



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



EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL FUEGO EN LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO EN LOSAS NERVADAS

Autores:

Bespin Angel

Pérez Nerio

Bárbula, Noviembre de 2016



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



EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL FUEGO EN LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO EN LOSAS NERVADAS.

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

Autores:

Bespin Angel

Pérez Nerio

Tutor:

Edson Martínez

Bárbula, Noviembre de 2016



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA 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 INCIDENCIA DEL FUEGO EN LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO EN LOSAS NERVADAS.”**; realizado por los bachilleres: Bepin Angel y Pérez Nerio, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Edson Martínez

Miembro del Jurado

Miembro del Jurado

DEDICATORIA

Primeramente a Dios quien me guio por buen camino, es él quien me permite estar lleno de vida y felicidad para cumplir esta meta y mantenerme con el impulso y las ganas de alcanzar muchas más.

A mi familia, en especial a mis padres Ángel Bepin y América Valiente por el apoyo y la formación que me han brindado para ser cada día mejor persona.

A mi hermano menor, Mauricio Bepin por ser mi motor para seguir adelante cada día con el fin de enseñarle el camino donde el pueda caminar, alcanzarme y superarme en la marcha.

Ángel Bepin

Este gran logro lo dedico a DIOS y a mi MAMA por ser mis principales fuentes de motivación para alcanzar esta meta que me trace en mi vida.

Nerio Pérez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme la fuerza para superar los obstáculos presentados a lo largo de mi vida.

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

A la universidad de Carabobo por darme la formación académica y permitirme ser un profesional en esta área tan prestigiosa.

A mi Novia Eliana Berroteran por su apoyo y motivación durante los últimos años de mi carrera.

A mis amigos quienes me acompañaron directa e indirectamente a lo largo de mi carrera, en especial a mi amigo, hermano y compañero de tesis Nerio Pérez.

A mis profesores por enseñarme sus conocimientos, en especial al Profesor, amigo y tutor Edson Martínez por su disposición en ayudarnos en todo momento para alcanzar este logro.

Ángel Bepin

Primeramente agradezco a Diosito por haberme dado la paciencia y la tranquilidad para seguir con esta meta en momentos de caída sin duda dios todo poderoso lo puede.

A mi gran ejemplo de vida mi madre amada por haberme inculcado los principios y valores para ser de la persona que soy hoy por hoy sin ti este logro no hubiese sido posible. Desde lo más profundo de mi corazón y con todo el amor que puede existir te digo, GRACIAS MAMA EN DONDE QUIERAS QUE ESTES. TE AMO INMESAMENTE.

A mi abuelo Juan Bautista Pérez Zamora y mi abuela Paula Marchena por siempre estar ahí conmigo apoyándome y aconsejándome sobre las circunstancias de la vida y por sobre todo mis grandes padres.

A mis hermanas Ariana Patricia y Puala Patricia por ser mis amigas, mis confidentes y mi impulso para ser mejor cada día.

A mi Novia Mayra Gabriela por ayudarme, aconsejarme, guiarme, apoyarme en toda mi carrera y por ser tan especial e incondicional conmigo.

A mi tío Félix Pérez por ser mi hermano y brindarme durante toda mi carrera universitaria su abrigo para yo obtener este logro.

A mi papa Juan Antonio Pérez por haberme inculcado principios desde pequeño y hacerme de un hombre de bien.

A mi profesor guía de este excelente gran trabajo Edson Martínez por habernos brindado todo su apoyo incondicional en el proceso del presente trabajo y sobre todo ser un gran amigo.

A todos mis amigos y compañeros de clase porque de alguna u otra forma cada uno de ellos pusieron su granito de arena para ayudarme a obtener este gran logro especialmente a mi gran amiga Selene Navas y a mi compañero de tesis Ángel Bepin.

Nerio Pérez

INDICE

INDICE	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
Objetivo General.	4
Objetivos Específicos.....	5
JUSTIFICACIÓN.	5
DELIMITACIONES.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
BASES TEORICAS.....	10
LOSAS.....	10
Losa Maciza.	11
Losa Nervada.	12
CONCRETO.....	14
ACERO.....	14
Diagrama Esfuerzo - Deformación.	16
Propiedades Mecánicas del Acero.	18
El FUEGO.....	21
Tipos de Fuego.....	21

Incendio.	22
Comportamiento de materiales usados en construcción frente al fuego.	23
Concreto expuesto al fuego.	24
Tipos de Fallas del concreto estructural frente al fuego.	24
Acero de refuerzo expuesto al fuego.	25
MARCO NORMATIVO LEGAL.	28
CAPITULO III	29
MARCO METODOLOGICO	29
Tipo de investigación	29
Diseño de la investigación.....	29
Población y Muestra	30
Descripción de la metodología	31
Procedimiento experimental.....	32
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	37
Análisis de datos.....	39
CAPITULO IV	40
ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	40
Procedencia del material.....	40
Caracterización de agregados	41
Cemento.....	44
Dosificación del concreto.	44
Características de los especímenes de Losas.....	45
Concreto.	47
Acero de Refuerzo.....	47
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	49
Diagramas esfuerzo-deformacion.....	50
Probetas de acero de refuerzo sin exposicion al fuego.....	50
Probetas de acero de refuerzo embutidas en losas expuestas al fuego.	53
Probetas de acero de refuerzo no embutidas en losas expuestas al fuego.....	61
CONCLUSIONES.....	70

RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1. <i>Losa Maciza- Sección Típica</i>	11
Figura N°2. <i>Losa Nervada Tradicional</i>	13
Figura N°3. <i>Sección Típica de Losa Nervada- Recubrimiento</i>	14
Figura N°4. <i>Diagrama Esfuerzo-Deformación</i>	16
Figura N°5. <i>Representacion Grafica de la Tenacidad</i>	19
Figura N°6. <i>Grafico Modulo de Resiliencia</i>	20
Figura N°7. <i>Comportamiento de materiales ante el fuego</i>	23
Figura N°8. <i>Diagrama esfuerzo-deformación obtenido de ensayo a tracción de barras de acero</i>	31
Figura N°9. <i>Construcción de modelos de losas nervadas</i>	33
Figura N°10. <i>Separadores de recubrimiento</i>	34
Figura N°11. <i>Colocación de modelo sobre apoyos</i>	35
Figura N°12. <i>Exposición de losa en Simulador</i>	36
Figura N°13. <i>Termómetro Laser</i>	36
Figura N°14. <i>Extracción de cabilla</i>	37
Figura N°15. <i>Plantilla de Dimensiones</i>	38
Figura N°16. <i>Plantilla de temperatura antes y después de ser sometidas al fuego</i> ..	38
Figura N°17. <i>Plantilla de esfuerzo – deformación</i>	39
Figura N°18. <i>Lugar de procedencia de los agregados</i>	40
Figura N°19 . <i>Grafica granulometrica de agregado fino</i>	42
Figura N°20 . <i>Grafica granulometrica de agregado Grueso</i>	43
Figura N°21. <i>Modelo de losa nervada</i>	46
Figura N°22 <i>Probeta de Acero</i>	48
Figura N°23. <i>Máquina de Tracción Universal</i>	49
Figura N°24. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PA</i>	50
Figura N°25. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PB</i>	51
Figura N°26. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PC</i>	52
Figura N°27. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PIA</i>	53

Figura N°28. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P1B</i>	54
Figura N°29. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P1C</i>	55
Figura N°30. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P3A</i>	56
Figura N°31. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P3B</i>	57
Figura N°32. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P5A</i>	58
Figura N°33. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P5B</i>	59
Figura N°34. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta P5C</i>	60
Figura N°35. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PAQ</i>	61
Figura N°36. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PBQ</i>	62
Figura N°37. <i>Diagrama esfuerzo – deformación probeta PCQ</i>	63
Figura N°38. <i>Diagrama esfuerzo – deformación de las envolventes de cada grupo de probetas</i>	64

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. <i>Tiempos y temperaturas alcanzadas según el espesor de recubrimiento.....</i>	26
Tabla N°2. <i>Perdida de resistencia en el acero y concreto según la temperatura.....</i>	27
Tabla N° 3. <i>Ensayo de Granulometría para arena, correspondiente a lo establecido por la norma COVENIN 277-2000.....</i>	41
Tabla N° 4. <i>Ensayo de Granulometría para piedra, correspondiente a lo establecido por la norma COVENIN 277-2000.....</i>	43
Tabla N° 5. <i>Resultados de ensayos de los agregados utilizados.....</i>	44
Tabla N° 6. <i>Dimensiones reales de losas nervadas.....</i>	46
Tabla N° 7. <i>Resistencia cilíndrica de compresión del concreto.....</i>	47
Tabla N° 8. <i>Porcentajes de variación del esfuerzo máximo y esfuerzo de fluencia con respecto a las probetas PA, PB y PC (muestras patrones).....</i>	65
Tabla N° 9. <i>Porcentajes de alargamiento de cada probeta.....</i>	66
Tabla N°10. <i>Porcentajes de área de estricción de cada probeta.....</i>	67
Tabla N° 11. <i>Porcentajes de área de estricción promedio de grupos de probetas... </i>	68
Tabla N°12. <i>Valores de esfuerzos para cada probeta.....</i>	68



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



EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL FUEGO EN LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO EN LOSAS NERVADAS

Autor: Bepin Angel

Pérez Nerio

Tutor: Edson Martínez

Fecha: Noviembre 2016

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la incidencia del fuego sobre losas nervadas estudiando la resistencia a tracción del acero de refuerzo positivo. Esta investigación es de tipo descriptiva, con un diseño experimental en la cual se estudiaron las propiedades físico – mecánicas de las probetas de acero usadas como acero de refuerzo positivo en losas nervadas tradicionales. A tal fin se construyeron 9 modelos de losas nervadas de dimensión 50cmx70cmx20cm con recubrimiento de 1cm, 3cm y 5cm asemejando los valores usados en la realidad, así mismo se dispuso de 6 probetas de acero que no fueron embutidas en las losas, 3 de ellas se sometieron al fuego de forma directa, mientras las 3 restantes constituyen la muestra patrón con el fin de establecer comparaciones en el comportamiento. Las losas se sometieron a fuego constante durante 60 min en un simulador alimentado por gas metano a una presión de 30 psi para luego extraer el acero de refuerzo y ensayarlo a tracción. Una vez obtenidos los resultados se pudo concluir que el concreto actuó como un excelente aislante, evitando que el acero de refuerzo se viera afectado en cuanto a su resistencia, presentando un diagrama de esfuerzo- deformación muy similar entre las probetas de acero de losas con 1, 3 y 5 centímetros de recubrimiento y la muestra patrón, mientras que las probetas que se sometieron directamente al fuego presentaron cambios en sus esfuerzos.

Palabras clave: Acero de refuerzo, Losa Nervada, Exposición al fuego, resistencia a tracción.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de las edificaciones son de concreto armado donde las mismas tienen una importancia en cuanto a economía y habitabilidad para las personas ya que estas son sus principales patrimonios, pudiendo estar expuestas a eventos catastróficos como sismos e incendios y verse afectado parte de los elementos estructurales que conforman a la edificación como lo es en el caso de las losas, las cuales cumplen un papel importante para la estructura ya que son elementos de concreto armado horizontales sirviendo como el principal sostén para las personas, elementos y maquinarias donde puedan desarrollar de forma segura sus actividades y a su vez contribuyen en parte a la estabilidad de las edificaciones.

En investigaciones realizadas se ha demostrado que el concreto tiene la capacidad de actuar como una capa protectora llamado por los ingenieros civiles recubrimiento, donde el mismo evita que en elementos de concreto armado no se vea afectado el acero de refuerzo por la exposición que este pueda tener a la intemperie ante fenómenos como la oxidación o peor aún a eventos de incendios, ya que el concreto no es combustible por lo tanto no se suma a la carga del fuego de la edificación; en pocas palabras el mismo tiene la capacidad de actuar como un aislante térmico ante la energía de calor que pueda generar el incendio evitando que estas altas temperaturas lleguen a la armadura de acero con la finalidad de que el acero no se vea afectado en cuanto a sus propiedades mecánicas evitando que se produzca un colapso de la edificación.

En base a lo anteriormente expuesto, este trabajo se fundamenta en la incidencia que tiene el fuego sobre la resistencia a tracción del acero de refuerzo en losas nervadas y establecer comparaciones entre modelos de losas de diferentes recubrimientos incluyendo probetas de aceros expuestas directamente al fuego con el

propósito de establecer comparaciones en cuanto a sus esfuerzos alcanzados, módulo de elasticidad y deformaciones.

La investigación se estructura de la siguiente manera: en el CAPÍTULO I, se indica el planteamiento del problema, el objetivo general y los objetivos específicos así como el alcance; seguidamente en el CAPÍTULO II, se exponen los antecedentes relacionados con esta investigación y el marco teórico; luego, en el CAPÍTULO III, se presenta el tipo de investigación y la metodología empleada ,el procedimiento experimental; posteriormente se presenta el análisis e interpretación de los resultados de forma detallada en el CAPITULO IV.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos; seguido de la bibliografía en la que se identificaran las fuentes documentales utilizadas para apoyar las bases de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los incendios pueden producir efectos no deseados en las características de los elementos tanto estructurales como no estructurales de las edificaciones de concreto armado, ya que se ven afectadas sus principales características físico-mecánicas bajo la acción de las elevadas temperaturas. De acuerdo a Vidaud (2011) “Por lo general, las construcciones se proyectan y construyen de modo tal que en caso de producirse un incendio, la capacidad resistente de la estructura se mantiene durante un periodo de tiempo determinado.”

Las teorías de diseño de estructuras de concreto se fundamentan entre sus hipótesis en la adherencia existente del acero de refuerzo y el concreto que lo rodea; sin embargo esto puede verse afectado durante la exposición al fuego así como otros aspectos importantes que puedan comprometer el buen desempeño estructural, tales como modificación de las características mecánicas del concreto y el acero, pérdida significativa del espesor del recubrimiento del concreto, desarrollo de esfuerzos por deformaciones impuestas y por diferenciales térmicos, destrucción de juntas y sellados, entre otros.

Dentro de las estructuras de concreto uno de los elementos más vulnerables durante la ocurrencia de un incendio lo constituyen las losas, particularmente las nervadas. En este tipo de losas el volumen de concreto es menor que en otro tipo de

losas, por lo que existe menos aislamiento ignífugo y por consiguiente mayor riesgo de afectación al acero de refuerzo, el cual puede verse afectado si no se cumplen los requerimientos mínimos de recubrimiento de concreto, o si se genera el desprendimiento del mismo durante el incendio.

La característica principal del acero de refuerzo la constituye la resistencia a la tracción, siendo de suma importancia estudiar su comportamiento bajo cualquier tipo de acción que pudiera afectarla. En este trabajo se plantea evaluar la resistencia a tracción de probetas de acero de refuerzo de losa nervada tradicional, con diferentes valores de recubrimiento al ser expuestas al fuego, simulando un incendio real.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

De acuerdo a lo anteriormente planteado cabe formularse la siguiente interrogante.

Que influencia tiene el espesor del recubrimiento de concreto como protección del acero de refuerzo para losas en un incendio?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Objetivo General.

Evaluar la incidencia del fuego en la resistencia a tracción del acero de refuerzo en losas nervadas.

Objetivos Específicos.

Identificar las variables a evaluar.

Determinar la resistencia a tracción de probetas de acero de refuerzo

Ensayar a tracción probetas de acero de refuerzo luego de ser sometidas al fuego.

Comparar los resultados obtenidos en los ensayos.

JUSTIFICACIÓN.

Una de las acciones que puede traer consecuencias perjudiciales en el desempeño estructural lo constituye la exposición al fuego. Si bien es cierto que el concreto actúa como protector del acero de refuerzo, bajo determinadas condiciones se pueden producir micro grietas que se convierten en una vía para que las llamas producidas en el incendio alcancen al acero, afectando su resistencia a la tracción y en consecuencia el desempeño estructural del elemento, por lo que es determinante que se mantengan las condiciones óptimas del recubrimiento para evitar este tipo de falla. Las normas sobre diseño y detallado del acero de refuerzo establecen valores mínimos para el espesor del recubrimiento en elementos de concreto armado, que en el caso de losas protegidas de ambiente común de 3cm, lo que constituye un valor menor al utilizado en otros elementos como columnas y vigas.

En las losas nervadas la sección de la loseta y de los nervios genera mayor vulnerabilidad ante diversos tipos de acciones externas como es el caso del fuego, sobre todo si no se cumple con los valores mínimos de recubrimiento.

En este trabajo se evaluará la incidencia del fuego sobre la resistencia a tracción del acero de refuerzo en losas nervadas, variando el espesor del recubrimiento.

Desde el punto de vista técnico los resultados obtenidos en esta investigación pueden servir de referencia a profesionales interesados en el tema, sobre todo en informes o estudios de patologías de estructuras que se hayan visto sometidas a incendio.

Académicamente, este trabajo permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, en lo que corresponde al comportamiento del acero de refuerzo en losas nervadas al ser sometidas a acciones extraordinarias, en este caso el fuego; y a su vez puede convertirse en material de consulta para profesores y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil.

Por otro lado el conocimiento del comportamiento del acero de refuerzo en losas sometidas al fuego, permitirá generar acciones para mitigar cualquier falla que pueda generarse en una edificación con este tipo de losas, lo que generaría edificaciones más seguras, siendo esta la principal contribución desde el punto de vista social de esta investigación.

DELIMITACIONES.

Se elaboraran secciones de losa nervada tradicional las cuales se someterán a acción directa del fuego, para luego descubrir el acero de refuerzo y proceder a evaluarlo a tracción.

Las secciones de losa serán expuestas al fuego en uno de los simuladores ubicados en el campo de prueba del Cuartel General de los Bomberos de Valencia, estado Carabobo.

Se evaluara la resistencia a tracción del acero de refuerzo de un solo diámetro correspondiente a un $\varnothing \frac{1}{2}$ " con tres espesores de recubrimiento.

Se trabajara con un solo valor de resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados provenientes específicamente del municipio Urdaneta, sector El Playón, Parroquia Barbacoas ubicada al Sur del estado Aragua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presentan los términos y definiciones relacionados con la investigación, así como las investigaciones o trabajos previos elaborados sobre la problemática planteada, y el marco legal que sustenta la investigación.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación se presentan 3 trabajos de investigación que se tomaron como referencia para el presente trabajo, ordenados por referencia y por año de publicación.

Alvarado, G (2016) **“Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego.”** En ese trabajo se investigó el efecto sobre la resistencia a flexión de un elemento de concreto expuesto al fuego con una resistencia de diseño $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con un esfuerzo de fluencia $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, para lo cual se realizó un diseño, elaboración y curado de especímenes en laboratorio. Las probetas elaboradas se clasificaron en dos tipos: las no expuestas al fuego y las segundas tras haber sido expuestas al fuego a intervalos crecientes de 30 minutos con temperaturas promedio de $(750^\circ\text{C}-1050^\circ\text{C})$, las mismos que atravesaron un proceso de enfriamiento al ambiente de 24 horas previo al ensayo de flexión con cargas a tercios de la luz. De los ensayos realizados se determinó que la resistencia a flexión de cada uno de los elementos disminuyó en función a la temperatura y tiempo de exposición alcanzada, cada espécimen presentó diferentes tipos de patologías tales como: fisuras,

agrietamientos y cambios de color. El principal aporte a esta investigación radica en aspectos teóricos y metodológicos.

Arresis, J. (2011) **“Verificación de las características físicas y propiedades mecánicas de barras de acero para refuerzo, utilizadas en las construcciones de uso comercial y vivienda unifamiliar en el municipio de Mixco”**. En este trabajo se verificó la calidad de las características físicas y propiedades mecánicas de barras de acero para refuerzo utilizadas en construcciones con más 100.00 m² del área urbana en el municipio de Mixco, Guatemala, usadas para residencia o comercio. Con el análisis de 51 muestras en el 91% de las zonas urbanas de Mixco, se determinó que el 75% de las barras de acero ensayadas presentan deficiencias en sus características físicas, siendo éstas: peso unitario, diámetro, perímetro y área, incidiendo en forma negativa en la seguridad estructural de las edificaciones. Contrario a lo anterior, las propiedades mecánicas: esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo y alargamiento del 20%, la mayoría de muestras sí cumplen con lo establecido a las normas. Al considerar tanto las características físicas, como las propiedades mecánicas sólo un 25% de las muestras ensayadas sí cumplió con las normas. Respecto del grado estructural utilizado en el lugar de muestreo se determinó que 80% son del grado 40, el 6% son del grado 60 y 14% están fuera de rango, este último resultado incluye acero comercial o barras de acero que no cumplen con lo normado. Este trabajo sirvió como guía para procedimientos de ensayos aplicados a las barras de acero así como el establecimiento de variables de estudio.

Hernández, N (2010) **en su trabajo denominado “Análisis de la variable resistencia a compresión de un elemento de concreto sometido a fuego”**, evaluó el efecto que tiene el fuego sobre la resistencia a compresión de un elemento, luego de ser expuesto durante cierta cantidad de tiempo, con el objetivo de obtener criterios de diseño para estructuras. El procedimiento consistió en preparar 2 tipos de mezclas, una de resistencia 210 kg/cm² y otra de 250 kg/cm², para las cuales se ensayaron 40

probetas cada una, divididas en 20 para condiciones normales y 20 bajo acción del fuego. De los resultados obtenidos se observó que el fuego influye de manera determinante en la resistencia a compresión, logrando disminuir la resistencia en un 19,98% y 20,67% en las mezclas de 210 kg/cm² y 250 kg/cm² respectivamente. Por consiguiente se concluyó que el concreto sufrió diversas alteraciones en sus propiedades y características cuando es sometido a la acción del fuego: disminución de la resistencia a compresión, cambios de color, agrietamientos y que indiferentemente de la resistencia del concreto, existen efectos negativos, además de que la resistencia se ve afectada por factores como: temperatura, tiempo de exposición y cambios de temperatura. Gracias a esto, se logró proponer un método de ensayo estandarizado para medir la resistencia a compresión de cilindros de concreto luego de haber sido expuestos al fuego. La contribución más resaltante a esta investigación consistió en algunas bases teóricas, que constituyeron un aporte importante para el desarrollo de la misma.

BASES TEORICAS

LOSAS.

Gonzales .O, (2005) define las losas como elementos estructurales cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes en comparación con su peralte. Las acciones principales sobre las losas son cargas normales a su plano, ya que se usan para disponer de superficies útiles horizontales como los pisos de los edificios o las cubiertas de puentes. En ocasiones además de las cargas normales, actúan cargas contenidas en su plano como en el caso de losas inclinadas en la que la carga vertical tiene una componente paralela a la losa, o cuando la losa actúa como un diafragma horizontal que une marcos verticales de distintas rigidez a sujeto a fuerzas horizontales diferentes además las losas separan horizontalmente el espacio vertical

conformando diferentes niveles y constituyen a su vez, el piso de uno de ellos y el techo del otro.

Existen dos tipos de losas estructurales las cuales se pueden clasificar según su proceso constructivo las cuales son: Losas Nervadas y Losas Macizas.

Losa Maciza.

Son elementos estructurales de concreto armado, de sección transversal rectangular llena, de poco espesor y abarcan una superficie considerable del piso.

Sirven para conformar pisos y techos en un edificio y se apoyan en las vigas o pantallas. Pueden tener uno o varios tramos continuos. Tienen la desventaja de ser pesadas y transmiten fácilmente las vibraciones, el ruido y el calor; pero son más fáciles de construir; basta fabricar un encofrado de madera, de superficie plana, distribuir el acero de refuerzo uniformemente en todo el ancho de la losa y vaciar el concreto; en la siguiente figura se observa la sección típica de una losa maciza.

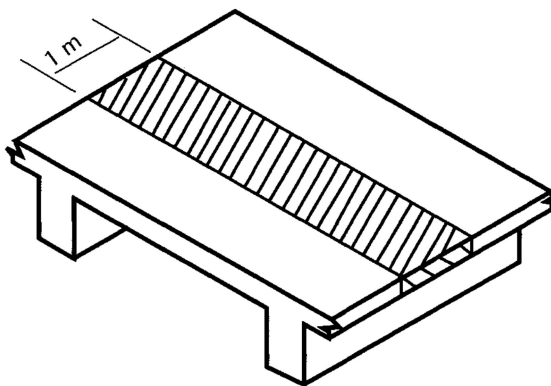


Figura N°1. Losa Maciza- Sección Típica. (Gonzales, 2005)

Las luces de cada tramo se miden perpendicularmente a los apoyos; cuando éstos no sean paralelos, la luz del tramo será variable y se considerará en la dirección que predomina en la placa.

Según sea la forma de apoyo, las losas macizas pueden ser:

- a.) Armadas en un sentido, si la losa se apoya en dos lados opuestos. En este caso el acero principal se colocará perpendicularmente a la dirección de los apoyos.
- b.) Armada en dos sentidos, si se apoya en los cuatro lados. En este caso se colocarán barras principales en los dos sentidos ortogonales. (García Eduardo, 2014).

Losa Nervada.

Las losas nervadas consisten en una combinación monolítica de nervios separados regularmente, armados en una dirección y con una loseta superior, (FONDONORMA 1753:2006)

Por otro lado Merritt. F, (1991) establece que entre sus desventajas se encuentra, no son capaces de resistir grandes cargas, su proceso de armado es más lento y complicado y sus dimensiones están limitadas por las dimensiones de aligerantes que se consiguen en el mercado. Mientras que entre sus ventajas se tiene que son más livianas y más rígidas que las macizas, proporciona acabados más limpios a la estructura además la construcción de este tipo de losa proporciona un aislamiento térmico y acústico.

En la figura N°2 se puede observar la sección típica de una losa nervada.

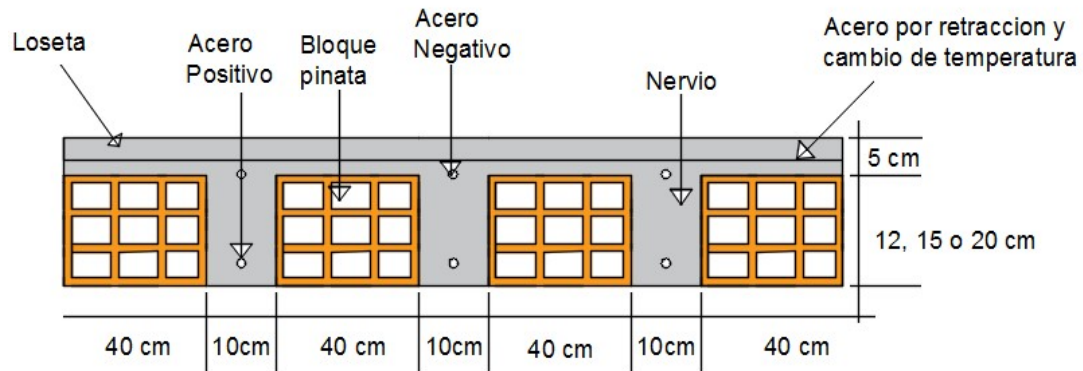


Figura N°2. Losa Nervada Tradicional. (Bespín y Pérez, 2016).

Recubrimiento.

Una de las cosas fundamentales a tener en cuenta al construir estructuras de Concreto Armado es la protección que debe tener la armadura de acero calculada para resistir las cargas. Si estos elementos estructurales quedan expuestos al aire, la humedad, elementos corrosivos o al fuego generado por algún incendio, entonces las secciones de armadura calculada comienzan a disminuir su sección por oxidación continua hasta desaparecer totalmente con el tiempo o dicho elemento estructural puede verse severamente afectado por las altas temperatura que podría llegar adquirid debido a un incendio causando pérdidas graves en sus propiedades físico-mecánicas. Es por ello que es de suma importancia proteger el acero de refuerzo de la intemperie ya que el mismo puede ir perdiendo resistencia hasta llegar al colapso.

En la figura N°3 se puede apreciar el recubrimiento en una losa nervada.

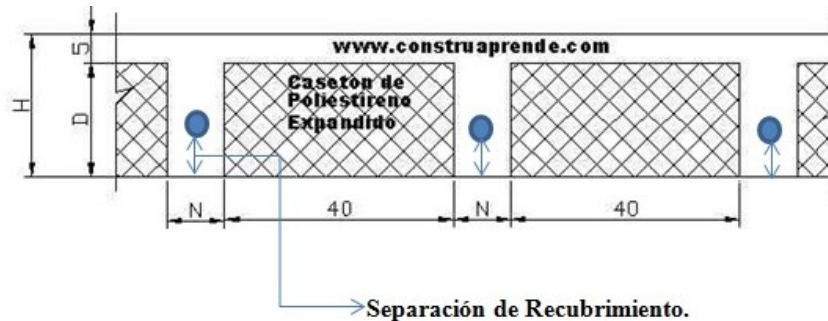


Figura N°3. Sección Típica de Losa Nervada- Recubrimiento. (<http://www.construaprende.com/>, 2016).

CONCRETO.

El concreto es una mezcla de áridos, agua y un material aglomerante, generalmente cemento, en proporciones adecuadas para garantizar características como consistencia y resistencia para cumplir con los requerimientos estructurales y de durabilidad.

El concreto es un material muy frecuente en la construcción ya que tiene la capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión. Sin embargo, no se desempeña bien ante otros tipos de esfuerzos, como la flexión o la tracción. (Pérez & Merino, 2013).

ACERO.

El Acero es una aleación de hierro y carbono, el cual se le da forma en caliente, y pueden tener presentes pequeñas cantidades de otros elementos. Por otra parte Méndez & Morocho, (2014) afirman que

“El acero es uno de los materiales más empleados en la industria de la construcción por todas las características que presenta, además su producción se la hace en una gran variedad de tipos y formas, por ende presenta una gran flexibilidad para su uso. Entre las propiedades que más destacan del acero para su implementación como material estructural se encuentran su alta resistencia, comparada con cualquier otro material disponible, la ductilidad la cual permite deformarse al material ya sea en compresión o tensión antes de fallar, además una gran durabilidad y disponibilidad, requiriendo un tratamiento para su protección contra el medio ambiente al que será expuesto.”

En el Manual para la realización de prácticas de laboratorio en la asignatura “MATERIALES Y ENSAYOS” de la carrera Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Carabobo, Lugo S, (2006) se establece que: El Acero que se emplea en la construcción, es el que se denomina acero al carbono, el mismo se encuentra en diversas formas o tipos:

- a.) El Acero Ordinario está caracterizado por una curva de esfuerzo-deformación con un marcado escalón de relajamiento, para un esfuerzo comprendido entre 2.400 y 3000 Kg/cm².
- b.) El Acero Especial por Composición Química, es aquel cuya mejora en sus características mecánicas se obtiene por un proceso químico y su curva esfuerzo-deformación presenta un escalón de relajamiento muy corto y a veces inapreciable para esfuerzos superiores a 3.600 Kg/cm².
- c.) El Acero Especial por Tratamiento en Frío, es aquel que después de su fabricación se somete a un tratamiento mecánico, con el fin de elevar la resistencia y otras características mecánicas del material de origen, el mismo no presenta escalón de relajamiento.

Diagrama Esfuerzo - Deformación.

Según Merritt. F, (1991). El diagrama de esfuerzo – deformación resulta de la representación gráfica del ensayo de tracción , y que consiste en someter a una probeta de acero normalizado a un esfuerzo creciente de tracción según su eje hasta la rotura de la misma donde el mismo permite el cálculo de diversas propiedades mecánicas del acero.

En la Figura N°4 se puede observar el grafico esfuerzo-deformación de un material dúctil.

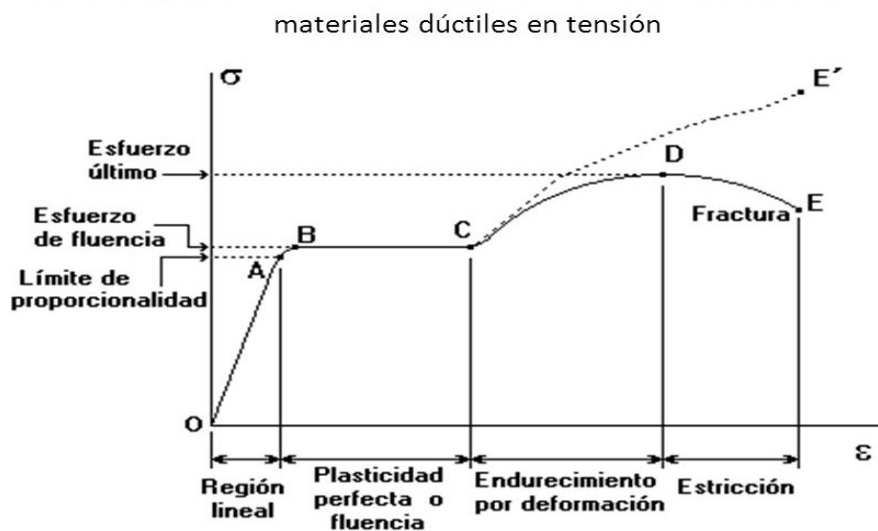


Figura N°4. Diagrama Esfuerzo-Deformación. (<http://www.Slideplayer.es>, 2004).

El ensayo comienza aplicando gradualmente la fuerza de tracción a la probeta, lo cual provoca que el recorrido inicial en la gráfica discorra por la línea recta que une el origen de coordenadas con el punto A.

Hasta llegar al punto A se conserva una proporcionalidad entre la tensión alcanzada y el alargamiento unitario producido en la pieza. Es lo que se conoce como

Ley de Hooke, que relaciona linealmente tensiones con las deformaciones a través del módulo de elasticidad E, constante para cada material que en el caso de los aceros y fundiciones vale aproximadamente $2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$.

Otra particularidad de este tramo es que al cesar la sollicitación sobre la pieza, ésta recupera su longitud inicial. Es decir, se comporta de manera elástica, y el punto A se denomina Límite de Proporcionalidad.

Pasado el punto A y hasta llegar al punto B, los alargamiento producidos incluso crecen de manera más rápida con la tensión, y se cumple que al cesar la carga, la pieza recupera de nuevo su geometría inicial, es decir, se sigue comportando elásticamente. El punto B marca el límite a este comportamiento, y por ello al punto B se le denomina Límite Elástico. Traspasado el punto B el material pasa a comportarse de manera plástica, es decir, que no recupera su longitud inicial, quedando una deformación remanente al cesar la carga. De esta manera, el proceso de descarga se realiza siguiendo la trayectoria según la línea punteada mostrada del diagrama tensión-deformación, que como se ve, corta al eje de deformaciones, $\Delta L/L_0$, a una cierta distancia del origen, que se corresponde con la deformación remanente que queda. Concretamente, el punto B o Límite Elástico es aquel que le corresponde una deformación remanente del 0.2%.

Si se sigue aplicando carga se llega al punto identificado en la gráfica como C, donde a partir de aquí y hasta el punto D, las deformaciones crecen de manera rápida mientras que la carga fluctúa entre dos valores, llamados límites de fluencia, superior e inferior. Este nuevo estadio, denominado de fluencia, es característico exclusivamente de los aceros dúctiles, no apareciendo en los aceros endurecidos.

Más allá del punto de fluencia D es necesario seguir aplicando un aumento de la carga para conseguir un pronunciado aumento del alargamiento. Entramos ya en la

zona de las grandes deformaciones plásticas hasta alcanzar el punto F, donde la carga alcanza su valor máximo, lo que dividida por el área inicial de la probeta proporciona la tensión máxima de rotura o resistencia a la tracción.

A partir del punto E tiene lugar el fenómeno de estricción de la probeta, consistente en una reducción de la sección en la zona de la rotura, y el responsable del periodo de bajada del diagrama, dado que al reducirse el valor de la sección real, el valor de la carga aplicado a partir del punto E también se va reduciendo hasta alcanzar el punto F de rotura.

Propiedades Mecánicas del Acero.

Ruiz, O (2002) presenta las propiedades mecánicas del acero, ya que estas son de gran importancia en el comportamiento de un miembro estructural, entre las mismas se tiene:

- a.) Resistencia: Es la oposición al cambio de forma y a las fuerzas externas que pueden presentarse como cargas, se conocen como resistencia a tracción, a compresión, cizallamiento, flexión y torsión.
- b.) Elasticidad: Corresponde a la capacidad de un cuerpo para recobrar la forma al dejar de actuar la fuerza que lo ha deformado.
- c.) Plasticidad: Es la capacidad de deformación de un metal sin que llegue a romperse, si la deformación se produce por alargamiento se llama ductilidad y por compresión maleabilidad.

- d.) Fragilidad: Es la propiedad que expresa falta de plasticidad y por lo tanto tenacidad, los metales frágiles se rompen en el límite elástico su rotura se produce cuando sobrepasa la carga del límite elástico.
- e.) Tenacidad: Se define como la resistencia a la rotura por esfuerzos que deforman el metal por lo tanto un metal es tenaz si posee cierta capacidad de dilatación donde la misma se determina como el área bajo la curva del diagrama esfuerzo deformación, véase figura N° 5.

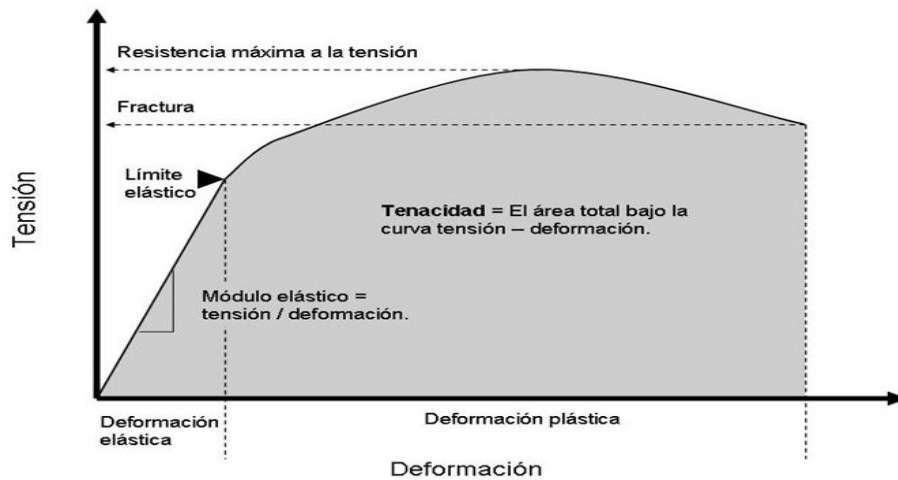


Figura N° 5. Representacion Grafica de la Tenacidad. (Savero, 2014).

- f.) Dureza: Es la propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una fuerza determinada. Existen dos Dureza física y dureza técnica.
- g.) Resiliencia: Es la capacidad que presentan los materiales para absorber energía por unidad de volumen en la zona elástica donde el módulo de resiliencia corresponde a la energía de deformación por unidad de volumen, requerida para llevar el material desde una tensión cero hasta el límite

elástico. En la figura N° 6 se puede observar el grafico esfuerzo deformación de un acero dúctil donde el área sombreada bajo la curva representa el módulo de resiliencia del mismo.

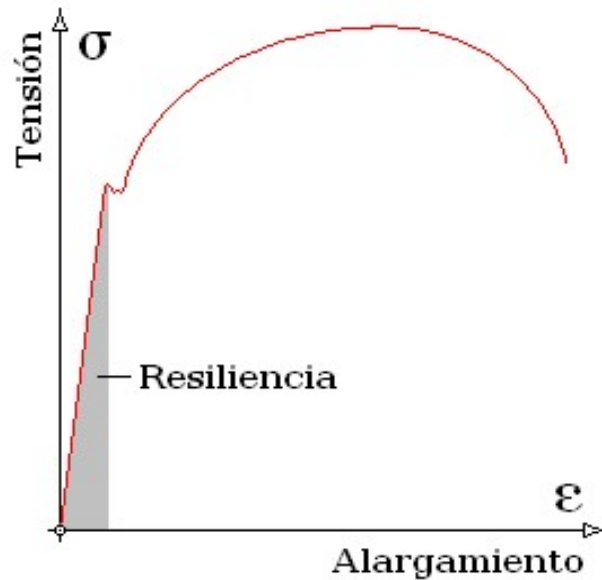


Figura N° 6. Grafico Modulo de Resiliencia. (<http://www.Enciclopedia libre, 2005>).

- h.) Ductilidad: Es la capacidad que tienen los materiales para sufrir deformaciones a tracción relativamente alta, hasta llegar al punto de fractura.
- i.) Maleabilidad: Es la capacidad que presenta el acero de soportar la deformación, sin romperse, al ser sometido a un esfuerzo de compresión.
- j.) Fatiga: Cuando un elemento estructural se somete a cargas cíclicas, este puede fallar debido a las grietas que se forman y propagan, en especial cuando se presentan inversiones de esfuerzos, esto es conocido como falla por fatiga, que puede ocurrir con esfuerzos menores a la carga de deformación remanente.

EL FUEGO.

Es una chispa que es formada por el conjunto de partículas o moléculas incandescentes de materia combustible, capaces de emitir luz visible, producto de una reacción química de oxidación violenta. Las llamas son las partes del fuego que emiten luz visible, mientras que el humo son físicamente las mismas pero que ya no la emiten. El fuego se produce cuando se encuentran tres elementos: el combustible, el oxígeno del aire y la chispa, es capaz de producir incendios que ponen en riesgo la seguridad de las personas como también de la estructura que los alberga y alrededores, generando consecuencias catastróficas que dan como resultado la pérdida de cuantiosas vidas humanas.

Por otra parte Hernández, N (2010) nos indica que: “Estadísticamente y por estudios realizados a nivel internacional, las temperaturas máximas promedio que se alcanzan en un incendio varían de 1250°C a 1300°C, con un tiempo para alcanzar tales temperaturas relativamente exponencial, es decir, antes de los 60min se llega a los 800°C, destacándose que a los 30min se alcanza un fuego totalmente desarrollado y llamas en combustión viva, lo cual facilita la propagación del mismo”.

Tipos de Fuego.

De acuerdo a Alvarado, G (2016 se pueden establecer los siguientes tipos

- a. Tipo A: Se considera de este tipo a la combustión de elementos sólidos tales como madera papel cartón, los cuales pueden presentar residuos al término del flagelo.

- b. Tipo B: Cuando son producidos por gases, sólidos licuables o cualquier tipo de combustible líquido como gasolina, alcohol etc.
- c. Tipo C: Son aquellos formados por objetos eléctricos ya sean electrodomésticos, cables o interruptores.
- d. Tipo D: Proceden de la combustión de metales con una alta concentración de magnesio, sodio, aluminio.
- e. Tipo K: Cuando el fuego se desarrolla por medio de aceites ya sean de tipo vegetal o animal.).

Incendio.

Un incendio es un fuego de grandes proporciones que se desarrolla sin control, el cual puede presentarse de manera instantánea o gradual, pudiendo provocar daños materiales, interrupción de los procesos de producción, pérdida de vidas humanas y afectación al ambiente.

El crecimiento demográfico, los procesos propios del desarrollo en la industria, el uso cada vez más frecuente de sustancias inflamables peligrosas y la falta de precauciones en su manejo, transporte y almacenamiento son los principales factores que han propiciado un aumento significativo en la magnitud y frecuencia de los incendios, particularmente en las ciudades donde se ubican grandes complejos industriales, comerciales y de servicios.

Comportamiento de materiales usados en construcción frente al fuego.

Según Vega. L (2008) el fuego daña en general, a todos los materiales habitualmente empleados en la construcción. Aquellos que son combustibles se suman a la carga de fuego que configura el contenido del edificio y se consumen a lo largo del incendio. Los que no son combustibles se ven sometidos a un proceso de disminución de su capacidad resistente y de su rigidez, así como a deformaciones impuestas por la elevada temperatura que provoca el fuego. Por otra parte el mismo autor afirma que la resistencia al fuego es una prestación que ofrecen los materiales no combustibles que, además, son capaces de soportar elevadas temperaturas manteniendo un grado de resistencia tal que permite que las estructuras con ellos construidas no colapsen. En la figura N°7 se puede observar como los materiales más habituales empleados para construir las estructuras de las edificaciones se caracterizan por su comportamiento en condiciones de incendio.

	Madera	Acero	Hormigón
Resistencia al fuego sin protección	Muy baja	Baja	Alta
Combustibilidad	Alta	Ninguna	Ninguna
Contribución a la carga de fuego	Alta	Ninguna	Ninguna
Conductividad del calor	Baja	Muy alta	Muy baja
Incorpora protección frente al fuego	Muy baja	Baja	Alta
Posibilidad de reparación después del fuego	Ninguna	Baja	Alta
Protección para los usuarios durante la evacuación y los bomberos	Baja	Baja	Alta

Figura N°7. Comportamiento de materiales ante el fuego. (Plataforma Europea del hormigón, 2007).

Concreto expuesto al fuego.

Alvarado, G (2016) expone que “El concreto posee buenas características ante la exposición al fuego que impiden la propagación del calor a través de él, pese a ello dicho material tras el aumento de su temperatura presenta múltiples tipologías físicas tales como: fisuración superficial, presencia de cal y disgregación del material”, también afirma que “adicionalmente el comportamiento mecánico del concreto se ve afectado de manera considerable y se relaciona directamente al tiempo de exposición y la temperatura en la cual se produjo el flagelo”.

En el mismo orden de ideas el autor asevera “Un factor importante en la determinación de su comportamiento ante un incendio son el tipo de material pétreos que se utilizaron, tanto el grueso como el fino influye de forma notable en los cambios que presenta el material después de un fenómeno de combustión”.

Tipos de Fallas del concreto estructural frente al fuego.

En una investigación de Castillo. E, (2006) explica los tipos de fallos que son presentados durante una eventualidad de fuego, las cuales son:

- a.) Fallo a flexión: Generalmente ocurre cuando los refuerzos fallan mientras la fuerza a tracción del acero se reduce durante el calentamiento.
- b.) Fallo de enlace: Cuando el calor reduce la fuerza de enlace entre el acero y el concreto. Suele estar relacionado con las fallas a flexión del hormigón.
- c.) Fallo por cortante: Esta influenciado por la fuerza a flexión del hormigón el cual es complicado de determinar de acuerdo a las experiencias experimentales.

- d.) Fallo a compresión: Debido al fallo del concreto en el área de compresión mientras su fuerza disminuye con el calentamiento.

Acero de refuerzo expuesto al fuego.

Al exponerse estructuras al fuego durante intervalos de tiempo considerable su temperatura interior va aumentando paulatinamente que según Alvarado, G (2016) afirma que “este es el caso del concreto que presenta fisuras en primera instancia, en las cuales el recubrimiento del elemento va perdiéndose de acuerdo al grado de exposición, ocasionando un contacto directo del acero de refuerzo con el fuego.”

El mismo autor expone que “Dichos materiales presentan coeficientes de dilatación similares que fluctúan entre 1 y 16 millonésimas por grado centígrado pese a esto la temperatura del acero será la misma a la que el incendio esté desarrollándose mientras que el concreto tardará mayor tiempo en adquirir dicha temperatura.”

Un ejemplo claro del comportamiento del acero en un elemento expuesto al fuego es una viga, puesto que en la zona inferior hay una constante variación de temperatura a diferencia de su parte superior, dicho comportamiento afecta de manera significativa a la estructura y en el caso de vigas isostáticas que no permiten una redistribución de esfuerzos hacia los apoyos estas se verán gravemente afectadas aumentando las posibilidades de un colapso.

Uno de los fenómenos internos que aquejan a todo tipo de elementos estructurales en un incendio se denomina spalling el cual se basa en la explosión interna del vapor existente en el concreto, además la pérdida de cohesión entre los

agregados facilita la penetración del fuego disminuyendo así la adherencia acero-hormigón.

Una vez expuesto el acero de refuerzo su comportamiento está en función de la temperatura a la cual se encuentre expuesto el material, varias investigaciones han demostrado que el acero presenta una disminución de su resistencia a la fluencia cuando este excede los 400 grados centígrados, sin embargo, se ha podido observar pequeñas variaciones en su módulo de elasticidad y límite de proporcionalidad una vez alcanzado los 100 grados centígrados.

Por otro lado Vega, L & Buron, M en un artículo publicado de la “Seguridad frente al fuego de las estructuras de hormigón” define los tiempos de exposición y temperaturas alcanzadas tanto en el acero como en el concreto en la siguiente tabla.

Tabla N°1. Tiempos y temperaturas alcanzadas según el espesor de recubrimiento

Tiempo t (minutos)	Temperatura alcanzada (° C)			
	En el incendio	En el acero estructural sin protección	En la armadura con un recubrimiento r (mm)	
			r = 30	r = 45
30	815	815	205	140
60	925	925	370	270
90	990	990	490	350
120	1030	1030	570	425
150	1070	1070	620	490
180	1100	1100	660	510

Fuente. Plataforma Europea del hormigón (2007).

Además en la tabla N° 2 el mismo autor indica la pérdida de resistencia en la armadura de acero para diferentes temperaturas alcanzadas en el elemento.

Tabla N°2. Pérdida de resistencia en el acero y concreto según la temperatura

Temperatura (° C)	Pérdida de resistencia (%)	
T (° C)	Acero armadura	Hormigón
20	0	0
400	15	15
500	30	30
600	60	40
700	85	60

Fuente. Plataforma Europea del hormigón (2007).

MARCO NORMATIVO LEGAL.

La investigación se basó en lo establecido en las siguientes normas venezolanas

- COVENIN 316-2000 BARRAS Y ROLLOS DE ACERO CON RESALTE PARA REFUERZO ESTRUCTURAL.
- COVENIN 299-89. MATERIALES METÁLICOS ENSAYO DE TRACCIÓN
- COVENIN 1618-98 ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICACIONES.
- MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITES
- COVENIN 484-93. Criterio y acciones mínimas para el concreto en edificaciones.
- COVENIN 255-77: Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos.
- COVENIN 268. ASTM C128: Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- COVENIN 338-2002, Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.
- COVENIN 277-2002: Concreto. Agregados. Requisito.
- COVENIN 269. ASTM C127. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

En el siguiente capítulo se especifican las actividades procedimientos y herramientas usadas para desarrollar los objetivos planteados en este trabajo, y lograr obtener resultados precisos en cuanto al comportamiento que pueda tener la resistencia del acero de refuerzo en losas nervadas tradicionales sometidas a la acción del fuego.

Tipo de investigación

Este trabajo posee un nivel de investigación de tipo descriptivo, ya que, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su comportamiento. Tiene como objetivo la descripción de la incidencia del fuego en la resistencia a tracción del acero de refuerzo en las losas nervadas.

Diseño de la investigación

Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p.30)

Dentro de los diseños se puede mencionar el diseño experimental, el cual de acuerdo a lo afirmado por Sabino (2002), “es la que obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y

así poder observarlo, sobre la misma se puede o no usar un grupo de control, con el fin de hacer las comparaciones necesarias para comprobar las hipótesis o rechazarlas según el caso”.

Por esta razón el diseño de investigación empleada en el presente trabajo, fue experimental, porque se manipulan dos tipos de variables como es la exposición y el recubrimiento para indagar sobre el comportamiento que pueda presentar el material.

Población y Muestra

Por tratarse de un trabajo de tipo experimental, en el cual el universo no puede cuantificarse, solo se puede definir el tamaño de la muestra, que en este caso fue del tipo 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 nueve modelos de losas nervadas, cada una reforzada con acero longitudinal positivo, las cuales fueron sometidas a la acción del fuego, para luego extraer las probetas de acero de 60cm de longitud que sumadas a tres probetas sin exposición y tres probetas expuestas directamente sin ningún tipo de protección, constituyen la muestra de estudio, es decir quince (15) probetas de acero que fueron evaluadas a tracción pura en el laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo.

Descripción de la metodología

A continuación se presentan las distintas fases y actividades que se van a realizar para cumplir con los objetivos planteados.

Fase I: Identificación de las variables a evaluar.

Como variable principal se estudiara la resistencia a tracción del acero, así como los aspectos relativos a cambios físicos, porcentaje de elongación, estricción, y datos obtenidos del diagrama esfuerzo deformación correspondiente.

Fase II: Determinación de la resistencia a tracción de probetas de acero de refuerzo: En esta etapa se ensayaran las probetas de acero sin ser sometidas al fuego en la máquina de tracción universal, de acuerdo al procedimiento establecido en la norma COVENIN 299-89 MATERIALES METALICOS ENSAYO A TRACCION con el fin de tener un patrón de comportamiento del material a la hora de establecer las comparaciones. Con los datos obtenidos se elaboran las gráficas esfuerzo deformación, como la que se muestra en la figura.

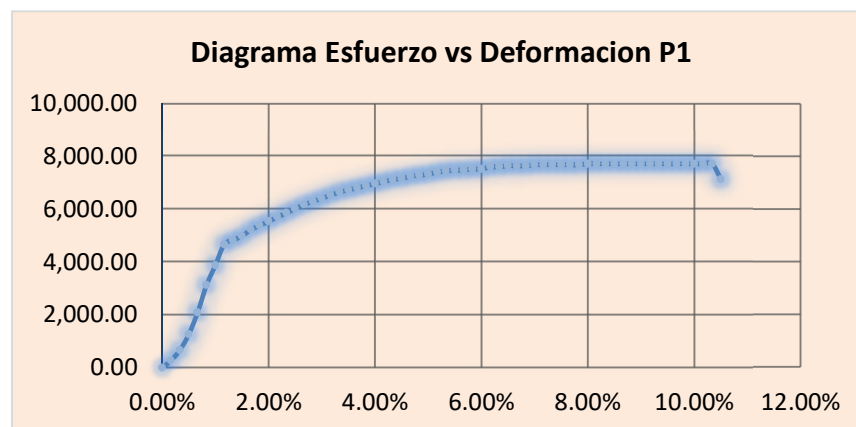


Figura N° 8. Diagrama esfuerzo-deformación obtenido de ensayo a tracción de barras de acero. (Bespín y Pérez, 2016).

Fase III: Ensayo a tracción de probetas de acero de refuerzo luego de ser sometidas al fuego: En esta fase luego de realizar los modelos de losas nervadas tradicionales y exponerlas al fuego se procederá a descubrir el acero de refuerzo, el cual se ensayara posteriormente en la máquina de tracción universal, siguiendo el mismo procedimiento realizado en la fase anterior. Igualmente se colocaron 3 probetas directamente al fuego sin ningún tipo de protección para establecer comparación de comportamiento.

Fase IV: Comparar los resultados obtenidos de los ensayos: Luego de realizar las dos fases previas se determinaran los posibles cambios en las propiedades del material y principalmente su resistencia a tracción, dicha comparación se presentara a través de tablas y gráficos.

Procedimiento experimental

Construcción de los modelos.

Para simular de una mejor manera las losas nervadas, se construyeron modelos que asemeja la franja de diseño de este tipo de elementos, (ver figura N° 9), utilizando para tal fin encofrado de madera, bloque de arcilla y cabilla estriada. Por otro lado se colocaron láminas de anime para facilitar la separación entre franjas, una vez fraguado el concreto.



Figura N°9. Construcción de modelos de losas nervadas. (Bespín y Pérez, 2016)

Vaciado.

Una vez colocados los bloques y el acero de refuerzo correspondiente con separadores que garantizaran el espesor de recubrimiento definido, elaborados por morteros de yeso (ver figura N° 10), posteriormente se procedió a vaciar la mezcla de concreto, enrasando a una altura predeterminada de cinco centímetros de espesor de loseta. Se desencofraron los laterales luego de 24 horas, manteniéndolas en un lugar protegidas de la intemperie, hasta cumplir la edad de 28 días de vaciado.



Figura N° 10. Separadores de recubrimiento. (Bespín y Pérez, 2016).

Selección de tiempo de exposición

A la edad de 28 días, se procedió a realizar los ensayos en el Campo de Prueba de la Estación Central del Cuerpo de Bomberos de Valencia. El ensayo consistió en la exposición de los modelos de losa a fuego directo, por un lapso de tiempo de 60 minutos para cada ensayo, este tiempo fue seleccionado de acuerdo a lo establecido en el documento Seguridad frente al fuego de estructuras de hormigón de Vega y Buron. En primer lugar como se observa en la Tabla N° 1, presentada en el marco teórico, para 60 minutos la temperatura alcanzada para un recubrimiento de 3 cms se estima en 370°C.

Mientras que en la Tabla N° 2 de igual forma presentada en el marco teórico, para temperatura de 400°C se estima en 15% la pérdida de resistencia del acero.

Con estos valores y en vista de que se elaboraron losas con recubrimiento de 1 cm se infiere que las temperaturas que se pueden alcanzar para un tiempo de 60 minutos, pueden influir en la resistencia del acero de refuerzo.

Ensayo de exposición al fuego.

Una vez separada cada franja de losa, se procedió a colocarla sobre apoyos de concreto, simulando un elemento simplemente apoyado, colocado a un lateral del simulador, cerca de la boca de salida del gas, como se muestra en la figura N° 10.

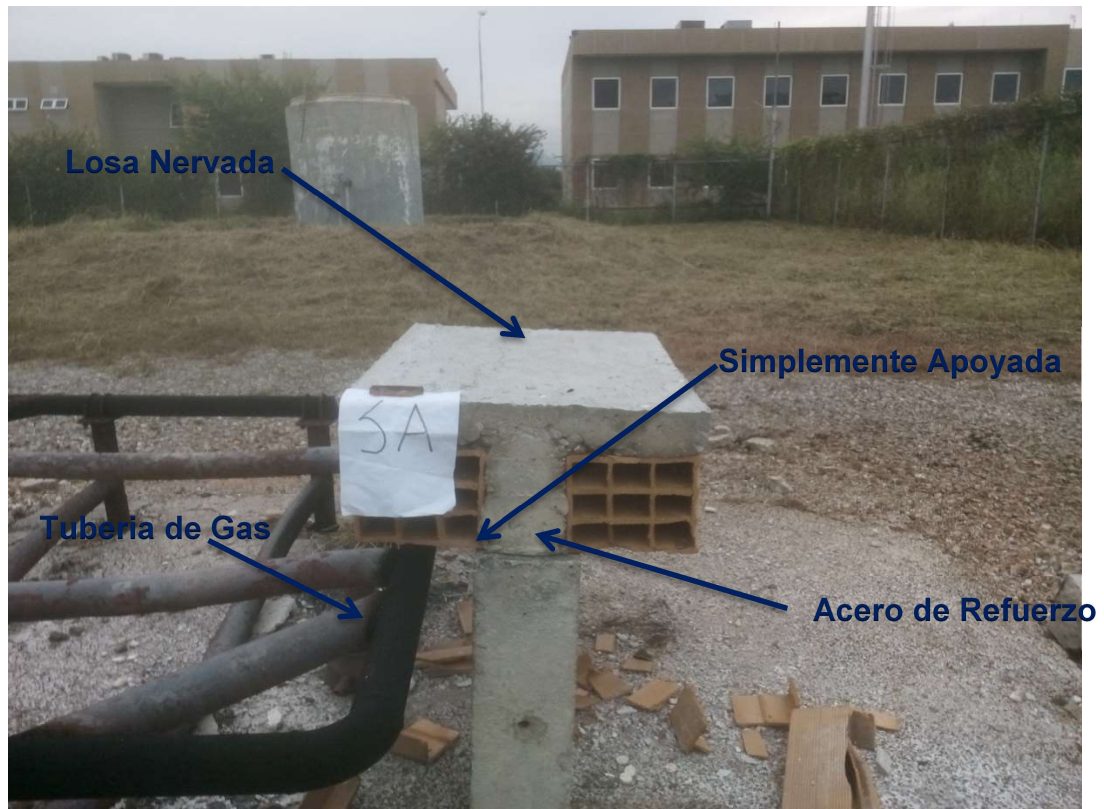


Figura N° 11. Colocación de modelo sobre apoyos. (Bespín y Pérez, 2016).

Se utilizó una presión de treinta (30) psi, para luego inducir la llama haciendo uso de una chispa externa, posterior a la creación de la llama se tomó el tiempo establecido mediante la utilización de un cronómetro. Ver figura N° 12.



Figura N° 12. Exposición de losa en Simulador. (Bespín y Pérez, 2016).

Por otro lado para estimar la temperatura alcanzada por el elemento, se utilizó un termómetro digital de láser (ver figura N°13), midiendo temperatura en el concreto antes e inmediatamente después de los 60 minutos de exposición.



Figura N° 13. Termómetro Laser. (Bespín y Pérez, 2016).

Luego de haber realizado cada ensayo, se procedió a la extracción cuidadosa de la cabilla, para luego llevar a cabo el ensayo para determinación de la resistencia a tracción. Este proceso se llevó a cabo de forma manual con cuidado de no golpear el acero durante su extracción, tal como se muestra en la figura N° 14.



Figura N° 14. Extracción de cabilla. (Bespín y Pérez, 2016).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos se definen como, “Las distintas formas o maneras de obtener la información”. (Arias, 1997). Por otro lado, Sabino afirma “Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información”.

La técnica de recolección de datos utilizada fue la observación directa, la cual se llevó a cabo leyendo directamente los valores arrojados por la máquina de tracción

universal durante la realización del ensayo, así como la lectura en el visor del termómetro digital.

Mientras que los instrumentos a utilizar lo constituyen: normas y manuales técnicos, así como las planillas de registro de datos obtenidos que se muestran en las figuras N° 15, 16 y 17 respectivamente.

Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho Nervio (cm)	Altura loseta (cm)
1A					
1B					
1C					
3A					
3B					
3C					
5A					
5B					
5C					

Figura N° 15. Plantilla de Dimensiones (Bespín y Pérez, 2016).

Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)
1A		
1B		
1C		
3A		
3B		
3C		
5A		
5B		
5C		

Figura N° 16. Plantilla de temperatura antes y después de ser sometidas al fuego. (Bespín y Pérez, 2016).

Probeta de Acero		
N° Medicion	Incremento (mm)	Carga (Ton)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Figura N° 17. Plantilla de esfuerzo – deformación. (Bespín y Pérez, 2016).

Análisis de datos.

En este punto se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis, síntesis), o estadísticas (descriptivas o inferenciales), 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 procesarán y agruparán en tablas, para luego construir diversas gráficas y poder establecer las tendencias de las variables estudiadas.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de los ensayos realizados, que incluye la caracterización de los agregados utilizados para la mezcla de concreto así como también los diagramas de esfuerzo - deformación del acero de refuerzo y sus propiedades físico-mecánicas.

Procedencia del material.

Para la presente investigación fueron utilizados agregados provenientes del rio Guárico, específicamente en el municipio Urdaneta, sector El Playón, Parroquia Barbacoas ubicada al Sur del estado Aragua.



Figura N° 18. Lugar de procedencia de los agregados, (Google Earth, 2016).

Caracterización de agregados

Por tratarse de agregados provenientes de un saque, es decir que se consideran conocidos pero no controlados, es necesario llevar a cabo los ensayos de caracterización de los mismos, de manera de verificar sus propiedades y parámetros requeridos para la elaboración del diseño de mezclas.

- Ensayo para determinación de composición granulométrica

A continuación se muestran en primer lugar los resultados obtenidos para la composición granulométrica con su respectiva curva, en primer lugar para el agregado fino y luego para el agregado grueso

Tabla N° 3. Ensayo de Granulometría para arena, correspondiente a lo establecido por la norma COVENIN 277-2000.

Granulometria de material de residuo								Limites normativos % que pasa	
Nro de cedazo	Abertura (mm)	Peso Cedazo (gr)	Peso Cedazo + retenido (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	min	max
#4	4.76	550	645	95	19.00	19.00	81.00	85.00	100.00
#8	2.38	550	640	90	18.00	37.00	63.00	60.00	95.00
#16	1.19	500	565	65	13.00	50.00	50.00	40.00	80.00
#30	0.595	500	600	100	20.00	70.00	30.00	20.00	60.00
#50	0.297	490	545	55	11.00	81.00	19.00	8.00	30.00
#100	0.149	485	545	60	12.00	93.00	7.00	2.00	10.00
ciego	-	500	535	35	7.00	-	-	-	-
			Σ	500		350.00			

Fuente. Bespín y Pérez (2016).

En la siguiente figura se muestra la curva granulométrica correspondiente y los límites máximos y mínimos para agregado fino definido por la respectiva norma.

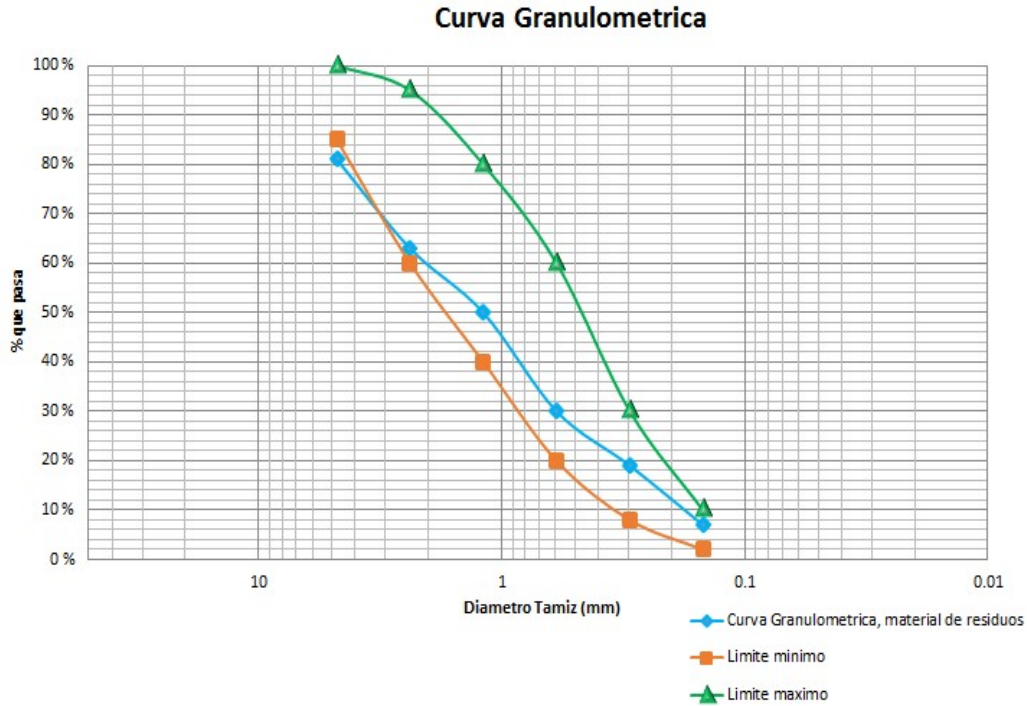


Figura N° 19 . Grafica granulometrica de agregado fino. (Bepin y Perez, 2016).

Puede observarse que el material cumple con los requisitos establecidos en la norma, salvo en el caso del cedazo #4, sin embargo de acuerdo a los resultados puede aceptarse dicha arena.

Es importante señalar que en el caso del agregado grueso se llevó a cabo un primer cernido, en el cual se obtuvo un porcentaje muy alto de finos, por lo que se decidió proceder con el lavado de la muestra.

Tabla N° 4. Ensayo de Granulometría para piedra, correspondiente a lo establecido por la norma COVENIN 277-2000.

Granulometria del agregado grueso								Límites normativos % que pasa	
Nro de cedazo	Abertura (mm)	Peso Cedazo (gr)	Peso Cedazo + retenido (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	min	max
1 1/2"	38.1	4265	4640	375	3.76	3.76	96.24	100.00	100.00
1"	25.4	4140	6105	1965	19.68	23.44	76.56	90.00	100.00
3/4"	19.05	4475	5990	1515	15.17	38.61	61.39	50.00	90.00
1/2"	12.7	4220	6660	2440	24.44	63.04	36.96	15.00	45.00
3/8"	9.525	4135	5685	1550	15.52	78.57	21.43	0.00	20.00
ciego	-	3140	5280	2140	21.43	100.00	0.00		
				Σ	9985	100.00			

Fuente. Bespín y Pérez (2016).

En la siguiente figura se puede observar la gráfica granulométrica y los límites máximos y mínimos para agregado grueso definido por la respectiva norma.

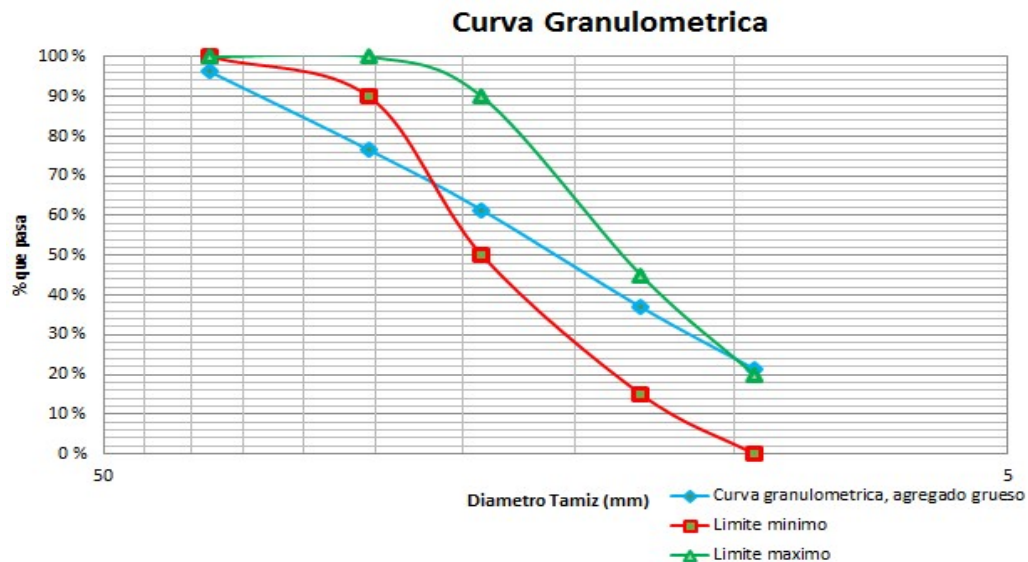


Figura N° 20 . Grafica granulometrica de agregado Grueso. (Bespín y Perez, 2016).

Se aprecia que en el caso de los cedazos 1 1/2' y 1'' el agregado no cumple con los valores establecidos, sin embargo en vista de que es el único material existente en la zona se decidió emplearlo para el diseño de mezcla.

En la tabla N° 5 se muestran los resultados de los ensayos de caracterización realizados a los agregados.

Tabla N° 5. Resultados de ensayos de los agregados utilizados.

Agregado Finos	
Ensayos	Resultados
Peso Unitario Suelto	1715,75 kg/m ³
Peso Unitario Compacto	1812,88 kg/m ³
Peso Especifico	2,45gr/dm ³
Pasa 200	5%
Terrones de Arcilla	0%
Agregado Grueso	
Ensayos	Resultados
Peso Unitario Suelto	1635,25kg/m ³
Peso Unitario Compacto	1724,39kg/m ³
Peso Especifico	2,61gr/dm ³

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

Cemento.

El cemento utilizado para la elaboración del diseño de mezcla fue cemento Maestro Portland Tipo CPCA2 En sacos de la Marca INVENCEN Industria Venezolana de Cemento.

Dosificación del concreto.

Una vez realizados los ensayos se procedió a elaborar el diseño de mezcla de acuerdo al Método de Porrero y Grases. La resistencia de diseño establecida fue de 250kg/cm² y una trabajabilidad de 5''.

Las proporciones obtenidas para un metro cubico de mezcla de concreto fueron las siguientes:

Agua=184,61kg

Cemento=416,25kg

Piedra=856,16kg

Arena=856,16kg

Características de los especímenes de Losas.

Se realizaron 9 secciones típicas de losas nervadas tradicionales con las siguientes especificaciones.

Altura H= 20 cm

Ancho b= 50 cm

Largo L= 70 cm

Ancho de nervio bw= 10 cm

Acero de Refuerzo Positivo = 1Ø de ½" x 60 cm

$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Se usaron tres valores de espesor de recubrimiento del acero inferior, a saber e= 1cm, 3cm, 5cm, para lo cual se elaboraron 3 losas por cada valor de recubrimiento., identificadas de la siguiente manera: 1 A, 1 B, 1 C; 3 A, 3 B, 3 C; 5 A, 5 B, 5C; en la figura N° 21 se observa la losa modelada.

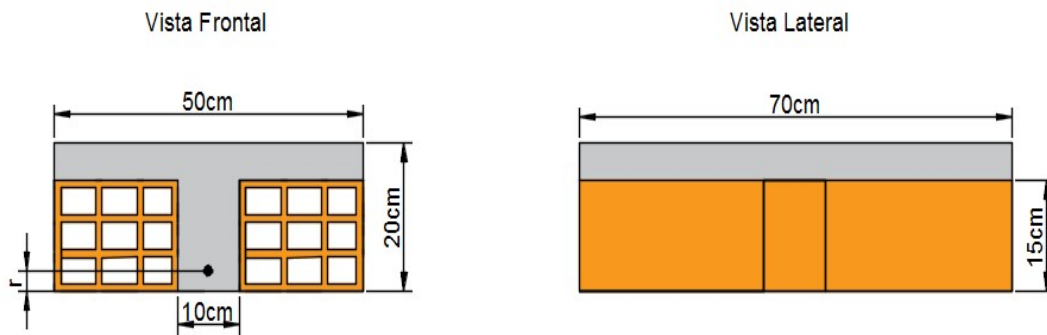


Figura N° 21. Modelo de losa nervada. (Bespín y Pérez, 2016).

En la tabla N° 6 se puede observar las dimensiones reales que presentaron las secciones de losa nervada modeladas.

Tabla N° 6. Dimensiones reales de losas nervadas.

Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho Nervio (cm)	Altura loseta (cm).
1A	49.9	70.3	20.9	12	6.3
			21	12	6.5
1B	49.1	72.1	20.8	10.4	7
			20.6	10.8	6.5
1C	48.6	72	21	10.8	7.1
			21.2	10.5	7.1
3A	49.3	71	21	10	6
			20.6	10.6	5.9
3B	50	71	21	12	6
			20.9	12	5.9
3C	49.8	71.4	21	11.2	6.9
			20.6	10.9	6.4
5A	48.2	71.6	21.6	10	7
			21.4	10.8	6.8
5B	48.5	72	20.5	11	6.6
			20.7	11.2	6.5
5C	48	72.3	21	11.3	6.7
			20.9	11.9	6.6

Fuente. Bespín y Pérez (2016).

Concreto.

En la tabla N° 7 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo para determinación de la resistencia a la compresión del concreto utilizado, para una edad de 28 días.

Tabla N° 7. Resistencia cilíndrica de compresión del concreto.

Probetas	fc' (Kg/cm ²)
P1	232.00
P2	213.70
P3	249.30

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

Según lo especificado por la NORMA MINDUR 1753, la resistencia del concreto no fue satisfactoria debido a que el promedio de los tres resultados consecutivos no igualan ni exceden al f'c especificado. No obstante para los fines de estudio de este trabajo no interfiere en los posibles resultados.

Acero de Refuerzo.

Las barras de acero utilizadas como refuerzo corresponden a la cuantía mínima establecida en la norma para acero longitudinal de este tipo de elemento calculado mediante la siguiente expresión:

$$As_{mín} = \frac{14}{f_y} b_w * d = \frac{14}{4200} * (10\text{cm}) * 17\text{cm} = 0,57 \text{ cm}^2$$

Debido al resultado requiere una barra de acero de 3/8" sin embargo se seleccionó una cabilla de 1/2" de diámetro simulando el acero longitudinal que más se usa en este tipo de losas debido a las cargas.

Esta cabilla es de procedencia de la Republica Dominicana tipo S60 de 1/2", tal como se muestra en la figura N° 22



Figura N° 22 Probeta de Acero. (Bespín y Pérez, 2016).

Estas barras presentan un marcaje y rotulado similar a las barras elaboradas en Venezuela, sin embargo se observa una variación entre las estrías de las mismas, ya que es de tipo helicoidal.

Las probetas de acero fueron sometidas a tracción en la máquina de tracción universal (ver figura N° 23), ubicada en la Universidad de Carabobo – Facultad de Ingeniería bajo la especificación de la norma COVENIN 299-89 MATERIALES METALICOS ENSAYO DE TRACCION; para lo cual se seleccionaron 15 probetas de 60 cm de longitud; 9 de ellas corresponden al refuerzo de las losas mientras que las 6 restantes se ensayaron a tracción con el objetivo de disponerlas como elementos de comparación.



Figura N° 23. Máquina de Tracción Universal. (Bespín y Pérez, 2016).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

A continuación se presentan los resultados correspondientes a los ensayos para la determinación de la resistencia a tracción de las cabillas evaluadas, así como los diagramas esfuerzo-deformación, y los análisis comparativos con lo especificado en la normativa vigente.

La nomenclatura utilizada para la descripción de las probetas es la siguiente:

PA,PB,PC = Probeta de acero sin exposición al fuego

P1A,P1B,P1C = Probeta de acero embutidas en losas de 1 cm de recubrimiento expuestas al fuego.

P3A,P3B,P3C= Probeta de acero embutidas en losas de 3 cm de recubrimiento expuestas al fuego.

P5A,P5B,P5C= Probeta de acero embutidas en losas de 5 cm de recubrimiento.

PAQ,PBQ,PCQ= Probeta de acero sin recubrimiento expuesta directamente al fuego.

Diagramas esfuerzo-deformacion

Probetas de acero de refuerzo sin exposicion al fuego.

Probeta PA.

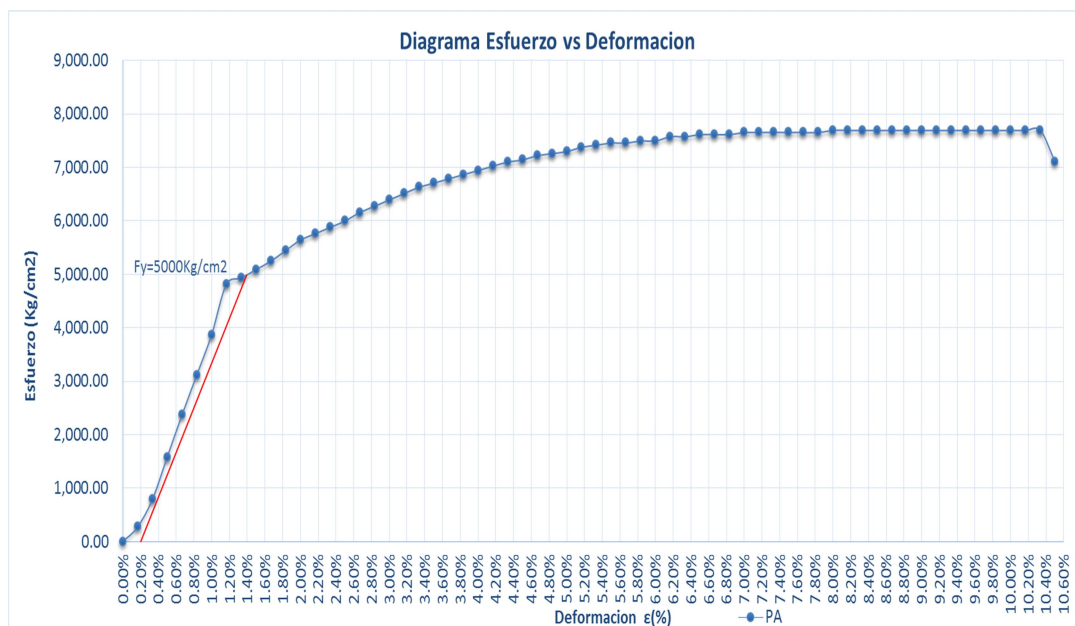


Figura N° 24. Diagrama esfuerzo – deformación probeta PA. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 24, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 7696,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 7104,69 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta PB.

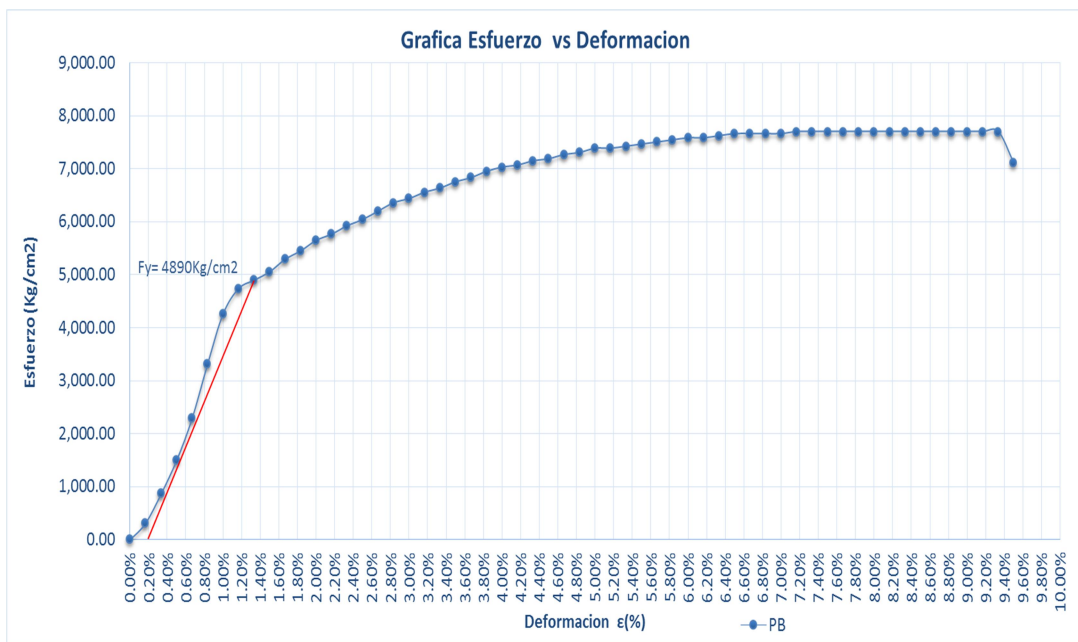


Figura N° 25. Diagrama esfuerzo – deformación probeta PB. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 25, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 4890 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 7696,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 7104,69 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta PC

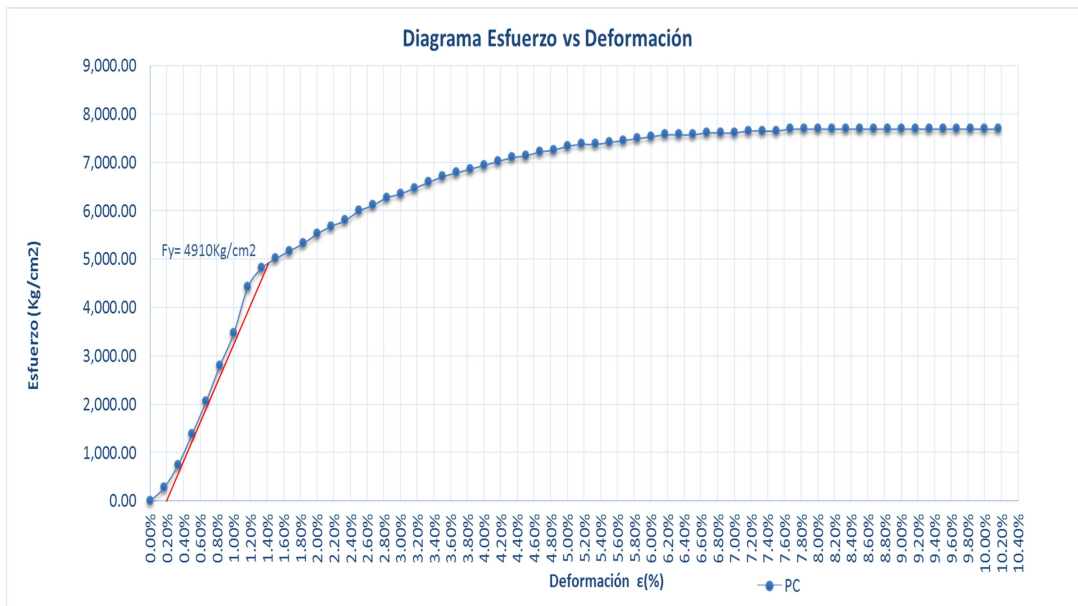


Figura N° 26. Diagrama esfuerzo – deformación probeta PC. (Bespin y Pérez, 2016).

En la figura N° 26, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 4910 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 7696,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 7696,75 \text{ kg/cm}^2$$

Probetas de acero de refuerzo embutidas en losas expuestas al fuego.

Probeta P1A.

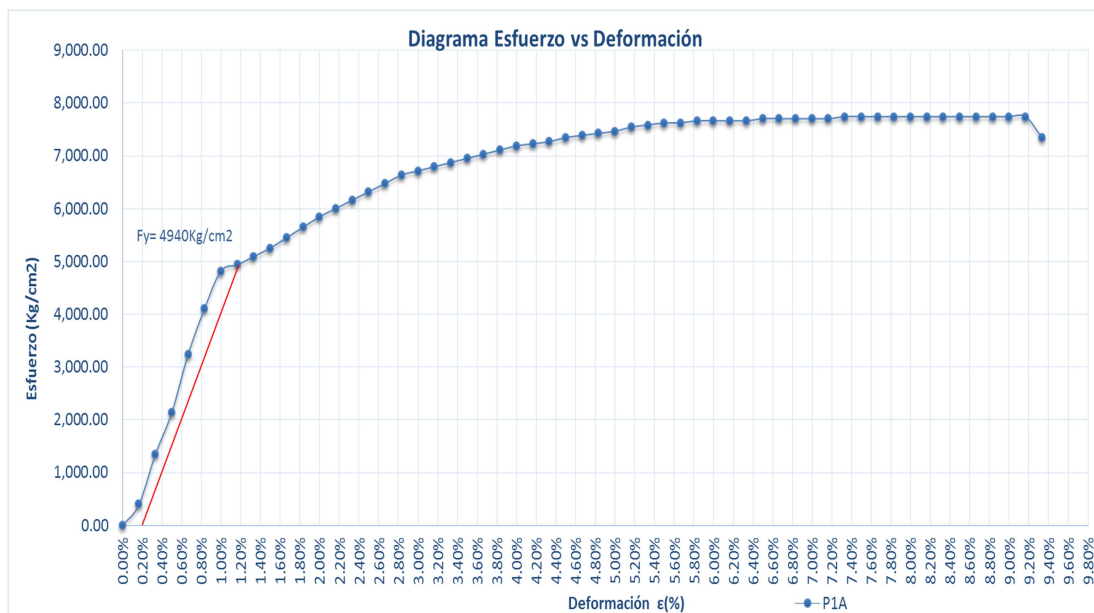


Figura N° 27. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P1A. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 27, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$F_y = 4940 \text{ kg/cm}^2$

$F_{su} = 7736,22 \text{ kg/cm}^2$

$F_r = 7342,51 \text{ kg/cm}^2$

Probeta P1B.

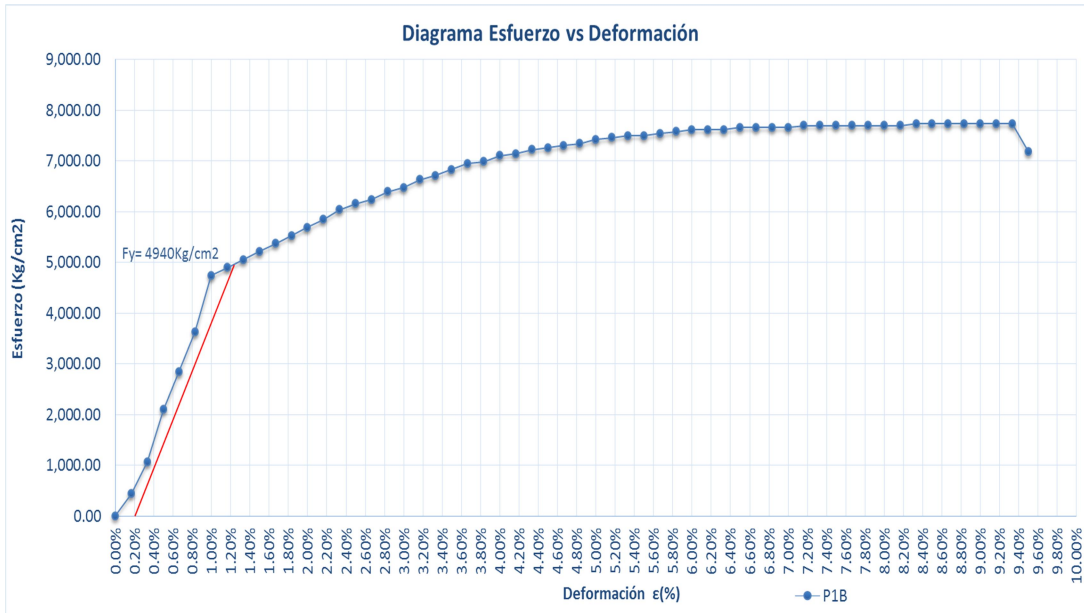


Figura N° 28. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P1B. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 28, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$F_y = 4940 \text{ kg/cm}^2$

$F_{su} = 7736,22 \text{ kg/cm}^2$

$F_r = 7183,63 \text{ kg/cm}^2$

Probeta P1C.

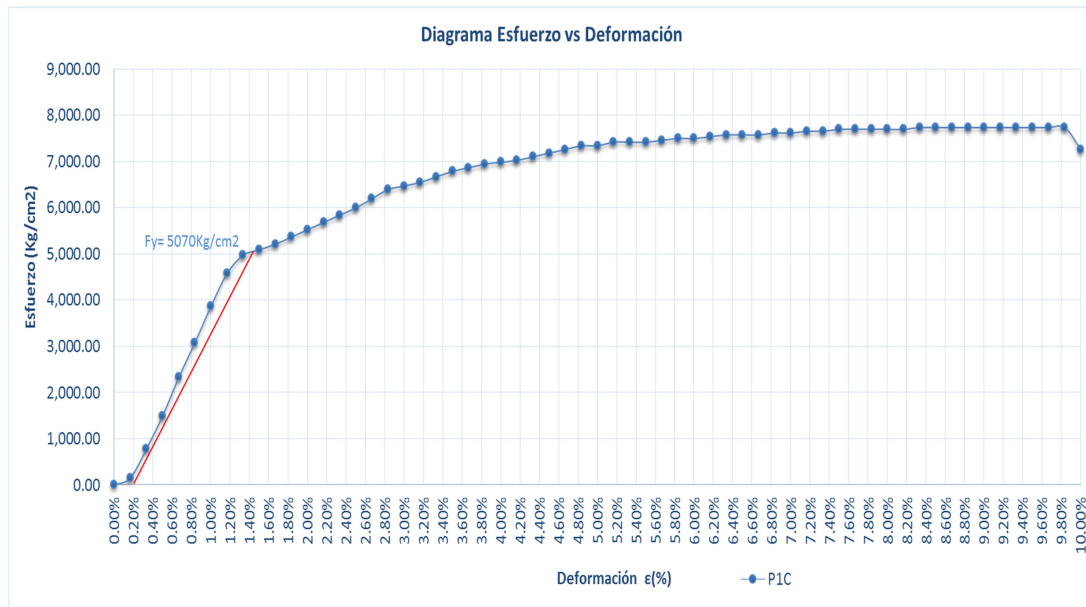


Figura N° 29. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P1C. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 29, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 4880 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 7736,22 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 7262,57 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta P3A.

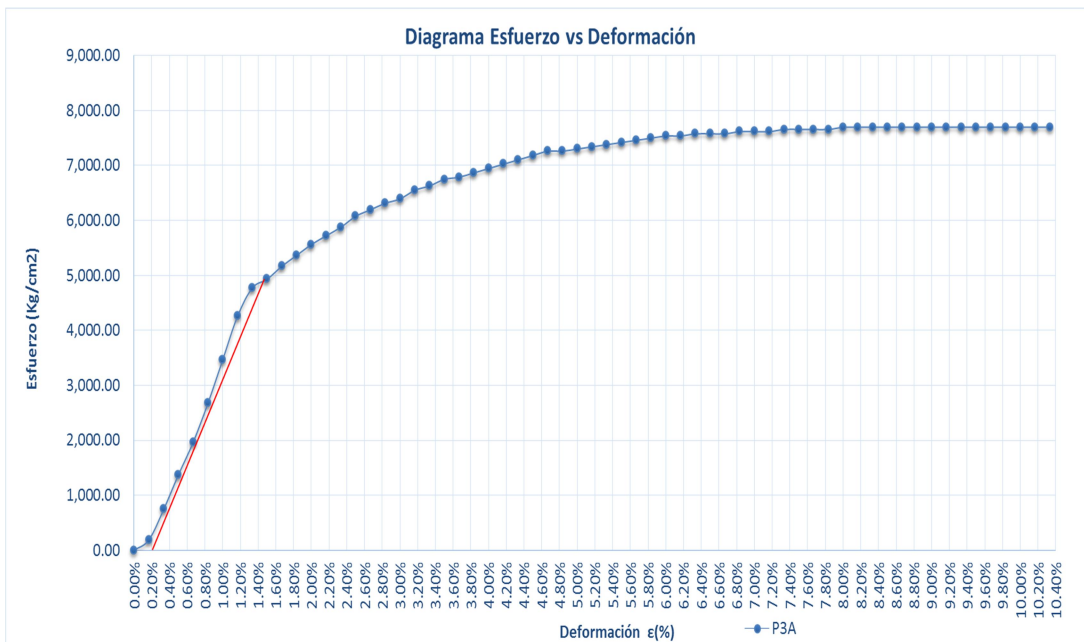


Figura N° 30. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P3A. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 30, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 7696,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 7696,55 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta P3B

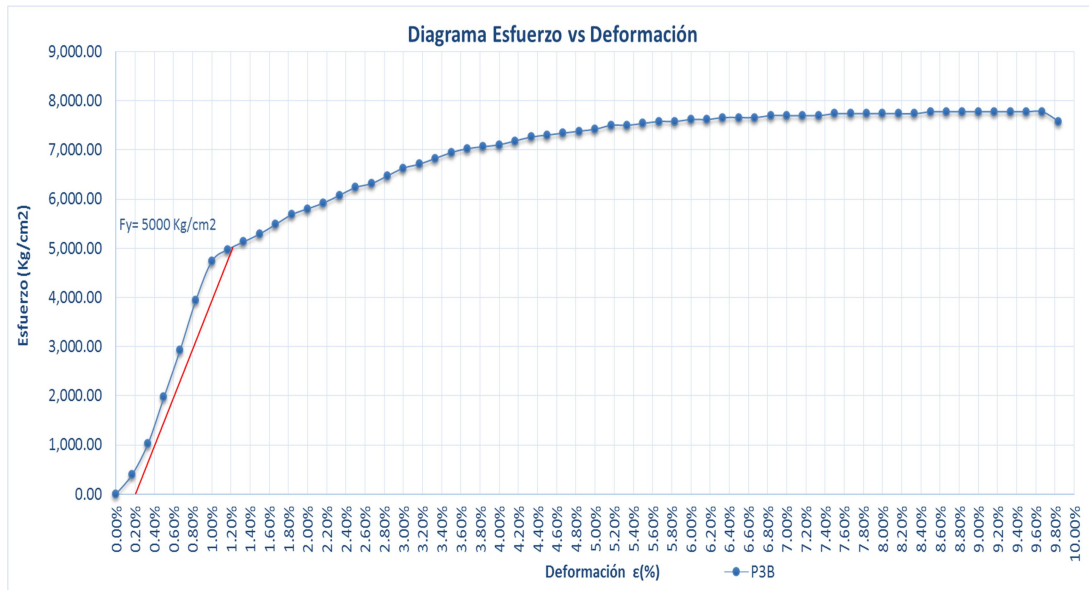


Figura N° 31. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P3B. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 31, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 5340 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 7775,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 7578,34 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta P3C.

En esta probeta se considera nulo su ensayo debido a presentar una rotura en menos de 7 divisiones de una de las mordazas establecido en la norma COVENIN 299-89 MATERIALES METALICOS ENSAYO DE TRACCION.

Probeta P5A.

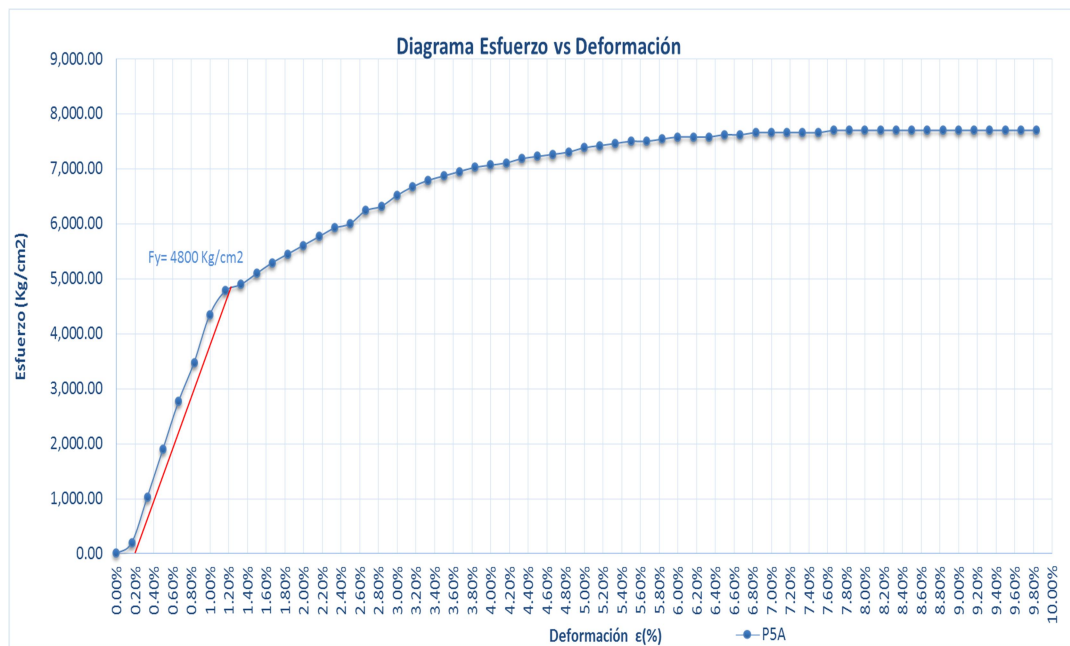


Figura N° 32. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P5A. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 32, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$F_y = 4800 \text{ kg/cm}^2$

$F_{su} = 7696,65 \text{ kg/cm}^2$

$F_r = 7696,65 \text{ kg/cm}^2$

Probeta P5B.

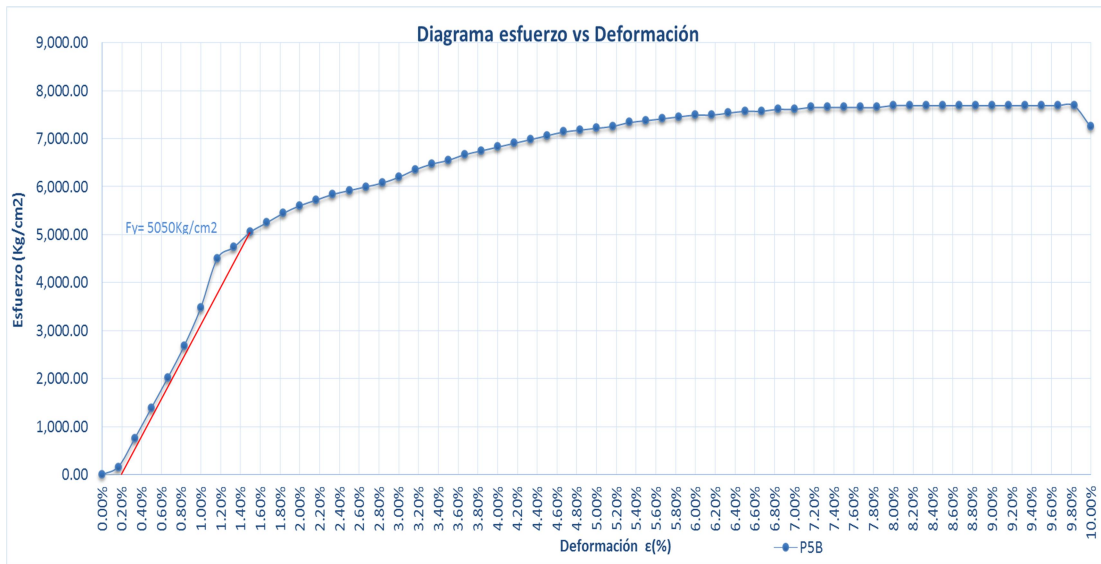


Figura N° 33. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P5B. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 33, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$F_y = 5050 \text{ kg/cm}^2$

$F_{su} = 7696,75 \text{ kg/cm}^2$

$F_r = 7262,57 \text{ kg/cm}^2$

Probe P5C.

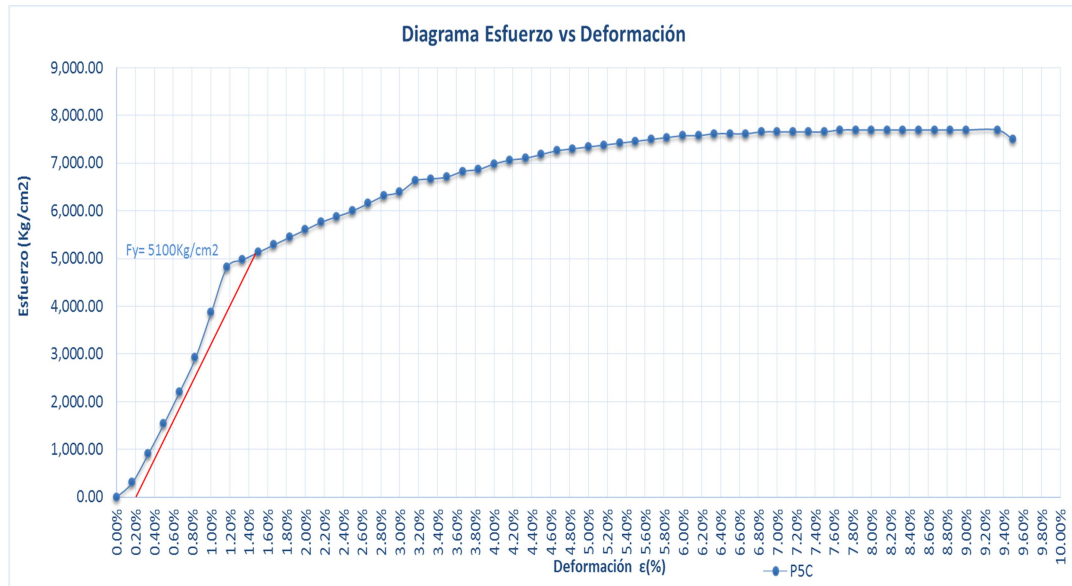


Figura N° 34. Diagrama esfuerzo – deformación probeta P5C. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 34, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$F_y = 5100 \text{ kg/cm}^2$

$F_{su} = 7696,75 \text{ kg/cm}^2$

$F_r = 7499,50 \text{ kg/cm}^2$

Probetas de acero de refuerzo no embutidas en losas expuestas al fuego.

Probeta PAQ.

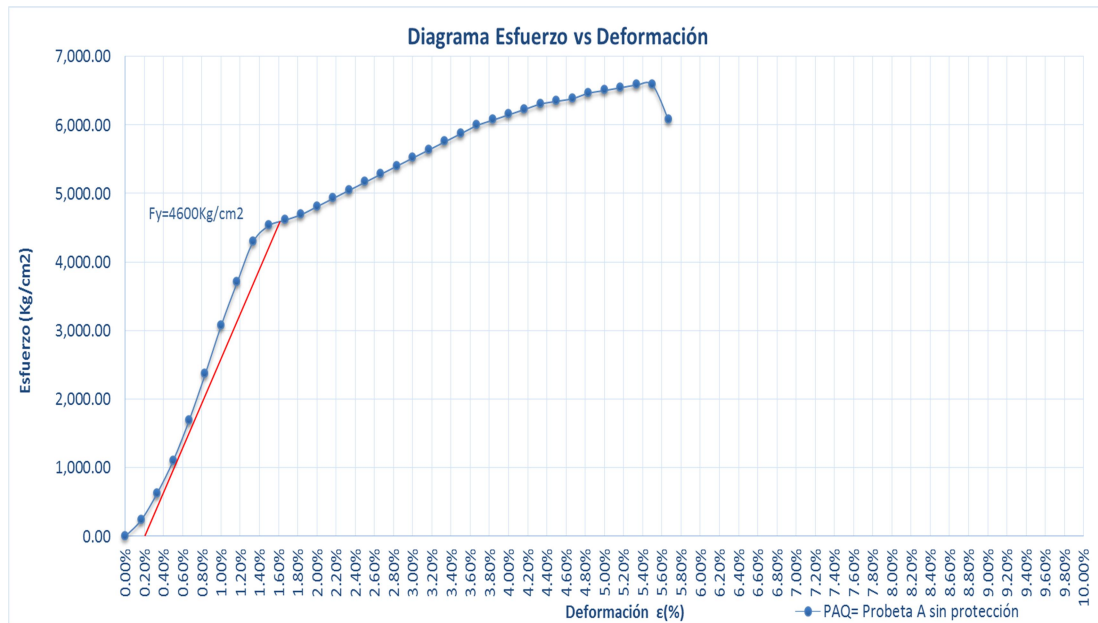


Figura N° 35. Diagrama esfuerzo – deformación probeta PAQ. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 35, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 4600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 6591,57 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 6078,46 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta PBQ

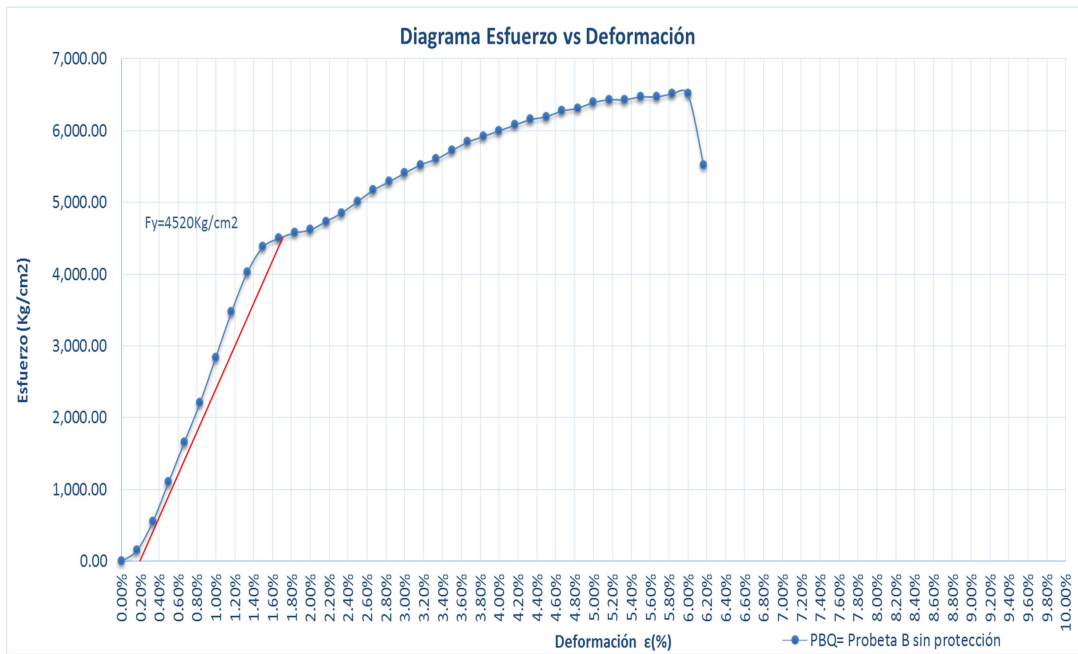


Figura N° 36. Diagrama esfuerzo – deformación probeta PBQ. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 36, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 4520 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 6512,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 5525,87 \text{ kg/cm}^2$$

Probeta PCQ

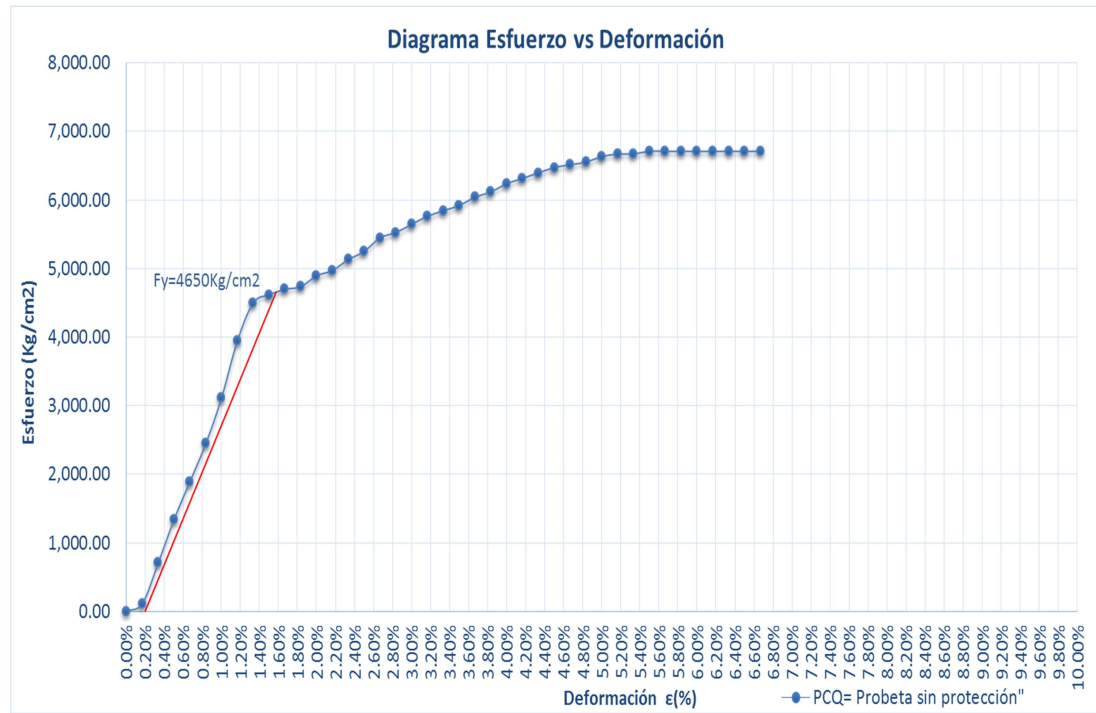


Figura N° 37. Diagrama esfuerzo – deformación probeta PCQ. (Bespín y Pérez, 2016).

En la figura N° 37, se puede observar el diagrama esfuerzo – deformación donde la curva presenta un comportamiento típico de un acero especial sin presentar un escalón de relajamiento con las siguientes características.

$$F_y = 4650 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{su} = 6709,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_r = 6709,99 \text{ kg/cm}^2$$

Finalmente en la siguiente figura se muestra la envolvente de todas las probetas ensayadas.

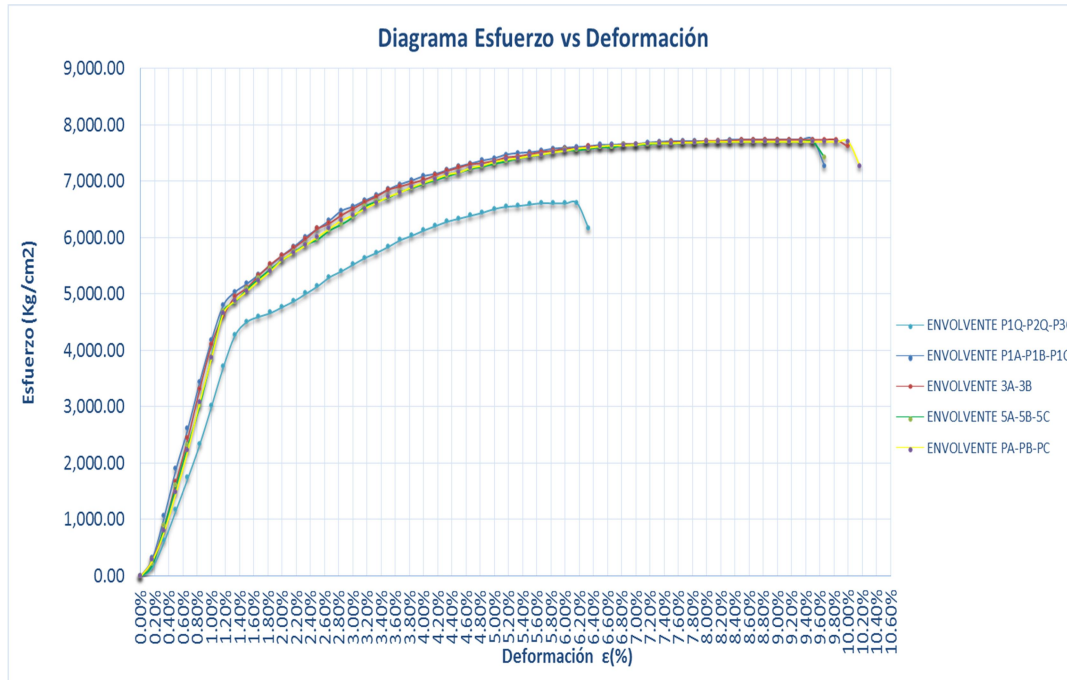


Figura N° 38. Diagrama esfuerzo – deformación de las envolventes de cada grupo de probetas.
(Bespín y Pérez, 2016).

En la figura antes expuesta se aprecia un mismo comportamiento entre las probetas embutidas en las losas y las probetas que se usaron como patrón de comparación, demostrándose que no hubo alteración de sus propiedades mecánicas luego de ser expuestas al fuego, mientras que las probetas expuestas directamente al fuego presentaron una marcada modificación en sus propiedades traduciéndose en menor módulo de elasticidad, menor esfuerzo de fluencia y esfuerzo máximo y una reducción considerable de la tenacidad.

En la tabla N° 8 se observa que las probetas expuestas directamente al fuego presentaron una disminución de 14,19% del esfuerzo máximo y de un 6,96% del esfuerzo de fluencia con respecto a la muestra patrón. Por otro lado las probetas embutidas en las losas no sufrieron ninguna variación significativa en dichas propiedades mecánicas.

Tabla N° 8. *Porcentajes de variación del esfuerzo máximo y esfuerzo de fluencia con respecto a las probetas PA, PB y PC (muestras patrones).*

Probetas	Fsu	Fy	% variacion Fsu	%variacion Fy
PA-PB-PC	7696.75	4933.33		
P1A-P1B-P1C	7736.22	4983.33	0.51	1.01
P3A-P3B-P3C	7736.22	4955.00	0.51	0.44
P5A-P5B-P5C	7696.75	4983.33	0.00	1.01
PAQ-PBQ-PCQ	6604.73	4590.00	-14.19	-6.96

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

A continuación en la siguiente tabla se muestran los porcentajes de alargamiento de cada una de las probetas ensayadas.

Tabla N° 9. Porcentajes de alargamiento de cada probeta.

Probeta	Lo(cm)	Lf(cm)	%
PA	20	21.90	9.50
PB	20	22.60	13.00
PC	20	22.00	10.00
P1A	20	22.50	12.50
P1B	20	22.10	10.50
P1C	20	22.30	11.50
P3A	20	22.50	12.50
P3B	20	22.30	11.50
P5A	20	21.80	9.00
P5B	20	22.40	12.00
P5C	20	22.00	10.00
PAQ	20	21.40	7.00
PBQ	20	21.80	9.00
PCQ	20	21.70	8.50

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

En la tabla antes presentada se puede observar que para las probetas PB, P1A, P3A y P5B cumplen con el porcentaje mínimo de alargamiento del 12% referido en la NORMA VENEZOLANA COVENIN 316:2000, para una longitud entre marcas de 200 mm incluyendo la zona de estricción; mientras que en la NORMA RTD 458 establecen un porcentaje mínimo de alargamiento entre 20 marcas incluyendo la estricción de la barra de 9 %, no aceptado para las barras PAQ y PCQ.

En la tabla N° 10 se presentan los porcentajes del área de estricción para cada una de las probetas ensayadas.

Tabla N°10. Porcentajes de área de estricción de cada probeta.

Probeta	Df	Sf(cm)	So(cm)	%
PA	11.00	0.95	1.27	25.17
PB	10.80	0.92	1.27	27.87
PC	11.40	1.02	1.27	19.63
P1A	11.30	1.00	1.27	21.03
P1B	11.00	0.95	1.27	25.17
P1C	11.10	0.97	1.27	23.80
P3A	11.30	1.00	1.27	21.03
P3B	10.60	0.88	1.27	30.51
P5A	11.10	0.97	1.27	23.80
P5B	11.35	1.01	1.27	20.33
P5C	11.10	0.97	1.27	23.80
PAQ	8.80	0.61	1.27	52.11
PBQ	8.10	0.52	1.27	59.43
PCQ	9.30	0.68	1.27	46.51

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

En la tabla N° 10 se aprecia que el porcentaje de estricción del grupo de probetas embutidas en las losas y las que no fueron expuestas al fuego presentan un comportamiento similar, demostrando que no hubo influencia del fuego en las que se usaron como acero de refuerzo en las losas nervadas, mientras en las barras expuestas directamente al fuego se evidencia un porcentaje de estricción mayor apreciándose mayor ductilidad en estas.

Tabla N° 11 . Porcentajes de área de estricción promedio de grupos de probetas.

Probetas	% prom
PA-PB-PC	24.22
P1A-P1B-P1C	23.34
P3A-P3B-P3C	25.77
P5A-P5B-P5C	22.65
PAQ-PBQ-PCQ	52.68

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los valores de esfuerzos para cada una de las probetas ensayadas.

Tabla N°12. Valores de esfuerzos para cada probeta.

Probeta	Fsu*	Fy*	Fsu*/Fy*	Fy*/Fy
PA	7696.75	5000.00	1.54	1.19
PB	7696.75	4890.00	1.57	1.16
PC	7696.75	4910.00	1.57	1.17
P1A	7736.22	4940.00	1.57	1.18
P1B	7736.22	4940.00	1.57	1.18
P1C	7736.22	5070.00	1.53	1.21
P3A	7696.75	4910.00	1.57	1.17
P3B	7775.69	5000.00	1.56	1.19
P5A	7696.75	4800.00	1.60	1.14
P5B	7696.75	5050.00	1.52	1.20
P5C	7696.75	5100.00	1.51	1.21
PAQ	6591.57	4600.00	1.43	1.10
PBQ	6512.63	4520.00	1.44	1.08
PCQ	6709.99	4650.00	1.44	1.11

Fuente. Bepin y Pérez (2016).

La norma COVENIN 316:2000 en su artículo 8.2.1.5.1. establece que el esfuerzo de fluencia real no debe exceder al esfuerzo de fluencia nominal es más de un 30%, donde cada una de las probetas ensayadas cumplieron con el artículo. Por otra parte desde el punto de vista de la relación entre el Esfuerzo máximo real (F_{su}^*) y el Limite fluencia real (f_y^*), todas las barras presentaron valores mayores a la indicada por la Norma 316-2000 en su artículo 8.2.1.5.2. para este tipo de acero, ya que establece que el valor de esa relación debe ser mayor a 1.25.

CONCLUSIONES

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

- El diagrama esfuerzo-deformación obtenido para el acero evaluado difiere del diagrama típico para un acero S-60, identificación rotulada en las cabillas. Al realizar el ensayo los diagramas reflejan el comportamiento de un acero especial y no de un acero ordinario debido a que los diagrama esfuerzo deformación no presentaron un escalón de relajamiento, además de presentar valores más altos en cuanto sus esfuerzos alcanzados.
- Como resultado del ensayo de resistencia a la tracción de las probetas sometidas al fuego extraídas de las losas, se evidencio un comportamiento muy similar al de las barras no expuestas. Por otro lado en las probetas expuestas al fuego directamente se pudo apreciar un cambio notable en el diagrama esfuerzo-deformación en comparación con las barras usadas como refuerzo, pudiéndose observar una caída en la curva característica de este tipo de acero, traduciéndose en disminución del módulo de elasticidad, disminución en un 14,19% del esfuerzo máximo y un 6,96% del esfuerzo de fluencia, así como también pérdida de tenacidad del material.
- En cuanto al porcentaje de elongación no se apreció una diferencia considerable entre las probetas no expuestas al fuego con las que se encontraban embutidas en las losas, mientras que las barras expuestas directamente al fuego presentaron menor porcentaje de elongación.

- Por otro lado en cuanto al porcentaje de estricción las probetas que se usaron como refuerzo en las losas nervadas incluyendo las probetas patrones presentaron un porcentaje de estricción promedio de un 24%, mientras que las probetas que se expusieron directamente al fuego presentaron un 52,68 % de estricción, lo que representa una mayor estricción con respecto a las demás barras apreciándose más ductilidad en estas.
- Se puede concluir que el concreto actuó como un buen aislante térmico protegiendo al acero de refuerzo de las losas nervadas, una vez realizado los diagramas esfuerzo-deformación y calculados sus propiedades mecánicas más importantes no se apreció ninguna modificación con respecto a las probetas que no fueron sometidas al fuego.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones del presente Trabajo Especial de Grado, se presentan a continuación las recomendaciones sugeridas, con la finalidad de mejorar las futuras investigaciones que precedan a esta investigación, en cuanto a lo referente a la evaluación de acero de refuerzo en concreto armado sometidos al fuego:

- Llevar a cabo este tipo de ensayo para mayores tiempos de exposición al fuego.
- Realizar la exposición al fuego en un área cerrada sin acción del viento, en hornos o u otro equipo que simule este escenario.
- Evaluar el comportamiento del concreto expuesto al fuego en este tipo de elementos
- Realizar ensayos para evaluar cambios internos, así como en la composición química del acero
- Utilizar equipos de medición de temperatura de mayor alcance para determinar las temperaturas a lo largo del ensayo.
- Continuar con esta línea de investigación, evaluando el comportamiento del acero en especímenes que representen otro tipo de elemento estructural como vigas, muros y columnas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, G (2016). “Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Arresis, J (2011). “Verificación de las características físicas y propiedades mecánicas de barras de acero para refuerzo, utilizadas en las construcciones de uso comercial y vivienda unifamiliar en el municipio Mixco”. Trabajo Especial de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Aular M, (2010). Instructivo para la transcripción de proyectos de investigación. Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia Venezuela.

Arias F. (1999). *El Proyecto de Investigación*. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/asdrubal1990/el-proyecto-de-investigacion-fidias-arias>

Castillo Elin, (2006), Efecto del fuego sobre estructuras de concreto. Obtenido el 12 de octubre de [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/TAB42359/Efecto%20del%20fuego%20en%20las%20estructuras%20de%20hormigon%20\(Eilin%20Castillo\).pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/TAB42359/Efecto%20del%20fuego%20en%20las%20estructuras%20de%20hormigon%20(Eilin%20Castillo).pdf)

García E. (2014). Tipos de Losas. Consultado el 09 de octubre del 2016 de <http://tiposdelosas405lalo.blogspot.com>

Hernández, N (2010). Análisis de la variable resistencia a compresión de un elemento de concreto sometido a fuego. (En línea).

<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v17n2/art04.pdf>. Trabajo de ascenso, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Carabobo, Valencia.

Hernández, Fernández y Baptista, (2010). Metodología de la Investigación. (5° ed), McGraw-Hill Interamericana.

Lugo, S (2006). Manual para la realización de prácticas de laboratorio en la asignatura “MATERIALES Y ENSAYOS” de la carrera Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Carabobo, Pag 64.

Julian Perez & Maria Merino. (2010). Definicion del concreto. Consultado el 09 de Octubre del 2016 de <http://definicion.de/concreto>

Merritt, F. (1991) MANUAL DEL INGENIERO CIVIL, 3era ed. México, McGraw-Hill, 411 p.

Morillo, J & Silvera, Y (2016). “Evaluación de la incidencia del fuego sobre morteros de cemento reforzados con fibra”. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Valencia.

Méndez, M & Morocho, C (2014). “Cálculo y diseño estructural para el parqueadero subterráneo del campus central de la universidad de cuenca en estructura metálica y hormigón armado” (En línea).

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5436/1/Tesis.pdf>. Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca.

Ruiz, O (2002). “Diseño y comportamiento de miembros estructurales de acero por el método LRFD” (En línea).

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs//11885/Capitulo2..pdf> Trabajo Especial de Grado. División de Ingeniería de la Universidad de Sonora, Hermosillo.

Universidad de los Andes. Facultad de Arquitectura y Diseño. (2016). Sistemas Estructurales. Mérida. Prof. Jorge O. Medina M.

VIDAUD, E. (2011). La acción del fuego sobre las estructuras de concreto. *Revista CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA EN CONCRETO*, n° 4.

Vega. L (2008). Seguridad y protección completa frente al fuego con hormigón.

Obtenido el 19 de octubre del 2016 de

http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/fuego/SEGURIDAD_FRENTE_FUEGO.pdf