



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ESTRUCTURAL



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE NERVIOS SOMETIDOS A
CARGAS PUNTUALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS
NERVADAS DE VIVIENDAS POPULARES**

Tutor: Prof. Martínez Edson

Autores:

Ascanio R. Carlos E.

D'Amelio G. Omar A.

Valencia, Noviembre de 2016.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ESTRUCTURAL



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE NERVIOS SOMETIDOS A
CARGAS PUNTUALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS
NERVADAS DE VIVIENDAS POPULARES**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para
optar al título de Ingeniero Civil.

Tutor: Prof. Martínez Edson

Autores:

Ascanio R. Carlos E.

D´Amelio G. Omar A.

Valencia, Noviembre de 2016.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ESTRUCTURAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE NERVIOS SOMETIDOS A CARGAS PUNTUALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS NERVADAS DE VIVIENDAS POPULARES”**; realizado por los bachilleres: Ascanio Rivadeneira Carlos Eduardo, C.I: 20.728.693 y D’Amelio Garrido Omar Andres, C.I: 21.303.254, para optar al título de Ingeniero Civil, estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como:
_____ los _____ días del mes de _____ del
año _____.

Presidente del Jurado
Edson Martínez.

Miembro del Jurado
Prof. Slawko Bondarenko

Miembro del Jurado
Prof. Reny Marín

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por servir de guía en todo momento y bendecirme con una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad, rodeándome de personas maravillosas que en conjunto me han brindado la fe y fuerza necesaria para superar obstáculos hasta convertir en realidad este sueño tan anhelado.

Hoy más que nunca estoy convencido que para alcanzar el éxito se debe ser persistente, y el primer secreto de la perseverancia recalca en un buen inicio; es por ello que quiero hacer una mención especial a mis Padres Maritza y Eduardo, quienes desde el inicio fueron ejemplo de superación, profesionalismo, apoyo y motivación, siendo claros sugerentes en una de las decisiones más importantes de mi vida, me refiero a la elección de estudiar esta hermosa e interesante carrera. Quiero dedicar este logro a ustedes y agradecerles una vez más por brindarme su cariño, confianza y apoyo incondicional, haciéndoles saber que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes dos; gracias por formar parte de esta nueva etapa de mi vida profesional, porque con su apoyo, dedicación y consejos, he llegado a realizar una de mis grandes metas, lo cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

Por último quiero dedicárselo a mis hermanas Carolina, Melida, a mi primo Nicool Alejandro, familiares, profesores, amigos y aquellos seres queridos que hoy no se encuentran físicamente, quienes formaron parte del día a día, dentro y fuera de la universidad. Expresarles mi total gratitud durante los momentos que viví en el desarrollo y construcción de esta tesis así como en el transcurso de la carrera, a todos ustedes que permanecieron cerca de mi círculo de confianza dedicando parte de su tiempo, esfuerzo y apoyo sin esperar nada a cambio, regalándome momentos únicos y experiencias inolvidables, sirviendo de apoyo y dándome la fuerza necesaria para llegar hasta donde he llegado.

Ascanio R. Carlos E.

De antemano le dedico este logro a Dios por permitirme llegar al mundo y demostrar lo que soy capaz de hacer, sin importar los obstáculos ya que siempre en todo momento siento su presencia, cuidándome y guiando mis pasos en cada rincón. Sin él nada, con el todo lo puedo y me fortalece en momentos donde he caído siempre me ha colocado pruebas y he entendido lo bello que es reír y mostrarme las cosas buenas que él me tiene preparado.

Le dedico este triunfo a mi querido padre Omar D'Amelio Figueroa, ya que él es el responsable de todo lo que hoy he sido inculcándome valores de responsabilidad y honestidad, estando siempre atento a el día a día de mi vida y bueno aún recuerdo cuando visitaba las obras contigo desde pequeño y te veía como la figura que quería ser cuando llegara a esta edad pues ahora puedo decir con orgullo que eres mi padre, mi amigo y ahora mi colega gracias PAPÁ este triunfo es tuyo disfrútalo porque más que mío es de ti.

Le dedico este triunfo a mi querida madre Belkis Garrido la mujer que amo, capaz de transmitirme paz y tranquilidad en momentos de agonía y angustia enseñándome que es mejor sonreír ante la adversidad para pasar por encima de ella y no mirar atrás sino adelante como una persona emprendedora si dios me diera la oportunidad de dejarme elegir una madre serias tú de nuevo gracias.

También esto va para mi hermano Gabriell D'Amelio, mi mejor amigo, mírame ya estoy aquí quien diría verdad? Pues esto es para ti como ejemplo de que si se puede alcanzar las metas sigue alcanzando las tuyas y con orgullo digo a pesar de que eres mi hermano menor eres mi ejemplo también te amo hermano.

A mi compañera de día a día Leída Piñero, mi hermano Carlos Ascanio y a su grandiosa familia, que siempre estuvieron al tanto de mis necesidades y me ayudaron a enfrentar mis batallas y a concretar este valioso título apoyándome en todo los

aspectos gracias.

Le dedico a mis Tíos Miguel Rivas, Milagro D'Amelio y mi hermano Neomar D'Amelio a ustedes porque fueron y son aun pilar importante de este sueño, ustedes son los más importantes en esta historia agradecido con dios de conocerlos, gracias por acompañarme y estar desde el principio adoptándome como su hijo esto es para ustedes.

A mi tutor profesor, compañero y amigo Edson Martínez, profesor esto es para usted ya que se dedicó a nosotros sin importar horarios, sus ocupaciones, trabajos u oficios haciendo espacios para siempre atender a nuestras dudas y necesidades este triunfo también es para usted.

D'Amelio G. Omar A.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por darme salud y fuerza para continuar en lo adverso, por guiarme en el sendero sensato y darme sabiduría en las situaciones difíciles.

A mis Padres **Maritza y Eduardo**, por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi avance y desarrollo de esta tesis, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, en mis sueños y expectativas, es simplemente único y se refleja en los logros y éxitos de mi vida.

Al **Profesor Edson Martinez**, por el apoyo, confianza y capacidad para guiar mis ideas, aportes invaluable no solo en el desarrollo de la tesis, sino también en mi formación como investigador. Ha sido un privilegio poder trabajar bajo su dirección.

A la **Universidad de Carabobo**, en especial a la Facultad de ingeniería, por brindarme la oportunidad de realizar mi formación profesional dentro de esta prestigiosa institución, fortaleciendo en todo momento valores humanísticos éticos y morales, siempre en miras de excelencia y calidad.

A la **Escuela de Ingeniería Civil**, por la ayuda y disposición, facilitando los profesores, técnicos y medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de la tesis.

A **mis amigos** de la escuela de Ing. Civil, en especial a **Eleana Díaz, Johany Gavidia, Marielsy Cermeño, Jose Antonio Amaya, Omar D'Amelio** por siempre formar parte de este logro, por el apoyo, motivación y experiencias vividas.

Ascanio R. Carlos E.

INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vii
INDICE	viii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
Planteamiento del Problema	3
Objetivos de la investigación.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Justificación	5
Alcance y Limitaciones	6
CAPITULO II.....	7
MARCO TEORICO.....	7
Antecedentes de la Investigación.....	7
Bases Teóricas	9
Concreto	9
Acero de refuerzo.....	12
Comportamiento, modos de falla y resistencia de elementos.....	15
Elementos sujetos a carga axial	15
Elementos sujetos a flexión simple.....	18
Elementos sujetos a fuerza cortante.....	24
Entrepisos	29
Losas macizas	31
Losas nervadas.....	32
Losas nervadas unidireccionales.....	32
Losas nervadas bidireccionales o reticulares.....	33
Losas prefabricadas.....	34
Vigueta y bovedilla	34
Losa de Encofrado colaborante de Sofito Metálico	35
Losas spancrete.....	35
Losas Siporex	36
MARCO NORMATIVO LEGAL	37
CAPÍTULO III	38
MARCO METODOLÓGICO	38
Tipo de investigación	38
Diseño de la Investigación.....	39
Población y muestra	39
Descripción de la metodología	40

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	41
CAPITULO IV	43
PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	43
Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos (COVENIN 255/77 - C.C.C.A AG 2)	43
Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.Ag. 15).	48
Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (COVENIN 269 – ASTM C127 - C.C.C.Ag. 16).	48
Diseño de mezcla	49
Método para el ensayo a tracción de barras de acero ordinario para usarse como refuerzo en concreto armado (NORMA C.C.C.A: Ac 4-64)	50
Características de los especímenes	53
Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión (COVENIN 340-79).	55
Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de (COVENIN 338-79 - ASTM C39 – C.C.C.A. CON 4).	58
Procedimiento para determinar la resistencia a flexión de una viga de sección doblemente armada.	59
Determinación de la carga teórica (p teórica) a la que debe estar sometida la vigueta utilizando el diagrama de corte y momento y el método gráfico	61
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del acero para la elaboración de las barras y rollos con resaltes.....	14
Tabla 2 Resultados obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino.....	44
Tabla 3 Valores normativos para agregado fino.....	44
Tabla 4 Resultados obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso	46
Tabla 5 Valores normativos para agregado grueso.	46
Tabla 6 Valores característicos del agregado fino	48
Tabla 7 Valores característicos del agregado Grueso	48
Tabla 8 Valores característicos del acero de refuerzo	50
Tabla 9 Valores de esfuerzo último y esfuerzos de fluencia	50
Tabla 10 Porcentaje de alargamiento incluyendo la estricción	51
Tabla 11 Resultados del ensayo a tracción por flexión.....	56
Tabla 12 Valores de desviación estándar y Módulos de rotura para criterios de aceptación.	56
Tabla 13 Resultados del ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto...	58
Tabla 14 Datos para determinar la resistencia a flexión de las viguetas en estudio ...	59
Tabla 15 Comparación de carga real vs carga teórica	63
Tabla 16 Valores de desviación estándar y Cargas reales para criterios de aceptación	63

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1. Efectos de resistencia en curvas esfuerzo-deformación.....	11
Figura 2. Fuerzas entre acero de refuerzo y concreto.	13
Figura 3. Tipos de barras de refuerzo Corrugadas.....	13
Figura 4. Curvas esfuerzo-deformación de aceros laminados en caliente.	15
Figura 5. Curvas carga-deformación unitaria de columnas cortas bajo compresión axial.....	17
Figura 6.	19
Figura 7. Gráfica carga-deflexión de un elemento con acero de refuerzo en zona de tensión.	20
Figura 8. Agrietamiento en la falla de vigas sujetas a flexión.	21
Figura 9. Gráficas carga-deflexión de elementos con diferentes porcentajes de acero.....	22
Figura 10. Distribuciones de deformaciones y esfuerzos en una sección sujeta a flexión.	24
Figura 11. Tipos de falla en elementos sujetos a fuerza cortante.	26
Figura 12. Gráfica carga-deformación de una losa.....	28
Figura 13. Sección típica losa maciza.....	31
Figura 14. Sección típica losa nervada unidireccional.....	32
Figura 15. Losa nervada armada en dirección ortogonal con casetones.	33
Figura 16. Sección típica de losa con vigueta y bovedilla.	34
Figura 17. Sección típica Losa de Encofrado colaborante de Sofito Metálico.	35
Figura 18. Armado de losa Spancrete.	36
Figura 19. Detalle de Losa Siporex.	36
Figura 21. Curva granulométrica del agregado grueso.....	47
Figura 22. Valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos.....	49
Figura 23. Curva esfuerzo vs deformación muestra 1.....	51
Figura 24. Curva esfuerzo vs deformación muestra 2.....	52
Figura 25. Curva esfuerzo vs deformación muestra 3.....	52
Figura 26. Fotografía de las viguetas de concreto.....	54
Figura 27. Detalle del acero de refuerzo de la vigueta de concreto.....	54

Figura 28.Grafica de dispersión con valores aceptables de módulos de rotura	57
Figura 29.Distribución de deformaciones y esfuerzos de la sección en estudio.	59
Figura 30.Diagrama de corte y momento de una viga simplemente apoyada.....	61
Figura 31. Grafica de dispersión con valores aceptables de Cargas máximas	64
Figura 32.Comparación entre la carga promedio y cargas teóricas	64



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ESTRUCTURAL



EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE NERVIOS SOMETIDOS A CARGAS PUNTUALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS NERVADAS DE VIVIENDAS POPULARES

Autor: Ascanio R. Carlos E.
D'Amelio G. Omar A.
Tutor: Prof. Martínez Edson
Noviembre, 2016

RESUMEN

Existe un número importante de la población la cual recurre a la construcción de viviendas de forma no planificada y sin ningún asesoramiento técnico por parte de personal calificado, motivado al déficit de viviendas, siendo esta la alternativa más común en países menos desarrollados. En vista de esta problemática este trabajo de grado se enfoca en conocer y evaluar como es el comportamiento a flexión de los nervios de una losa sometida a carga puntual, con dimensiones estándar de sección rectangular de 15 x 15 cm sin experimentar variaciones en el acero de refuerzo, donde los materiales que la componen son los encontrados en el mercado y las técnicas a usar para su elaboración serán de forma empírica, semejantes a las usadas en la mayoría de los casos por la población en general. La forma de evaluar este comportamiento será por medio del ensayo a flexión de vigas, donde inicialmente se procedió a conocer los parámetros de caracterización de los agregados y acero. La metodología implementada en este trabajo es de carácter descriptivo, de campo y no experimental. Obteniéndose valores de carga que describen su comportamiento, identificando las características principales de los nervios, logrando comparar los parámetros reales con los parámetros teóricos.

Palabras clave: Autoconstrucción, losas nervadas, carga puntual.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a los que no ha podido escapar Venezuela a lo largo de su historia es el nivel de pobreza, lo que ha originado diversas exigencias en los sectores más vulnerables de la sociedad, principalmente la necesidad de acceder a una vivienda a bajo costo sin importar el riesgo que ello implique, ignorando aspectos como su ubicación geográfica, vulnerabilidad sísmica o diseño estructural.

Es por ello que la construcción improvisada o autoconstrucción se ha abierto paso durante las últimas décadas, experimentando un crecimiento significativo en las ciudades más importantes y de mayor densidad de nuestro país; donde se han aplicado métodos y procedimientos para la construcción de viviendas populares que no tienen un soporte técnico, profesional calificado, sino que se basan en métodos aprendidos por experiencia o creencias no testadas empíricamente ni contrastadas.

En esta investigación se hace referencia a uno de los métodos de construcción de sistemas de entrepiso, específicamente a los utilizados en la construcción de nervios de losas nervadas. Si bien es cierto que en nuestro país se vienen desarrollando investigaciones destinadas a evaluar el comportamiento y capacidad de los nervios prefabricados u otros; también existen nuevos métodos de construcción de nervios o viguetas de los cuales no se tiene información suficiente, sin embargo se conoce que son recurridos con frecuencia por algunas personas para la construcción informal de losas nervadas de viviendas populares.

Por lo anteriormente descrito, se ha seleccionado un método de construcción de nervios que cumple con ciertas características semejantes a los métodos empleados en la construcción informal, diseñando y construyendo viguetas de concreto reforzado con barras de acero y zunchos triangulares. Los cuales posteriormente serán ensayados sometidos a cargas puntuales, con la finalidad de evaluar su resistencia e identificar las características principales que inciden en su

comportamiento, para finalmente comparar los parámetros obtenidos experimentalmente con los parámetros teóricos.

La investigación está estructurada por cuatro (04) capítulos que enmarcan la investigación, desde su etapa inicial hasta la obtención de los resultados.

En el capítulo I se expone la problemática existente, se formulan las interrogantes que arrojan los objetivos, se justifica y se delimita el alcance de la investigación.

Seguidamente en el capítulo II se presentan trabajos relativos a esta investigación, que sirven como documentación y sientan un precedente en la relevancia que se le ha concedido en los últimos años al estudio de los métodos de construcción de nervios de losas de entrepiso, además, se presentan todas las bases teóricas así como conceptos relacionados con el tema.

Posteriormente, el capítulo III describe toda la metodología a emplear definida según el tipo de investigación a realizar, así como las fases de la investigación.

Una vez descrita la metodología, en el capítulo IV se presentan los resultados y el análisis de los mismos.

Finalmente se presentan las conclusiones, las cuales resumen los resultados de cada una de las fases del trabajo y recomendaciones.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

En muchas zonas urbanas y rurales se implementa el sistema de autoconstrucción en viviendas de bajo costo, en las cuales se utilizan materiales y técnicas de construcción para sistemas de pisos que han sido poco estudiadas, ya que su diseño no corresponde al establecido en normas, por lo que su desempeño y comportamiento es difícil de predecir. Las losas que conforman un sistema de piso deben tener la capacidad de soportar al menos cargas gravitacionales como el peso propio de los materiales con los que serán construidos y el peso que se genera adicional producto del uso convencional que tendrá la edificación, pero que para el saber popular dichas técnicas son efectivas usando métodos empíricos basados en experiencias laborales pasadas para la construcción de estos elementos, aplicando sus propios criterios.

Este problema surge debido al desconocimiento por parte del personal que ejecuta la mano de obra, referente a aspectos que involucran la evaluación de los parámetros normativos que este tipo de elementos deben satisfacer en su diseño antes de su construcción, por lo que en algunos casos puede ocurrir que se generen esfuerzos para los cuales no están diseñados y que exceden su capacidad resistente, comprometiendo el desempeño de los elementos que la conforman y afectando la estabilidad que debe poseer para que la misma sea sostenible en el tiempo.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, en esta investigación se plantea evaluar elementos de concreto armado que asemejan los nervios usados en los

sistemas de piso en este tipo de viviendas, sometidos a cargas puntuales determinando valores máximos de carga y modo de falla.

Formulación del problema

- ¿Qué beneficios puede aportar al mejoramiento de las viviendas populares, el conocimiento de la resistencia de los nervios de una losa nervada usados en autoconstrucción bajo la acción de cargas puntuales?
- ¿Cuáles son los ensayos a utilizar para suministrar la información adecuada sobre las cargas máximas permisibles de los nervios de losas nervadas de viviendas populares?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar la resistencia de los nervios sometidos a cargas puntuales usados en la construcción de losas nervadas de viviendas populares.

Objetivos Específicos:

- Identificar las características principales de los nervios que inciden en el comportamiento al ser sometidos a cargas puntuales.
- Determinar a través de ensayos la carga soportada por los nervios usados en la construcción de losas de viviendas populares.
- Comparar los parámetros obtenidos experimentalmente con los parámetros teóricos.

Justificación

El objetivo principal de esta investigación lo constituye la evaluación a flexión de los nervios usados en viviendas de carácter popular, lo que tendrá un impacto en el aspecto académico, social y económico. A continuación se especifica el aporte en los ámbitos ya nombrados anteriormente.

En el ámbito académico sirve de apoyo a estudiantes de ingeniería civil ya que se retoman conceptos básicos, ensayos y métodos referentes al diseño y estudio de elementos horizontales (nervios) pertenecientes a sistemas de pisos, dejando en evidencia las respuestas (cargas, solicitaciones) y tipos de fallas, producidos por solicitaciones a flexión bajo un estado general de cargas. De igual manera puede servir de base para futuros trabajos enmarcados dentro de esta línea de investigación.

Así mismo pretende suministrar información a aquellas personas responsables de ejecutar estas soluciones alternativas, basándose en resultados obtenidos mediante ensayos de nervios sometidos a cargas puntuales, los cuales pueden o no estar dentro de los límites de la norma Venezolana, con la finalidad de implementar este método constructivo, aplicando un criterio lógico que conserve la premisa de un mejor desempeño frente a las acciones de carga, tomando en cuenta sus limitantes y evitando que se propicien escenarios de desequilibrio e inestabilidad.

Una vez realizado los ensayos y garantizado el buen comportamiento de estos nervios, se generará mayor confianza y seguridad en los sectores donde se recurra a la solución habitacional informal. Fomentando así el uso de estos métodos constructivos y disminuyendo a su vez costos relacionados con materiales y contratación de asistencia profesional calificada, ocasionando un impacto positivo en el aspecto económico de la población que requiera implementar este método.

Alcance y Limitaciones

- El concreto a utilizar será de una sola resistencia cilíndrica.
- El acero que se utilizará para todos los ensayos tendrá las mismas características y el área de acero no cambiará para ninguno de los casos de estudio.
- Los ensayos se realizarán en el laboratorio de materiales y ensayos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo.
- El área de sección transversal así como la longitud de los nervios será igual en todos los casos de estudio, utilizando los moldes suministrados por el laboratorio de materiales y ensayos.
- Los agregados se adquirieron directamente de establecimientos comerciales (ferreterías).
- Los requerimientos de resistencia para el concreto se realizarán a una edad de 28 días sin excepción, tanto en los ensayos a flexión (Nervios) como a compresión (cilindros).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo se exponen los principales fundamentos teóricos que sirven de respaldo a este Trabajo de Investigación, los cuales permiten lograr una mejor comprensión de los diferentes conceptos que aquí se manejan.

Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes de una investigación, son aquellos estudios que tienen relación con el trabajo que se está realizando y su sustento y guía para la elaboración del mismo. A continuación se enumeran tres trabajos que sirven como antecedentes a este Trabajo de Investigación:

Aguilar, Jorge **“Análisis y diseño de un edificio de 8 niveles empleando diferentes sistemas de piso: losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas y losas planas de concreto postensado”** (2015) Universidad Nacional Autónoma de México, En esta tesis, se realizan dos modelos de un hotel de 8 niveles que se ubica en la zona sísmica IIIb de la Ciudad de México. En el modelo A, se emplea un sistema de piso a base de losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas; mientras que en el modelo B, se utilizan losas planas de concreto postensado. El objetivo principal de este trabajo es analizar y diseñar el edificio para realizar un estudio comparativo entre los dos modelos, donde se puedan identificar sus diferencias en cuanto al peso de la estructura, el desplazamiento de entrepisos, el peralte y deflexión de la losa y el periodo fundamental del edificio. La contribución

principal a esta investigación involucra el comportamiento, modos de falla y resistencia de elementos de concreto reforzado referidos en el marco teórico.

Viscaya, Luis. **“Propuesta de autoconstrucción del sistema de vivienda popular Petrocasa” (2009)** Universidad de Carabobo, Esta investigación tuvo como propósito la elaboración de los lineamientos de autoconstrucción que proporcionen de forma ordenada y detallada mediante explicaciones e imágenes, el proceso de construcción de una vivienda de PVC Petrocasa. Llegando a la conclusión que sí es factible establecer el sistema de vivienda popular de PVC Petrocasa como un sistema de autoconstrucción ya que es un sistema de fácil manejo y ensamblaje. Aspectos metodológicos constituyen la principal contribución de este trabajo a la presente investigación.

Rosales G. Luis R. **“Análisis del comportamiento de una viga de concreto armado, ensayada a flexión, reforzada con barras de fibra de carbono” (2008)** Universidad de San Carlos de Guatemala, esta tesis tuvo como propósito demostrar la diferencia entre usar o no un refuerzo con barras de fibra de carbono en un ensayo a flexión sobre una viga de concreto armado. En este trabajo se elaboraron vigas de concreto armado, de las cuales la mitad se reforzó con barras de fibra de carbono, para demostrar los incrementos significativos en cuanto a módulo de ruptura y carga máxima permisible; basados en un ensayo de flexión, con una carga puntual aplicada y la viga simplemente apoyada en sus extremos. El refuerzo de barras de fibra de carbono ofrece una solución efectiva a problemas comunes; que van desde: incremento de cargas a una estructura, fatiga y envejecimiento del concreto y acero, hasta malos diseños estructurales. La contribución fundamental a este trabajo radica en la metodología y elaboración de vigas muestra.

Bases Teóricas

A continuación se define lo que es el concreto, acero de refuerzo, así como sus características; posteriormente se ahonda en el comportamiento, modos de falla y resistencia de los elementos de concreto reforzado sujetos independientemente, carga axial, flexión simple y fuerza cortante.

Cabe señalar que en la mayoría de los casos, los elementos estructurales no están sometidos únicamente a un solo tipo de efecto, sino a una combinación de momento flexionante, carga axial, fuerza cortante y momento torsor; no obstante, la información que se presenta es analizando algunos de estos efectos individualmente para tener un mejor entendimiento de sus implicaciones.

Finalmente se define lo que es una losa de entrepiso, la clasificación de las losas y los tipos de losas más comunes en la construcción de entrepisos a nivel nacional e internacional.

Concreto

Según González Cuevas O.M. y Robles Fernández Villegas F. (2011):

El concreto es un material pétreo artificial obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo. El peso volumétrico de concreto es elevado en comparación con otros materiales de construcción, oscilando entre 1.9 y 2.5 ton/m³, dependiendo de los materiales pétreos que se empleen.

Mientras que el concreto simple, sin refuerzo, por sí mismo es resistente a la compresión, pero tiene la desventaja de que es débil a la tensión, lo que es su principal limitante como material estructural. Por ende, se suele emplear acero como refuerzo para resistir tensiones en zonas donde se prevé que se desarrollarán, o bien, en zonas de compresión para aumentar su resistencia. La combinación de concreto simple con acero de refuerzo se denomina comúnmente como concreto reforzado.

Para dimensionar estructuras de concreto reforzado es necesario utilizar métodos que permitan a ambos materiales aprovecharse de forma racional y económica las características especiales de cada uno de ellos.

Para conocer el comportamiento respecto a los diferentes tipos de acciones a los que puede estar sometido el concreto simple, es necesario determinar las curvas de esfuerzo-deformación. Siendo el esfuerzo una medida de la acción ejercida en el elemento; mientras que la deformación, una medida de la respuesta. Estas curvas son obtenidas mediante el ensaye de prismas o cilindros sujetos a carga axial repartida uniformemente en la sección transversal mediante una placa rígida. Usualmente se utilizan cilindros que tienen relación de altura a diámetro igual a dos.

En ensayos de prismas o cilindros de concreto simple relativamente cortos a compresión axial, la carga máxima se alcanza a una deformación unitaria del orden de 0.002. Adicionalmente, el colapso del elemento, que corresponde a la rama descendente, se presenta a deformaciones unitarias que varían entre 0.003 y 0.007.

La forma de la curva esfuerzo-deformación cambia dependiendo de la resistencia del concreto, haciéndose más cercana a una recta en la parte inicial y sus ramas descendentes más pronunciadas a medida que ésta aumenta, por lo que se deduce que a mayor resistencia, la falla del elemento es más frágil. Asimismo, la deformación última disminuye significativamente, mientras que la deformación asociada al esfuerzo máximo se incrementa. ***Véase Figura 1.***

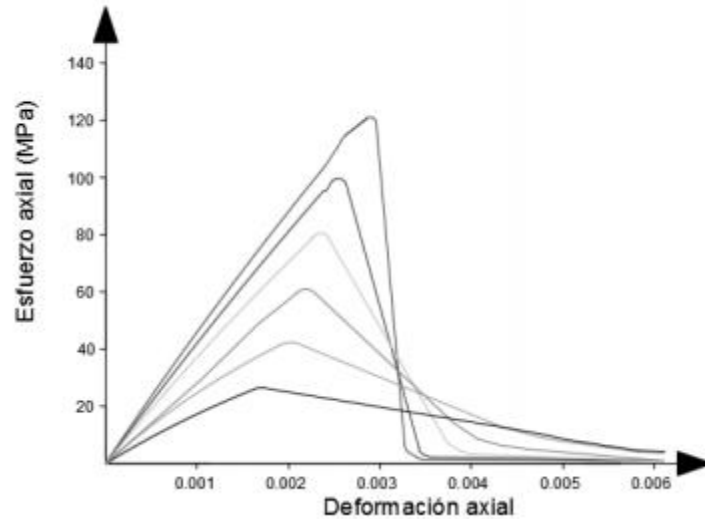


Figura 1. Efectos de resistencia en curvas esfuerzo-deformación.
Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Como se mencionó anteriormente, el concreto simple tiene baja resistencia a esfuerzos en tensión, por lo que se ha determinado que tanto las resistencias como las deformaciones correspondientes son aproximadamente de una décima parte de los valores respectivos en compresión. Sin embargo, esta relación no es lineal para todas las resistencias. En cuanto a elementos de concreto simple sometidos a flexión, se tiene una falla brusca con una única grieta de fractura en el espécimen y se calcula teóricamente suponiendo que el concreto es elástico hasta la rotura, hipótesis que no es correcta para toda la escala de carga. Además se ha observado que el esfuerzo máximo de rotura en flexión depende, entre otras variables, de la resistencia a la compresión, de la relación peralte a claro y del proceso de curado.

La resistencia del concreto simple a sollicitaciones de fuerzas cortantes no tiene gran relevancia, debido a que este estado implica siempre la presencia de tensiones principales de la misma magnitud que el esfuerzo cortante, las cuales originan la falla cuando el elemento podría aún soportar esfuerzos cortantes mayores. Se estima que la

resistencia al esfuerzo cortante es aproximadamente del 20 por ciento de la resistencia a la compresión.

El tiempo juega un papel importante en el concreto simple una vez que se ha endurecido. Si se aplica una carga en un tiempo relativamente corto, el concreto sufre una deformación inicial; si se mantiene la carga, el concreto sigue deformándose con una velocidad de deformación grande al inicio pero que disminuye gradualmente con el tiempo. Si se descarga el elemento, se produce una recuperación instantánea seguida de una recuperación lenta; no obstante, la recuperación nunca es total, siempre hay una deformación permanente.

Las deformaciones que ocurren con el tiempo en el concreto simple se atribuyen a dos causas: contracción y flujo plástico. Las deformaciones por contracción se deben a cambios volumétricos causados por la pérdida del contenido de agua en el concreto a lo largo del tiempo debido a la hidratación del cemento y a la evaporación. El flujo plástico, por otro lado, es un fenómeno de deformación bajo carga continua a causa de un reajuste interno de las partículas que ocurre al mismo tiempo de la hidratación del cemento. Por lo general el concreto puede tomar indefinidamente sin fallar cargas de hasta el 60 por ciento de su capacidad, mientras que cargas permanentes mayores del 70 al 80 por ciento acaban siempre por provocar la falla del elemento. El módulo elástico en el concreto simple nos permite estimar deformaciones debidas a cargas de corta duración bajo la hipótesis de que se tiene un comportamiento elástico, por lo que es un parámetro importante que se utiliza en el diseño de elementos de concreto.

Acero de refuerzo

Según González Cuevas O.M. y Robles Fernández Villegas F. (2011): “Con el objetivo de asistir al concreto simple a resistir los esfuerzos de tensión resultantes de las sollicitaciones a una estructura, se hace uso del acero de refuerzo. Por lo general, se emplea acero en forma de barra o varilla redonda corrugada para reforzar el

concreto y se fabrica de acero laminado en caliente o de acero trabajado en frío. Estas corrugaciones son salientes que permiten tener una mejor adherencia entre el acero y el concreto e inhiben el movimiento relativo longitudinal entre ellos. **Véase figura 2 y 3.**

Vienen en forma de barras circulares y disponibles en un amplio intervalo de diámetros aproximadamente desde $\frac{3}{8}$ hasta $1 \frac{3}{8}$ de pulgada para aplicaciones normales y en dos tamaños de barras pesadas de aproximadamente $1 \frac{3}{4}$ y $2 \frac{1}{4}$ de pulgada. Las propiedades fundamentales que se deben conocer del acero de refuerzo son las siguientes:

- Es, Módulo de elasticidad.
- f_y , Esfuerzo de fluencia.
- Tamaño o diámetro de la varilla.

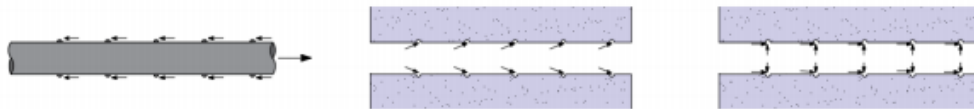


Figura 2. Fuerzas entre acero de refuerzo y concreto. Fuente:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

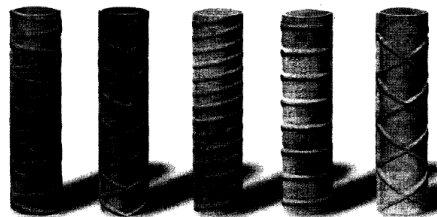


Figura 3. Tipos de barras de refuerzo Corrugadas. Fuente: Diseño de estructuras de concreto – Athur H. Nilson

Las barras de acero usados como refuerzo estructural se clasifican de acuerdo a lo establecido en la Norma Venezolana 316, mediante una letra mayúscula indicativa del proceso de fabricación y de las características de soldabilidad del acero, además de un guión separador, y un número que representa el estado elástico nominal del acero, expresado en kgf/mm^2 , como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del acero para la elaboración de las barras y rollos con resaltes.

	Limite elástico nominal (f_y), kgf/mm^2 (Ksi)	28 (40)	42(60)	50(70)
S	Acero al carbono con o sin microaleantes no soldable a temperatura ambiente.	S-40	S-60	S-70
W	Acero al carbono con o sin microaleantes soldable a temperatura ambiente.	W-40	W-60	W-70

Fuente: Norma Venezolana COVENIN 316 (2000)

La prueba más usual en el acero de refuerzo es la de tensión, donde una probeta de cierta longitud es sometida a una carga de tensión hasta la ruptura de la varilla. De este experimento, se obtiene la gráfica esfuerzo-deformación que permite encontrar principalmente su límite de fluencia. *Véase Figura 4.*

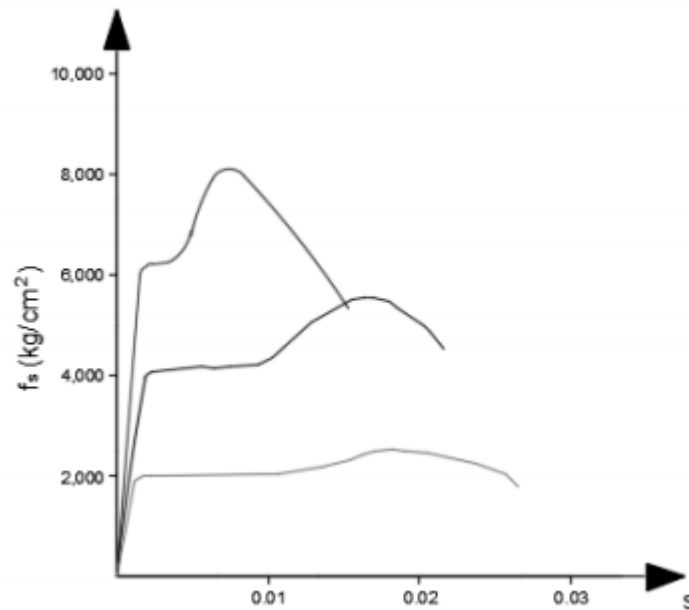


Figura 4. Curvas esfuerzo-deformación de aceros laminados en caliente.
Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Comportamiento, modos de falla y resistencia de elementos de concreto reforzado

Elementos sujetos a carga axial

González Cuevas O.M. y Robles Fernández Villegas F. (2011). En la gran mayoría de los elementos estructurales, la carga axial actúa simultáneamente con momento flexionante a causa de las excentricidades accidentales en la colocación de la carga o por defectos constructivos; sin embargo, en esta parte nos centraremos únicamente al estudio de la carga axial. El esfuerzo de un elemento a compresión σ se estima suponiendo que está actuando uniformemente sobre el área A del elemento, teniendo como resultante la fuerza P , por lo tanto se deduce la siguiente fórmula:

$$\sigma = P / A$$

En la **Figura 5** se presentan tres curvas carga-deformación unitaria para diferentes elementos de concreto sujetos a compresión axial. La curva A corresponde a un espécimen de concreto simple como el que ya se había analizado en la sección anterior, donde la carga máxima se alcanza cuando se llega a una deformación unitaria de 0.002 y su capacidad a la compresión axial puede calcularse como el 85 por ciento del esfuerzo medido en un cilindro de control f'_c por el área de la sección transversal del elemento.

El caso de la curva B se presenta si se coloca refuerzo longitudinal a un espécimen de concreto simple y se emplea el refuerzo transversal necesario para mantener las barras longitudinales en su posición durante su colado, la carga máxima se obtiene de igual manera bajo una deformación unitaria del orden de 0.002. Asimismo, la falla se produce a una deformación unitaria de 0.003 o 0.004, donde el concreto se agrieta longitudinalmente o bien, siguiendo planos con una inclinación aproximada de 45° dependiendo de las restricciones en los extremos del elemento, mientras que el refuerzo longitudinal se pandea entre los estribos al faltarles el soporte lateral del concreto. Para determinar la resistencia del elemento en este caso, se considera la contribución del concreto como el 85 por ciento de la resistencia de un cilindro de control por el área que le corresponde, más la aportación del acero longitudinal como el producto del esfuerzo de fluencia por el área de acero.

Si el elemento, además de refuerzo longitudinal, tiene refuerzo helicoidal continuo a todo su largo, su comportamiento queda representado por las curvas C. De acuerdo a la gráfica, C2 tiene el mayor confinamiento, C3 el menor y C1 es un caso intermedio. No obstante, al no haber losas con este tipo de refuerzo transversal, este tipo de especímenes quedan fuera de nuestro análisis.

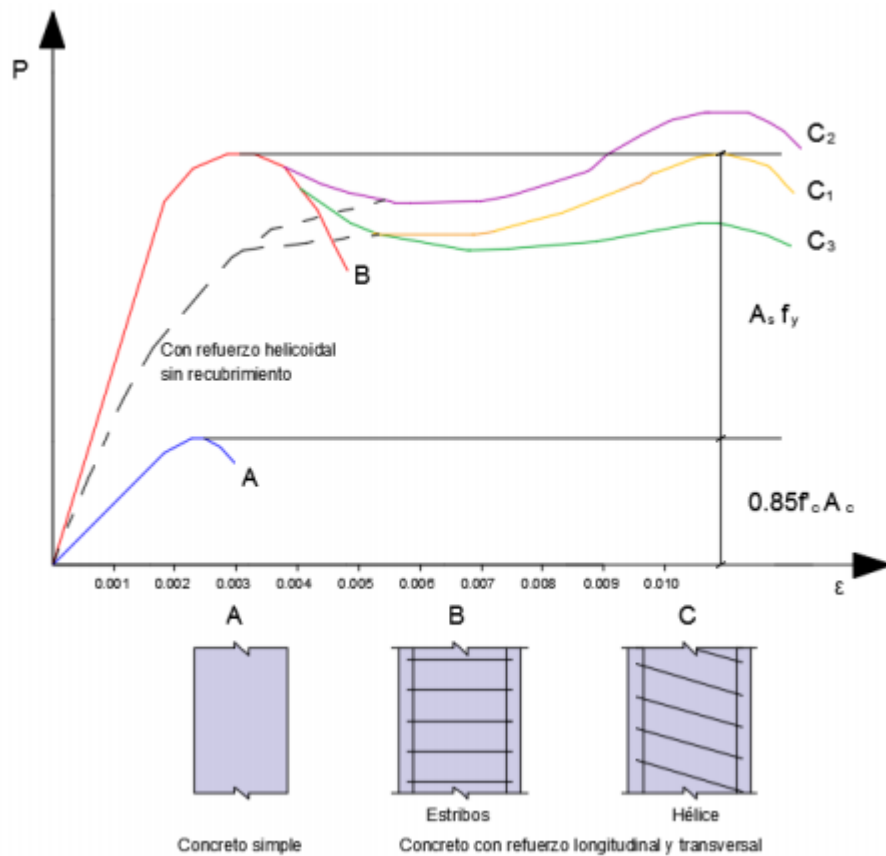


Figura 5. Curvas carga-deformación unitaria de columnas cortas bajo compresión axial.

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Debido a la limitada capacidad del concreto para soportar tensión, la resistencia última a tensión axial se calcula únicamente con la resistencia del acero de refuerzo ya que el concreto se agrieta y no hay contribución. Cabe señalar que la fuerza de tensión que puede aplicarse a un elemento está determinada por el agrietamiento y no por la resistencia según las especificaciones de los Reglamentos de Construcción.

Elementos sujetos a flexión simple

Los elementos estructurales sujetos primordialmente a flexión, tales como trabes o losas, son comunes y generalmente se presentan acompañados por fuerzas cortantes. Sin embargo, la flexión puede estimarse con suficiente precisión despreciando estas fuerzas.

Al realizar pruebas a un espécimen de concreto con refuerzo en la zona de tensión sometido a momento flexionante, el comportamiento de la pieza es prácticamente elástico al empezar a cargar y toda la sección contribuye a resistir el momento exterior.

Una vez que los esfuerzos de tensión son mayores que el módulo de ruptura, empiezan a aparecer grietas que van aumentando en número, longitud y abertura. Esto sucede cuando la tensión en la fibra más esforzada de alguna sección excede la resistencia del concreto a la tensión.

Al valor del momento en el cual las grietas se empiezan a formar recibe el nombre de momento de agrietamiento y se tiene un comportamiento elástico del material. Por ende, aplicando la teoría elástica lineal para este intervalo, se puede obtener una aproximación del esfuerzo provocado por el momento flexionante de acuerdo a las propiedades de la sección transversal del elemento. El esfuerzo en el concreto en cualquier punto a una distancia “y” desde el eje neutro del material se determina con la siguiente fórmula, donde M es el momento flexionante e I_g es el momento de inercia de la sección. El eje neutro de un elemento es aquel en el que no hay tensiones ni compresiones, por lo que no sufre deformaciones.

$$f = My / I_g$$

Cuando el momento flexionante es mayor que el momento de agrietamiento, se asume que todo el concreto en la parte de tensión se agrieta y se debe despreciar para el cálculo de la flexión, por lo que únicamente el acero de refuerzo toma la tensión. El momento de agrietamiento normalmente es notablemente menor que el momento con cargas de servicio, por ello, cuando estas cargas son aplicadas, la parte inferior se agrieta sin que esto signifique la falla del elemento. Para calcular los esfuerzos se emplea el método del área transformada, donde el acero es reemplazado por un área equivalente ficticia de concreto empleando la relación modular n (**Figura 6**), tal como se muestra en la siguiente expresión, que es la relación entre los módulos de elasticidad del acero y el concreto.

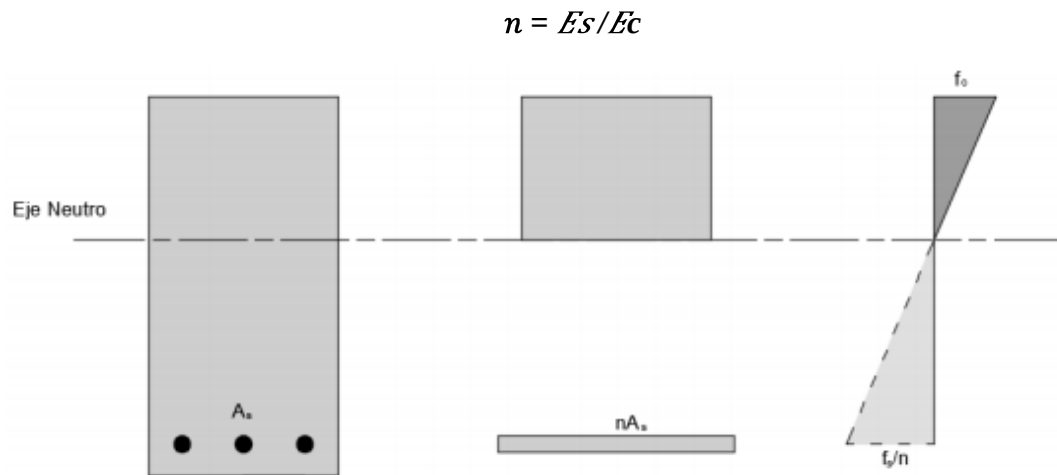


Figura 6. Área transformada de una viga de concreto reforzado. Fuente:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

En la **Figura 7**, se ejemplifica cualitativamente el comportamiento de un elemento sujeto a flexión hasta que llega a la falla. Siguiendo la gráfica, a partir de que aparecen las primeras grietas, el comportamiento del espécimen deja de estar en el rango elástico y las deflexiones no son proporcionales a las cargas. En las regiones agrietadas, el concreto ya no contribuye a la resistencia y el acero toma prácticamente toda la tensión, por lo que en esta etapa el esfuerzo en el acero aumenta hasta que

alcanza su valor de fluencia. Una vez que el acero comienza a fluir, la deflexión aumenta rápidamente aunque se tengan pequeños incrementos de carga. A medida que crece la longitud de las grietas, la zona de compresión se ve reducida hasta que el concreto es incapaz de tomar la compresión y se aplasta. Cuando esto ocurre, la carga disminuye hasta que se produce el colapso total.

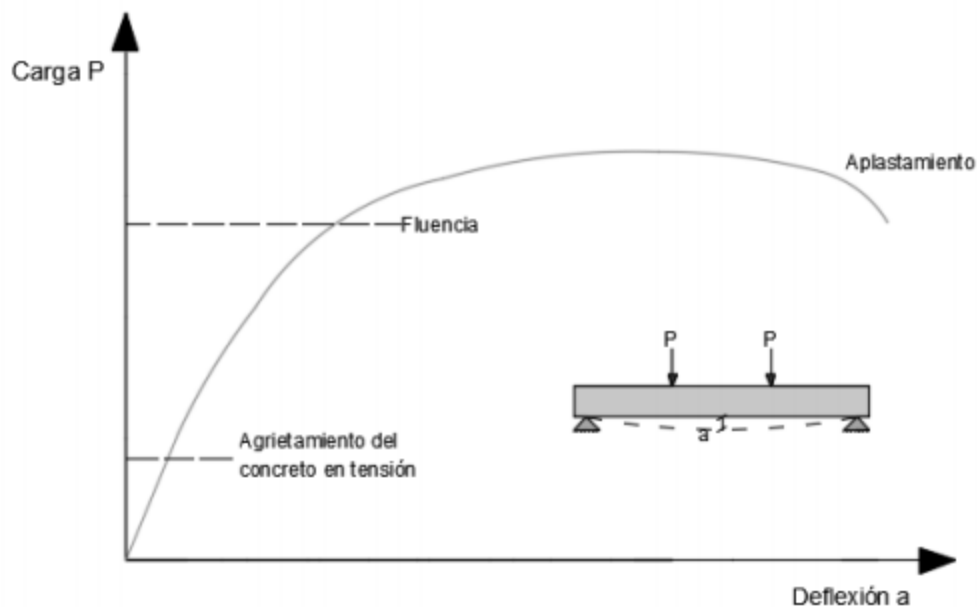


Figura 7. Gráfica carga-deflexión de un elemento con acero de refuerzo en zona de tensión. Fuente:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Dependiendo de la cantidad de acero longitudinal para reforzar al elemento, puede ocurrir que fluya o no antes de que alcance la carga máxima. Se tiene un elemento subreforzado cuando el acero fluye y por ende el comportamiento es dúctil, por lo que se producen deflexiones importantes antes del colapso (**Figura 8.a**). Un elemento es sobrerreforzado cuando la cantidad de acero longitudinal de tensión es

grande, provocando que éste no fluya antes del aplastamiento (*Figura 8.b*). Finalmente, se tiene el caso particular de un elemento que es balanceado cuando alcanza su resistencia precisamente cuando el acero empieza a fluir. Respecto al agrietamiento de vigas con diferente cantidad de acero en tensión, un elemento sobrerreforzado presenta una zona de aplastamiento del concreto mayor que en el caso de un elemento subreforzado, además las grietas del primero son de longitud y abertura menor al momento de la falla.

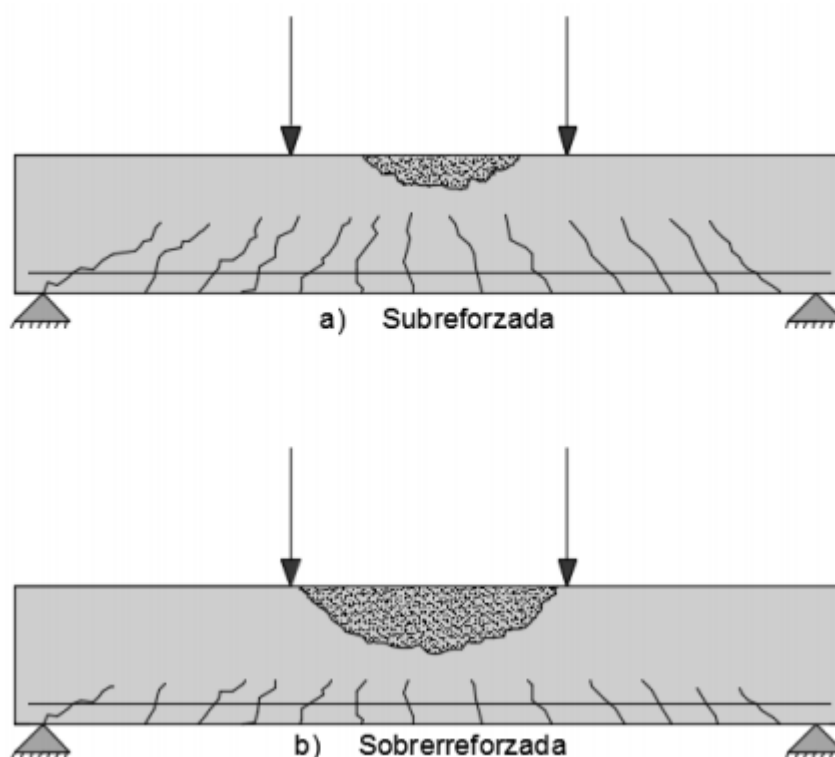


Figura 8. Agrietamiento en la falla de vigas sujetas a flexión. Fuente:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

En la *Figura 9*, se muestran diferentes curvas carga-deflexión de elementos sujetos a momentos flexionantes en función del porcentaje de acero, suponiendo que la sección y los índices de resistencia del concreto y el acero de refuerzo permanecen constantes.

Para la curva A, se tiene una viga de concreto simple; en la curva B, el refuerzo longitudinal está presente en cantidades muy pequeñas; las curvas C y D son típicas de elementos simplemente armados con porcentajes usuales de acero, es decir, del 0.5 al 2 por ciento; en la curva E, la viga es doblemente armada con la misma cantidad de acero en la zona de tensión; por último, si se aumenta apreciablemente el porcentaje de acero, se presentan casos como las curvas F y G dependiendo si son simple o doblemente armadas, respectivamente.

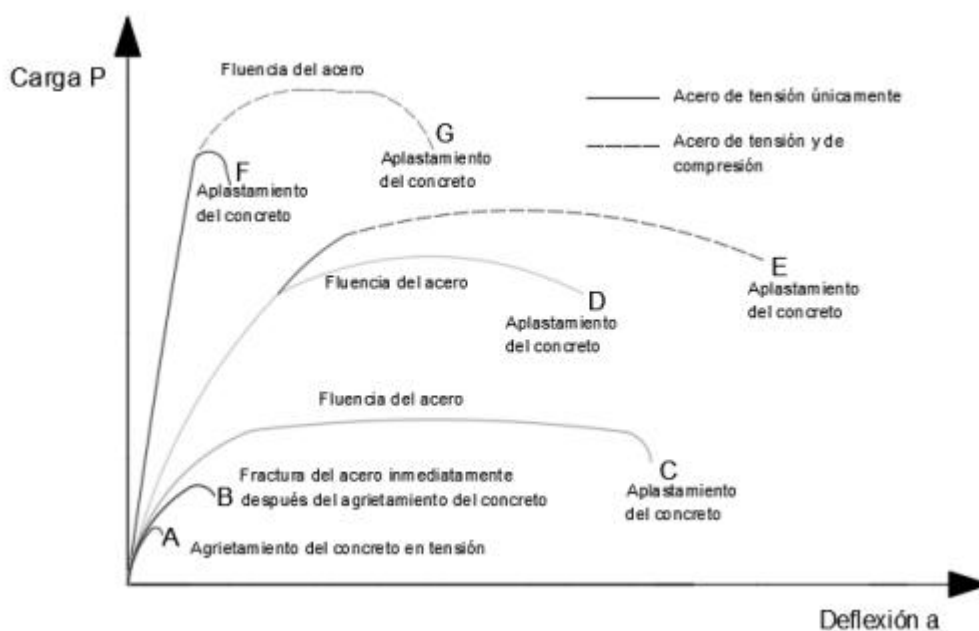


Figura 9. Gráficas carga-deflexión de elementos con diferentes porcentajes de acero. Fuente:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Para determinar la resistencia de elementos sujetos a flexión simple, se asumen una serie de hipótesis para simplificar el análisis del comportamiento y el mecanismo acción-respuesta, las cuales son:

- La distribución de deformaciones unitarias en la sección de un elemento es plana
- Se conoce la distribución de esfuerzos en la zona de compresión del elemento
- No existen corrimientos relativos importantes entre el acero y el concreto que lo rodea.
- El concreto no resiste esfuerzos de tensión longitudinales
- El elemento alcanza su resistencia a una cierta deformación unitaria máxima útil del concreto, por lo general se emplea $\epsilon_{cu}=0.003$.

Se ha comprobado experimentalmente que en elementos sujetos a flexión simple, la distribución de deformaciones longitudinales es aproximadamente lineal para casi todos los niveles de carga en una sección normal al eje de la pieza, lo que simplifica el análisis del comportamiento de estos elementos y conlleva a aceptar la primera hipótesis.

A continuación en la **Figura 10**, se presentan los estados de deformaciones y esfuerzos en la sección transversal de un elemento sujeto a momento flexionante. El área del diagrama de esfuerzos de compresión y la posición de la resultante de compresión se pueden calcular a partir de tres parámetros adimensionales, β_1 , β_2 y β_3 , los cuales están relacionados con la relación entre el esfuerzo promedio y el esfuerzo máximo en la zona de compresión, la posición de la resultante de compresión, y el esfuerzo máximo en flexión con la resistencia de los cilindros de control, respectivamente. Este modelo se simplifica y se le dan valores a los parámetros adimensionales de acuerdo al Reglamento de Construcción que se vaya a utilizar.

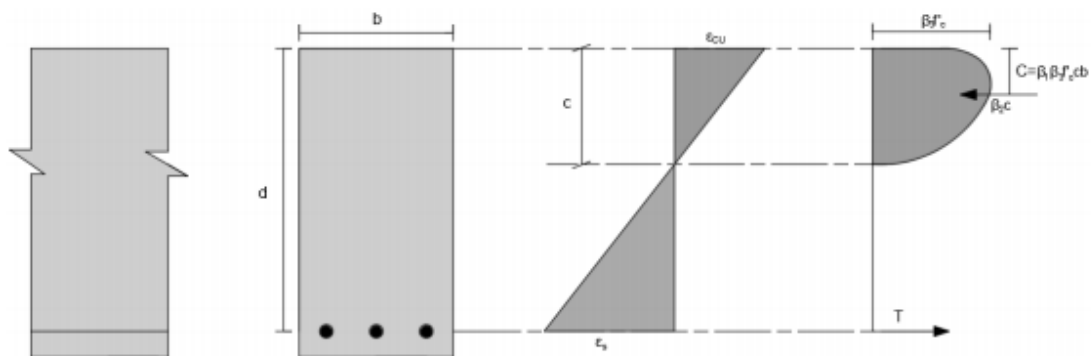


Figura 10. Distribuciones de deformaciones y esfuerzos en una sección sujeta a flexión. Fuente:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Elementos sujetos a fuerza cortante

Uno de los objetivos al diseñar concreto reforzado es crear miembros dúctiles que permitan advertir cuando habrá una falla inminente. Las fallas por fuerza cortante ocurren de repente con poca o ninguna advertencia, por esta razón los elementos se diseñan para que colapsen por flexión bajo cargas que son apreciablemente menores que aquellas que podrían causar falla por cortante, forzando a que los elementos tengan un comportamiento dúctil.

En elementos homogéneos elásticos, los esfuerzos por cortante τ , al igual que ocurre en flexión, son proporcionales a las deformaciones y se pueden calcular con la siguiente ecuación, donde se requiere conocer la fuerza cortante total que actúa en la sección de análisis V , el primer momento de área Q , el grosor del material en dirección perpendicular al cortante b , y el momento de inercia de la sección transversal I .

$$\tau = VQ / Ib$$

El efecto principal de la fuerza cortante en un elemento de concreto es el desarrollo de esfuerzos de tensión inclinados con respecto al eje longitudinal del miembro. Estos esfuerzos pueden originar la falla del elemento a una carga inferior a

aquella que produciría la falla en flexión. Para un miembro sometido a fuerza cortante, en los primeros incrementos de carga no existe notable diferencia entre el comportamiento de un elemento que falle de esta manera u otro que falle por flexión. El comportamiento es esencialmente elástico hasta que aparecen las primeras grietas en la parte inferior debidas a la flexión. Sucesivamente, al aumentar las cargas, la fuerza cortante puede crear esfuerzos principales que excedan la resistencia a tensión del concreto produciendo grietas inclinadas en la mitad del peralte aproximadamente. Si se sigue incrementando la carga, se producen las primeras grietas inclinadas completas, a esta carga se le denomina carga de agrietamiento inclinado. A partir de este momento, el comportamiento del elemento es diferente a un miembro que falla por flexión.

Respecto a la falla de elementos por fuerza cortante, se distinguen tres tipos tal como se ilustra en la **Figura 11**. Se le conoce como de tensión diagonal si la grieta inclinada aparece súbitamente sin señal previa y se extiende de inmediato hasta colapsar la pieza. Se denomina de compresión por cortante si el agrietamiento inclinado se desarrolla gradualmente y el colapso de la pieza se produce finalmente por el aplastamiento de la zona de compresión en el extremo de la grieta inclinada. Existe también una tercera falla que se le llama de adherencia por cortante, en donde la resistencia se alcanza cuando se presentan extensos agrietamientos longitudinales al nivel del acero de tensión, simultáneos con un aplastamiento ligero en la zona de compresión en el extremo de la grieta inclinada.

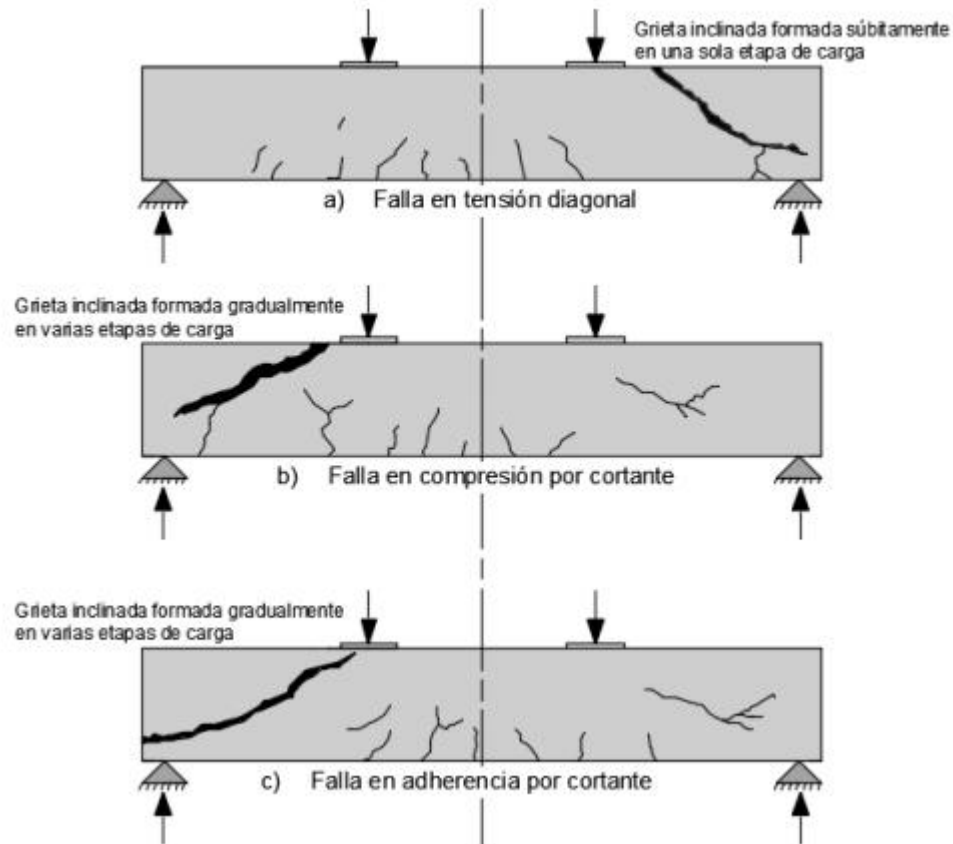


Figura 11. Tipos de falla en elementos sujetos a fuerza cortante. Fuente:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

La resistencia nominal o teórica de un miembro sometido a fuerza cortante está determinada por la resistencia del concreto a este efecto más la del acero de refuerzo, por lo tanto se tiene la siguiente igualdad:

$$V_n = V_c + V_s$$

El refuerzo transversal que se aplica en elementos de concreto para contrarrestar los efectos de la fuerza cortante pueden ser estribos, o bien, barras dobladas en zonas donde no se necesiten para tomar esfuerzos longitudinales, de tal forma que atravesase regiones donde puedan aparecer grietas inclinadas. En esta tesis, analizaremos el caso de las barras dobladas ya que es el método más común para aprovechar el acero de

refuerzo contra los efectos de momento flexionante y fuerza cortante en losas de concreto.

Si el refuerzo transversal es suficiente, las grietas inclinadas serán pequeñas y de poca importancia, por lo tanto, la falla se producirá por flexión. Cabe señalar que independientemente del refuerzo transversal que se use, éste no contribuye a resistir los esfuerzos inclinados de tensión hasta la formación de las primeras grietas inclinadas.

En el caso específico del efecto de fuerza cortante en losas, se tiene la **Figura 12**, donde se indica cualitativamente la curva carga-deformación al centro de este tipo de elementos con la carga concentrada aplicada sobre una superficie cuadrada menor y apoyada por todo el perímetro. Primeramente se tiene un comportamiento lineal hasta las primeras grietas en la zona de tensión; después, se alcanza la primera fluencia del refuerzo horizontal de tensión y el agrietamiento se extiende, pueden presentarse simultáneamente grietas inclinadas; finalmente, se produce el colapso por penetración de la columna con una superficie de falla en forma de pirámide o cono truncado.

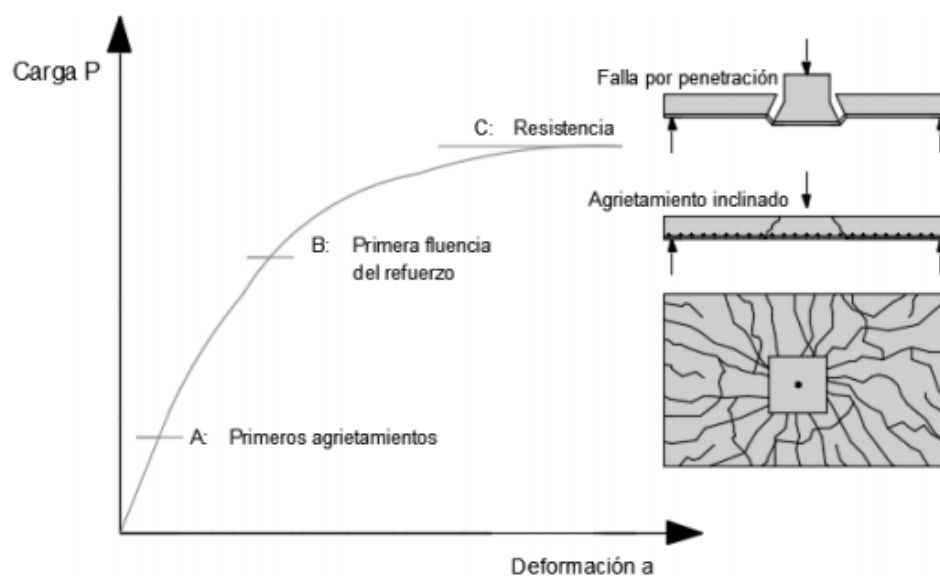


Figura 12. Gráfica carga-deformación de una losa. Fuente:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

Según la relación entre el claro y el peralte de la losa, o bien, de la relación entre el área de la losa y el área de la superficie donde se aplica la carga y de la cantidad de acero longitudinal de flexión, la falla por perforación puede presentarse antes o después de que fluya el acero longitudinal.

La presencia de refuerzo transversal conformado por varillas no evita el colapso final por perforación, sin embargo, permite que esta perforación se genere a deformaciones considerables una vez que se ha desarrollado la capacidad por flexión del elemento.

Los esfuerzos nominales de resistencia de losas son generalmente mayores que en vigas, esto es debido principalmente al efecto del ancho del elemento y a que el concreto alrededor de la superficie cargada está sujeto a compresiones normales en dos direcciones que le proporcionan un cierto confinamiento lateral.

En losas, debido a que los momentos flexionantes disminuyen rápidamente del perímetro del área cargada hacia los centros de los tableros, las tensiones máximas

antes del agrietamiento se concentran en zonas cercanas a una superficie definida por planos trazados a 45° a partir del perímetro del área cargada.

Si aumenta la carga, el fuerte gradiente de momentos en losas hace que las grietas inclinadas tiendan a producirse en la zona adyacente al área cargada ya que las grietas no pueden desarrollarse súbitamente ni hacia el área cargada debido al confinamiento, ni tampoco a lo largo del acero de tensión, porque este suele estar presente en cantidades suficientes.

De acuerdo a ensayos en losas bajo la acción de una columna, la resistencia es generalmente dos veces la carga que produce los primeros agrietamientos inclinados alrededor del área cargada, y depende de la zona de compresión disponible en el perímetro de dicha área.

Finalmente, algunas características que impactan directamente a la resistencia de las losas en términos de fuerza cortante son las siguientes: el peralte de la losa en la sección crítica, el lado del área cargada o lado de la columna, la presencia de perforaciones y agujeros en las cercanías del área cargada, la restricción o desplazamiento en el plano de la losa y la velocidad de aplicación de la carga.

Entrepisos

Según Maria G. Fratelli (1990):

“Los entrepisos de concreto armado, vaciados monolíticamente con el resto de la estructura, constituyen la forma de transmisión de las cargas gravitacionales a las vigas y columnas del sistema, para llevarlas al suelo de fundación. Adicionalmente, bajo cargas laterales de viento o sismo, los entrepisos se consideran rígidos en su plano, permitiendo que el corrimiento traslacional sea el mismo, para todos los elementos de un mismo nivel en la estructura”.

A continuación se menciona la clasificación de las losas de entrepiso:

Según la dirección de carga

- **Losas unidireccionales:** Según Harmsen (2010): “Se caracterizan porque la relación entre las dimensiones de sus paños es mayor que dos por lo que el elemento presenta una curvatura de deflexión más marcada en una dirección”. (P.225)
- **Losas bidireccionales o reticuladas:** Cuando se dispone de muros portantes en los cuatro costados de la placa y la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la placa es de 1.5 o menos, se utilizan placas reforzadas en dos direcciones.

Según el tipo de material estructural

- **Losas de concreto armado:** Son las más comunes que se construyen y utilizan como refuerzo barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero.
- **Losas de concreto armado pretensado:** Son las que utilizan cables traccionados y anclados, que le transmiten a la placa compresión. Este tipo de losa es de poca ocurrencia en nuestro medio y sólo lo utilizan las grandes empresas constructoras que tienen equipos con los cuales tensionan los cables.
- **Losas apoyadas en madera:** Son las realizadas sobre un entarimado de madera, complementadas en la parte superior por un diafragma en concreto reforzado.
- **Losa en lámina de acero:** Son las que se funden sobre una lámina de acero delgada y que configura simultáneamente la formaleta y el

refuerzo inferior del concreto que se funde encima de ella. Tiene un uso creciente en el medio constructivo nacional.

- **Losas en otro material:** Son placas generalmente prefabricadas realizadas en materiales especiales como arcilla cocida, plástico reforzado, láminas plegadas de fibrocemento, perfiles metálicos etc.

Losas macizas

Son elementos estructurales de concreto armado, de sección transversal rectangular llena, de poco espesor, que abarcan una superficie considerable del piso. Los apoyos de todos sus lados son relativamente rígidos, con flechas muy pequeñas comparadas con las de la losa. El refuerzo para estas losas se coloca en dos direcciones ortogonales para soportar los momentos desarrollados en cada uno de ellos. Este tipo de losa es comúnmente usado en la construcción, por ser sencillo de construir, en algunos casos económicos y por ser fácilmente adaptable a diseños irregulares.

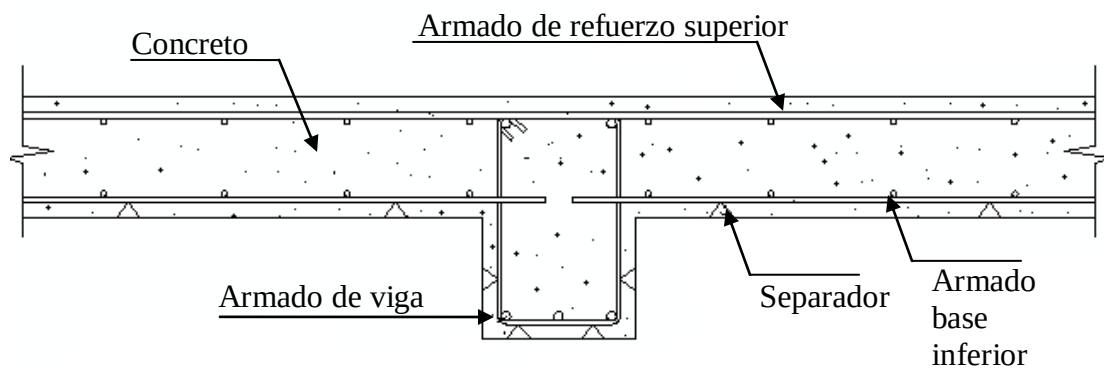


Figura 13. Sección típica losa maciza. Fuente: Elaboración propia.

Losas nervadas

Las losas nervadas como su nombre lo indica, están compuestas por vigas a modo de nervios que trabajan en colaboración ofreciendo gran rigidez.

Formadas por nervios de concreto separados entre sí aproximadamente 50 cm. Presentan elementos de relleno de diversos materiales. Estas losas se construyen de diversos espesores tales como: 20, 25, 30, y 35 cm, siendo estos los más comunes y dependiendo a su vez de la luz de cálculo. El revestimiento de concreto o loseta superior de concreto generalmente es de 5 cm.

Losas nervadas unidireccionales

Son aquellas que están estructuradas a base de vigas o nervios en un solo sentido, a un espaciamiento constante y paralelas entre sí.

Los espacios vacíos entre dos vigas o nervaduras se pueden cubrir con casetones, bloques de arcilla u otros materiales aligerados. Son empleadas en la construcción por poseer ciertas ventajas como la capacidad para embutir servicios, intrasmisibilidad sónica y térmica, por utilizar poca cantidad de concreto, etc.

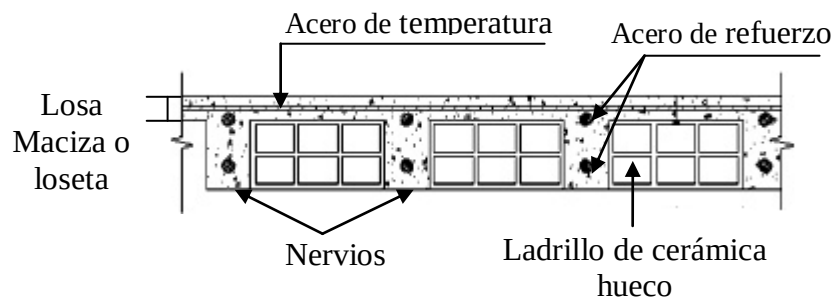


Figura 14. Sección típica losa nervada unidireccional.

Fuente: Elaboración propia

Losas nervadas bidireccionales o reticulares

Este tipo de losas se elabora a base de un sistema de entramado de trabes cruzadas que forman una retícula, dejando huecos intermedios que pueden ser ocupados permanentemente por bloques huecos o materiales cuyo peso volumétrico no exceda de 900kg/m y sean capaces de resistir una carga concentrada de una tonelada. La combinación de elementos prefabricados de concreto simple en forma de cajones con nervaduras de concreto reforzado colado en el lugar que forman una retícula que rodea por sus cuatro costados a los bloques prefabricados. También pueden colocarse, temporalmente a manera de cimbra para el colado de las trabes, casetones de plástico prefabricados que una vez fraguado el concreto deben retirarse y lavarse para usos posteriores. Con lo que resulta una losa liviana, de espesor uniforme.

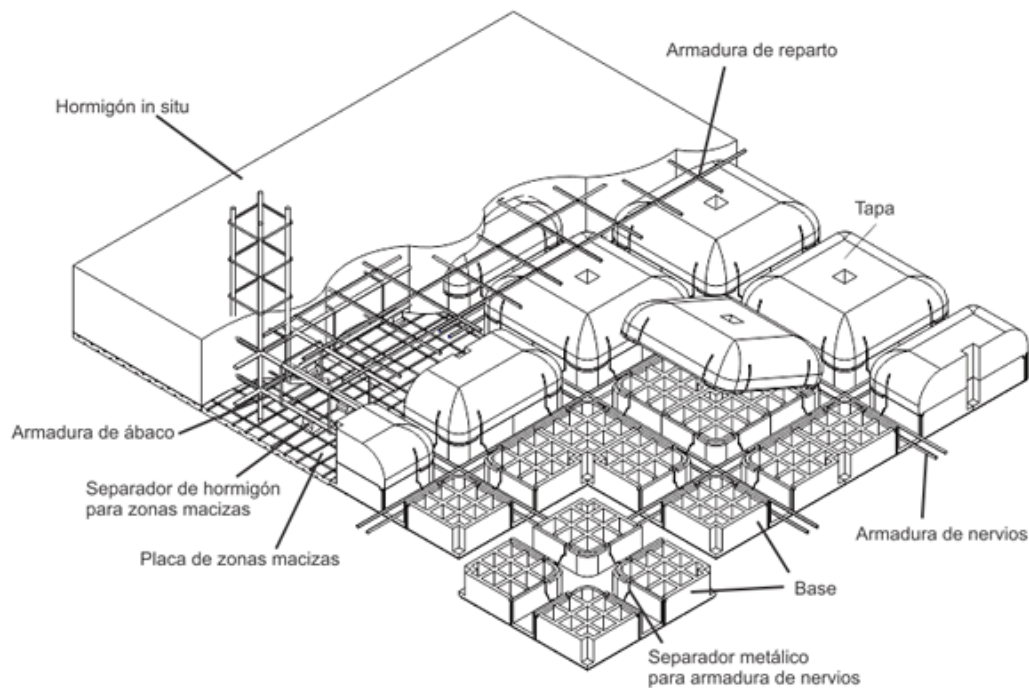


Figura 15. Losa nervada armada en dirección ortogonal con casetones.

Fuente: <http://letydiviez.blogspot.com/>

Losas prefabricadas

Son aquellos elementos estructurales que se construyen con elementos ya contruidos en fábrica o taller, los cuales posteriormente son transportados a la obra para la instalación y/o ensamblaje de acuerdo a su proceso constructivo. La ventaja de estos sistemas es la gran rapidez y limpieza en la instalación, bajo costo, peraltes menores, eliminación de casi toda la cimbra, reducción de mano de obra, soportan cargas altas, se adapta a casi todo diseño arquitectónico.

Vigueta y bovedilla

Es un sistema constructivo prefabricado a base de estructurar con anterioridad un entramado con viguetas precoladas, colocadas a cierta distancia igual entre sí, para cubrir el claro entre estas con la bovedilla. Las viguetas están formadas por una armadura y un patín de concreto colado en la parte inferior. Mientras que las bovedillas son elementos aligerantes del sistema y pueden ser de distintos materiales como barro cerámico, polietileno y cemento con arena. Este sistema constructivo tiene la ventaja de construirse apoyando las bovedillas con las viguetas, ajustándose uno respecto a otro sin dejar espacio para que pueda escapar el concreto, evitando el uso de cimbra para la construcción de este tipo de losas, disminuyendo costos, reduciendo mano de obra; al mismo tiempo permite rapidez y facilidad en la instalación.

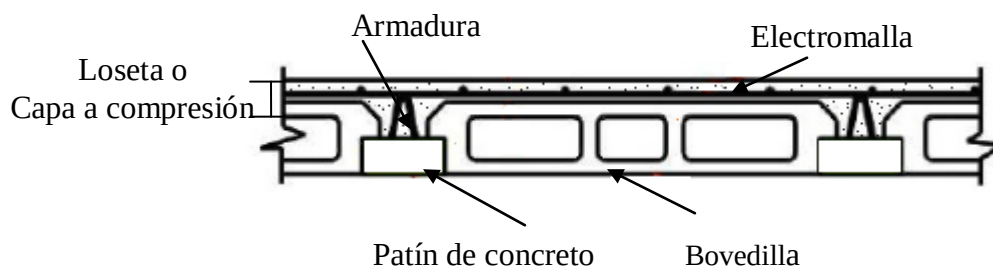


Figura 16. Sección típica de losa con vigueta y bovedilla.

Fuente: Elaboración propia.

Losa de Encofrado colaborante de Sofito Metálico

Es un sistema formado por una placa o lámina de acero soportado por vigas de acero, y recubierta de concreto reforzado con una malla electrosoldada. Se puede decir que la Novalosa consiste en una lámina galvanizada trapezoidal usada para el diseño de losas compuestas, que actúa como refuerzo positivo y elimina la necesidad de varillas de refuerzo, alivianamientos y encofrado. La interacción entre la Novalosa y el concreto es alcanzada mediante el sistema de resaltes dispuestos transversalmente en la placa que producen una trabazón mecánica al concreto evitando el desplazamiento y garantizando una adecuada adherencia. En una primera instancia, una vez que las placas de la Novalosa están adecuadamente sujetas a la estructura, actúa como una plataforma de trabajo segura para la fundición del concreto.

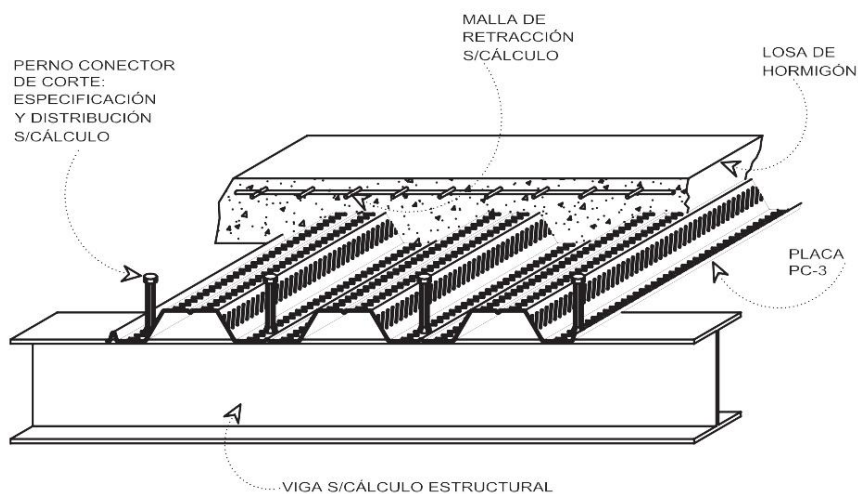


Figura 17. Sección típica Losa de Encofrado colaborante de Sofito Metálico.

Fuente: <http://www.catalogoarquitectura.cl/placa-colaborante-pc-3-acerline/>

Losas spancrete

El spancrete se fabrica mediante un proceso donde el concreto de alta resistencia es extruido sobre una cama con cables de acero presforzados, obteniéndose un producto increíblemente resistente, que tolera grandes capacidades de carga permitiendo alcanzar grandes luces. Los huecos u orificios en forma de panal le

permiten disminuir considerablemente el peso, y ´por lo tanto el costo; además, estos orificios pueden ser utilizados para cablear instalaciones eléctricas, telecomunicaciones, etc.

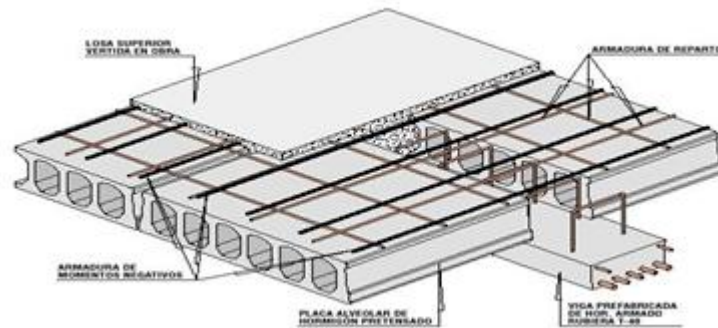


Figura 18. Armado de losa Spancrete. Fuente: <http://grupoprevi.mx/products-page/alveolar/sistema-previ-alveolar/>

Losas Siporex

Son elementos de concreto ligero, reforzado para entrepiso, techos y muros, se fabrican con cemento y arena fina adicionándole agentes químicos, los cuales posteriormente son tratados a vapor obteniendo un producto ligero y resistente; además de poseer otras ventajas como son su rápida colocación, limpieza de obra, acabado aparente, manejabilidad y economía.

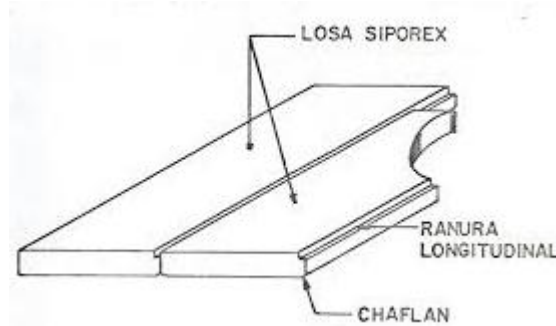


Figura 19. Detalle de Losa Siporex. Fuente: <http://franciscojavi15.blogspot.com/2013/08/losas-macizas-son-elementosestructurale.html>

MARCO NORMATIVO LEGAL

Según, Pérez A. (2002), es el conjunto de Leyes, Reglamentos, Normas, Decretos, que establecen el basamento jurídico que sustenta la investigación. El presente Trabajo Especial de Grado estuvo regido por las siguientes normativas:

- Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión (COVENIN 340-79).
- Método para el ensayo a tracción de barras de acero ordinario para usarse como refuerzo en concreto armado (NORMA C.C.C.A: AC 4-64).
- Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos (COVENIN 255/77 - C.C.C.A AG 2).
- Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (COVENIN 268 – ASTM C128 Y C.C.C.AG. 15).
- Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (COVENIN 269 – ASTM C127 - C.C.C.AG. 16).
- Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto (COVENIN 338-79 - ASTM C39 – C.C.C.A. CON 4).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se refiere a las vías a seguir desde que se inicia la investigación hasta la finalización del mismo.

Balestrini (2006) define el marco metodológico como:

La instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real. De allí que se deberán plantear el conjunto de operaciones técnicas que se incorporan en el despliegue de la investigación en el proceso de la obtención de los datos. El fin esencial del marco metodológico es el de situar en el lenguaje de investigación los métodos e instrumentos que se emplearán en el trabajo planteado, desde la ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de investigación, su universo o población, su muestra, los instrumentos y técnicas de recolección de datos, la medición, hasta la codificación, análisis y presentación de los datos. De esta manera, se proporcionará al lector una información detallada sobre cómo se realizará la investigación (Pág. 114).

Tipo de investigación

La investigación que se está realizando para dar solución a la problemática ya planteada en capítulos anteriores es de tipo descriptiva, la cual, según Arias, F. (2006) se define como:

“La caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación

se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p. 22).

La investigación en estudio, es de Tipo Descriptivo, ya que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado y además de esto, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de evaluar la resistencia de nervios sometidos a cargas puntuales usados en la construcción de losas nervadas de viviendas populares. Tiene como objetivo la descripción y suministro preciso del diagnóstico del evento de estudio. Dichos métodos se basan en la indagación, observación, registro y definición.

Diseño de la Investigación

Según la estrategia que adopta el investigador, el diseño en este estudio es no experimental y de campo, ya que la investigación se trata de una recolección de datos emanados de los resultados que deberán obtenerse en un laboratorio, es decir, datos provenientes de la realidad, y en los cuales no se manipulan las variables de estudio.

Población y muestra

Por tratarse de un trabajo de laboratorio en el cual el universo no puede cuantificarse, solo se puede definir el tamaño de la muestra, que en este caso fue de carácter no probabilístico de carácter intencional.

En este sentido, Patella, S. y Martins, F. (2010), afirman que el muestreo no probabilístico es: “Aquel que consiste en no prefijar ningún criterio de selección, excepto el tamaño de la muestra”.

Se decidió elaborar siete (07) nervios de concreto armado y para el ensayo de la resistencia a compresión tres (03) probetas cilíndricas.

Descripción de la metodología

Para responder al problema, la estrategia a tomar se muestra a continuación, donde se presentan las distintas fases y actividades que se van a realizar para cumplir con los objetivos planteados:

Fase I: Identificación de las características principales de los nervios que inciden en el comportamiento al ser sometidos a cargas puntuales.

Concierne a la etapa de descripción de las principales propiedades de los elementos tipo nervios que influyen en su desempeño frente a las cargas actuantes, como son dimensiones, sección, características de los materiales y cuantía de acero. En base a estas propiedades se seleccionará la sección más semejante a este tipo de elementos utilizados en los sistemas de piso de viviendas populares.

Fase II: Determinación a través de ensayos de la carga soportada por los nervios usados en la construcción de losas de viviendas populares.

Una vez definida la sección de los elementos a ensayar, se procedió a elaborar los especímenes, con las proporciones establecidas en la fase anterior. Todo ello con la finalidad de realizar los ensayos correspondientes a los 28 días de fraguado, para poder determinar la carga máxima soportada, así como el comportamiento observado.

Fase III: Comparación de los parámetros obtenidos experimentalmente con los parámetros teóricos.

En esta última fase se compararan los resultados obtenidos anteriormente, relacionando a través de gráficas y compararlos con la resistencia teórica esperada. De manera de emitir conclusiones sobre el comportamiento observado.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Según Sabino afirma que “Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información” (Sabino, 1996) (p.133)

Por otra parte la observación según lo define Arias F. (2006) “Técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca” (p.67).

Las técnicas de recolección de datos en la investigación planteada son la indagación y la observación de muestras obtenidas experimentalmente en el Laboratorio de materiales y ensayos de la facultad de Ingeniería Civil de Universidad de Carabobo. Así mismo la observación de diferentes fuentes bibliográficas y páginas web que sustenten la investigación.

Mientras que los instrumentos a utilizar lo constituyen: normas y manuales técnicos, registro de datos obtenidos, de los equipos de ensayos de laboratorio.

En la **Tabla 2** se muestra la planilla de recolección de datos utilizada en el ensayo para la determinación de la resistencia a flexión en viguetas de concreto.

Muestra	Ancho b (cm)	Alto h (cm)	Largo L (cm)	Peso (kg)	Carga Max P (kg)	Módulo de rotura Mr (kg/cm ²)

Tabla 2. Planilla de recolección de datos. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de datos

En este punto se definirán las técnicas lógicas (Inducción, deducción, análisis, síntesis), o estadística (descriptiva o inferencial), que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos que sean recogidos.

En este caso particular la metodología empleada es la cuantitativa debido a que permite examinar los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la estadística. Los datos obtenidos en los ensayos se procesaran y agruparan en tablas, para luego construir diversas gráficas y poder establecer las tendencias de las variables estudiadas.

CAPITULO IV

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos tanto de los ensayos preliminares como de los ensayos de carga llevados a cabo a los especímenes construidos, así como un análisis comparativo de las respuestas obtenidas, dando cumplimiento a los Objetivos del presente Trabajo.

Los materiales empleados en la elaboración de las mezclas de concreto fueron cemento Portland tipo I, agua, agregados finos y gruesos; Además se elaboró una armadura de refuerzo compuesta de 3 barras estriadas de acero longitudinal S-60 de diámetro nominal de ½’’ (1.27cm) y acero transversal tipo alambra en forma triangular dispuestos a cada 20 cm. Los materiales se adquirieron de diferentes establecimientos comerciales del país, desconociendo certificados de calidad y procedencia.

Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos (COVENIN 255/77 - C.C.C.A AG 2).

Este ensayo consiste en separar una muestra de agregado de peso conocido, tanto fino como grueso, a través de una serie de cedazos de aberturas progresivamente menores, con el fin de determinar la distribución de tamaños de las partículas.

Agregado fino

Tabla 2

Resultados obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino.

Cedazo	Abertura tamiz (mm)	Peso cedazo (grs)	Peso cedazo + retenido (grs)	Peso retenido (grs)	% Retenido	% retenido acumulado	% Que pasa
#4	4.76	560	585	25	5.00	5.00	95.00
#8	2.36	550	710	160	32.00	37.00	63.00
#16	1.18	500	680	180	36.00	73.00	27.00
#30	0.6	500	540	40	8.00	81.00	19.00
#50	0.3	485	490	5	1.00	82.00	18.00
#100	0.15	485	510	25	5.00	87.00	13.00
Ciego	-	415	480	65	13.00	100.00	0.00
Total		3495	3995	500	100.00	Tiempo	10 min

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Valores normativos para agregado fino.

Tamiz	% Que pasa		
#4	100	-	85
#8	95	-	60
#16	80	-	40
#30	60	-	20
#50	30	-	10
#100	10	-	2
CIEGO	-	-	-

Fuente: Datos tomados del “Manual de diseño de concreto armado” del autor Joaquín Porrero.

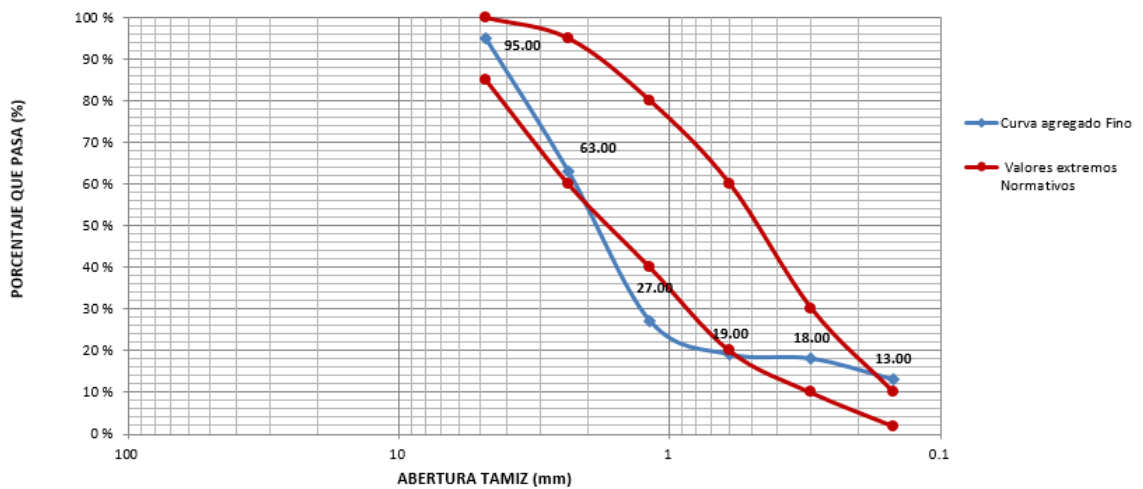


Figura 20. Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: elaboración propia.

Análisis de resultados

- La curva del agregado fino en la **Figura 20** no posee el comportamiento adecuado para que se garantice una buena distribución dentro de la mezcla.
- El material fino presenta un déficit importante en el tamiz N°16 de aproximadamente 13 puntos por debajo del límite mínimo exigido por normativas Venezolanas. Véase la **Figura 20**.

Agregado Grueso

Tabla 4

Resultados obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso.

Tiempo : 2 minutos							
Cedazo	Abertura tamiz (mm)	Peso cedazo (grs)	Peso cedazo + retenido (grs)	Peso retenido (grs)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
1 1/2"	38.10	4265	4265	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	4140	5655	1515	15.15	15.15	84.85
3/4"	19.05	4475	7495	3020	30.20	45.35	54.65
1/2"	12.70	4215	8340	4125	41.25	86.60	13.40
3/8"	9.53	4135	5110	975	9.75	96.35	3.65
CIEGO	-	3140	3505	365	3.65	100.00	0.00
Total		24370	34370	10000	100.00	Tamaño max	1 1/2"

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5

Valores normativos para agregado grueso.

Tamiz		% Que pasa		
1 1/2"	38.10	100	-	0
1"	25.40	90	-	100
3/4"	19.05	50	-	90
1/2"	12.70	15	-	45
3/8"	9.53	1	-	20
1/4"	6.35	0	-	8

Nota: Datos tomados del “Manual de diseño de concreto armado” del autor Joaquín Porrero.

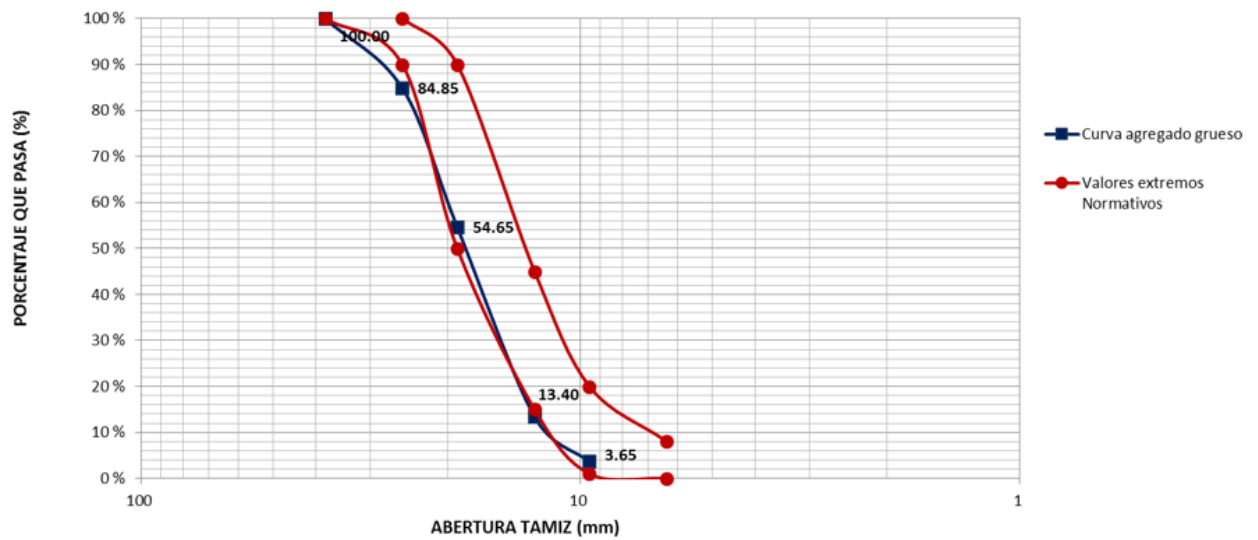


Figura 21. Curva granulométrica del agregado grueso. Fuente: elaboración propia.

Análisis de resultados

- La curva de la **Figura 21.** mantiene un comportamiento similar a los valores usuales por norma.
- El agregado posee un déficit en el material que pasa por el tamiz de 1'', de aproximadamente 5.15 puntos respecto al valor mínimo por normativas Venezolanas. Véase **Figura 21.**

Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.Ag. 15).

La limitada variabilidad de sus valores permite, en la mayoría de los casos, asumir una densidad promedio de 2,65 para ambos agregados en el caso venezolano”.

Por otro lado, es muy importante conocer la absorción de los agregados y su humedad, al momento de preparar el concreto, para poder corregir la cantidad de agua que debe añadirse a la mezcla.

Tabla 6

Valores característicos del agregado fino.

% A (Porcentaje de absorción)	3.09
G (peso específico)	2.43
Gs (Peso específico superficial)	2.50
Ga (Peso específico aparente)	2.62

Fuente: Elaboración propia.

Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (COVENIN 269 – ASTM C127 - C.C.C.Ag. 16).

Tabla 7

Valores característicos del agregado Grueso.

% A (Porcentaje de absorción)	1.01
G (peso específico)	2.77
Gs (Peso específico superficial)	2.80
Ga (Peso específico aparente)	2.85

Fuente: Elaboración propia.

TABLA III.7

VALORES USUALES DE LAS RELACIONES PESO/VOLUMEN DE LOS AGREGADOS NO LIVIANOS

PROPIEDAD	GRUESOS	ARENA
Peso unitario suelto (kgf/litro)	1,4 a 1,5	1,5 a 1,6
Peso unitario compacto (kgf/litro)	1,5 a 1,7	1,6 a 1,9
Densidad (peso específico)	2,5 a 2,7	2,5 a 2,7

Figura 22. Valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos. Nota: datos tomados de tabla III.7 Manual del concreto estructural Pág. 81. Autor: Joaquín Porrero.

Análisis de Resultados

- El peso específico tanto del agregado fino como del agregado grueso coincide con el rango usual de la relación peso/volumen para agregados con un valor de 2.7 (Kg/m³). Véase Figura 22.

Diseño de mezcla

Para la elaboración de la mezcla de mortero tradicional se utilizaron las dosificaciones establecidas en la norma COVENIN 484-93.

Las cantidad total demandada de concreto fue de 0.0969 m³ correspondiente a 7 viguetas y 3 probetas cilíndricas, con una relación en la distribución de agregados finos y gruesos (β) = 0.44. Con estos datos iniciales se procedió a elaborar la mezcla con la siguiente dosificación:

- 39.082 Kg de cemento
- 77.353 Kg de arena
- 98.809 Kg de piedra
- 20,987 Lts de agua
- Relación de agua-cemento a/c =0.537

Método para el ensayo a tracción de barras de acero ordinario para usarse como refuerzo en concreto armado (NORMA C.C.C.A: Ac 4-64).

Tabla 8

Valores característicos del acero de refuerzo.

Muestra	Área inicial (cm ²)	Área de estricción (cm ²)	Carga Max (ton)	Carga de rotura (ton)
1	1.27	0.58	6.95	5.50
2	1.27	0.52	7.05	5.50
3	1.27	0.49	7.00	5.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Valores de esfuerzo último y esfuerzos de fluencia.

Muestra	Fsu*	Fy*	Fsu*/Fy*	Fy*/Fy
1	5486.40	4025.99	1.36	0.96
2	5565.34	4302.29	1.29	1.02
3	5525.87	4144.40	1.33	0.99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Porcentaje de alargamiento incluyendo la estricción.

Muestra	Lf	Li	%Alargamiento
1	22.7	20	13.5
2	22.9	20	14.5
3	22.8	20	14

Fuente: Elaboración propia.

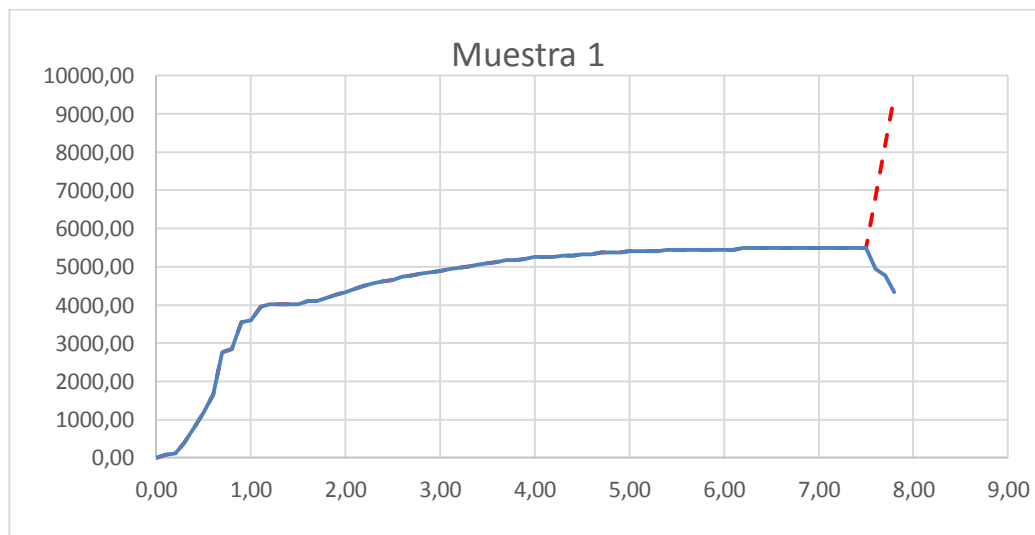
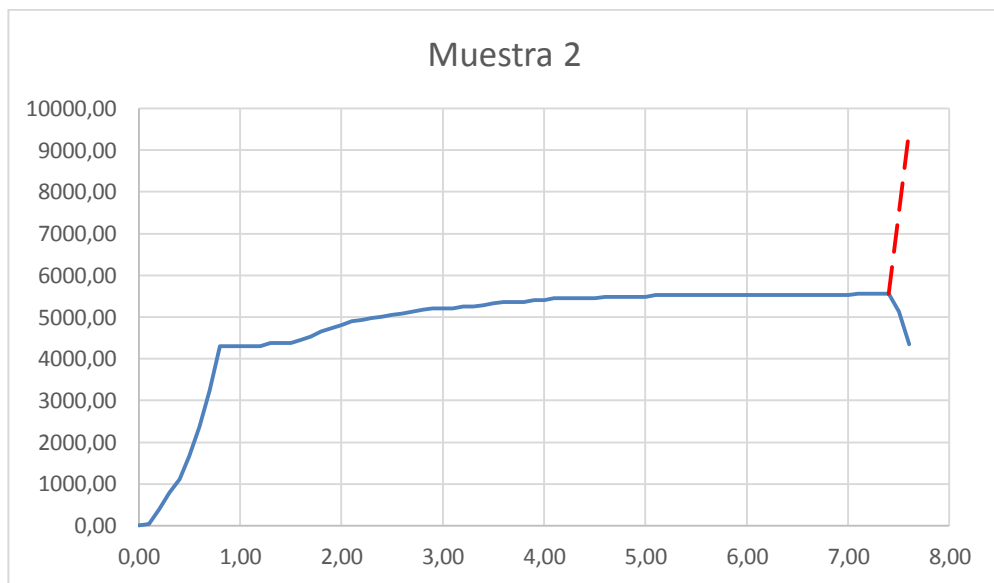
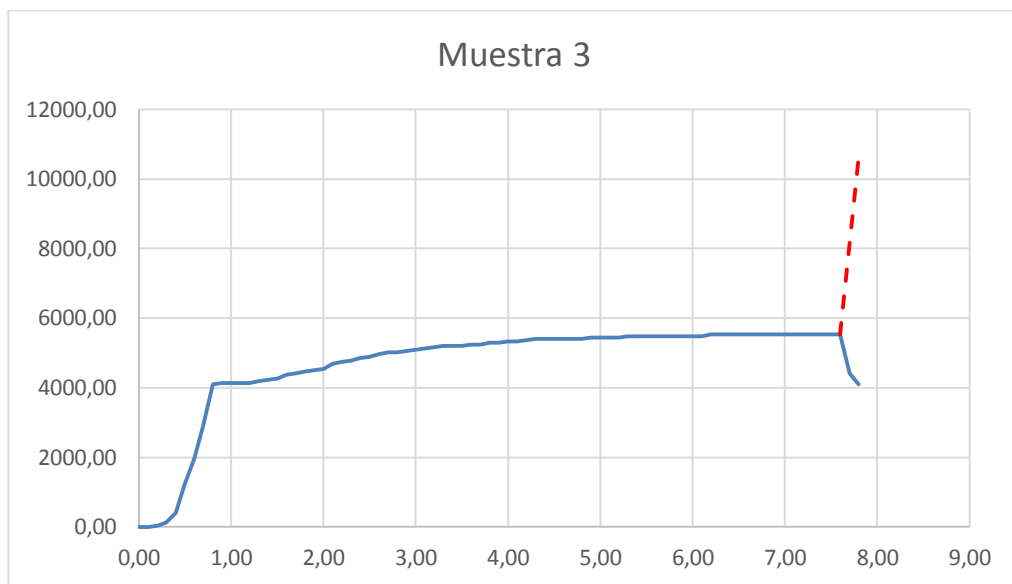


Figura 23. Curva esfuerzo vs deformación muestra 1

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Resultados

- El acero posee un comportamiento dúctil.
- En la curva esfuerzo vs deformación promedio del material ensayado es posible identificar los puntos característicos ya que se encuentran bien definidos.
- Los valores de relación entre el esfuerzo de fluencia real y el esfuerzo de fluencia nominal no exceden el límite del 30% especificado en el artículo 8.2.1.2 de la Norma COVENIN 316-2000.
- Los esfuerzos últimos (F_{su}^*), obtenidos en el ensayo son mayores a los límites mínimos especificados en el artículo 8.2.1.3 de la Norma COVENIN 316-2000 calculados según la ecuación $F_{su} = 1.25 F_y^*$, siendo F_y^* el límite elástico real de la probeta de acero y F_{su} el valor sugerido de esfuerzo último.
- Los porcentajes de alargamiento incluyendo la estricción de las probetas se encuentran por encima del mínimo exigido de 12 % como se indica en el artículo 8.2.1.1 de la Norma 316-2000.

Características de los especímenes

Se evaluaron siete (07) nervios o viguetas de concreto armado como muestra representativa para evaluarlas en los ensayos a flexión.

N1: Muestra N°1

N5: Muestra N°5

N2: Muestra N°2

N6: Muestra N°6

N3: Muestra N°3

N7: Muestra N°7

N4: Muestra N°4

Estas viguetas simulan los nervios de una losa nervada, común en la construcción popular, siendo su sección típica rectangular con medidas estándar de 15 cm de ancho por 15 cm de alto, la longitud de los especímenes es de 60 cm el cual

se escogió debido a las especificaciones de la máquina para poder ensayarlas y por la disponibilidad de los moldes dentro de las instalaciones del laboratorio de materiales y ensayos de la Universidad de Carabobo.

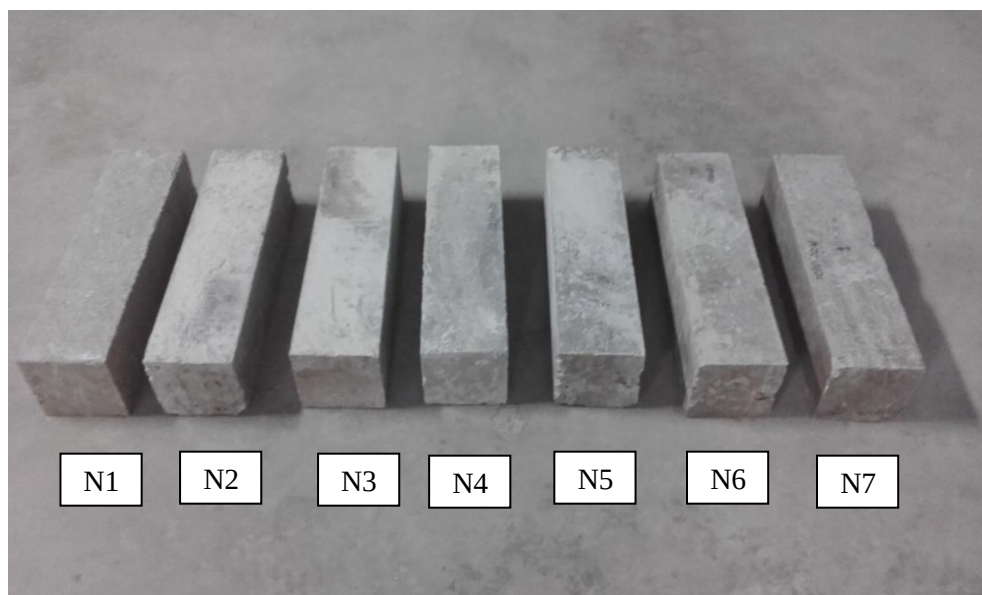


Figura 26. Fotografía de las viguetas de concreto armado.

Fuente: elaboración propia.

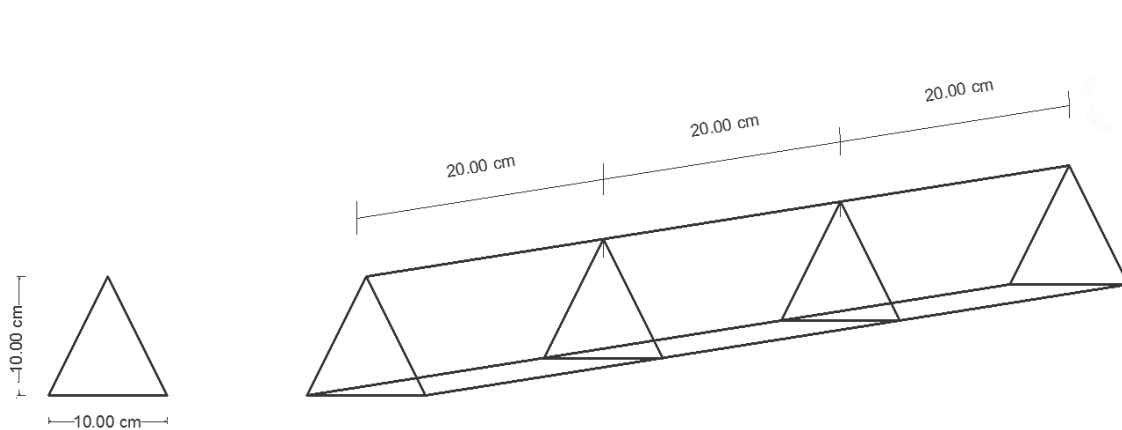


Figura 27. Detalle del acero de refuerzo de la vigueta de concreto.

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente se tienen tres (03) probetas de concreto, siendo dos (02) la muestra representativa y uno (01) la probeta testigo.

P1: Probeta N°1

P2: Probeta N°2

P3: Testigo

Estas probetas cilíndricas poseen medidas estándar de 15cm de diámetro por 30 cm de altura. Con la finalidad realizar los ensayos y evaluar la capacidad a compresión del concreto, garantizando la resistencia de diseño de los especímenes.

Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión (COVENIN 340-79).

La resistencia a tracción por flexión de cada vigueta se calcula de la siguiente manera:

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo:

Mr = Módulo de rotura (kg/cm²).

P = Carga máxima aplicada (kg).

L = Largo de la probeta (cm).

h = Altura libre de la probeta (cm).

b = Ancho de la probeta (cm).

Tabla 11

Resultados del ensayo a tracción por flexión.

Muestra	Ancho b(cm)	Alto h(cm)	Largo L(cm)	Peso (kg)	Carga Max P(kg)	Módulo de rotura Mr(kg/cm ²)
N1	15.3	15.3	52.000	33.6	7600	165.51
N2	15.4	15	52.200	33.9	6300	142.36
N3	15.4	15.1	52.200	33.5	5900	131.56
N4	15.3	15.2	52.000	33.5	6500	143.43
N5	15.3	15	52.000	33.1	6000	135.95
N6	15.1	15.2	52.300	33.4	4200	94.44
N7	15.3	15	52.000	33.6	6100	138.21

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 12

Valores de desviación estándar y Módulos de rotura para criterios de aceptación.

X	Xi	$(Xi - X)^2$	Desviación estándar σ
135.92	165.51	875.49	21.28
	142.36	41.46	
	131.56	19.01	
	143.43	56.27	
	135.95	0.00	
	94.44	1720.60	
	138.21	5.24	
$X - \sigma$	114.64 (kg/cm ²)	$X + \sigma$	157.21 (kg/cm ²)

Fuente. Elaboración propia.

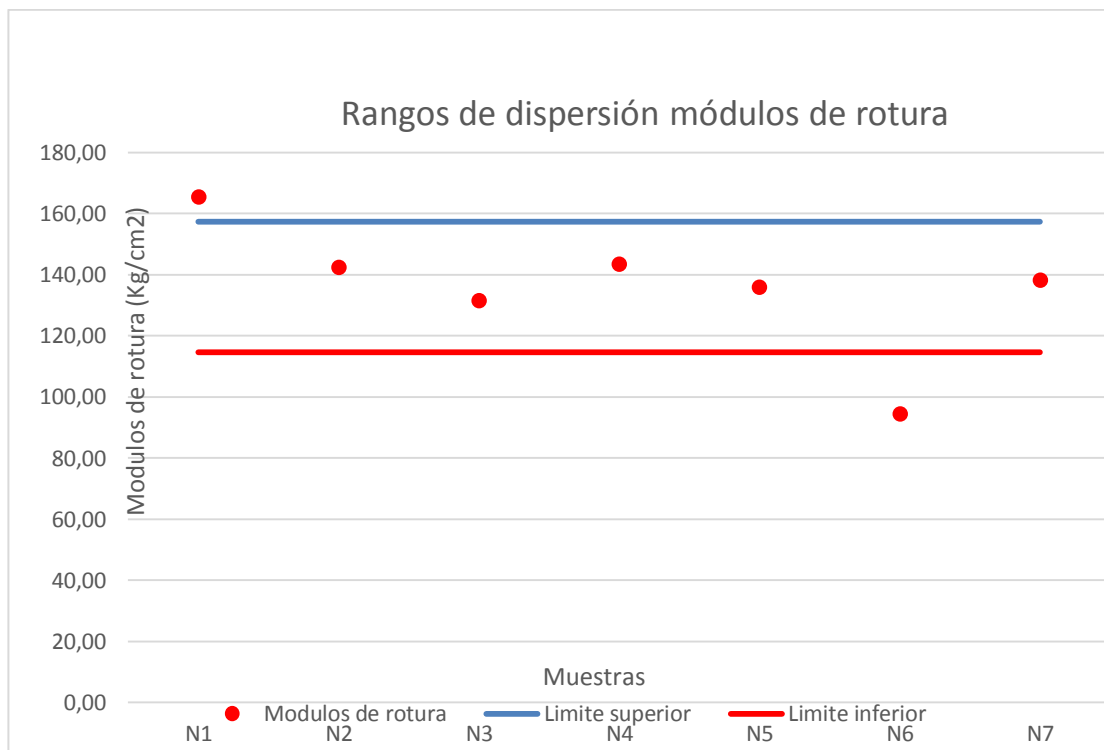


Figura 28. Gráfica de dispersión con valores aceptables de módulos de rotura.
Fuente. Elaboración propia.

Análisis de Resultados

- La resistencia a tracción por flexión (M_r) promedio obtenidos en el ensayo es de 135.92 (Kg/cm²).
- La muestra N1 y N6 salen de los rangos de confiabilidad aceptables estadísticamente.

Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de (COVENIN 338-79 - ASTM C39 – C.C.C.A. CON 4).

La resistencia a la compresión de cada cubo se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Siendo:

R= Resistencia a la compresión (kg/cm²).

P= Carga máxima aplicada (kg).

A= Área de la sección transversal cilindro (cm).

Tabla 13

Resultados del ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Muestra	Peso (kg)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Alto h (cm)	Carga Max P (kg)	Resistencia cilíndrica F'c (kg/cm ²)
P1	12.4	15.10	15.10	30.30	27125	153.50
P2	12.2	15.00	15.00	30.20	27730	158.90
P3	12.2	15.00	15.00	30.30	26120	147.80

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Resultados

- La resistencia cilíndrica promedio arrojado por el ensayo de las probetas de concreto es de $f'_c = 153.40$ (Kg/cm²)

Procedimiento para determinar la resistencia a flexión de una viga de sección doblemente armada.

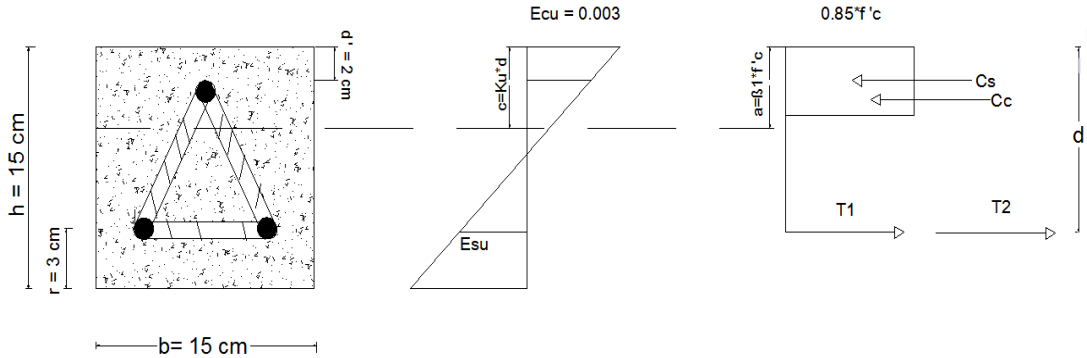


Figura 29. Distribución de deformaciones y esfuerzos de la sección en estudio.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 14

Datos para determinar la resistencia a flexión de las viguetas en estudio.

As (cm)	2.54 cm	f'c (kgf/cm ²)	153.40
A's (cm)	1.27 cm	r sup (cm)	2.00
b (cm)	15.00 cm	r inf (cm)	3.00
h (cm)	15.00 cm	d (cm)	12.00
fy (kgf/cm ²)	4200.00	d' (cm)	2.00
Li (cm)	52 cm		

Fuente. Elaboración propia

Cuantía geométrica de la armadura a tracción y compresión:

$$\rho' = \frac{A's}{b*d} = 0.007 \quad \text{Ecuación 3} \quad \rho = \frac{As}{b*d} = 0.014 \quad \text{Ecuación 4}$$

Cuantía mecánica

$$\omega = \rho - \rho' \frac{fy}{f'c} = 0.193 \quad \text{Ecuación 5}$$

Profundidad del eje neutro:

$$Ku = \frac{\omega}{0.85 * \beta_1} = 0.267 \quad \text{Ecuación 6}$$

$$c = Ku * d = 3.208 \text{ cm} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$a = \beta_1 * c = 2.727 \text{ cm} \quad \text{Ecuación 8.}$$

Se calcula a continuación el valor del esfuerzo f'_s del acero

$$\varepsilon_{cu} = 0.003 \quad \text{Ecuación 9}$$

$$f'_s = \varepsilon_{cu} * 1 - \frac{d'}{Ku * d} * 2.1 \times 10^6 = 2373 \text{ kg}$$

Fuerza a compresión resistida por el acero:

$$C_s = A'_s * f'_s = 3014 \text{ kg} \quad \text{Ecuación 10.}$$

$$T_2 = C_s$$

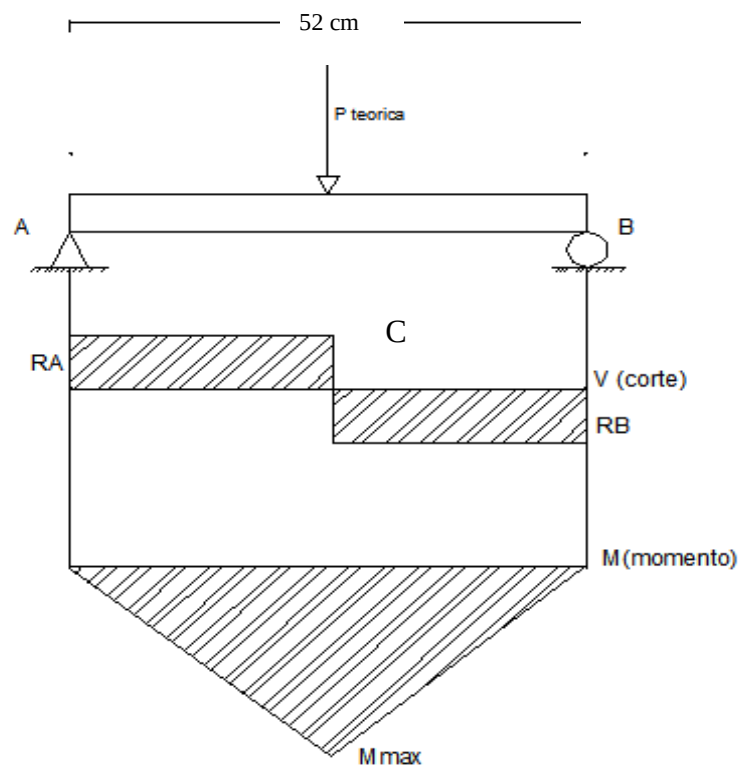
$$\Delta M = T_2 * \frac{d - d'}{100} = 301.358 \text{ kg} * m \quad \text{Ecuación 11}$$

$$T_1 = A_s * f_y - C_s = 7654 \text{ kg} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$M_o = T_1 * \frac{d - \frac{a}{2}}{100} = 814.154 \text{ kg} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$M_{act} = \frac{(M_o + \Delta M)}{1000} = 1.116 \text{ ton} * m \quad \text{Ecuación 14}$$

Determinación de la carga teórica (p teórica) a la que debe estar sometida la vigueta utilizando el diagrama de corte y momento y el método gráfico.



**Figura 30. Diagrama de corte y momento de una viga simplemente apoyada.
Fuente: Elaboración propia.**

De la Figura 30 se procede a determinar el momento en el centro del tramo por el método gráfico.

$$\Delta MAC = \pm \int_{x_A}^{x_C} V \text{ corte } dx \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Mc = MA \pm \text{AreaV (corte)}$$

0

$$Mc = RAX$$

Como se trata de un miembro simplemente apoyado con una carga puntual en el centro del tramo se tiene:

$$RA = \frac{P_{teorica}}{2} \quad \text{Ecuación 17}$$

Sustituyendo Ecuación 17 en la Ecuación 16:

$$Mc = \frac{P_{teorica}}{2} X \quad \text{Ecuación 18}$$

Igualando la Ecuación 18 con la Ecuación 15 y despejando P teórico se tiene:

$$P_{teorico} = \frac{1116 \text{ kgm} * (2)}{0.26 \text{ m}} = 8584.62 \text{ kg}$$

El momento resistente calculado con la carga teórica a la cual estará sometida la viga es:

$$Mr = \frac{3P_{teorico} * L}{2bh^2} = \frac{3}{2} \frac{8584.62 * 52}{15 * (15)^2} = 132.27 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla 15

Comparación de carga real vs carga teórica.

Muestra	P real P(kg)	P teórica	P real / P teórica
N1	7600.00	8584.62	0.89
N2	6300.00		0.73
N3	5900.00		0.69
N4	6500.00		0.76
N5	6000.00		0.70
N6	4200.00		0.49
N7	6100.00		0.71

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 16

Valores de desviación estándar y Cargas reales para criterios de aceptación

$\bar{X}$	X_i	$(X_i - \bar{X})^2$	Desviación estándar σ
6085.71	7600.00	2293061.22	1009.01
	6300.00	45918.37	
	5900.00	34489.80	
	6500.00	171632.65	
	6000.00	7346.94	
	4200.00	3555918.37	
	6100.00	204.08	
$\bar{X} - \sigma$	5076.71 (kg)	$\bar{X} + \sigma$	7094.72 (kg)

Fuente. Elaboración propia.

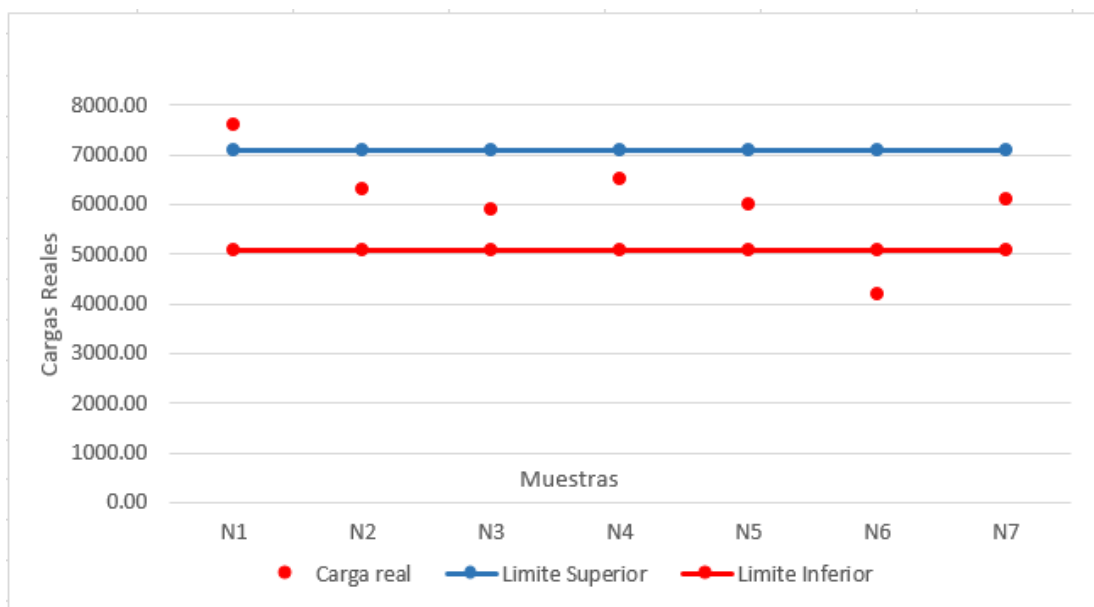


Figura 31. Grafica de dispersión con valores aceptables de Cargas máximas.
Fuente: Elaboración propia.

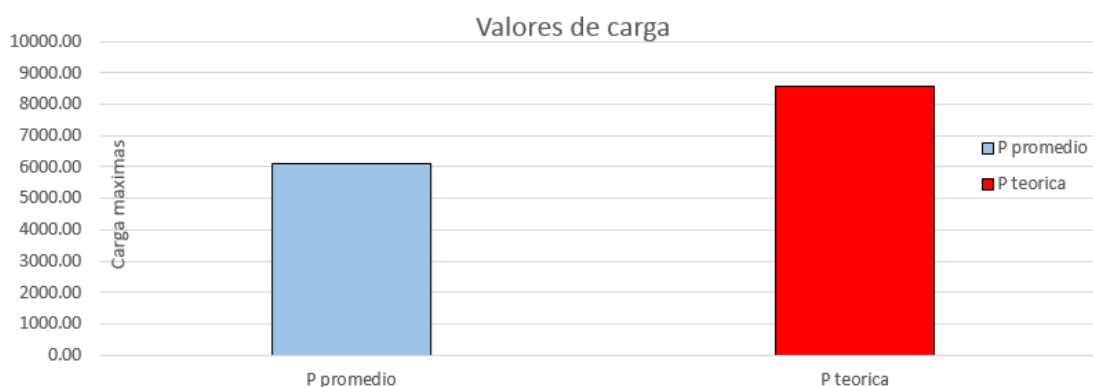


Figura 32. Comparación entre la carga promedio y cargas teóricas.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de Resultados

- La carga real promedio (P real) obtenidos en el ensayo es de 6085.71 (Kg/cm²).
- La muestra N1 y N6 tienen poseen dispersión, saliéndose del rango de los valores límites de confiabilidad.

- La muestra que posee el valor de carga real más cercano al valor de carga teórica es la N4 mostrando un 24 % de dispersión.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas del análisis e interpretación de los resultados de los ensayos realizados:

Si fue posible realizar la investigación con las dimensiones, materiales y equipos propuestos desde el inicio, aplicando técnicas similares a las utilizadas en la construcción informal de losas nervadas de viviendas populares; pudiendo así determinar a través de ensayos valores confiables de carga máxima y resistencia a flexión. Además se evidenció el comportamiento en cada una de las muestras al ser sometidas a cargas puntuales, presentando en cada una de ellas agrietamientos esperados originados por corte y/o flexión.

Al ensayar las muestras N1 y N3 e ir aumentando progresivamente la carga se formaron grietas que fueron incrementando en número, longitud y abertura a lo largo eje longitudinal de la zona a tensión del elemento, obteniéndose un comportamiento elástico y desarrollando cierta flexión la cual fue interrumpida de forma repentina provocando en el elemento la falla por fuerza cortante. A diferencia del resto de las muestras ensayadas en donde no se desarrolló flexión, mientras que la falla evidenciada en el elemento se originó de forma brusca por cortante. Pudiendo afirmar que este tipo de comportamiento se debe a la relación de aspecto h/L (altura/longitud) con las que se diseñaron y ensayaron los nervios.

Una vez determinada la carga real se compararon estos valores con los parámetros teóricos como se indica en el Capítulo IV, en donde se obtuvieron valores de carga real que presentan variaciones en algunas muestras respecto a la población. Al estimar la carga teórica para la pieza diseñada ninguna de las probetas ensayadas alcanzo ese valor, sin embargo se planteó un análisis estadístico utilizando para ello

la desviación estándar como criterio de aceptación y rechazo y solo dos muestras estuvieron fuera del rango establecido.

Las muestras que presentaron menores valores de resistencia se deben a alteraciones por segregación referentes a la vibración inadecuada dejando partes del material sin compactarse, produciendo cangrejas que incidieron en el comportamiento resistente del elemento.

RECOMENDACIONES

A continuación se plantean las siguientes recomendaciones:

- Realizar este estudio modificando la relación de aspecto h/L (altura/longitud); en donde la longitud sea mucho mayor a la planteada, de manera que pueda desarrollarse la falla a flexión del elemento; determinando a su vez los valores de carga a flexión y estableciendo una comparación entre los valores de carga obtenidos al fallar a flexión y fuerza cortante.
- Evitar alteraciones por segregación, relación agua/cemento, vibración, compactación, curado, entre otras que puedan comprometer la resistencia del concreto y por ende los resultados de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, Jorge (2015) *Análisis y diseño de un edificio de 8 niveles empleando diferentes sistemas de piso: losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas y losas planas de concreto postensado*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Viscaya, Luis (2009) *“Propuesta de autoconstrucción del sistema de vivienda popular Petrocasa”* Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Rosales G. Luis R. (2008) *Análisis del comportamiento de una viga de concreto armado, ensayada a flexión, reforzada con barras de fibra de carbono*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Teodoro E. Harmsen (2002) *Diseño de estructuras de concreto armado*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Porrero Joaquín, Ramos Carlos, Grases José, Velazco Gilberto J. (2014). *Manual del concreto estructural conforme a la Norma COVENIN 1753:03 “Proyecto y Diseño de Obras en Concreto Estructural”*, Caracas. Venezuela.
- Pytel Andrew, Singer Ferdinand L. (1994) *Resistencia de materiales*. Oxford University press México S.A de C.V. México.
- Maria G. Fratelli. (1998) *Diseño estructural en concreto armado*. Caracas, Venezuela.
- Lugo Sandra. *Manual para la realización de prácticas de laboratorio en la asignatura “materiales y ensayos” de la carrera de ingeniería civil en la universidad de Carabobo*. Universidad de Carabobo. Venezuela.

Gonzalez C. Oscar, Fernández-Villegas R. Francisco (2005). *Aspectos Fundamentales del concreto reforzado*, Limusa Noriega editores. Universidad autónoma Metropolitana de Azcapotzalco, México.