-i</b>	-86.00	-495.20	-352.50	898.80	-522.30	110.50	550.8
<b>M-j</b>	75.90	465.80	300.70	-778.40	433.10	-104.00	-514.5

Fuente: Elaboración propia (2019).

**Tabla 35***Resultados del momento flector en columnas para Carga Viva.*

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
M-i	-40.00	-156.30	-102.30	317.10	-198.10	22.50	193.40
M-j	41.70	134.50	97.00	-301.50	183.90	-24.00	-187.80

*Fuente: Elaboración propia (2019).***Tabla 36***Resultados del momento flector en columnas por sismo (SX).*

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
M-i	170.50	-739.00	686.90	201.80	-326.70	-217.80	-149.20
M-j	-113.30	573.60	-573.20	-199.80	304.10	213.10	127.10

*Fuente: Elaboración propia (2019).***Tabla 37***Resultados del momento flector en columnas por sismo (SY).*

MOMENTO (Kgf-m)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
M-i	1887.40	3687.00	3428.30	3790.30	4162.50	3792.50	1809.80
M-j	-2003.20	-3539.00	-3409.30	-3672.00	-3984.70	-3714.80	-1954.20

*Fuente: Elaboración propia (2019).***Tabla 38***Análisis comparativo de Momento para Carga Muerta*

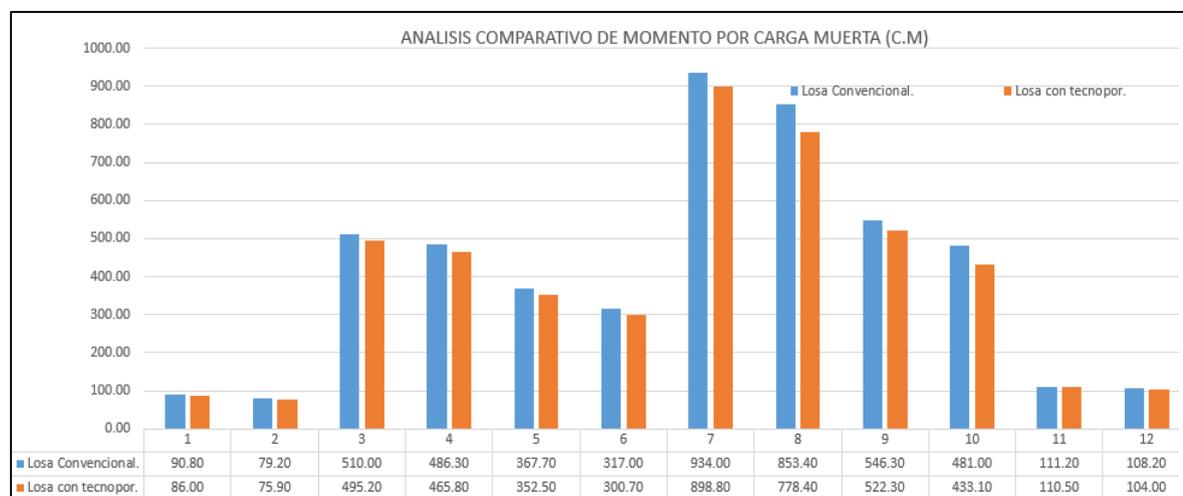
Columnas	Cortante	Losa	Losa con	$\Delta$ Cortante	$\Delta$ %
	(Kgf)	Convencional.	tecnopor.		

<b>Colum. 1</b>	<b>M-i</b>	90.80	86.00	4.80	94.71%
	<b>M-j</b>	79.20	75.90	3.30	95.83%
<b>Colum. 2</b>	<b>M-i</b>	510.00	495.20	14.80	97.10%
	<b>M-j</b>	486.30	465.80	20.50	95.78%
<b>Colum. 3</b>	<b>M-i</b>	367.70	352.50	15.20	95.87%
	<b>M-j</b>	317.00	300.70	16.30	94.86%
<b>Colum. 4</b>	<b>M-i</b>	934.00	898.80	35.20	96.23%
	<b>M-j</b>	853.40	778.40	75.00	91.21%
<b>Colum. 5</b>	<b>M-i</b>	546.30	522.30	24.00	95.61%
	<b>M-j</b>	481.00	433.10	47.90	90.04%
<b>Colum. 6</b>	<b>M-i</b>	111.20	110.50	0.70	99.37%
	<b>M-j</b>	108.20	104.00	4.20	96.12%
<b>Colum. 7</b>	<b>M-i</b>	569.40	550.80	18.60	96.73%
	<b>M-j</b>	554.20	514.50	39.70	92.84%
					<b>95.23%</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

## Figura 40

Cuadro estadístico de Momentos (CM).



*Nota.* En la **Figura N°40**. Nos permite observar y entender que las fuerzas de momentos en las columnas con losa aligerada con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 95.23% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 39**

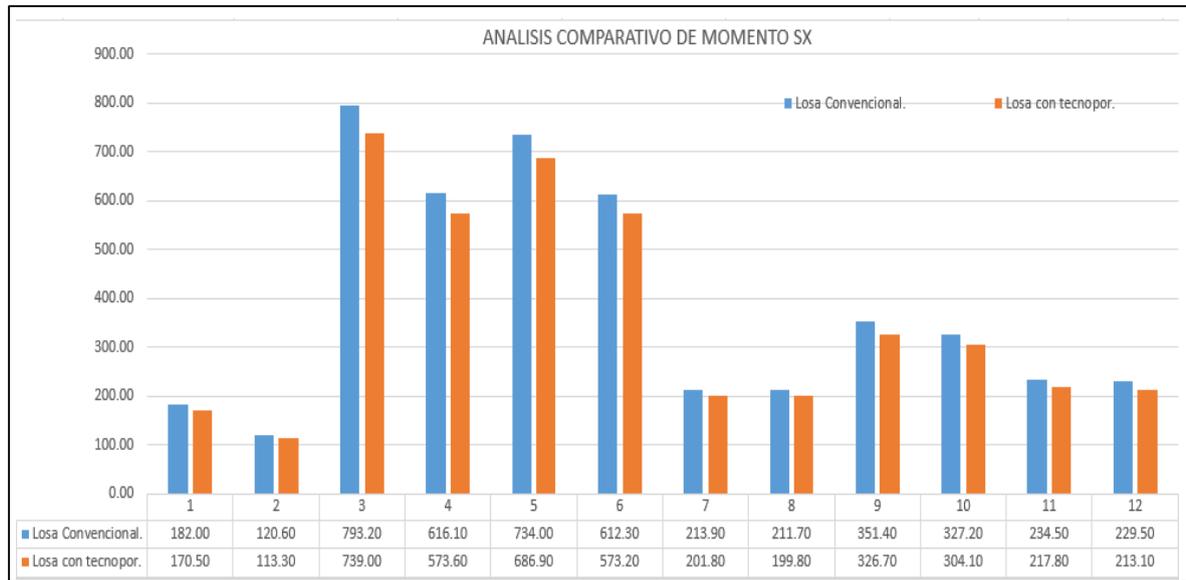
*Análisis comparativo de Momento por sismo (SX).*

<b>Columnas</b>	<b>Cortante (Kgf)</b>	<b>Losa Convencional.</b>	<b>Losa con tecnopor.</b>	<b>Δ Cortante</b>	<b>Δ %</b>
<b>Colum. 1</b>	<b>M-i</b>	182.00	170.50	11.50	93.68%
	<b>M-j</b>	120.60	113.30	7.30	93.95%
<b>Colum. 2</b>	<b>M-i</b>	793.20	739.00	54.20	93.17%
	<b>M-j</b>	616.10	573.60	42.50	93.10%
<b>Colum. 3</b>	<b>M-i</b>	734.00	686.90	47.10	93.58%
	<b>M-j</b>	612.30	573.20	39.10	93.61%
<b>Colum. 4</b>	<b>M-i</b>	213.90	201.80	12.10	94.34%
	<b>M-j</b>	211.70	199.80	11.90	94.38%
<b>Colum. 5</b>	<b>M-i</b>	351.40	326.70	24.70	92.97%
	<b>M-j</b>	327.20	304.10	23.10	92.94%
<b>Colum. 6</b>	<b>M-i</b>	234.50	217.80	16.70	92.88%
	<b>M-j</b>	229.50	213.10	16.40	92.85%
<b>Colum. 7</b>	<b>M-i</b>	159.90	149.20	10.70	93.31%
	<b>M-j</b>	136.50	127.10	9.40	93.11%
					93.42%

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 41**

*Cuadro estadístico de Momentos (SX).*



*Nota.* En la **Figura N°41**. Nos permite observar y entender que las fuerzas de momentos en las columnas por sismo (SX) con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 93.42% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 40**

*Análisis comparativo de Momento por sismo (SY).*

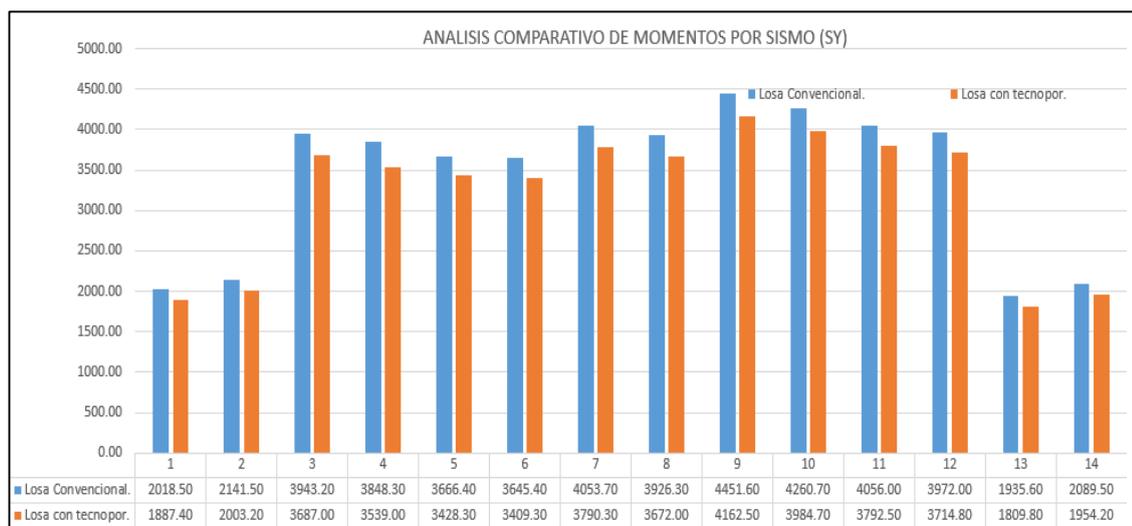
Columnas	Cortante (Kgf)	Losa		$\Delta$ Cortante	$\Delta$ %
		Convencional.	con tecnopor.		
<b>Colum. 1</b>	<b>M-i</b>	2018.50	1887.40	131.10	93.51%
	<b>M-j</b>	2141.50	2003.20	138.30	93.54%
<b>Colum. 2</b>	<b>M-i</b>	3943.20	3687.00	256.20	93.50%
	<b>M-j</b>	3848.30	3539.00	309.30	91.96%
<b>Colum. 3</b>	<b>M-i</b>	3666.40	3428.30	238.10	93.51%
	<b>M-j</b>	3645.40	3409.30	236.10	93.52%
<b>Colum. 4</b>	<b>M-i</b>	4053.70	3790.30	263.40	93.50%

	<b>M-j</b>	3926.30	3672.00	254.30	93.52%
<b>Colum. 5</b>	<b>M-i</b>	4451.60	4162.50	289.10	93.51%
	<b>M-j</b>	4260.70	3984.70	276.00	93.52%
<b>Colum. 6</b>	<b>M-i</b>	4056.00	3792.50	263.50	93.50%
	<b>M-j</b>	3972.00	3714.80	257.20	93.52%
<b>Colum. 7</b>	<b>M-i</b>	1935.60	1809.80	125.80	93.50%
	<b>M-j</b>	2089.50	1954.20	135.30	93.52%
					<b>93.39%</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

## Figura 42

*Cuadro estadístico de Momentos por sismo (SY).*

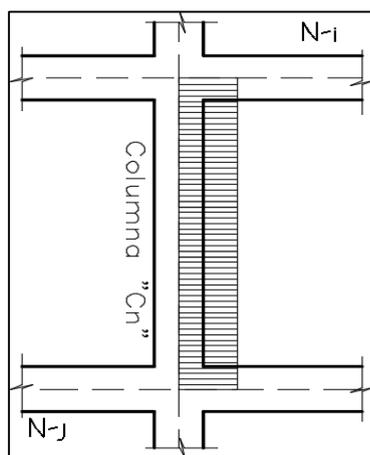


*Nota.* En la **Figura N°42**. Nos permite observar y entender que las fuerzas de momentos en las columnas por sismo con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 93.39% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.6. Fuerza axial en columnas.** Se realizará el análisis comparativo de la fuerza axial en columnas, para ambas losas; Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor, para las cuatro cargas; carga muerta (CM), Carga viva (CV) y sismo en las dos direcciones (SX y SY).

**Figura 43**

*Diagrama de Fuerza axial en columnas.*



Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Primer análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3 para losa convencional.

**Tabla 41**

*Resultados de la fuerza axial en columnas para carga muerta (CM).*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
N-i	-14436.50	-17331.40	-22985.90	-17802.60	-15867.50	-18838.20	-11134.00
N-j	-13908.50	-16803.40	-22457.90	-17274.60	-15339.50	-18310.20	-10606.00

Fuente: Elaboración propia (2019).

**Tabla 42**

*Resultados de la fuerza axial en columnas para carga viva (CV)*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7

<b>N-i</b>	-3727.70	-4673.50	-6601.90	-4396.60	-3712.60	-5249.70	-2623.80
<b>N-j</b>	-3727.70	-4673.50	-6601.90	-4396.60	-3712.60	-5249.70	-2623.80

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 43**

*Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SX).*

<b>AXIAL</b>	<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>						
<b>(Kgf)</b>	<b>COL. 1</b>	<b>COL. 2</b>	<b>COL. 3</b>	<b>COL. 4</b>	<b>COL. 5</b>	<b>COL. 6</b>	<b>COL. 7</b>
<b>N-i</b>	-4105.70	-6608.70	-4511.60	6240.60	5783.70	-2525.40	-3944.50
<b>N-j</b>	-4105.70	-6608.70	-4511.60	6240.60	5783.70	-2525.40	-3944.50

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 44**

*Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SY).*

<b>AXIAL</b>	<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>						
<b>(Kgf)</b>	<b>COL. 1</b>	<b>COL. 2</b>	<b>COL. 3</b>	<b>COL. 4</b>	<b>COL. 5</b>	<b>COL. 6</b>	<b>COL. 7</b>
<b>N-i</b>	5579.80	-1804.20	-1230.60	3513.10	-1611.50	-365.00	-4709.70
<b>N-j</b>	5579.80	-1804.20	-1230.60	3513.10	-1611.50	-365.00	-4709.70

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Pórtico Eje 2 y piso 3 con Losa aligerada con tecnopor.

**Tabla 45**

*Resultados de la fuerza axial en columnas para carga muerta (CM).*

<b>AXIAL</b>	<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>						
<b>(Kgf)</b>	<b>COL. 1</b>	<b>COL. 2</b>	<b>COL. 3</b>	<b>COL. 4</b>	<b>COL. 5</b>	<b>COL. 6</b>	<b>COL. 7</b>
<b>N-i</b>	-13342.20	-15959.40	-21048.10	-16520.50	-14787.90	-17298.10	-10363.70
<b>N-j</b>	-12814.20	-15431.40	-20520.10	-15992.50	-14259.90	-16770.10	-9835.70

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 46***Resultados de la fuerza axial en columnas para carga viva (CV).*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
N-i	-3727.70	-4673.50	-6601.90	-4396.60	-3712.60	-5249.70	-2623.80
N-j	-3727.70	-4673.50	-6601.90	-4396.60	-3712.60	-5249.70	-2623.80

*Fuente:* Elaboración propia (2019).**Tabla 47***Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SX).*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
N-i	-3823.60	-6163.50	-4208.90	5831.60	5404.40	-2362.70	-3694.20
N-j	-3823.60	-6163.50	-4208.90	5831.60	5404.40	-2362.70	-3694.20

*Fuente:* Elaboración propia (2019).**Tabla 48***Resultados de la fuerza axial en columnas por sismo (SY).*

AXIAL (Kgf)	ELEMENTO ESTRUCTURAL						
	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7
N-i	5211.00	-1685.70	-1150.30	3281.00	-1504.60	-341.30	-4398.90
N-j	5211.00	-1685.70	-1150.30	3281.00	-1504.60	-341.30	-4398.90

*Fuente:* Elaboración propia (2019).**Tabla 49***Análisis comparativo de Fuerza axial por carga muerta. (CM).*

Columnas	Axial (Kgf)	Losa Convencional.	Losa con tecnopor.	$\Delta$ Axial	$\Delta$ %
----------	----------------	-----------------------	-----------------------	----------------	------------

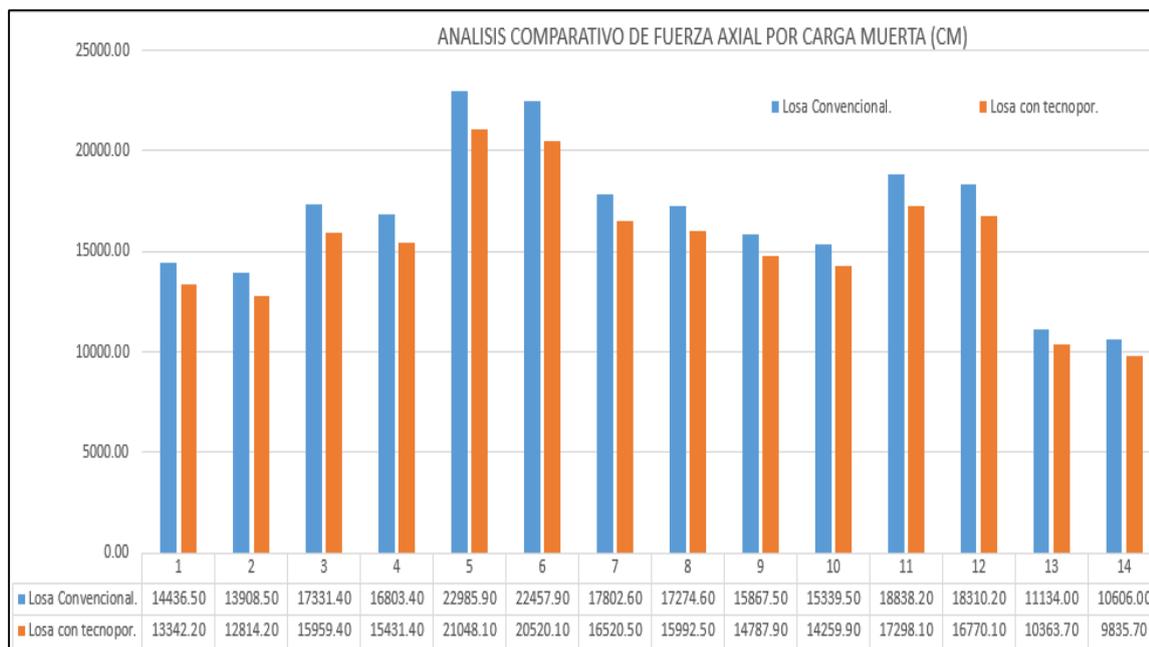
<b>Colum. 1</b>	<b>N-i</b>	14436.50	13342.20	1094.30	92.42%
	<b>N-j</b>	13908.50	12814.20	1094.30	92.13%
<b>Colum. 2</b>	<b>N-i</b>	17331.40	15959.40	1372.00	92.08%
	<b>N-j</b>	16803.40	15431.40	1372.00	91.83%
<b>Colum. 3</b>	<b>N-i</b>	22985.90	21048.10	1937.80	91.57%
	<b>N-j</b>	22457.90	20520.10	1937.80	91.37%
<b>Colum. 4</b>	<b>N-i</b>	17802.60	16520.50	1282.10	92.80%
	<b>N-j</b>	17274.60	15992.50	1282.10	92.58%
<b>Colum. 5</b>	<b>N-i</b>	15867.50	14787.90	1079.60	93.20%
	<b>N-j</b>	15339.50	14259.90	1079.60	92.96%
<b>Colum. 6</b>	<b>N-i</b>	18838.20	17298.10	1540.10	91.82%
	<b>N-j</b>	18310.20	16770.10	1540.10	91.59%
<b>Colum. 7</b>	<b>N-i</b>	11134.00	10363.70	770.30	93.08%
	<b>N-j</b>	10606.00	9835.70	770.30	92.74%
					<b>92.20%</b>

---

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 44**

*Cuadro estadístico de Fuerza axial por carga muerta (CM).*



*Nota.* En la **Figura N°44**. Nos permite observar y entender que la fuerza axial en las columnas con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 92.20% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 50**

*Análisis comparativo de Fuerza axial por Sismo. (SX).*

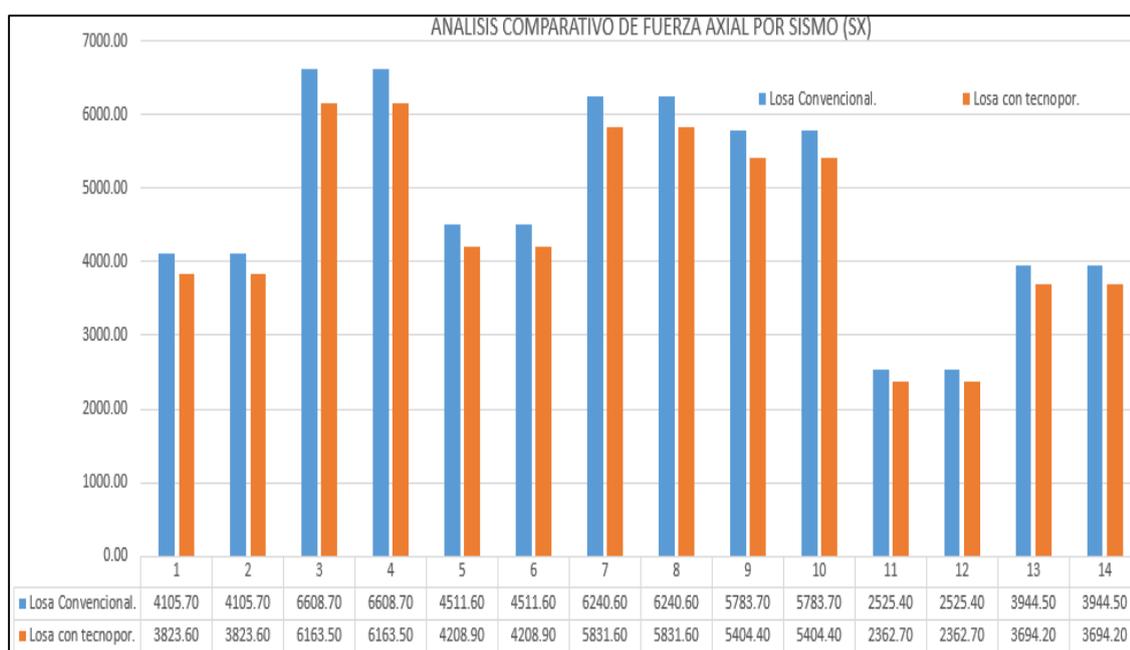
Columnas	Axial (Kgf)	Losa Convencional.	Losa con tecnopor.	Δ Axial	Δ %
<b>Colum. 1</b>	<b>N-i</b>	4105.70	3823.60	282.10	93.13%
	<b>N-j</b>	4105.70	3823.60	282.10	93.13%
<b>Colum. 2</b>	<b>N-i</b>	6608.70	6163.50	445.20	93.26%
	<b>N-j</b>	6608.70	6163.50	445.20	93.26%
<b>Colum. 3</b>	<b>N-i</b>	4511.60	4208.90	302.70	93.29%
	<b>N-j</b>	4511.60	4208.90	302.70	93.29%

<b>Colum. 4</b>	<b>N-i</b>	6240.60	5831.60	409.00	93.45%
	<b>N-j</b>	6240.60	5831.60	409.00	93.45%
<b>Colum. 5</b>	<b>N-i</b>	5783.70	5404.40	379.30	93.44%
	<b>N-j</b>	5783.70	5404.40	379.30	93.44%
<b>Colum. 6</b>	<b>N-i</b>	2525.40	2362.70	162.70	93.56%
	<b>N-j</b>	2525.40	2362.70	162.70	93.56%
<b>Colum. 7</b>	<b>N-i</b>	3944.50	3694.20	250.30	93.65%
	<b>N-j</b>	3944.50	3694.20	250.30	93.65%
					<b>93.35%</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

#### Figura 45

Cuadro estadístico de Fuerza axial por sismo (SX).



Nota. En la **Figura N°45**. Se observa que la fuerza axial en las columnas con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 93.35% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

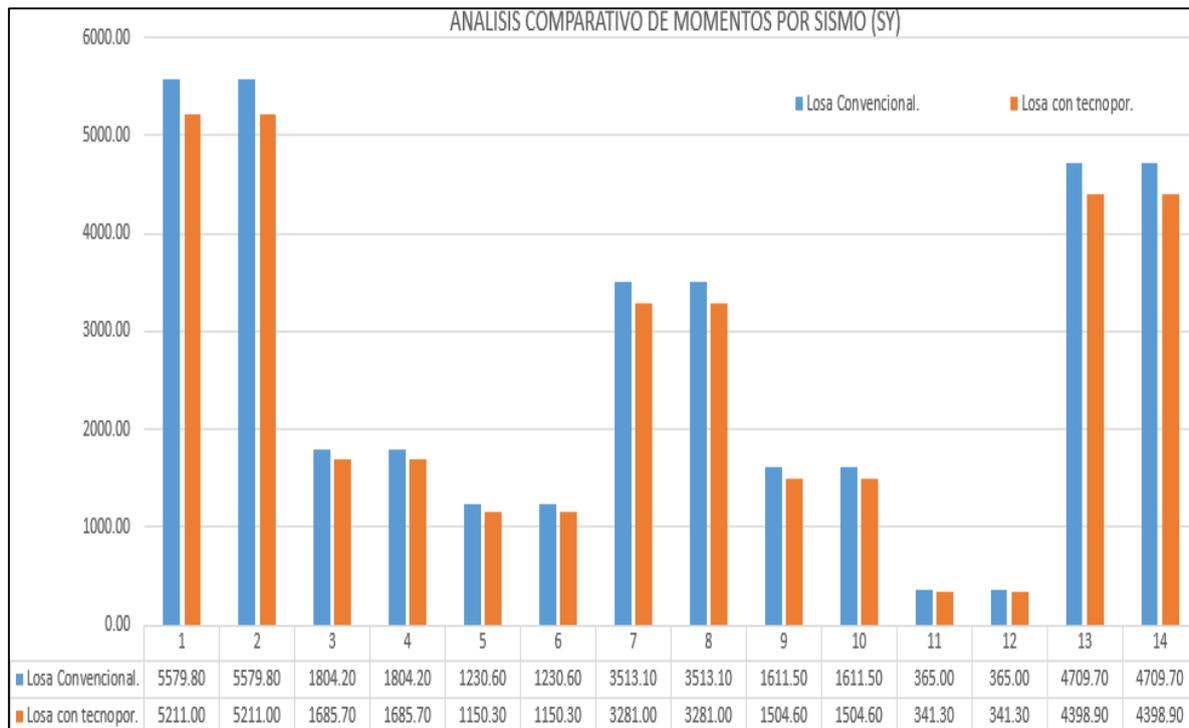
**Tabla 51***Análisis comparativo de Fuerza axial por Sismo. (SY).*

<b>Columnas</b>	<b>Axial (Kgf)</b>	<b>Losa</b>	<b>Losa con</b>	<b>Δ Axial</b>	<b>Δ %</b>
		<b>Convencion</b>	<b>tecnopor.</b>		
		<b>al.</b>			
<b>Colum. 1</b>	<b>N-i</b>	5579.80	5211.00	368.80	93.39%
	<b>N-j</b>	5579.80	5211.00	368.80	93.39%
<b>Colum. 2</b>	<b>N-i</b>	1804.20	1685.70	118.50	93.43%
	<b>N-j</b>	1804.20	1685.70	118.50	93.43%
<b>Colum. 3</b>	<b>N-i</b>	1230.60	1150.30	80.30	93.47%
	<b>N-j</b>	1230.60	1150.30	80.30	93.47%
<b>Colum. 4</b>	<b>N-i</b>	3513.10	3281.00	232.10	93.39%
	<b>N-j</b>	3513.10	3281.00	232.10	93.39%
<b>Colum. 5</b>	<b>N-i</b>	1611.50	1504.60	106.90	93.37%
	<b>N-j</b>	1611.50	1504.60	106.90	93.37%
<b>Colum. 6</b>	<b>N-i</b>	365.00	341.30	23.70	93.51%
	<b>N-j</b>	365.00	341.30	23.70	93.51%
<b>Colum. 7</b>	<b>N-i</b>	4709.70	4398.90	310.80	93.40%
	<b>N-j</b>	4709.70	4398.90	310.80	93.40%
					<b>93.43%</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 46**

*Cuadro estadístico de Fuerza axial por sismo (SY).*



*Nota.* En la **Figura N°46**. Nos permite observar y entender que la fuerza axial en las columnas con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 93.43% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. *Parámetros dinámicos.*

**4.1.2.1. Peso dinámico.** Se realizará el análisis comparativo del peso dinámico de la carga en servicio para la Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor en la cual se considera el 100% de la carga permanente y el 25% de la sobrecarga como describe el Reglamento Nacional de Edificaciones.

- **Primer análisis:** Peso dinámico para Losa convencional.

Peso Vigas, columnas y escalera	2400	kg/m <sup>3</sup>
Peso de Losas H=0.20m - Ladrillo	300	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería	1800	kg/m <sup>3</sup>

Peso de acabados	100	Kg/m <sup>2</sup>
Sobre Carga	200	Kg/m <sup>2</sup>
Sobre Carga en Azotea	100	Kg/m <sup>2</sup>

**Tabla 52**

*Resultados de la carga en servicio para losa convencional.*

AREA TRIBUTARIA	VOLUMEN					CARGA MUERTA	CARGA VIVA
	VIGAS (m <sup>3</sup> )	COLUMNAS (m <sup>3</sup> )	LOSA (m <sup>2</sup> )	TABIQUERIA (m <sup>3</sup> )	ESCALERA (m <sup>3</sup> )	Tn-f	Por m <sup>2</sup> de area tributaria (Tn-f)
A-1	0.184	1.34	1.463	0.657		13.10	1.682
A-2	0.352	1.34	2.802	2.349		29.79	2.768
A-3	0.234	1.34	2.640	1.080		18.91	2.588
A-4	0.334	1.34	2.925	1.206		21.69	3.130
A-5	0.383	1.34	7.875	1.134		31.34	7.984
A-6	0.368	1.34	4.950	2.484		35.00	4.626
A-7	0.312	1.34	1.847	1.908		24.31	1.896
A-8	0.407	1.34	4.927	0.774	2.062	48.16	5.284
A-9	0.346	1.34	2.475	1.494	2.065	47.66	2.347
A-10	0.344	1.34	3.022	1.440		23.65	3.153
A-11	0.403	1.34	6.240	2.034	2.060	59.47	6.049
A-12	0.354	1.34	3.218	2.394	2.060	55.48	2.778
A-13	0.501	1.34	2.900	3.258		38.35	2.953
A-14	0.529	1.34	10.827	1.476		41.22	10.767
A-15	0.481	1.34	7.002	2.052		37.25	6.712
A-16	0.302	1.34	1.097	1.701		21.46	1.644
A-17	0.396	1.34	5.511	1.224		27.79	6.166
A-18	0.459	1.34	4.569	0.972		24.64	4.638
A-19	0.188	1.34	1.761	0.882		15.37	2.039
A-20	0.308	1.34	4.649	1.710		28.38	4.922

A-21	0.239	1.34	2.943	1.116	19.98	3.258
$\Sigma$					<b>662.97</b>	<b>87.384</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

$$q = \frac{684.82}{591.90} = 1.15, \text{ Esta dentro del rango por lo tanto cumple.}$$

- **Segundo análisis:** Peso dinámico para Losa con bloques de tecnopor.

Peso Vigas, columnas y escalera	2400	kg/m3
Peso de Losas H=0.20m - Tecnopor	239.024	Kg/m2
Peso de tabiquería	1800	kg/m3
Peso de acabados	100	Kg/m2
Sobre Carga	200	Kg/m2
Sobre Carga en Azotea	100	Kg/m2

**Tabla 53**

*Resultados de la carga en servicio para losa con tecnopor.*

AREA	VOLUMEN				CARGA	CARGA
	VIGAS	COLUMNAS	TABIQUERIA	ESCALERA	MUERTA	VIVA
TRIBUTARIA	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	Tn-f	Por m2 de area tributaria (Tn-f)
<b>A-1</b>	0.184	1.34	0.657		12.65	1.682
<b>A-2</b>	0.352	1.34	2.349		28.93	2.768
<b>A-3</b>	0.234	1.34	1.080		18.11	2.588
<b>A-4</b>	0.334	1.34	1.206		20.79	3.130
<b>A-5</b>	0.383	1.34	1.134		28.94	7.984
<b>A-6</b>	0.368	1.34	2.484		33.49	4.626
<b>A-7</b>	0.312	1.34	1.908		23.75	1.896
<b>A-8</b>	0.407	1.34	0.774	2.062	46.65	5.284

<b>A-9</b>	0.346	1.34	1.494		46.91	2.347
<b>A-10</b>	0.344	1.34	1.440		22.72	3.153
<b>A-11</b>	0.403	1.34	2.034		57.56	6.049
<b>A-12</b>	0.354	1.34	2.394		54.50	2.778
<b>A-13</b>	0.501	1.34	3.258		37.46	2.953
<b>A-14</b>	0.529	1.34	1.476	2.065	37.92	10.767
<b>A-15</b>	0.481	1.34	2.052	2.060	35.11	6.712
<b>A-16</b>	0.302	1.34	1.701	2.060	21.13	1.644
<b>A-17</b>	0.396	1.34	1.224		26.11	6.166
<b>A-18</b>	0.459	1.34	0.972		23.24	4.638
<b>A-19</b>	0.188	1.34	0.882		14.83	2.039
<b>A-20</b>	0.308	1.34	1.710		26.97	4.922
<b>A-21</b>	0.239	1.34	1.116		19.08	3.258
$\Sigma$					<b>636.86</b>	<b>87.384</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

$$q = \frac{658.71}{591.90} = 1.11, \text{ Esta dentro del rango por lo tanto cumple.}$$

**Tabla 54**

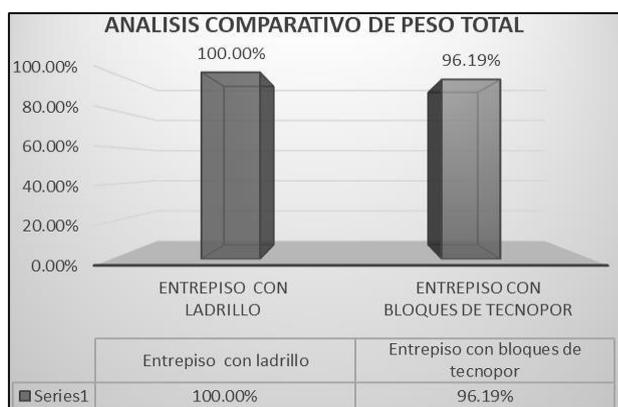
*Análisis comparativo del peso dinámico de la estructura*

<b>ANALISIS COMPARATIVO DE PESO TOTAL</b>		
<b>Edificio</b>	<b>Losa Convencional.</b>	<b>Losa con bloques de tecopor</b>
<b>Cortante Basal</b>	684.82	658.71
	$\Delta$ Peso	26.11
	100.00%	96.19%

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 47**

*Cuadro estadístico del peso dinámico total.*



En el **Figura N°47**. Nos permite observar y entender que el peso dinámico con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 96.19% del peso total.

#### **4.1.2.2. Distorsión.**

Se realizará el análisis comparativo de distorsiones para la edificación con Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor con el programa ETABS.

- **Primer análisis:** Desplazamientos para Losa convencional.

**Tabla 55**

*Desplazamiento absoluto en las dos direcciones.*

Story	UX (mm)	UY (mm)
Story 5	60.871	16.015
Story 4	54.647	14.424
Story 3	44.561	11.814
Story 2	31.215	8.431
Story 1	15.562	4.538
Base	0	0

*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.19.1

**Tabla 56***Límite de desplazamiento lateral.*

<b>LIMITE PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL ( <math>\Delta/hei \leq 0.007</math> )</b>							
# de Piso.	Altura (hei)	$\Delta$ Absoluto.	$\Delta$ Relativo.	Distorsion. ( $\Delta/hei$ )	$\Delta$ Absoluto.	$\Delta$ Relativo.	Distorsion. ( $\Delta/hei$ )
		UX (mm)	( $\Delta i$ )		UY (mm)		
5	2.60	60.87	6.22	0.002	16.02	1.59	0.001
4	2.60	54.65	10.09	0.004	14.42	2.61	0.001
3	2.60	44.56	13.35	0.005	11.81	3.67	0.001
2	2.60	31.22	15.65	0.006	8.14	3.60	0.001
1	2.90	15.56	15.56	0.005	4.54	4.54	0.002

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Desplazamientos para Losa con bloques de tecnopor.

**Tabla 57***Desplazamiento absoluto en las dos direcciones*

Story	UX (mm)	UY (mm)
Story 5	56.913	14.978
Story 4	51.105	13.493
Story 3	41.682	11.054
Story 2	29.205	7.89
Story 1	14.562	4.25
Base	0	0

*Fuente:* Elaboración propia mediante el programa Etabs V.19.1**Tabla 58***Límite de desplazamiento lateral.*

<b>LIMITE PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL ( <math>\Delta/hei \leq 0.007</math> )</b>							
# de	Altura	$\Delta$	$\Delta$	Distorsion.	$\Delta$	$\Delta$	Distorsion.
Piso.	(hei)	Absoluto.	Relativo.	( $\Delta_i/hei$ )	Absoluto.	Relativo.	( $\Delta_i/hei$ )
		UX (mm)	( $\Delta_i$ )		UY (mm)		
5	2.60	56.91	5.81	0.002	14.98	1.49	0.001
4	2.60	51.11	9.42	0.004	13.49	2.44	0.001
3	2.60	41.68	12.48	0.005	11.05	3.16	0.001
2	2.60	29.21	14.64	0.006	7.89	3.64	0.001
1	2.90	14.56	14.56	0.005	4.25	4.25	0.001

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 59**

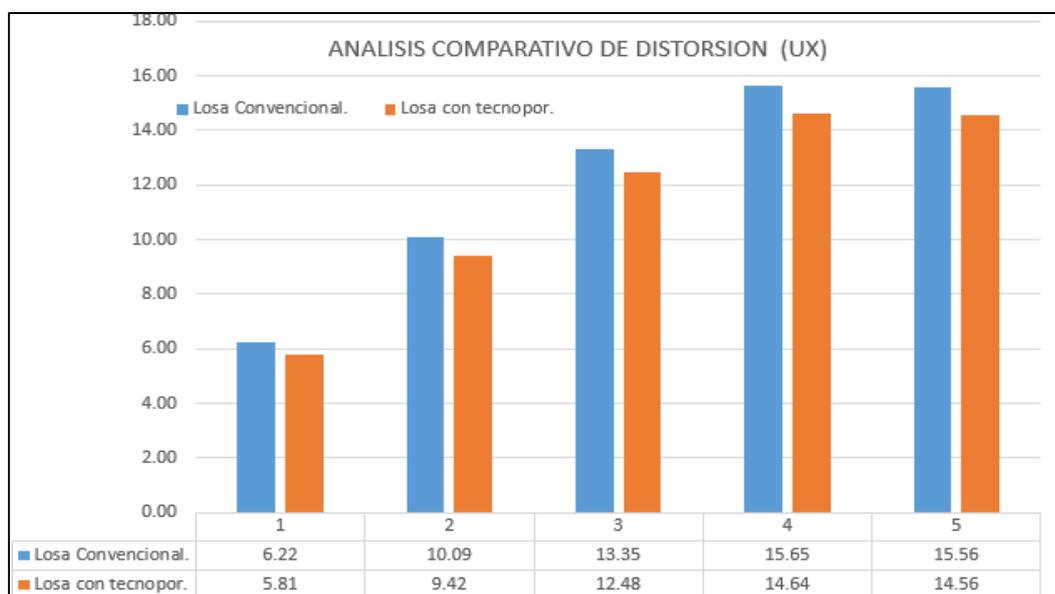
*Análisis comparativo de distorsión (UX).*

# de	Losa	Losa con	$\Delta$	$\Delta$ %
Piso.	Convencional.	tecnopor.	Desplazamiento	
<b>5</b>	6.22	5.81	0.42	93.32%
<b>4</b>	10.09	9.42	0.66	93.43%
<b>3</b>	13.35	12.48	0.87	93.49%
<b>2</b>	15.65	14.64	1.01	93.55%
<b>1</b>	15.56	14.56	1.00	93.57%
				93.47%

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 48**

*Cuadro estadístico de distorsión (UX).*



*Nota.* En la **Figura N°48**. Nos permite observar y entender que las distorsiones (UX) con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 93.47% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 60**

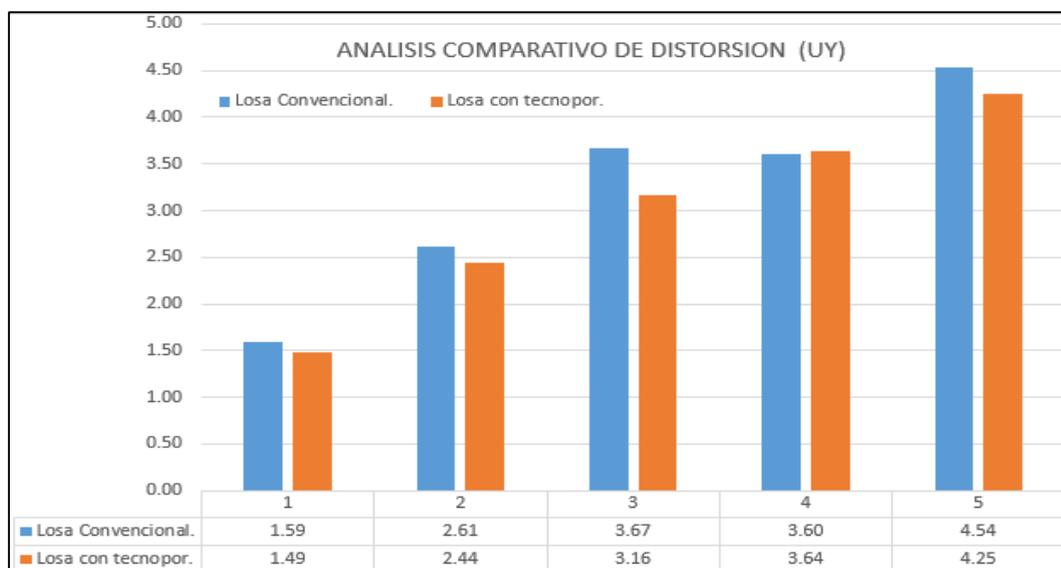
*Análisis comparativo de distorsión (UY).*

# de Piso.	Losa Convencional.	Losa con tecnopor.	$\Delta$ Desplazamiento	$\Delta$ %
5	1.59	1.49	0.11	93.34%
4	2.61	2.44	0.17	93.45%
3	3.67	3.16	0.51	86.12%
2	3.60	3.64	-0.04	101.05%
1	4.54	4.25	0.29	93.65%
				93.52%

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Figura 49**

*Cuadro estadístico de distorsión (UY).*



*Nota.* En la **Figura N°49**. Nos permite observar y entender que las distorsiones (UY) con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 93.52% en promedio. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.2.3. Cortante basal de diseño.**

Se realizará el análisis comparativo de la cortante basal para la edificación con Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor según los parámetros que describe el Reglamento Nacional de Edificaciones.

- **Primer análisis:** Cortante basal para Losa convencional.

**Tabla 61**

*Calculo de la cortante basal – Losa convencional.*

<b>Para la edificación es:</b>	
Z	0.45
U	1.00
S	1.20

Tp	0.60
Hn	13.40
Ct	35.00
R	8.00
T = Hn/Ct	0.38
P	684820
<b>V (Tn)</b>	<b>115.56</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Cortante basal para Losa con bloques de tecnopor..

**Tabla 62**

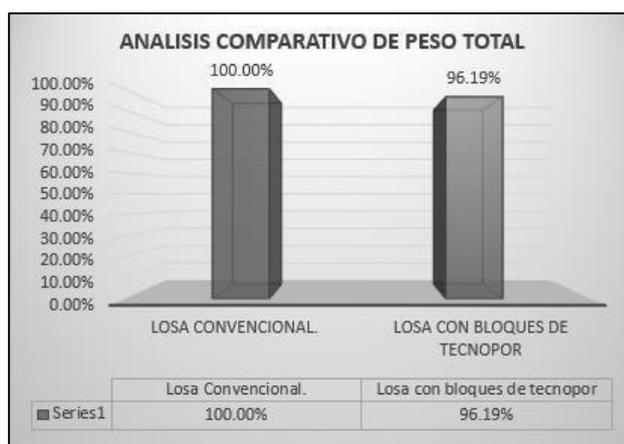
*Calculo de la cortante basal – Losa con tecnopor.*

<b>Para la edificación es:</b>	
Z	0.45
U	1.00
S	1.20
Tp	0.60
Hn	13.40
Ct	35.00
R	8.00
T = Hn/Ct	0.38
P	658710
<b>V (Tn)</b>	<b>111.16</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2019).

**Tabla 63***Análisis comparativo de cortante basal.*

<b>DISTRIBUCION DE LA FUERZA SISMICA</b>	
<b>Losa convencional</b>	<b>Losa con bloques de tecnopor</b>
<b>115.56</b>	111.16
<b>Δ Peso</b>	4.40
<b>100.00%</b>	96.19%

*Fuente: Elaboración propia (2019).***Figura 50***Cuadro estadístico de cortante basal.*

*Nota.* En la **Figura N°50**. Nos permite observar y entender que la cortante basal con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando menos del 96.19%.

*Fuente: Elaboración propia.*

**4.1.2.4. Distribución de fuerza sísmica en altura.** Se realizará el análisis comparativo de la distribución de fuerza sísmica en altura para la edificación con Losa convencional y Losa con bloques de tecnopor.

- **Primer análisis:** Distribución de la fuerza sísmica para Losa convencional.

**Tabla 64**

Resultados de la fuerza sísmica en altura.

NIVEL	$P_i$ (Kg)	$h_i$ (m)	$P_i h_i$ (Kg-m)	$\sum P_i h_i$	$F_i = \frac{P_i h_i}{\sum P_i h_i} V$
1	136964.00	2.90	397195.6	5547042	8.27
2	136964.00	5.50	753302	5547042	15.69
3	136964.00	8.10	1109408.4	5547042	23.11
4	136964.00	10.70	1465514.8	5547042	30.53
5	136964.00	13.30	1821621.2	5547042	37.95
$\sum P_i h_i =$			5547042	$\sum F_i =$	115.56

Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Segundo análisis:** Distribución de la fuerza sísmica para Losa con bloques de tecnopor.

**Tabla 65**

Resultados de la fuerza sísmica en altura

NIVEL	$P_i$ (Kg)	$h_i$ (m)	$P_i h_i$ (Kg-m)	$\sum P_i h_i$	$F_i = \frac{P_i h_i}{\sum P_i h_i} V$
1	131742.00	2.90	382051.8	5335551	7.96
2	131742.00	5.50	724581	5335551	15.10
3	131742.00	8.10	1067110.2	5335551	22.23
4	131742.00	10.70	1409639.4	5335551	29.37
5	131742.00	13.30	1752168.6	5335551	36.50
$\sum P_i h_i =$			5335551	$\sum F_i =$	<b>111.16</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

**Tabla 66**

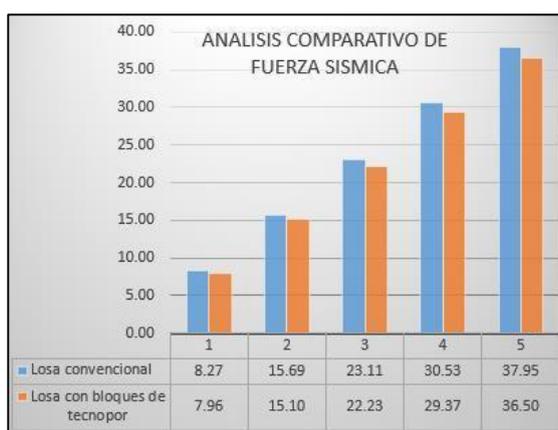
*Análisis comparativo de distribución de la fuerza sísmica.*

<b>DISTRIBUCION DE LA FUERZA SISMICA ( Tn )</b>			
<b>Nivel.</b>	<b>Losa convencional</b>	<b>Losa con bloques de tecnopor</b>	<b><math>\Delta</math> (Tn)</b>
1	8.27	7.96	0.32
2	15.69	15.10	0.60
3	23.11	22.23	0.88
4	30.53	29.37	1.16
5	37.95	36.50	1.45
$\Sigma$	<b>115.56</b>	<b>111.16</b>	<b>4.41</b>

Fuente: Elaboración propia (2019).

**Figura 51**

*Cuadro estadístico de distribución de fuerza sísmica.*



*Nota.* En la **Figura N°51**. Nos permite observar y entender que la distribución de la fuerza sísmica en altura con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando 4.41tn en total. Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La discusión de resultados es predominantemente argumentativa y crítica para valorar de manera justificada los aportes, se compara los resultados que antecedan a la investigación con lo investigado, a continuación, se cita algunos:

Un aspecto importante en la discusión de resultados cita Cosinga y Gómez. (2017), en su tesis titulada: Análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus de arcilla. En la actualidad se utiliza el poliestireno expandido en construcciones informales sin asesoramiento del correcto uso, creyendo que al utilizarlo esforzaremos menos nuestros elementos estructurales, cosa que es cierto, pero no en una magnitud considerable, ya que esto cumple si solo hubiera cargas por gravedad, cosa que no es así, nuestro país es altamente sísmico por lo que se tiene en cuenta los análisis por desplazamiento lateral. Los resultados concuerdan con lo investigado en esta tesis, sin embargo difiere en una parte ya que se puede aseverar que no solo cumple para las cargas por gravedad sino también para las cargas sísmicas según los resultados de esta investigación.

En relación al tema Chávez (2011), en su tesis titulada: Análisis comparativo de sistemas y tecnologías aplicadas a la construcción de losas de estacionamiento. En una de sus conclusiones señala que, Estos sistemas relativamente nuevos no se utiliza de forma masiva por falta de conocimiento de sus ventajas, y por falta de difusión de los especialistas. La investigación concuerda con la apreciación del autor, existe cierta desconfianza en el consumidor al creer que el ladrillo cumple función estructural es por ello, el uso mínimo del tecnopor en el Perú y por no contar con una norma técnica de uso y funcionalidad.

Un aspecto importante en la discusión de resultados cita De la Torre (2009), en su tesis titulada: Diseño de un edificio de vivienda de 6 niveles en concreto armado. En la mayoría de vigas, las cargas de gravedad gobernaron el diseño, salvo el caso de las vigas VT-04 (ubicadas

en el eje E) que tienen una alta responsabilidad sísmica y fue diseñado por criterio de capacidad. En esta investigación el análisis de las fuerzas internas en las vigas se hizo mediante la combinación de cargas (Envolvente) a diferencia de la columna que se analizó todas las cargas (Carga muerta, viva y sismo en las dos direcciones).

En relación al tema Rodríguez (2015), en su tesis titulada: Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas. En una de sus conclusiones señala que el peso de una losa aligerada es de 280 Kg/m<sup>2</sup> y el de una losa colaborantes de 232.32 Kg/m<sup>2</sup>, representando la losa colaborante un 17.07% menor que el sistema de losa aligerada. En esta investigación también se determinó que el peso dinámico en una losa aligerada con tecnopor representa el 96.19% en comparación con losa convencional.

Del mismo modo cita Aza (2014), en su tesis titulada: Diseño estructural de un edificio residencial de concreto armado de ocho pisos y semisótano.

En ningún caso los desplazamientos excedieron los valores máximos permisibles establecidos en la Norma E.030. En este estudio también se cumplió con las distorsiones permisibles según la norma E-030 del artículo 16, siendo menor que 0.007 debido a que el material predominante es el concreto armado.

Del mismo modo cita Martínez (2012), en su tesis titulada: Construcción con paneles estructurales de poliestireno expandido. La estructura de la vivienda construida con paneles estructurales de EPS, reduce un 35,22 % el peso del edificio. En esta investigación el peso dinámico del edificio con losa de tecnopor representa el 96.19% con respecto a la losa convencional, con una diferencia de 26.11tn entre ambos sistemas.

## VI. CONCLUSIONES.

Es posible establecer, según la **tabla N°20** y **figura N°32**, que las fuerzas de momentos en las vigas producto de la envolvente, es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 96.26% en promedio en comparación a la losa convencional para la misma sobrecarga. La magnitud promedio es de 148.62Kg-m siendo el crítico de 300 Kg-m, demostrando la veracidad de la hipótesis sobre la optimización del comportamiento estructural.

Analizando la **tabla N°23** y **figura N°34**, se puede concluir que, las fuerzas cortantes en las vigas producto de la envolvente, es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 95.45% en promedio en comparación a la losa convencional. La magnitud en promedio es de 304.88 Kg-m siendo el crítico de 440.40 Kg-m, en la viga 3 (7283.20 Kg-m > 6842.80 Kg-m.), generando un mejor comportamiento estructural, según la primera hipótesis específica.

Se ha determinado, según la **tabla N°26** y **figura N°36**, que la fuerza axial en las vigas producto de la envolvente son mínimas en magnitud, es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 90.04% en promedio en comparación a la losa convencional, concluyendo como verdadero la primera hipótesis, sobre la optimización del comportamiento estructural.

Es posible establecer, según la **tabla N°29** y **figura N°38**, que las fuerzas de torsión en las vigas producto de la envolvente, es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 95.53% en promedio en comparación a la losa convencional para la misma sobrecarga. La magnitud promedio es de 7.27Kg-m siendo el crítico de 29.40 Kg-m, generando un mejor comportamiento estructural, según la primera hipótesis específica.

Evaluando la **tabla N°38** y **figura N°40**, se concluye que la fuerza de momento en las columnas producto de la carga permanente es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 95.23% en promedio en comparación a la losa convencional para la misma sobrecarga. La magnitud promedio es de 22.87 Kg-m siendo el crítico de 75.00 Kg-m en la

columna N°4, demostrando la veracidad de la hipótesis sobre la optimización del comportamiento estructural.

Analizando la **tabla N°39** y **figura N°41**, se puede concluir que la fuerza de momentos en las columnas producto del sismo (SX) es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 93.42% en promedio en comparación a la losa convencional. La magnitud promedio es de 23.34 Kg-m siendo el crítico de 24.20 Kg-m en la columna N°2, generando la disminución de las fuerzas internas, según la hipótesis específica.

Es posible establecer, según la **tabla N°40** y **figura N°42** que la fuerza de momentos en las columnas producto del sismo (SY) es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 93.39% en promedio en comparación a la losa convencional. La magnitud promedio es de 226.69 Kg-m siendo el crítico de 309.30 Kg-m en la columna N°2, demostrando la veracidad de la hipótesis, sobre la disminución de las fuerzas internas.

Evaluando la **tabla N°49** y **figura N°44**, se concluye que la fuerza de axial en las columnas producto de la carga permanente es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 92.20% en promedio en comparación a la losa convencional. La magnitud promedio es de 1.30tn siendo el crítico de 1.94tn en la columna N°3 generando un resultado satisfactorio, demostrando la veracidad de la hipótesis de la siguiente investigación.

Se ha determinado, según la **tabla N°50** y **figura N°45**, que la fuerza axial en las columnas producto del sismo (SX) es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 93.35% en promedio en comparación a la losa convencional. La magnitud promedio es de 318.76Kgf siendo el crítico de 445.20Kgf en la columna N°2, generando la disminución de las fuerzas internas, según la hipótesis específica.

Analizando la **tabla N°51** y **figura N°46**, se concluye que la fuerza axial en las columnas producto del sismo (SY) es menor en losas con bloques de tecnopor representando el 93.43% en promedio en comparación a la losa convencional. La magnitud promedio es de 177.30Kgf

siendo el crítico de 368.80Kgf en la columna N°1, debido a la baja rigidez y su ubicación en el extremo de la columna, demostrando la veracidad de la hipótesis, sobre la disminución de las fuerzas internas.

Se puede concluir, según la **tabla N°54** y **figura N°47**, que el peso de la losa convencional es de 308.727kg/m<sup>2</sup> y el de una losa con bloques de tecnopor es de 250.0112kg/m<sup>2</sup> representado el 96.19% de diferencia entre ambos sistemas, tomando una magnitud de 26.22tn, demostrando la disminución de los parámetros dinámicos según la hipótesis específica.

Evaluando la **tabla N°59** y **figura N°48**, se puede entender que las distorsiones (UX) en losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando el 93.47% pero en magnitud solo tiene un valor numérico de 1mm, demostrando la veracidad de la hipótesis, sobre la disminución de los parámetros dinámicos.

Evaluando la **tabla N°60** y **figura N°49**, se puede entender que las distorsiones (UY) en losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando el 93.52% pero en magnitud solo tiene un valor numérico de 0.51mm, demostrando la veracidad de la hipótesis sobre la optimización de los parámetros dinámicos.

Se puede concluir, según la **tabla N°63** y **figura N°50**, que la cortante basales menor en losas con bloques de tecnopor representando el 96.19% en promedio en comparación a la losa convencional. Generando una diferencia de 4.41tn, demostrando la veracidad de la hipótesis de la siguiente investigación.

Analizando la **tabla N°66** y **figura N°51**, se concluye que la distribución de la fuerza sísmica en altura con losa con tecnopor es menor en comparación a la losa convencional, representando 4.41tn en total, demostrando la veracidad de la hipótesis, sobre la disminución de los parámetros dinámicos.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

Es conveniente el aumento de la sección transversal de las columnas ubicadas en las esquinas, debido al desplazamiento excesivo ante una fuerza sísmica.

Se recomienda realizar investigaciones sobre el uso del tecnopor en las diferentes ramas de la construcción como: taludes, pistas y veredas como sistema de amortiguamiento.

El uso del tecnopor para aligerar las losas, ya que no cumple función estructural y disminuye las fuerzas internas de los elementos estructurales.

La creación de una norma técnica peruana y su aplicación en el sector de edificaciones sobre el uso del tecnopor para generar confianza en la población.

La búsqueda de inversión tanto pública como privada para la investigación de procesos y elementos sustitutos en edificaciones, debido a que la mayoría de recursos son no renovables.

Para luces considerables, el uso de los bloques de tecnopor genera un resultado satisfactorio.

## VIII. REFERENCIAS.

- Almeida, C. (2014). *Uso de bloques de poliestireno expandido en terraplenes*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2972>
- Avecillas, D. (2016). *Alternativa estructural – constructiva de entrepiso y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital de la Universidad Central del Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25944>
- Aza, G. (2014). *Diseño estructural de un edificio residencial de concreto armado de ocho pisos y semisótano*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5388>
- Barbat – Oller y Vielma, J. (2005). *Calculo y diseño sismo resistente de edificios*. [https://www.researchgate.net/publication/271505321\\_Calculo\\_y\\_diseno\\_sismorresistente\\_de\\_edificios\\_Aplicacion\\_de\\_la\\_norma\\_NCSE-02](https://www.researchgate.net/publication/271505321_Calculo_y_diseno_sismorresistente_de_edificios_Aplicacion_de_la_norma_NCSE-02)
- Bartolomé, A. (1998). *Análisis de edificios*.
- Chávez, J. (2011). *Análisis comparativo de sistemas y tecnologías aplicadas a la construcción de losas de estacionamiento*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Digital de la UNI. <https://core.ac.uk/display/224676546>
- Chopra, K. (2014). *Dinámica de estructuras*. Pearson educación de México.
- Cosinga, A. y Gómez, R. (2017). *Análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus de arcilla*. [Tesis de pregrado]. Universidad de San Martín de Porres

De la Torre, P. (2009). *Diseño de un edificio de vivienda de 6 niveles en concreto armado.*

[tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital

de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/147>

Delgado, G. (2011). *Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado.*

[https://idoc.pub/documents/diseo-estructuras-aporricadas-ing-genaro-delgado-](https://idoc.pub/documents/diseo-estructuras-aporricadas-ing-genaro-delgado-3no7jxk08xld)

[3no7jxk08xld](https://idoc.pub/documents/diseo-estructuras-aporricadas-ing-genaro-delgado-3no7jxk08xld)

Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación.*

McGraw-Hill / Interamericana Autores S.A

Martínez, N. (2012). *Construcción con paneles estructurales de poliestireno expandido.*

[tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Digital de

la Universidad Politécnica de Cartagena.

<https://repositorio.upct.es/handle/10317/3076>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Norma Técnica:*

*Estructuras E.020 Cargas.*

<file:///C:/Users/HOME/Desktop/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Norma Técnica:*

*Estructuras E.030 Diseño Sismo Resistente.*

<file:///C:/Users/HOME/Desktop/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Norma Técnica:*

*Estructuras E.060 Concreto Armado.*

<file:///C:/Users/HOME/Desktop/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Norma Técnica: Estructuras E.070 Albañilería.*

<file:///C:/Users/HOME/Desktop/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Rodríguez, A. (2015). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas.* [Tesis de pregrado].

Universidad Nacional de Cajamarca

Vasco, P. (2003). *Guía para análisis y diseño estructural de edificios de hormigón armado.* [tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital

de la Universidad Central del Ecuador.

[https://www.academia.edu/43844460/UNIVERSIDAD\\_T%C3%89CNICA\\_DE\\_AMBATO\\_Gu%C3%ADa\\_para\\_An%C3%A1lisis\\_y\\_Dise%C3%B1o\\_Estructural\\_de\\_Edificios\\_de\\_Hormig%C3%B3n\\_Armado](https://www.academia.edu/43844460/UNIVERSIDAD_T%C3%89CNICA_DE_AMBATO_Gu%C3%ADa_para_An%C3%A1lisis_y_Dise%C3%B1o_Estructural_de_Edificios_de_Hormig%C3%B3n_Armado)

## IX. ANEXOS.

## Anexo A. Matriz de consistencia.

EVALUACION COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 5 NIVELES CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y TECNOPOR.						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS		VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
		OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL			
¿Cuánto es la variación en magnitud del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar de 5 niveles con entepiso de losa aligerada con ladrillo y bloques de tecnopor?	Determinar la variación en magnitud del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar de 5 niveles con entepiso de losa aligerada con ladrillo y bloques de tecnopor.	Si utilizamos bloques de tecnopor en los entepisos de losa aligerada, entonces tendremos un mejor comportamiento estructural a diferencia de la losa aligerada con ladrillo.	Vi. causa = Entepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor.	D1 = Losa aligerada convencional. D2 = Losa aligerada con tecnopor.	Tipos de losa aligerada Espesores de losa aligerada El ladrillo en losas El uso de tecnopor en losas Cargas en losa	Unid. cm Kf Kf Kf
¿Cuál será el beneficio estructural si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo, y por consiguiente si resulta conveniente dicho reemplazo?	Determinar el beneficio estructural si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo, y por consiguiente si resulta conveniente dicho reemplazo.	<b>HIPOTESIS ESPECIFICOS</b> El uso de los bloques de tecnopor genera un mayor beneficio estructural a diferencia del ladrillo y por consiguiente resulta conveniente dicho reemplazo.	VD: Efecto = Evaluación del comportamiento estructural de una vivienda.	D3 = Fuerzas internas de los elementos estructurales.	Momento flector en viga Fuerza cortante en viga. Fuerza axial en vigas Torsión en vigas. Momento flector en columnas. Fuerza axial en columnas.	Tf - m Tf Tf Tf - m Tf - m Tf
¿Cuánto es la diferencia numérica de las fuerzas internas de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo?	Comparar la diferencia numérica de las fuerzas internas de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo.	El uso de los bloques de tecnopor genera menores fuerzas internas en los elementos estructurales a diferencia del ladrillo.		D4 = Parametros dinámicos.	Peso dinámico. Desplazamiento máximo. Cortante basal de diseño. Distribución de la fuerza sísmica en altura.	Tf mm mm Tf
¿Cuánto es la diferencia numérica en los parámetros dinámicos de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo?	Comparar la diferencia numérica en los parámetros dinámicos de los elementos estructurales si optamos por el uso de los bloques de tecnopor en vez del ladrillo.	El uso de los bloques de tecnopor genera menores esfuerzos en los parámetros dinámicos a diferencia del ladrillo.				El diseño aplicado ha sido explicativo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

### Anexo B. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL.	OPERACIONALIZACION.	DEFINICION OPERACIONAL	
			DIMENSIONES	INDICADORES
Vt causa = Entrepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor.	Son un conjunto de elementos estructurales resistentes que transmiten las cargas a las placas, columnas o muros portantes.	Permite entender la transmisión de cargas a los elementos resistentes.	<b>Material</b>	a) Tipo de material predominante. b) Costo de materiales.
VD: Efecto = Evaluación del comportamiento estructural de una vivienda.	Es aquella que evalúa las fuerzas internas y los parámetros dinámicos, cuyos resultados permitirán obtener los valores numéricos.	Mide el valor numérico de las fuerzas y parámetros para ambos sistemas.	<b>Seguridad</b>	a) Evaluación comparativa de las fuerzas internas. b) Evaluación comparativa de los parámetros dinámicos.

### Anexo C. Calificación de instrumentos.

<b>TITULO DE TESIS:</b>	<b>EVALUACION COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 5 NIVELES CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y TECNOPOR.</b>		
<b>CALIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS.</b>			
<b>TESISTA:</b> BACH. CHRISTIAN HANS VERDE DIONISIO		<b>AÑO:</b> 2019	
<b>NOMBRE DEL EXPERTO:</b>		<b>ESPECIALIDAD:</b>	
Clasifique los instrumentos con la escala de clasificación: <b>Evalua 0 (malo) a 20 (Excelente)</b>			<b>FECHA DE REVISION:</b>
<b>INSTRUMENTOS:</b>	<b>FICHAS TECNICAS</b>	<b>CALIFICACION:</b>	<b>COMENTARIOS:</b>
Cantidad de materiales.			
Costo de materiales.			
Evaluacion comparativa de las fuerzas internas.			
Evaluacion comparativa de los parametros dinamicos.			
<b>PROMEDIO</b>			

### Anexo D. Ficha técnica N°1.

		<b>FICHA TECNICA N°1 - Material de aligerado predominante.</b>	
<b>Datos de mapeo.</b>		<b>Vivienda:</b>	<b>Desarrollo:</b>
		<b>Ubicación:</b>	<b>Fecha:</b>
		<b>Material de Aligerado:</b>	
<b>Nº DE PISO Y UBICACIÓN.</b>	<b>AREA DE MUESTRA</b>	<b>% POR PISO (Sobre 1)</b>	<b>COMENTARIOS.</b>
<b>PROMEDIO</b>			

## Anexo E. Ficha técnica N°2.

Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA N°2 - Datos de mapeo de fuerzas Internas.			
Datos de mapeo.		Vivienda:		Desarrollo:	
		Ubicación:		Fecha:	
		Elementos estructurales: Vigas.			
FUERZA INTERNA	ELEMENTO ( Portico )	LOSA CONVENCIONAL	LOSA CONTECOPOR	$\Delta\%$	
<b>Momento flector.</b>	V1 - Portico 2 - Piso 3				
	V2 - Portico 2 - Piso 3				
	V3 - Portico 2 - Piso 3				
	V4 - Portico 2 - Piso 3				
	V5 - Portico 2 - Piso 3				
<b>Fuerza cortante.</b>	V1 - Portico 2 - Piso 3				
	V2 - Portico 2 - Piso 3				
	V3 - Portico 2 - Piso 3				
	V4 - Portico 2 - Piso 3				
	V5 - Portico 2 - Piso 3				
<b>Fuerza axial.</b>	V1 - Portico 2 - Piso 3				
	V2 - Portico 2 - Piso 3				
	V3 - Portico 2 - Piso 3				
	V4 - Portico 2 - Piso 3				
	V5 - Portico 2 - Piso 3				
<b>Torsion.</b>	V1 - Portico 2 - Piso 3				
	V2 - Portico 2 - Piso 3				
	V3 - Portico 2 - Piso 3				
	V4 - Portico 2 - Piso 3				
	V5 - Portico 2 - Piso 3				
<b>PROMEDIO</b>					

## Anexo F. Ficha técnica N°3.

Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA N°3 - Datos de mapeo de fuerzas Internas.			
Datos de mapeo.		Vivienda:		Desarrollo:	
		Ubicación:		Fecha:	
		Elementos estructurales: Columnas.			
FUERZA INTERNA	ELEMENTO ( Portico )	LOSA CONVENCIONAL	LOSA CONTECOPOR	$\Delta\%$	
<b>Momento flector.</b>	C1 - Portico 2 - Piso 3				
	C2 - Portico 2 - Piso 3				
	C3 - Portico 2 - Piso 3				
	C4 - Portico 2 - Piso 3				
	C5 - Portico 2 - Piso 3				
	C6 - Portico 2 - Piso 3				
<b>Fuerza axial.</b>	C1 - Portico 2 - Piso 3				
	C2 - Portico 2 - Piso 3				
	C3 - Portico 2 - Piso 3				
	C4 - Portico 2 - Piso 3				
	C5 - Portico 2 - Piso 3				
	C6 - Portico 2 - Piso 3				
<b>PROMEDIO</b>					

## Anexo G. Ficha técnica N°4.

Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA N°4 - Datos de mapeo de fuerzas Internas.		
Datos de mapeo.	Vivienda:	Desarrollo:		
	Ubicación:	Fecha:		
	Elementos no estructurales: Muros.			
FUERZA INTERNA	ELEMENTO ( Portico )	LOSA CONVENCIONAL	LOSA CON TECNOPOR	Δ%
<b>Fuerza cortante.</b>	M1 - Portico 1 - Piso 3			
	M2 - Portico 1 - Piso 3			
	M3 - Portico 1 - Piso 3			
	M4 - Portico 1 - Piso 3			
	M5 - Portico 1 - Piso 3			
	M6 - Portico 1 - Piso 3			
<b>Fuerza axial.</b>	M1 - Portico 1 - Piso 3			
	M2 - Portico 1 - Piso 3			
	M3 - Portico 1 - Piso 3			
	M4 - Portico 1 - Piso 3			
	M5 - Portico 1 - Piso 3			
	M6 - Portico 1 - Piso 3			
<b>PROMEDIO</b>				

## Anexo H. Ficha técnica N°5.

Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA N°5 - Datos de mapeo de parametros dinamicos.		
Datos de mapeo.	Vivienda:	Desarrollo:		
	Ubicación:	Fecha:		
	Elementos estructurales: Todos los pisos.			
PARAMETROS DINAMICOS.	ELEMENTO	LOSA CONVENCIONAL	LOSA CON TECNOPOR	Δ%
<b>Peso dinámico.</b>	Todo el sistema			
<b>Desplazamiento máximo.</b>	Eje "X"			
	Eje "Y"			
<b>Cortante basal de diseño.</b>	Piso 1 - Eje "X"			
	Piso 2 - Eje "X"			
	Piso 3 - Eje "X"			
	Piso 4 - Eje "X"			
	Piso 5 - Eje "X"			
	Piso 1 - Eje "Y"			
	Piso 2 - Eje "Y"			
	Piso 3 - Eje "Y"			
	Piso 4 - Eje "Y"			
	Piso 5 - Eje "Y"			
<b>Distribucion de la fuerza sismica en altura.</b>	Piso 1 - Eje "X"			
	Piso 2 - Eje "X"			
	Piso 3 - Eje "X"			
	Piso 4 - Eje "X"			
	Piso 5 - Eje "X"			
	Piso 1 - Eje "Y"			
	Piso 2 - Eje "Y"			
	Piso 3 - Eje "Y"			
	Piso 4 - Eje "Y"			
	Piso 5 - Eje "Y"			
<b>PROMEDIO</b>				