

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



**EVALUACIÓN DE LOSAS MIXTAS ACERO-CONCRETO COMO SISTEMA
DE PISO ECO-CONSTRUCTIVO, CONFORMADA POR TAMBORES
RECUPERADOS Y VIGAS COMPUESTAS.**

Autores:

**Rosal Aponte, Alfreyhana Josefina.
Cermeño Medero, Alfonso José.**

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

INGENIERO CIVIL

Cantaura, febrero de 2017.

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



**EVALUACIÓN DE LOSAS MIXTAS ACERO-CONCRETO COMO SISTEMA
DE PISO ECO-CONSTRUCTIVO, CONFORMADA POR TAMBORES
RECUPERADOS Y VIGAS COMPUESTAS.**

Autores:

**Rosal Aponte, Alfreyhana Josefina.
Cermeño Medero, Alfonso José.**

Ing. Jhonatan Martínez

Tutor Académico

Cantaura, febrero de 2017.

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



**EVALUACIÓN DE LOSAS MIXTAS ACERO-CONCRETO COMO SISTEMA
DE PISO ECO-CONSTRUCTIVO, CONFORMADA POR TAMBORES
RECUPERADOS Y VIGAS COMPUESTAS.**

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

APROBADO

MSc.Urb. Elys Rondón.

Jurado Principal

Ing. Jesús Álvarez.

Jurado Principal

Ing. Jhonatan Martínez

Tutor Académico

Cantaura, Febrero de 2017

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 podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



DEDICATORIA.

A Dios, por darme sabiduría y entendimiento para seguir adelante en los momentos de desaliento.

A mis Padres Alfredo y Freyha, por ser los pilares fundamentales de mi vida, gracias por su dedicación y por darme los consejos más acertados a lo largo de este camino, los amo.

A mi Abuela Ana Miérez, por siempre estar para mí, eres un ejemplo a seguir, te amo.

A mi hermana Ana Carolina, la mitad de mi corazón, para que te sirva de ejemplo y sepas que con constancia y dedicación no hay nada inalcanzable, te amo.

Alfreyhana J. Rosal A.

A Dios, por siempre darme sabiduría y conocimiento para salir de cada una de las situaciones donde me he encontrado.

A mis padres Maryelis de Cermeño y Bladimir Cermeño que día a día se han esforzado para que cumpla con todas mis metas, gracias por sus consejos y largas horas de plática para siempre hacer las cosas como deben ser. Son mi vida, los amo.

A mis hermanos en especial a Jesús David Cermeño, mi mejor amigo y compañero de siempre espero que veas este ejemplo y notes que las metas se alcanzan, con querencia, constancia y esfuerzo, si se puede.

Alfonso J. Cermeño M.

AGRADECIMIENTOS.

A mi familia, mi Mamá Freyha Aponte de Rosal, por darme la vida y ser una gran mujer, a mi Papá Alfredo Rosal, por ser el Padre más consentidor del mundo, eres el mejor.

A mi hermana Ana Rosal que es mi mejor amiga, mi confidente y mi otra mitad.

A mi Abuela Ana Miérez, la abuela más grande del universo, agradezco a Dios infinitamente por tenerlos, son el centro de mi vida.

A mi amigo Alfonso Cermeño, que desde el comienzo de este camino ha estado conmigo, gracias por tu amistad y por convertirte en parte de mi familia, te quiero mucho.

A mi Tutor Jhonatan Martínez, infinitas gracias por su dedicación y por el aporte de conocimientos para la elaboración de mi trabajo de grado.

A mis amigos Andrés Pérez y Luis Guevara, por ser incondicionales y parte de la mayoría de las anécdotas divertidas de mi carrera, los quiero mucho.

A mis amigas Yolennys López y Madeleine Soto, que aunque tomamos caminos distintos, nunca han dejado de estar presentes, las adoro.

A José Paul, por ser tan transparente y buen amigo, gracias por brindarme tu amistad y tu confianza.

Alfreyhana J. Rosal A.

A mi Mama Maryelis Medero por ser parte fundamental durante todo este largo camino gracias por lidiar con tanto, a mi Papá Bladimir Cermeño por siempre estar ahí con tus sermones de cómo llevar las cosas, a ustedes dos gracias.

A mi mejor amiga Alfreyhana Rosal, que estuvo ahí conmigo desde el inicio de este largo camino siendo fiel sincera y pura gracias por todos los momentos que hemos compartido y por tu apoyo incondicional hasta cuando decía no puedo más. Mil gracias te quiero mucho.

A dos personas súper especial para mí, que me abrieron las puertas de su hogar y me recibieron con los brazos abiertos la Sra. Freyha Aponte de Rosal y el Sr. Alfredo Rosal, gracias por tanto.

A mis amigos que siempre estuvieron al frente de todo Luis Guevara Y Andrés Pérez, más que compañeros de clases son mis hermanos.

A mi tutor académico Jhonatan Martínez, gracias por dedicar todo su tiempo y conocimiento para que todo esto sea posible. Mil gracias.

Alfonso J. Cermeño M.

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

**EVALUACIÓN DE LOSAS MIXTAS ACERO-CONCRETO COMO SISTEMA
DE PISO ECO-CONSTRUCTIVO, CONFORMADA POR TAMBORES
RECUPERADOS Y VIGAS COMPUESTAS.**

Autores: **Alfreyhana Rosal**
 Alfonso Cermeño
Tutor Académico: **Jhonatan Martínez**
Año: **2017**

RESUMEN.

La investigación se fundamentó en la evaluación de losas mixtas acero-concreto de piso aplicando la metodología de ACV bajo los requisitos de la norma ISO 14040, mediante el uso del programa Athena impact Estimator for Building 5.1.01, así como verificar los límites de serviciabilidad de los modelos físicos ensayados según las consideraciones del código AISC 360-10. Está enmarcada en una investigación aplicada y experimental. El alcance de la investigación estuvo orientado al ensayo de losas mixtas acero- concreto utilizando perfiles típicos como correas donde se verificó la deflexión de los ensayos con la deflexión teórica. Del mismo modo, se analizó el comportamiento mecánico de diferentes modelos de sistema de LMTR, de acuerdo a las exigencias del código AISC 360-10, empleando el software SAP 2000 V19.0.0. Finalmente, se elaboraron nomogramas de serviciabilidad que relacionan la luz libre y sobrecarga aplicada, acompañado de un instructivo con información técnica para su uso, dirigido a los constructores populares

Palabras claves: acción compuesta, acero-concreto, construcción mixta, análisis de ciclo de vida (ACV).

INDICE DE CONTENIDO.

RESOLUCIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	IX
INDICE DE CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO I.....	20
EL PROBLEMA.....	20
1.1. Planteamiento del Problema.....	20
1.2. Objetivos.....	25
1.2.1. Objetivo General.....	25
1.2.2. Objetivos Específicos.....	25
CAPÍTULO II.....	27
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	27
2.1. Antecedentes.....	27
2.2. Bases Teóricas Referenciales.....	29
2.2.1. Análisis de ciclo de vida (ACV).....	29
2.2.1.1. Metodología de ACV.....	30

2.2.1.2. Fundamento de ACV de una edificación.	31
2.2.1.3. Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental (LEED)	32
2.2.1.4. Teoría LEED para el análisis de Ciclo de Vida (ACV).	32
2.2.2. Interpretación de los resultados del estimador de impacto (EIA).	34
2.2.2.1. Potencial de Acidificación (AP).	35
2.2.2.2. Potencial de Eutrofización Acuática.	35
2.2.2.3. Potencial de Calentamiento Global (GWP)	35
2.2.2.4. Criterios de Salud Humana (HH) Air-Mobile.	36
2.2.2.5. Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP)	36
2.2.2.6. Potencial Fotoquímico de Formación de Ozono (Smog)	37
2.2.2.7. Energía Primaria Total	37
2.2.2.8. Energía Primaria - Resumen Medida Detalles	38
2.2.2.9. Consumo de Combustible Fósil.	38
2.2.3. Generalidades de la Construcción Mixta.	39
2.2.3.1. Construcción Mixta.	39
2.2.3.2. Ventajas y Desventajas de la Construcción Mixta.	39
2.2.4. Acción Compuesta (AC).	41
2.2.4.1. Mecanismo para que ocurra AC.	42
2.2.4.2. Losa de concreto sobre plancha de acero plegada.	42
2.2.5. Estados límites de la construcción compuesta.	43
2.2.6. Resistencia de vigas de sección mixta.	44
2.2.6.1. Caso I. Eje neutro en la losa de concreto.	45
2.2.6.2. Caso II. Eje neutro en el patín superior de la viga de acero.	47
2.2.6.3. Caso III. Eje neutro en el alma de la sección de acero.	47
2.2.7. Estado límite de Servicio.	48
2.2.7.1. Flecha.	48
2.2.8. Conectores de corte.	49
2.2.8.1. Cantidad de conectores de cortante.	50
2.2.8.2. Colocación y separación de los conectores de corte.	50
 CAPÍTULO III	 51

MARCO METODOLÓGICO	51
3.1. Tipo de Investigación.....	51
3.2. Diseño de Investigación	52
3.3. Nivel de la investigación	52
3.4. Técnicas y herramientas a utilizar	53
3.4.1. Técnicas	53
3.5. Herramientas y Equipos	54
CAPÍTULO IV.....	56
RESULTADOS.....	56
4.1. Identificación de los impactos potenciales sobre el ambiente para sistemas estructurales que utilicen LMTR y LMT, aplicando la metodología de ACV, bajo los requisitos de la norma ISO 14040, mediante del uso del programa Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.....	56
4.1.1. Valoración de sistemas.....	58
4.2. Ensayos modelos físicos de sistemas de LMTR	61
4.2.1. Dimensiones y elaboración de los especímenes	61
4.2.2. Descripción de las pruebas de cargas	65
4.3. Cálculo analítico de las condiciones de ensayo	68
4.4 Análisis del comportamiento mecánico de diferentes modelos de sistemas de LMTR de acuerdo las exigencias del Código AISC 360-10 empleando el software SAP2000 V19.0.0.....	76
4.5 Elaboración de nomogramas de serviciabilidad, que relacionen la luz libre y sobrecarga aplicada, para las diferentes configuraciones de LMTR.	80
4.5.1 Resistencia de vigas de sección mixta.	81

4.5.2 Límite de servicio de vigas de sección mixta.....	85
4.6. Instructivo con información técnica para el uso de LMTR, en construcciones informales.....	93
CAPÍTULO V.....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
5.1. Conclusiones.....	94
5.2. Recomendaciones.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	98
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO	

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1. MÓDULO DE INFORMACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA ACV DEL PROGRAMA ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS 5.1.01.....	33
TABLA 2. DATOS DE ENTRADA USADOS PARA EVALUAR EL IMPACTO CON EL PROGRAMA ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS 5.1.01.....	57
TABLA 3. INFORME DE COMPARACIÓN DE MEDIDAS RESUMIDAS LEED (A A C) OBTENIDAS CON EL ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS 5.1.01.	59
TABLA 4. CONFIGURACIONES DE LAS LOSAS ENSAYADAS	63
TABLA 5. DOSIFICACIÓN UTILIZADA PARA EL VACIADO DE LAS LOSAS.	64
TABLA 6. RESULTADO DE LOS ENSAYOS.....	68
TABLA 7. ANÁLISIS DE CARGA DE LAS LOSAS.....	70
CONTINUACIÓN TABLA 7. ANÁLISIS DE CARGA DE LAS LOSAS	71
TABLA 8. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PERFIL KARIÑA 64X64	72
TABLA 9. COMPARACIÓN DE LAS FLECHAS.....	76
TABLA 10. DATOS DE ENTRADA USADOS PARA CALCULAR LA DEFLEXIÓN MÁXIMA DE LAS LOSAS CON EL PROGRAMA SAP2000 V19.0.0.	78
TABLA 11. COMPARACIÓN DE LAS FLECHAS DATOS DE PRUEBAS DE CARGA Y MODELOS DE SAP2000 V19.0.0.	80
TABLA 12. DATOS USADOS PARA EL CÁLCULO DE LOS NOMOGRAMAS DE LUZ LIBRE CARGA APLICADA.....	81
TABLA 13. RESISTENCIA DE LOSAS DE SECCIÓN MIXTA.	84

TABLA 14. EJES NEUTROS E INERCIAS EFECTIVAS.	86
TABLA 15. VALORES DE CARGAS LÍMITES PARA LOSAS DE ESPESOR TC 5 CM.....	87
TABLA 16. VALORES DE CARGAS LÍMITES PARA LOSAS DE ESPESOR TC 8 CM.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. DEFORMACIÓN TÍPICA ANC Y AC EN VIGA.	41
FIGURA 2. MECANISMOS DE AC	42
FIGURA 3. LOSA DE CONCRETO SOBRE PLANCHA DE ACERO PLEGADA.	43
FIGURA 4. ESTADOS LIMITE SECCIÓN.	44
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN SECCIÓN MIXTA, CASO I.	46
FIGURA 6. DIMENSIONES TÍPICAS DE LAS ESTRUCTURA A EVALUAR EL IMPACTO ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS 5.1.01. (DIMENSIONES EN MILÍMETROS).....	56
FIGURA 7. COMPARACIÓN POTENCIALES DE MEDIDAS RESUMIDAS LEED (A A C) OBTENIDAS CON EL ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS 5.1.01.....	59
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN RELATIVA DEL CONSUMO GLOBAL ENERGÉTICO DE CADA ESTRUCTURA: A) LMTR. B) LMT. OBTENIDAS CON EL ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS 5.1.01.	60
FIGURA 8. DIMENSIONES TÍPICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO: A) VISTA LATERAL LOSA. B) SECCIÓN TRASVERSAL DE LA LOSA. C) PERSPECTIVA	62
FIGURA 9. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOSETAS: A) FIJACIÓN DE LA LÁMINA A LOS PERFILES. B) ELABORACIÓN DE CONECTORES. C) Y D) INSTALACIÓN DE LOS CONECTORES E) COLOCACIÓN DE LA MALLA Y ENCOFRADO F) VACIADO DE LAS LOSETAS.....	64
FIGURA 10. ESQUEMA DEL ENSAYO.	66
FIGURA 11. MEDICIÓN DE LAS ELEVACIONES, PARA DETERMINAR LA DEFLEXIÓN EN LAS LOSAS.	67

FIGURA 12. ENSAYO DE LAS LOSAS. A) INSTALACIÓN DE CABEZAL DE LLENADO, B) Y C) LLENADO DE TAMBORES, D) MEDICIÓN INICIAL DE FLECHA	67
FIGURA 13. CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DE LA DEFLEXIÓN.	68
FIGURA 14. DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE INERCIA EFECTIVA, LOSA DE TECHO Y PERFIL KARIÑA 64X64.	72
FIGURA 15. MODELO MATEMÁTICO TÍPICO DE LOSETA EN SAP2000 V19.0.0, A) MODELO EN DIMENSIONES REALES. B) MODELO DISCRETIZADO.	79
FIGURA 16. RESULTADO DE DEFLEXIÓN MÁXIMA $U_3 = 5,4877$ MM DEL MODELO L1 EN SAP2000 V19.0.0	79
FIGURA 16. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES IPN Y TC= 5CM.....	89
FIGURA 17. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES IPN Y TC= 8CM.....	89
FIGURA 18. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES UPN Y TC= 5CM.....	90
FIGURA 19. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES UPN Y TC= 8CM.....	90
FIGURA 20. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES TUBULAR CUADRADA Y TC= 5CM.....	91
FIGURA 21. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES TUBULAR CUADRADA Y TC= 8CM.....	91
FIGURA 22. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES TUBULARES RECTANGULARES Y TC= 5CM.	92
FIGURA 23. NOMOGRAMAS RELACIÓN CARGA-LUZ LIBRE PARA PERFILES TUBULARES RECTANGULARES Y TC= 8CM.	92

INTRODUCCIÓN.

En la ingeniería civil a lo largo de los años, se han incluido diversas prácticas de construcción en donde el hombre busca generar soluciones ambientales, a través de la utilización de materiales de poca manufactura y de bajo costo. En Venezuela, el nivel de producción de viviendas, el aumento del costo de los materiales y su disponibilidad en el mercado han ido en decadencia, razón por la cual se nota una marcada tendencia por parte de los venezolanos a construir hogares de manera informal sin la inherencia de profesionales y con la utilización de materiales poco convencionales, reutilizables o reciclados comúnmente conocidos como eco-materiales.

Partiendo de la necesidad que atraviesa nuestro país, surge la idea de incluir un sistema eco-constructivo que lleva por nombre LMTR (Losas mixtas con Tambores Recuperados), que consiste en la reutilización de tambores de acero, normalmente empleados como contenedores de fluidos químicos, para impulsar una nueva modalidad estructural.

El proyecto tiene como finalidad evaluar las ventajas del uso de sistemas constructivos sustentables, para poner a disposición de los constructores populares una herramienta fácil y sencilla para la producción de sus viviendas, 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 Instituto de Cubiertas de Acero (SDI) y el Manual de diseño para cubiertas de piso (2014), cerciorando una obra más segura y duradera.

El trabajo está estructurado en cinco (5) capítulos, en el Capítulo I, se expone el Planteamiento del Problema, que incluye el objetivo general y los objetivos específicos. El Capítulo II, incluye el Marco Teórico referencial, donde

también se reflejan los antecedentes y las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la investigación. El Capítulo III, describe la metodología aplicada para el desarrollo de la investigación. En el Capítulo IV, se muestran los resultados obtenidos y finalmente en el Capítulo V, se plantean las conclusiones y las recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos años la relación entre el hombre y su entorno se ha vuelto más intensa. La preocupación y la activa participación de las personas, comunidades y gobiernos en temas ecológicos y del ambiente van en incremento. Actualmente, el vínculo entre los problemas sociales, cambios climatológicos y la economía, en nuestra sociedad, nos ha obligado buscar soluciones constructivas, con la menor afectación al ambiente, direccionando a lo que se conoce como desarrollo sustentable.

En ese sentido, el uso de materiales de construcción de bajo impacto ambiental se remonta a prácticas milenarias de construcción, empleadas desde los inicios de nuestra civilización, más recientemente, en esta última década, se ha acuñado el término de eco-materiales para denominar productos que son utilizables en forma económica y con un mínimo daño ambiental. El término se asocia a materiales de bajo costo, poca o nula manufactura, con bajo consumo energético en su elaboración, y que generalmente se aplica a materiales de construcción.

Sin embargo, hoy en día el término ha sido ampliado en su concepto y remite a la producción limpia de materiales de construcción, lo que conduce al desarrollo de modelos de eco-constructivos, los cuales se basan en el desarrollo de procesos que permita a la construcción de obras civiles enfrentar y proponer soluciones a los principales problemas ambientales, esto, sin renunciar al uso de tecnología y a la creación de edificios que

atiendan a las necesidades de sus usuarios y se garantice la seguridad estructural.

Otra realidad es el hecho que el país, ante la inhabilidad de la sociedad venezolana de producir un nivel adecuado de viviendas, en el sector de la construcción se observa una marcada tendencia a construir viviendas de manera informal. Muchos venezolanos han buscado solucionar su problema de manera informal, sin la colaboración de profesionales en la materia, generalmente por auto-construcción o por personal inexperto, para los cuales es imperativo instruir o mejorar sus procesos constructivos. Esta realidad se ha mitigado a partir de la masificación que ha experimentado la construcción de vivienda de interés social en los últimos años, con los planes de desarrollo gubernamentales como la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), la ha convertido en una de las actividades más importantes de la industria de la construcción a nivel nacional, por lo que es esencial centrar la atención en esta área.

Para poner en contexto la respuesta del sector de la construcción, la sustentabilidad en viviendas de interés social debe incluir, al menos, el uso racional de los recursos y de la energía, la consideración de los impactos ambientales, la minimización de los residuos, y la creación de ambientes saludables y cómodos, sin que esto implique un sobre costo. El enfoque de la sustentabilidad para el sector de la construcción propone la planificación, diseño, mantenimiento, construcción y demolición, selección de los materiales de construcción, ciclo de vida de los materiales, los principales impactos ambientales, la disposición final de los residuos, materiales sobrantes o productos de las demoliciones.

La baja producción en la industria nacional, el aumento de los costos de los materiales y su disponibilidad en el mercado, ha ocasionado que se empleen materiales diversos, para la construcción de vivienda, así como cualquier tipo de edificaciones; también el uso de materiales no convencionales para la construcción, como lo son materiales reutilizados o reciclados (eco-materiales), que normalmente no se emplean con frecuencia en construcciones formales e informales.

Dichos materiales no convencionales o eco-constructivos, por lo general no cuentan con ensayos de resistencia o metodología de análisis y diseño, para que puedan ser usados de manera segura. Entre los materiales no convencionales están las losas de piso o techo, empleando tambores usados, de capacidad aproximada de 200 litros, empleados normalmente como contenedores de acero, para fluidos químicos o derivados del petróleo. Los mismos han sido empleados como encofrado perdido o usado para sustituir “encofrado colaborante” o “sofrito metálico” en la construcción losas mixtas acero-concreto como alternativa constructiva, evidenciado la inventiva popular para solventar el problema de escasez o altos costos de los materiales.

Por tal motivo, surge la necesidad de realizar la evaluación estructural del sistema de losa mixta con tambores recuperado (LMTR), 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), por el Instituto Americano de Construcciones en Acero (AISC), en el código de diseño “Especificación para edificios de acero estructural” (AISC 360-10), y el Instituto de Cubiertas de Acero (SDI), Manual de diseño para cubiertas de piso (2014). Con este objetivo, se busca poner a disposición de los constructores populares (auto-

constructores), o de las personas que están interesadas en emplear este tipo de sistema de piso o como cubierta de techo, para brindar solución estructural viable a su problema de vivienda o construcción, una ayuda sencilla para lograr que se realice una mejor obra, más segura y duradera.

El estudio estará enfocado específicamente en tres etapas, la primera será la comparación del impacto potencial en el uso de este tipo de sistemas de LMTR y el uso del sistema de losas mixta tradicional (LMT), acero-concreto con el uso de sofito metálico, aplicando el análisis de ciclo de vida (ACV). Posteriormente, se modelarán dos edificaciones mediante el uso del *software* Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015), elaborado por el Instituto de Materiales Sostenible Athena de Canadá, basado en la norma de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), “Gestión Ambiental: Evaluación del Ciclo de Vida” (ISO 14040). Se establecerán ciertas condiciones o parámetros iniciales, como los señalados con anterioridad; los mismos conformarán dos casos de análisis de los modelos a evaluar.

En la segunda etapa se procederá a realizar cálculos analíticos donde se describa el comportamiento mecánico de las diferentes losas, variando el espesor de las losetas de concreto, así como también, variando los perfiles nacionales más usados como correas, para la idealización de las vigas del sistema mixto acero-concreto a partir de modelos matemáticos.

Por último, en la etapa final se realizará el ensayo de diferentes losas, variando el espesor de las losetas de concreto, así como también, variando los perfiles nacionales más usados como correas, para así verificar el

comportamiento para las condiciones servicio, establecidas en la norma (COVENIN 1618-98), y la (AISC 360-10), de manera experimental, verificando las deflexiones máximas para cada caso, y evaluar los límites de serviciabilidad de las losas, para luego ser comparadas con los datos analíticos obtenidos en la etapa anterior.

El trabajo tiene como alcance planteado evaluar cuáles son las ventajas del uso de sistemas constructivos sustentables, así como las deflexiones verticales en condiciones de servicio para LMTR, ante las cargas de servicio típicas en sistemas de techo y de entepiso de viviendas, verificando con los límites permisibles establecidas en las normas anteriormente nombradas, y establecer criterios básicos para el uso seguro de este tipo de losas mixtas, para esquemas de autoconstrucción.

Se debe mencionar que el análisis de sistemas de pisos en LMT, ha sido ampliamente estudiado por la AISC y SDI, en diversas publicaciones técnicas, (*op. cit.*, pag. 5), pero el uso específico de LMTR, serán analizados por primera vez de manera formal en el presente trabajo, por ser sistemas no tradicionales de reciente uso en el país, empleado por constructores populares como ya se mencionó anteriormente.

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación dará los primeros pasos en la formulación de reglas básicas en la construcción de LMTR, así como también parámetros para un uso racional de este tipo de sistema, para ser desarrollado de manera segura y acorde a los requisitos mínimos normativos, lo que sustenta la importancia de este trabajo de grado en el desarrollo del país. Adicionalmente, esta investigación permitirá a la

Universidad de Oriente generar aportes en el campo del desarrollo sustentable a partir de trabajos experimentales de materiales eco-constructivos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de losas mixtas acero-concreto como sistema de piso eco constructivo, conformadas por tambores recuperados y vigas compuestas.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los impactos potenciales sobre el ambiente para sistemas estructurales que utilicen LMTR y LMT, aplicando la metodología de ACV bajo los requisitos de la norma ISO 14040, mediante del uso del programa Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.
2. Ensayar de diferentes modelos físicos de sistemas de LMTR, a través de pruebas de carga, para diferentes configuraciones, con perfiles típicos usados como correas.
3. Verificar los límites de serviciabilidad de los modelos físicos ensayados de según las consideraciones del Código AISC 360-10.
4. Analizar el comportamiento mecánico de diferentes modelos de sistemas de LMTR de acuerdo las exigencias del Código AISC 360-10, empleando el *software* SAP 2000 V19.0.0.
5. Elaborar nomogramas de serviciabilidad, que relacionen la luz libre y sobrecarga aplicada, para las diferentes configuraciones de LMTR.

6. Preparar instructivo con información técnica para el uso de LMTR, en construcciones informales.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

2.1. Antecedentes

Se llevará a cabo una revisión bibliográfica en la cual se seleccionarán los trabajos e investigaciones previamente realizadas, relacionadas con la temática anteriormente planteada. Estas últimas servirán de apoyo y consulta para la elaboración del presente estudio, en base a su metodología y contenido.

En trabajo de investigación de Peña (2015), estudió losas mixtas madera-concreto basándose en la alta resistencia en compresión del concreto sumado al buen comportamiento en tracción de la madera, permite obtener una estructura eficaz en resistencia, peso y rigidez, siendo estas cualidades ampliamente comprobadas en ambientes interiores. El objetivo de su trabajo era el de modelar el comportamiento de losas mixtas madera-hormigón en condiciones ambientales exteriores con la intención de estudiar su posible aplicación en pasarelas. Se consideró el uso de modelos numéricos como el método de elementos finitos (MEF), que modelarán el comportamiento de las losas mixtas expuestas al medio ambiente, siendo contrastados y validados con los resultados experimentales obtenidos de los ensayos en dos losas mixtas, las cuales fueron sometidas a diversas configuraciones de carga.

La Asociación Latinoamericana del Acero (Alacero), presentó un cuaderno informativo, Alacero en el año 2014. En él se evalúan cuatro (04) casos de flechas, la producida por el peso propio de la losa de concreto

reforzado con el acero de retracción y temperatura y el peso propio del perfil que la soporta (Δ_1); la flecha instantánea debido a la tabiquería sobre la losa (Δ_2); flecha instantánea debido a las cargas variables (Δ_3), y la flecha diferida calculada con 90% de la inercia (Δ_4). Siguiendo la secuencia constructiva, en la que deben revisar combinaciones de flechas, la primera es la instantánea sin cargas variables aplicadas (Δ_1), la segunda es la instantánea producida por la tabiquería sobre la losa ($\Delta_1+\Delta_2$), la tercera es la instantánea producida por las cargas variables sobre la losa ($\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3$) y la última es la diferida en el tiempo ($\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3+\Delta_4$).

En otra investigación Marinilli, (2013), a objeto de difundir el conocimiento sobre diversos aspectos constructivos y mejorar la calidad de las construcciones informales, presenta un fascículo para la construcción popular de viviendas en mampostería reforzada en Venezuela. El mismo constituye un excelente trabajo y gran aporte a la construcción popular, en el que se incluyen numerosas fotografías e ilustraciones para explicar los conceptos y los procedimientos, dirigido al público en general. El trabajo busca señalar, en cada etapa de la construcción, los aspectos que se deben cuidar para garantizar un comportamiento seguro durante un terremoto. Con esta finalidad se presentan las características más importantes de las edificaciones de mampostería confinada aplicadas a estructuras de hasta dos niveles.

Por otro lado, Valdez (2011), planteó la inminente necesidad de considerar el impacto ambiental en la construcción de viviendas de interés social, en el marco del uso de las construcciones sustentables, se analizan las partes de la ingeniería estructural referentes al diseño, comportamiento y durabilidad en la construcción de viviendas, para las cuatro tipologías estructurales más empleadas en México (bloque de arcilla, adobe, etc.).

Apoyándose de pruebas de laboratorio, se diseñó un modelo computacional del comportamiento inelástico de los materiales, posteriormente con el ACV, se compararon las propiedades estructurales con mayor impacto negativo al ambiente. Esta investigación abarca de manera general aspectos medioambientales comunes a todos los países latinoamericanos, aun cuando se trata de la temática de sismicidad específica de una zona de México.

Por otra parte, Lafuente y Genatios (2007), realizaron una publicación donde presentan recomendaciones para construir viviendas seguras y confiables en zonas de terremotos, con materiales de uso común: bloques, acero y concreto armado. Para construir adecuadamente una vivienda, describiendo las funciones estructurales de los elementos que la integran, y seguir las recomendaciones que aquí se presentan para la preparación del terreno, la configuración de la vivienda, el adecuado uso de los materiales de construcción, los detalles de armado del acero, de las conexiones y la colocación de las instalaciones, entre otros aspectos de interés.

2.2. Bases Teóricas Referenciales

2.2.1. Análisis de ciclo de vida (ACV)

El ACV, es una metodología que permite llevar a cabo las evaluaciones ambientales, que cuantifica los impactos ambientales ocurridos durante todas las etapas del proceso del sistema evaluado. Por lo tanto, se justifica realizar estudios que permitan cuantificar las emisiones tóxicas, desprendidas al ambiente, de los diferentes sistemas estructurales relacionados con la vivienda y, a partir de ello, establecer si es necesario condicionar los procesos mediante lineamientos o recomendaciones en la

etapa de diseño, principalmente en lo relacionado con la forma estructural, los materiales componentes y sus características globales, (*op. cit.*, pag. 9),

2.2.1.1. Metodología de ACV

La metodología para realizar un ACV, de acuerdo con lo planteado por la Red Peruana Ciclo de Vida (RPCV), de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Quispe, (2011), establece que el ACV, se emplea para proveer un marco sistemático que sirva como soporte en la identificación, cuantificación, interpretación y evaluación de los impactos ambientales de cualquier sistema evaluado como el de:

- Comparar bienes y servicios existentes.
- Contar con un apoyo para la toma de decisiones.
- Registrar los principales impactos ambientales.
- Analizar los potenciales de optimización dentro de la planificación estratégica.
- Investigar los factores que brindan una mayor contribución a los impactos ambientales.
- Evaluar las regulaciones.

De acuerdo con la norma internacional ISO 14040, un ACV comprende las siguientes etapas:

- Determinar el objetivo y alcance del proyecto definiendo el sistema y las condiciones, así como el campo de aplicación del estudio.

- Realizar el inventario de ciclo de vida abarcando los distintos flujos de entrada y salida para los diversos procesos mediante la elaboración de un modelo del ciclo de vida del producto.
- Determinar e interpretar, los impactos ambientales de manera tal que se entienda la relevancia ambiental de todos los flujos descritos en el modelo.

2.2.1.2. Fundamento de ACV de una edificación.

De acuerdo a lo planteado por Sanz (2012), resulta habitual la subdivisión del ciclo de vida de una edificación o construcción, en tres partes diferenciadas:

- **Construcción:** Como su propio nombre indica, esta etapa se refiere a los diferentes procesos asociados a la erección del edificio. Se incluyen en la misma la fabricación y el transporte, hasta el lugar de ejecución, de los productos, equipos e instalaciones que formarán parte del edificio una vez concluya esta etapa, así como los diferentes procesos constructivos necesarios para la ejecución del mismo (excavación del terreno, vaciado de concreto, barrenado de pilotes, etc.).
- **Operación:** Se consideran incluidos en esta etapa el conjunto de procesos derivados del uso diario del producto analizado. Para el caso de la edificación, estos procesos suelen incluir el consumo energético asociado al mantenimiento de unas determinadas condiciones térmicas, el consumo diario de agua, la producción de residuos, la demanda eléctrica asociada a los equipos e instalaciones existentes en el mismo (electrodomésticos, iluminación, etc.). Resulta habitual considerar incluidos en esta

etapa aquellos procesos que se derivan de las necesidades de mantenimiento del edificio, tales como el pintado de paredes, sustitución de acabados, etc.

- Demolición: Es la última etapa del ciclo de vida del edificio, e incluye los trabajos de demolición, la retirada de escombros hasta los vertederos y plantas de reciclado, etc.

2.2.1.3. Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental (LEED)

El sistema LEED, según la USGBC (2017), es un sistema de certificación de edificios sostenibles, el cual fue inicialmente implantado en el año 1993, utilizándose en varios países desde entonces. Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción.

2.2.1.4. Teoría LEED para el análisis de Ciclo de Vida (ACV).

De igual forma, Athena (2017), el Estimador de Impacto para Edificios cumple con el formato de los límites del sistema la norma EN 15804/15978. En el Tabla 1, se resumen cuáles son los módulos de información de la norma ya referida que están cubiertos actualmente por

el programa y los procesos contabilizados por cada uno. Si bien se espera que algunos de los módulos de información que faltan se incorporen al programa a medida que se disponga de datos y fondos, su capacidad actual es suficiente para satisfacer las necesidades actuales, incluyendo el cumplimiento de los requisitos de ACV en todos los códigos de edificación y sistemas de calificación norteamericanos.

Tabla 1. Módulo de información de los procesos de la ACV del programa Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

Módulo de información	Soportes	Procesos incluidos
A1 suministro de materia prima	Si	Recolección de recursos primarios y minería
A2 transporte	Si	Todo el transporte de materiales hasta la puerta de la planta de fabricación
A3 fabricación	Si	Fabricación de materias primas en productos
A4 Transporte	Si	Transporte de materiales de planta de fabricación a sitio, y equipo de construcción al sitio
A5 Construcción-proceso de instalación	Si	Utilización de energía en los equipos de construcción, y A1-A4, C1, C2, C4 IM efectos de los residuos de construcción
B1 Producto instalado en uso	No	N/A
Mantenimiento B2	Parcial	Las superficies pintadas se mantienen (es decir, repintadas), pero no se incluyen otros aspectos de mantenimiento
Reparación B3	No	N/A
B4 Reemplazo	Si	Módulos A1-A5 Efectos de los materiales de sustitución, y C1, C2, C4 IM efectos de los materiales reemplazados
B5 Rehabilitación	No	N/A
B6 Uso de la energía operativa	Si	Extracción primaria de energía, producción, entrega y uso
B7 Uso operativo del agua	No	N/A
C1 De-construcción demolición	Si	Equipo de demolición uso de energía
Si	Si	Transporte de materiales del lugar al vertedero
C3 Tratamiento de Residuos Eliminación de	No	N/A
	Si	Uso de energía del equipo de la instalación de eliminación y efectos del sitio de vertedero

Fuente: Athena (2017)

2.2.2. Interpretación de los resultados del estimador de impacto (EIA).

Como resultado, el Estimador de Impacto produce un inventario detallado del ciclo de vida para un diseño introducido. También genera un conjunto de indicadores de impacto resumidos en forma gráfica y tabular basada en la Herramienta para la Reducción y Evaluación de Impactos Químicos y Otros Impactos Ambientales de la EPA de Estados Unidos (TRACI-Herramienta para la reducción y evaluación de impactos químicos y otros impactos ambientales) Metodología del indicador de impacto del ciclo de vida (versión 2007). El software soporta medidas de caracterización basadas en métodos de estimación de impacto de punto medio, incluyendo lo siguiente:

- Potencial de Acidificación.
- Potencial de eutrofización acuática.
- Potencial de calentamiento global.
- Criterios de salud humana Air-mobile.
- Potencial de agotamiento del ozono.
- Potencial de smog.
- Energía primaria total.
- Energía No Renovable.
- Consumo de combustible fósil.

2.2.2.1. Potencial de Acidificación (AP).

Una de las nueve medidas ambientales utilizadas para resumir los resultados de la evaluación ambiental proporcionados por el EIA es la acidificación es un efecto más regional y no global que afecta a la salud humana cuando se alcanzan altas concentraciones de NO_2 y SO_2 . El AP de una emisión de aire o agua se calcula sobre la base de su efecto de equivalencia de hidrogenuro sobre una base en masa.

2.2.2.2. Potencial de Eutrofización Acuática.

La eutrofización es la fertilización de las aguas superficiales por nutrientes que antes eran escasos. Cuando un nutriente previamente escaso o limitante se añade a un cuerpo de agua, conduce a la proliferación de la vida vegetal fotosintética acuática. Esto puede conducir a una cadena de consecuencias adicionales que van desde los malos olores hasta la muerte de los peces. El resultado calculado se expresa sobre una masa equivalente de nitrógeno (N).

2.2.2.3. Potencial de Calentamiento Global (GWP)

El potencial de calentamiento global es una medida de referencia. La metodología y la ciencia detrás del cálculo del GWP, pueden ser consideradas una de las categorías ACV más aceptadas. GWP, se expresará sobre una base de equivalencia relativa a CO_2 - en kg o toneladas de CO_2 equivalente. El dióxido de carbono es la norma de referencia común para el calentamiento global o los efectos de los gases de efecto invernadero. Todos los demás gases de efecto invernadero se denominan como: efecto de equivalencia de CO_2 , que es simplemente un

múltiplo del potencial de invernadero (capacidad de captura de calor) del dióxido de carbono. Este efecto tiene un horizonte de tiempo debido a la reactividad atmosférica o la estabilidad de los diversos gases contribuyentes a lo largo del tiempo.

2.2.2.4. Criterios de Salud Humana (HH) Air-Mobile

Las partículas de diversos tamaños (PM10 y PM2.5), tienen un impacto considerable en la salud humana. La EPA ha identificado las "partículas" (de combustión de combustible diesel), como la principal causa de deterioro de la salud humana debido a su impacto en el sistema respiratorio humano - asma, bronquitis, enfermedad pulmonar aguda, etc. El Instituto utilizó el factor de caracterización de "partículas de salud humana de fuentes móviles en una base equivalente de PM2.5, en el conjunto final de indicadores de impacto.

2.2.2.5. Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP)

El potencial de agotamiento del ozono estratosférico explica los impactos relacionados con la reducción de la capa protectora de ozono en la estratosfera causada por las emisiones de sustancias que agotan el ozono (CFC, HFC y halones). El potencial de agotamiento de la capa de ozono de cada una de las sustancias contribuyentes se caracteriza en relación con CFC-11, con el indicador de impacto final que indica la masa (por ejemplo, kg) de CFC-11 equivalente.

2.2.2.6. Potencial Fotoquímico de Formación de Ozono (Smog)

Bajo ciertas condiciones climáticas, las emisiones atmosféricas de la industria y el transporte pueden quedar atrapadas a nivel del suelo donde, en presencia de la luz solar, producen smog fotoquímico, un síntoma del potencial fotoquímico de creación de ozono (POCP). Mientras el ozono no se emita directamente, es un producto de interacciones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NO₂). El indicador de "smog" se expresa en una masa de base O₃ equivalente.

2.2.2.7. Energía Primaria Total

El Consumo Total de Energía Primaria se indica en mega-joules (MJ), en la parte inferior de la tabla de valores absolutos de Consumo de Energía, así como en las tablas de Medidas de Resumen Detallado y Condensado. La energía primaria incorporada incluye toda la energía, directa e indirecta, utilizada para transformar o transportar materias primas en productos y edificios, incluida la energía inherente contenida en materias primas o materias primas que también se utilizan como fuentes de energía comunes por ejemplo, el gas natural utilizado como materia prima en la producción de varias resinas plásticas (polímero). Además, el Estimador de Impacto, captura el uso indirecto de energía asociado con el procesamiento, transporte, conversión y suministro de combustible y energía. Si el usuario introduce el consumo de energía en funcionamiento, también se incluirá en la energía primaria total.

2.2.2.8. Energía Primaria - Resumen Medida Detalles

La energía primaria se informa en mega-joules (MJ). La energía primaria incorporada incluye toda la energía, directa e indirecta, utilizada para transformar o transportar materias primas en productos y edificios, incluida la energía inherente contenida en materias primas o materias primas que también se utilizan como fuentes de energía comunes. (Por ejemplo, el gas natural utilizado como materia prima en la producción de varias resinas plásticas (polímero). Además, el EIA captura el uso indirecto de energía asociado con el procesamiento, el transporte, la conversión y la entrega de combustible y energía más la energía de funcionamiento. La Energía Primaria incluye lo siguiente:

- Consumo de combustibles fósiles no renovables
- Energía nuclear no renovable
- Energía solar / eólica / agua / geotérmica renovable
- Biomasa renovable
- Materia prima fósil
- Biomasa de materias primas

2.2.2.9. Consumo de Combustible Fósil

El Consumo de Combustible Fósil, es un subtotal de Energía Primaria Total, por tipo de energía, que incluye todas las energías de combustibles fósiles. EIA captura el uso indirecto de energía asociado con el procesamiento, el transporte, la conversión y la entrega de combustible más la energía de funcionamiento.

2.2.3. Generalidades de la Construcción Mixta.

2.2.3.1. Construcción Mixta.

La AISC (2010), en su especificación AISC 360-10, indica que el término Construcción Mixta, es aplicable tanto al caso de elementos estructurales compuestos de acero y concreto en que ambos materiales trabajan conjuntamente, como a sistemas estructurales que están compuestos de elementos de acero y elementos de concreto que trabajan juntos para resistir las solicitaciones aplicadas a la estructura.

2.2.3.2. Ventajas y Desventajas de la Construcción Mixta.

Las ventajas en el uso de construcción mixta, ante la construcción convencional en acero, son descritas por Alacero (2010), como las siguientes:

- Optimización del material: al complementar las ventajas del acero y el concreto se consiguen estructuras que son más livianas, en que todo el material se está aprovechando.
- Mayores luces libres: la alta relación resistencia/peso del acero combinada con la rigidez adicional proporcionada por el concreto, permiten que para igual miembro estructural de acero, el elemento mixto permite cubrir mayores distancias que el elemento de acero u hormigón por separado.
- Mayor resistencia a la corrosión: el concreto, en el caso de elementos estructurales consistentes en una sección de acero recubierta en concreto, constituye una barrera adicional a la corrosión.

- Mayor resistencia a incendios: el concreto actúa como barrera contra el fuego o como disipador de calor, proveyendo al elemento mixto de una mayor resistencia a altas temperaturas
- Rapidez de construcción: es posible avanzar con la estructura de acero sin necesidad de esperar por el curado del concreto.
- Menor costo de construcción: es el resultado de la mayor rapidez de construcción, además del posible ahorro de encofrados y alzaprimas. Además, el uso de elementos de menor peralte permite reducir la altura entre pisos, con el consiguiente ahorro en elementos no estructurales y terminaciones.

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

- Conseguir que el concreto y acero trabajen en conjunto requiere normalmente del uso de conectores especiales y trabajo adicional al caso de la construcción convencional en acero y concreto.
- Durante el proyecto, la resistencia despreciable a la tracción del concreto agrega un grado de complejidad a la hora de determinar la rigidez de los elementos estructurales. Además, el efecto de fenómenos como la fluencia lenta o creep y la retracción del concreto, puede ser mayor que en el caso de estructuras de concreto armado.
- 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.

2.2.4. Acción Compuesta (AC).

La AC es la característica fundamental que define a la construcción mixta, es el trabajo en conjunto de los dos materiales. Esto quiere decir, en el caso de elementos mixtos, que ambos materiales responden como uno solo, y en el caso de sistemas estructurales, que elementos de concreto y elementos de acero trabajan conjuntamente para resistir las solicitaciones debidas al uso, (*op. cit.*, pag. 13). En la Figura 1, muestra en la izquierda representa una viga en que el acero y concreto actúan independientemente, es decir, no hay acción compuesta. En contraste, en la parte derecha se muestra una viga en que sí hay acción compuesta. En este caso, todo el concreto se encuentra en compresión y está, por tanto, siendo aprovechado, a la vez que la sección de acero se encuentra mayormente traccionada.

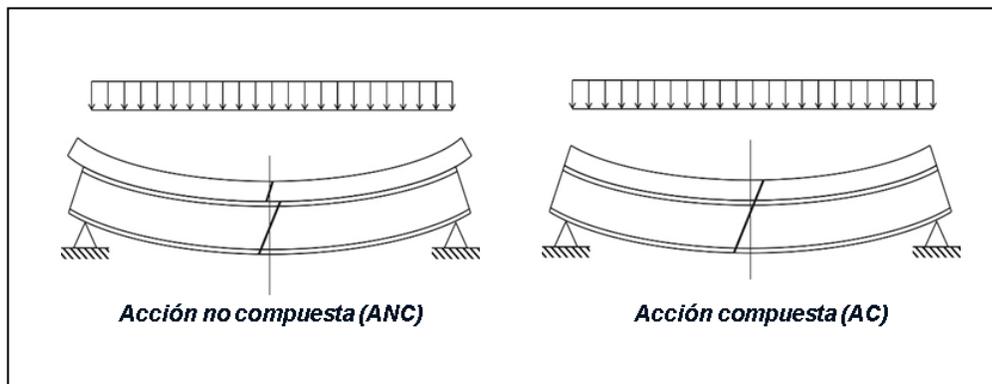


Figura 1. Deformación típica ANC y AC en viga. Fuente: Alacero. (2010).

2.2.4.1. Mecanismo para que ocurra AC.

Para que ocurra acción compuesta es necesario que haya transferencia de esfuerzos entre el acero y el concreto y viceversa, (*op. cit.*, pag. 13), ver figura 2. Los mecanismos típicos de transferencia son:

- Adherencia: el vínculo por fricción o adhesión entre una superficie de acero y una de concreto. Su resistencia es limitada.
- Trabazón: contacto mecánico, por ejemplo a través de insertos embebidos en el hormigón y soldados al acero. Es la solución cuando la adherencia no es suficiente.

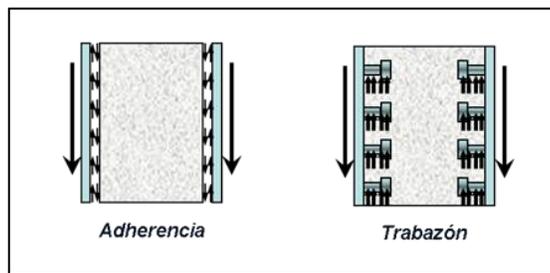


Figura 2. Mecanismos de AC. Fuente: Alacero. (2010).

2.2.4.2. Losa de concreto sobre plancha de acero plegada.

Bilbao (2004), expresa que los pisos compuestos (ver figura 3), son aquellos donde las vigas de acero se unen con losas de concreto para que ambas actúen como una unidad y resistan las cargas totales, las mismas que de otra manera serían soportadas únicamente por las vigas. Puede haber ahorro en las dimensiones de las vigas de acero cuando se usan pisos compuestos, porque la losa actúa como parte de la viga. Una ventaja especial de los pisos compuestos es que utilizan la alta resistencia del concreto a la compresión en casi la totalidad del peralte de la losa, al mismo tiempo que somete a tensión un gran porcentaje del acero, que normalmente

es el caso de las estructuras de acero. El resultado es un menor peso de acero en la estructura.

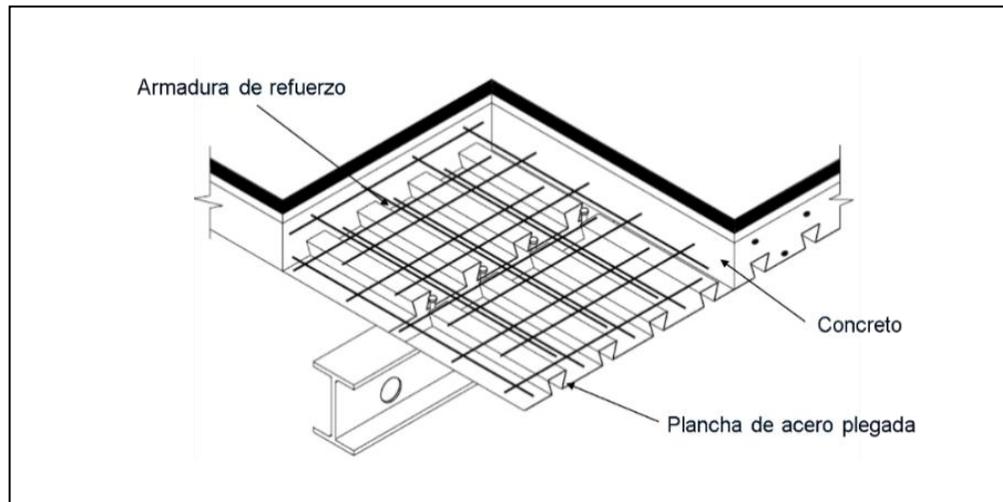


Figura 3. Losa de concreto sobre plancha de acero plegada. Fuente: Alacero. (2010).

2.2.5. Estados límites de la construcción compuesta.

Los elementos mixtos presentan de los posibles estados límite o modos de falla. Para efectos de claridad, se ilustrará cada estado límite para el caso de viga con losa colaborante, haciendo notar cuando algo no sea aplicable a los otros tipos de elementos mixtos. Se estudiará los posibles estados límite para la sección transversal, (*op. cit.*, pag. 13), (ver figura 4). Los estados límites de la sección son:

- Falla del concreto en compresión.
- Fluencia del acero en tracción.
- Pérdida de acción compuesta entre acero y hormigón.

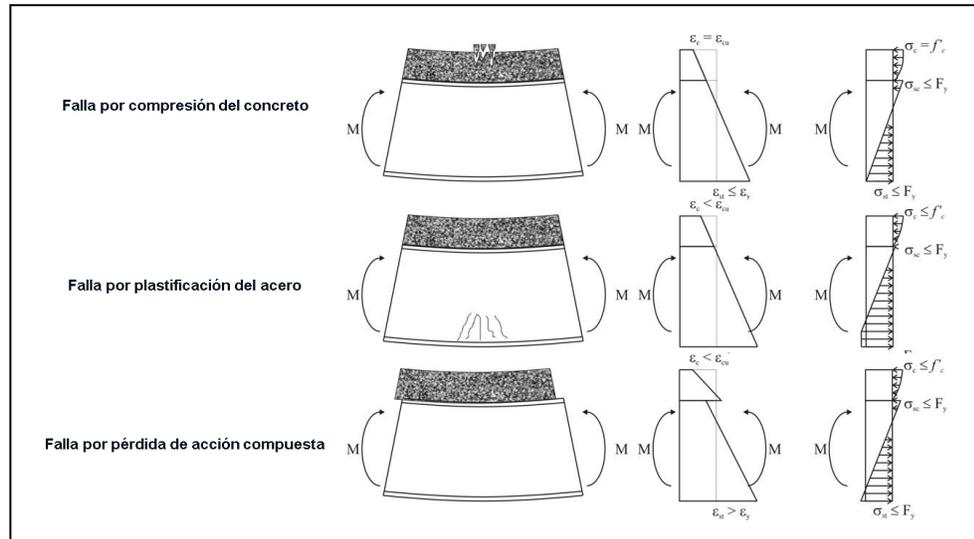


Figura 4. Estados límite sección. Fuente: Alacero. (2010).

Considerando el elemento completo, se tiene estados límite a nivel de resistencia (últimos) y estados límite a nivel de servicio. En cuanto a los estados límite de resistencia, es necesario agregar la inestabilidad global del elemento, ya sea en compresión (pandeo) o en flexión (volcamiento o pandeo lateral-torsional). Como estados límite de servicio se deben considerar la figuración excesiva, la deformación excesiva y la vibración excesiva.

2.2.6. Resistencia de vigas de sección mixta.

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

2.2.6.1. Caso I. Eje neutro en la losa de concreto.

Los esfuerzos de compresión en la losa de concreto tienen una pequeña variación entre el eje neutro plástico y la parte superior de la losa. Sin embargo, para simplificar los cálculos, estos esfuerzos se suponen con un valor constante igual a $0,85F_c$ sobre una 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 losa real (ver Figura 5).

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 F_c b_e} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

A_s = área de acero.

F_y = Resistencia de cedencia del acero.

F_c = Resistencia del concreto a compresión

a = ancho efectivo del bloque de compresión.

b_e = ancho equivalente de la loseta.

Si a es igual o menor que el espesor de la losa, el eje neutro plástico recae en la losa 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.

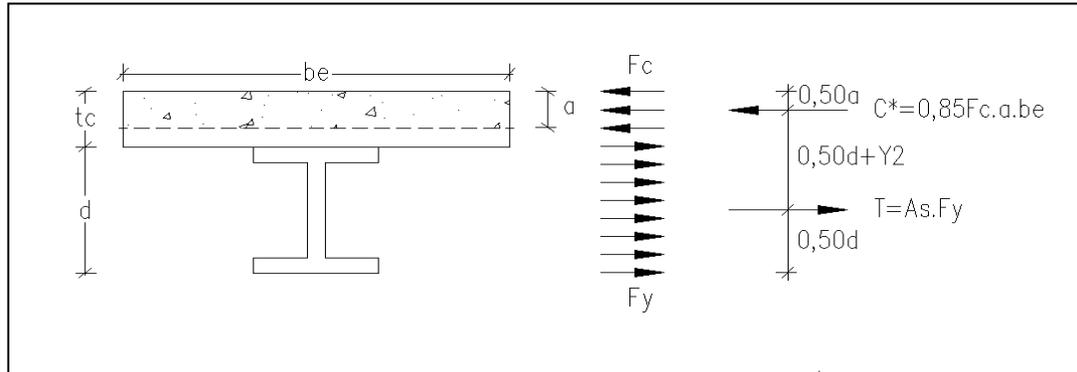


Figura 5. Distribución de esfuerzos en sección mixta, Caso I. Fuente: Brockenbrough y Merritt (2012).

En referencia de la Figura 5, la fuerza de compresión total, tensión total y momento resistente de la sección están dados por las siguientes ecuaciones:

Compresión total: $C^* = 0,85F_c \cdot a \cdot b_e$ Ecuación 2

Tensión total: $T = A_s \cdot F_y$ Ecuación 3

Altura Y_2 : $Y_2 = t_c - 0,50a$ Ecuación 4

Momento resistente: $M_T = T \cdot (0,50d + Y_2)$ Ecuación 5

De igual manera es necesario, para una viga isostática con una carga rectangular distribuida el momento máximo en el medio de tramo está dado por la siguiente ecuación:

$$M_{\max} = \frac{W \cdot L^2}{8} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

W = carga distribuida por longitud de viga.

L = Luz entre apoyos.

2.2.6.2. 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 losa, 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. Si se supone 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.

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

Si para una sección compuesta determinada se encontrara que a es mayor que el espesor de la losa, se debe suponer que el ENP, se localiza en la base del patín de acero, entonces se calculará C y T resultando que T es mayor que C , entonces el ENP recaerá en el alma. Se puede efectuar cálculos similares a los usados para el caso en donde el ENP se localizaba en el patín.

2.2.7. Estado límite de Servicio.

2.2.7.1. Flecha.

Las propiedades de las losas 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.

$$\Delta_{CV+CP} = \frac{5 CV + CP L^4}{384 E_s I_{efec}} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\Delta_{limite} = \frac{L}{240} > \Delta_{CV+CP} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

CV= Sobrecarga variable.

CP= Sobrecarga permanente.

L= Longitud del tramo estudiado.

E_s = Módulo de elasticidad del acero ($2,10 \times 10^6$ kgf/cm²).

I_{efec} = Momento de inercia de la sección mixta, calculado con la siguiente expresión:

$$I_{efec} = I_p + A_p y^2 + I_1 + A_1 (y - y_1)^2 + \frac{b_e}{n} (tc)^3 + \frac{b_e}{n} (tc)(y - y_c)^2 \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

I_p = Momento de inercia del perfil.

I_l = Momento de inercia de la lámina.

A_p = Área del perfil.

A_l = Área de la lámina.

n = Relación modular acero-concreto. Calculado con la siguiente expresión:

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad \text{Ecuación 10}$$

E_c = Módulo de elasticidad del concreto (15.100,00 $\overline{F_c}$ kgf/cm²).

y = Eje neutro de la sección al eje perfil. Calculado con la siguiente expresión:

$$y = \frac{\frac{be \cdot tc}{n} y_c + A_l (y_l)}{\frac{be \cdot tc}{n} + A_l + A_p} \quad \text{Ecuación 11}$$

y_c = distancia del eje de la loseta al eje neutro de la sección al eje perfil.

y_l = distancia del eje de la lámina al eje neutro de la sección al eje perfil.

2.2.8. Conectores de corte.

Son los elementos encargados de transmisión de esfuerzos entre el concreto y la viga de acero. Los conectores de corte tipo espárragos con cabeza tipo "Nelson Stud", deberán tener con una longitud después de instaladas, no inferior a cuatro veces su diámetro del mismo. Los conectores de corte deberán embutirse en las losas de concreto, podrán utilizarse conectores fabricados en pletinas que cumplan con la resistencia de los

conectores tradicionales, tipo espárragos, para garantizar la acción mixta en la sección.

2.2.8.1. Cantidad de conectores de cortante.

El número de conectores de corte requerido a cada lado de la sección de donde ocurre el momento máximo, positivo o negativo y los puntos de inflexión adyacente será igual a la fuerza de corte horizontal dividida por la resistencia minorada de un conector de corte.

2.2.8.2. Colocación y separación de los conectores de corte.

A menos que se especifique de otra manera, los conectores de corte requeridos a cada lado del momento máximo positivo o negativo, podrán distribuirse uniformemente entre esa sección y los puntos de momento cero. Sin embargo el número de conectores requeridos entre cualquier carga concentrada y el punto más cercano de momento cero, deberá ser suficiente para desarrollar el máximo momento requerido bajo la carga concentrada.

Excepto en el caso de los conectores instalados en los nervios de los sofitos metálicos, los conectores de corte tendrán un recubrimiento lateral de concreto de 25 mm como mínimo, salvo que estén colocados directamente sobre el alma, el diámetro de los espárragos no será superior a 2,5 veces el espesor del ala a la cual están soldados. La separación mínima centro a centro de los espárragos será de 6 diámetros a lo largo del eje longitudinal de la viga mixta y 4 diámetros transversal, excepto que la separación mínima centro a centro de los nervios del sofito metálico, orientados perpendicularmente a la viga serán de 4 mm en cualquier dirección.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación.

La investigación se enmarcó como aplicada y experimental, el trabajo especial de grado (TEG), está fundamentado en un proceso sistemático de búsqueda e indagación y resolver problemas o una necesidad de tipo prácticos; en este caso se dio una solución práctica a la problemática del uso o reutilización de materiales, no convencionales (eco-materiales), en la fabricación de losas mixtas acero-concreto como la LMTR, en viviendas o construcciones populares, por auto-construcción o por personal inexperto.

Su objetivo general se basa en desarrollo de un producto o servicio en una investigación aplicada para la elaboración del TEG. Yáber y Valarino (2007), establecen según su propósito, la tipología de TEG, quedará enmarcada como una “investigación aplicada” de investigación y desarrollo, en la cual se levantarán datos a partir de ensayos de LMTR, de diferentes configuraciones con el propósito de relacionar experimentalmente, los datos analíticos obtenidos de los modelos matemáticos que describen el comportamiento mecánico de las LMTR.

Posteriormente se desarrolló un instructivo con información técnica para el uso de LMTR, en construcciones informales, dirigido a constructores populares como producto o propósito del TEG. De igual manera como lo establece Arias (1993), se puede definir que la investigación es experimental, ya que se evaluará el comportamiento mecánico de las LMTR, bajo los efectos producidos por las solicitaciones impuestas.

3.2. Diseño de Investigación

Con el fin de recolectar la información necesaria para responder a las preguntas de investigación, se debe seleccionar un diseño de investigación. Esto se refiere a la manera práctica y precisa en la que se avala para cumplir con los objetivos de su estudio, ya que el diseño de investigación indica los pasos a seguir para alcanzar dichos objetivos. Es necesario por tanto que, previo a la selección del diseño de investigación, se tengan claros los objetivos que pretendemos alcanzar. La investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, (*op. cit.*, pag. 20).

La investigación documental es una técnica que consiste en la selección por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información. La investigación a realizar es experimental, ya que se tomaran los datos directamente de ensayos a realizar a la LMTR.

Cabe destacar que no solo es una investigación experimental, ya que es necesaria la utilización de material bibliográfico para realizar las comparaciones y cálculos analíticos que amerita el trabajo de investigación desarrollado, así como también estudiar los referentes nacionales e internacionales en esta área del conocimiento, por lo que el diseño de la investigación se considera como mixta, es decir un diseño de investigación documental, experimental y de campo, (*op. cit.*, pag. 20).

3.3. Nivel de la investigación

De igual manera, para este tipo de investigaciones permite una visión general respecto a una determinada realidad y se realiza especialmente cuando el tema es poco conocido o cuando es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad (*op. cit.*, pag. 20). Esta investigación a la presente fecha es la primera en estudiar el comportamiento de LMTR, como sistema alternativo de piso.

3.4. Técnicas y herramientas a utilizar

En el mismo orden de ideas, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, en el desarrollo o proceso de ejecución de la investigación, se usaron las siguientes herramientas de investigación, equipos y técnicas de trabajo desarrolladas durante toda la investigación.

3.4.1. Técnicas

3.3.1.1. 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”.

Manual de diseño para cubiertas de piso. SDI (2014).

Norma ISO 14040 “Gestión Ambiental: Evaluación del Ciclo de Vida”.

Libros de acero estructural: Brockenbrough y Merritt (2012), etc.

3.3.1.2. Análisis matemático de LMTR: 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 V19.0.0 (2017), de la empresa Computadores y Estructuras, Inc (CSI). Para el ACV de la LMTR se usó el *software* Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015) elaborado por el Instituto de Materiales Sostenible Athena.

3.3.1.3. Análisis de resultados: a través de esta técnica se organizarón, analizarón, compararon y explicarón los datos obtenidos de la investigación. Los resultados del análisis pueden ser cualitativos y cuantitativos, (*op. cit.*, pag. 21); para este estudio se consideraron las dos formas.

3.5. Herramientas y Equipos

- Computador portátil Síragon NB-3100.
- Impresora Láser HP DeskJet 1200C.
- Calculadora HP.
- Dispositivo de almacenamiento masivo (pendrive) de 2.0 Gigabytes
- SAP 2000 V19.0.0 (2017).
- *Software* Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.
- Cámara Fotográfica.
- Cinta métrica: utilizada para tomar las medidas de dimensiones en sitio.
- Herramientas de oficina: tales como papel bond para la impresión de documentos, lápices, bolígrafos, etc.

- Equipos de topografía un nivel topográfico marca Cst / Berger 24 con trípode y mira graduada.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS.

4.1. Identificación de los impactos potenciales sobre el ambiente para sistemas estructurales que utilicen LMTR y LMT, aplicando la metodología de ACV, bajo los requisitos de la norma ISO 14040, mediante el uso del programa Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

En el desarrollo de esta actividad se consideró analizar dos estructuras sencillas de dos ejes por sentido, ortogonales, con una distancia de 3,05 metros entre si y de un solo nivel con una altura de 3,10 metros. La diferencia entre las mismas es que el nivel techo de cada una está elaborado con LMTR y el segundo modelo con LMT. El sistema de fundación es de tipo superficial, específicamente una losa de fundación, con un espesor asumido de 10 cm y con unas dimensiones en planta de 4,00 metros de largo por 4,00 metros de ancho (ver Figura 6).

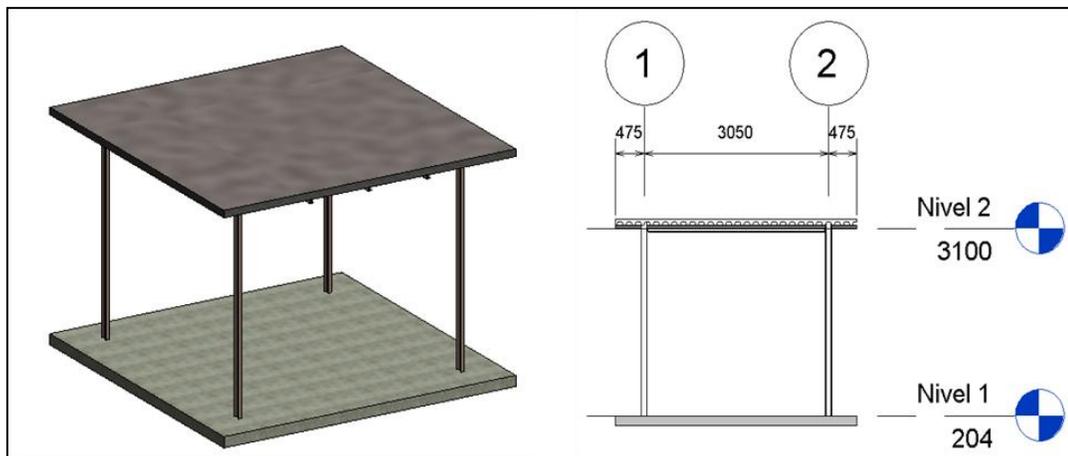


Figura 6. Dimensiones típicas de la estructura a evaluar el impacto Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01. (Dimensiones en milímetros) Fuente: Autores.

El Estimador de Impacto Athena (EIA), es una herramienta utilizada por los equipos de diseño para explorar la huella ambiental de edificaciones, para diferentes opciones de material y opciones de sistemas estructural, como núcleo y cubiertas (Shell). Fue desarrollado por primera vez en el 2002, y ha sufrido numerosas actualizaciones desde entonces. El IEA para los edificios, fue desarrollado en colaboración con la empresa Morrison Hershfield. El uso del EIA es aplicable para nuevas construcciones, restauraciones y ampliaciones en todos los tipos de edificios en Norteamérica, Estados Unidos y Canadá. Con el EIA se puede modelar sobre 1.200 diferentes combinaciones estructurales y de ensamblaje de estructuras, además de permitir una comparación rápida y sencilla de múltiples opciones de diseño. Los datos de entrada para el programa considerados en el trabajo son los que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Datos de entrada usados para evaluar el impacto con el programa Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

Estructura con LMT	
Nombre de Proyecto	Vivienda con LMT
Localización del Proyecto	USA
Tipo de Edificación	Residencial familiar simple
Vida útil del Edificio	60 años
Altura del Edificio	3,05 m
Área en Planta del Edificio	9,30 m ²
Unidades	Sistema Internacional (SI)
Sistema Estructural	Sistema Metálico (MBS)
Sistema de Piso	Piso Compuesto
Sistema de Fundación	Losa de Fundación
Estructura con LMTR	
Nombre de Proyecto	Vivienda con LMT
Localización del Proyecto	USA
Tipo de Edificación	Residencial familiar simple
Vida útil del Edificio	60 años
Altura del Edificio	3,05 m
Área en Planta del Edificio	9,30 m ²
Unidades	Sistema Internacional (SI)
Sistema Estructural	Sistema Metálico (MBS)
Sistema de Piso	Losa de Concreto
Sistema de Fundación	Losa de Fundación

Fuente: Autores

Se debe destacar que el programa usa dentro de su análisis, los valores de consumo energético en la elaboración de materiales de construcción, así como sus potenciales de contaminación durante su proceso de manufactura o elaboración, los mismos corresponden a datos típicos de las construcciones de Estados Unidos y Canadá. El uso del estimador de impacto en edificaciones en Latino América, debe ser usado de forma conservadora ya que los valores reales de consumo energético dependen de la realidad de cada país. En este caso particular se utilizará el estimador para obtener una referencia entre un sistema y otro.

4.1.1. Valoración de sistemas

El Estimador de Impacto EIA, es una herramienta de *software* aprobada para los Green Globes y los sistemas de calificación LEED de edificaciones, los Informes del sistema de calificación están disponibles para proporcionar las tablas que se requieren como sumisiones a esos programas. Las tablas y gráficos muestran las medidas de resumen que son requeridas por cada sistema para la comparación entre diseños de edificios de referencia y propuestos. Para la comparación se usó el sistema LEED. Los informes de los proyectos presentan un cuadro de medidas de resumen requerido por el sistema de calificación. Los efectos totales incluyen efectos de energía incorporados y operativos, se eligió el límite de su sistema de A a C, de acuerdo con el formato de informe las normas EN 15804/15978. En la Tabla 3, se muestran los resultados de la medida resumida prescritos por LEED para cada estructura: potencial de calentamiento global, potencial de acidificación, potencial de eutrofización, potencial de agotamiento del ozono, potencial de smog, consumo de energía no renovable.

Tabla 3. Informe de comparación de medidas resumidas LEED (A a C) obtenidas con el Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

Medida resumida (Potencial)	Unidad	Vivienda con		% Diferencia
		LMTR Total de efectos A to C	Vivienda con LMT Total de efectos A to C	
Calentamiento global	kg CO2 eq	1,58E+03	2,10E+03	32,85%
Acidificación	kg SO2 eq	8,04E+00	1,09E+01	35,78%
Eutrofización	kg N eq	6,42E-01	5,73E-01	-10,75%
Agotamiento de ozono	kg CFC-11 eq	1,87E-05	8,18E-06	-56,23%
Potencial de smog	kg O3 eq	1,48E+02	1,95E+02	31,89%
Energía no renovable	MJ	1,69E+04	3,11E+04	83,79%

Fuente: Autores

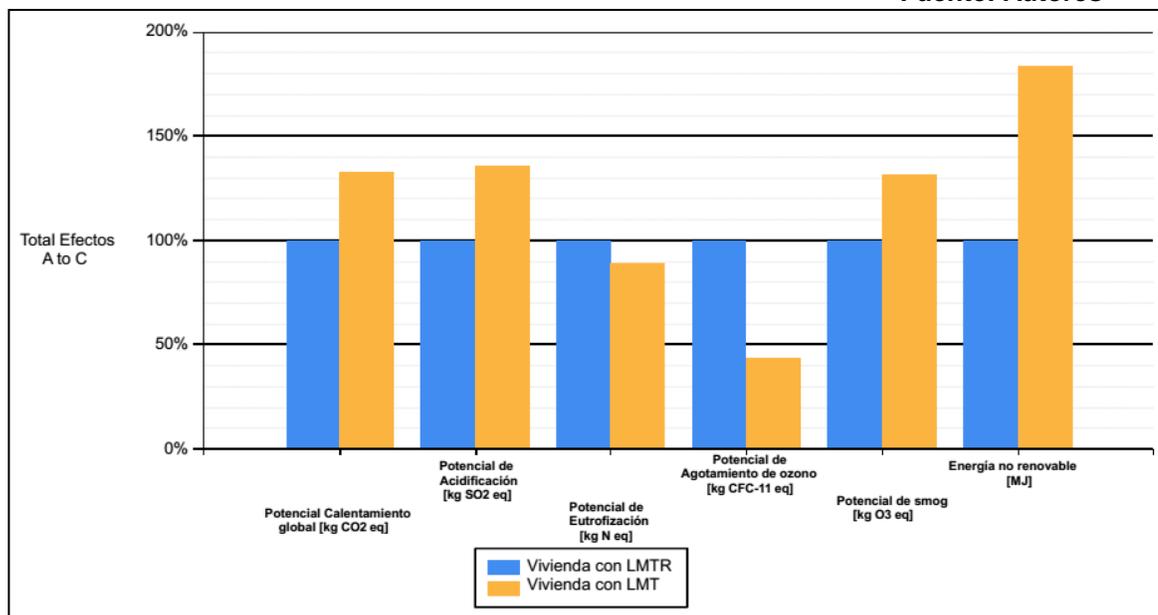


Figura 7. Comparación potenciales de medidas resumidas LEED (A a C) obtenidas con el Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01. Fuente: Autores

En la figura 7, se muestra que la estructura con sistema LMTR cuenta con potenciales menores con sistema LMT, como es el caso, de mayor emisiones de CO₂ y el uso de energía no renovables, en su análisis de ciclo de vida, estos factores son los de mayor ponderación en la evaluación de la huella ecológica de una Edificación bajo los Criterios LEED.

La energía globalmente consumida por cada edificio, a lo largo de los 60 años de vida útil que se han considerado, se obtiene como adición de la energía consumida en las fases de construcción y operación. Se presenta a continuación, en forma de gráfico circular, figura 8, la aportación relativa que cada una de las fases consideradas tiene sobre el consumo global del ciclo de vida de la vivienda de referencia, en donde el sistema de piso LMTR representa el 61,31% del consumo energético del total requerido para la edificación (ver Figura 8 A), de manera análoga un 76,43% para el sistema de piso LMT, (ver Figura 8 A), con una menor eficiencia.

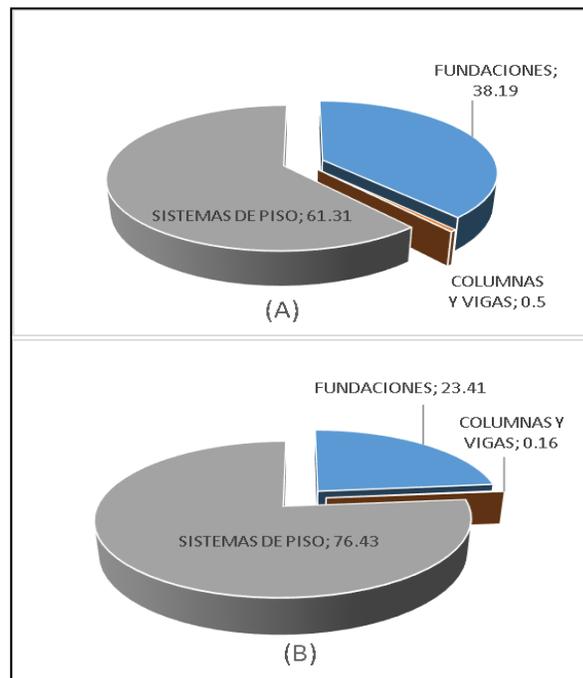


Figura 8. Distribución relativa del consumo global energético de cada estructura: A) LMTR. B) LMT. Obtenidas con el Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01. Fuente: Autores

4.2. Ensayos modelos físicos de sistemas de LMTR

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, entre los meses de diciembre del 2016 a Enero de 2017, los cuales se describirán en los siguientes párrafos.

En el mismo orden de ideas, como patrón de trabajo se utilizaron los criterios de la Sociedad Americana para ensayos de materiales en sus siglas en inglés ASTM, específicamente en su norma ASTM E 196–06, “Prácticas estándar para pruebas de carga por gravedad de pisos y techos de pendiente baja”, ya que en el país no se cuenta con la normativa concerniente a la evaluación de estructuras bajo pruebas de carga. Los ensayos de prueba tienen por objeto evaluar a escala real, las cargas de deflexión de las losas y su comportamiento a las cargas de servicio previstas.

4.2.1. Dimensiones y elaboración de los especímenes

Se procedió a establecer las dimensiones de los especímenes de ensayo, se establecieron losas de 3 m de longitud, con una sección transversal de 60 cm de ancho, en el proyecto nos limitamos al estudio de un ancho efectivo antes mencionado, es por ello que no existe cambios de anchos en las losetas, las cuales fueron conformadas con dos perfiles tubulares Kariña 64x64 y dos perfiles tubulares de 80x40, de igual manera para las variaciones de los tipos de losas ensayadas, adicionalmente a los perfiles se adosaron las láminas de tambor recuperadas las cuales están formada por acero A611 exclusivo para laminas metálicas con resistencia de

1.756,00 (Kgf/cm²) y un espesor de 2mm empleando las arandelas metálicas de ½" pulgada, con soldadura de tapón interna E60XX. Para garantizar que existiese la acción mixta, se instalaron tres conectores de corte en la parte superior de cada correa. Estos conectores de corte están elaborados en pletinas de 3mm de espesor por 300mm de ancho, para un desarrollo total de 400 mm de longitud, en el proceso de fijación del conector de corte se colocaron encima de las láminas exactamente en el eje longitudinal de cada perfil aplicando una soldadura de filete de 3mm, garantizando que durante el proceso de soldadura el conector se fundiera al perfil, la calidad de la soldadura es la misma mencionada anteriormente. (Ver Figura 8).

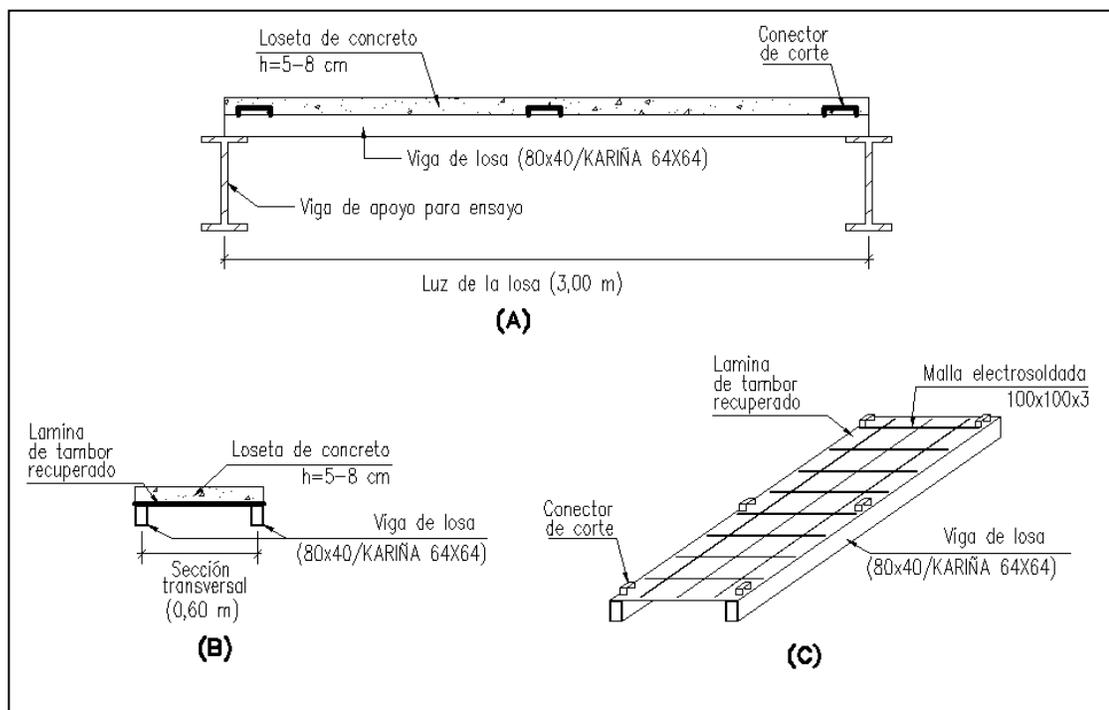


Figura 8. Dimensiones típicas de los especímenes de ensayo: A) Vista lateral losa. B) Sección transversal de la losa. C) Perspectiva. Fuente: Autores

Las losetas se reforzaron con una malla electrosoldada de 100x100x3 mm, la malla fue asegurada con alambre simple a los conectores de corte,

con espesores de 5cm para losas de techo y 8 cm para losas de entepiso, la resistencia del concreto a compresión considerado es de $f'c$ 210 kgf/cm². En el proceso de elaboración de los especímenes, se realizaron 8 losas las cuales están identificadas y se describen como la indica la Tabla 5.

Tabla 4. Configuraciones de las losas ensayadas

Losa	Configuración
L1 y L2	5 cm de espesor, perfil tubular 80x40
L3 y L4	8 cm de espesor, perfil tubular 80x40
L5 y L6	5 cm de espesor, perfil Kariña 64x64
L7 y L8	8 cm de espesor, perfil Kariña 64x64

Fuente: Autores

Para este propósito, como agregado único se utilizó la granza o granzarena, es un agregado proveniente de los sedimentos de a los márgenes de ríos con el cual está compuesto de arena y canto rodado de tamaño heterogéneo, con tamaños menores al agregado #1. Su elección fue condicionada porque es el material con uso extendido por los autoconstructores y constructores populares en el oriente del país. La dosificación típica utilizada elaborada con granzarena para el concreto de la resistencia anteriormente mencionada es la mostrada en la Tabla 5. De igual manera en la Figura 9 se muestran el proceso de elaboración de las losetas.

Tabla 5. Dosificación utilizada para el vaciado de las losas.

Material	Cantidad
Cemento	1 Saco (28,3 Litros)
Agua	3 cuñetes (54 Litros)
Agregado (Granzarena)	20 Palas (108 Litros)

Fuente: Autores

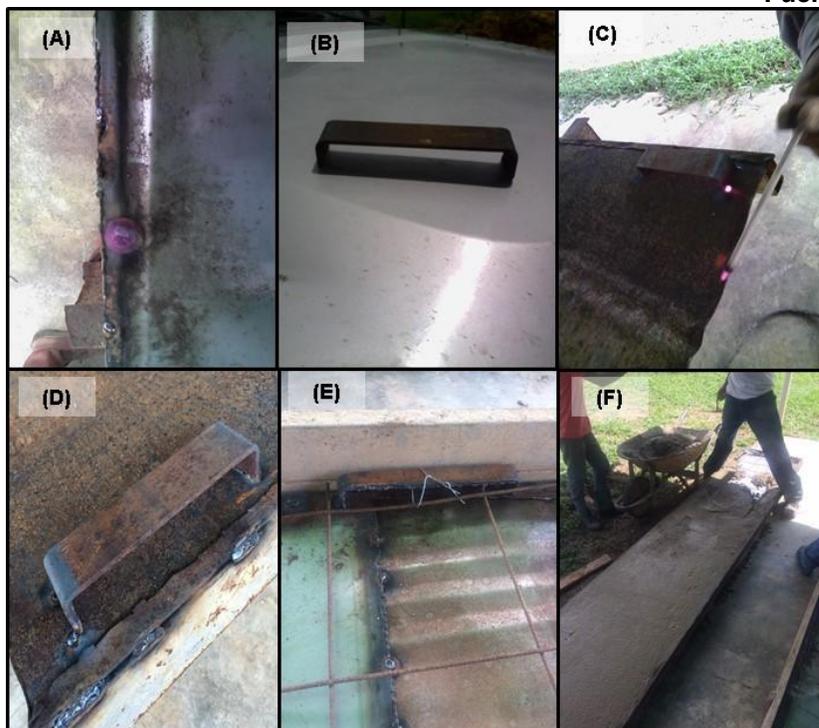


Figura 9. Proceso de elaboración de losetas: A) Fijación de la lámina a los perfiles. B) Elaboración de conectores. C) y D) instalación de los conectores E) Colocación de la malla y encofrado F) Vaciado de las losetas. Fuente: Autores

En relación con esto último, después del proceso de elaboración de las losetas, se procedió al encofrado y posterior vaciado del concreto en las mismas. Esta etapa inicio a los nueve (09) días del mes diciembre de 2016, con el proceso de ajustado de la dosificación a la humedad natural de agregado para posteriormente elaborar la mezcla de concreto. Después de haber colado todas las losas, se procedió a cubrirlas con una lona plástica, evitando el desalojo violento del agua, en el proceso de fraguado, minimizado formaciones de grietas por efecto de la retracción. El curado del

concreto de las losas se realizó durante los 28 días continuos posterior al vaciado, dos veces en el día. El proceso de curado se dio por culminado el día seis (06) de enero del 2017.

4.2.2. Descripción de las pruebas de cargas

Con el fin de medir las deflexiones en los especímenes de losas, se procedió a realizar los ensayos; para esto se colocaron las losas simplemente apoyadas, sobre unos bancos o burros de apoyo los cuales fueron previamente nivelados de forma vertical, sobre las losas se colocaron cinco (05) tambores de 200 litros de capacidad, los cuales fueron llenados de manera uniforme, para producir una sobrecarga uniforme o distribuida, máxima de $555,56 \text{ kg/m}^2$, sin incluir el peso propio del elemento (ver figura 10). Para medir de manera indirecta la flecha de los especímenes, en los soportes se procedió a colocar un nylon de albañilería, para que sirviera de guía o patrón de medición. Sobre el elemento se colocaron líneas guías, referenciadas al nivel, para cada límite de serviciabilidad, es decir losas de piso (espesores de 8 cm) y losas de techo (con espesores de 5 cm). La flecha límite establecida para cada caso es de $L/240$ (12,50 mm).

De las consideraciones anteriores, la medición de la flecha debe ser realizada de manera más precisa y exacta, por lo que para ello se utilizó un nivel topográfico marca Cst / Berger 24 con trípode y mira graduada. En la figura 11, se muestra el proceso de medición inicial de la elevación; la obtención de las elevaciones se realizó para cada una de las losas antes y después de ensayarse.

Seguidamente, a cada medición inicial se procedió al llenado de los tambores (ver figura 8), hasta alcanzar el nivel de deflexión máximo establecido como patrón, para luego tomar una lectura final con el nivel topográfico.

Seguidamente, la deflexión total de las losas fue calculada restando la lectura final menos la lectura inicial; posteriormente, se procede a cuantificar la sobrecarga aplica en cada losa, de manera indirecta, computando el volumen total almacenado en los tambores. En la Tabla 6, se muestran los valores de lecturas de los niveles, deflexión obtenida y sobrecarga aplicada.

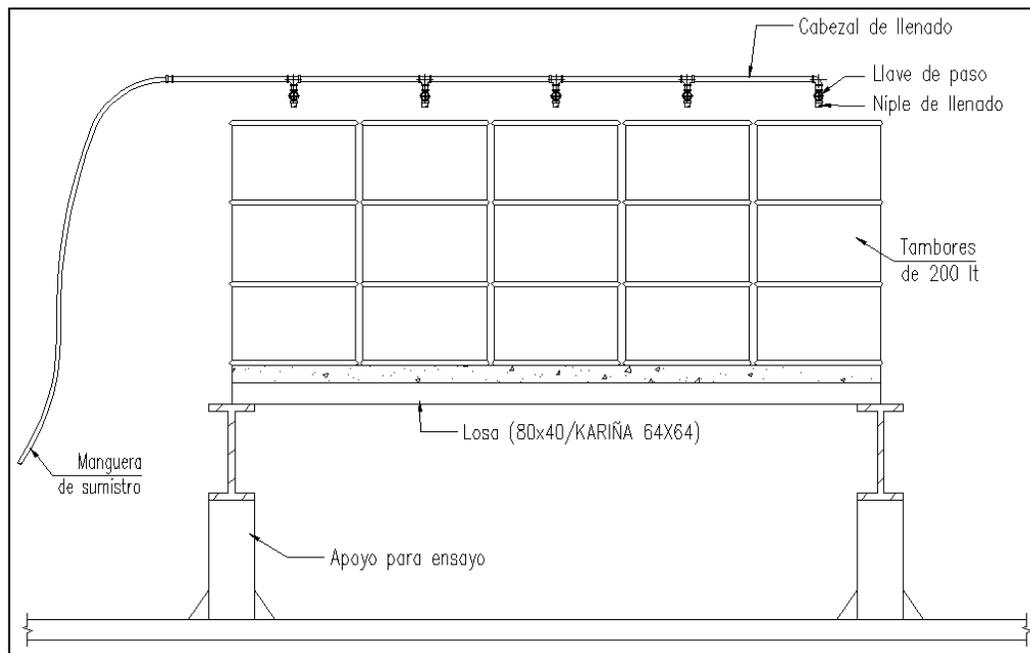


Figura 10. Esquema del ensayo. Fuente: Autores



Figura 11. Medición de las elevaciones, para determinar la deflexión en las losas.
Fuente: Autores



Figura 12. Ensayo de las losas. A) Instalación de cabezal de llenado, B) y C) Llenado de tambores, D) Medición inicial de flecha. Fuente: Autores

Tabla 6. Resultado de los ensayos.

Losa	Lect. inicial (mm)	Lect. final (mm)	Deflexión (mm)	Altura promedio (cm)	Volumen (tls)	Sobrecarga (kg)
L1	440,00	452,50	12,50	65,56	852,30	852,30
L2	430,00	442,50	12,50	66,56	865,25	865,25
L3	410,00	422,50	12,50	75,43	980,53	980,53
L4	410,00	422,50	12,50	75,95	987,33	987,33
L5	445,00	457,50	12,50	65,68	853,78	853,78
L6	440,00	422,50	12,50	66,44	863,78	863,78
L7	410,00	422,50	12,50	74,63	970,25	970,25
L8	415,00	427,50	12,50	74,58	969,54	969,54

Fuente: Autores

Los valores definitivos de sobrecarga deben adicionarse al peso propio de cada loseta.

4.3. Cálculo analítico de las condiciones de ensayo

Con finalidad de comparar el comportamiento de las losas durante la prueba de carga, se calculó las deflexiones límites en consideradas en el Código AISC 360-10 y la norma COVENIN 1618-98. Para el límite de serviciabilidad se consideró la acción en conjunto de la carga permanente más la carga variable en sobre la losa ($\Delta < L/240$), que soportan acabados susceptibles de agrietarse (ver Imagen 13).

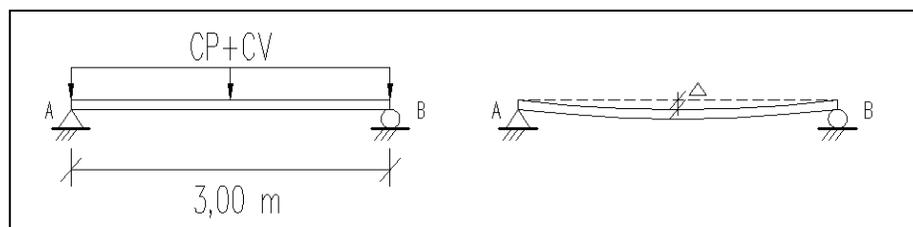


Figura 13. Condiciones para el cálculo de la deflexión. Fuente: Autores

En vista de lo anterior, las cargas de servicio empleadas para el cálculo de las deflexiones, se relacionan con la aplicación de la losa dentro de la edificación o vivienda, es decir, si la losa se usará para entepiso o utilizará es para techo. En función a lo antes expuesto, de la norma COVENIN 2002-88, se empleó el valor de sobrecarga variable de 175 kg/m^2 para entrepisos y de 100 kg/m^2 para techos; de igual manera, para las cargas permanentes, se realizaron los diversos análisis de carga, considerando los diferentes espesores de losetas, pesos de los perfiles, laminas, posibles acabados y recubrimientos. En la Tabla 7 se muestran los análisis de carga para cada configuración de losas.

Posteriormente, se calcularon las inercias efectivas para cada sección, según las diferentes configuraciones de las losas para ello se deben calcular la ubicación del eje neutro de las secciones transversales, mediante la aplicación del teorema de Steiner o teorema de los ejes paralelos, puesto que la sección es irregular debido a que se debe transformar la sección transversal, la cual es una sección heterogénea a una sección homogénea aplicando la relación modular “n” entre los materiales acero-concreto.

Tabla 7. Análisis de carga de las losas

Losas de piso con perfil KARIÑA 64X64		Losas de techo con perfil KARIÑA 64X64	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	17,92	Peso del perfil	17,92
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	678,52	Total	478,52
Losas de piso con perfil 80x40		Losas de techo con perfil 80x40	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	7,88	Peso del perfil	7,88
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	668,48	Total	468,48
Losas de piso con perfil 100x40		Losas de techo con perfil 100x40	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	9,30	Peso del perfil	9,30
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	669,90	Total	469,90
Losas de piso con perfil 60x60		Losas de techo con perfil 60x60	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	7,88	Peso del perfil	7,88
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	668,48	Total	468,48
Losas de piso con perfil 70x70		Losas de techo con perfil 70x70	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	9,30	Peso del perfil	9,30
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	669,90	Total	469,90

Continuación Tabla 7. Análisis de carga de las losas

Loseta de piso con perfil IPN 80		Loseta de techo con perfil IPN 80	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	12,20	Peso del perfil	12,20
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	672,80	Total	472,80
Loseta de piso con perfil IPN 100		Loseta de techo con perfil IPN 100	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	16,68	Peso de la lamina	16,68
Peso del perfil	7,88	Peso del perfil	7,88
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	669,56	Total	469,56
Loseta de piso con perfil UPL 80		Loseta de techo con perfil UPL 80	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	12,16	Peso del perfil	12,16
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	672,76	Total	472,76
Loseta de piso con perfil UPL 100		Loseta de techo con perfil UPL 100	
Descripción	Peso (kg/m ²)	Descripción	Peso (kg/m ²)
Loseta de concreto (8 cm)	200,00	Loseta de concreto (5 cm)	125,00
Peso de la lamina	15,60	Peso de la lamina	15,60
Peso del perfil	16,40	Peso del perfil	16,40
Pavimento y revestimiento	120,00	Impermeabilización	120,00
Tabiquería sobre la losa	150,00	Teja criolla	100,00
Sobre carga variable	175,00	Sobre carga variable	100,00
Total	677,00	Total	477,00

Fuente: Autores

Partiendo de los supuestos anteriores, se calcularon los valores de eje neutro e inercia, de los cuales se mostrará como ejemplo de cálculo los valores para loseta de techo para perfil Kariña 64x64, así como también, en la Tabla 8, se muestran las propiedades mecánicas del perfil Kariña 64x64. En

la Figura 14, se detalla las dimensiones usadas para el cálculo del eje neutro e inercia efectiva para la losa de techo en perfil Kariña 64x64.

Tabla 8. Propiedades mecánicas del perfil Kariña 64x64

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

Fuente: Autores

Es importante resaltar que aparte de las propiedades mecánicas del perfil kariña 64x64, este tipo de perfil es proveniente de la industria empleado anteriormente en líneas de producción, con una resistencia de A53 2.400,00 kgf/cm² y un espesor mínimo de 5mm es elaborado de reciclaje con varios procesos en la fabrica para tener una disposición final en la en área de la construcción.

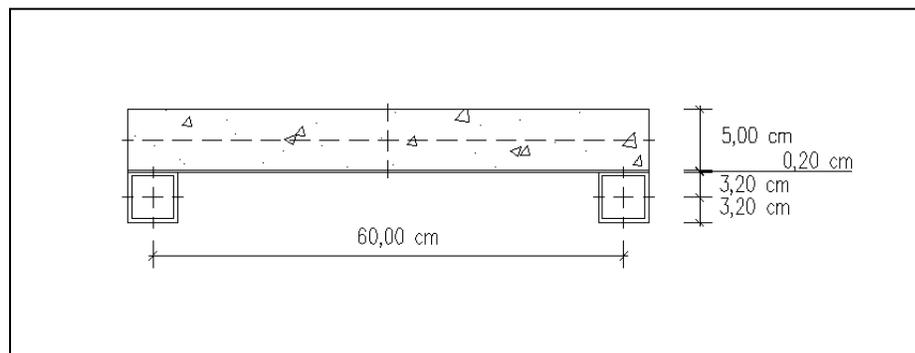


Figura 14. Dimensiones para el cálculo de inercia efectiva, losa de techo y perfil Kariña 64x64. Fuente: Autores

En primer lugar, para realizar la equivalencia entre ambos materiales, es decir, cuanta área de concreto, es necesaria para resistir el valor que resiste un área de acero, de forma proporcional, para ello se debió cuantificar la relación modular, se calculó la relación entre los módulos de elasticidad de acero y del concreto, a partir de la Ecuación 9:

$$n = \frac{2,10 \times 10^6}{15100 \cdot 210} = 9,60$$

Por consiguiente, se calculó la ubicación del eje neutro de la sección, tomando como referencia el centro de gravedad del perfil; para esto se calcularon los momentos de área, de cada elemento de la sección transversal, multiplicados por la distancia del centro de gravedad de cada elemento, hasta el eje de estudio, para transformar el área de concreto a su equivalente en área de acero se dividió el área del concreto entre la relación modular, aplicando la Ecuación 10:

$$y = \frac{\frac{60,00 \cdot 5,00}{9,60} \cdot 5,90 + 60,00 \cdot 0,20 \cdot (3,30)}{\frac{60,00 \cdot 5,00}{9,60} + 60,00 \cdot 0,20 + 2(11,41)} = 3,39 \text{ cm}$$

Ahora se considerará, calcular la inercia efectiva usado en la determinación del momento de inercia de la sección sobre el eje del perfil, dado el momento de inercia del objeto sobre el eje paralelo que pasa a través del centro de masa y de la distancia perpendicular (d) entre ejes. Por lo que aplicando el teorema de los ejes paralelos dado con la Ecuación 8:

$$I_{efec} = 2(65,29) + 2 \cdot 11,41 \cdot 3,39^2 + \frac{(60,00)(0,20)^3}{12} + 60,00 \cdot 0,20 \cdot (3,39 - 3,30)^2 + \frac{60,00}{9,60} (5,00)^3 + \frac{60,00}{9,60} (5,00)(5,90 - 3,39)^2 = 654,95 \text{ cm}^4$$

En este caso, es necesario acotar que para tener una estimación más realista el comentario del AISC - LRFD C-I.3.2, recomienda reducir la inercia en 80 a 75 por ciento de la inercia efectiva, de la calculada por la teoría elástica lineal, o usar la inercia calculada por el método del límite inferior. En este caso se usó el criterio de 75 por ciento de la inercia efectiva, por lo que nos resulta que:

$$0,75(I_{efec}) = 0,75 \cdot 654,95 = 491,21 \text{ cm}^4$$

Por último, se procedió a computar el valor de la deflexión máxima para una viga simplemente apoyada con carga distribuida de manera rectangular, deducida a partir de los datos anteriormente calculados y tomando en consideración la acción de los efectos de la sobrecarga variable y la sobrecarga por peso permanente sobre las losas. Para ello se empleó la Ecuación 6, para el cálculo de la flecha y la Ecuación 7, para el límite de servicio por flecha, como se muestra a continuación:

$$\Delta_{CV+CP} = \frac{5 \cdot \frac{478,52}{100} \cdot 0,60 \cdot 300^4}{384 \cdot 2,10 \times 10^6 \cdot 491,21} = 0,29 \text{ cm}$$

$$\Delta_{limite} = \frac{300}{240} = 1,25 \text{ cm} > \Delta_{CV+CP}$$

Por consiguiente, 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 7 el valor de “w= CV+CP”, por lo que se tiene que la carga máxima de servicio necesaria para que la losa no cumple la flecha será:

$$w = \frac{384 \cdot 2,10 \times 10^6 \cdot 491,21 \cdot 1,25}{5 \cdot 300^4} = 12,2257 \text{ kg/cm} \approx 1222,57 \text{ kg/m}$$

De igual manera, para la prueba de carga de la losa L4, resultó una sobrecarga de 853,78 kg, lo que representa una carga distribuida por área de 474,32 kg/m², a la cual si se le adiciona el peso propio estimado del espécimen L4, el cual es de 378,52 kg/m², generando así un valor de carga por área de 852.84 kg/m², para un ancho tributario de 60 cm se tiene una carga por metro cuadrado de losa de 511.71 kg/m, el cual es menor al valor anteriormente calculado. De igual manera se realizaron las comparaciones para las losas ensayadas (ver Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de las flechas.

Losa	Sobre carga (kg/m)	Deflexión ensayo (mm)	Deflexión teórica (mm)	Diferencia (mm)	(%)
L1	505,19	12,50	6,69	5,81	53,49
L2	509,50	12,50	6,74	5,76	53,95
L3	667,93	12,50	4,46	8,04	35,72
L4	670,20	12,50	4,48	8,02	35,84
L5	511,71	12,50	5,22	7,28	41,75
L6	515,04	12,50	5,25	7,25	42,02
L7	670,53	12,50	3,48	9,02	27,82
L8	670,29	12,50	3,48	9,02	27,81

Fuente: Autores

En definitiva, los valores teóricos estimados satisfacen los valores límites normativos establecidos en la COVENIN 1618-98 y la AISC360-10, así como también ocurre con los datos obtenidos en las pruebas de carga, pero tomando en cuenta que existe una variación del 40 por ciento en promedio entre los resultados teóricos computados y los datos recabados en los ensayos.

4.4 Análisis del comportamiento mecánico de diferentes modelos de sistemas de LMTR de acuerdo las exigencias del Código AISC 360-10 empleando el software SAP2000 V19.0.0.

En la realización de esta etapa de la investigación, se modelaron las diferentes losas ensayadas en las etapas anteriores, para cada configuración (espesor de loseta y perfiles) son su respectivo valor de sobrecarga límite de servicio, y dimensiones características; para ello se utilizó el programa de análisis estructural SAP2000 V19.0.0. En total se desarrollaron 8 diferentes modelos matemáticos de correspondiente a las condiciones anteriormente expresadas, en un solo archivo "MODELOS LMTR.sdb".

Continuando con lo anterior, se indica que el programa comercial SAP2000, es un *software* de ingeniería civil de uso general ideal para el análisis y diseño de cualquier tipo de sistema estructural. Los sistemas básicos y avanzados, desde 2D a 3D, de geometría simple a compleja. La empresa Computers & Structures Inc., son los creadores de este *software*. El nombre del SAP2000 ha sido sinónimo de “El Estado del Arte” en métodos avanzados de análisis de estructuras, desde su introducción hace 30 años en sus inicios con el SAP (Structural Analysis Package), del profesor Edward L. Wilson de la Universidad de Berkeley. Los datos de entrada para el programa considerados en el trabajo son los que se muestran en la Tabla 10.

De igual manera, los modelos de las ocho (08) losetas están formados por dos elementos tipo “frame” para introducir el comportamiento de las correas, discretizados en doce (12) subelementos de 250 mm de longitud y veinte cuatro (24) elementos tipo “shell” de forma rectangular, para describir la conducta de las losetas de 250 mm por 300 mm. El enfoque usado para modelar el comportamiento compuesto con la aplicación de elementos tipos “Link” entre cada elemento “frame” y elemento “shell” (ver Figura 15). Los “link” con restricción total, conectados en los centroides de los elementos “frame” a los centroides del elemento “shell”.

Tabla 10. Datos de entrada usados para calcular la deflexión máxima de las losas con el programa SAP2000 V19.0.0.

Datos	Valor	Observaciones
Unidades	Kgf, cm, C	
Resistencia del concreto (kgf/cm ²)	210,00	Todos los modelos
Módulo de Elasticidad de concreto (kgf/cm ²)	218.819,79	Todos los modelos
Resistencia del Acero A53 (kgf/cm ²)	2.400,00	Modelos L5, L6, L7 y L8
Resistencia del Acero A500 (kgf/cm ²)	3.515,00	Modelos L1, L2, L3 y L4
Módulo de Elasticidad del Acero (kgf/cm ²)	2,10x10 ⁶	Todos los modelos
Espesor de losetas (Shell-Thin) LC 5 (cm)	5,00	Modelos L1, L2, L5 y L6
Espesor de losetas (Shell-Thin) LC 8 (cm)	8,00	Modelos L3, L4, L7 y L8
Perfiles en losetas (Frame)	Kariña 64x64 80x40	Modelos L5, L6, L7 y L8 Modelos L1, L2, L3 y L4
Factor de elemento de conexión AC (Fixed link for Composite Behavior)	1,00	Restricción total en todas las direcciones
Condiciones de apoyo (Restrains)	Simplemente apoyado	Todos los modelos
Carga aplicada (kgf/m ²)	841,98 849,17 1.113,22 1.117,00 852,84 858,40 1.117,55 1.117,15	Modelo L1 Modelo L2 Modelo L3 Modelo L4 Modelo L5 Modelo L6 Modelo L7 Modelo L8

Fuente: Autores

Por consiguiente, al haber formulado todos los modelos, se procedió a realizar la rutina de análisis del programa SAP2000 V19.0.0., también conocida como “run” o “corrida” en español, de la cual se obtuvieron las deflexiones máximas de cada modelo en el centro del tramo, aplicando las herramientas de visualización del programa “Deformed Shape” para el modelo L1 de 5,4877 mm (ver Figura 16). Los demás datos de flecha están se muestran la Tabla 11, y las comparaciones con los datos experimentales. Las definiciones de los modelos y resultados de las salidas del programa SAP2000 V19.0.0., se encuentran en ubicados en el Anexo “A”

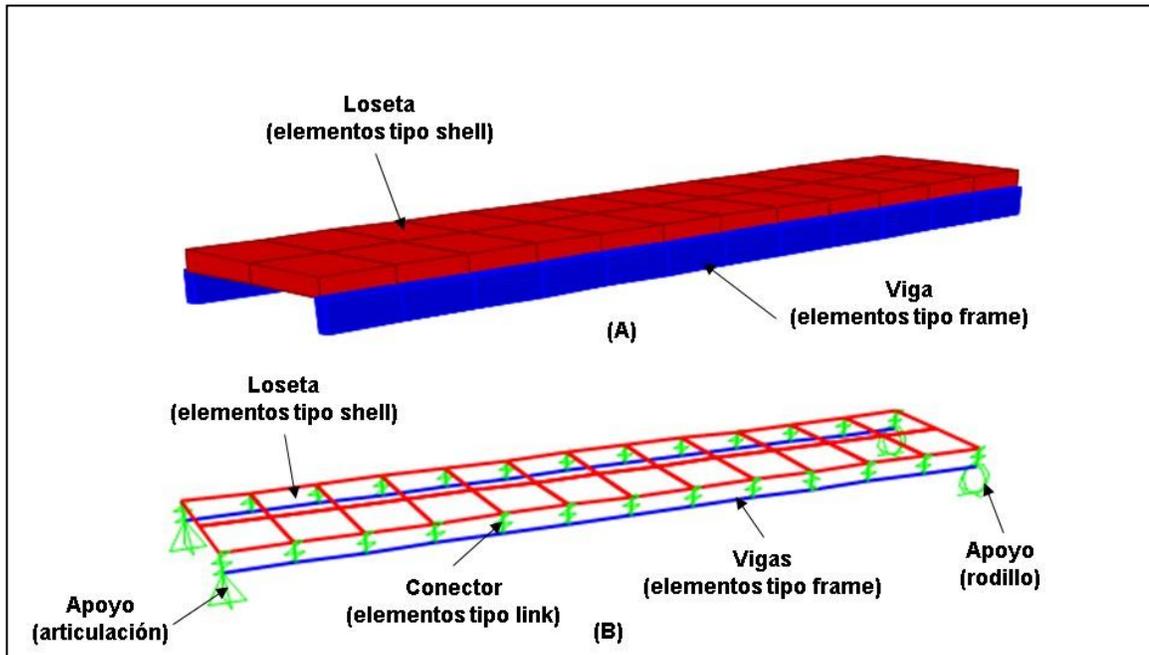


Figura 15. Modelo matemático típico de loseta en SAP2000 V19.0.0, A) Modelo en dimensiones reales. B) Modelo diScretizado. Fuente: Autores

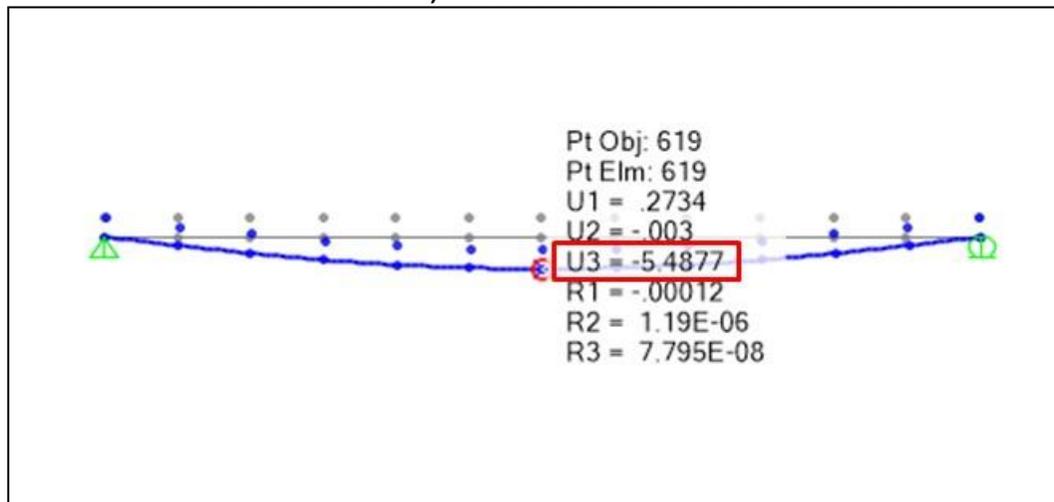


Figura 16. Resultado de deflexión máxima $U3 = 5,4877$ mm del modelo L1 en SAP2000 V19.0.0. Fuente: Autores

Tabla 11. Comparación de las flechas datos de pruebas de carga y modelos de SAP2000 V19.0.0.

Losa	Sobre carga (kg/m)	Deflexión ensayo (mm)	Deflexión SAP2000 (mm)	Diferencia (mm)	(%)
L1	505,19	12,50	5,4877	7,0123	43,90
L2	509,50	12,50	5,5338	6,9662	44,27
L3	667,93	12,50	3,8218	8,6782	30,57
L4	670,20	12,50	3,8343	8,6657	30,67
L5	511,71	12,50	4,1137	8,3863	32,91
L6	515,04	12,50	2,8333	9,6667	22,67
L7	670,53	12,50	2,8772	9,6228	23,02
L8	670,29	12,50	2,8772	9,6228	23,02

Fuente: Autores

De igual manera, los valores obtenidos con el programa SAP2000 V19.0.0., cumplen con los valores límites normativos establecidos en la COVENIN 1618-98 y la AISC360-10, así como también ocurre con los datos obtenidos en las pruebas de carga, pero tomando en cuenta que existe una variación del 33 por ciento promedio entre los resultados conseguidos del programa y los datos recabados en los ensayos.

4.5 Elaboración de nomogramas de serviciabilidad, que relacionen la luz libre y sobrecarga aplicada, para las diferentes configuraciones de LMTR.

En el desarrollo de esta fase, se realizaron los cálculos analíticos para las diferentes secciones transversales consideradas, para ello se realizó el cálculo la resistencia de las vigas en sección mixta, a las cuales se dedujeron los valores de sobrecarga necesaria para generar la falla por resistencia de la sección, para una viga simplemente apoyada con una carga distribuida rectangular. De igual manera, se calculó el valor de sobrecarga necesaria para encontrar el límite de serviciabilidad, considerando la deflexión máxima del tramo para una para una viga isostática con una carga distribuida

rectangular. Por último el valor de sobrecarga será el menor de los calculados. Los datos empleados para el cálculo de los nomogramas son los mostrados en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos usados para el cálculo de los nomogramas de luz libre carga aplicada.

Datos	Valor	Observaciones
Resistencia del concreto (kgf/cm ²)	210,00	Todas las losas
Módulo de Elasticidad de concreto (kgf/cm ²)	218.819,79	Todas las losas
Resistencia del Acero A611 (kgf/cm ²)	1.756,00	Para la lamina
Resistencia del Acero A36 (kgf/cm ²)	2.530,00	Perfiles IPN 80, IPN 100, UPN 80 7 UPN 100
Resistencia del Acero A53 (kgf/cm ²)	2.400,00	Kariña 64x64
Resistencia del Acero A500 (kgf/cm ²)	3.515,00	ECO 60x60, ECO 70x70, ECO 80x40 y ECO 100x40
Módulo de Elasticidad del Acero (kgf/cm ²)	2,10x10 ⁶	Todas las losas
Espesor de losetas techo tc (cm)	5,00	
Espesor de losetas de entrepiso tc (cm)	8,00	
Ancho efectivo be (cm)	60,00	Todas las losas
Condiciones de apoyo	Simplemente apoyado	Todas las losas
Valor límite de flecha	L/240	Todas las losas

Fuente: Autores

4.5.1 Resistencia de vigas de sección mixta.

Para computar los momentos resistentes, se partió como premisa que el eje neutro de todas las secciones se ubicaba en la loseta, en este caso el valor del ancho del bloque a compresión “a” en menor o igual el espesor “tc” de la loseta, y la resistente global de la sección mixta dependen como la tensión total “T” o la compresión total “C*”, multiplicada por la distancia entre sus centros de gravedad. Como muestra de cálculo se realizó, el cómputo de la resistencia para una loseta de techo con perfil IPN 80. Aplicando la Ecuación 2, se obtuvo la fuerza de compresión total C*:

$$C^* = 0,85 \cdot 210 \cdot 60 \cdot 5 = 53.550,00 \text{ kgf}$$

Seguidamente, se procedió a calcular la fuerza de tensión total de la sección, la cual es calculada de la sumatoria de las fuerzas resultantes entre el perfil IPN 80 y la lámina de tambor, considerando su sección transversal y su esfuerzo carente respectivo. Aplicando la Ecuación 3, se calculará la fuerza de tensión total T de la sección:

$$T = 2530,00 \cdot 7,57 + 60,00 \cdot 0,20 \cdot 1.756,00 = 40.224,10 \text{ kgf}$$

De lo anterior, se deduce que el momento resistente de la sección estará dada por la fuerza de tensión total de la sección ya que es la que gobierna el estado límite de resistencia ($T < C^*$), por lo que se procedió a calcular el ancho del bloque a compresión de la sección, aplicando la Ecuación 1 como se muestra a continuación:

$$a = \frac{40.224,10}{0,85(210,00)(60,00)} = 3,76 \text{ cm} < t_c = 5,00 \text{ cm}$$

Como consecuencia de esto, se computa el brazo de palanca para el encontrar el valor del momento resistente a sección mixta, acero-concreto, para las consideraciones anteriores, así como también, suponiendo un valor de y_c igual al valor de t_c (5,00cm), aplicando la Ecuación 4 como se muestra a continuación:

$$Y_2 = 5,00 - 0,5 \cdot 3,76 = 3,12 \text{ cm}$$

Por último, la resistencia de la viga mixta, acero-concreto, se determinó aplicando en la Ecuación 4, los datos, valores y consideraciones anteriormente planteadas, para el caso del comportamiento mecánico de

falla, en el cual el eje neutro se ubica en la loseta, según el siguiente procedimiento:

$$M_t = 40.224,10 \cdot 0,5 \times 8,00 + 3,12 = 286.395,59 \text{ kg} - \text{cm}$$

Como resultado de lo anterior, se muestran en la Tabla 13, en resumen, los diferentes valores necesarios para calcular la resistencia de la sección mixta, para las diferentes configuraciones de losas estudiadas para espesores de losa iguales a $t_c = 5,00 \text{ cm}$ y $t_c = 8,00 \text{ cm}$. De igual manera, para una viga simplemente apoyada, con carga rectangular distribuida del momento máximo, está expresado por la Ecuación 11 de la cual se despejó el valor de la carga máxima, en función de una longitud del tramo de 2,00 m:

$$W_{max} = \frac{8(286.395,59)}{(200)^2} = 57,2791 \text{ kg/cm} \approx 5727,91 \text{ kg/m}$$

Tabla 13. Resistencia de losas de sección mixta.

tc = 5,00 cm						
Tipo de Perfil	C* (kg)	T (kg)	a (cm)	Y _c (cm)	Y ₂ (cm)	M _T (kg-cm)
IPN 80	53.550,00	40.224,10	3,76	5,00	3,12	286.395,59
IPN 100	53.550,00	47.890,00	4,47	5,00	2,76	371.829,41
UPL 80	53.550,00	40.679,50	3,80	5,00	3,10	288.859,58
UPL 100	53.550,00	47.637,00	4,45	5,00	2,78	370.427,71
ECO60X60	53.550,00	39.350,00	3,67	5,00	3,16	242.511,37
ECO70X70	53.550,00	41.880,80	3,91	5,00	3,04	274.100,65
ECO80X40	53.550,00	39.350,00	3,67	5,00	3,16	281.861,37
ECO100X40	53.550,00	41.880,80	3,91	5,00	3,04	336.921,85
KARIÑA 64X64	53.550,00	48.456,00	4,52	5,00	2,74	287.722,77
tc = 8,00 cm						
Tipo de Perfil	C* (kg)	T (kg)	a (cm)	Y _c (cm)	Y ₂ (cm)	M _T (kg-cm)
IPN 80	85.680,00	40.224,10	3,76	8,00	6,12	407.153,34
IPN 100	85.680,00	47.890,00	4,47	8,00	5,76	515.499,41
UPL 80	85.680,00	40.679,50	3,80	8,00	6,10	410.898,08
UPL 100	85.680,00	47.637,00	4,45	8,00	5,78	513.338,71
ECO60X60	85.680,00	39.350,00	3,67	8,00	6,16	360.561,37
ECO70X70	85.680,00	41.880,80	3,91	8,00	6,04	399.743,05
ECO80X40	85.680,00	39.350,00	3,67	8,00	6,16	399.911,37
ECO100X40	85.680,00	41.880,80	3,91	8,00	6,04	462.564,25
KARIÑA 64X64	85.680,00	48.456,00	4,52	8,00	5,74	433.090,77

Fuente: Autores

De igual forma, la carga anterior puede ser representada en una carga distribuida por área, para ello es necesario dividirla por el ancho efectivo de la loseta el cual es de 60 cm, el mismo será el ancho tributario, por lo que se tendrá una carga por metro cuadrado de losa de 9.546,52 kg/m². Este valor representa la carga máxima de falla por condiciones de resistencia de la sección.

4.5.2 Límite de servicio de vigas de sección mixta.

De igual manera que en los párrafos anteriores, se cuantificaron las cargas necesarias para que las losas, con las diferentes configuraciones ya descritas, alcancen su estado límite de servicio, para ello fue necesario calcular los ejes neutros y las inercias efectivas para cada caso en específico. Para ejemplificar los procedimientos necesarios, en los subsiguientes párrafos, se describirán el paso a paso de los cálculos para una loseta de techo con perfil IPN 80. Como se realizó anteriormente, se calculó el eje neutro, aplicando la Ecuación 10:

$$y = \frac{\frac{60,00 \cdot 5,00}{9,60} \cdot 6,70 + 60,00 \cdot 0,20 \cdot (4,10)}{\frac{60,00 \cdot 5,00}{9,60} + 60,00 \cdot 0,20 + (7,57)} = 5,09 \text{ cm}$$

Consecutivamente, se computaron los valores de inercia efectiva aplicando el principio de los ejes paralelos, con la Ecuación 8, en la Tabla 14 se muestran los diferentes valores para de eje neutro y de inercia efectiva:

$$I_{efec} = (77,80) + 7,57 \cdot 5,09^2 + \frac{(60,00)(0,20)^3}{12} + 60,00 \cdot 0,20 \cdot (5,09 - 4,10)^2 + \frac{60,00}{9,60} \cdot (5,00)^3 + \frac{60,00}{9,60} \cdot (5,00)(5,09 - 6,70)^2 = 431,83 \text{ cm}^4$$

$$0,75(I_{efec}) = 0,75 \cdot 431,83 = 323,87 \text{ cm}^4$$

Tabla 14. Ejes neutros e Inercias efectivas.

Tipo de Perfil	tc = 5,00 cm		tc = 8,00 cm	
	y (cm)	I (cm ⁴)	y (cm)	I (cm ⁴)
IPN 80	5,09	431,83	6,60	877,26
IPN 100	5,60	709,37	7,18	1.240,10
UPL 80	5,07	433,08	6,58	881,68
UPL 100	5,62	690,22	7,19	1.218,94
ECO60X60	4,44	266,21	5,91	653,69
ECO70X70	4,82	324,65	6,30	731,75
ECO80X40	5,34	330,29	6,83	733,17
ECO100X40	6,14	448,72	7,67	882,65
KARIÑA 64X64	6,66	737,04	8,27	1.252,82

Fuente: Autores

Por último, se procedió a computar el valor de la deflexión máxima para una viga simplemente apoyada con carga distribuida de manera rectangular, deducida a partir de los datos anteriormente calculados y tomando en consideración la acción de los efectos de la sobrecarga variable y la sobrecarga por peso permanente sobre las losas, para ello se empleó la Ecuación 7 y Ecuación 6, para una luz de 2,00 metros como se muestra a continuación:

$$\Delta_{limite} = \frac{200}{240} = 0,83 \text{ cm}$$

$$w = \frac{384 \cdot 2,10 \times 10^6 \cdot 323,87 \cdot 0,83}{5 \cdot 200,00^4} = 27,0963 \text{ kg/cm} \approx 2.709,63 \text{ kg/m}$$

De igual forma, la carga anterior puede ser representada en una carga distribuida por área, para ello es necesario dividirla por el ancho efectivo de la loseta el cual es de 60 cm, el mismo será el ancho tributario, por lo que tendremos una carga por metro cuadrado de losa de 4.516,05 kg/m². Este valor representa la carga máxima de falla por condiciones de servicio de la losa. Al comparar el valor de la carga límite de resistencia con la carga límite de servicio, se adopta como valor para la construcción del nomograma el valor menor entre ambos. En el Anexo B, se encuentran las tablas donde se muestran los valores de carga límite de resistencia y las cargas de límites de servicio, para cada configuración de las losas. En la Tabla 15 y la Tabla 16, se muestran los datos de luces y sobrecargas con los cuales se elaboraron los nomogramas para las losas.

Tabla 15. Valores de cargas límites para losas de espesor tc 5 cm.

tc = 5,00 cm									
LUZ (m)									
TIPO PERFIL	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
IPN 80	4.534,24	3.184,54	2.321,53	1.744,20	1.343,48	1.056,68	846,04	687,86	566,78
IPN 100	7.448,40	5.231,25	3.813,58	2.865,20	2.206,93	1.735,81	1.389,79	1.129,95	931,05
UPN 80	4.547,30	3.193,71	2.328,22	1.749,22	1.347,35	1.059,73	848,48	689,84	568,41
UPN 100	7.247,35	5.090,05	3.710,64	2.787,86	2.147,36	1.688,96	1.352,28	1.099,45	905,92
ECO60X60	2.795,24	1.963,19	1.431,16	1.075,26	828,22	651,42	521,56	424,05	349,41
ECO70X70	3.408,86	2.394,15	1.745,34	1.311,30	1.010,03	794,42	636,06	517,14	426,11
ECO80X40	4.711,61	3.309,12	2.412,34	1.812,43	1.396,03	1.098,02	879,13	714,77	588,95
ECO100X40	7.738,96	5.435,32	3.962,35	2.976,97	2.293,02	1.803,53	1.444,00	1.174,03	967,37
KARIÑA 64X64	4.527,24	3.179,63	2.317,95	1.741,51	1.341,41	1.055,05	844,73	686,80	565,91

Fuente: Autores

Tabla 16. Valores de cargas límites para losas de espesor t_c 8 cm.

$t_c = 8,00$ cm									
LUZ (m)									
TIPO PERFIL	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
IPN 80	9.211,19	6.469,31	4.716,13	3.543,30	2.729,24	2.146,62	1.718,71	1.397,37	1.151,40
IPN 100	13.021,04	9.145,09	6.666,77	5.008,84	3.858,09	3.034,49	2.429,58	1.975,34	1.627,63
UPN 80	9.257,62	6.501,92	4.739,90	3.561,16	2.743,00	2.157,44	1.727,37	1.404,41	1.157,20
UPN 100	12.798,85	8.989,04	6.553,01	4.923,37	3.792,25	2.982,71	2.388,12	1.941,63	1.599,86
ECO60X60	6.863,76	4.820,63	3.514,24	2.640,30	2.033,71	1.599,56	1.280,70	1.041,26	857,97
ECO70X70	7.683,38	5.396,28	3.933,89	2.955,59	2.276,56	1.790,57	1.433,63	1.165,60	960,42
ECO80X40	9.267,79	6.509,06	4.745,11	3.565,07	2.746,01	2.159,81	1.729,27	1.405,96	1.158,47
ECO100X40	13.154,65	9.238,93	6.735,18	5.060,24	3.897,67	3.065,63	2.454,51	1.995,61	1.644,33
KARIÑA 64X64	9.610,27	6.749,60	4.920,46	3.696,81	2.847,49	2.239,63	1.793,17	1.457,91	1.201,28

Fuente: Autores

Dadas las consideraciones anteriores, se procedió a armar los nomogramas, considerando los datos obtenidos de los cálculos analíticos, de los estados límites de resistencia y los estados límites de servicio, los datos para elaborar los nomogramas relación entre la luz libre y la carga aplicada por metro cuadrado. Estos permiten elegir el perfil estructural en función de las luces de proyecto, para una sobrecarga dada. Los valores mostrados en los nomogramas (ver Figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23), se les debe deducir el peso propio de la losa (ver Anexo C).

En definitiva, los nomogramas representan curvas decrecientes con tendencia exponencial, en la cual, para luces cortas se tendrán valores máximos de sobrecarga y de forma análoga para luces largas tendremos, valores de carga pequeñas. El uso de los nomogramas dependerá de la carga a utilizar en el nivel de entrepiso y al entrar al nomograma nos arrojará el valor máximo de luz libre. Así como también con la luz libre nos arroja el valor máximo de sobrecarga. En vista de ello, se muestran todos los nomogramas elaborados en el presente trabajo en las páginas siguientes.

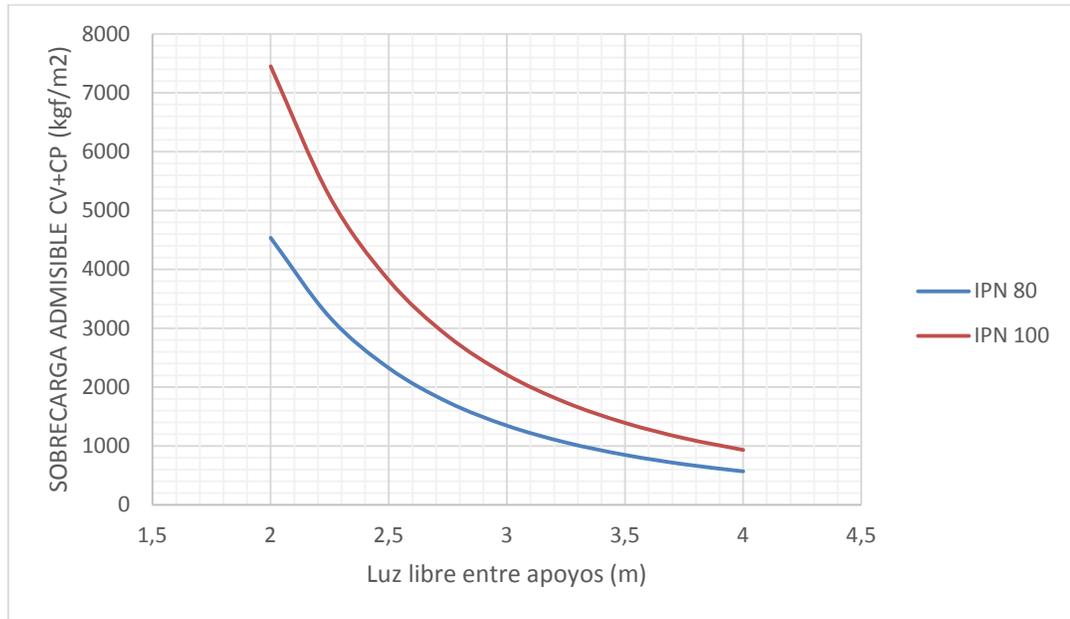


Figura 16. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles IPN y $t_c=5\text{cm}$. Fuente: Autores.

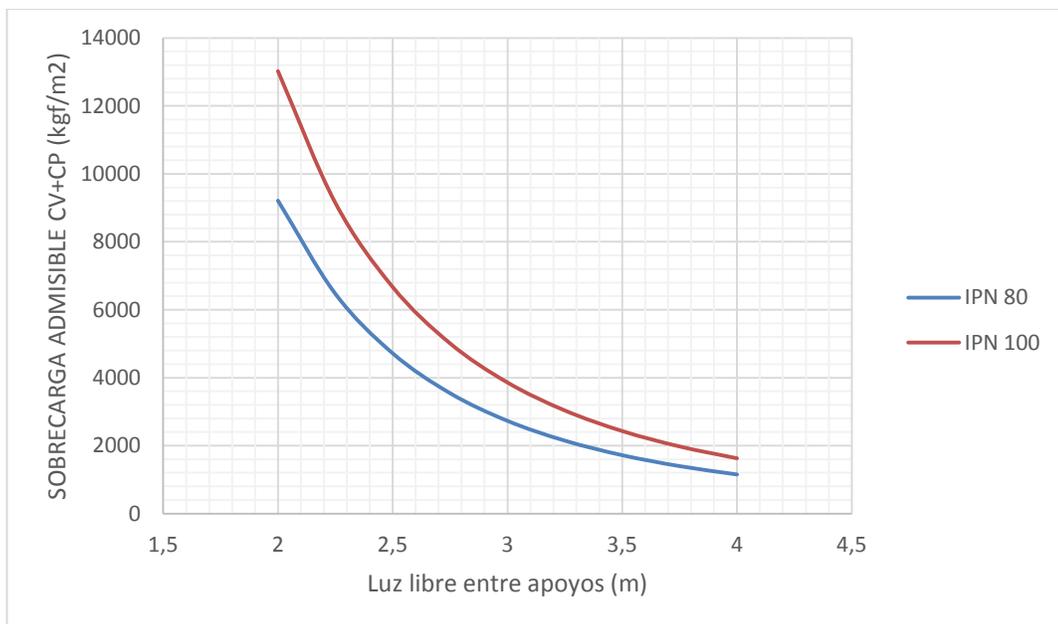


Figura 17. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles IPN y $t_c=8\text{cm}$. Fuente: Autores.

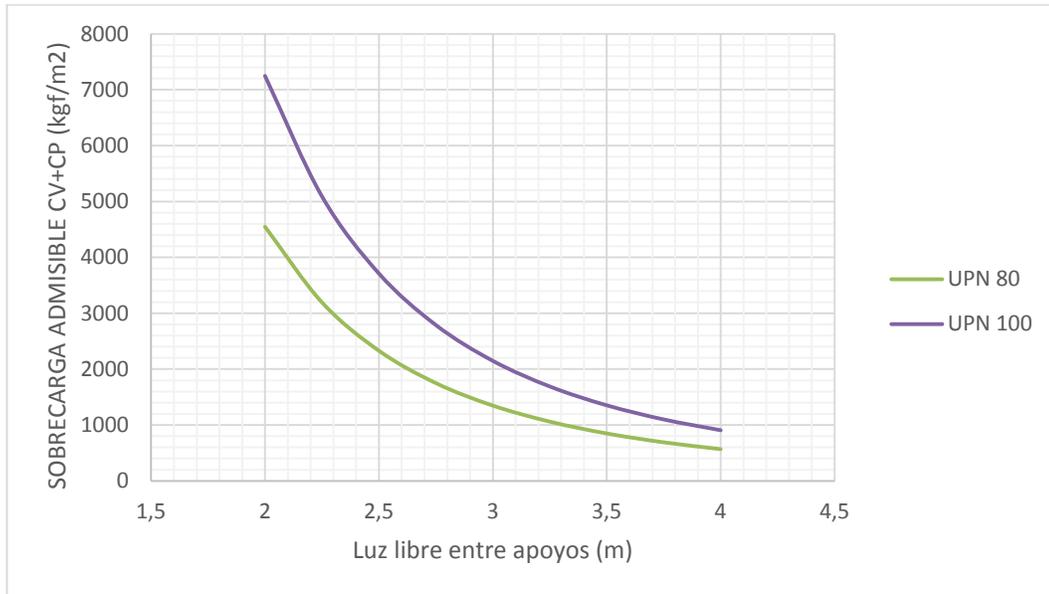


Figura 18. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles UPN y $t_c= 5\text{cm}$. Fuente: Autores.



Figura 19. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles UPN y $t_c= 8\text{cm}$. Fuente: Autores.

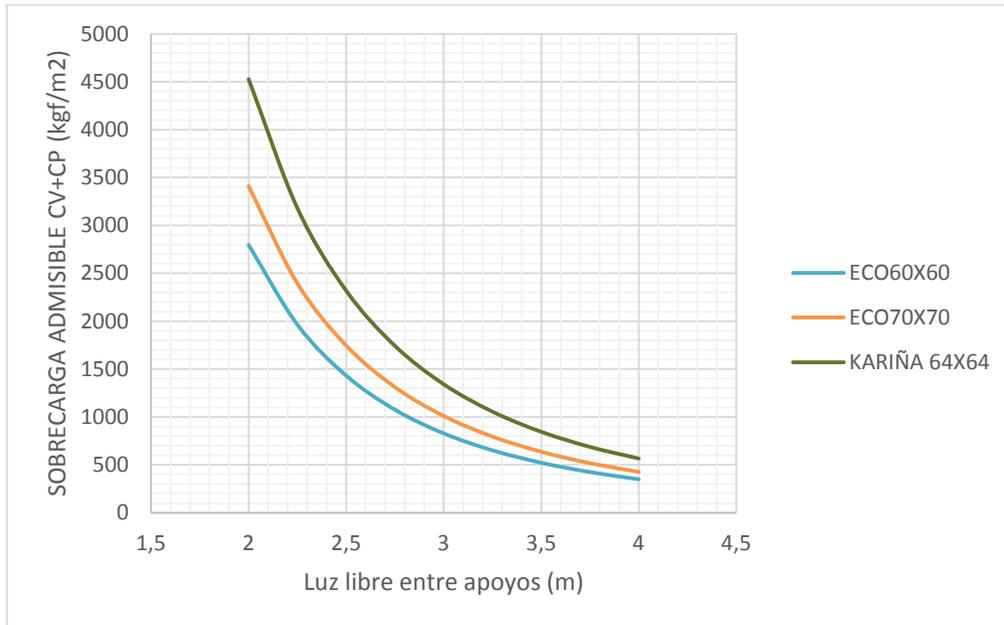


Figura 20. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles Tubular cuadrada y $t_c = 5\text{cm}$. Fuente: Autores.

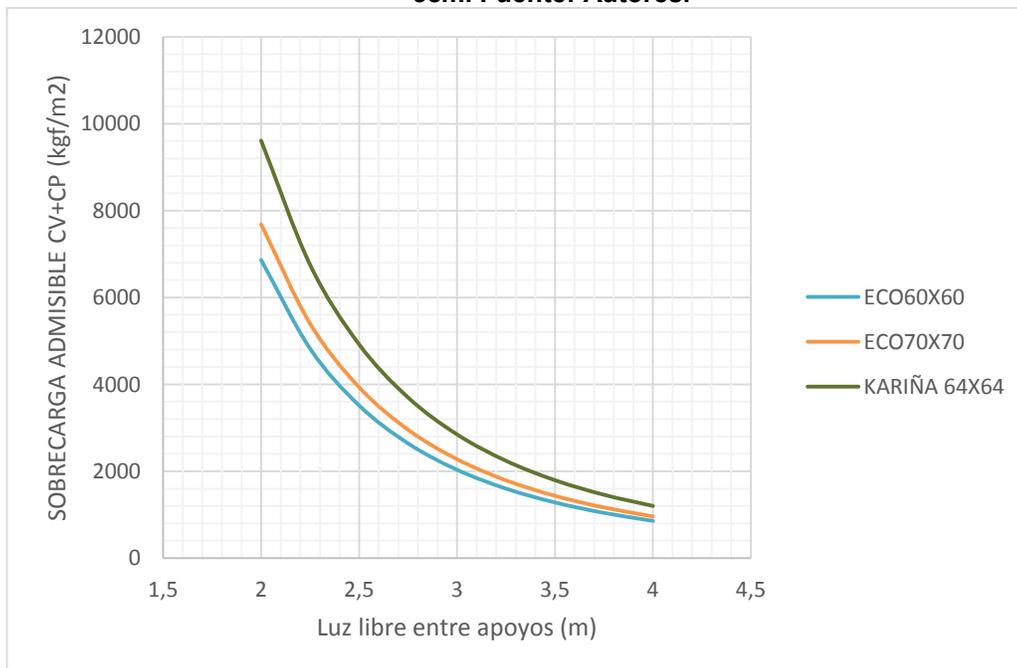


Figura 21. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles tubular cuadrada y $t_c = 8\text{cm}$. Fuente: Autores.

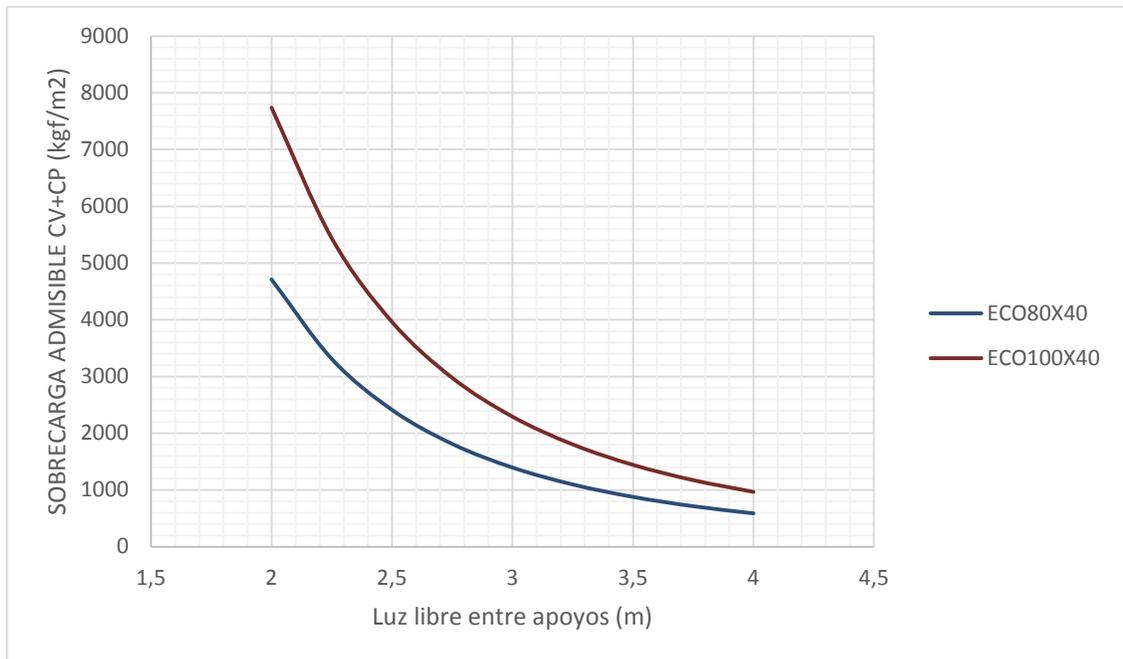


Figura 22. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles tubulares rectangulares y $t_c = 5\text{cm}$. Fuente: Autores.

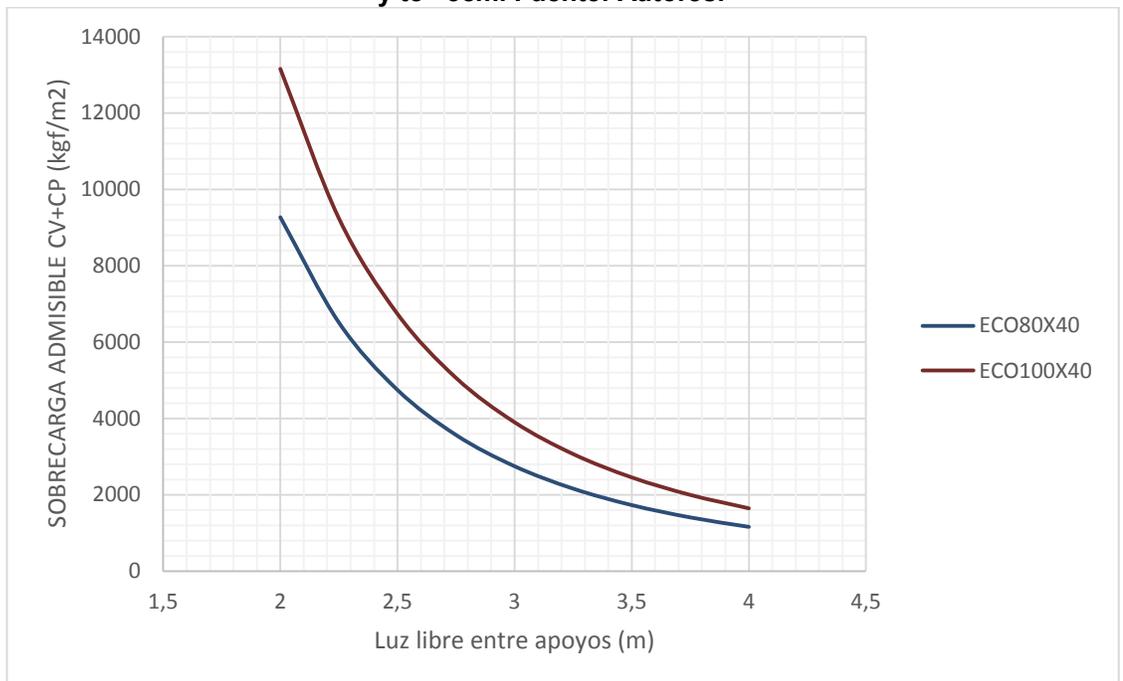


Figura 23. Nomogramas relación carga-luz libre para perfiles tubulares rectangulares y $t_c = 8\text{cm}$. Fuente: Autores.

4.6. Instructivo con información técnica para el uso de LMTR, en construcciones informales.

De acuerdo a los resultados obtenidos correspondientes al desarrollo de la investigación, se elaboró un instructivo con metodología técnica donde se mencionan consideraciones y parámetros que deben tomarse en cuenta en los proyectos donde se aplique el uso de sistemas de losas mixtas con tambores recuperados.

El instructivo está estructurado en dos partes, la primera parte teórica, donde se definen los aspectos más importantes del LMTR y la segunda parte donde se describen todas las actividades paso a paso, con imágenes correspondientes a los ensayos realizados, para obtener mejores resultados estructurales y ofrecer a los constructores populares una guía sencilla y de fácil aplicación. El Anexo D corresponde al instructivo mencionado, el cual fue llamado “Instructivo metodológico para el uso y aplicación del LMTR en construcciones informales”.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

Una vez finalizadas las actividades previstas para el desarrollo de la investigación, se analizaron los diferentes datos para las variables consideradas para las LMTR, tanto para realización de análisis de impacto aplicando ACV y las variables requeridas por el AISC 360-10 en lo que respecta las condiciones de serviciabilidad en vigas y losas mixtas de acero concreto, se alcanzó a las siguientes conclusiones

1. Los parámetros establecidos por el Estimador de Impacto Ambiental (EIA), permiten una comparación rápida entre los impactos de cada sistema estructural, permitiendo establecer ventajas y desventajas del modelo estructural LMTR sobre el LMT, en este caso particular se puede decir que los sistemas que empleen losas LMTR tendrán un menor impacto ya que tienen un mejor desempeño según la metodología LEED.
2. A partir de los ensayos de carga de las LMTR se determinó que la sobre carga necesaria para obtener estos valores límites de serviciabilidad son mayores a la sobrecarga considerada en el presente proyecto, las cuales satisfacen las exigencias de la norma COVENIN 2002.
3. Los nomogramas de carga/luz libre pueden ser utilizados de manera conservadora para cargas variables de usos no previstos o diferentes al presente trabajo.

4. Mediante la ayuda del programa SAP2000, se obtuvieron valores más exactos de las deflexiones en los ensayos y por medio de las herramientas de visualización que ofrece permite tener una versión más discretizada de las losas para su diseño y aplicación en el sistema de piso.
5. El instructivo cuenta con información técnica de aplicación fácil y sencilla para el uso del LMTR, que va dirigido a los constructores populares y en general. Permitiendo así la aplicación del sistema de pisos en LMTR en las construcciones informales y formales, de manera fácil y sencilla pudiendo realizar sus obras de forma segura, satisfaciendo los requisitos de AISC 360-10.

5.2. Recomendaciones.

- Hacer evaluaciones con el estimador de impacto ambiental para establecer comparaciones de diversos sistemas estructurales a construir y determinar su desempeño basando en la metodología LEED.
- Realizar estudios y ensayos más a fondo de los materiales no comunes para ser aplicados en nuevos materiales constructivos no convencionales y de esta manera ser usados de forma fácil y segura.
- Implementación de una nueva asignatura en el pensum de la especialidad de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, con el propósito de incorporar y actualizar lo que respecta al “estado del arte” de la construcción sustentable.
- El instructivo puede ser utilizado de manera conservadora para las luces recomendadas tomando en cuenta que en las correas debe ir la cantidad mínima de conectores de corte necesarios.

BIBLIOGRAFÍA.

- AISC (2010). Specification for Structural Steel Buildings. AISC 360-10. Illinois: American Institute of Steel Construction.
- ALACERO (2014). Momentos de inercia en losas mixtas acero- concreto. Cuaderno del Ingeniero No. 8. Santiago: Alacero.
- ALACERO (2010). Presentación de construcción mixta. Santiago: Alacero.
- ARIAS, F. (1999). El Proyecto de Investigación. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- ATHENA (2017). The Athena Sustainable Materials Institute is a non-profit research collaborative bringing life cycle assessment to the construction sector. Recuperado en 16 de febrero de 2017, de <http://http://www.athenasmi.org/>
- BILBAO, T. (2004). Estudio de losas mixtas de acero y concreto en sus condiciones de servicio y estados límites de resistencia. Trabajo para optar el título de Ingeniero Civil no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- BROCKENBROUGH, R. y MERRITT, F. (2012). Diseño de Estructuras de Acero. Segunda Edición, Tomos I, II y III. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana
- 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.
- ISO (2006). Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. ISO 14040:2006. Vernier: International Organization for Standardization.

- LAFUENTE, M. y GENATIOS, C. (2007). Cartilla: autoconstrucción sismorresistente. Caracas: CITECI-Consulibris.
- MARINILLI, A. (2013). Vivienda de mampostería confinada con elementos de concreto armado. Caracas: FUNVISISI-Fundación CDB Publicaciones.
- MURRAY, T, ALLEN, D. y UNGAR, E. (1997). Floor vibrations due to human activity. AISC Steel Design Guide Series 11. Illinois: American Institute of Steel Construction.
- PEÑA, A., FUENTES, S., FOURNELY, E., NAVARRETE, B., & PINTO, H. (2015). Exterior Wood-Concrete Slabs, Experimentation and Modeling of Mechanical Behavior: Part 1. Recuperado en 28 de febrero de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2015000200012&lng=es&tlng=en.
- QUISPE, J. (2011). Estudio de análisis de ciclo de vida de ladrillos y bloques de concreto San Jerónimo – Cusco. Red Peruana Ciclo de Vida. Lima: Swisscontact -Pontificia Universidad Católica del Perú.
- SANZ, J. (2012). Análisis del ciclo de vida de una vivienda media en Murcia. Trabajo de Magister Scientiae en Energías Renovables no publicado. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- SDI (2014). Floor Deck Design Manual. 2014. Glenshaw:Steel Deck Institute.
- 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".
- USGBC (2017). LEED certification glossary. Recuperado en 16 de febrero de 2017, de <http://www.usgbc.org/resources/leed-certification-glossary>.

VALDEZ, E. (2011). Análisis de ciclo de vida y aspectos medioambientales en el diseño estructural. México: Infonavit-UAMEX.

YÁBER, G., VALARINO, E. y CEMBORAIN M. (2012). Metodología de la Investigación paso a paso. México D.F.: Editorial Trilla.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	EVALUACIÓN DE LOSAS MIXTAS ACERO-CONCRETO COMO SISTEMA DE PISO ECO-CONSTRUCTIVO, CONFORMADA POR TAMBORES RECUPERADOS Y VIGAS COMPUESTAS.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Cermeño Medero, Alfonso José	CVLAC: 21.329.605 E MAIL: ajcm2201@gmail.com
Rosal Aponte, Alfreyhana Josefina	CVLAC: 21.327.188 E MAIL: arosal841@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

Acción Compuesta.

Acero-concreto.

Construcción mixta.

Análisis de ciclo de vida (ACV).

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUB ÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

RESUMEN (ABSTRACT):

La investigación se fundamentó en la evaluación de losas mixtas acero-concreto de piso aplicando la metodología de ACV bajo los requisitos de la norma ISO 14040, mediante el uso del programa Athena impact Estimator for Building 5.1.01, así como verificar los límites de serviciabilidad de los modelos físicos ensayados según las consideraciones del código AISC 360-10. Está enmarcada en una investigación aplicada y experimental. El alcance de la investigación estuvo orientado al ensayo de losas mixtas acero- concreto utilizando perfiles típicos como correas donde se verificó la deflexión de los ensayos con la deflexión teórica. Del mismo modo, se analizó el comportamiento mecánico de diferentes modelos de sistema de LMTR, de acuerdo a las exigencias del código AISC 360-10, empleando el software SAP 2000 V19.0.0. Finalmente, se elaboraron nomogramas de serviciabilidad que relacionan la luz libre y sobrecarga aplicada, acompañado de un instructivo con información técnica para su uso, dirigido a los constructores populares

Palabras claves: acción compuesta, acero-concreto, construcción mixta, análisis de ciclo de vida (ACV).

.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS (X)	TU	JU
Martínez Guerra, Jhonatan Alex	CVLAC:	15.376.400			
	E_MAIL	ingmartinezgj@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU (X)
Álvarez Agostini, Jesús Salvador	CVLAC:	4.510.362			
	E_MAIL	sainca40@yahoo.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU (X)
Rondón Gómez , Elys José	CVLAC:	8.440.241			
	E_MAIL	elysrondon@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2017	02	22
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Evaluación de losas mixtas acero-concreto como sistema de piso eco-constructivo, conformada por tambores recuperados y vigas compuestas.doc.	Aplicación/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K
L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1
2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: (OPCIONAL).

TEMPORAL: (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Civil

INSTITUCIÓN: Universidad de Oriente / Extensión Cantaura



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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>[Signature]</i>
FECHA	05/8/09
HORA	5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLANOS CUMBELE
 Secretario



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 Telemática, Coordinación General de Postgrado.
JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfa: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo”

Cermeño M. Alfonso J.

AUTOR

Rosal A. Alfreyhana J.

AUTOR

–
Ing. Martínez Jhonatan

TUTOR

–
Ing. Jesús Álvarez

JURADO

–
MSc. Urb. Elis Rondón

JURADO

Arq. Loaiza Ramón

POR LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO