

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE SISTEMA PREFABRICADO PARA VIGAS  
MIXTAS ACERO-CONCRETO.**

**Realizado por:**

Agostini López, Nohely Andreina

Urbaz Yeguez, Ángel Enrique.

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
Requisito para optar al Título de:**

**INGENIERO CIVIL**

Cantaura, Diciembre de 2019.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE SISTEMA PREFABRICADO PARA VIGAS  
MIXTAS ACERO-CONCRETO.**

---

**Prof. Jesús Álvarez  
Tutor Académico**

Cantaura, Diciembre de 2019.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE SISTEMA PREFABRICADO PARA VIGAS  
MIXTAS ACERO-CONCRETO.**

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

**APROBADO**

---

Prof. Jhonatan Martínez.  
**Jurado Principal**

---

Prof. Carlos Cermeño.  
**Jurado Principal**

---

Prof. Jesús Álvarez  
**Tutor Académico**

Cantaura, Diciembre de 2019

## RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrían ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.



## **DEDICATORIA.**

En primer lugar debo dedicar esta investigación y toda mi carrera universitaria a ti Dios, por concederme sabiduría, entendimiento e inteligencia. Este logro no hubiese sido posible sin ti señor, gracias por ayudarme a enfrentar las barreras que yo misma me coloque y las que aparecieron en mi camino, me diste la fortaleza necesaria para seguir adelante en los momentos de desaliento y así poder llegar al punto culminante de esta etapa de mi vida.

A ti mami Neudys López, porque eres una madre ejemplar, siempre has estado presente en todos los momentos importantes de mi vida, durante toda mi carrera y por ser mi apoyo incondicional, por guiarme hacia un futuro mejor. Te amo mami.

A mis hermanos Neucarys y William, por estar siempre pendiente de mí, este sueño logrado es también de ustedes. Los amo mucho.

A mi difunto abuelo (papá), Ángel Noel, el cual debe sentirse profundamente orgulloso de mí desde allá arriba en el cielo, gracias por tu amor y tus enseñanzas.

A toda mi familia, porque son personas especiales para mí, también se las dedico.

Nohely A. Agostini L.

En primer lugar le dedico este trabajo a Dios, que nos alienta cada día a seguir adelante y es él quien coloca en nuestros corazones el utilizar lo que aprendemos para el provecho y bienestar de los demás, para que también seamos colaboradores del servicio prójimo enseñándonos que la verdadera grandeza se encuentra en el servicio.

Mas entre vosotros no será así, sino que el que quiera hacerse grande entre vosotros será vuestro servidor". Mateo 20:26.

A mis padres que ciertamente son un regalo del cielo y cada cosa que pueda lograr estaré seguro que ellos serán parte del motor que impulsara este viaje.

Angel E. Urbaez Y.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Le doy las gracias a Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza.

A mi madre Neudys, mi mayor inspiración y mi pilar incondicional, por enseñarme el significado de la perseverancia y estar allí conmigo todos los días, es por ti que soy lo que soy. A mis hermanos, por ser el regalo más preciado que mis padres me han brindado, todos ustedes me han acompañado y apoyado siempre. Doy gracias infinitas a Dios por tenerlos como familia. Los amo.

A mi mejor amiga, Katherine Gómez, que desde el comienzo de este camino ha estado conmigo apoyándome y dándome palabras de aliento para seguir adelante, gracias por tu amistad y por convertirte parte de mi familia, te quiero mucho.

A la Universidad de Oriente, por ser la casa más alta del oriente venezolano, por formarnos como profesionales y contribuir en nuestro desarrollo como personas.

A mi Tutor Jesús Álvarez, por brindarme sus conocimientos y su tiempo para la asesoría de mi tesis de grado. Al profesor Jhonatan Martínez, porque también fue participe para el desarrollo de este proyecto, gracias por compartir conmigo tus conocimientos, fueron mi guía para llevar a cabo este logro. Infinitas gracias.

A todas las personas que de una u otra forma me aportaron información y su colaboración para poder concluir con éxito mi tesis.

Nohely A. Agostini L.

A dios todo poderoso, por darme siempre sabiduría, por ser mi guía espiritual, el mejor único y extraordinario.

A mis padres, por haberme impulsado a alcanzar esta meta y por prestarme todo su apoyo en cada labor que me propongo.

A mi tutor Jesús Álvarez, por la asesoría facilitada durante el tiempo de formulación de la presente investigación.

A la Universidad de Oriente, por ser mí casa de estudio.

A todos aquellos que de alguna manera aportaron a la realización de este estudio, muchas gracias.

A todos, de corazón...Gracias!

Angel E. Urbaez Y.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE SISTEMA PREFABRICADO PARA VIGAS MIXTAS  
ACERO-CONCRETO.**

**Autores:** Nohely Agostini

Ángel Urbaez

Jesús Álvarez

**Tutor**

**Académico:**

**Año:**

2019

**RESUMEN.**

La investigación consistió en la propuesta de un sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto, estableciendo modelos con perfiles kariñas 64x64x5 mm para la idealización de las vigas a partir de modelos matemáticos, de acuerdo a las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10). Se desarrolló una investigación de tipo explicativa con un diseño experimental y documental orientada a profundizar los conocimientos relacionados con la temática planteada. El alcance de la investigación se limitó al ensayo de tres modelos físicos de vigas mixtas prefabricadas acero-concreto simplemente apoyadas a través de diferentes pruebas de carga bajo las exigencias de la American Society of Testing Materials, (ASTME 196-06), se analizó el comportamiento mecánico de las vigas mixtas con el propósito de conocer las deflexiones obtenidas de los ensayos, la teórica y la deflexión arrojada por el programa SAP2000 V20.0.0 de acuerdo a las exigencias establecidas en el código AISC 360-10 y así obtener el porcentaje de diferencia entre cada una de las deflexiones. Finalmente se elaboraron tablas de aplicación para las distintas configuraciones de vigas mixtas acero-concreto y se realizaron comparaciones de costo a su equivalente en vigas de acero con el programa LuloWin para determinar su factibilidad.

Palabras claves: construcción mixta, vigas compuestas, acero-concreto, sistema prefabricado.

## ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN .....	iv
DEDICATORIA. ....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
INDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO I .....	19
EL PROBLEMA.....	19
1.1. Planteamiento del Problema .....	19
1.2. Objetivos de la investigación .....	22
1.2.1 Objetivo General .....	22
1.2.2. Objetivos Específicos .....	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL. ....	23
2.1. Antecedentes .....	23
2.2. Bases Teóricas Referenciales.....	25
2.2.1. Generalidades de la Construcción Mixta.....	25
2.2.2. Cálculo de Propiedades mecánicas de secciones mixtas acero- concreto.....	29
Eje Neutro, Inercia Efectiva y Módulo de Sección Plástica.....	30

2.2.3. Estados límites.....	31
2.2.4. Conectores de Corte.....	34
CAPÍTULO III.....	36
MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. Tipo de Investigación.....	36
3.2. Diseño de Investigación.....	36
3.3. Técnicas y herramientas a utilizar.....	37
3.3.1. Técnica de recolección de datos.....	37
3.4. Herramientas y Equipos.....	38
CAPÍTULO IV.....	40
DESARROLLO Y RESULTADOS.....	40
4.1. Posibles usos de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas en construcciones civiles.....	40
4.2. Modelos de vigas mixtas acero-concreto con perfiles típicos de acuerdo a las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10).....	41
4.3. Comportamiento de vigas mixtas prefabricadas acero-concreto bajo las exigencias del AISC 360-10 y la ASTM 196-06, a partir de los resultados de las pruebas de carga.....	45
4.3.1. Descripción de las pruebas de carga.....	45
4.3.2. Cálculo analítico de las condiciones de ensayo.....	48
4.4. Consulta de la resistencia de los modelos de vigas mixtas acero-concreto, bajo las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10), empleando el “software” SAP 2000 V20.0.0.....	52

4.5. Tablas de aplicación para diferentes configuraciones de vigas mixtas.	56
4.6. Análisis de costo a las vigas prefabricadas, a su equivalente en vigas de acero.....	64
4.6.1. Comparación de la resistencia a flexión de vigas prefabricadas, a su equivalente en vigas de acero.....	64
4.6.2. Presupuesto correspondiente a elaboración de vigas mixtas acero-concreto.....	67
CAPÍTULO V.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1. Conclusiones.....	71
5.2. Recomendaciones.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
HOJAS DE METADATOS.....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Configuraciones de conectores de corte en vigas ensayadas. ....	43
Tabla 2. Dosificación utilizada para el vaciado de las vigas mixtas. ....	43
Tabla 3. Resultado de los ensayos y Comparación de Flechas.....	48
Tabla 4. Propiedades mecánicas del perfil Kariña 64x64. ....	49
Tabla 5. Deflexiones teóricas para cada modelo. ....	51
Tabla 6. Resistencia de conectores de corte (tn) en vigas ensayadas .....	52
Tabla 7. Datos de entrada usados para calcular la deflexión máxima de las vigas con el programa SAP2000 V20.0.0. ....	53
Tabla 8. Comparación de las flechas datos de pruebas de carga y modelos de SAP2000 V19.0.0. Con respecto a la deflexión teórica. ....	56
Tabla 9. Áreas de compresión y tensión en una viga mixta ECO60x60 con tc de 5,00cm y $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ .....	58
Tabla 10. Momentos resistentes de las Secciones Mixtas, para los diferentes espesores de concreto $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ . ....	59
Tabla 11. Cargas resistentes (kg/m) de las Secciones Mixtas, para $t_c = 5 \text{ cm}$ y $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ . ....	60
Tabla 12. Cargas de servicio (kg/m) de las Secciones Mixtas, para $t_c = 5 \text{ cm}$ y $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ . ....	61
Tabla 13. Valores de cargas límites (tn/m) para vigas de espesor $t_c= 5 \text{ cm}$ y $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ . ....	62
Tabla 14. Conectores de corte mínimos por cada viga de 10 mm en forma de "U", para la fabricación de las vigas mixtas.....	63

Tabla 15. Comparación de resistencia y peso de tubulares perfiles mixtos acero-concreto.....	65
Tabla 16. Resumen de costos de modelos de vigas mixtas acero-concreto.	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deformación típica AC y ANC en viga. ....	29
Figura 2. Modelos de vigas mixtas con diferentes configuraciones de concreto. ....	43
Figura 3. Dimensiones de conectores de corte. ....	43
Figura 4. Esquema de soldadura de conectores de corte al perfil. ....	44
Figura 5. Proceso de Construcción de vigas mixtas: 1) Conectores de corte. 2) Limpieza de corrosión con esmeril a la parte superior del perfil kariña. 3) Soldadura de conectores al perfil 4) Encofrado, 5) Vaciado de las vigas.. ...	44
Figura 6. Modelo matemático para ensayo de vigas mixtas. ....	46
Figura 7. Ensayo de las vigas mixtas. 1) Nivel con láser incorporado para medir la deflexión, 2) Hoja guía o patrón de medición, 3) Esquema del ensayo, 4) Regla graduada para medir los litros de agua.....	47
Figura 8. Esquema del ensayo. ....	47
Figura 9. Perfil kariña. 1) Sección de concreto de 5 cm, 2) Sección de concreto de 7.5 cm, 3) Sección de concreto de 10 cm con el programa Sap2000 V20.0.0. ....	53
Figura 10. Modelo estructural en SAP2000. ....	54
Figura 11. Resultado de deflexión máxima del Modelo 1 en SAP2000 V20.0.0.....	54
Figura 12. Resultado de deflexión máxima del Modelo 2 en SAP2000 V20.0.0.....	55
Figura 13. Resultado de deflexión máxima del Modelo 3 en SAP2000 V20.0.0.....	55

Figura 14. Resultado de deflexión máxima del Modelo 4 en SAP2000 V20.0.0.....	55
Figura 15. Esquema de referencia para el cómputo de propiedades geométricas de viga mixta. ....	58
Figura 16. Dimensiones de conector de corte recomendado.....	64
Figura 19. Presupuesto correspondiente a elaboración de viga mixtas acero-concreto con $t_c = 5\text{cm}$ .....	69

## INTRODUCCIÓN

Durante décadas, en la ingeniería civil el hombre ha estudiado e incluido diversas prácticas en lo que se refiere a la construcción, buscando generar soluciones que beneficien al mismo ya que la población se ha visto afectada por diferentes problemas, específicamente por la deficiencia de producción de materiales, generando que las construcciones se vean afectadas al no contar con los recursos para su ejecución, trayendo como consecuencia el alza de los costos de algunos materiales, razón por la cual se genera un decrecimiento en la ejecución de obras civiles.

Ante esta situación real, surge la idea de crear un elemento mixto acero-concreto que trabajará en modo de viga, variando el espesor de la sección de concreto a partir de modelos matemáticos con el propósito de conocer las características que logren aumentar su resistencia y estudiar el comportamiento mecánico de la misma.

Es por ello, que el presente proyecto tiene como finalidad proponer un sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto, aportando una herramienta fácil y sencilla, abriendo nuevos caminos para el sector de la construcción a la que se les presenten situaciones similares a la que aquí se plantea, sirviendo como referencia para sentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática aquí especificada, empleando los requisitos establecidos en la norma de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN 1618-98), el Instituto Americano de Construcciones en Acero (AISC), el código de diseño “Especificación para edificios de acero estructural” (AISC 360-10).

El siguiente proyecto está estructurado por 5 capítulos. En el capítulo I se aborda el planteamiento del problema, incluyendo el objetivo general y los objetivos específicos que se establecieron. El Capítulo II corresponde al

marco teórico referencial, el cual se encuentra conformado por los antecedentes y las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la investigación. Por otra parte, en el Capítulo III se describe la metodología adoptada en la ejecución de la investigación. El Capítulo IV incluye los resultados obtenidos y, finalmente, en el Capítulo V se plantean las conclusiones y recomendaciones inherentes al estudio realizado.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Hoy en día, el sector construcción en el país se ha visto afectado por problemas de diferente índole, principalmente por la baja producción en la industria nacional, el aumento del costo de los materiales y su disponibilidad en el mercado, como en el caso de los perfiles de acero y tubulares estructurales utilizados como columnas o vigas en la construcción de una obra determinada, generando un decrecimiento en la ejecución de obras civiles, que las mismas se paralicen o que algunas simplemente no puedan empezar.

Por tal motivo, se estudió el comportamiento mecánico de un elemento mixto acero-concreto que trabajará a modo de viga, con el propósito de conocer las características que lograran aumentar su resistencia, verificando el comportamiento de la viga mixta para las condiciones de servicio, empleando los requisitos establecidos en la Norma de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Estructuras de acero para edificaciones, Método de los estados límites (COVENIN 1618-98), y por el Instituto Americano de Construcciones en Acero (AISC), en el código de diseño Especificación para edificios de acero estructural (AISC 360-10), logrando indicar mediante este estudio qué espesor necesitará tener la sección de concreto que estará apoyada sobre el perfil de acero para que el elemento mixto alcance su máxima resistencia y así ofrecer una solución alternativa ante el problema de escasez y altos costos hoy en día.

Por lo tanto, el estudio se enfocó específicamente en dos etapas, en la primera se procedió a realizar cálculos analíticos del eje neutro, inercia

efectiva, conectores de corte, entre otros; donde se describió el comportamiento mecánico de los diferentes modelos de vigas mixtas, variando el espesor de la sección de concreto para la idealización de las vigas a partir de modelos matemáticos. En la segunda y última etapa, se procedió a realizar ensayos de carga a los diferentes modelos de vigas mixtas y se verificó el comportamiento para las condiciones de servicio mediante la observación directa del elemento en estudio, establecidas en el Código (AISC 360-10) y la American Society of Testing Materials, Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM 196-06), de manera experimental verificando las deflexiones máximas para cada caso.

Teniendo en cuenta que el trabajo tuvo como alcance planteado determinar los diferentes usos para las vigas mixtas prefabricadas acero-concreto, ensayando cuatro modelos físicos de vigas mixtas simplemente apoyadas a través de pruebas de carga para conocer las características que las vigas deberían poseer en cuanto a espesores de la sección de concreto, cantidad de conectores de corte, diámetros y distancias, para que la viga mixta pueda tener una resistencia igual o mayor que una viga de acero de mayores proporciones en relación a la utilizada en el elemento mixto, y por último, comparar el costo de ambas para determinar su factibilidad.

Cabe destacar que la propuesta de sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto, es la única en su tipo, ya que son vigas prefabricadas independientes del sistema de entrepiso o techo y la misma comprendió ensayos a través de pruebas de carga para conocer el comportamiento mecánico de dicho elemento mixto y con esto determinar qué altura deberá poseer la sección de concreto para alcanzar la máxima resistencia del elemento como un todo. Para ello, se contó con tablas comparativas de porcentajes de aumento de resistencia de las vigas mixtas a medida que se vaya variando la sección de concreto.

Con base en lo planteado hasta ahora, esta investigación quedará como referencia para aquellos estudiantes de la Universidad de Oriente, que deseen profundizar en el tema, ya que se apropiarán de conocimientos, habilidades, destrezas y herramientas; a su vez, aportará una solución ante los problemas que se les presenten a diversas personas, entes públicos y privados al no contar con todos los materiales al momento de construir, creando un elemento estructural a base de dos materiales principales acero-concreto, que trabaje monolíticamente, en este caso una viga mixta en lugar de hacerlo bajo un diseño convencional, elaborándola de concreto armado o de acero y con esto aportar un nuevo enfoque a la solución de dicho problema de escasez.

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

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer un sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los posibles casos de usos de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas en edificaciones.
- Establecer modelos de vigas mixtas acero-concreto con perfiles típicos de acuerdo a las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10).
- Analizar el comportamiento de vigas mixtas prefabricadas acero-concreto bajo las exigencias del AISC 360-10 y la ASTM 196-06, a partir de los resultados de las pruebas de carga.
- Consultar la resistencia de los modelos de vigas mixtas acero-concreto, bajo las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10), empleando el “software” SAP2000 V20.0.0.
- Elaborar una tabla de aplicación, para diferentes configuraciones de vigas mixtas.
- Preparar análisis de costo a las vigas prefabricadas, a su equivalente en vigas de acero aplicando el programa LuloWin.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.**

#### **2.1. Antecedentes**

Para ejecutar la investigación se tomaron como base de referencia algunos trabajos de grado representando un aporte para soportar el contenido teórico, además proporcionaron soluciones que podrían ayudar a resolver la problemática estudiada, planteando estrategias diferentes, de manera que permitieran lograr la elaboración del presente estudio.

Coronel (2016), realizó un trabajo de investigación para la Universidad de Cuenca, tuvo como objetivo guiar a todos los profesionales interesados en incrementar sus conocimientos e incursionar en cálculo y diseño de elementos estructurales usando secciones mixtas, aportando información valiosa. En razón de lo anterior, la consulta de este trabajo fue necesario ya que las ecuaciones y otras consideraciones de diseño de conectores de corte utilizados en las vigas mixtas son tomadas del código de diseño Especificación para edificios de acero estructural (AISC 360-10), lo cual aportó una gran ayuda, ya que el siguiente trabajo se rigió bajo las exigencias del mismo código.

De igual forma, Rivas y Vinueza (2015), plantearon el análisis de elementos de sección compuesta formados por una viga metálica y una viga de concreto, unidos mediante conectores de corte soldados al patín superior de la viga metálica, la viga de concreto es maciza y colada directamente sobre la viga metálica. El objetivo de su trabajo fue determinar analíticamente valores de resistencia a la flexión plástica y elásticamente, ductilidad de los elementos, rigidez de las secciones, efecto de los conectores de corte y compararlos con los valores experimentales obtenidos en laboratorio. El

sistema estructural es interesante debido a que supone el aporte de la viga a la capacidad a flexión de la viga metálica sola.

Cabe destacar, que la investigación realizada por los autores fue de gran ayuda para el proyecto propuesto, ya que para el análisis se diseñan modelos físicos que se someten a ensayos a través de pruebas de carga para conocer las características del elemento compuesto, lo cual muestra todas las consideraciones tomadas por los mismos.

Del mismo modo, Moscoso (2014), escribe en su trabajo de investigación que en Perú, la mayoría de los grandes centros comerciales y edificios de oficinas, fueron construidos en esos últimos años mediante sistemas compuestos a base de acero estructural y concreto, estos en elementos como columnas y vigas. Investigaciones indican que esto se realizaba desde inicios del siglo XIX y XX, cuando el concreto se utilizaba para la protección como recubrimiento del perfil de acero. Afirma que el análisis y diseño de estos elementos en sus diferentes variedades, necesita el uso de un programa computacional para la demanda de tiempo en la realización de un proyecto, siempre y cuando se tenga el conocimiento de su comportamiento.

El trabajo está basado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente en la Norma E.090 de Estructuras Metálicas, y esta a su vez, en las Especificaciones del Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC) y el manual Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD), en lo relacionado al diseño de vigas y columnas compuestas, lo cual es de mucha ayuda ya que se obtiene gran información en lo que respecta al diseño de vigas compuestas y las consideraciones que se deben tomar en cuenta para el mismo.

Por otra parte, Arquitectura en Acero (2013), publicó que las construcciones mixtas permiten optimizar el trabajo de cada uno de los componentes (el acero a tracción o compresión y el concreto a compresión),

logrando atractivas soluciones desde el punto de vista de la estructura como del diseño. Además de ello, el artículo plantea que una construcción mixta en Chile, fue diseñada mediante un sistema prefabricado en planta, las columnas, vigas y arriostramientos se prefabricaron en base a un núcleo interior en perfiles soldados en dimensiones según cálculo, que se complementan con las barras de refuerzo del concreto, aportando información relevante acerca de algunos usos dados a elementos prefabricados de sección mixta acero-concreto para las obras civiles, la cual sirvió de apoyo para el desarrollo de la investigación.

## **2.2. Bases Teóricas Referenciales**

### **2.2.1. Generalidades de la Construcción Mixta.**

#### **Construcción Mixta.**

Fratelli (1991), indica que las construcciones mixtas o compuestas son las que combinan en sus miembros dos o más materiales interconectados entre sí, aprovechando las características resistentes propias de cada uno, para lograr un mejor trabajo en conjunto. Diferentes materiales pueden ser empleados para obtener miembros mixtos, tales como acero y concreto, madera y concreto, acero y madera, o plásticos reforzados con fibras. También los miembros pueden estar formados por perfiles de distintas calidades de acero (secciones híbridas), o combinar diferentes calidades de concreto.

Partiendo de las definiciones antes mencionadas por el autor, es importante resaltar que la idea principal de las construcciones mixtas es la interconexión entre los materiales a través de los conectores de corte,

encargados de transmitir esfuerzos entre el concreto y el acero con el fin de que el elemento mixto trabaje monolíticamente.

Las vigas son miembros estructurales que soportan cargas transversales a su eje longitudinal y están sometidas a flexión pura, flexión y corte o combinada con fuerzas axiales o torsión. Se designan vigas mixtas a las vigas de acero interconectadas con la placa de concreto armado que soportan y resisten en conjunto las solicitaciones de flexión.

El concreto es un material compuesto empleado en construcción por una mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente en la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material homogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Navarrete (2003) define el acero como el resultado de la combinación del hierro y pequeñas cantidades de carbono, que generalmente es menor al 1% y pequeños porcentajes de otros elementos, siendo uno de los materiales estructurales más importantes, ya que es de alta resistencia en comparación con otros materiales estructurales, otras de sus propiedades es la uniformidad ya que no cambia apreciablemente con el paso del tiempo.

El sistema prefabricado es un sistema de construcción basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que se llevan a su posición definitiva para montar la edificación tras una fase de montaje simple, precisa, no laboriosa y las operaciones en el terreno son esencialmente de montaje, y no de elaboración. Una buena referencia para conocer el grado de prefabricación es la de valorar la cantidad de residuos generados en la obra; cuanta mayor cantidad de escombros y suciedad, menos índice de prefabricación presenta el inmueble.

Del mismo modo, de acuerdo a lo establecido en las definiciones por el autor, en lo que respecta a las vigas mixtas prefabricadas, estas serán elementos que facilitaran la rapidez de construcción y el ahorro en cuanto al factor económico, encofrado y tiempo de avance en la obra desde el punto de vista constructivo, obteniendo con el uso de vigas prefabricadas rapidez y economía al momento de construir.

### **Ventajas y desventajas de las secciones mixtas.**

Las ventajas en el uso de construcción mixta, son descritas por Coronel (2016) como las siguientes:

- Menor costo de construcción: es el resultado de la mayor rapidez de construcción, además del posible ahorro de encofrados. El uso de elementos de menor peralte permite reducir la altura entre pisos, con el consiguiente ahorro en elementos no estructurales, acabados y sobre todo en la disminución del peso total de la estructura.
- Rapidez de construcción: es posible avanzar con la estructura de acero sin necesidad de esperar por el curado del concreto.
- Es el método más empleado para el reforzamiento estructural.
- El concreto, además de su colaboración estructural, sirve como protector del acero ante la corrosión y el fuego.

De igual manera, existen también ciertas desventajas en la construcción mixta que deben mencionarse:

- Durante la construcción, es necesario combinar dos especialidades (construcción en concreto y construcción en acero) trabajando al mismo tiempo, lo que complica la programación y ejecución de la obra.
- Se debería hacer un estudio adicional para analizar la posibilidad de presencia de vibración de las estructuras.

- Cálculo estructural más complejo, por ejemplo el efecto de fenómenos como el flujo plástico y la retracción del concreto pueden ser mayores que en el caso de estructuras solamente de concreto armado.

Según Pineda (2005), el autor plantea las siguientes definiciones:

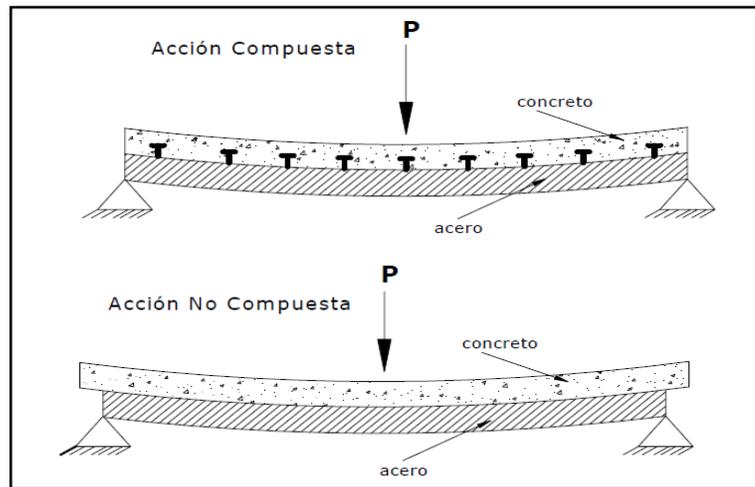
### **Conexión de Interfase**

Existen múltiples maneras o métodos constructivos para lograr la unión de los elementos que conforman el elemento compuesto. La unión de los dos materiales diferentes es de vital importancia para que el elemento final funcione como un todo. Si esta conexión no está bien hecha, cada uno actuará como una estructura independiente con las complicaciones que puede traer al ser concebida como un elemento único.

En la zona de la interfase se desarrolla una sollicitación que es perpendicular a las superficies que se encuentran en contacto. En el caso de las vigas compuestas, esta sollicitación se conoce con el nombre de cortante horizontal, el cual deberá ser asumida por un dispositivo que evite el desplazamiento relativo entre ambas superficies, a estos dispositivos se les denomina conectores de cortante.

### **Interacción Concreto-Acero.**

En los elementos de sección compuesta es necesario que exista una conexión entre el concreto y el acero (ver figura 1). Hablando de los sistemas de piso, existe una cierta conexión entre el patín superior de la viga de acero y el fondo de la viga de concreto debido a la adherencia y fricción entre el concreto y el acero, y bajo una carga pequeña la viga de acero se deflexiona menos que si no hubiera interacción con el concreto.



**Figura 1. Deformación típica AC y ANC en viga. Fuente: Pineda. (2005).**

Con esta interacción no resulta suficiente, a menos de que se tenga un embebido completo, para absorber las fuerzas de corte, se opta por la utilización de los conectores de cortante, los cuales se oponen a esta fuerza. Cuando existe esta interconexión, los esfuerzos en el acero varían a lo largo del elemento, ya que son prácticamente proporcionales a la magnitud del esfuerzo flexionante. Si no se presenta esta interconexión, los esfuerzos en el acero son constantes a lo largo de todo el claro, ya que como el acero está libre, el elemento se comporta como un arco atirantado y no como una viga.

### **2.2.2. Cálculo de Propiedades mecánicas de secciones mixtas acero-concreto.**

#### **Relación Modular**

Para realizar la equivalencia entre ambos materiales, es decir, cuanta área de concreto es necesaria para resistir el valor en un área de acero, de forma proporcional, para ello se debió cuantificar la relación modular para transformar la resistencia del concreto a una resistencia equivalente de

acero, transformando la sección real acero-concreto en una sección equivalente homogénea, calculándose entre los módulos de elasticidad de acero y del concreto, a partir de la ecuación:

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$E_s$  = Módulo de elasticidad del acero ( $2,10 \times 10^6$  kgf/cm<sup>2</sup>)

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto ( $15.100,00 \bar{F}_c$  kgf/cm<sup>2</sup>).

### **Eje Neutro, Inercia Efectiva y Módulo de Sección Plástica**

Para cuantificar la ubicación del eje neutro y la inercia en secciones compuestas se aplicará la teoría de Steiner o de los ejes paralelos que nos permite calcular centroides y momentos de inercia a cualquier eje referencial, adicionalmente se debe considerar la relación modular para tomar en cuenta la sección transformada. A partir de ello, se calculará la ubicación del eje neutro y la inercia efectiva de la sección, tomando como referencia el centro de gravedad del perfil, aplicando la siguiente ecuación:

$$y = \frac{\frac{b_e \cdot t_c}{n} y_c}{\frac{b_e \cdot t_c}{n} + A_p} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$I_{efec} = I_p + A_p y^2 + \frac{b_e (t_c)^3}{12} + \frac{b_e}{n} (t_c) (y - y_c)^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$b_e$  = Ancho equivalente de la sección de concreto.

$n$  = Relación modular acero-concreto.

$y_c$ = Distancia del eje de la sección de concreto al eje neutro de la sección del perfil.

$A_p$ = Área del perfil.

$I_p$ = Momento de inercia del perfil.

$A_p$ = Área del perfil.

$y$ = Eje neutro de la sección al eje perfil

$t_c$ = Espesor de la sección de concreto.

$$S_x = \frac{M_n}{1,25 F_y} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$M_n$ = Momento nominal.

$F_y$  = Resistencia de cedencia del acero.

### 2.2.3. Estados límites.

#### Estado límite de servicio.

Las propiedades de las vigas mixtas necesarias para determinar su flecha se calcularán según la convencional teoría elástica de concreto reforzado, transformando las áreas de acero en áreas equivalentes de concreto. El momento de inercia a utilizar será el promedio de los valores calculados suponiendo la sección de concreto agrietada y no agrietada. Las propiedades de la sección de acero se calcularán conforme a la norma para perfiles formados en frío. Se utilizarán las siguientes ecuaciones para verificar la serviciabilidad de las condiciones de servicio:

$$\Delta = \frac{P_x a}{6EI} \frac{3}{4} L^2 - a^2 \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\Delta_{limite} = \frac{L}{240} > \Delta_{CV+CP} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

a = Distancia del apoyo a la carga.

CV= Sobrecarga variable.

CP= Sobrecarga permanente.

L= Longitud del tramo estudiado.

E<sub>s</sub>= Módulo de elasticidad del acero (2,10x10<sup>6</sup> kgf/cm<sup>2</sup>).

I<sub>efec</sub>= Momento de inercia de la sección mixta.

### **Estado límite de resistencia.**

Según AISC (2010), establece en sus parámetros o criterios de análisis y diseños de vigas en sección mixta acero-concreto, previendo el comportamiento mecánico para los distintos casos, en función de la posición o profundidad del eje neutro, estableciendo así tres casos generales de análisis con sus condiciones particulares:

#### **Caso I. Eje neutro en la viga de concreto.**

Los esfuerzos de compresión en la viga de concreto tienen una pequeña variación entre el eje neutro plástico y la parte superior de la viga. Sin embargo, para simplificar los cálculos, estos esfuerzos se suponen con un valor constante igual a 0,85F<sub>c</sub> sobre un área de profundidad de “a” y ancho “be”. Ésta distribución se escoge para proporcionar un bloque de esfuerzos que tenga la misma compresión total C\* y el mismo centro de gravedad para la fuerza total que el que se tiene en la viga real. Si “a” es igual o menor que el espesor de la viga, el eje neutro plástico recae en la

viga y la capacidad por momento plástico o nominal de la sección compuesta puede expresarse como la tensión total  $T$  o la compresión total  $C^*$ , multiplicada por la distancia entre sus centros de gravedad.

### **Caso II. Eje neutro en el patín superior de la viga de acero.**

Si se calcula “ $a$ ” como se describió previamente y es mayor que el espesor  $t$  de la viga, el eje neutro plástico (ENP) quedará en la sección del acero. Si esto ocurre, será necesario determinar si el ENP recae en el patín o debajo de él. Supongamos que se encuentra en la base del patín la fuerza de compresión total  $C$  es igual a  $0,85f'c b e t + A_f F_y$  en donde  $A_f$  es el área del patín y la fuerza total de tensión es  $T = f_y (A_s - A_f)$ . Si  $C$  es mayor que  $T$ , el ENP estará en el patín. Si  $C < T$ , el ENP quedará por debajo del patín.

### **Caso III. Eje neutro en el alma de la sección de acero.**

Para una sección compuesta determinada encontramos que “ $a$ ” es mayor que el espesor de la viga, suponemos que el ENP se localiza en el alma del perfil de acero, calculamos  $C^*$  y  $T$  y resulta que  $C^*$  es mayor que  $T$ , entonces el ENP recaerá en el alma. Podemos efectuar cálculos similares a los que usamos para el caso en donde el ENP se localizaba dentro del alma del perfil.

### **Condiciones generales para el análisis en Caso III.**

La fuerza  $C^*$  y  $T$  se calculan aplicando las condiciones de equilibrio interno de la sección, considerando el cálculo de la resistencia de los esfuerzos de tensión y compresión a partir del eje neutro, estas fuerzas generan momentos de equilibrio interno a partir de los centros geométricos

de las zonas de compresión y tracción al eje neutro de la sección. Lo anteriormente descrito se resume a partir de las siguientes ecuaciones:

$$C^* = 0,85f'c b_e t_c + FyA_{p_{comp}} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$T = FyA_{p_{tension}} < C^* \quad \text{Ecuación 8}$$

$$M_R = 0,85f'c b_e t_c \left( \frac{t_c}{2} + \frac{H}{2} - y \right) + FyA_{p_{comp}} y_1 + FyA_{p_{tension}} y_2 \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$A_{p_{com}}$ = Área del perfil en compresión.

$A_{p_{tension}}$ = Área del perfil en tensión.

$y_1$ = Distancia del centroide del área comprimida del perfil al eje neutro de la sección.

$y_2$ = Distancia del centroide del área tensionada del perfil al eje neutro de la sección.

#### 2.2.4. Conectores de Corte.

##### Esfuerzo de corte.

El corte horizontal total en el plano de unión de la viga de acero se supondrá transferido por conectores de corte soldados al ala superior de la viga y embebidos en el concreto. Para la acción compuesta total con el concreto sometido a compresión flexional, el corte horizontal total a ser resistido entre el punto de momento máximo positivo y los puntos de momento nulo, se tomará como el menor valor al usar las siguientes ecuaciones:

$$V_h = 0,85f'cAc \quad \text{Ecuación 10}$$

$$V_h = AsF_y \quad \text{Ecuación 11}$$

El valor de  $V_h$  será el menor valor de expresión obtenida de las ecuaciones 10 y 11.

$$q = 0,5A_{sa} \sqrt{f'c E_c} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$A_c$  = Área de la sección de concreto dentro del ancho efectivo,  $cm^2$

$V_h$  = Fuerza cortante tota

$A_c$  = Área real del ala efectiva de concreto, ( $cm^2$ ).

$A_s$  = Área de la viga de acero, ( $cm^2$ ).

$A_{sa}$  = Área de la sección transversal del esparrago de corte,  $cm^2$

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto =  $15100 \sqrt{f'c}$ ,  $kgf/cm^2$ .

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de Investigación.**

Para garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y sólidos, además de cumplir con los objetivos planteados, el marco metodológico debe brindar un plan sistematizado de trabajo donde se busque identificar o señalar el tipo y diseño de investigación, los lineamientos y los métodos específicos que servirán para establecer las técnicas de recolección de los datos y la técnica de análisis de los mismos.

El tipo de investigación que se utilizó en este proyecto es explicativa, debido a que, según Arias, F (2006), la investigación explicativa “busca el porqué de los hechos mediante la relación causa-efecto. En este sentido los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”, y en la presente investigación se logró desarrollar una metodología de diseño para vigas mixtas acero-concreto de diferentes configuraciones basadas en ensayos, de manera que la misma cumpla con los requerimientos de resistencia y a su vez sirva como alternativa a la escasez y el aumento del alto costo de los materiales.

#### **3.2. Diseño de Investigación.**

Este estudio puede ser clasificado como una investigación experimental, ya que se tomaron los datos directamente de ensayos a las vigas mixtas prefabricadas de acero-concreto. Arias, F (2006), acota que la

investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

De igual manera la presente investigación es catalogada como documental, debido a que la misma tuvo soporte en gran parte de la obtención de algunos basamentos teóricos relacionados al tema que fueron previamente investigados y analizados. Arias, F (2006), expresa que la Investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. Por lo que el diseño de la investigación es mixto, es decir, un diseño de investigación experimental y documental.

### **3.3. Técnicas y herramientas a utilizar.**

En todo trabajo de investigación es necesario definir y establecer las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados. De acuerdo con los objetivos establecidos y en función del tipo de diseño de investigación se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos.

#### **3.3.1. Técnica de recolección de datos.**

Revisión documental: se obtuvo información de importancia sobre los puntos relevantes en el estudio. Se consultaron distintas referencias bibliográficas, manuales, y normas tales como:

- Norma COVENIN 1618-98 Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites.
- Norma AISC 360-10 Especificación para edificios de acero estructural.
- Proyectos Estructurales de Acero de María Graciela Fratelli.
- American Society of Testing Materials, Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTME 196-06).

**Análisis matemático de vigas mixtas acero-concreto:** en base a la bibliografía técnica especializada se aplicó esta técnica al modelo físico continuo para diversos casos de discretización del mismo. Para este análisis se empleó el “Software” SAP 2000 V20.0.0 de la empresa Computadores y Estructuras, Inc (CSI).

**Técnicas de análisis de resultados:** para el análisis de los datos se utilizó la técnica del análisis cualitativo, donde se describió las características de la viga y su comportamiento al ser sometidas a pruebas de carga y el análisis cuantitativo para plasmar los resultados obtenidos que fueron necesarios para describir las condiciones mecánicas a las cuales trabajará la viga y los resultados obtenidos se plasmaron en tablas de aplicación, así como también por medio de gráficos.

#### **3.4. Herramientas y Equipos.**

- Dispositivo de almacenamiento masivo (pendrive) de 8.0 Gigabytes.
- Computador portátil y de mesa (laptop Sony Va y pc de escritorio marca VIT).
- Impresora Láser HP DeskJet D2400 series.
- Cámara Fotográfica.

- Nivel con láser incorporado.
- Vernier digital.
- Cinta métrica y otras herramientas de medición
- Herramientas de oficina: hojas de máquina, lápices, bolígrafos, entre otros.
- Programas de “Software” (SAP2000 V20.0.0, Lulowin, Autocad 2015 y Microsoft word 2010).

## **CAPÍTULO IV.**

### **DESARROLLO Y RESULTADOS.**

#### **4.1. Posibles usos de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas en construcciones civiles.**

Inicialmente se identificaron las posibles aplicaciones en el uso de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas en las construcciones civiles, por lo que es bien sabido que el uso de vigas mixtas disminuye significativamente el tamaño de las secciones transversales útiles en los elementos de acero, es por ello, que podemos afirmar que en cualquier proyecto estructural en donde las exigencias de resistencia en las vigas sea considerable lo que justificaría la aplicabilidad de este tipo de elementos, lo que se traduciría en una reducción sustancial en los costos.

En el mismo orden de ideas, los proyectos civiles donde sus parámetros y limitantes principales sean el tiempo y el costo, es decir, que se requiera rapidez de ejecución y se cuente con recursos financieros limitados, estas características se encuentran relacionadas intrínsecamente con proyectos de índole social (viviendas, apartamentos, dispensarios, escuelas rurales, etc.), también, proyectos de obras temporales de servicios y equipamientos en casos de emergencia, catástrofes y amenazas naturales, en donde sea imperativo ejecutar el trabajo por razones de emergencia o causa mayor.

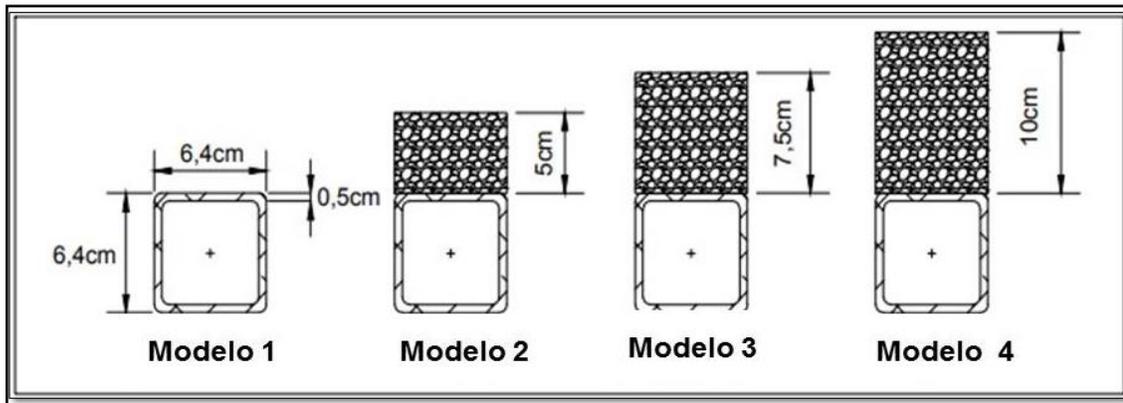
Por consiguiente, el sistema en estudio puede ser aplicado como alternativa en múltiples soluciones estructurales como pórticos a corte de edificaciones, pórticos resistentes a momentos de baja a mediana capacidad, clasificadas por la Norma Covenin 1756-2001 Edificaciones Sismorresistentes como nivel de diseño 2 y nivel de diseño 1 (ND2 a ND1), sistema de vigas principales en puentes de vías rurales y de penetración

(puentes petroleros), donde la cubierta sean láminas de acero y/o rejillas tipo grating, en pasarelas, plataformas peatonales e industriales y soportes para tuberías.

En resumen a lo antes descrito, podemos afirmar que existe una gran cantidad de proyectos en los cuales es factible la aplicabilidad del sistema de vigas mistas acero-concreto prefabricadas en sus sistemas de vigas principales y secundarias basadas en su buen desempeño estructural, alcanzando resistencias adecuadas con secciones de acero con menor peso y actividades de ensamblaje en obra de menor tiempo.

#### **4.2. Modelos de vigas mixtas acero-concreto con perfiles típicos de acuerdo a las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10).**

En esta nueva fase del proyecto se procedió a definir y establecer los modelos de especímenes para las vigas mixtas a ensayar, los cuales se encuentran definidas a partir de perfiles tubulares recuperados de líneas petroleras, formados en frío, los cuales son elaborados por la fábrica recuperadora de tubos Kariña. El perfil utilizado es el perfil Kariña 64x64x5 mm, sobre el mismo se elaboraron secciones de concreto de 5, 7.5 y 10 cm de espesor, de una resistencia de  $f'_c = 180 \text{ kg/cm}^2$  y para que exista transferencia de esfuerzos entre el concreto y el acero sobre la base del perfil se soldaron longitudinalmente alambrones estriados de 7mm que trabajarían a modo de conectores de corte. Se desarrollaron 4 especímenes de ensayo los cuales fueron nombrados Modelo 1, Modelo 2, Modelo 3 y Modelo 4 (ver figura 2).



**Figura 2. Modelos de vigas mixtas con diferentes configuraciones de concreto.**  
Fuente: Autores.

Continuando con el desarrollo del trabajo, se fabricaron los modelos de ensayo con las características ya descritas anteriormente tomando en cuenta las consideraciones establecidas en la AISC (2010), usos prácticos de ingeniería y buenas prácticas constructivas durante el procedimiento de diseño de las vigas mixtas acero-concreto, los cuales se describen a continuación:

En el proceso constructivo para que existiese la acción mixta acero-concreto, primeramente se procedió a establecer las dimensiones de los conectores de corte elaborados con alambrión estriado de 7mm de diámetro con una resistencia de  $2300 \text{ kgf/cm}^2$ , los cuales fueron cortados con una tronadora y a su vez sometidos a un proceso de doblado dándole un acabado final en forma de "U" (ver figura 3), distribuidos uniformemente y medidas diferentes para cada uno de los especímenes los cuales fueron fijados con soldadura de filete de 3mm (ver figura 4), utilizando electrodo E6013 con una resistencia de  $4.220 \text{ kgf/cm}^2$  de (ver tabla 1), garantizando que durante el proceso de la misma el conector se fundiera al perfil (ver figura 5). En relación con esto último, después del proceso de diseño, se procedió al encofrado y posterior vaciado del concreto con macrofibra, el cual

cuenta con las características mostradas en la tabla 2 para una resistencia de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ . El curado del concreto de las vigas mixtas se realizó colocando sobre el mismo cartón y humedeciéndolo una vez al día durante 7 días continuos posterior al vaciado.

**Tabla 1. Configuraciones de conectores de corte en vigas mixtas ensayadas.**

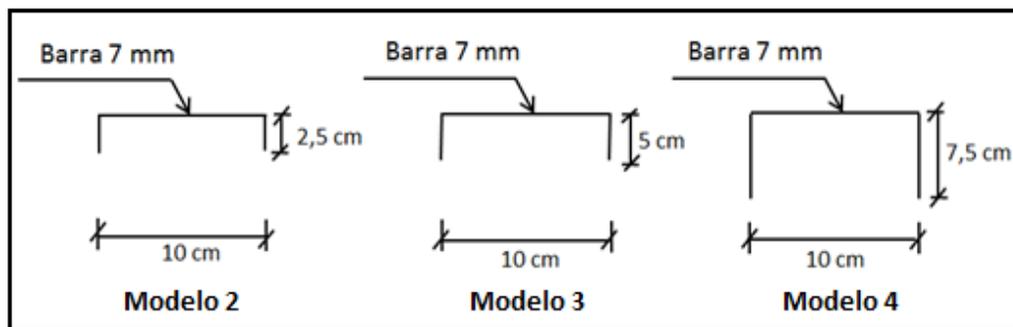
Vigas	Configuración por viga	Configuración por metro lineal
Modelo 2	5 conectores	2
Modelo 3	7 conectores	2
Modelo 4	9 conectores	3

Fuente: Autores.

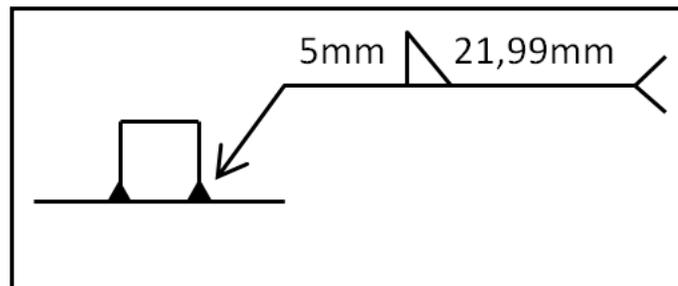
**Tabla 2. Dosificación utilizada para el vaciado de las vigas mixtas para una resistencia de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ .**

Material	Cantidad
Cemento	½ Saco (14,15 Litros)
Agua	0,88 Cuñete (16 litros)
Agregado (granzarena)	9 Palas (43,2 litros)
Agregado (macrofibra)	0.106 kg (0.09646 litros)

Fuente: Autores.



**Figura 3. Dimensiones de conectores de corte. Fuente: Autores.**



**Figura 4. Esquema de soldadura de conectores de corte al perfil. Fuente: Autores.**



**Figura 5. Proceso de Construcción de vigas mixtas: 1) Conectores de corte. 2) Limpieza de corrosión con esmeril a la parte superior del perfil kариña. 3) Soldadura de conectores al perfil 4) Encofrado, 5) Vaciado de las vigas. Fuente: Autores.**

Sobre la base de las consideraciones anteriores, después del proceso de construcción de las vigas mixtas, cabe destacar que el encofrado y posterior vaciado del concreto de las mismas, inició a los veinticinco (25) días

del mes Octubre de 2018 y el curado del concreto de las vigas se realizó durante los 07 días continuos posterior al vaciado, una vez al día por los bachilleres Agostini Nohely y Urbaez Ángel, dándose por culminado el día primero (01) de noviembre del año 2018.

### **4.3. Comportamiento de vigas mixtas prefabricadas acero-concreto bajo las exigencias del AISC 360-10 y la ASTM 196-06, a partir de los resultados de las pruebas de carga.**

#### **4.3.1. Descripción de las pruebas de carga.**

En la presente etapa se describe el ensayo real de la carga que se pretende modelar. Los medios utilizados fueron elaborados por esfuerzo propio durante el desarrollo del trabajo. Los ensayos de flexión sobre los modelos fueron realizados por los autores de la investigación, Nohely Agostini y Ángel Urbaez, supervisados por el Profesor Jesús Álvarez, entre los meses de Noviembre del 2018 a Diciembre del 2018, los cuales se describirán en los siguientes párrafos.

Con el propósito de medir las deflexiones en los modelos de las vigas mixtas, se procedió a realizar los ensayos de prueba de carga, idealizando una viga mixta simplemente apoyada por limitaciones en cuanto a presupuestos, con dos cargas puntuales (ver figura 6), para mayor facilidad al momento de someter la viga mixta a dichas cargas. Para ello, se colgaron dos (2) tambores de 200 litros de capacidad cada uno los cuales fueron llenados de forma fraccionada con agua en un rango de 50 a 50 litros medidos con una regla graduada hasta alcanzar el volumen total almacenado, produciendo dos cargas puntuales máximas de 200kg cada una, sin incluir el peso propio del elemento, desde el inicio habiéndole colocado sobre la viga mixta una hoja que sirviera de guía o patrón de

medición para conocer la deflexión con el menor margen de error proyectándose sobre la misma un nivel con láser incorporado que nos permitiera conocer con exactitud la deflexión en cada fracción de llenado, obteniendo así un punto de inicio y un punto final en cada una de ellas.



**Figura 6. Modelo matemático para ensayo de vigas mixtas. Fuente: Autores.**

Por otra parte, en relación a la flecha máxima la establecida por norma para cada caso es de  $L/240$  (12,50 mm) y para tener un cálculo más preciso se procedió a tomar mediciones de las flechas a cada uno de los modelos de las vigas mixtas, basándonos en los valores que fueron arrojados al momento de medir las deflexiones tomados en el punto de inicio y punto final obtenido con el nivel (ver figura 7). En la figura 8 se puede apreciar el esquema de ensayo a vigas mixtas acero-concreto.



Figura 7. Ensayo de las vigas mixtas. 1) Nivel con láser incorporado para medir la deflexión, 2) Hoja guía o patrón de medición, 3) Esquema del ensayo, 4) Regla graduada para medir los litros de agua. Fuente: Autores.



Figura 8. Esquema del ensayo. Fuente: Autores.

**Tabla 3. Resultado de los ensayos y Comparación de Flechas.**

Viga	Sobrecarga (Kg)	Peso Propio (Kg/m)	Deflexión Máxima (mm)	Deflexión Ensayo (mm)	Volumen (Lts)
Modelo 1	400	8,96	12,50	15	400
Modelo 2	400	16,96	12,50	7	400
Modelo 3	400	20,96	12,50	4	400
Modelo 4	400	24,96	12,50	3	400

**Fuente: Autores.**

#### **4.3.2. Cálculo analítico de las condiciones de ensayo.**

Con la finalidad de conocer la resistencia que tiene el perfil con las diferentes configuraciones de concreto, es necesario someterlas a pruebas de carga y comparar sus deflexiones considerando los criterios del Código AISC 360-10 para así determinar el aporte que le da el concreto al perfil al trabajar en acción mixta. Es importante resaltar que el perfil kariaña 64x64x5 es proveniente de la industria, empleado anteriormente en líneas de producción con una resistencia a flexión de A53 2.400,00 kgf/cm<sup>2</sup> y un espesor mínimo de 5mm, el cual está elaborado de reciclaje sometido por varios procesos en la fábrica para tener una disposición final en la en área de la construcción y el mismo cuenta con las siguientes propiedades mecánicas:

**Tabla 4. Propiedades mecánicas del perfil Kariña 64x64x5**

Propiedad	Valor
Área "A" (cm <sup>2</sup> )	11,41
Inercia "I" (cm <sup>4</sup> )	65,29
Radio de giro "r" (cm)	2,39
Módulo de sección "Z" (cm <sup>3</sup> )	20,40
Módulo de sección plástica "s" (cm <sup>3</sup> )	24,17
Peso del perfil (kg/m)	8,96

**Fuente: Autores.**

Cabe destacar que el cálculo analítico para las condiciones de ensayo se tomó como referencia el modelo 2 de viga mixta y para realizar la equivalencia entre ambos materiales, es decir, cuanta área de concreto es necesaria para resistir el valor en un área de acero, de forma proporcional, para ello se debió cuantificar la relación modular, calculándose entre los módulos de elasticidad de acero y del concreto, a partir de la Ecuación 1:

$$n = \frac{2,10 \times 10^6}{15100 \cdot 180} = 10,37$$

A partir de ello, se calculó la ubicación del eje neutro de la sección, tomando como referencia el centro de gravedad del perfil, calculándose los momentos de área de cada elemento de la sección transversal, multiplicados por la distancia del centro de gravedad del perfil hasta el centro de gravedad de la sección de concreto de 5 cm y luego transformar el área de concreto a su equivalente en área de acero, dividiéndose el área del concreto entre la relación modular, aplicando la Ecuación 2:

$$y = \frac{\frac{6,4}{10,37} \cdot 5}{\frac{6,4}{10,37} + 11,41} \cdot 2,50 + \frac{6,4}{2} = 1,21 \text{ cm}$$

Partiendo de los supuestos anteriores, se calculó el valor de la inercia efectiva usada en la determinación del momento de la sección de 5 cm de concreto sobre el eje del perfil Kariña 64x64x5 mostrada detalladamente en la figura las dimensiones usadas para dicho cálculo, aplicando la Ecuación 3:

$$I_{\text{efec}} = (65,29) + (11,41)(1,21)^2 + \frac{6,4}{10,37} \frac{(5)^3}{12} + \frac{6,4}{10,37} (5)(1,21 - 5,70)^2$$

$$I_{\text{efec}} = 150,63 \text{ cm}^4$$

Por último, se procedió a computar el valor de la deflexión máxima para una viga mixta simplemente apoyada con dos cargas puntuales de 200 kg. Para el cálculo de la flecha se utilizó la ecuación 5, como se muestran los resultados en la tabla 5 y para el límite de servicio por flecha se utilizó la ecuación 6, como se muestra a continuación:

$$\Delta = \frac{200 \times 100}{6 \times 2,1 \times 10^6 \times 150,63} \cdot \frac{3}{4} (300)^2 - (100)^2 = 0,605 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{limite}} = \frac{300}{240} = 1,25 > \Delta$$

**Tabla 5. Deflexiones teóricas para cada modelo.**

Viga	Deflexión
Modelo 1	12,79
Modelo 2	6,05
Modelo 3	3,71
Modelo 4	2,36

**Fuente: Autores.**

Cabe destacar que el valor de sobrecarga teórico satisface las condiciones supuestas en el análisis de carga, por ello se procedió a computar el valor de sobrecarga a la cual la deflexión llega al límite de serviciabilidad, despejando de la Ecuación 4 el valor de P, por lo que se tiene que la carga máxima de servicio necesaria para que la viga mixta no cumpla la flecha será:

$$P = \frac{1,25 \times 6 \cdot 2,10 \times 10^6 \cdot 150,63}{100 \times \frac{3}{4} \times 300^2 - 100^2} = 412,595 \text{ kg}$$

Dando continuidad en esta etapa del trabajo, procedimos a calcular las resistencias de los conectores de corte utilizados en el ensayo, así como también la resistencia de la sección al cortante en el plano de conexión, para ello se aplicó la ecuación 10, 11 y 12 para cada configuración de viga mixta, tomando como ejemplo ilustrativo de cálculo el Modelo 2, con un

espesor de concreto  $t_c=5,00$  cm, los demás resultados se muestran resumidos en la tabla 6:

$$V_h = 0,85 \cdot 180 \cdot 6,40 \times 5,00 = 4.896,00\text{kg}$$

$$V_h = (11,41)(2.400,00) = 27.384,00\text{kg}$$

$$V_h = 4.896,00\text{kg}$$

$$q = 0,5 \cdot 0,385 \cdot \frac{180 \times 202587,75}{1000} = 1.162,45\text{kg}$$

$$N = \frac{4.896}{1.162,45} = 4,21 \approx 5 \text{ conectores}$$

**Tabla 6. Resistencia de conectores de corte (tn) en vigas ensayadas**

Modelos	Resistencia cortante en el plano de conexión	Resistencia total de conectores
Modelo 2	4,90	5,81
Modelo 3	7,34	8,14
Modelo 4	9,79	10,46

Fuente: Autores.

#### **4.4. Consulta de la resistencia de los modelos de vigas mixtas acero-concreto, bajo las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10), empleando el “software” SAP 2000 V20.0.0.**

En la desarrollo de esta etapa de la investigación, se modelaron las diferentes vigas mixtas ensayadas para cada configuración (espesor de concreto) con su respectivo valor de sobrecarga, para ello se utilizó el programa de análisis estructural SAP2000 V20.0.0 y en total se desarrollaron 4 diferentes modelos matemáticos. En la figura 9 se muestran los modelos de vigas mixtas modeladas en el programa SAP 2000 de Section Designer y en

la figura 10 se aprecian las secciones transversales. Los datos de entrada para el programa considerados en el trabajo son los que se muestran en la Tabla 7.

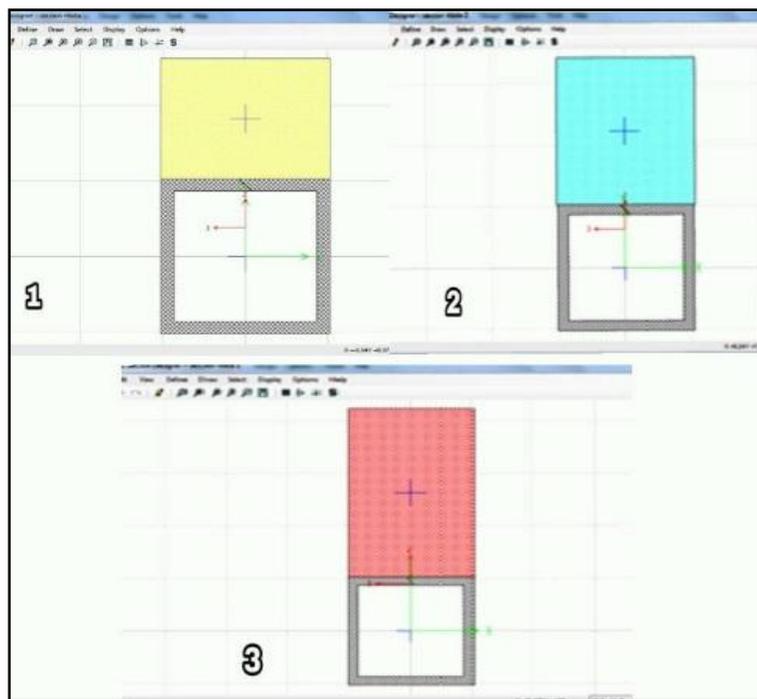
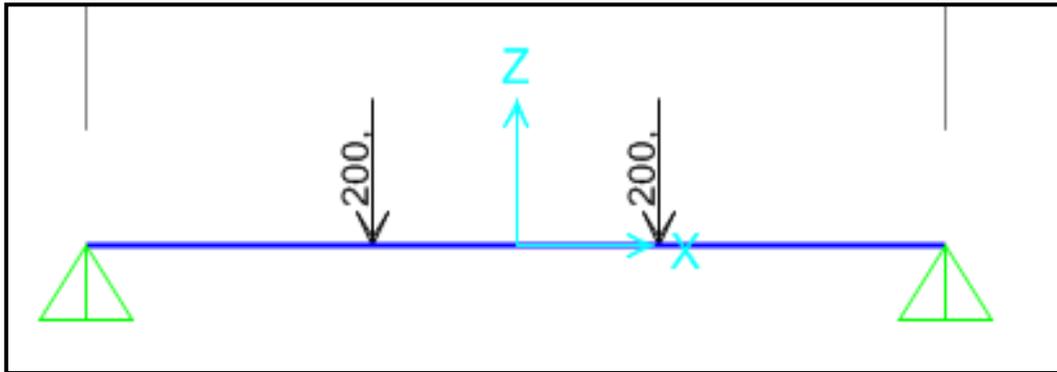


Figura 9. Perfil kariña. 1) Sección de concreto de 5 cm, 2) Sección de concreto de 7.5 cm, 3) Sección de concreto de 10 cm con el programa Sap2000 V20.0.0.  
Fuente: Autores.

Tabla 7. Datos de entrada usados para calcular la deflexión máxima de las vigas con el programa SAP2000 V20.0.0.

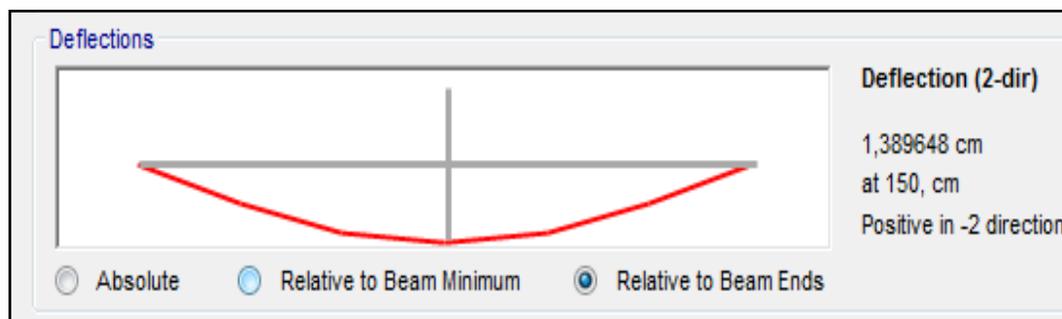
Datos	Valor
Unidades	Kgf, cm, C
Resistencia del concreto ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	180,00
Módulo de Elasticidad de concreto ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	20.2587,76
Resistencia del Acero A53 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	2.400,00
Módulo de Elasticidad del Acero ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	$2,10 \times 10^6$
Perfil en vigas mixtas (Frame)	Kariña 6,4x6,4
Condiciones de apoyo (Restraints)	Simplemente apoyado
Carga aplicada (kgf)	400

Fuente: Autores.

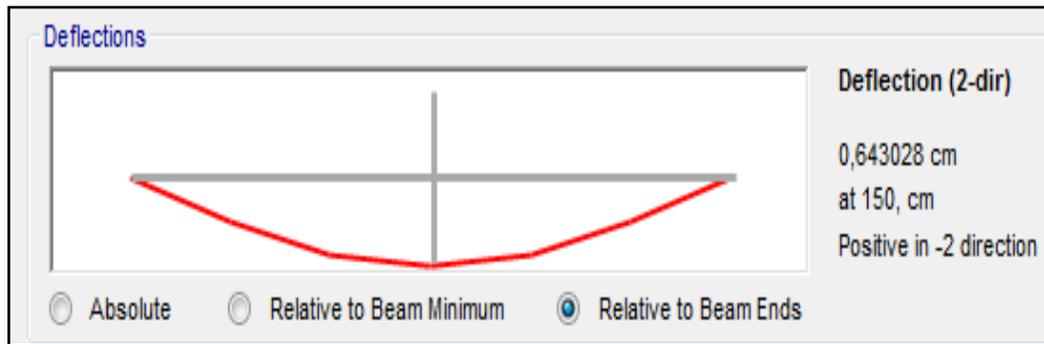


**Figura 10. Modelo estructural en SAP2000. Fuente: Autores.**

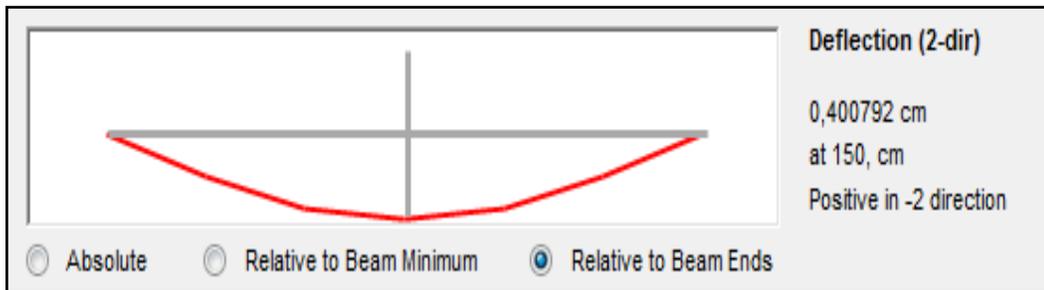
En ese mismo sentido, al haber formulado todos los modelos, se procedió a realizar la rutina de análisis del programa SAP2000 V20.0.0, para la condición de carga mostrada en la figura 8, donde se modelaron diferentes modelos de vigas mixtas para configuraciones de vigas, sin concreto, 5,00 cm, 7,50 cm y 10,00 cm de concreto de las cuales fueron clasificadas como modelo 1, modelo 2, modelo 3 y modelo 4 respectivamente como se muestran en las figuras 11, 12, 13 y 14 para conocer la deflexión máxima de cada una de ellas.



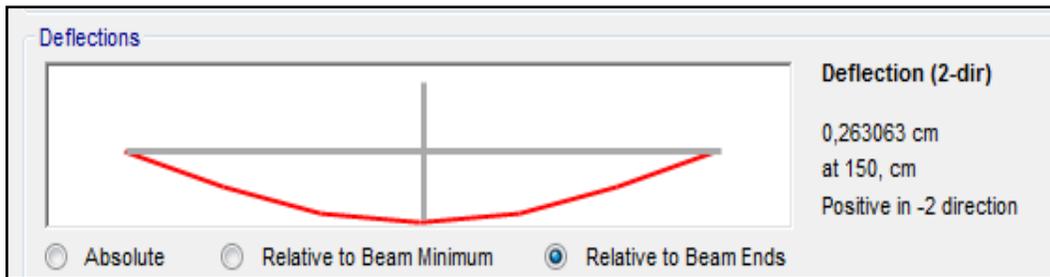
**Figura 11. Resultado de deflexión máxima del Modelo 1 en SAP2000 V20.0.0. Fuente: Autores.**



**Figura 12. Resultado de deflexión máxima del Modelo 2 en SAP2000 V20.0.0.  
Fuente: Autores.**



**Figura 13. Resultado de deflexión máxima del Modelo 3 en SAP2000 V20.0.0.  
Fuente: Autores.**



**Figura 14. Resultado de deflexión máxima del Modelo 4 en SAP2000 V20.0.0.  
Fuente: Autores.**

Por consiguiente, cabe destacar que en las figuras 11, 12, 13 y 14 la deflexión se ve reflejada por un trapecio ya que en el programa SAP2000 V20.0.0 al realizar la rutina de análisis, la misma se arroja de esa manera siendo la gráfica correcta una parábola y en la tabla 8 se muestran los resultados de la deflexiones obtenidas por cada condición de análisis antes

descritas, entre las que podemos afirmar que existe una variación de resultados teóricos y los ensayados sobre el veintinueve por cien (29,31%) y entre los datos teóricos y los datos de programa sobre un trece por cien (13,36%). La diferencia entre los datos teóricos y los alcanzados durante los ensayos, pueden ser considerados como significativos, y la misma puede ser atribuida que en los cálculos analíticos no se consideró la fisuración del concreto dentro de la sección transversal en el cálculo de la inercia efectiva.

**Tabla 8. Comparación de las flechas, datos de pruebas de carga y modelos de SAP2000 V20.0.0. Con respecto a la deflexión teórica.**

Modelo	Deflexión	Deflexión	Deflexión	Diferencia		Diferencia	
	Teórica 1 (mm)	Ensayo 2 (mm)	SAP2000 3 (mm)	1-2 (mm)	(%)	1-3 (mm)	(%)
1	12,79	15	13,89	2,21	17,28	1,1	8,60
2	6,05	7,00	6,43	0,95	15,70	0,38	6,28
3	3,71	4,00	4,07	0,29	7,82	0,36	9,70
4	2,36	3,00	2,63	0,64	27,11	0,27	11,44

Fuente: Autores.

#### 4.5. Tablas de aplicación para diferentes configuraciones de vigas mixtas.

Llegados ya a esta etapa, se requirió realizar el cálculo de las resistencias a flexión de las secciones transversales para cada elemento de cada una de las configuraciones de vigas para la creación de las diferentes tablas de diseño. Como ejemplo ilustrativo, procederemos a calcular la resistencia de la sección correspondiente a un perfil Conduven Eco 60x60 y  $t_c = 5$  cm con una resistencia a la compresión del concreto de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ . Aplicando la Ecuación 2.

$$y = \frac{\frac{6,00 \cdot 5}{9,59} \cdot 2,50 + \frac{6,00}{2}}{\frac{6,00 \cdot 5}{9,59} + 4,70} = 2,20 \text{ cm}$$

Ahora veamos, se procedió a efectuar el cálculo del valor de la inercia efectiva usada en la determinación de la inercia total de la sección compuesta acero-concreto de la viga antes descrita, aplicando el teorema de los ejes paralelos y el método de la sección transformada del área de concreto a la de acero equivalente, utilizando la Ecuación 3:

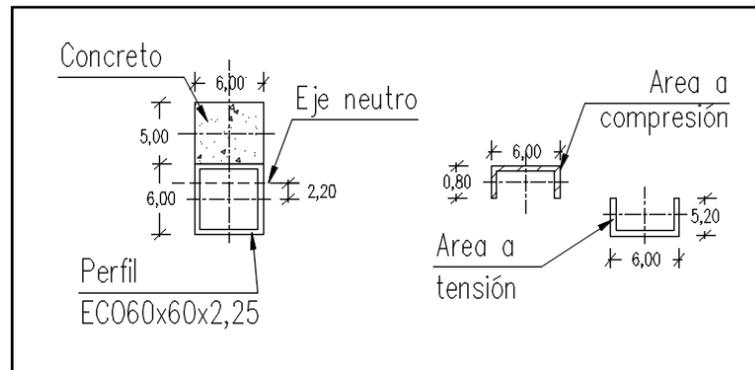
$$I_{\text{efec}} = (25,80) + (4,70)(2,20)^2 + \frac{\frac{6}{9,59}(5)^3}{12} + \frac{6}{9,59}(5)(2,20 - 5,50)^2$$

$$I_{\text{efec}} = 89,13 \text{ cm}^4$$

Conicionados que el eje neutro se encuentra ubicado en el alma del perfil, para el cálculo de la resistencia se aplicaron las condiciones del Caso III como se encuentra indicado en el Capítulo 2, en las que las fuerzas de compresión (C\*) son mayores que las fuerzas de tensión (T). En la figura 15 se muestra esquema referencial de cálculo de las áreas a tensión, compresión y sus respectivos centroides al eje neutro requeridos para determinar el momento resistente  $M_R$ . En la tabla 9 se muestran los valores de áreas y centroides al eje neutro. Aplicando las ecuaciones 7 y 8 computamos las fuerzas de C\* y T como se muestra a continuación:

$$C^* = 0,85 \cdot 210 \cdot 6,00 \cdot 5,00 + 3515 \cdot 1,61 = 11.014,15 \text{ kg}$$

$$T = 3515 \cdot 3,09 = 10.861,35 \text{ kg} < C^*$$



**Figura 15. Esquema de referencia para el cómputo de propiedades geométricas de viga mixta. Fuente: Autores.**

**Tabla 9. Áreas de compresión y tensión en una viga mixta ECO 60x60 con  $t_c$  de 5,00cm y  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .**

Perfil	Compresión	Tensión
Área ( $\text{cm}^2$ )	1,61	3,59
Distancia del eje geométrico al eje neutro (cm)	0,40	2,60

**Fuente: Autores.**

Continuando con el desarrollo de esta etapa, se procedió a cuantificar las resistencias de las secciones mixtas a flexión, basadas en las condiciones antes descritas, ajustando la ecuación a perfiles tubulares de la sección en estudio el cual tiene una resistencia de 0,49 tn-m, como puede ser demostrado aplicando la ecuación 9, como se indica a continuación:

$$M_R = 0,85 \cdot 210 \cdot 6,00 \cdot 5,00 \cdot \left( \frac{5,00}{2} + \frac{6,00}{2} - 2,20 \right) + 3515 \cdot 1,61 \cdot 0,40 + 3515 \cdot 3,59 \cdot 2,60$$

$$M_R = 52.744,17 \text{ kgf-cm.}$$

De acuerdo con los objetivos planteados, se calcularon las resistencias como quedó demostrado en los párrafos anteriores para así desarrollar las tablas para diferentes resistencias de concreto de " $f'c$ " 210, 250, 280 y 350  $\text{kgf/cm}^2$ . En principio, se calcularon los ejes neutros de todas las secciones en las cuales se determinaron las condiciones de cálculo de resistencias de

las secciones mixtas tomando en cuenta las 30 configuraciones de perfiles ECO, a partir de que los ejes neutros se ubican en el perfil, por lo que cada resistencia se deberá calcular con las ecuaciones del Caso III, en la cual las fuerzas de compresión son mayores que las de tensión. Seguidamente, se consideró que la viga esta simplemente apoyada con carga distribuida para el cálculo de la carga resistente, para diferentes luces de estudio. En la tabla 10 se muestran las resistencias de diseño considerando el límite de resistencia.

**Tabla 10. Momentos resistentes de las Secciones Mixtas, para los diferentes espesores de concreto  $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ .**

PERFIL	tc=5,00 cm	tc=7,50 cm	tc=10,00 cm	PERFIL	tc=5,00 cm	tc=7,50 cm	tc=10,00 cm
60x60	49.450,82	67.606,40	94.683,57	80x40	55.895,10	67.031,51	83.724,27
70x70	65.526,21	86.916,26	118.486,68	100x40	79.680,38	90.874,56	107.151,55
90x90	112.883,12	141.223,43	182.460,65	120x60	136.413,99	155.121,57	181.592,49
100x100	157.157,22	188.804,01	234.860,24	140x60	203.188,94	221.654,85	247.104,74
110x110	207.296,12	242.335,06	293.224,76	160x65	290.799,17	311.416,92	339.036,39
120x120	277.719,54	315.797,39	371.116,34	180x65	410.134,78	430.865,48	457.572,56
135x135	371.101,71	414.934,16	478.136,40	200x70	537.704,90	561.345,97	590.994,89
155x155	506.840,75	559.269,83	634.044,94	220x90	709.310,32	742.489,45	784.293,61
175x175	758.931,66	818.192,85	902.455,37	260x90	1.140.132,42	1.175.869,73	1.218.170,76
200x200	994.833,52	1.066.891,06	1.168.042,60	300x100	1.5177.84,07	1.563,295,78	1.615.918,11
200x200	1.210.477,88	1.277.643,49	1.372.710,21	300x100	1.877.981,02	1.920.888,36	1.969.571,31
220x220	1.471.255,87	1.548.781,77	1.657.507,93	320x120	2.205.981,90	2.260.663,68	2.323.635,01
220x220	1.809.367,13	1.880.718,76	1.981.357,48	320x120	2.751.460,66	2.802.872,91	2.860.931,67
260x260	2.555.043,76	2.647.489,38	2.775.797,63	350x170	3.549.613,97	3.627.296,59	3.718.762,90
260x260	3.021.701,39	3.107.789,03	3.227.506,95	350x170	4.230.830,14	4.304.493,28	4.390.072,40

**Fuente: Autores.**

En el anexo A mostramos las tablas de resistencia a flexión para todas las configuraciones de concreto y calidades de acero respectivamente. En la tabla 11 se muestran las cargas resistentes para diferentes luces de cálculo bajo las condiciones anteriormente descritas y en el Anexo B se encuentran las tablas de cargas resistentes.

**Tabla 11. Cargas resistentes (kg/m) de las Secciones Mixtas, para  $t_c = 5$  cm y  $f'_c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>.**

PERFIL	L (m)								
	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
60x60	989,02	781,45	632,97	523,12	439,56	374,54	322,94	281,32	247,25
70x70	1.310,52	1.035,48	838,74	693,17	582,46	496,29	427,93	372,77	327,63
90x90	2.257,66	1.783,83	1.444,90	1.194,14	1.003,41	854,97	737,20	642,18	564,42
100x100	3.143,14	2.483,47	2.011,61	1.662,49	1.396,95	1.190,30	1.026,33	894,05	785,79
110x110	4.145,92	3.275,79	2.653,39	2.192,88	1.842,63	1.570,05	1.353,77	1.179,28	1.036,48
120x120	5.554,39	4.388,65	3.554,81	2.937,86	2.468,62	2.103,44	1.813,68	1.579,92	1.388,60
135x135	7.422,03	5.864,32	4.750,10	3.925,70	3.298,68	2.810,71	2.423,52	2.111,16	1.855,51
155x155	10.136,81	8.009,34	6.487,56	5.361,62	4.505,25	3.838,79	3.309,98	2.883,36	2.534,20
175x175	15.178,63	11.992,99	9.714,33	8.028,37	6.746,06	5.748,12	4.956,29	4.317,48	3.794,66
200x200	19.896,67	15.720,83	12.733,87	10.523,86	8.842,96	7.534,83	6.496,87	5.659,50	4.974,17
200x200	24.209,56	19.128,54	15.494,12	12.805,06	10.759,80	9.168,12	7.905,16	6.886,27	6.052,39
220x220	29.425,12	23.249,48	18.832,08	15.563,70	13.077,83	11.143,24	9.608,20	8.369,81	7.356,28
220x220	36.187,34	28.592,47	23.159,90	19.140,41	16.083,26	13.704,08	11.816,28	10.293,29	9.046,84
260x260	51.100,88	40.376,00	32.704,56	27.028,56	22.711,50	19.351,81	16.686,00	14.535,36	12.775,22
260x260	60.434,03	47.750,34	38.677,78	31.965,11	26.859,57	22.886,26	19.733,56	17.190,12	15.108,51
80x40	1.117,90	883,28	715,46	591,29	496,85	423,35	365,03	317,98	279,48
100x40	1.593,61	1.259,15	1.019,91	842,90	708,27	603,50	520,36	453,29	398,40
120x60	2.728,28	2.155,68	1.746,10	1.443,06	1.212,57	1.033,19	890,87	776,04	682,07
140x60	4.063,78	3.210,89	2.600,82	2.149,44	1.806,12	1.538,95	1.326,95	1.155,92	1.015,94
160x65	5.815,98	4.595,34	3.722,23	3.076,22	2.584,88	2.202,50	1.899,10	1.654,32	1.454,00
180x65	8.202,70	6.481,14	5.249,73	4.338,62	3.645,64	3.106,35	2.678,43	2.333,21	2.050,67
200x70	10.754,10	8.497,07	6.882,62	5.688,12	4.779,60	4.072,56	3.511,54	3.058,94	2.688,52
220x90	14.186,21	11.208,85	9.079,17	7.503,45	6.304,98	5.372,29	4.632,23	4.035,19	3.546,55
260x90	22.802,65	18.016,91	14.593,69	12.060,90	10.134,51	8.635,32	7.445,76	6.486,09	5.700,66
300x100	30.355,68	23.984,74	19.427,64	16.055,90	13.491,41	11.495,64	9.912,06	8.634,50	7.588,92
300x100	37.559,62	29.676,74	24.038,16	19.866,25	16.693,16	14.223,76	1.264,37	10.683,63	9.389,91
320x120	44.119,64	34.859,96	28.236,57	23.336,01	19.608,73	16.708,03	14.406,41	12.549,59	11.029,91
320x120	55.029,21	43.479,87	35.218,70	29.106,36	24.457,43	20.839,47	17.968,72	15.652,75	13.757,30
350x170	70.992,28	56.092,67	45.435,06	37.549,64	31.552,12	26.884,65	23.181,15	20.193,36	17.748,07
350x170	84.616,60	66.857,56	54.154,63	44.755,89	37.607,38	32.044,16	27.629,91	24.068,72	21.154,15

**Fuente: Autores.**

De igual forma, procedimos a calcular las cargas límites de servicio, considerando la flecha límite para sobrecarga permanente y carga variable ( $L/240$ ), considerando el 75% de la inercia efectiva de cada sección. En el

anexo C se muestran las cargas límites de servicio para las configuraciones de sección transversal y resistencias de materiales. En la tabla 12 se muestra las resistencias por condiciones de serviciabilidad de las vigas para  $t_c=5,00$  cm y una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 12. Cargas de servicio (kg/m) de las Secciones Mixtas, para  $t_c = 5 \text{ cm}$  y  $f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$ .**

PERFIL	L (m)								
	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
60x60	561,35	394,25	287,41	215,93	166,32	130,82	104,74	85,16	70,17
70x70	810,33	569,12	414,89	311,71	240,10	188,84	151,20	122,93	101,29
90x90	1.607,98	1.129,33	823,28	618,55	476,44	374,73	300,03	243,94	201,00
100x100	2.341,14	1.644,25	1.198,66	900,57	693,67	545,59	436,83	355,16	292,64
110x110	3.241,60	2.276,68	1.659,70	1.246,96	960,48	755,44	604,85	491,76	405,20
120x120	4.509,74	3.167,34	2.308,99	1.734,78	1.336,22	1.050,97	841,47	684,14	563,72
135x135	6.535,75	4.590,26	3.346,30	2.514,13	1.936,52	1.523,12	1.219,50	991,50	816,97
155x155	9.940,32	6.981,40	5.089,44	3.823,77	2.945,28	2.316,54	1.854,75	1.507,98	1.242,54
175x175	15.961,78	11.210,47	8.172,43	6.140,07	4.729,42	3.719,81	2.978,29	2.421,46	1.995,22
200x200	23.580,71	16.561,49	12.073,32	9.070,87	6.986,88	5.495,37	4.399,90	3.577,28	2.947,59
200x200	27.519,88	19.328,09	14.090,18	10.586,16	8.154,04	6.413,37	5.134,90	4.174,87	3.439,98
220x220	36.545,52	25.667,08	18.711,30	14.058,08	10.828,30	8.516,75	6.818,99	5.544,09	4.568,19
220x220	43.003,76	30.202,91	22.017,92	16.542,39	12.741,85	10.021,81	8.024,02	6.523,83	5.375,47
260x260	71.319,31	50.089,83	36.515,49	27.434,63	21.131,65	16.620,61	13.307,39	10.819,40	8.914,91
260x260	81.534,04	57.263,96	41.745,43	31.363,96	24.158,23	19.001,11	15.213,35	12.369,02	10.191,75
80x40	452,33	317,69	231,59	174,00	134,02	105,41	84,40	68,62	56,54
100x40	642,93	451,55	329,18	247,32	190,50	149,83	119,96	97,53	80,37
120x60	1.410,15	990,40	722,00	542,45	417,82	328,63	263,12	213,93	176,27
140x60	2.122,95	1.491,02	1.086,95	816,64	629,02	494,74	396,12	322,06	265,37
160x65	3.267,90	2.295,15	1.673,16	1.257,07	968,27	761,57	609,75	495,75	408,49
180x65	4.766,47	3.347,65	2.440,43	1.833,53	1.412,29	1.110,80	889,37	723,09	595,81
200x70	6.764,66	4.751,04	3.463,51	2.602,18	2.004,34	1.576,47	1.262,21	1.026,22	845,58
220x90	10.511,46	7.382,54	5.381,87	4.043,48	3.114,51	2.449,64	1.961,32	1.594,63	1.313,93
260x90	18.169,40	12.760,95	9.302,73	6.989,28	5.383,53	4.234,29	3.390,21	2.756,37	2.271,18
300x100	27.501,67	19.315,30	14.080,85	10.579,15	8.148,64	6.409,13	5.131,51	4.172,11	3.437,71
300x100	33.507,08	23.533,09	17.155,63	12.889,28	9.928,02	7.808,66	6.252,05	5.083,15	4.188,39
320x120	44.254,91	31.081,64	22.658,52	17.023,68	13.112,57	10.313,39	8.257,48	6.713,63	5.531,86
320x120	54.097,01	37.994,06	27.697,67	20.809,67	16.028,74	12.607,04	10.093,90	8.206,72	6.762,13
350x170	86.452,96	60.718,68	44.263,91	33.256,13	25.615,69	20.147,44	16.131,16	13.115,23	10.806,62
350x170	101.182,56	71.063,74	51.805,47	38.922,22	29.980,02	23.580,10	18.879,54	15.349,77	12.647,82

**Fuente: Autores.**

De igual forma, al comparar el valor de la carga límite de resistencia con la carga límite de servicio se adopta el menor valor entre ambas, como valor de resistencia. En el Anexo D se encuentran las tablas donde se muestran los valores de carga límite de resistencia y las cargas límites de servicio para cada configuración de las vigas. En la Tabla 13 se muestran los datos de luces y sobrecargas.

**Tabla 13. Valores de cargas límites (tn/m) para vigas de espesor  $t_c= 5$  cm y  $f'c= 210$  kgf/cm<sup>2</sup>.**

PERFIL	L (m)								
	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
60x60	0.56	0.39	0.29	0.22	0.17	0.13	0.10	0.09	0.07
70x70	0.81	0.57	0.41	0.31	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10
90x90	1.61	1.13	0.82	0.62	0.48	0.37	0.30	0.24	0.20
100x100	2.34	1.64	1.20	0.90	0.69	0.55	0.44	0.36	0.29
110x110	3.24	2.28	1.66	1.25	0.96	0.76	0.60	0.49	0.41
120x120	4.51	3.17	2.31	1.73	1.34	1.05	0.84	0.68	0.56
135x135	6.54	4.59	3.35	2.51	1.94	1.52	1.22	0.99	0.82
155x155	9.94	6.98	5.09	3.82	2.95	2.32	1.85	1.51	1.24
175x175	15.18	11.21	8.17	6.14	4.73	3.72	2.98	2.42	2.00
200x200	19.90	15.72	12.07	9.07	6.99	5.50	4.40	3.58	2.95
200x200	24.21	19.13	14.09	10.59	8.15	6.41	5.13	4.17	3.44
220x220	29.43	23.25	18.71	14.06	10.83	8.52	6.82	5.54	4.57
220x220	36.19	28.59	22.02	16.54	12.74	10.02	8.02	6.52	5.38
260x260	51.10	40.38	32.70	27.03	21.13	16.62	13.31	10.82	8.91
260x260	60.43	47.75	38.68	31.36	24.16	19.00	15.21	12.37	10.19
80x40	0.45	0.32	0.23	0.17	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
100x40	0.64	0.45	0.33	0.25	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08
120x60	1.41	0.99	0.72	0.54	0.42	0.33	0.26	0.21	0.18
140x60	2.12	1.49	1.09	0.82	0.63	0.49	0.40	0.32	0.27
160x65	3.27	2.30	1.67	1.26	0.97	0.76	0.61	0.50	0.41
180x65	4.77	3.35	2.44	1.83	1.41	1.11	0.89	0.72	0.60
200x70	6.76	4.75	3.46	2.60	2.00	1.58	1.26	1.03	0.85
220x90	10.51	7.38	5.38	4.04	3.11	2.45	1.96	1.59	1.31
260x90	18.17	12.76	9.30	6.99	5.38	4.23	3.39	2.76	2.27
300x100	27.50	19.32	14.08	10.58	8.15	6.41	5.13	4.17	3.44
300x100	33.51	23.53	17.16	12.89	9.93	7.81	6.25	5.08	4.19
320x120	44.12	31.08	22.66	17.02	13.11	10.31	8.26	6.71	5.53
320x120	54.10	37.99	27.70	20.81	16.03	12.61	10.09	8.21	6.76
350x170	70.99	56.09	44.26	33.26	25.62	20.15	16.13	13.12	10.81
350x170	84.62	66.86	51.81	38.92	29.98	23.58	18.88	15.35	12.65

**Fuente: Autores**

En definitiva, el valor de la carga aplicada en cada elemento será el valor límite de resistencia de cada sección, lo cual nos permite elegir un perfil según las relaciones de luz libre facilitando la elección rápida según la carga aplicada en el momento o elegir una sección adecuada para su particular demanda.

Para garantizar la acción mixta, se recomienda que en cada viga se instalen los conectores de corte en la parte superior de cada perfil indicados en la tabla 14, espaciados uniformemente. Estos conectores de corte están elaborados en cabillas estriadas de 10 mm de diámetro en forma de “U” (ver figura 16), en el proceso de fijación del conector de corte se colocaron sobre la base del perfil exactamente en el eje longitudinal aplicando una soldadura de filete de 3 mm.

**Tabla 14. Conectores de corte mínimos por cada viga de 10 mm en forma de “U”, para la fabricación de las vigas mixtas.**

PERFIL	5,00 cm	7,50 cm	10,00 cm	PERFIL	5,00 cm	7,50 cm	10,00 cm
60x60	3	3	3	80x40	3	3	3
70x70	3	3	3	100x40	3	3	3
90x90	3	3	4	120x60	3	3	3
100x100	3	3	4	140x60	3	3	3
110x110	3	3	5	160x65	3	3	3
120x120	3	4	5	180x65	3	3	3
135x135	3	4	6	200x70	3	3	3
155x155	3	5	7	220x90	3	3	4
175x175	4	6	7	260x90	3	3	4
200x200	4	6	8	300x100	3	3	4
200x200	4	6	8	300x100	3	3	4
220x220	5	7	9	320x120	3	4	5
220x220	5	7	9	320x120	3	4	5
260x260	5	8	11	350x170	4	5	7
260x260	5	8	11	350x170	4	5	7

**Fuente: Autores.**

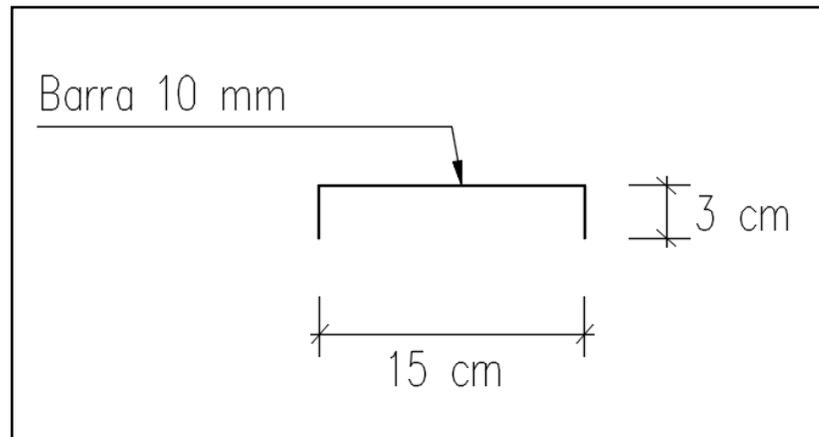


Figura 16. Dimensiones de conector de corte recomendado. Fuente: Autores.

#### 4.6. Análisis de costo a las vigas prefabricadas, a su equivalente en vigas de acero.

##### 4.6.1. Comparación de la resistencia a flexión de vigas prefabricadas, a su equivalente en vigas de acero.

En esta última etapa procedimos a comparar la resistencia de vigas mixtas acero-concreto con perfil kariaña 64x64x5 con respecto al uso de perfiles tubulares Conduven Eco. Para ello, consideramos la configuración de viga mixta  $t_c = 5 \text{ cm}$  y  $f'_c = 180 \text{ kgf/cm}^2$ , la cual tiene una resistencia a flexión de 73.562 kgf-m, teniendo en cuenta que dicha resistencia fue obtenida en sección mixta acero-concreto, por lo que supondremos una sección tubular en acero que tenga la capacidad de resistir la magnitud antes indicada. En ese sentido, evaluamos la resistencia de los modelos de vigas mixtas a través del módulo de sección plástica "Sx" el cual será estimado a partir de la ecuación 4 como se muestra a continuación:

$$S_x = \frac{73.562}{1,25(2400)} = 24,52 \text{ cm}^3$$

Seguidamente, procedimos a comparar el módulo de sección obtenido de 24,52 cm<sup>3</sup> con el módulo de sección de los perfiles tubulares Conduven Eco en las tablas comerciales, seleccionando así el valor del perfil con resistencia equivalente o similar de 100x40, el cual tiene un módulo de sección plástica de 13,41 cm<sup>3</sup>. En el mismo orden de ideas, procedimos ahora a comparar los kilos por metro lineal de cada solución estructural, para el perfil 100x40 su peso es de 4,65 kgf/m. A continuación, mostramos el desglose del cálculo para el peso equivalente de la viga mixta acero-concreto con perfil kariña 64x64x5:

$$2500 \times 0,064 \times 0,05 = 8,00 \text{ Kg/m}$$

$$8,00 \text{ kg/m} + 8,96 \text{ kg/m} = 16,96 \text{ kg/m}$$

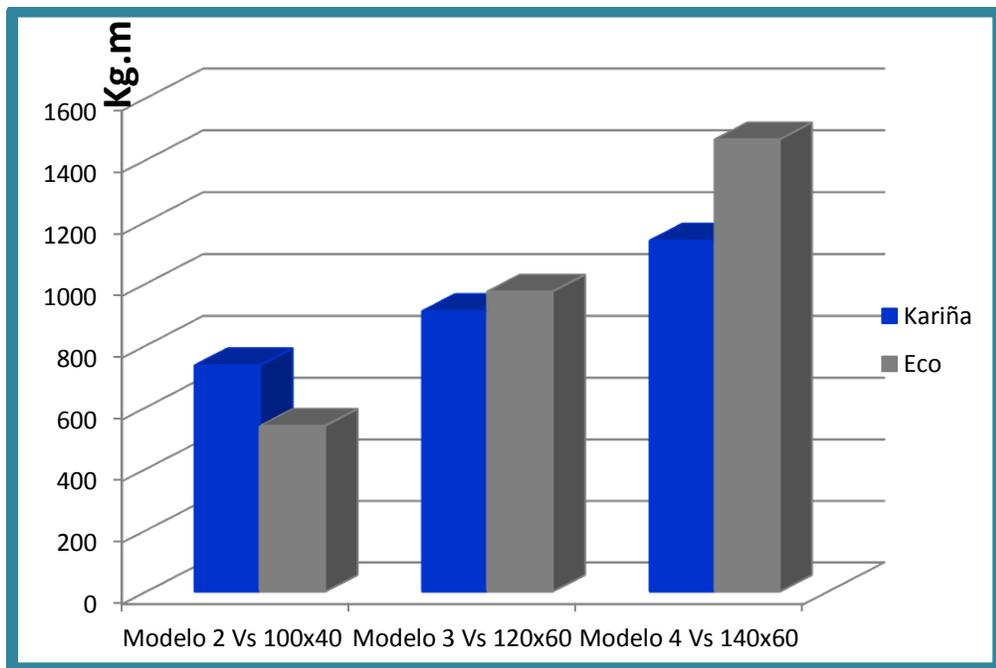
Continuando con dicho razonamiento, cabe destacar que al peso del concreto se le fue sumado el peso propio del perfil kariña 64x64x5 obteniendo así un peso por metro lineal de 16,96 kg/m cuya diferencia entre dicho perfil con el de 100x40 es sobre el doscientos sesenta y cuatro por cien (264,73%). Cabe destacar, que este procedimiento se realizó de igual manera para las configuraciones de 7,5cm y 10cm de concreto, dichos valores se resumen a continuación en la tabla 15.

**Tabla 15. Comparación de resistencia y peso de modelos de vigas mixtas acero-concreto con perfiles tubulares Conduven Eco.**

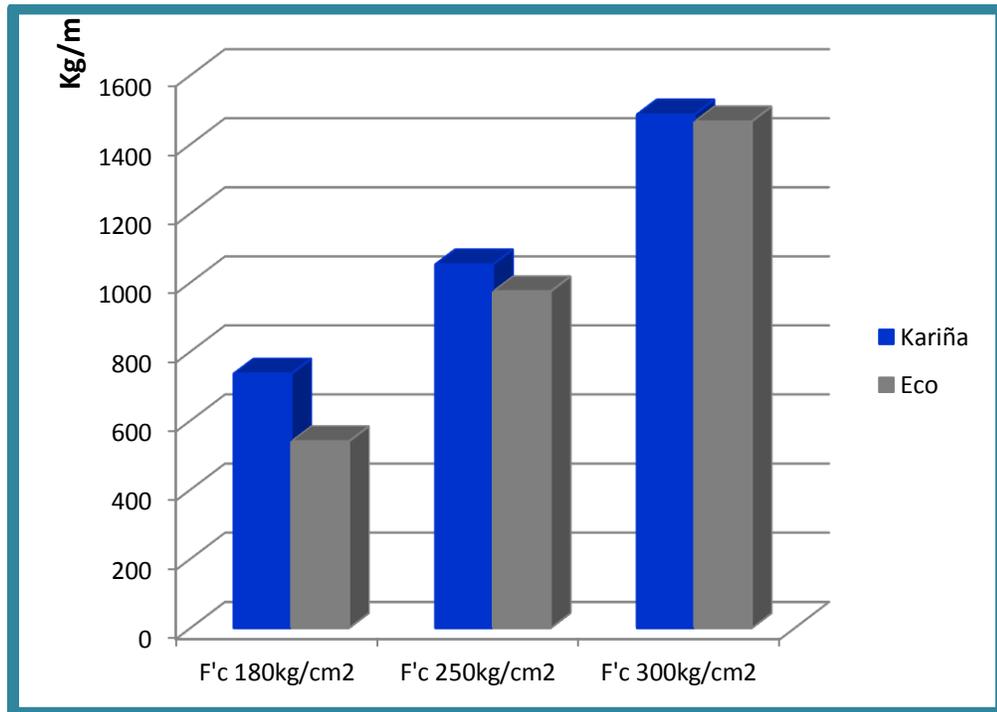
Modelo	Tc (cm)	Sx (cm <sup>3</sup> )	Perfil	Sx (cm <sup>3</sup> )	Resistencia (%)	Peso (%)
2	5	24,52	100x40	13,41	82,85	264,73
3	7,5	30,36	120x60	24,90	21,93	212,84
4	10	37,96	140x60	36,78	3,21	180,76

**Fuente: Autores.**

De acuerdo a la figura 17, se observa la comparación de la resistencia de los modelos de vigas mixtas con la equivalencia obtenida de perfiles tubulares presentando una diferencia por debajo del ochenta y dos por cien (82,85%). Por otro lado, en la figura 18, se observa cuánto de  $f_c$  son requeridos para que la resistencia de los perfiles kariña supere la de los Conduven Eco.



**Figura 17. Comparación de la resistencia del perfil kariña 64x64x5 con respecto a perfiles tubulares Conduven Eco.**



**Figura 18. F`c requeridos para que la resistencia de los perfiles kariña supere la de los Conduven Eco.**

#### **4.6.2. Presupuesto correspondiente a elaboración de vigas mixtas acero-concreto.**

El costo unitario de los modelos de vigas mixtas acero-concreto fue calculado a través de un software de cálculo de presupuestos de obra llamado LULOWIN Control de Obras. Fueron ingresadas las partidas a utilizar para la estructuración del presupuesto y posteriormente se procedió a colocar las cantidades de obra para que de esta manera fuera generando los Análisis de Precios Unitarios.

Es importante destacar, que el presupuesto fue conformado por un total de 03 partidas, algunas con código COVENIN y otras creadas manualmente. Los análisis de precios unitarios (APU) han sido calculados, con precios referenciales de la zona actualizados al mes de Julio de 2019, junto con el

costo de mano de obra según lo indicado por la Cámara de la Construcción para esa misma fecha, con prestaciones sociales de 2500%, bono alimenticio de bolívares ochocientos treinta y tres (833,00 BsS) por día, gastos administrativos de 20% y utilidad de 15%.

El precio unitario por metro lineal correspondiente a la producción de una viga mixta acero-concreto con perfil kariña 64x64x5 fue comparado con el costo de un perfil Eco de 100x40 disponible en el mercado, el cual según en las etapa anterior es el perfil laminado equivalente en resistencia. De acuerdo a esto, es posible deducir las ventajas económicas que trae consigo el elemento constructivo propuesto, haciendo la comparación de los costos asociados. Cabe destacar, que para hacer el cotejo del coste, fue considerado como ejemplo ilustrativo de cálculo del Modelo 2, con un espesor de concreto  $t_c=5,00$  cm (ver figura 19), los demás presupuestos se muestran resumidos en el anexo "F".

Por consiguiente, en la tabla 16 y en la figura 20 se muestra la comparación de los costos por metro lineal de vigas mixtas acero-concreto para configuraciones de 5cm, 7,5cm y 10cm de concreto (modelo 2, 3 y 4), con el de perfiles Conduven Eco, en los que podemos afirmar existe una variación de costos significativos.

**Tabla 16. Resumen de costos de modelos de vigas mixtas acero-concreto**

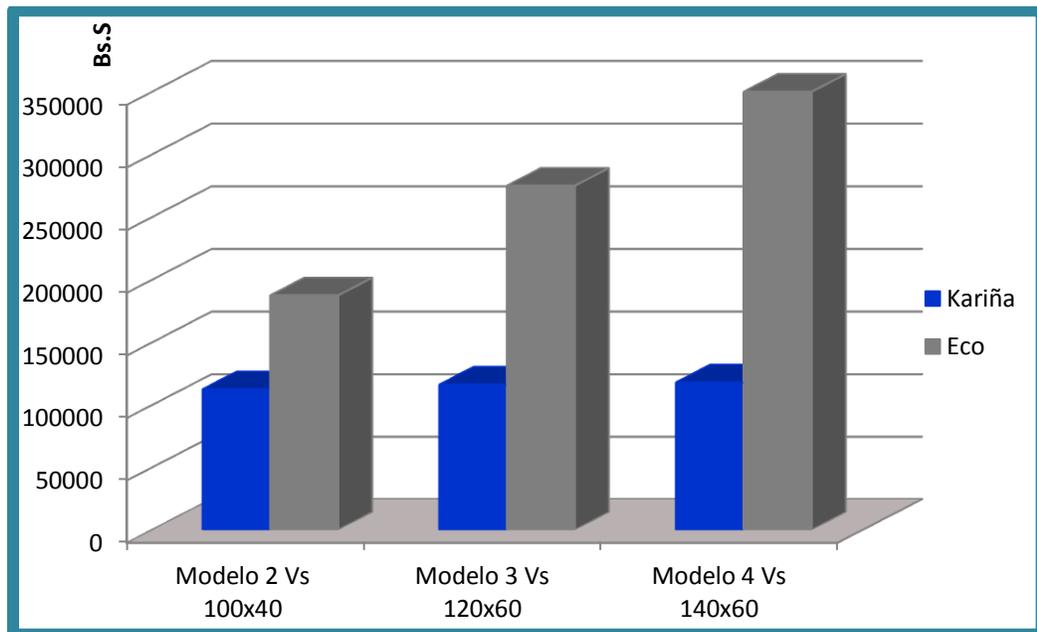
<b>Perfil</b>	<b>Costo Unitario (Bs.S)</b>	<b>Perfil</b>	<b>Costo Unitario (Bs.S)</b>	<b>Diferencia (Bs.S)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
Modelo 2	112.755,29	100x40	187.500,00	74.744,71	39,86
Modelo 3	117.054,22	120x60	275.000,00	157.945,78	57,43
Modelo 4	120.085.66	140x60	350.000,00	229.914,34	65,69

**Fuente: Autores.**

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

					Partida N° 1	
<b>Descripción de la Obra:</b> VIGAS MIXTAS PREFABRICADAS ACERO- CONCRETO						
<b>Propietario:</b>					Código de la Obra: 0001	
<b>Descripción Partida:</b> SUMINISTRO Y CONFECCION DE VIGA MIXTA (PERFIL KARIÑA 64X64MM CON SECCION DE CONCRETO= 5CM)						
Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento		
12	S/C	ML	1,00 ML	180,000000 ML/día		
<b>1 .- MATERIALES</b>						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
*ACERO00	ALAMBRON D= 7mm	ML	0,30000		2.375,00	712,50
*ELECTR1	ELECTRODO R10 E60 3/32"	Kg	0,02000	2,00	26.800,00	546,72
*AGREG01	CEMENTO PORTLAND GRIS.	SACO.	0,03200	1,00	55.000,00	1.777,60
*AGREGAD	AGREGADO TIPO GRANZA- ARENA	M3	0,00320	1,00	120.000,00	387,84
*PERFIL5	PERFIL KARINA 64X64MM	ML	1,00000		75.000,00	75.000,00
*MACROFI	MACRO FIBRA	KG	0,00700		33.000,00	231,00
*AGUA	AGUA	M3	0,00119		10.000,00	11,90
Total Materiales:						78.667,56
Unitario de Materiales:						78.667,56
<b>2 .- EQUIPOS</b>						
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total	
*TOBOAL1	TOBO DE ALBANIL CAP=10 LITROS.	1,00000	39.409,00	0.004000	157,64	
*CARRET1	CARRETILLA.	1,00000	330.000,00	0.000403	132,99	
*PALA001	PALA REDONDA.	1,00000	110.000,00	0.001340	147,40	
*TROMPO4	TROMPO MEZCLADOR SIVETI Ss2000 1SACO MOTOR A GASOLINA	1,00000	20.568.595,00	0.000672	13.822,10	
*CUCHAR1	CUCHARA PLANA 6".	1,00000	7.084,00	0.001343	9,51	
*SOLDAR	MAQUINA DE SOLDAR HUBER 225 AMP 110/220V	1,00000	1.200.000,00	0.000403	483,60	
*ENCOFRA	ENCOFRADO METALICO DE HN 2.5 E= 20CM X 3ML	61,00000	100.000,00	0.002016	12.297,60	
Total Equipos:						27.050,84
Unitario de Equipos:						150,28
<b>3 .- MANO DE OBRA</b>						
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total		
*SOLDAD2	SOLDADOR DE 2DA.	1,00000	10.000,00	10.000,00		
*ZP0AL04	ALBANIL AYUDANTE	1,00000	10.000,00	10.000,00		
Total Mano de Obra:						20.000,00
Mano de Obra Directa:						20.000,00
2.500.00% Factor de Costo Asociado al Salario:						500.000,00
833.33 Bs/día BONO DE ALIMENTACION:						
Total Mano de Obra:						520.000,00
Unitario Mano de Obra:						2.888,89
Costo Directo por Unidad:						81.706,73
20.00% Administración y Gastos Generales:						16.341,35
Sub-Total:						98.048,08
15.00% Utilidad e Imprevistos:						14.707,21
<b>PRECIO UNITARIO Bs</b>						<b>112.755,29</b>

Figura 19. Presupuesto correspondiente a elaboración de viga mixtas acero-concreto con tc= 5cm



**Figura 20. Comparación de costos de adquisición del perfil kariña 64x64x5 con respecto a perfiles tubulares Conduven Eco.**

En tal sentido, se observa un ahorro de 74.744,71 Bs.S (39,86%), de 157.945,78 Bs.S (57,43%) y de 229.914,34 Bs.S (65,69%), al implementar modelos de vigas mixtas prefabricadas con perfiles Kariña 64x64x5 ya que la estimación de costos en el mercado para perfiles típicos convencionales es elevado debido a la situación económica del país, se puede afirmar que la fabricación de vigas mixtas contribuye significativamente a la disminución de los costos de construcción, en comparación con los mismos y por lo tanto, una disminución en los costos de adquisición y actividades de ensamblaje en obra de menor tiempo.

En definitiva, la comparación planteada, demuestra que existe un ahorro considerable a favor del uso del sistema de viga mixta acero concreto, pero debemos considerar que el rendimiento en la etapa de construcción es una desventaja, ya que el peso del elemento mixto es mayor que el perfil laminado, con un diferencia del setenta por cien (70%).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1. Conclusiones.**

Con respecto al análisis y resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo de investigación, se pudo concluir lo siguiente:

- Podemos afirmar que existe una gran cantidad de proyectos en los cuales es factible la aplicabilidad del sistema de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas en sus sistemas de vigas principales y secundarias basadas en su buen desempeño estructural, alcanzando resistencias adecuadas con secciones de acero con menor peso y actividades de ensamblaje en obra de menor tiempo, en donde se requieran satisfacer requerimientos de resistencia que no puedan ser cubiertos por perfiles laminados comerciales disponibles en el mercado.
- Los modelos de vigas mixtas acero-concreto estructurados en la etapa inicial, además de facilitar el análisis del comportamiento mecánico, así como también, su desarrollo permitió conocer las implicaciones en el diseño, elaboración, construcción y fabricación de las vigas mixtas objeto del presente estudio, y sus dificultades en el proceso de aplicabilidad como sistema de construcción prefabricada.
- A partir de los ensayos de carga de las vigas mixtas acero-concreto se determinó que la sobrecarga necesaria para obtener estos valores límites de serviciabilidad son mayores en un 29% a la sobrecarga de ensayo considerada en el presente proyecto las cuales satisfacen las exigencias de la norma COVENIN 2002.

- Los modelos matemáticos elaborados en el programa SAP2000, permitieron validar los resultados obtenidos, tanto en las pruebas de carga, como los cálculos analíticos realizados con las ecuaciones clásicas empleadas en la cuantificación de las deflexiones, para las cuales se presentaron variaciones por el orden de un 27% entre los resultados.
- Las tablas de diseño relacionan la luz libre y sobrecarga aplicada para las distintas configuraciones de las vigas mixtas acero-concreto, de igual manera ofrece información del tipo de perfil a usar, conectores de corte necesarios, dependiendo de las exigencias del sistema estructural a construir facilitando así, la aplicación del sistema de manera fácil y seguro. Cabe destacar que las resistencias fueron calculadas aplicando el caso III del diseño de vigas mixtas acero-concreto como lo establece la especificación de la ISC 360-10.
- Debido a la situación económica del país, el valor de la estimación de costos es elevado no solo por los altos costos de materiales, sino que el constante aumento de la mano de obra y los beneficios sociales se traducen en un factor de costo labor superior a los dos mil por cien. Sin embargo, para el momento del cálculo en este estudio, el monto reflejado para la construcción de vigas mixtas acero-concreto difiere un 66,54% con respecto a un perfil de acero con resistencia equivalente.
- En definitiva, la comparación planteada, demuestra que existe un ahorro considerable a favor del uso del sistema de viga mixta acero concreto, pero debemos considerar que el rendimiento en la etapa de construcción es una desventaja, ya que el peso del elemento mixto es mayor que el perfil laminado, con un diferencia del setenta por cien (70%).

## 5.2. Recomendaciones.

Una vez realizadas las conclusiones pertinentes del presente trabajo de investigación se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para próximos trabajos referentes a la aplicación de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas, desarrollar las diferentes posibilidades de conexión y/o apoyos con los otros elementos de los sistemas estructurales ya sea en columnas de pórticos o elementos a tierra (aparatos de apoyos en puentes). De igual manera la posible aplicación en vigas continuas.
- Por ser este un estudio exploratorio en el área de vigas mixtas acero-concreto prefabricadas recomendamos evaluar otras posibles configuraciones a las no previstas en el presente trabajo, aumento de las dimensiones de concreto para diferentes tipologías de perfiles y optimizar el sistema de transferencia de fuerzas en el área de transmisión de esfuerzos en el plano acero-concreto (conectores de corte).
- Para validar y comprobar los resultados obtenidos en la parte experimental se recomienda repetir los ensayos realizados con más modelos de vigas mixtas acero-concreto que permitan manejar una estadística adecuada en los resultados, ya que se hicieron un solo ensayo por modelo de viga debido a las limitaciones económicas y de tiempo.
- Se recomienda que en el pensum de la carrera de Ingeniería Civil de la universidad de oriente se incorporen a las materias obligatorias análisis estructural con el uso de programas computacionales como el SAP2000, entre otros, así como también la creación de electivas de diseño de construcción de estructuras mixtas acero-concreto.

- Para validar los valores obtenidos en las tablas de diseño se recomienda realizar estudios y ensayos más a fondo acerca de las vigas mixtas prefabricadas acero-concreto para obtener los valores límites de serviciabilidad que satisfagan las consideraciones y parámetros establecidos en la norma COVENIN 2002.
- Actualizar el presupuesto de la obra o la estimación de costo de la viga, antes de ser fabricada, debido a la situación económica del país. El valor de la elaboración de las vigas es considerable, sino que el constate aumento de la mano de obra, los beneficios sociales y actualización del factor de costo labor.

## BIBLIOGRAFÍA

- AISC (2010). Specification for Structural Steel Buildings. AISC 360-10. Illinois: American Institute of Steel Construction.
- ARIAS, F. (1999). El Proyecto de Investigación. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- CORONEL, C. (2016). Diseño de una edificación usando secciones mixtas. Monografía previa a la obtención del Título de Especialista en Análisis y Diseño de Estructuras de Acero y de Hormigón Armado. Universidad de Cuenca, Quito, Ecuador.
- COVENIN (1998). Estructuras De Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites 1618-1998. Caracas: Fondonorma.
- COVENIN (1988). Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones 2002-88. Caracas: Fondonorma.
- Estructuras Mixtas. (2013). Arquitectura + Acero [página web disponible en línea]. Disponible: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/estructura-mixtas>. [Consulta: 2017, Diciembre]
- FRATELLI, M. (1991). Proyectos Estructurales de Acero. Caracas.
- MOSCOSO, E. (2014). Análisis y diseño sísmico de estructuras compuestas en edificaciones. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- NAVARRETE, J. (2003). Secciones compuestas de acero-concreto (Método LRFD). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Civil. Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.
- PINEDA, M. (2005). Diseño de elementos estructurales de sección compuesta con LRFD. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil. Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.

- RIVAS, P. y VINUEZA, J. (2015). Estudio de vigas de acero con vigas de hormigón sometidas a flexión con momentos positivos mediante el ensayo de elementos y modelación teórica. Trabajo para optar al título de Ingeniería Civil mención Estructuras. Escuela Politécnica Nacional, Lima, Perú.
- UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR. (2006). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. 3ra reimpresión. Caracas: Fedupel.
- UCAB (2006). Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG). Especialización en Gerencia de Proyectos. Caracas: Editorial "Universidad Católica Andrés Bello"
- YÁBER, G., VALARINO, E. y CEMBORAIN M. (2012). Metodología de la Investigación paso a paso. México D.F.: Editorial Trillas.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	“Propuesta de sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto”
<b>Subtítulo</b>	

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Agostini López Nohely Andreina	<b>CVLAC</b>	22.874.316
	<b>e-mail</b>	agostininohely@gmail.com
	<b>e-mail</b>	nohelyagostini93@hotmail.com
Urbaez Yeguez Ángel Enrique	<b>CVLAC</b>	21.329.593
	<b>e-mail</b>	angelurbaez39@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

Palabras o frases claves:

construcción mixta
vigas compuestas
acero-concreto
sistema prefabricado

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

### Resumen

La investigación consistió en la propuesta de un sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto, estableciendo modelos con perfiles kariñas 64x64x5 mm para la idealización de las vigas a partir de modelos matemáticos, de acuerdo a las exigencias establecidas en el Código (AISC 360-10). Se desarrolló una investigación de tipo explicativa con un diseño experimental y documental orientada a profundizar los conocimientos relacionados con la temática planteada. El alcance de la investigación se limitó al ensayo de tres modelos físicos de vigas mixtas prefabricadas acero-concreto simplemente apoyadas a través de diferentes pruebas de carga bajo las exigencias de la American Society of Testing Materials, (ASTME 196-06), se analizó el comportamiento mecánico de las vigas mixtas con el propósito de conocer las deflexiones obtenidas de los ensayos, la teórica y la deflexión arrojada por el programa SAP2000 V20.0.0 de acuerdo a las exigencias establecidas en el código AISC 360-10 y así obtener el porcentaje de diferencia entre cada una de las deflexiones. Finalmente se elaboraron tablas de aplicación para las distintas configuraciones de vigas mixtas acero-concreto y se realizaron comparaciones de costo a su equivalente en vigas de acero con el programa LuloWin para determinar su factibilidad.

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Ing. Alvarez, Jesús	ROL	CA		AS	x	TU		JU			
	CVLAC	C.I 4.510.362									
	e-mail	sainca40@yahoo.com									
	e-mail										
Ing. Martínez, Jhonatan	ROL	CA		AS		TU		JU	x		
	CVLAC	C.I 15.376.400									
	e-mail	jhonatanmartinez@udo.edu.ve									
	e-mail										
Ing. Cermeño, Carlos	ROL	CA		AS		TU		JU	x		
	CVLAC	C.I 8.494.906									
	e-mail	carloscermeño@hotmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2019	12	06

Lenguaje: SPA

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Propuesta de sistema prefabricado para vigas mixtas acero-concreto.doc	Application/word

Alcance:

Espacial: TERRITORIO VENEZOLANO

Temporal: INTEMPORAL

**Título o Grado asociado con el trabajo:**  
Ingeniero Civil

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pregrado

**Área de Estudio:**  
Departamento de Ingeniería Civil

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**  
Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui-Extensión Cantaura.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNPEL**  
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Firma]*  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SECRETARÍA  
CONSEJO UNIVERSITARIO

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

---

Agostini L., Nohely A

---

Urbaez Y., Ángel E.

**AUTORES**

---

**Ing. Alvarez, Jesús**

**TUTOR**