

Diseño estructural de vigas con membrana inferior y su eficacia de espacios arquitectónicos

Structural design of beams with a lower membrane and its effectiveness in architectural spaces

Cristian Rodolfo Perez Torres¹

RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo diseñar estructuralmente vigas con membrana inferior para la eficacia de espacios arquitectónicos, en la cual el problema de tener luces grandes con menor número de columnas que mantengan una seguridad estructural a un costo similar o menor que la de estructuras con vigas convencionales incentivó el desarrollo de la investigación. Por esa razón se realizó un diseño estructural único, que cuenta con acartelamientos, donde las vigas fueron divididas en tres partes iguales de su luz efectiva, con un ángulo de 12° que comienza en los extremos de la parte media de la viga extendiéndose hacia las columnas. Para poner a prueba la hipótesis se realizó un análisis comparativo, se empleó como modelo base a una edificación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza–Amazonas-Perú, de manera que se usó la superestructura equiparando los tres niveles, y para el modelo de diseño, se usó una réplica del modelo base con una transfiguración en sus vigas (acartelación), ambos modelos se sometieron a un análisis sísmico la cual tuvo los parámetros de Distorsiones Máximas (X,Y), Desplazamientos Máximos Laterales en el Último Piso (X,Y), Cortante Basal (X,Y), Momento Flector, Fuerza Cortante (Elemento Viga-Columna) y también sometidos a un análisis de precios en las partidas más importantes en las áreas de arquitectura y estructura. Con los resultados obtenidos, se puede decir que el modelo con membranas inferiores (modelo de diseño) tienen mejor comportamiento estructural que la del modelo base, lo que se traduce en luces más grandes y además de presentar un costo menor.

Palabras clave: Membrana inferior, acartelamiento, luces máximas

ABSTRACT

The research carried out aimed to structurally design beams with a lower membrane for the efficiency of architectural spaces, in which the problem of having large spans with fewer columns that maintain structural safety at a similar or lower cost than that of beam structures Conventional encouraged the development of research. For that reason, a unique structural design was made, which has clamps, where the beams were divided into three equal parts of their effective span, with an angle of 12 ° that begins at the ends of the middle part of the beam extending towards the columns. To test the hypothesis, a comparative analysis was carried out, a building of the National University Toribio Rodríguez de Mendoza-Amazonas-Peru was used as a base model, so that the superstructure was used equating the three levels, and for the model of design, a replica of the base model was used with a transfiguration in its beams (cartilage), both models were subjected to a seismic analysis which had the parameters of Maximum Distortions (X, Y), Maximum Lateral Displacements in the Top Floor (X, Y), Basal Shear (X, Y), Bending Moment, Shear Force (Beam-Column Element) and also subjected to a price analysis in the most important items in the areas of architecture and structure. With the results obtained, it can be said that the model with lower membranes (design model) have better structural behavior than the base model, which translates into larger spans and also presents a lower cost.

Keywords: lower membrane, garrison, maximum lights

¹Bachiller en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: cristian_pertor@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la evolución en el sector de la construcción ha crecido a un ritmo muy acelerado por lo que actualmente la necesidad de diseñar y construir edificaciones que garantice una optimización de recursos económicos, una seguridad estructural y una comodidad arquitectónica son algunas de las cosas que busca un profesional en la carrera de la ingeniería civil.

La creciente sobrepoblación afecta directa o indirectamente a que el hombre se vea en la necesidad de construir cada vez más edificaciones (viviendas, coliseos, hospitales, escuelas, entre otros) para las diferentes actividades que la población realiza, y que la mayoría lo hace siguiendo el bosquejo convencional que se ha utilizado durante las últimas décadas con elementos estructurales de secciones constantes que no han variado o no se han estudiado nuevas formas de diseño a mayor profundidad por lo que esto da la oportunidad de romper el molde y crear nuevas formas vanguardistas para construir, que nos den beneficios en muchos aspectos importantes como la confiabilidad estructural, comodidad y sobre todo en lo económico que es el punto que más remarca en una construcción.

Un inconveniente importante que muchas veces se encuentra en las construcciones es no tener grandes luces entre apoyos lo que resta puntos a la hora de edificar y un pequeño ejemplo es en la distribución de espacios o ambientes donde se ve un poco limitada por el posicionamiento de las columnas, ya que generalmente se usan elementos de áreas mínimas aceptables y se ven en la necesidad de colocar varios apoyos para compensar la carga que debe de soportar, una de las soluciones ante esto y a la vez lograr tener espacios más libres de columnas es hacer más esbeltas a los elementos estructurales, lo cual es una forma de suplir aquellos inconvenientes pero esto también implica un mayor gasto económico y de poca estética arquitectónica.

Hoy en día se repite en varias regiones pobladas y poco pobladas donde las construcciones innovadoras como la de usar vigas de sección no prismática también llamadas vigas de sección variable o comúnmente conocidas como vigas acarteladas se vean opacadas por la forma tradicionalista de erigir edificaciones puesto que está visto como una forma sencilla, segura y conocida, esto deja de cierta forma en segundo plano una mayor seguridad y comodidad que podríamos obtener de una estructura modificada.

La resistencia de una viga varía de un extremo a otro produciéndose el punto de falla estructural más común en la unión viga - columna ya que se producen por fuerzas cortantes y de torsión, conociendo que la

resistencia aumenta gradualmente de la mitad de la viga hacia los extremos de la misma, lo que conlleva a realizar el estudio de utilizar vigas modificadas como es el caso de vigas ensanchadas en la parte inferior de sus extremos tratando de que la viga siga la forma en lo viable la misma variante de las fuerzas internas y verificar que el uso de una viga acartelada compensa el eliminar elementos estructurales verticales obteniendo luces más grandes.

Según Gonzáles, Tena y Archundia (2005), las trabes acarteladas de concreto reforzado, proporcionan algunas ventajas sobre las trabes de concreto prismáticas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: aumenta la rigidez lateral de la estructura, optimiza el concreto utilizado, optimiza el acero de refuerzo y reduce el peso de la estructura, por lo que se puede aplicar las ventajas antes mencionadas a edificaciones y obtener beneficios estructurales.

Las estructuras compuestas por barras de sección variable son poco frecuentes en nuestro medio, pero podrían presentarse por razones de arquitectura (capillas, iglesias, , etc.) y otras veces por motivos estructurales, por ejemplo, en estructuras con grandes luces o con altas sobrecargas, puede colocarse cartelas (incremento gradual del peralte) en los extremos de las vigas, con la finalidad de disminuir las deflexiones y los momentos positivos a costa de incrementar los momentos negativos (San Bartolomé, 1998, p. 97).

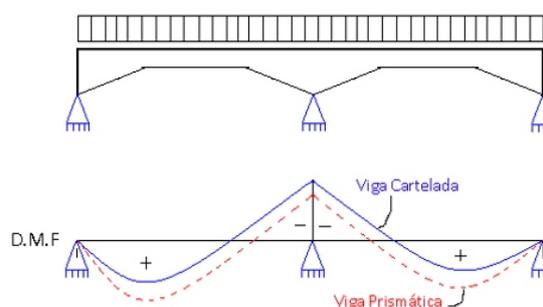


Figura 1: Diagramas de Momento Flector en Vigas Acarteladas y Prismáticas

Fuente: San Bartolomé, Á. (1998)

Mörsch, E. (1908) citado por (Herrera, J. 2017), hace mención que, al aumentar el peralte de una viga en la proximidad de los apoyos, mejora la resistencia a cortante debido a: el incremento de la sección transversal y la capacidad del bloque de concreto inclinado a resistir cortante.

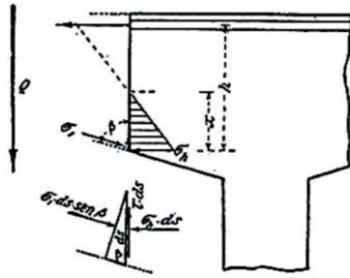


Figura 2: Bloque en Compresión de una Viga de Sección Variable

Fuente: Mörsch, E. (1908)

Los estudios acerca de las vigas de sección variable en una estructura son muy escasos, y los pocos acerca de este tema que se han hecho demuestran resultados iguales o mejores a la hora de obtener luces grandes que resistan a cargas iguales como lo hacen las vigas de sección constante. Estas vigas de membrana inferior (acarteladas) son una propuesta que benefician de manera atractiva cuando se demandan grandes luces para un confort arquitectónico o ya sea estructural, en países como Perú donde las construcciones son en su mayoría constituidas sin un diseño adecuado ni siguiendo las normas de construcción y muchas veces improvisadas hace que sea muy carente tener estos casos en las edificaciones como solución a grandes cargas y/o a fin de tener espacios libres de columnas, por ello se realizó en esta investigación un diseño estructural innovador de vigas de membrana inferior que permite hacer realidad esto, debido a que incrementa la resistencia al corte y la forma ahusada de la viga favorece que la distancia entre caras de los apoyos sea mayor, disminuyendo la cantidad de columnas en relación al diseño estructural y arquitectónico.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

a. Diseño de investigación.

La investigación se concretó siguiendo el diseño descriptivo; teniendo como referencia de control al módulo de “La Escuela de Graduados de la UNTRM” a la cual se eliminó variables, la cual solo fue usada por la distribución y cantidad de columnas que posee para enfocarse solo en el efecto que causa usar vigas acarteladas para obtener grandes luces, donde la estructura fue contrastada y estudiada estructuralmente con su réplica pero experimentando una transfiguración en un tipo de elemento horizontal estructural (viga) que ésta contiene, describiendo la influencia estructural que tienen las vigas de sección variable en el objetivo principal que es obtener distancias mayores entre apoyos verticales; tal como indica Niño (2011), que el propósito de la investigación descriptiva es describir la realidad del objeto de estudio, un aspecto de ella, sus partes, sus

clases, sus categorías o las relaciones que se pueden establecer entre varios objetos, con el fin de esclarecer una verdad, corroborar un enunciado o comprobar una hipótesis.

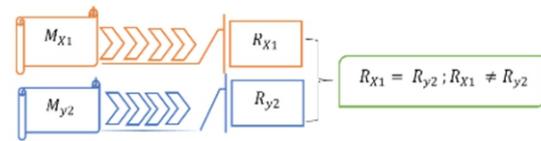


Figura 3: Diseño de la investigación

En el cual:

M_{x1}: Modelo de control con variables eliminadas y/o reemplazadas para enfoque del tema en estudio, al cual llamaremos a partir de ahora como **Modelo “A”**.

M_{y2}: Modelo réplica del **M_{x1}** a contrastar pero transfigurada en un tipo de elemento horizontal estructural (viga) que contiene, para su análisis en la influencia que tiene para lograr grandes luces, al cual llamaremos a partir de ahora como **Modelo “B”**.

R_{x1}:

R_{y2}: Resultados del modelo de control

Resultados de la réplica contrastada

R_{x1} = R_{y2} ; R_{x1} ≠ R_{y2}: Resultado de la transfiguración del módulo

a. Universo muestral.

Representa el número de especímenes de prueba (muestras) fabricados, para la ejecución de los ensayos establecidos; los mismos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Número de especímenes utilizadas en la investigación.

Tipo de análisis	Número de muestras o modelos	Unidad de medida
Análisis	02 : (Modelo “X” y
Sísmico	“Y”)
Análisis de Precios	02 : (Modelo “X” y “Y”)	Soles (S/.)

c. Métodos

En la investigación se empleó el método analítico, ya que Maya (2014), citado por Gutiérrez– Sánchez (1990, p.133) lo define como aquel que distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de los elementos por separado. Con este método obtendremos información para contrastar los modelos a estudiar.

Se valió de dos modelos; el modulo “A”, al cual se eliminó algunas variables para enfocarse en nuestro tema de estudio y el módulo “B” a contrastar el cual es la réplica del módulo de control, pero con una transfiguración estructural, utilizando los parámetros como lo menciona Gonzáles, Tena y Archundia (2005) citado por (Tena-Colunga,1994), donde las cartelas tienen un tercio del claro efectivo, lo cual es casi una constante en los edificios construidos tradicionalmente en la ciudad de México. Adicionalmente se usó un ángulo de acartelamiento $\alpha = 12^\circ$ similar al usado por Gonzáles, Tena y Archundia (2005), donde ellos usaron varios ángulos desde $\alpha = 0^\circ, 3.07^\circ, 6.12^\circ, 9.13^\circ$ y 12.10° , donde mencionan que entre mayor es el ángulo de acartelamiento, se tiene una mejor disipación de energía, en la que menciona que tal comportamiento se atribuye a la geometría de las vigas acarteladas. Además, se tomó en consideración de forma trivial para esta tesis lo dicho por Vera (s.f.), en la que con sus resultados concluye que vigas con un menor peso de edificación proporcionan mayor rigidez lateral en comparación a las vigas prismáticas, esto debido a que quitan el peso de las vigas dándole una forma acartelada.

Respecto al análisis de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los modelos, se utilizó el método sintético, ya que Maya (2014), nos da a conocer que este método es el que analiza y sintetiza la información recopilada, además que permite ir estructurando las ideas. De esta forma se interpretó el efecto de usar el ensanchamiento inferior en los extremos de las vigas de concreto armado.

Para los lineamientos y metodología de la tesis realizada se siguió parámetros propios.

d. Técnicas

La investigación se desarrolló a través de:

- La técnica documental.
- La práctica de la observación.

Según Niño (2011), la técnica de investigación documental aprovecha una gran variedad de fuentes, como: las escritas, auditivas, videográficas, iconográficas, electrónicas, virtuales, cartográficas y de otro tipo. Además nos menciona que la práctica de la observación debe prepararse previamente, mucho más si es estructurada y nos menciona que por tanto es necesario preparar un plan de observación, acorde con el proyecto de investigación y su cronograma, en que se prevean aspectos como: observador(es), sujetos, fenómenos u objetos observados, fecha, locación, propósito, tiempo o tiempos de observación, aspectos por observar (proceso, resultados, recursos o materiales, contenido, cualidades, comportamientos, interacciones,

etcétera).

e. Instrumentos

Niño (2011), citado por Sabino (1998), nos menciona que un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que pueda valer el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información.

a) Hoja de datos: Como lo menciona Ejemplos (2019), una ficha técnica, en líneas generales, contiene información resumida y de utilidad. Estas características pueden ser sobre variables rígidas o duras como datos, estadísticas, fechas, como también puede características blandas: descripción del objeto, color comodidades, etc., en tal aspecto esto permitió evaluar aspectos importantes de la investigación.

b) Ficha Bibliográfica: Ejemplos (2019), nos indica que las denominadas fichas bibliográficas cumplen un papel importante. Éstas reúnen los datos fundamentales acerca del libro, que ayudan a identificarlo con facilidad, estas fueron útiles en la investigación realizada.

c) Software en computadora: es un programa para realizar las pruebas estructurales a los módulos en estudio, la cual procesa y nos arroja datos para su análisis.

f. Procedimiento

La investigación se trabajó en tres fases o etapas, ver Figura N° 4:

En la fase preliminar se diseñó y modeló los módulos a contrastar. La fase de ejecución consistió en la aplicación de las pruebas estructurales haciendo uso de un software ETABS 2016 Versión 16.2.0 para los dos modelos a comparar.

Y la fase de procesamiento se basó en llevar a cabo el, análisis, interpretación, estructuramiento y ordenamiento de los resultados alcanzados y reflejados en la investigación.

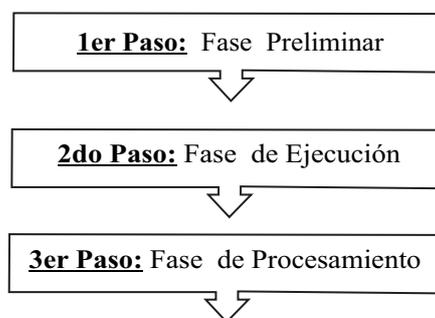


Figura 4: Fases de la investigación

III. RESULTADOS

a. Análisis sísmico

✓ Distorsiones Máximas en X y Y para modelos “A” y “B”:

Modelo “A”: Resultados en los 3 niveles de la estructura para modelo base

Tabla 2: Distorsiones Máximas en X y Y en Modelo “A”

Piso	Dirección “X”	Dirección “Y”
3	0.001006	0.000693
2	0.001017	0.000859
1	0.000541	0.000537

Fuente: Propia

Modelo “B”: Resultados en los 3 niveles de la estructura para modelo de diseño

Tabla 3: Distorsiones Máximas en X y Y en Modelo “B”

Piso	Dirección “X”	Dirección “Y”
3	0.000625	0.00041
2	0.000709	0.000495
1	0.000465	0.000358

Fuente: Propia

✓ Desplazamientos Máximos Laterales en el Último Piso:

Modelo “A”: Resultados en el último nivel de la estructura para modelo base

Sentido “X” = 4.9102 cm

Sentido “Y” = 3.9946 cm

Modelo “B”: Resultados en el último nivel de la estructura para modelo de diseño

Sentido “X” = 3.4437 cm

Sentido “Y” = 2.4154 cm

✓ Cortante Basal:

Modelo “A”: Resultados estático y dinámico para modelo base

Tabla 4: Cortante Basal en Modelo “A”:

	Estático	Dinámico
Sentido “X”	213.0965 ton-f	168.3562 ton-f
Sentido “Y”	213.0965 ton-f	175.2431 ton-f

Fuente: Propia

$$\text{Sentido “X”}: \frac{V_{\text{Dinámico “X”}}}{V_{\text{Estático “X”}}} \geq 80\% \\ \frac{168.3562}{213.0965} * 100 = \mathbf{80\%}$$

$$\text{Sentido “Y”}: \frac{V_{\text{Dinámico “Y”}}}{V_{\text{Estático “Y”}}} \geq 80\% \\ \frac{175.2431}{213.0965} * 100 = \mathbf{82\%}$$

Modelo “B”: Resultados estático y dinámico para modelo de diseño.

Tabla 5: Cortante Basal en Modelo “B”:

	Estático	Dinámico
Sentido “X”	218.8566 ton-f	179.8829 ton-f
Sentido “Y”	218.8566 ton-f	183.4850 ton-f

Fuente: Propia

$$\text{Sentido “X”}: \frac{V_{\text{Dinámico “X”}}}{V_{\text{Estático “X”}}} \geq 80\% \\ \frac{179.8829}{218.8566} * 100 = \mathbf{82\%}$$

$$\text{Sentido “Y”}: \frac{V_{\text{Dinámico “Y”}}}{V_{\text{Estático “Y”}}} \geq 80\% \\ \frac{183.4850}{218.8566} * 100 = \mathbf{84\%}$$

✓ Momento flector:

Modelo “A”: El máximo momento positivo del modelo “A” es de 12.892 para modelo base

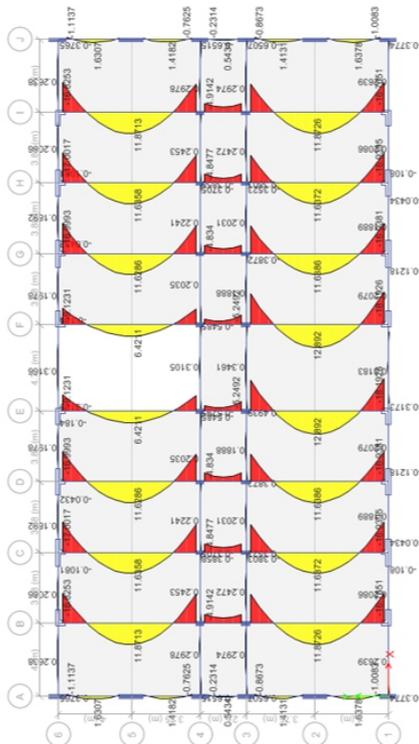


Figura 5: Fases de la investigación

Modelo "A": La máxima fuerza cortante del modelo "A" es de 17.0964 para modelo base

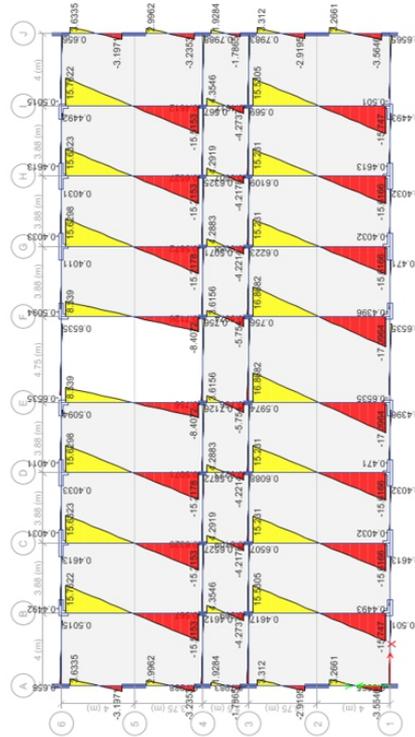


Figura 7: Fases de la investigación

Modelo "B": El máximo momento positivo del modelo "B" es de 8.5591 para modelo de diseño

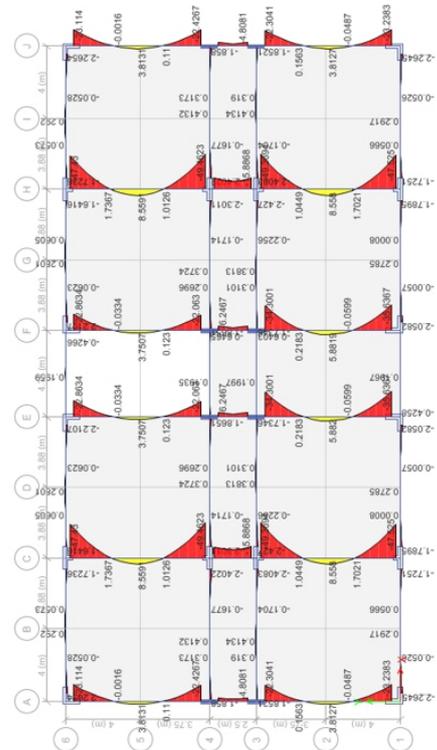


Figura 6: Fases de la investigación

Modelo "B": La máxima fuerza cortante del modelo "B" es de 32.0392 para modelo de diseño

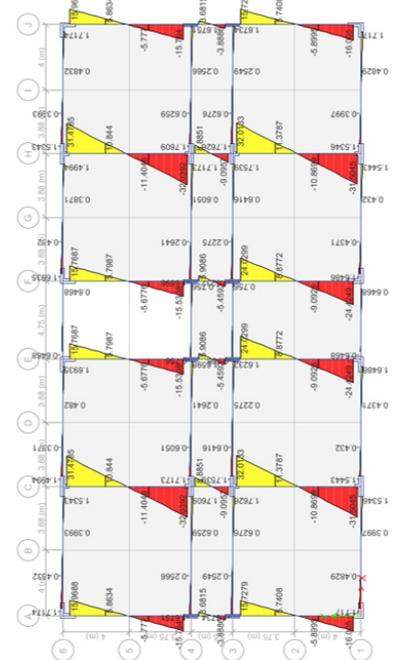


Figura 8: Fases de la investigación

✓ Fuerza Cortante (Elemento Viga – Columna):

b. Análisis de precios

Modelo “A”: Presupuesto en Arquitectura y Estructura para modelo base

Tabla N° 6: Presupuesto Total – Modelo “A”

Descripción	Precio Total
Arquitectura	S/.201,896.07
Estructuras	S/.468,183.83
Costo Directo	S/.670,079.90

Fuente: Propia

Modelo “B”: Presupuesto en Arquitectura y Estructura para modelo base

Tabla N° 7: Presupuesto Total – Modelo “B”

Descripción	Precio Total
Arquitectura	S/.186,974.51
Estructuras	S/.433,680.26
Costo Directo	S/.620,654.76

Fuente: Propia

IV. DISCUSIÓN

Las estructuras “A” y “B” cumplieron con los lineamientos de diseño correcto, así mismo los resultados obtenidos en el análisis sísmico cumplen con las normas estipuladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (2020), con lo cual se puede tener certeza de las similitudes o diferencias de ambos resultados en comparación.

Por los resultados obtenidos en la investigación, se puede decir que estos guardan similitud con lo desarrollado por Gonzáles, Tena y Archundia (2005), en el cual usaron cartelas a un tercio del claro efectivo y un ángulo aproximado de $\alpha = 12^\circ$, con varios ángulos desde $\alpha = 0^\circ$, 3.07° , 6.12° , 9.13° y 12.10° , donde mencionan que el ángulo de $\alpha = 12.10^\circ$ presentó un comportamiento moderadamente no lineal en toda la historia de carga, concluyendo que entre mayor es el ángulo de acartelamiento, se tiene una mejor disipación de energía, puesto que los resultados obtenidos por el modelo “B” en esta tesis presentan mejores resultados estructurales que una viga de sección constante observadas en el modelo “A”, por lo que las vigas de membrana inferior tienen un mejor desempeño estructural que las vigas prismáticas.

En lo descrito por San Bartolomé (1998), donde hace mención que suele colocarse cartelas en los extremos de las vigas, con la finalidad de disminuir las deflexiones y los momentos positivos a costa de incrementar los momentos negativos, esto guarda

similitud con lo obtenido en esta investigación, en la cual, los momentos positivos del Módulo “B” (estructura acartelada) son menores que la del Módulo “A”, por lo que se reafirma lo citado por el autor.

Lo mencionado por Vera (s.f.), en su investigación, donde concluye que vigas con menor peso de edificación por efecto de un acartelamiento, proporciona una mayor rigidez lateral que se comprueba en sus resultados de sus derivas para el análisis sísmico que realizó, de ello podemos decir que el modelo “B” presenta similitud con aquella investigación ya que la estructura acartelada presenta mejores derivas a la del modelo “A” considerando que el peso total de las vigas del modelo de diseño (“B”) es menor que la del modelo base (“A”), lo que demuestra que un acartelamiento proporciona buenas ventajas por la forma de las vigas.

En el Análisis Sísmico, en el apartado Distorsiones Máximas en (X, Y), los resultados del modelo “B” en la dirección “X” al igual que el “Y” están por debajo del límite marcado en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú de 0.007, las cuales presentan en cada uno de sus niveles mejor comportamiento ante un evento sísmico que los resueltos por el modelo “A”, en la dirección “X” en el 1er piso la estructura “B” presenta un mejor comportamiento del 14.05%, al igual que en el 2do piso de un 30.29% y también en el 3er piso un 37.87% mejor que la estructura “A”, en la dirección “Y” de la misma forma tiene mejores resultados que el modelo base, obteniendo en el 1er piso un 33.33%, en el 2do piso un 42% y en el tercer piso un 40.84%, ambas estructuras se comportan de manera eficiente, pero el modelo de diseño acartelado se comporta de mejor forma.

En el apartado de Desplazamientos Máximos Laterales en el último piso, en la dirección “X” el modelo “B” presenta un 29.87% de mejoría con respecto al modelo “A”, en la dirección “Y” el modelo de diseño presenta una optimización del 39.53% con respecto a la estructura base, en este caso en particular al cumplir con los parámetros de las normas peruanas ambos módulos, la que tiende a desplazarse menos ante eventos sísmicos es la estructura “B”

En el cortante basal, ambas estructuras pasan los límites que establecen las normas peruanas, en la dirección “X” el modelo “B” presenta un 2% de mejor respuesta que la del modelo “A”, y en la dirección “Y” también presenta un 2% de mejoría que la del modelo base, por lo tanto, el modelo de diseño tiene una mejor respuesta estructural que la del modelo base.

En los Momentos Flectores se tomó el eje con mayor momento de cada modelo para su comparación, lo cual nos indica que la estructura "B" tiene un mejor desempeño de hasta el 27.91% con respecto a la estructura base.

La fuerza cortante para cada modelo que se tomó fueron las de mayor impacto para ver una clara comparación entre ambas estructuras, en este caso en particular, los resultados arrojados por cada modelo no se podrían comparar tan específicamente ya que ambos modelos tienen un número diferente de apoyos verticales y no se encuentran en estado de igualdad, lo cual afecta al área tributaria que cargan las vigas, por lo tanto ambas tendrían un comportamiento favorable estructuralmente a la cortante, ya que ambas cumplen con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, pero lo dicho por Mörsch, E. (1908) citado por (Herrera, J. 2017), donde hace alusión que, al aumentar el peralte de una viga en la proximidad de los apoyos, mejora la resistencia a cortante debido a: el incremento de la sección transversal y la capacidad del bloque de concreto inclinado a resistir cortante, así también lo descrito por Debaiky y El-Niema (1982) citado por Archundia, H. (2013), donde manifiestan en sus resultados que la contribución a cortante del concreto es función del ángulo de acartelamiento, mientras que la contribución del acero de refuerzo transversal no depende de este, por lo que el Modelo "B" siendo un diseño de membrana inferior (acartelado), presentando incrementos de secciones en los extremos de las vigas, está dentro de lo expuesto por estos autores, debido a que se conoce que cuando una viga necesita resistir a cortante, alguna de las opciones son agregar más refuerzo vertical o incrementar el peralte de la viga, y el Modelo de diseño ("B") tiene peralte de viga que se incrementan hacia los apoyos, a pesar de que los resultados de la Fuerza Cortante Última de la estructura "B" sea mayor que la del Modelo "A", ratificando lo citado.

Nos expone Archundia, H. (2013), que en muchos países la construcción de trabes acarteladas no es factible debido a que encarecen los costos de construcción y que este aumento se atribuye a la contratación de mano de obra calificada para hacer la cimbra (encofrado) así como habilitar el acero de refuerzo; sin embargo en esta investigación, los resultados del presupuesto para el Modelo "B" tiene un costo más bajo que los de la estructura base, pese a que se tomó en consideración que en las partidas de Encofrado y desencofrado de vigas y en el Acero para la misma, tuvieron un incremento en el costo unitario por las razones descritas por el autor, en la cual se obtuvo en la parte de Arquitectura para el modelo "B" un costo menor de 7.39% que la del modelo "A", en cuanto a estructuras, el modelo "B" también presenta un costo menor del 7.37% que la del

modelo "A", y en general el presupuesto del modelo "B" tiene un valor inferior del 7.38% que representa un aproximado de 50 mil soles menos que la del modelo base.

V. CONCLUSIONES

Se obtuvo un diseño estructural en la cual se presenta una transfiguración en las vigas con un acartelamiento a un tercio a cada lado del claro efectivo de la viga con un ángulo de 12°, con la cual se logró hacer una comparación estructural entre modelos "A" y "B" para ver la eficacia de espacios arquitectónicos.

El uso de membranas inferiores en los extremos de las vigas en el modelo de diseño ("B") tuvo mejor rendimiento estructural en general a comparación del modelo base ("A") que solo contó con vigas de sección constante, lo cual concluye que tener acartelamientos en las vigas otorga una mayor eficiencia de espacios arquitectónicos de forma segura y reduciendo la cantidad de elementos verticales (Columnas) en los ambientes.

En el análisis sísmico el modelo "B" (acartelada) tuvo mejores resultados en los siguientes parámetros: Distorsiones Máximas laterales en (X, Y), Desplazamientos Máximos Laterales en el último piso (X, Y), Cortante Basal en (X, Y) y Momento Flector, en el caso de la Fuerza Cortante donde ambas se desempeñan bien estructuralmente y por motivos de desigualdad en las estructuras no se consigue hacer una comparación justa, pero lo mencionado en algunas citas que se realizó en esta investigación, en la que hacen referencia que una contribución importante para el esfuerzo cortante, es el aporte que hace el concreto al tener vigas de peralte más grande cerca a los apoyos, por lo que el modelo "B" al tener vigas de sección variable en toda su estructura encaja en lo descrito por los autores mencionados.

Con respecto al análisis de precios en el área de arquitectura la que menos presupuesto presentó fue el modelo "B", así también en estructuras mostró un costo inferior a la del modelo "A", por lo que en general la que menor costo directo manifestó con un monto menor muy significativo, fue la del diseño acartelado (modelo "B")

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archundia, H. (2013). *Recomendaciones de Diseño a Cortante para Trabes Acarteladas de Concreto Reforzado*. (Trabajo de Grado). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Concreto Reforzado. (Trabajo de Grado).

- Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Condori, G. (2014). *Comparación del Comportamiento Sísmico lineal y no-lineal, en el Análisis y Diseño Estructural de un Edificio Alto, con Disipadores de Energía e Interacción Suelo-Estructura*. (Trabajo de Grado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Enciclopedia de Ejemplos. (2019). *Ficha Técnica*. Recuperado de: <https://www.ejemplos.co/ficha-tecnica/>
- Gonzales, O., Tena, A. & Archundia, H. (2005). *Estudio Experimental del Cortante Estático en Trabes Acartelados de Concreto Reforzado*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Guzmán, J. (2016). *Mecánica de Materiales*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/rosaangellasaavedra-obregon7/vigas-y-columnas-58029431>
- Herrera, J. (2017). *Vigas de Sección Variable y su Influencia en el Comportamiento Estructural en una Vivienda Multifamiliar de la Ciudad de Huancayo 2017*. (Trabajo de Grado). Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú.
- Maya, E. (2014). *Métodos y Técnicas de Investigación*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Navea, E. (2016). *Diagrama de Momento*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/Rorro4/diagrama-de-momento>
- Nialito. (2019). *Costos y Preupuestos - Análisis de Costos Unitarios*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/Nialito/costos-y-presupuestos-analisis-de-costos-unitarios>
- Niño, V. M. (2011). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- RNE. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Editorial Macro.
- Rodriguez Cuevas, D. (2016). *Análisis Sismoresistente Mediante el Método Modal Espectral de un Edificio Habitacional Ubicado en la Comuna de Tomé*. (Trabajo de Grado). Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.
- Saavedra, C. (2016). Verificación del Cortante Basal según Covenin 1756-2001. Recuperado de: <https://saavedraonline.wordpress.com/2016/10/29/verificacion-del-cortante-basal-segun-covenin-1756-2001/>
- San Bartolomé, Á. (1998). *Análisis de Edificios*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Solano, C. (s.f.). *Metrados*. Recuperado de: <https://www.academia.edu/10444253/METRADOS>
- Valencia, J., Valencia, Valencia, G. y Ñamo, P. (2015). *Deriva de Pisol*. Recuperado de: <https://vdocuments.mx/deriva-de-piso-561e7bf581f5e.html>
- Vera, F. (s.f). *Vigas Acarteladas de Concreto Armado, Propuesta para su Aplicación en el Diseño de Edificios Sismoresistentes*. Recuperado de: https://www.academia.edu/37177529/An%C3%A1lisis_de_V%C3%ADgas_Acarteladas_-_Vera_Frank.pdf