

**ANÁLISIS DEL CONCRETO CON NYLON COMO ADITIVO PARA ALIGERAR
ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Auxiliares de investigación

**LUIS ALEJANDRO RUIZ TEJADA
CARLOS FERNANDO TEJADA RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
2016**

**ANÁLISIS DEL CONCRETO CON NYLON COMO ADITIVO PARA ALIGERAR
ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Auxiliares de investigación

**LUIS ALEJANDRO RUIZ TEJADA
CARLOS FERNANDO TEJADA RAMÍREZ**

**Investigador principal
ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ**

Proyecto para optar el título de Ingeniero civil

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
2016**

DEDICATORIA

A Dios por poner en nuestros caminos esta increíble carrera que es la ingeniería civil ya que a través de ella podemos explotar al máximo nuestros conocimientos y habilidades que él nos brindó.

A nuestros padres que a lo largo de nuestra vida nos enseñaron valores que nos hicieron mejores personas, que nos enseñaron humildad e inculcaron en nuestra vida que hay que luchar por nuestros sueños, ya que es de esta manera como se hacen realidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios que nos dio la oportunidad de haber concluido con éxito este sueño al brindarnos sabiduría y conocimiento.

Al ingeniero Adán Silvestre G. que gracias a su valiosa colaboración y dedicación se logró cumplir con este objetivo. A los docentes que nos ayudaron y nos apoyaron con cada gota de conocimientos que obtuvimos en esta gran etapa de la vida.

A Industrias FLEXCO S.A. y al señor Hernán Villegas V., por su valiosa colaboración y su apoyo.

A nuestros padres por su apoyo incondicional y demás familiares que estuvieron con nosotros en cada momento que creyeron y confiaron en nosotros. A nuestros amigos que compartieron cada momento que estuvieron en los momentos buenos y difíciles.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	6
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.2 HIPÓTESIS.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	8
OBJETIVOS.....	9
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
MARCO REFERENCIAL	10
1.4 MARCO REFERENCIAL	10
1.5 Marco Teórico.....	12
Determinación de la resistencia del concreto	12
Aditivos comunes del concreto	13
Agregados	14
1.5.1.1 Agregado Fino.....	14
1.5.1.2 Agregado Grueso	15
Parámetros de Resistencia del Concreto.....	17
1.6 Marco Conceptual.....	18
1.7 Marco GEOGRÁFICO.....	19
1.8 Marco Temporal.....	20
1.9 Marco Legal.....	20
MATERIALES Y METODOLOGÍA	21
1.10 MATERIALES	21
Nylon.....	21
Cemento	21
Agregados	22
1.11 METODOLOGÍA	22
Muestreo de los agregados	22
Caracterización de los agregados (Arenas y gravas)	22
5.2.2.1 Análisis granulométrico:	22
5.2.2.2 Peso unitario o volumétrico:	23
5.2.2.3 Humedad Natural	23
5.2.2.4 Masa específica arena (densidad) y absorción de agua	23
Diseño de la mezcla.....	23
Tipo de investigación.	24
Diseño de experimentos.	24
Población de estudio y muestra	25
1.11.1.1 Variables del estudio	25
Recolección de la Información.....	25
5.2.7.1 Fuentes primarias	25
5.2.7.2 Fuentes secundarias.....	25
DESARROLLO	26

6.1 Caracterización de los agregados.....	26
Granulometría.....	26
Índice de alargamiento y aplanamiento	28
Resistencia al desgaste Maquina de los Ángeles.....	31
Masas Unitarias	34
Densidad Específica y Porcentaje de Absorción.....	36
Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado fino	39
Selección del asentamiento	43
Chequeo del tamaño máximo nominal.....	44
Determinación de la resistencia de dosificación.	45
6.1.11 Selección de la relación Agua/Cemento	45
Calculo de proporciones iniciales.....	47
RESULTADOS E INDICADORES	48
1.12 CONCRETOS MODIFICADOS.....	48
Ensayo No1. Densidad del Nylon	48
Ensayo No 2: Fundicion del nylon.....	49
Ensayo No 3: Ensayo de fundicion del nylon con mayor cantidad de material	51
Ensayo No 4: Utilizacion del prototipo	52
Ensayo No 5 : Desarrollo de moldes de cobre.....	53
Ensayo No 6 : Fundicion de material nylon en muffla a 300°C – 330°C y 400°C	54
1.13 PRODUCCION DE PELLETS CON NYLON	57
Elaboracion en masa del material de estudio (Pellet).....	57
1.14 ELABORACION DE CILINDROS PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN	60
Procedimiento.....	61
Ensayos de compresión de cilindros a los 7 días	62
1.14.1.1 Ensayo de compresión de cilindros a los 7 días al 5%.....	62
Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días	65
1.14.1.2 Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días testigo	65
1.14.1.3 Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días AL 5%.....	67
1.14.1.4 Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días AL 10%	69
Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días	71
1.14.1.5 Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días testigo	71
1.14.1.6 Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días AL 5%	74
1.14.1.7 Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días al 10%.....	76
Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días	78
1.14.1.8 Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días testigo	78
1.14.1.9 Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días AL 5%	80
1.14.1.10 Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días AL 10%	82
1.15 Ensayo de esclerometro	86
Procedimiento.....	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	91

LISTA DE TABLAS

pág.

TABLA 1. ÍNDICE DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO.....	31
TABLA 2. RESULTADOS MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	34
TABLA 3.MASAS UNITARIAS ARENA Y GRAVA.....	36
TABLA 4. RESULTADOS DENSIDAD ESPECIFICA ARENA Y % ABSORCIÓN .	39
TABLA 5. RESULTADOS DENSIDAD ESPECÍFICA Y % ABSORCIÓN GRAVA	42
TABLA 6. ASENTAMIENTO RECOMENDADO.....	44
TABLA 7 CONTENIDO DE AGUA POR M DE CONCRETO, SEGÚN EL ASENTAMIENTO Y EL TMN FUENTE: TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASOCRETO TOMO 1	45
TABLA 8. PROPORCIONES INICIALES	47
TABLA 9. CRONOGRAMA DE PRUEBAS DE ENSAYO	56
TABLA 10. PROMEDIOS DE PESO Y DIÁMETRO DEL PELLET	60
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DE LOS CILINDROS DE FUNDICIÓN.....	60
TABLA 12. RELACIÓN PESO VOLUMEN DEL PELLET	60
TABLA 13. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 7 DÍAS AL 5%.	62
TABLA 14. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 14 DÍAS TESTIGO	65
TABLA 15. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 14 DÍAS AL 5%	67
TABLA 16. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 14 DÍAS AL 10%	69
TABLA 17. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 21 DÍAS TESTIGO	71
TABLA 18. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 21 DÍAS AL 5%	74
TABLA 19. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 21 DÍAS AL 10%	76
TABLA 20. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 28 DÍAS TESTIGO	78
TABLA 21. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 28 DÍAS AL 5%	80
TABLA 22. COMPRESIÓN DE CILINDROS A LOS 28 DÍAS AL 10%	82
TABLA 23. RELACIÓN DE PESOS Y ESFUERZOS SEGÚN SU PORCENTAJE Y NÚMERO DE DÍAS	84
TABLA 24. MÓDULO DE ELASTICIDAD	85
TABLA 25. MÓDULO DE ELASTICIDAD VS % DE PELLET	85
TABLA 26. RESULTADOS ENSAYO ESCLERÓMETRO EN PAVIMENTO FLEXIBLE	88
TABLA 27. RESULTADOS ENSAYO ESCLERÓMETRO EN MATERIAL DE ESTUDIO (PELLET)	88
TABLA 28. RESULTADOS ENSAYO ESCLERÓMETRO EN CILINDROS DE CONCRETO	88

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
GRAFICA 1. ESFUERZO DEFORMACIÓN OBTENIDAS EN LA INVESTIGACIÓN PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA VIVIENDAS DE BAJO COSTO LLEVADA A CABO EN MÉXICO.....	13
GRAFICO 2. GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO.....	27
GRAFICO 3. GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO.....	28
GRAFICO 4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS RELACIÓN AGUA/CEMENTO.....	46
GRAFICO 5. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 7 DÍAS AL 5%	64
GRAFICO 6. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 14 DÍAS TESTIGO	67
GRAFICO 7. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 14 DÍAS AL 5%	69
GRAFICO 8. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 14 DÍAS AL 10%	70
GRAFICO 9. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 21 DÍAS TESTIGO	73
GRAFICO 10. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 21 DÍAS AL 5%.....	75
GRAFICO 11. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 21 DÍAS AL 10%	77
GRAFICO 12. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 28 DÍAS TESTIGO	79
GRAFICO 13. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 28 DÍAS AL 5%.....	81
GRAFICO 14. ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA CILINDRO 28 DÍAS AL 10%	83
GRAFICO 14. MÓDULO DE ELASTICIDAD VS % DE PELLET	83

LISTA DE FIGURAS

pág.

FIGURA 1. CALIBRADOR DE ALARGAMIENTO.....	29
FIGURA 2. CALIBRADOR DE APLANAMIENTO	30
FIGURA 3. MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	32
FIGURA 4. MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	33
FIGURA 5. TAMIZADO MATERIAL DESCARGADO.....	33
FIGURA 6. MOLDE CON ARENA	34
FIGURA 7. MOLDE CON GRAVA	35
FIGURA 8.MUESTRA SUMERGIDA EN AGUA 24 HORAS	37
FIGURA 9. PESO MUESTRA EN ESTADO SATURADO	38
FIGURA 10. MUESTRA EN RECIPIENTE METÁLICO	38
FIGURA 11. ENSAYO MOLDE CÓNICO NO HAY HUMEDAD LIBRE	40
FIGURA 12. PICNÓMETROS CON AGUA.....	41
FIGURA 13. AGITADOR MECÁNICO	41
FIGURA 14. PICNÓMETROS, MUESTRA, AGUA	42
FIGURA 15. EXPERIMENTO DE DENSIDAD CON EL MÉTODO DE PESO/VOLUMEN (IZQUIERDA) Y ARQUÍMEDES (DERECHA)	48
FIGURA 16. EXPERIMENTO DE FUNDICION DEL NYLON	49
FIGURA 17. PROCEDIMIENTO INTRODUCCIÓN DE LA MUESTRA AL MOLDE	50
FIGURA 18. MUESTRA RETIRADA DEL MOLDE	50
FIGURA 19. ENSAYO DE FUNDICIÓN DEL NYLON CON MAYOR CANTIDAD DE MATERIAL.....	51
FIGURA 20. MUESTRA DESPUÉS DE TERMINADO EL ENSAYO CON MAYOR CANTIDAD DE MATERIAL.....	52
FIGURA 21. MOLDES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO CREADOS CON LATAS DE CERVEZA.....	52
FIGURA 22. DESARROLLO DE MOLDES DE COBRE	53
FIGURA 23. MOLDE DE COBRE CON TAPAS	53
FIGURA 24. MOLDES ARMADOS PARA LA UBICACIÓN DENTRO DE LA MUFFLA	54
FIGURA 25. COMPACTACIÓN DE MATERIAL DENTRO DEL MOLDE.....	54
FIGURA 26. UBUCACION DEL MOLDE DENTRO DE LA MUFFLA.....	55
FIGURA 27. FUNDICION DE MUESTRA	55
FIGURA 28. EXTRACCION DE MUESTRA FUNDIDA DE NYLON	55
FIGURA 29. MUESTRA FUNDIDAS A 300°C, 330°C Y 400°C	56
FIGURA 30. PROCEDIMIENTO ELABORACIÓN EN MASA DEL MATERIAL DE ESTUDIO (PELET) PRIMER PASO	57
FIGURA 31. PASOS 2 Y 3 ELABORACION EN MASA DEL MATERIAL DE ESTUDIO (PELLET)	58

FIGURA 32. PROCEDIMIENTO 4 ELABORACION EN MASA DEL MATERIAL DE ESTUDIO (PELLET)	58
FIGURA 33. PASO 7 ELABORACION EN MASA DEL MATERIAL DE ESTUDIO (PELLET)	59
FIGURA 34. PASO 7 ELABORACION EN MASA DEL MATERIAL DE ESTUDIO (PELLET)	59
FIGURA 35. RESULTADO FINAL ELABORACION EN MASA DEL MATERIAL DE ESTUDIO (PELLET)	59
FIGURA 36. PROCESO ENSAYO DE CILINDROS DE ENSAYO	61
FIGURA 37. RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 7 DÍAS AL 5%.....	64
FIGURA 38. RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 21DÍAS TESTIGO.....	73
FIGURA 39. RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 21DÍAS AL 5%.....	76
FIGURA 40. RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 21DÍAS AL 10%.....	78
FIGURA 41. RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 28 DÍAS TESTIGO.....	80
FIGURA 42.RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 28 DÍAS AL 5%.....	81
FIGURA 43.RESULTADO DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN CILINDRO 28 DÍAS AL 5%.....	84
FIGURA 44. ENSAYO CON ESCLEROMETRO.....	87

INTRODUCCIÓN

La investigación tiene como objetivo general el análisis del uso del Nylon como material aligerante dentro de mezclas de concreto, buscando estructuras más livianas y una mejora en sus propiedades que cumplan con los parámetros de sismo-resistencia establecidos en la Norma Colombiana NSR-10.

En la investigación se propone la implementación del Nylon en el concreto por ser un material que no tiene precedentes en esta rama investigativa. Además del bajo peso el Nylon, se destacan sus propiedades físico-mecánicas, como la alta tenacidad, rigidez, buena resistencia a la abrasión, buena resistencia al calor, resistencia a la tracción y una buena elasticidad; propiedades que son compatibles con los presentados en las mezclas de concreto buscando así una posible mejora en sus parámetros físicos-mecánicos.

Las aplicaciones más importantes de los homopolímeros se encuentran en el campo de la Ingeniería Mecánica. Aplicaciones bien establecidas son: asientos de válvulas, engranajes en general, excéntricas, cojinetes, rodamientos, etc.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sismos son fenómenos naturales cuya ocurrencia es imposible de predecir, así como su magnitud y la forma en que afectara las estructuras sobre las cuales se desarrolla el día a día de las personas.

La ciudad de Pereira está situada sobre fallas geológicas, las cuales se encuentran activas según lo indica Tatiana Arias Sánchez en su artículo titulado “Más de 30 fallas geológicas cruzan por Risaralda”.

Tras el terremoto del año 1999 la Corporación Autónoma Regional CARDER llevó a cabo un estudio sobre los efectos de dichas fallas, El Director de la misma, explicó durante una entrevista dada en el programa La Ventana de Caracol Radio que “esas fallas provocan los permanentes temblores leves que se han presentado después del gran evento sísmico y no se descarta que pueda volver a ocurrir otro terremoto de mayor intensidad en cualquier momento”.

Otra destacable opinión es la de Mario Delgado, ingeniero civil especialista en construcción, quien afirma que, “Las edificaciones que no sufrieron grandes daños en el terremoto del 99 no se pueden comparar con las construcciones desde el año 2000 que fueron construidas de acuerdo con la norma NSR-98. La ciudad del 99 hacia atrás tiene un porcentaje alto de estructuras fallidas, el mismo sismo del 99 las debió dejar ya afectadas porque muchos no tuvieron una reconstrucción estructural”, esto indica que las construcciones del año 2000 hacia atrás representan un gran riesgo para las personas que las ocupan y desarrollan su vida alrededor de estas.

Un estudio realizado por la Comisión Económica para América Latina titulado *EL TERREMOTO DE ENERO DE 1999 EN COLOMBIA: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero* indica que durante el terremoto del 99 en el municipio de Pereira hubo un total de 6,500 personas afectadas entre las cuales 380 heridos y 30 muertos, además de 8,761 viviendas afectadas, dentro de estas el número de viviendas dadas por pérdida total y que quedaron inhabitables fueron 2,453, teniendo en cuenta que en ese año el número total de viviendas era de

89,123 se considera alarmante el hecho de que el 10% de las viviendas se hayan visto afectadas sabiendo que el sismo tuvo su epicentro en el departamento del Quindío.

Es por esto, que se hace necesaria la implementación de mejoras en los métodos de construcción que ayuden a mitigar los posibles efectos que conlleva un sismo de gran magnitud como los que se podrían presentar en la ciudad de Pereira.

1.2 HIPÓTESIS

Con el Nylon se va a aligerar el concreto obteniendo una mejora en las propiedades de la mezcla, además de cumplir los parámetros de resistencia estipulados en la norma NSR-10 para un concreto estructural.

JUSTIFICACIÓN

Es necesario analizar un método de aligerar las construcciones que se implementen en la región del Eje Cafetero, específicamente en la ciudad de Pereira, para así lograr disminuir los efectos y riesgos a los que se ven expuestas las personas, producidos por los sismos.

Siendo el Nylon utilizado en la investigación, un residuo industrial, este proyecto se enfoca en el análisis de la viabilidad del uso de este material como aditivo en las mezclas de concreto, para esto es necesario comparar las resistencias del concreto con el aditivo contra un concreto de mezcla tradicional contemplado en la norma NSR-10 y así poder definir su aplicabilidad.

En términos económicos al emplear un concreto aligerado, pero con igual resistencia reduce el costo en términos de transporte además por ser un material más ligero, se disminuye el tiempo que deben implementar los operarios a la hora de la construcción y así mismo disminuye los requerimientos estructurales que se deben aplicar a la edificación.

Además, en términos sociales este tipo de material aligerante puede ser una alternativa a la construcción de viviendas de interés social debido al hecho de la disminución del costo, aumentando la posibilidad de este tipo de proyectos en la ciudad.

En términos ambientales se da uso a un material desechado por la industria el cual causa grandes daños ambientales por ser de una degradación lenta. El material fue entregado por la empresa FLEXCO S.A. de Dosquebradas.

OBJETIVOS

1.2 OBJETIVO GENERAL

Determinar mezclas de concretos aligerados con Nylon, a fin de reducir los pesos de las cargas muertas en estructuras.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la mezcla ideal para la resistencia de concretos aligerados, usando Nylon.
- Determinar el módulo de elasticidad de Young y el coeficiente de Poisson de las mezclas estudiadas.

MARCO REFERENCIAL

1.4 MARCO REFERENCIAL

En el ámbito de la construcción se han desarrollado durante varios años investigaciones con el fin de buscar una notable mejoría en las propiedades físico mecánicas del concreto; en la ciudad de Natal Brasil Macedo M C realizó la investigación “*Compuesto de yeso e Icopor para la construcción de casas populares*”¹ con el objetivo de analizar la combinación de diferentes materiales para producir un único dispositivo con mejores propiedades; con lo cual se concluyó que es viable utilizar el hormigón ligero como material de construcción debido a que cumple con los parámetros de resistencia a la compresión y la conductividad térmica, además de ser un material más económico que los convencionales utilizados en dicho país.

También hay enfoques en el análisis de materiales naturales que mejoran las propiedades del concreto como lo estipulan Quintero García Sandra & Gonzales Salcedo Luis, quienes desarrollaron la investigación “*Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*”² con el fin de evaluar las propiedades mecánicas del concreto mezclado con fibra de estopa de coco, determinando así un aumento en la resistencia a compresión, flexión baja deformaciones según el porcentaje en volumen y las longitudes de la fibra según los diseños de mezclas estipulados logrando una mejora en las propiedades del material. Jiménez Bohórquez Jonny en su trabajo de grado “*Uso de materiales alternativos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (fibra de fique)*”³ se enfocó en la determinación de los cambios en las propiedades mecánicas del concreto mediante la adición de materiales alternativos como la fibra de fique; obteniendo como resultado una mejora en la resistencia a la flexión, pero produciendo una reducción en la resistencia a la compresión de las mismas muestras.

Otro tipo de investigación planteó la utilización de material artificial anexando la función de agregado aligerante alternativo como el de polietileno y poliestireno muy empleados en los procesos industriales, un ejemplo de esto son las investigaciones planteadas por la Universidad de Guadalajara “*Determinación de*

¹ MACEDO, M C; *Compuesto de yeso e Icopor para la construcción de casas populares*; Natal - Brasil (2011)

² QUINTERO GARCÍA, Sandra & GONZALES SALCEDO, Luis; *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*; Cali – Colombia 2006

³ JIMÉNEZ BOHÓRQUEZ, Jonny; *Uso de materiales alternativos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (fibra de fique)*; Bogotá D.C 2011

la resistencia a la compresión de morteros aligerados elaborados con nano-compuestos espumados de polietileno de alta densidad reciclado y cemento portland”⁴ el cual tuvo por objetivo utilizar las espumas de nano compuestos de polietileno de alta densidad/ montmorillonita, para reemplazar los agregados pétreos en morteros aligerados, para este fin se elaboraron diferentes especímenes de prueba que fueron sometidos a diversos ensayos de compresión para comparar con los parámetros establecidos en la norma ASTM C109 que rigen en México. Con los resultados obtenidos se pudo concluir que, al adicionar una mayor cantidad de polímero, se reduce gradualmente la resistencia a la compresión del material. No obstante, el material se aligera sensiblemente.

Otra investigación es “Evaluación de los procesos de corrosión en concretos aligerados con EPS (Poliestireno expandido) expuestos en medios simulados y reales”⁵ desarrollada por López Ávila Mario Alfonso donde evaluó los procesos de corrosión en concretos aligerados con EPS expuestos en medios simulados y reales; en la cual se ejecutó un diseño experimental para evaluar los efectos de la sustitución de grava por MEPS (Poliestireno expandido mejorado) en las propiedades mecánicas y electroquímicas de los bloques de concreto aligerado; con dicho diseño se obtuvieron resultados de resistencia a la compresión axial, velocidad de pulso ultrasónico, coeficiente de absorción capilar, potencial de corrosión y la velocidad de corrosión, por lo tanto se define que el MEPS es un excelente material aligerante y que proporciona un menor porcentaje de absorción, siempre y cuando se realice un buen tratamiento térmico para su modificación.

Además, se encontraron investigaciones relacionados a factores sísmicos que son de influencia en la zona objeto de esta investigación. Tal como: “El sismo de Armenia, Colombia. Un análisis tele sísmico de ondas de cuerpo, observaciones de campo y aspectos sismo tectónicos”⁶ planteada por Monsalve Jaramillo Hugo & Vargas Jiménez Carlos con el fin de consolidar los estudios de sismología básica en el Eje Cafetero; con esta investigación se pretende dar un parámetro de la actividad que presenta las fallas; además de un detallado mapa de las fallas de la región por la instalación de una red sismológica de carácter provisional que fue implementado para este fin. También la investigación descrita por Carrillo León Wilmer Julián “Estimación de los periodos naturales de vibración de viviendas de

⁴ UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA; Determinación de la resistencia a la compresión de morteros aligerados elaborados con nano-compuestos espumados de polietileno de alta densidad reciclado y cemento portland; Cancún – México 2013

⁵ LÓPEZ ÁVILA, Mario Alfonso; Evaluación de los procesos de corrosión en concretos aligerados con EPS expuestos en medios simulados y reales; Universidad Veracruzana 2013

⁶ MONSALVE JARAMILLO, Hugo & VARGAS JIMÉNEZ, Carlos; El sismo de armenia, Colombia. Un análisis tele sísmico de ondas de cuerpo, observaciones de campo y aspectos sismo tectónicos

baja altura con muros de concreto”⁷ con la finalidad de evaluar los periodos de vibración de viviendas típicas con muros de concreto, con el propósito de comparar dos técnicas de modelación que se utilizan en la práctica del diseño estructural; en la cual se implementaron diferentes técnicas de identificación para estimar los periodos de investigación.

El procesamiento de la información consistió en un análisis de señales aleatorias estacionarias para obtener los espectros de densidad espectral, así como las correspondientes funciones de transferencia (en fase y amplitud) y de coherencia entre pares de señales. Para identificar las frecuencias naturales de vibración se utilizó tanto el espectro de potencia promedio y la función de transferencia como la de coherencia. A partir de los resultados obtenidos se concluyó que las dos metodologías numéricas estudiadas son aceptables para la modelación de viviendas de muros de concreto de baja altura.

1.5 MARCO TEÓRICO

Determinación de la resistencia del concreto

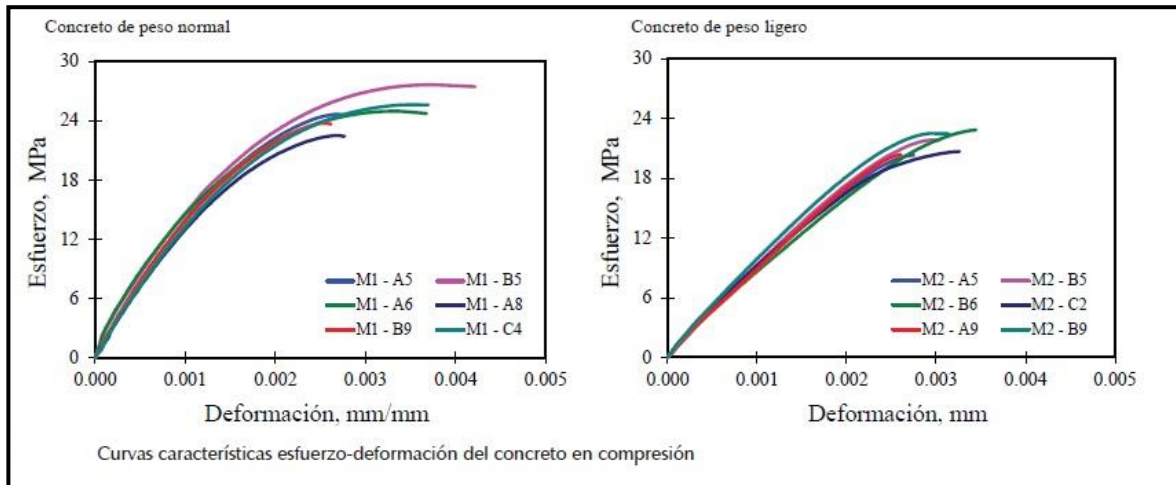
Para una determinada mezcla de concreto es necesario determinar su resistencia a la compresión, y así encontrar sus posibles aplicaciones y establecer si es factible o no su uso dentro de algunas obras.

Para determinar la resistencia última a la compresión del concreto es necesario graficar el diagrama de esfuerzo-deformación unitario que es obtenido a partir de la realización del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto (NTC 673).

El comportamiento del concreto sometido a compresión da normalmente como resultado una línea recta dentro de la gráfica de esfuerzo-deformación, mostrando como punto más alto el esfuerzo último para dicho concreto, después de alcanzado dicho punto el concreto será capaz de seguir soportando cargas, sin embargo a partir de allí el comportamiento de la gráfica ya no presenta una tendencia lineal, presentando variaciones significativas, por lo que no es confiable aplicar cargas por encima de este punto.

⁷ CARRILLO LEÓN, Wilmer Julián; Estimación de los periodos naturales de vibración de viviendas de baja altura con muros de concreto; Bogotá - Colombia 2009

Grafica 1. Esfuerzo deformación obtenidas en la investigación Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo llevada a cabo en México



Fuente: INGENIERÍA INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA, volumen XIV (número 2), abril-junio 2013: 285-298 ISSN 1405-7743 FI-UNAM pag. 293

Aditivos comunes del concreto

Un aditivo es un material diferente a los normales en la composición del concreto, es decir es un material que se agrega inmediatamente antes, después o durante la realización de la mezcla con el propósito de mejorar las propiedades del concreto, tales como resistencia, manejabilidad, fraguado, durabilidad, entre otras.

En la actualidad, muchos de estos productos existen en el mercado, y los hay en estado líquido, sólido, en polvo y pasta. Aunque sus efectos están descritos por los fabricantes, cada uno de ellos deberá verificarse cuidadosamente antes de usar el producto, pues sus cualidades están aún por definirse.

Los aditivos más comunes empleados en la actualidad pueden clasificarse de la siguiente manera:

Inclusores de aire: es un tipo de aditivo que, al agregarse a la mezcla de concreto, produce un incremento en su contenido de aire provocando, por una parte, el aumento en la manejabilidad y en la resistencia al congelamiento y, por otra, la reducción en el sangrado y la segregación.

Fluidizantes: estos aditivos producen un aumento en la fluidez de la mezcla, o bien, permiten reducir el agua requerida para obtener una mezcla de consistencia determinada, lo que resulta en un aumento de la manejabilidad, mientras se mantiene el mismo revenimiento. Además, pueden provocar aumentos en la resistencia tanto al congelamiento como a los sulfatos y mejoran la adherencia.

Retardantes del fraguado: son aditivos que retardan el tiempo de fraguado inicial en las mezclas y, por lo tanto, afectan su resistencia a edades tempranas. Estos pueden disminuir la resistencia inicial. Se recomienda para climas cálidos, grandes volúmenes o tiempos largos de transporte.

Acelerantes de la resistencia: estos producen, como su nombre lo indica, un adelanto en el tiempo de fraguado inicial mediante la aceleración de la resistencia a edades tempranas. Además, pueden disminuir la resistencia final.

Estabilizadores de volumen: producen una expansión controlada que compensa la contracción de la mezcla durante el fraguado. Se recomienda su empleo en bases de apoyo de maquinaria, rellenos y resanes.

Endurecedores: son aditivos que aumentan la resistencia al desgaste originado por efectos de impacto y vibraciones. Reducen la formación de polvo.

Agregados

Los agregados también llamados áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites estipulados en la Norma Técnica Colombiana NTC-174. Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen de una mezcla de concreto.

1.5.1.1 Agregado Fino

El agregado fino debe estar compuesto de arena natural, arena triturada o una mezcla de esta, que pasa por el tamiz 9.51 mm (3/8) y queda retenido en el tamiz N° 200 que cumple con los límites establecidos en la NTC 174.

Los agregados finos deben estar compuestos de partículas limpias de perfil angular duras, libres de materia orgánica y otras sustancias dañinas; lo cual es

determinado mediante los ensayos estipulados en la norma ASTM C40, así mismo debe estar graduado dentro de los límites dados en la norma NTC 174.

1.5.1.2 Agregado Grueso

El agregado grueso debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada, o escoria de alto horno enfriada al aire o una combinación de ellos, material que es retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la NTC 174.

Debe estar conformado por partículas limpias, de perfil preferiblemente angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferiblemente rugosa, además deben ser partículas químicamente estables y libres de escamas, tierra, polvo, limo, materia orgánica, entre otras sustancias dañinas

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones: Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta por metro cúbico.

Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla.

Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la mezcla debe cubrir totalmente la superficie de los agregados. Si se fractura una piedra, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra.

Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura.

La textura del material, dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material, es una característica ligada a la absorción, pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos, además que producen concretos menos plásticos.

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil".

En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la mezcla con cemento tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena).

La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias.

Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la mezcla del cemento.

Parámetros de Resistencia del Concreto

La resistencia a compresión del concreto varía según los siguientes parámetros:

La relación agua-cemento (a/c): Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua / cemento crece cuando aumenta la cantidad de agua y decrece cuando aumenta el contenido de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua / cemento tanto más favorable son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

Tamaño máximo del agregado: El tamaño del agregado a elegir para el diseño de una mezcla de concreto se basará en el tamaño y forma del elemento de concreto.

Condiciones de humedad durante el curado: El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada. Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad.

Edad del concreto: El tiempo de curado del concreto es fundamental para garantizar que se eviten problemas en la resistencia proyectada del concreto, el tiempo óptimo está considerado en 28 días.

Cantidad aditivo: El porcentaje de aditivo a agregar a la mezcla será relativo.

Un ensayo de resistencia debe ser el resultado del promedio de resistencia de 2 cilindros tomados de una misma mezcla y ensayados a los 28 días, el nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple simultáneamente los siguientes requisitos:

a) Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia a la compresión, iguallen o excedan el valor especificado para F_c (esfuerzo de diseño).

b) Que ningún resultado individual de las pruebas de resistencia a la compresión (promedio de al menos dos cilindros), sea inferior a F_c en más de 3,5 MPa.

1.6 MARCO CONCEPTUAL

Proceso de producción del Nylon: el nylon es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas. Se genera por poli condensación de un diácido con una diamina. El más conocido, el PA66, es por lo tanto producto del ácido butandicarboxílico (ácido adipínico) y la hexametildiamina. Por razones prácticas no se utiliza el ácido y la amina sino soluciones de la amina y del cloruro del diácido. En el límite entre las dos capas se forma el polímero que puede ser expandido para dar el hilo de nylon.

El descubridor del nylon y quien lo patentó fue Wallace Hume Carothers. A la muerte de éste, la empresa Du Pont conservó la patente. Los Laboratorios Du Pont, en 1938, produjeron esta fibra sintética fuerte y elástica, que reemplazaría en parte a la seda y el rayón.

El nylon es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no requiere de planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nylon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc. Con este invento, se revolucionó en 1938 el mercado de las medias, con la fabricación de las medias de nylon. Las primeras partidas llegaron a Europa en 1945.⁸

Dosificación de mezclas de concreto: dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que se habrá de emplear.

⁸ Textos científicos, polímeros

Para encontrar las proporciones más apropiadas, es necesario preparar varias mezclas de prueba, las cuales se calculan tomando como base las propiedades de los materiales y la aplicación de leyes o principios básicos establecidos.

Los datos básicos para la dosificación son los siguientes: Características de los materiales disponibles (partiendo de una buena calidad, deben cumplir especificaciones de normas NTC), basados en ensayos de laboratorio (normas NTC):

-Cemento: Densidad, Masa unitaria suelta

- Agua: Densidad.

- Agregados: Análisis granulométricos de los agregados incluyendo el cálculo del módulo de finura, tamaño máximo nominal (según el árido), densidad aparente seca y porcentaje de absorción de los agregados, porcentaje de humedad de los agregados, masas unitarias sueltas.

- Aditivos: Densidad, características geométricas.

1.7 MARCO GEOGRÁFICO

Esta investigación se desarrolla en la ciudad de Pereira, departamento de Risaralda, por ser una zona de alto riesgo sísmico.

Nylon (Residual): Es un material sobrante del proceso productivo de la empresa FLEXCO S.A. localizada en Dosquebradas.

Cemento: este material se obtiene de la empresa Cementos Argos localizada en el Km 2 Vía Panamericana. El cemento a utilizar es el Portland tipo 1

Agregados: este material se obtiene de la cantera de Combia ubicada en el Kilómetro 3 Vía Pereira - Marsella.

1.8 MARCO TEMPORAL

La investigación se realiza desde el año 2015

1.9 MARCO LEGAL

La investigación se apoya en las siguientes normas:

- La resistencia para el concreto estructural, así como sus demás parámetros requeridos en Colombia se encuentran estipulados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- EL procedimiento a seguir en la elaboración de mezclas y toma de muestras para la realización de cilindros de concreto está estipulado en la norma ICONTEC N° 550.
- Las especificaciones acerca de la realización del ensayo de compresión para concretos se encuentran en la norma ICONTEC N° 673.
- Las especificaciones para la realización de los ensayos correspondientes a materiales se encuentran en la norma STC-CMT.2.1.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

1.10 MATERIALES

Nylon

Es un polímero sintético que pertenece al grupo de las poliamidas. Es una fibra manufacturada la cual está formada por repetición de unidades con uniones amida entre ellas. Las sustancias que componen al nylon son poliamidas sintéticas de cadena larga que poseen grupos amida (-CONH-) como parte integral de la cadena polimérica. Existen varias versiones diferentes siendo el nylon 6,6 uno de los más conocidos. Proviene como un desecho creado por el proceso de fabricación de mangueras flexibles en el cual parte del nylon se utiliza como refuerzo del polietileno, en este proceso algunas fibras no repercuten en el proceso y se transforman en algodón de nylon⁹.

Cemento

El cemento es el material de construcción muy utilizado en el mundo. Aporta propiedades útiles y deseables, tales como resistencia a la compresión (el material de construcción con la mayor resistencia por costo unitario), durabilidad, hidráulicas, acústicas y estética para una diversidad de aplicaciones de construcción. El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clinker, principal ingrediente del cemento, que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento¹⁰.

⁹ Textos científicos, polímeros, nylon

¹⁰ CEMEX, Productos Servicios, Cemento.

Agregados

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso y fino.

El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

1.11 METODOLOGÍA

Muestreo de los agregados

Primero se extrae la muestra del material, se busca que la muestra sea representativa de todo el material a utilizar para la elaboración del concreto.

Se procede con el secado, cuarteo y disgregado del material por lo que la muestra de arena y grava se dejan sobre una superficie plana extendidos sobre el suelo para que pierdan la humedad, de ser necesario usar horno. Una vez seca se revuelve la mezcla para homogeneizarla. Se separan porciones equitativas del material en cuartas partes, se busca que un cuarteo sea una representación compacta de las características de toda la muestra.

Caracterización de los agregados (Arenas y gravas)

Por medio de los siguientes ensayos se procede a la caracterización de los materiales a emplear

5.2.2.1 Análisis granulométrico: En esta prueba se pasa el material por las mallas correspondientes, se registran los datos de los retenidos en cada malla y se procede a determinar el módulo de finura del material. Esta prueba permite determinar la composición por tamaños de las partículas que integran los materiales.

5.2.2.2 Peso unitario o volumétrico: Estas pruebas permiten determinar las masas volumétricas de los materiales, es decir las relaciones masa-volumen en diferentes estados o condiciones de acomodo, ya sean naturales o artificiales, así como coeficientes de variación volumétrica. Procedimiento en normativa SCT M.MMP.1.08/03¹¹.

5.2.2.3 Humedad Natural. Esta prueba permite determinar el contenido de agua en los materiales, con el fin de obtener una idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento. La prueba consiste en secar una muestra del material en el horno y determinar el porcentaje de la masa del agua, con relación a la masa de los sólidos.

5.2.2.4 Masa específica arena (densidad) y absorción de agua. Estas pruebas permiten determinar las relaciones masa-volumen de los materiales respecto a la relación masa volumen del agua, así como la absorción de los materiales y se utilizan para calcular los volúmenes ocupados por el material o mezcla de materiales en sus diferentes condiciones de contenidos de agua y el cambio de masa del material debido a la entrada de agua en poros. Procedimiento en la norma SCT M-MMP-1-05/03.

Diseño de la mezcla

Se procede al diseño de la mezcla que consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales que ya fueron analizados, para producir un concreto que satisfaga los requisitos estipulados.

Tamaño máximo del agregado: El tamaño máximo del agregado a elegir para el diseño de una mezcla de concreto se basará en el tamaño y forma de los elementos de concreto.

Asentamiento

El contenido de agua: depende del tipo de revenimiento que se desea proporcionar además del tipo de agregado y los aditivos a incluir.

¹¹ Diseño de mezclas de concreto hidráulico, Grupo de trabajo en concreto hidráulico. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TEPIC

Contenido de cemento: el contenido de cemento depende de la relación contenido de agua necesaria para proporcionar la resistencia buscada.

Contenido de grava y arena: se estima con relación del tipo de agregado a emplear y el tamaño máximo de estos.

Elaboración de especímenes y pruebas de compresión simple: se realiza para el control de las características de diseño a través del ensayo de compresión aplicado a cilindros hechos con las mezclas en una proporción de 1:2.

Después del colado de los cilindros estos son desmoldados después de 24 horas, pesados y puestos en proceso de curado siendo sumergidos en agua hasta que estos alcanzan la edad para ser ensayados.¹²

Tipo de investigación.

El proyecto se basa en un modelo de investigación experimental debido a que es necesario realizar las pruebas de resistencia de las mezclas a analizar y descriptiva por la confrontación de los resultados obtenidos con la normatividad vigente.

Diseño de experimentos.

Los factores de estudio para la investigación son el porcentaje de Nylon utilizado como aditivo y la resistencia del concreto a utilizar.

Para cada tratamiento definido Nylon/Resistencia se realizan nueve ensayos de compresión, siendo requeridas tres probetas para cada momento de curado en la prueba de compresión (7 días, 14 días, 28 días), además de una probeta testigo.

Para determinar la magnitud de los factores a estudiar, así como la cantidad de estos se realiza una prueba piloto utilizando porcentaje de Nylon en relación al volumen de mezcla de 5% y 10% sobre una mezcla de concreto de resistencia media (300 Kg/cm²).

¹² Ibíd.

Las pruebas de concreto de ambos tratamientos se realizan a los 7 días de curado, para así definir los porcentajes de Nylon que son factibles de utilizar, de igual manera se define la cantidad de tratamientos, a los que se aplica el análisis completo.

Población de estudio y muestra

1.11.1.1 Variables del estudio

Resistencia concreto: esta variable es medida a través del ensayo de compresión de concreto, el parámetro obtenido se da en medidas de psi y/o Kg/cm².

Recolección de la Información

5.2.7.1 Fuentes primarias. Las fuentes primarias se encuentran conformadas por los ensayos de laboratorio que se realizan en las instalaciones de la Universidad Libre seccional Pereira, que se realizan bajo las normas STC-CMT.2.1, que sirven para establecer los datos de la resistencia y propiedades físicas de las mezclas de concreto aligerado con Nylon.

5.2.7.2 Fuentes secundarias. Las fuentes secundarias para el desarrollo de la investigación constan de: libros, bases de datos de investigaciones relacionadas con el tema del proyecto, páginas de internet, entre otros.

DESARROLLO

El concreto es un material capaz de soportar grandes esfuerzos a la compresión, esto depende tanto de sus propiedades físicas como sus propiedades mecánicas y químicas.¹³

En lo general que se refiere a concretos este se caracteriza por su pasta endurecida, por la calidad de sus agregados, la mezcla entre pasta y agregados, y los cuales están ligados tan bien a las condiciones de curado de este.

La resistencia es una de las características con las cuales los concretos deben cumplir, en estos se encuentra la resistencia a la compresión, tracción, flexión y corte; los concretos presentan una alta resistencia a la compresión y muy poco a la tracción razón por la cual siempre se presta más atención a esta.

Para poder obtener un adecuado diseño de mezcla es importante tener en cuenta la calidad de los agregados que se utilizaran para esto; lo cual da pie a la realización de una serie de ensayos para así conocer los materiales con lo que se cuenta.

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

En la tabla 1.se presentan los parámetros exigidos en la norma INVIAS y NTC, que deben cumplir los agregados para la elaboración de mezclas de concreto.

Granulometría

Este ensayo se utiliza principalmente para determinar los tamaños de los agregados que serán utilizados en las mezclas de concreto. Los resultados se emplearán para verificar con el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones requeridas para el diseño de las mezclas sea para agregado fino o grueso.

¹³ Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>

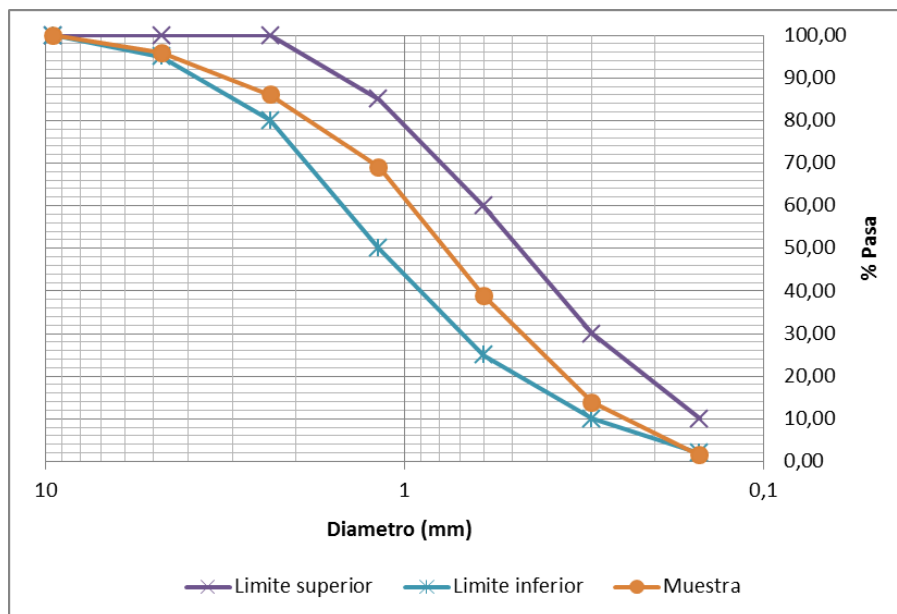
La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a los efectos producidos en la dosificación trabajabilidad, economía porosidad, etc. Los agregados en una mezcla ocupan entre el 59% y 76% del volumen total del concreto, los cuales están constituidos por una parte fina en el cual se tiene la arena y una parte gruesa que son la grava o piedra triturada.

Equipos requeridos: balanza, tamices, tamizadora mecánica

Por medio de este ensayo se realizó la caracterización de los agregados en función del tamaño de las partículas; con el objetivo de evaluar el grado de optimización del material en una mezcla de concreto.

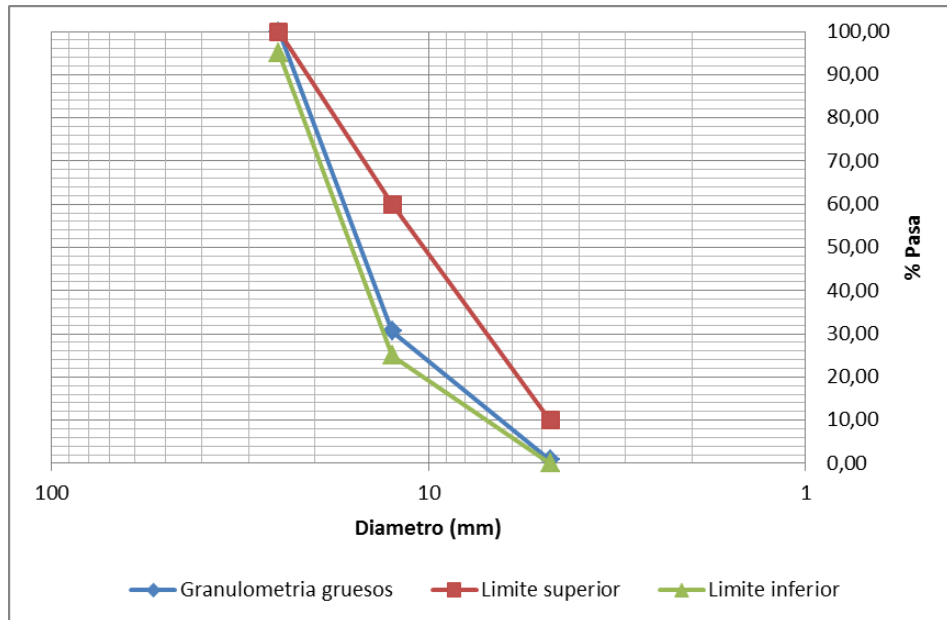
Según los parámetros establecidos en la norma técnico colombiana NTC 174 del 2000 (Especificaciones para los agregados de concretos), el material analizado tiene la gradación necesaria para fabricar una mezcla de concreto adecuada.

Grafica 2. Granulometría agregado fino



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Grafica 3. Granulometría agregado grueso



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Índice de alargamiento y aplanamiento

Los agregados empleados en un diseño de mezcla deben cumplir con unas especificaciones y ensayos que garanticen su durabilidad y comportamiento, con el fin de saber qué porcentaje de agregados pueden ser utilizados como los componentes importantes de la estructura de un concreto.

Ambos ensayos de calidad del material y caracterización de los agregados, pueden definir qué cantidad de partículas sirven para aumentar la fricción y resistencia, en este caso el de caras fracturadas; o pueden disminuir estas propiedades, además de hacer al material difícil manejar puesto que las partículas planas y alargadas son problemáticas debido a su poca durabilidad y a que dificultan la labor de compactación por su entregamiento pobre, de aquí el ensayo de IL e IA.

El ensayo de índice de alargamiento y aplanamiento se referencia al INV -E230, con el cual se determinan las características morfológicas del material; las partículas analizadas cumplen con lo estipulado en el artículo 300 de la norma INVIAS.

El ensayo de índice de alargamiento y aplanamiento tienen como fin separar las partículas largas y planas a través de cribas o ranuras que permitan su separación e identificación de dichas agregados; estas partículas, cumplen con una dimensión última menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces su dimensión promedio.

El porcentaje por peso de las partículas planas y alargadas se le designa con el nombre de índice de aplanamiento e índice de alargamiento.

Equipos.

Calibrador de aplanamiento y alargamiento.

Tamices. 2 ½"; 2", 1 ½", 1", ¾"; ½"; 83"; ¼".

Bandejas

Cuarthead

Balanza. Sensibilidad de 0.1% el peso de la muestra que se ensaya.

Figura 1. Calibrador de alargamiento



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Figura 2. Calibrador de aplanamiento



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Índice de aplanamiento. Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de espesores en la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya.

Pesar la cantidad de partículas de cada fracción, que pasaron por la ranura correspondiente, aproximación al 0.1% del peso total de la muestra de ensayo.

Índice de alargamiento. Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de longitud por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya.

Procedimiento. Pesar la cantidad de partículas de cada fracción, retenida entre las dos barras correspondientes, aproximación al 0.1% del peso total de la muestra de ensayo.

Tabla 1. Índice de alargamiento y aplanamiento

Muestra	Masas muestras (gr)	Largas (gr)	Planas (gr)	IL (%)	IA (%)
1" - 3/4"	542,4	17,3	405,7	3,19	74,80
3/4" - 1/2"	1262,5	296,9	1118,8	23,52	88,62
1/2" - 3/8"	414,2	188	367	45,39	88,60
TOTAL	2219,1	502,2	1891,5	22,63	85,24

Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Resistencia al desgaste Maquina de los Ángeles

Este método es utilizado para determinar la resistencia de agregados naturales o en especial triturado, se emplea la máquina de los ángeles con una carga abrasiva con el fin de simular los efectos a los cuales estará sometido el material en futuras condiciones.

Este ensayo es conocido y ampliamente usado por que brinda como resultado un indicador de la calidad relativa de diferentes fuentes de agregados pétreos de condiciones mineralógicas muy similares, aunque no se brindan inmediatamente comparaciones válidas entre fuentes de diferentes composiciones mineralógicas, con lo que difiere de él origen, la composición y la estructura de cada material.

El equipo básicamente consta en términos generales de un tambor cilíndrico hueco de acero con su eje horizontal fijado a un motor, el cual genera un movimiento rotacional sobre el mismo eje rotacional del motor, a su vez se genera un desgaste forzado por la acción de esferas de acero, así entonces se permite establecer el desgaste de la muestra expresada como un porcentaje de la masa inicial de la misma muestra ensayada, entonces se toman las masas antes y después del proceso de desgaste, con esta diferencia es posible determinar el porcentaje de pérdida ante el desgaste a una carga abrasiva.

Figura 3. Máquina de los ángeles



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Materiales y equipo

Balanza: Que permita la determinación de la masa con precisión de 0,1%

Horno: Que pueda mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Tamices: Serie de tamices entre 37.5mm y 4.75mm.

Máquina de los ángeles: La máquina para el ensayo de desgaste de los ángeles debe tener las características indicadas e la Figura 1 encontrada en la norma INV E 218-07.

Carga abrasiva: Depende directamente de la granulometría, se muestra en la Tabla 1 de la norma INV E-218-07 y oscila entre valores de 5000g y 2500g

Procedimiento

La muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de los ángeles y se hace girar el cilindro a una velocidad entre 30 y 33 r.p.m hasta que se completen 500 revoluciones.

Descarga de material y separación de la muestra por tamices, tomando el valor más significativo de la muestra

El material debe ser lavado si se presentan costras o bastante polvo
Se toma la masa del material seleccionado. Material descargado

Figura 4. Máquina de los ángeles



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Figura 5. Tamizado material descargado



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Tabla 2. Resultados Máquina de los Ángeles

Masa Inicial	5000
Masa final	3981,5
Diferencia	1018,5
% Desgaste	20,37

Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

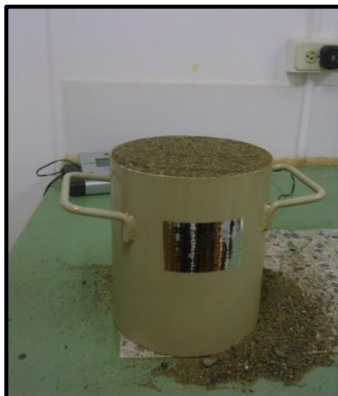
Masas Unitarias

La determinación de las masas unitarias sueltas y compactas de los agregados son importantes debido a que se da a conocer el comportamiento de ellos en el momento en el cual serán usados como agregados para el concreto, gracias a este ensayo se logra saber cuánto más material se necesita para llenar los espacios vacíos que se encuentren en la mezcla. Para una buena elaboración de la mezcla de concreto es indispensable conocer el contenido de aire; esto se debe a que con un mayor contenido de aire la resistencia del concreto disminuirá notablemente.

El ensayo masas unitarias sueltas y compactas se referencia en la NTC 92 en el cual se da a conocer el procedimiento de esta prueba.

Equipo: Balanza, Varilla de apisonamiento, Molde

Figura 6. Molde con arena



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Figura 7. Molde con grava



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Procedimiento

Se pesa y se mide el molde vacío, se prepara la grava y la arena que se utilizan para el ensayo

Se procede vertiendo la primera muestra, dejándola caer a una altura de más o menos 10 cm.

Se llena el cilindro hasta el tope y se pesa nuevamente junto con la muestra, con cuidado tratando de no ejercer ningún tipo de vibración sobre ella.

Se vierte una capa de la primera muestra a una altura de 6,6 cm aproximadamente.

Se realiza la compactación producida por los 25 golpes de una varilla, seguido de verter una segunda capa y por ultimo una tercera, todas tres partes de la muestra

se realizó con el mismo procedimiento de compactación, al terminar se procede a pesar.

Este mismo procedimiento se realizó con la otra muestra (grava).

Tabla 3. Masas unitarias arena y grava

	Arena	Grava		
Molde + Material (gr)	10376	11200,12	Radio (cm)	9
Masa suelta	6376	7200,12	Altura (cm)	19,5
Masa Unitaria suelta (gr/cm ³)	1,285	1,451	Volumen (cm ³)	4962,16
			Peso (gr)	4000

Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Densidad Específica y Porcentaje de Absorción

Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso

Unas de las propiedades físicas importantes de los agregados es la densidad; de acuerdo con este ensayo se puede decir si el tipo de agregado con el que se cuenta, tiene poros saturables como no saturables, pues dependiendo de su permeabilidad pueden estar vacíos, parcialmente saturados o cien por ciento saturados, generando así una serie de estados de humedad y densidad del material.

Equipo.

Canastilla metálica

Tanque con agua

Dispositivo en suspensión

Tamiz N° 4

Grava sumergida en agua durante 24 horas

Procedimiento

Se procede a hacer un cuarteo del agregado.

Se incorpora el agregado grueso en el tamiz N°4 eliminando todo el material pasante de este tamiz.

Se lleva la muestra al horno

Se deja enfriar la muestra y se retoma a pesarla

Se sumerge la muestra de prueba en agua durante un periodo de 24 horas.

Figura 8. Muestra sumergida en agua 24 horas



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.

Después del periodo de inmersión se debe secar la muestra con un pañito, se determina el peso de la muestra en estado saturado.

Figura 9. Peso muestra en estado saturado



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Se vierte la muestra en la canasta metálica.

Se determina su peso sumergido en el agua.

Figura 10. Muestra en recipiente metálico



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Se saca la muestra de la canasta y se lleva nuevamente al horno entre dos y tres horas.

Finalmente se determina su peso nuevamente. Resultados Densidad específica arena y % absorción

Tabla 4. Resultados Densidad específica arena y % absorción

A (gr)	2964,7	A= Masa en aire de la muestra
B (gr)	3000	B= Masa en aire de la muestra saturada con superficie seca
C (gr)	1898,8	C= Masa sumergida en agua de la muestra saturada
Gravedad especific bulk	2,69	
Gravedad especifica bulk sss	2,72	
Gravedad especifica aparente	2,78	
% Absorción	1,19	

Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado fino

Para un buen diseño de mezcla es necesario no solo conocer la densidad específica y el porcentaje de absorción del agregado grueso si no tan bien el del agregado fino, debido a que estos se refieren a la forma de tomar el volumen del cuerpo, puesto que las partículas de los agregados para el concreto tienen porosidad y esa porosidad puede ser saturable o no saturable, esto influye en el diseño de mezcla y su durabilidad lo cual es importante conocerlo.

La densidad aparente y específica también se usa en el cálculo de vacíos del agregado en la NTC 92; para este ensayo es necesario seguir las especificaciones de I.N.V.E 222 – 07, el cual explica cómo se debe llevar a cabo este ensayo.

Material y equipo: Balanza, Picnómetro, Molde cónico, Pisón

Procedimiento

Se procede a lavar el material fino en un recipiente con agua y se deja en este durante 24 horas asegurando de que el material quede totalmente saturado.

Se toma la mitad de la muestra y se procede secarla un poco, esto se puede hacer con la ayuda de paños o periódico; hasta que quede superficialmente seco.

Después de secado el agregado se realiza el ensayo con el cono.

Introducir la muestra en el molde cónico, se apisona la muestra 25 veces dejando caer el pisón a más o menos 1cm de altura, esto se hace para comprobar si el material ensayo se encuentra superficialmente seco.

Quitar el molde cuidadosamente y si este se desmorona a más o menos 1/3 de la muestra, es porque este ha alcanzado la condición que se requiere y no hay humedad libre.

Figura 11. Ensayo molde cónico no hay humedad libre



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Se pesan los picnómetros solos, se toma lo registrado

Se llenan parcialmente los picnómetros con agua, y se pesa nuevamente.

Figura 12. Picnómetros con agua



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Inicialmente se llena con agua hasta un punto en el cuello entre las marcas 0 y 1 ml. Se registra la lectura inicial cuando el frasco y su contenido está a una temperatura de $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$. Se añade 100g de agregado. Después de introducir toda la muestra de agregado fino se pone el tapón en el frasco y se coloca en posición inclinada y se gira suavemente en círculos para eliminar el aire atrapado, hasta que no salgan burbujas de aire a la superficie. Se toma y registra la lectura final en el frasco.

Figura 13. Agitador mecánico



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Figura 14. Picnómetros, muestra, agua



Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Tabla 5. Resultados densidad específica y % absorción grava

Peso muestras (S)	100
-------------------	-----

Picnometro			
Agua 1 (B)	337,9	Muestra 1 (C)	399,8
Agua 2 (B)	366,6	Muestra 2 (C)	421,9
Agua 3 (B)	328,7	Muestra 3 (C)	390,9

Tara	Peso seco + Tara	Peso seco (A)
1	55,9	153,6
2	39,9	131,9
3	35,9	132,7

Muestra	Gbolk	GSB SSS	Densidad Aparente	% Absorción
1	2,564	2,625	2,729	2,354
2	2,058	2,237	2,507	8,696
3	2,561	2,646	2,798	3,306
Promedio	2,394	2,502	2,678	4,785

Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Dosificación: las proporciones básicas de una mezcla de concreto con resistencia de 21 MPA la cual cumpla con las características empleando los materiales analizados; se determinan de la siguiente manera:

Características de los materiales:

Agregado grueso:

Densidad aparente seca (Gg) = 2,69 gr/cm³
Tamaño máximo nominal (TMN) = 3/4"
Porcentaje de absorción (%ABSg) = 1,19%
Masa unitaria suelta (MUSg) = 1,45 gr/cm³

Agregado fino:

Densidad aparente seca (Gg) = 2,67 gr/cm³
Módulo de finura (MF) = 2,95
Porcentaje de absorción (%ABSg) = 4,78%
Masa unitaria suelta (MUSg) = 1,28 gr/cm³
Con el ajuste granulométrico de una gradación ideal según los recomendados por ASOCRETOS se obtuvo:
Agregado fino = 42%
Agregado grueso = 58%

Cemento:

Densidad (Gc) = 3,1 gr/cm³
Masa unitaria suelta (MUSc) = 1,13 gr/cm³

Agua:

Densidad (Ga) = 1,0 gr/cm³
Masa unitaria suelta (MUSa) = 1,0 gr/cm³

Selección del asentamiento

Según la tabla 6 y de acuerdo al tipo de material a analizar en este caso losas, columnas y cimentaciones, el asentamiento escogido = 7,0 cm.

Tabla 6. Asentamiento recomendado

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO mm.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN
MUY SECA	0,0 – 20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación.	Con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión.
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con máquina terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa.
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
MEDIA (PLÁSTICA)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
HUMEDA	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibración.
MUY HÚMEDA	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ".	Tubo-embudo-tremie.	Secciones altamente reforzadas con vibración.
SUPER FLUIDA	más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse.

Fuente: Tecnología del concreto Asocreto

Chequeo del tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal del agregado disponible es de 3/4".

Estimación del agua de mezcla

De acuerdo a la tabla 8, para obtener un asentamiento de 7,0 cm con un TMN = 3/4", es necesario 175 Kg de agua por m³ de concreto.

Tabla 7 Contenido de agua por m de concreto, según el asentamiento y el TMN

ASENTAMIENTO (cm)	CONCRETOS CON AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES (mm)						
	10	13	19	25	38	50	75
0,0 – 2,5	175	170	155	150	135	130	120
3,0 – 5,0	180	175	165	160	145	140	135
5,5 – 7,5	190	185	175	170	155	150	145
8,0 – 10,0	200	190	180	175	165	155	150
10,5 – 15,0	210	195	185	180	170	160	155
15,5 – 18,0	215	205	190	185	175	165	160
% CONTENIDO DE AIRE	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5

Fuente: Tecnología del concreto Asocreto Tomo 1

Determinación de la resistencia de dosificación.

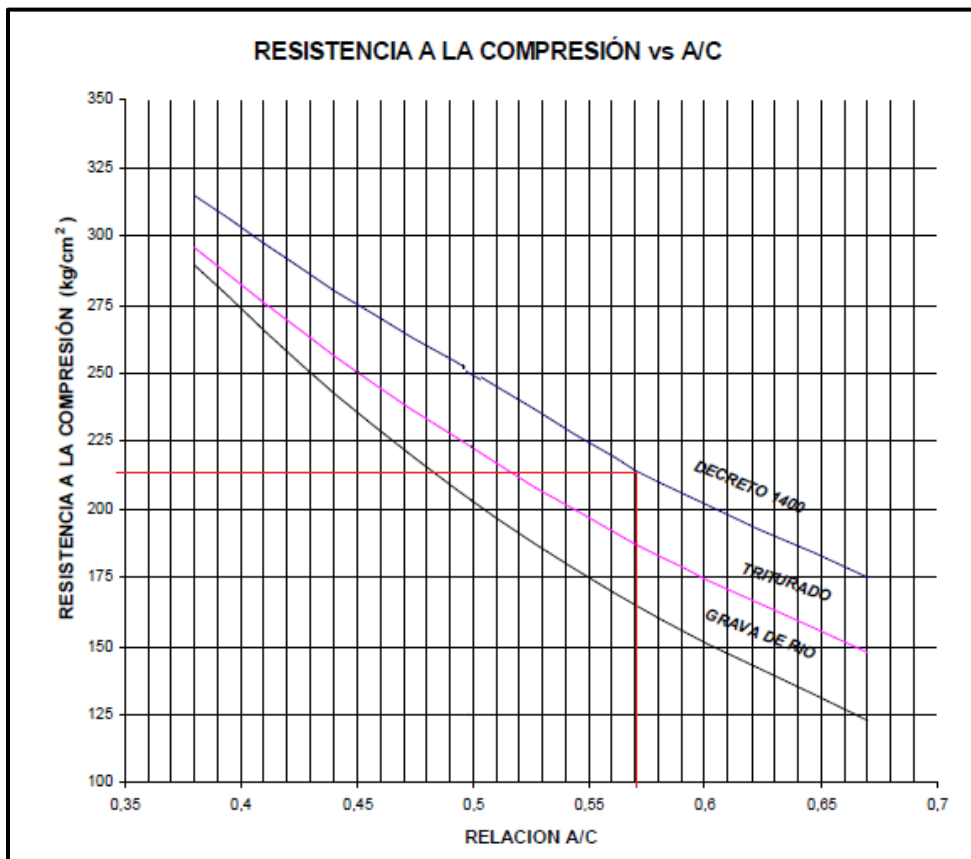
La resistencia de la dosificación seleccionada es de 21 MPa.

6.1.11 Selección de la relación Agua/Cemento

En la Ilustración 15 se muestra el comportamiento de los materiales según la resistencia a la compresión versus la relación Agua/Cemento, tomando como referencia los parámetros recomendados en el código colombiano de construcciones sismo resistente (Decreto 1400).

Con una resistencia de 210 MPa se obtiene un valor de relación Agua/Cemento = 0,55.

Grafico 4. Resistencia a la compresión vs Relación Agua/Cemento



Fuente: Tecnología del concreto Asocreto Tomo 1

Contenido de cemento

$$C = \frac{A}{A/C} \rightarrow C = \frac{175}{0,55} \rightarrow C = 318 \text{ Kg/m}^3$$

C= cemento

A= agua

A/C= relación agua – cemento

Contenido de agregados.

$$\text{Volumen abs. Agregados} = 1\text{m}^3 - \frac{175 \text{ Kg/m}^3}{1000\text{Kg/m}^3} - \frac{318\text{Kg/m}^3}{3100\text{Kg/m}^3} = 0,725 \text{ m}^3$$

G promedio

$$= \frac{100}{\frac{42}{2,67} + \frac{58}{2,69}} = 2681 \text{ kg/c} \rightarrow 2681 \text{ kg/m}^3 \times 0,725 \text{ kg/m}^3 = 1943,72 \text{ Kg/m}^3$$

Masa del agregado grueso = $1943,72 \text{ kg/m}^3 \times 0,58 = 1127,38 \text{ kg/m}^3$

Masa del agregado fino = $1943,72 \text{ kg/m}^3 \times 0,42 = 816,36 \text{ kg/m}^3$

Calculo de proporciones iniciales

Tabla 8. Proporciones iniciales

Material	Peso seco (Kg)	Peso especifico (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	308	3100	0,10
Agua	175	1000	0,18
Agregado Fino	816,36	2670	0,31
Agregado Grueso	1127,38	2690	0,42
TOTAL	2426,74		1,00

Fuente: Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Proporciones iniciales en masa seca: 1= 2, 65 = 3,66

RESULTADOS E INDICADORES

Esta investigación plantea un diseño para mezcla de concreto aligerado mediante la adición de Nylon que brinde resultados favorables respecto a la resistencia, cumpliendo así con los requerimientos para concreto estructural estipulados en la norma de construcciones sismo resistentes vigente en Colombia (NSR-10).

1.12 CONCRETOS MODIFICADOS

Ensayo No1. Densidad del Nylon

Para determinar la densidad del material se optó por dos ensayos, con el método de Arquímedes dando un resultado de 1050 kg/m^3 y por el método de peso/volumen en el cual se compacta el material en un recipiente, este ensayo da un resultado de 478 kg/m^3 .

De los resultados del ensayo de densidad se conoce que el cálculo del diseño de mezcla tiene un problema dado que el material no es consistente y varía en su densidad dependiendo del grado de compactación, y al hacer el diseño de mezcla por peso, es demasiada la cantidad de material a utilizar afectando el proceso de la mezcla.

Figura 15. Ensayo de densidad con el método de peso/volumen (izquierda) y Arquímedes (derecha)



Fuente: Los autores

Ensayo No 2: Fundicion del nylon

Se realizan ensayos para determinar si el nylon se puede fundir aplicandole calor. Primero se experimenta con materiales simples para determinar la posibilidad de cumplir con este proposito utilizando materiales comunes.

Los materiales caseros utilizados en el primer experimento son los siguientes:

- Cuchara de cocina normal
- Mechero
- Vela
- Muestra del material (NYLON)
- Molde (para darle forma cilindrica a la muestra)

Con este ensayo muy basico se determina que el material a utilizar se puede fundir a detrmnada temperatura y se le puede dar forma una vez fundido en un molde.

El ensayo se muestra en la Figura 16.

Se coloca una muestra del material sobre la cuchara, se aplica calor con llama de la vela. Una vez fundido el material se introduce en el molde y se le aplica presión para compactar el material.

Figura 16. Ensayo de fundicion del nylon



Fuente: Los autores

Figura 17. Procedimiento introducción de la muestra al molde



Fuente: Los autores

En el experimento se toma una parte de la muestra y se introduce directamente en el molde, luego de este proceso el material se expuso al fuego de la llama de la vela para aumentar la temperatura de este. Se mueve el molde de forma horizontal para darle una exposición al fuego de forma uniforme. Una vez caliente el molde y fundido el material se aplica presión para compactarlo y poder fundir más material en el mismo molde, repitiendo este procedimiento hasta que el material ocupe todo el molde.

Figura 18. Muestra retirada del molde



Fuente: Los autores

Se puede apreciar como queda la muestra después de retirar el molde. Se observa la muestra queda fundida de manera uniforme, y se observa una dureza y flexibilidad alta, ya que al tratar de doblarlo por la mitad, este se resiste impidiendo que se deforme y volviendo a su estado original.

Ensayo No 3: Ensayo de fundición del nylon con mayor cantidad de material

El objetivo de este segundo ensayo, es tratar de fundir a través de un recipiente de mayor tamaño que el del ensayo anterior, mas cantidad de material, con el fin de aumentar la producción de este. Este ensayo es casero.

Para este segundo ensayo se utilizan los siguientes materiales:

- Lata de cerveza o gaseosa
- Estufa
- Pinzas
- Mechero

Figura 19. Ensayo de fundición del nylon con mayor cantidad de material



Fuente: Los autores

Se aprecia el retiro de la parte superior de la lata para que de esta manera pueda servir como recipiente para la fundición del material, al recipiente con el material se le aplica calor con la estufa y se hace presión para que se compacte.

Figura 20. Muestra después de terminado el ensayo con mayor cantidad de material



Fuente: Los autores

Se observa la muestra después de haber terminado con el ensayo, se nota que la muestra no quedó compacta y no hubo fundición de la misma, por tanto se considera fallido el ensayo. Además, una parte importante de la experiencia es que al aplicarle calor genera emisión tóxica, por lo que se debe desarrollar este experimento en un lugar con las condiciones adecuadas de ventilación.

Ensayo No 4: Utilización del prototipo

Se llena y compacta el material dentro del molde hecho con latas de cerveza, que por tener un punto de fusión menor a 300 °C el molde no resiste las temperaturas de la llama.

Figura 21. Moldes de aleación de aluminio creados con latas de cerveza



Fuente: Los autores

Ensayo No 5 : Desarrollo de moldes de cobre

Mediante trabajo previo se determina la utilización de tubos de cobre para el desarrollo de los moldes y poder fundir el material, se opta por el cobre ya que este material puede soportar temperaturas de hasta 1000 °C y es manejable, considerando diámetros de 1 pulgada, medida que se adapta al desarrollo del experimento.

Figura 22. Desarrollo de moldes de cobre



Fuente: Los autores

Se utiliza un molde con abertura para facilitar la extracción del material fundido, se utiliza una base para estabilizar el molde dentro de la mufla (alcanza altas temperaturas) dos tapas para sellar los extremos del tubo, y un conector para mantener el tubo unido y cerrado

Figura 23. Molde de cobre con tapas



Fuente: Los autores

La Figura 23: muestra el molde de cobre con tapas para sellar los extremos y base para ubicar verticalmente en medio de la muffla para que el material reciba calor uniforme.

Figura 24. Moldes armados para la ubicación dentro de la muffla



Fuente: Los autores

Ensayo No 6 : Fundición de material nylon en muffla a 300°C – 330°C y 400°C

En este ensayo se funden 3 muestras compactadas en los moldes de cobre a diferentes temperaturas por 10 minutos, esto con el fin de determinar una temperatura y tiempo de fundición adecuada para conseguir el punto de fusión del nylon y poder utilizarlo en una mezcla de concreto como aditivo.

Figura 25. Compactación de material dentro del molde



Fuente: Los autores

Figura 26. Ubicacion del molde dentro de la muffla



Fuente: Los autores

Figura 27. Fundicion de la muestra



Fuente: Los autores

Figura 28. Extraccion de muestra fundida de nylon



Fuente: Los autores

Figura 29. Muestra fundidas a 300°C, 330°C y 400°C



Fuente: Los autores

Tabla 9. Cronograma de pruebas de ensayo

SEMANA	FECHA	ACTIVIDAD REALIZADA	DURACION	PRODUCTO
3	2-7 sep	Ensayo fundicion con molde de aluminio	6 h	Necesidad de un molde mas resistente al calor
4	8-14 sep	Investigacion Materiales para molde de fundicion	6 h	Tubos de cobre para desarrollar moldes para la fundicion
5	15-21 sep	Compra y desarrollo de moldes de cobre	6 h	Moldes para fundir nylon en una muffla
6	22-28 sep	Ensayo fundicion de nylon	6 h	Determinacion de temperatura de fundicion
7	29-5 Oct	Ensayo fundicion de nylon	6 h	Material compactado por calor

Fuente: Los autores

1.13 PRODUCCION DE PELLETS CON NYLON

Elaboracion en masa del material de estudio (Pellet)

Despues de haber hecho ensayos para determinar si el nylon se puede fundir a una determinada temperatura, se concluye que a temperatura de 300° C y un tiempo de exposicion de 10 minutos el nylon se solidifica convirtiendose en una barra con buena consistencia .

El proceso y los instrumentos para la elaboracion de este material son los siguientes.

Materiales: Mufla, cilindros de cobre (moldes), bandeja para moldes, pinzas, martillo, cincel, guantes de asbesto, material de estudio

Procedimiento

El primer paso que se lleva a cabo para la elaboracion, es el llenado de los moldes con el material de estudio, dandole una compactacion moderada con el cincel para que de esta forma sea mas homogenea la mezcla durante su fundicion.

Figura 30. Procedimiento elaboración en masa del material de estudio (Pellet) primer paso



Fuente: Los autores

Segundo paso: después de haber llenado los moldes con el material, se procede a ponerlos en la bandeja de moldes, la cual cumple la función de tener los moldes de forma vertical y separados.

Tercer paso: Se gradua la mufla para que la temperatura llegue hasta 300°, posteriormente se precalienta la mufla hasta que alcance dicha temperatura.

Figura 31. Pasos 2 y 3 Elaboración en masa del material de estudio (Pellet)



Fuente: Los autores

Paso 4: Cuando la temperatura en la mufla alcanza 300° C, se procede a introducir los moldes dentro de ella, se abre la puerta y se coloca con cuidado la bandeja y se cierra. Al realizar esta operación, la mufla pierde temperatura, por lo tanto hay que esperar a que alcance de nuevo los 300° C . Cuando esto ocurra se toma el tiempo de 10 minutos que debe permanecer las muestras en la mufla.

Figura 32. Paso 4 Elaboracion en masa del material de estudio (Pellet)



Fuente: Los autores

Paso 5: Después de los 10 minutos, se abre la mufla, y utilizando guantes de asbesto y un alicate se toma con cuidado la bandeja y se coloca dentro de un recipiente con agua, esto con el fin de acelerar el enfriado del molde.

Paso 6: Con el molde frio se procede a retirar el material, con un cincel de menor diametro que el tubo, y se aplica presión logrando que el material salga del molde.

Figura 33. Paso 7 Elaboracion en masa del material de estudio (Pellet)



Fuente: Los autores

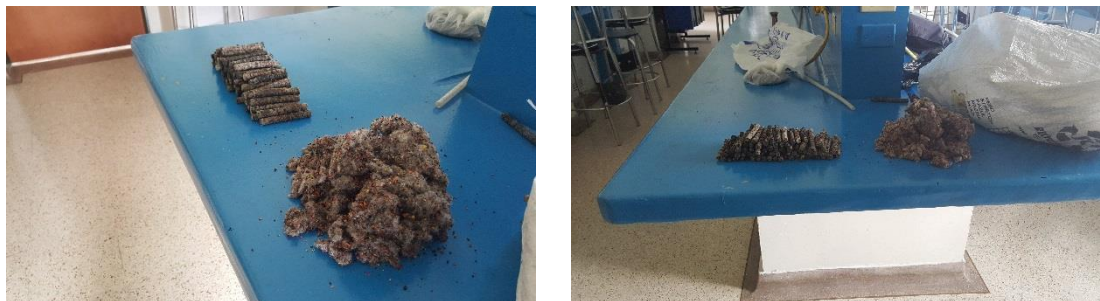
Paso 7: Despues de tener el material fundido, se procede a su corte en tramos de 1 cm. de largo

Figura 34. Paso 7 Elaboracion en masa del material de estudio (Pellet)



Fuente: Los autores

Figura 35. Resultado final Elaboración en masa del material de estudio (Pellet)



Fuente: Los autores

Tabla 10. Promedios de peso y diámetro del pellet

MUESTRA	ALTURA (MM)	DIAMETRO (MM)	PESO gr	AREA (MM)	VOLUMEN
1	10,11	1,15	0,84	103,87	1050,11
2	11,73	13,9	12,11	151,75	1779,99
3	11,53	12,38	0,94	120,37	1387,91
4	10,72	12,24	1	117,67	1261,38
5	14,54	12,65	1,69	125,68	1827,41
6	10,77	12,01	1,16	113,29	1220,09
7	14,57	11,55	1,05	104,77	1526,56
8	10,85	12,28	1,02	118,44	1285,04
9	12,45	13,22	1,3	137,26	1708,92
10	11,85	12,17	1,23	116,32	1378,44
PROMEDIO	11,912	12,39	2,234	120,94	1442,59
	1,1912	1,239		1,21	1,44

Fuente: Los autores

Tabla 11. Características de los cilindros de fundición

DIAMETRO P (CM)	ALTURA P (CM)	AREA CM	VOLUMEN (CM3)
15	30	176,71	5301,44

Fuente: Los autores

Tabla 12. Relación peso volumen del pellet

PORCENTAJE	VOLUMEN CM3	PESO GRAMOS
10%	245,1	279,4
5%	123	140,22

Fuente: Los autores

1.14 ELABORACION DE CILINDROS PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN

En este proceso se llevan a cabo las mezclas para diseñar un concreto de 21 Mpa mediante la utilización del material de prueba con distintos porcentajes de

este agregado, con esta mezcla se hace un cilindro testigo que se va a utilizar como referencia de los ensayos con agregados de nylon.

El proceso y los instrumentos para la elaboración de este material es el siguiente.

Materiales: molde metálico para la elaboración de la probeta, cemento, arena, triturado, agua, pala, palustre y material de estudio

Procedimiento

Para la realización del cilindro de prueba testigo y las probetas de ensayo se reemplaza el 5% y 10% del agregado grueso por el material de estudio, se procede de la siguiente manera:

Figura 36. Proceso elaboración de cilindros de ensayo



Para el cilindro que va a tener una modificación de su dosificación del 10% en el agregado grueso su peso es de 5,310 kg de triturado normal y 279 gr. de material de estudio.

Posteriormente, se pesar el cemento, que para ambos casos es la misma cantidad 1,687 kg.

Se debe colocar en un recipiente (probeta) la cantidad de agua necesaria que es 0,928 kg

Una vez pesados cada uno de los materiales se procede a hacer la mezcla con cada una de las diferentes dosificaciones.

Mezclados los componentes, se llenan los moldes, teniendo cuidado en dicho proceso y por cada una de las tres capas se dan 24 golpes con una barra metálica dentro del recipiente para homogenizar la mezcla dejandola lista para su fraguado.

Fuente: los autores

Pasadas 24 horas se desencofran los cilindros y se depositan en un tanque con agua a la espera de que tengan los tiempos de fraguado y proceder a ensayarlos en compresion.

Ensayos de compresión de cilindros a los 7 días

1.14.1.1 Ensayo de compresión de cilindros a los 7 días al 5%

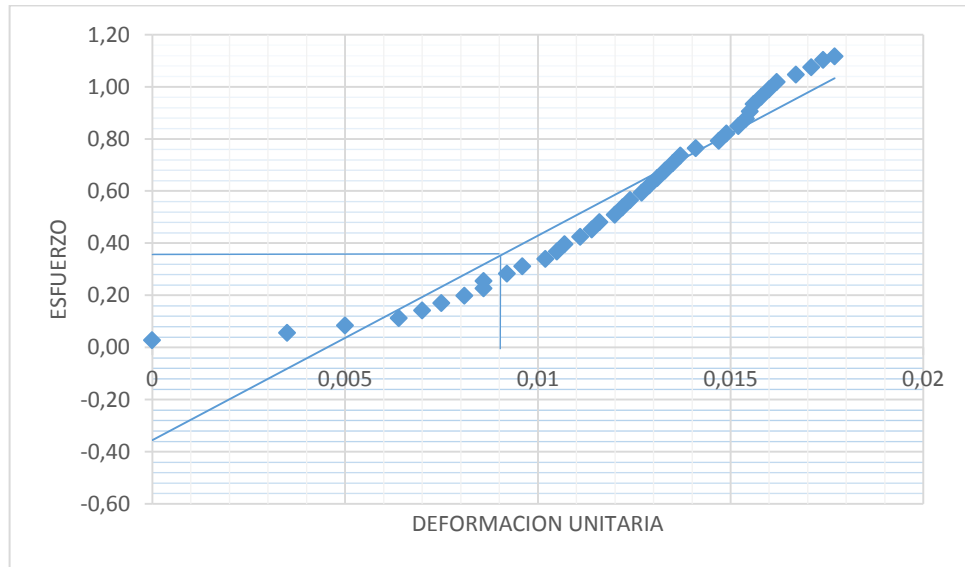
Tabla 13. Ensayo de compresión de cilindros a los 7 días al 5%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.03	0	0
10	176.715	0.06	35	0.0035
15	176.715	0.08	50	0.005
20	176.715	0.11	64	0.0064
25	176.715	0.14	70	0.007
30	176.715	0.17	75	0.0075
35	176.715	0.20	81	0.0081
40	176.715	0.23	86	0.0086

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
45	176.715	0.25	86	0.0086
50	176.715	0.28	92	0.0092
55	176.715	0.31	96	0.0096
60	176.715	0.34	102	0.0102
65	176.715	0.37	105	0.0105
70	176.715	0.40	107	0.0107
75	176.715	0.42	111	0.0111
80	176.715	0.45	114	0.0114
85	176.715	0.48	116	0.0116
90	176.715	0.51	120	0.012
95	176.715	0.54	122	0.0122
100	176.715	0.57	124	0.0124
105	176.715	0.59	127	0.0127
110	176.715	0.62	129	0.0129
115	176.715	0.65	131	0.0131
120	176.715	0.68	133	0.0133
125	176.715	0.71	135	0.0135
130	176.715	0.74	137	0.0137
135	176.715	0.76	141	0.0141
140	176.715	0.79	147	0.0147
145	176.715	0.82	149	0.0149
150	176.715	0.85	152	0.0152
155	176.715	0.88	154	0.0154
160	176.715	0.91	155	0.0155
165	176.715	0.93	156	0.0156
170	176.715	0.96	158	0.0158
175	176.715	0.99	160	0.016
180	176.715	1.02	162	0.0162
185	176.715	1.05	167	0.0167
190	176.715	1.08	171	0.0171
195	176.715	1.10	174	0.0174
197.44	176.715	1.12	177	0.0177
W	12.73	KG		
ESFUERZO MAXIMO		197.44	KN	
		12.83	Mpa	

Fuente: los autores

Grafico 5. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 7 días al 5%



Fuente: los autores

- De acuerdo a la Ley de Hooke podemos determinar el módulo de elasticidad de Young, para cada una de las mezclas y la probeta testigo

MODULO DE ELASTICIDAD		
5% 7 DIAS		
DELTA DE ESFUERZO	0.360	KG/CM ²
DELTA DEFORMACION UNITARIA	0.0098	
E	36.73	KG/CM ²

Fuente: los autores

Figura 37. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 7 días al 5%



Fuente: los autores

Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días

1.14.1.2 Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días testigo

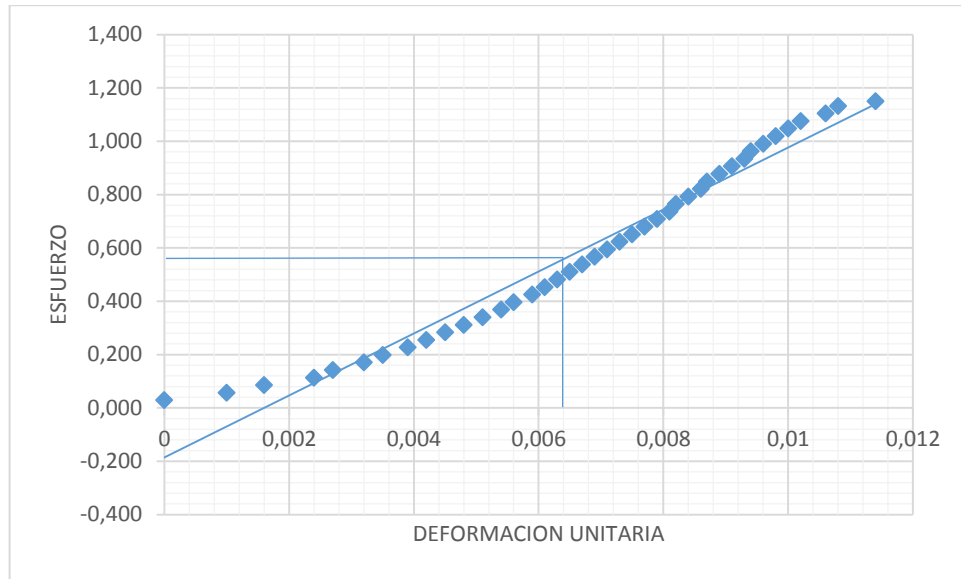
Tabla 14. Compresión de cilindros a los 14 días testigo

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	10	0.001
15	176.715	0.085	16	0.0016
20	176.715	0.113	24	0.0024
25	176.715	0.141	27	0.0027
30	176.715	0.170	32	0.0032
35	176.715	0.198	35	0.0035
40	176.715	0.226	39	0.0039
45	176.715	0.255	42	0.0042
50	176.715	0.283	45	0.0045

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
55	176.715	0.311	48	0.0048
60	176.715	0.340	51	0.0051
65	176.715	0.368	54	0.0054
70	176.715	0.396	56	0.0056
75	176.715	0.424	59	0.0059
80	176.715	0.453	61	0.0061
85	176.715	0.481	63	0.0063
90	176.715	0.509	65	0.0065
95	176.715	0.538	67	0.0067
100	176.715	0.566	69	0.0069
105	176.715	0.594	71	0.0071
110	176.715	0.622	73	0.0073
115	176.715	0.651	75	0.0075
120	176.715	0.679	77	0.0077
125	176.715	0.707	79	0.0079
130	176.715	0.736	81	0.0081
135	176.715	0.764	82	0.0082
140	176.715	0.792	84	0.0084
145	176.715	0.821	86	0.0086
150	176.715	0.849	87	0.0087
155	176.715	0.877	89	0.0089
160	176.715	0.905	91	0.0091
165	176.715	0.934	93	0.0093
170	176.715	0.962	94	0.0094
175	176.715	0.990	96	0.0096
180	176.715	1.019	98	0.0098
185	176.715	1.047	100	0.01
190	176.715	1.075	102	0.0102
195	176.715	1.103	106	0.0106
200	176.715	1.132	108	0.0108
203.13	176.715	1.149	114	0.0114
W	12.85	KG		
ESFUERZO MAXIMO		203.13	KN	
		11.49	MPa	

Fuente: los autores

Grafico 6. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 14 días testigo



Fuente: Los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
TESTIGO 14 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.56 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0064
E	87.50 KG/CM ²

Fuente: los autores

1.14.1.3 Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días AL 5%

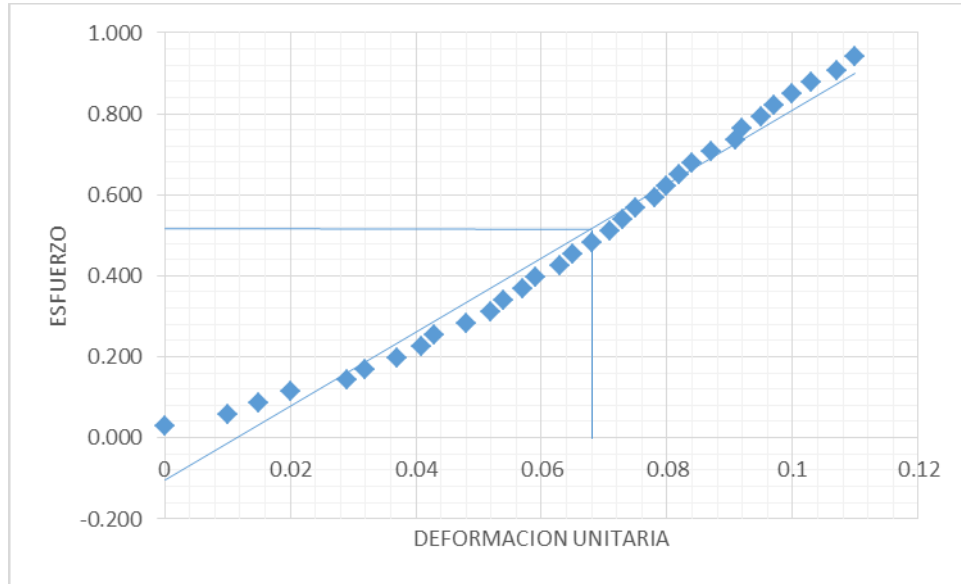
Tabla 15. Compresión de cilindros a los 14 días al 5%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	10	0.01
15	176.715	0.085	15	0.015
20	176.715	0.113	20	0.02
25	176.715	0.141	29	0.029
30	176.715	0.170	32	0.032

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
35	176.715	0.198	37	0.037
40	176.715	0.226	41	0.041
45	176.715	0.255	43	0.043
50	176.715	0.283	48	0.048
55	176.715	0.311	52	0.052
60	176.715	0.340	54	0.054
65	176.715	0.368	57	0.057
70	176.715	0.396	59	0.059
75	176.715	0.424	63	0.063
80	176.715	0.453	65	0.065
85	176.715	0.481	68	0.068
90	176.715	0.509	71	0.071
95	176.715	0.538	73	0.073
100	176.715	0.566	75	0.075
105	176.715	0.594	78	0.078
110	176.715	0.622	80	0.08
115	176.715	0.651	82	0.082
120	176.715	0.679	84	0.084
125	176.715	0.707	87	0.087
130	176.715	0.736	91	0.091
135	176.715	0.764	92	0.092
140	176.715	0.792	95	0.095
145	176.715	0.821	97	0.097
150	176.715	0.849	100	0.1
155	176.715	0.877	103	0.103
160	176.715	0.905	107	0.107
166.43	176.715	0.942	110	0.11
W	12.75	KG		
ESFUERZO MAXIMO		166.43	KN	
		9.42	Mpa	

Fuente: los autores

Grafico 7. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 14 días al 5%



Fuente: los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
5% 14 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.520 KM/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0068
E	76.47 KG/CM ²

Fuente: Los autores

1.14.1.4 Ensayo de compresión de cilindros a los 14 días AL 10%

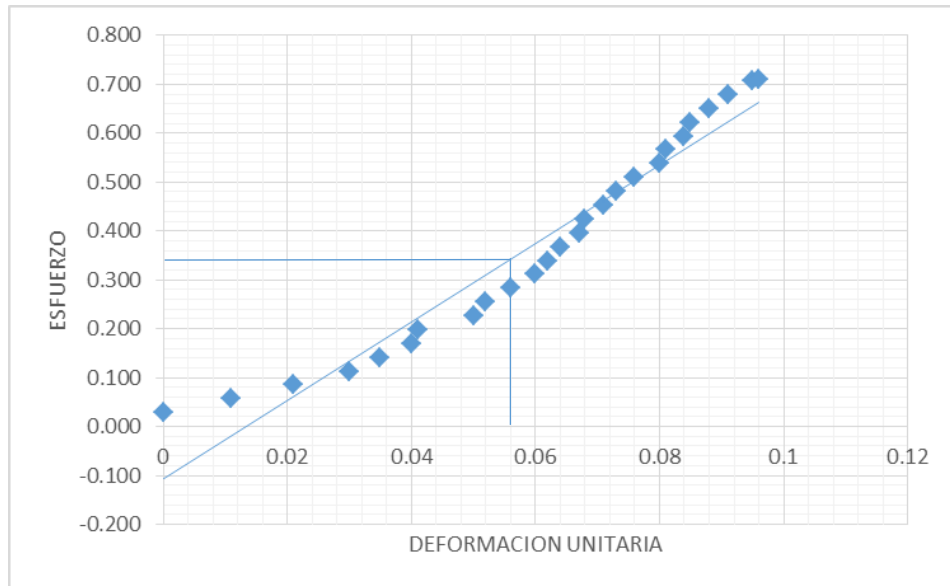
Tabla 16. Compresión de cilindros a los 14 días al 10%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	11	0.011
15	176.715	0.085	21	0.021
20	176.715	0.113	30	0.03

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
25	176.715	0.141	35	0.035
30	176.715	0.170	40	0.04
35	176.715	0.198	41	0.041
40	176.715	0.226	50	0.05
45	176.715	0.255	52	0.052
50	176.715	0.283	56	0.056
55	176.715	0.311	60	0.06
60	176.715	0.340	62	0.062
65	176.715	0.368	64	0.064
70	176.715	0.396	67	0.067
75	176.715	0.424	68	0.068
80	176.715	0.453	71	0.071
85	176.715	0.481	73	0.073
90	176.715	0.509	76	0.076
95	176.715	0.538	80	0.08
100	176.715	0.566	81	0.081
105	176.715	0.594	84	0.084
110	176.715	0.622	85	0.085
115	176.715	0.651	88	0.088
120	176.715	0.679	91	0.091
125	176.715	0.707	95	0.095
125.71	176.715	0.711	96	0.096
W	12.4	KG		
		125.71	KN	
ESFUERZA MAXIMO		7.11	Mpa	

Fuente: los autores

Grafico 8. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 14 días al 10%



Fuente: los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
10% 14 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.340 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0056
E	60.71 KG/CM ²

Fuente: los autores

Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días

1.14.1.5 Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días testigo

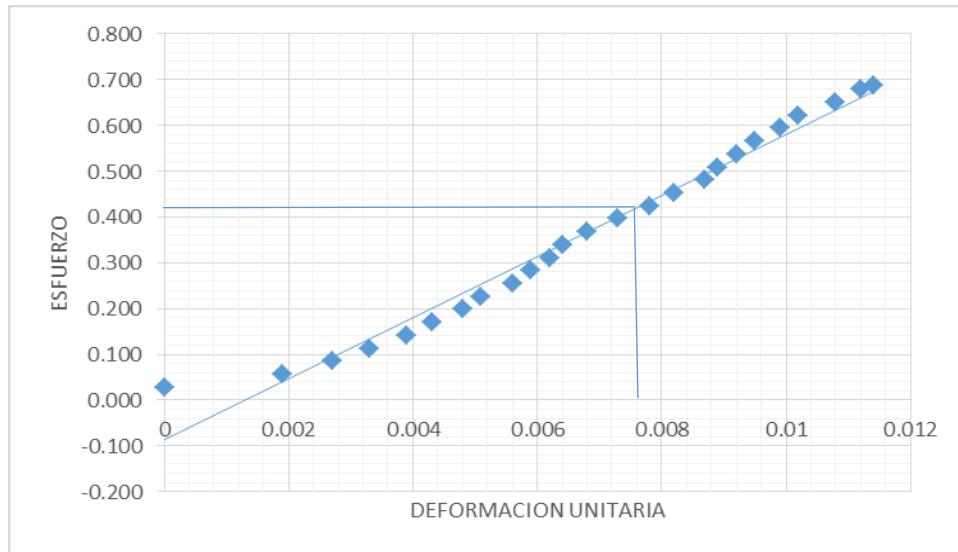
Tabla 17. Compresión de cilindros a los 21 días testigo

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM2)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	19	0.0019
15	176.715	0.085	27	0.0027
20	176.715	0.113	33	0.0033

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM2)	
25	176.715	0.141	39	0.0039
30	176.715	0.170	43	0.0043
35	176.715	0.198	48	0.0048
40	176.715	0.226	51	0.0051
45	176.715	0.255	56	0.0056
50	176.715	0.283	59	0.0059
55	176.715	0.311	62	0.0062
60	176.715	0.340	64	0.0064
65	176.715	0.368	68	0.0068
70	176.715	0.396	73	0.0073
75	176.715	0.424	78	0.0078
80	176.715	0.453	82	0.0082
85	176.715	0.481	87	0.0087
90	176.715	0.509	89	0.0089
95	176.715	0.538	92	0.0092
100	176.715	0.566	95	0.0095
105	176.715	0.594	99	0.0099
110	176.715	0.622	102	0.0102
115	176.715	0.651	108	0.0108
120	176.715	0.679	112	0.0112
121.62	176.715	0.688	114	0.0114
W	12.85	GK		
ESFUERZO MAXIMO	121.62	KN		
	6.88	MPa		

Fuente: Los autores

Grafico 9. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 21 días testigo

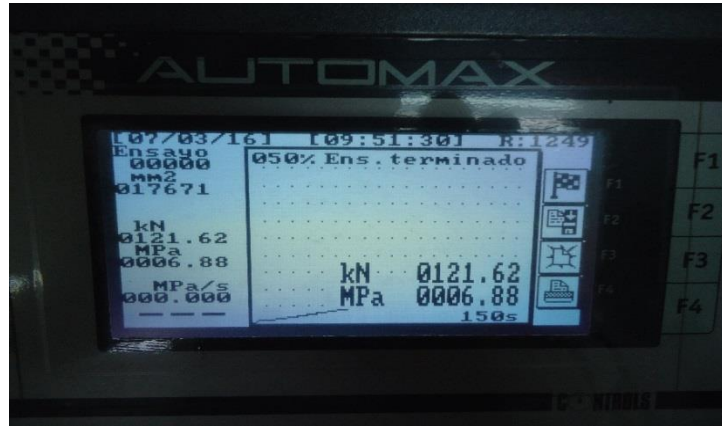


Fuente: Los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
TESTIGO 21 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.420 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0076
E	55.26 KG/CM ²

Fuente: Los autores

Figura 38. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 21 días testigo



Fuente: Los autores

1.14.1.6 Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días AL 5%

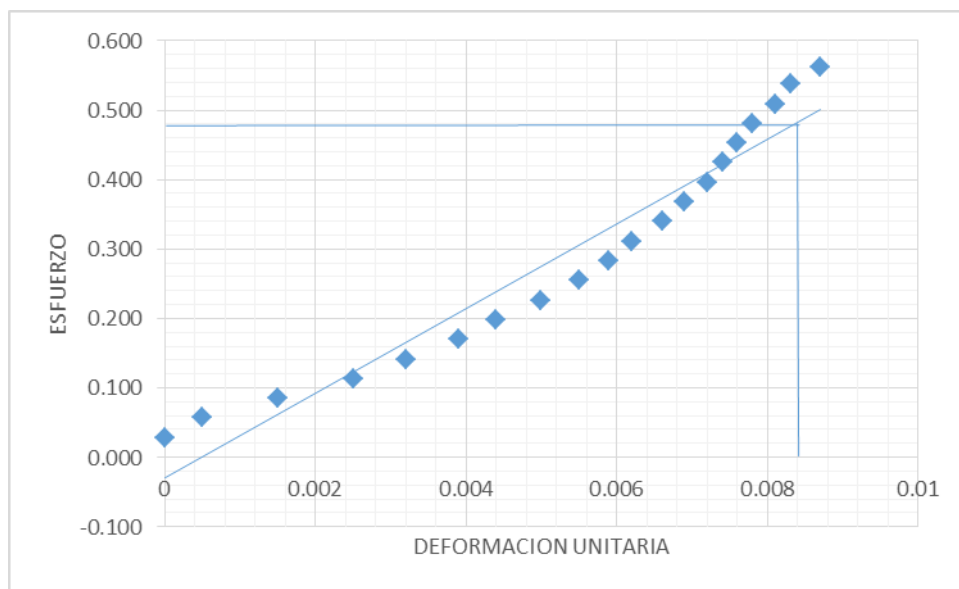
Tabla 18. Compresión de cilindros a los 21 días AL 5%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	5	0.0005
15	176.715	0.085	15	0.0015
20	176.715	0.113	25	0.0025
25	176.715	0.141	32	0.0032
30	176.715	0.170	39	0.0039
35	176.715	0.198	44	0.0044
40	176.715	0.226	50	0.005
45	176.715	0.255	55	0.0055
50	176.715	0.283	59	0.0059
55	176.715	0.311	62	0.0062
60	176.715	0.340	66	0.0066
65	176.715	0.368	69	0.0069
70	176.715	0.396	72	0.0072
75	176.715	0.424	74	0.0074
80	176.715	0.453	76	0.0076
85	176.715	0.481	78	0.0078
90	176.715	0.509	81	0.0081
95	176.715	0.538	83	0.0083

99.31	176.715	0.562	87	0.0087
W	12.73	KG		
ESFUERZO MAXIMO	99.31	KN		
	5.62	Mpa		

Fuente: Los autores

Grafico 10. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 21 días al 5%.



Fuente: Los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
5% 21 DIAS	
DELTA DEESFUERZO	0.480 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0084
E	57.14 KG/CM ²

Fuente: Los autores

Figura 39. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 21 días al 5%



Fuente: los autores

1.14.1.7 Ensayo de compresión de cilindros a los 21 días al 10%

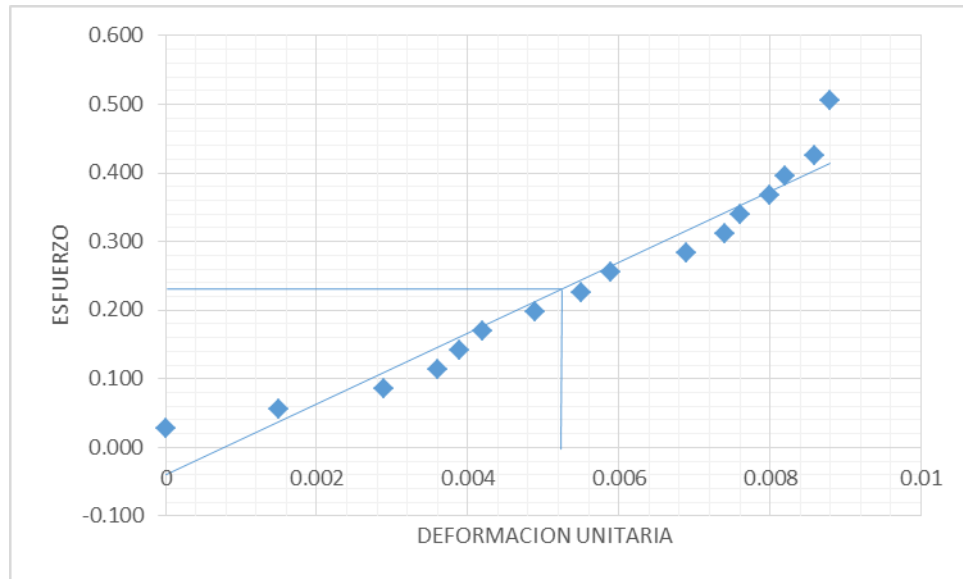
Tabla 19. Compresión de cilindros a los 21 días al 10%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	15	0.0015
15	176.715	0.085	29	0.0029
20	176.715	0.113	36	0.0036
25	176.715	0.141	39	0.0039
30	176.715	0.170	42	0.0042
35	176.715	0.198	49	0.0049
40	176.715	0.226	55	0.0055
45	176.715	0.255	59	0.0059
50	176.715	0.283	69	0.0069
55	176.715	0.311	74	0.0074
60	176.715	0.340	76	0.0076
65	176.715	0.368	80	0.008
70	176.715	0.396	82	0.0082
75	176.715	0.424	86	0.0086
89.44	176.715	0.506	88	0.0088
W	12.34	KG		
ESFUERZO	89.44	KN		

MAXIMO	5.06	Mpa
---------------	------	-----

Fuente: los autores

Grafico 1. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 21 días al 10%



Fuente: los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
10% 21 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.230 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0052
E	44.23 KG/CM ²

Fuente: los autores

Figura 40. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 21 días al 10%



Fuente: Los autores

Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días

1.14.1.8 Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días testigo

Tabla 20. Compresión de cilindros a los 28 días testigo

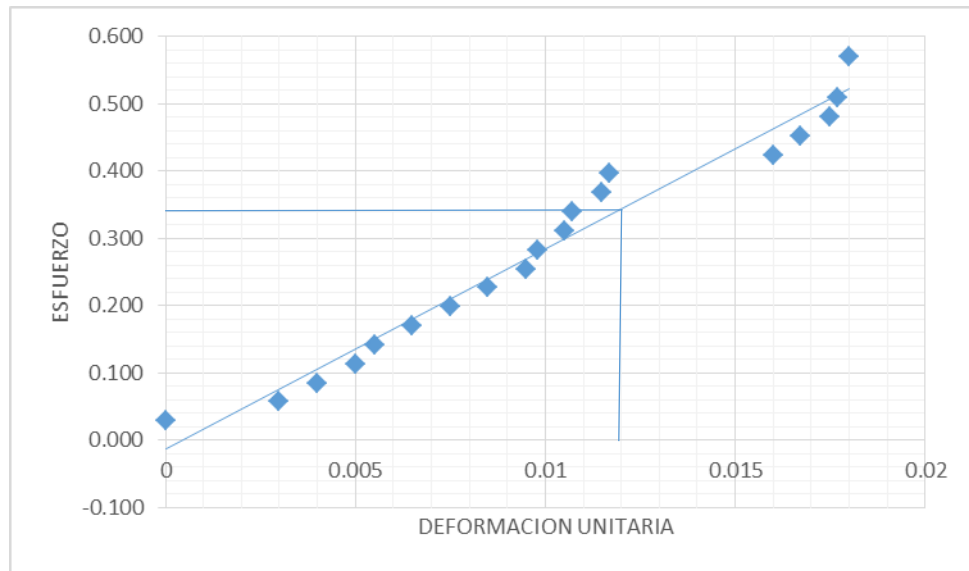
FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	30	0.003
15	176.715	0.085	40	0.004
20	176.715	0.113	50	0.005
25	176.715	0.141	55	0.0055
30	176.715	0.170	65	0.0065
35	176.715	0.198	75	0.0075
40	176.715	0.226	85	0.0085
45	176.715	0.255	95	0.0095
50	176.715	0.283	98	0.0098
55	176.715	0.311	105	0.0105
60	176.715	0.340	107	0.0107
65	176.715	0.368	115	0.0115

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)
70	176.715	0.396	117 0.0117
75	176.715	0.424	160 0.016
80	176.715	0.453	167 0.0167
85	176.715	0.481	175 0.0175
90	176.715	0.509	177 0.0177
100.63	176.715	0.569	180 0.018

W	12.96	KG
---	-------	----

ESFUERZO MAXIMO	100.63	KN
	5.68	MPa

Grafico 2. Fuerza Vs deformación cilindro 28 días testigo



Fuente: los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
TESTIGO 28 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.340 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.012
E	28.33 KG/CM ²

Fuente: los autores

Figura 41. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 28 días testigo



Fuente: los autores

1.14.1.9 Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días AL 5%

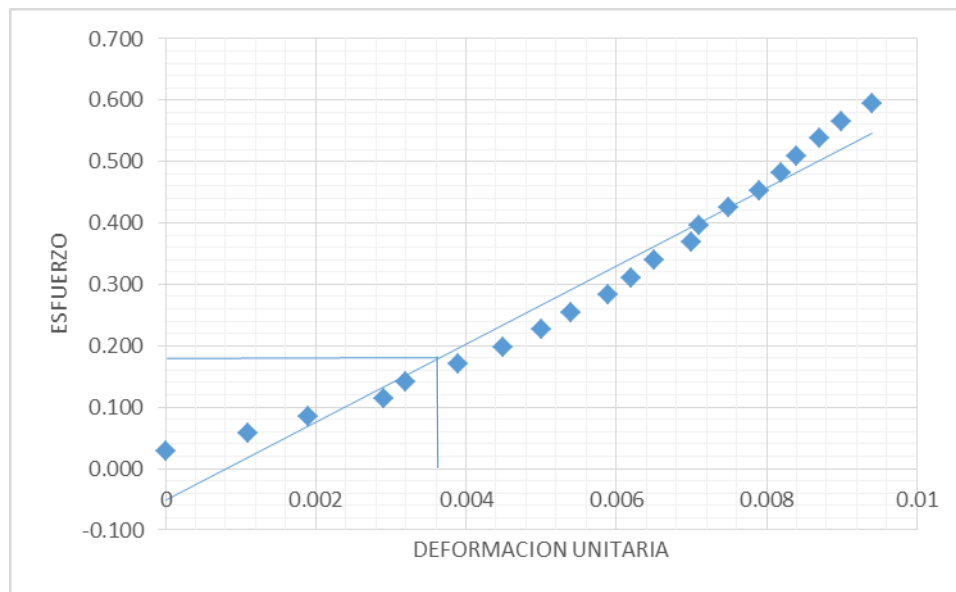
Tabla 21. compresión de cilindros a los 28 días AL 5%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	11	0.0011
15	176.715	0.085	19	0.0019
20	176.715	0.113	29	0.0029
25	176.715	0.141	32	0.0032
30	176.715	0.170	39	0.0039
35	176.715	0.198	45	0.0045
40	176.715	0.226	50	0.005
45	176.715	0.255	54	0.0054
50	176.715	0.283	59	0.0059
55	176.715	0.311	62	0.0062
60	176.715	0.340	65	0.0065
65	176.715	0.368	70	0.007
70	176.715	0.396	71	0.0071
75	176.715	0.424	75	0.0075
80	176.715	0.453	79	0.0079
85	176.715	0.481	82	0.0082
90	176.715	0.509	84	0.0084
95	176.715	0.538	87	0.0087
100	176.715	0.566	90	0.009

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)
104.97	176.715	0.594	94
W	12.76	KG	
ESFUERZO MAXIMO	104.97	KN	
	5.94	Mpa	

Fuente: los autores

Grafico 3. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 28 días al 5%

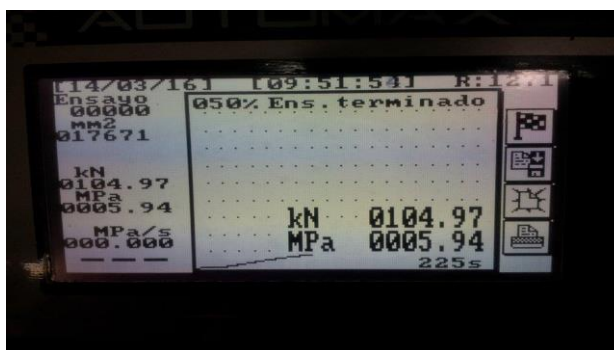


Fuente: los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
5% 28 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.180 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.0036
E	50.00 KG/CM ²

Fuente: los autores

Figura 42. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 28 días al 5%



Fuente: Los autores

1.14.1.10 Ensayo de compresión de cilindros a los 28 días AL 10%

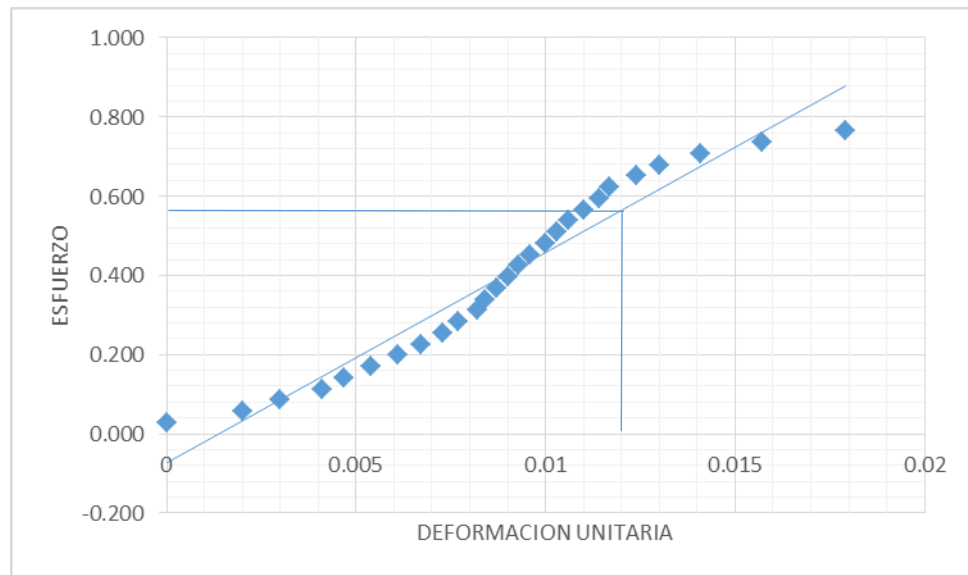
Tabla 22. Compresión de cilindros a los 28 días AL 10%

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)	
5	176.715	0.028	0	0
10	176.715	0.057	20	0.002
15	176.715	0.085	30	0.003
20	176.715	0.113	41	0.0041
25	176.715	0.141	47	0.0047
30	176.715	0.170	54	0.0054
35	176.715	0.198	61	0.0061
40	176.715	0.226	67	0.0067
45	176.715	0.255	73	0.0073
50	176.715	0.283	77	0.0077
55	176.715	0.311	82	0.0082
60	176.715	0.340	84	0.0084
65	176.715	0.368	87	0.0087
70	176.715	0.396	90	0.009
75	176.715	0.424	93	0.0093
80	176.715	0.453	96	0.0096
85	176.715	0.481	100	0.01
90	176.715	0.509	103	0.0103
95	176.715	0.538	106	0.0106
100	176.715	0.566	110	0.011

FUERZA (KN)	AREA (CM2)	ESFUERZO (KN/CM2)	DEFORMACION UNITARIA (CM)
105	176.715	0.594	114
110	176.715	0.622	117
115	176.715	0.651	124
120	176.715	0.679	130
125	176.715	0.707	141
130	176.715	0.736	157
135	176.715	0.764	179
W	12.4	KG	
ESFUERZO MAXIMO		135.07	KN
		7.64	Mpa

Fuente: los autores

Grafico 4. Esfuerzo Vs deformación unitaria cilindro 28 días al 10%



Fuente: los autores

MODULO DE ELASTICIDAD	
10% 28 DIAS	
DELTA DE ESFUERZO	0.560 KG/CM ²
DELTA DE DEFORMACION UNITARIA	0.012
E	46.67 KG/CM ²

Fuente: los autores

Figura 43. Resultado de esfuerzos de compresión cilindro 28 días al 5%



Fuente: los autores

Tabla 23. Relación de pesos y esfuerzos según su porcentaje y número de días

TABLA DE RELACION DE PESOS Y ESFUERZOS SEGÚN SU PORCENTAJE Y NUMERO DE DIAS				
CILINDRO %	CANTIDAD DE DIAS	ESFUERZO		PESO
		Mpa	KN	
5%	7	12.83	197.44	12.73
TESTIGO	14	11.49	203.13	12.85
5%	14	9.42	166.43	12.75
10%	14	7.11	125.71	12.4
TESTIGO	21	6.88	121.62	12.85
5%	21	5.62	99.31	12.73
10%	21	5.06	89.44	12.34
TESTIGO	28	5.68	100.63	12.96
5%	28	5.94	104.97	12.76
10%	28	7.64	137.07	12.4

	Se obtiene mayor resistencia que el cilindro testigo
	Da menor resistencia que el cilindro testigo
	No hubo cilindro testigo

El 66,67% de los cilindros de ensayo dieron menor resistencia que la obtenida por el cilindro testigo
EL 33,33% de los cilindros de ensayo dieron mayor resistencia que la

obtenida por el cilindro testigo

Fuente: los autores

Tabla 24. Módulo de elasticidad

TABLA DE MODULO DE ELASTICIDAD		
CILINDRO %	CANTIDAD DE DIAS	Es (KG/CM ²)
5%	7	36.73
TESTIGO	14	87.5
5%	14	76.47
10%	14	60.71
TESTIGO	21	55.26
5%	21	57.14
10%	21	44.23
TESTIGO	28	28.33
5%	28	50
10%	28	46.67

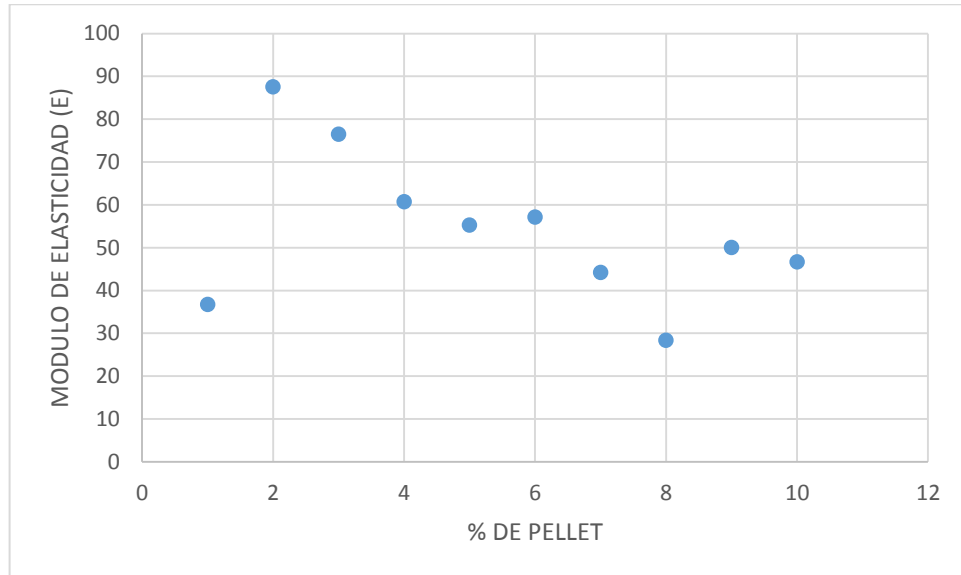
Fuente: los autores

Tabla 25. Módulo de elasticidad vs % de pellet

TABLA DE MODULO DE ELASTICIDAD VS % DE PELLET		
CANTIDAD DE DIAS	CANTIDAD DE DIAS	E (KG/CM ²)
5	5%	36.73
14	TESTIGO	87.5
14	5%	76.47
14	10%	60.71
21	TESTIGO	55.26
21	5%	57.14
21	10%	44.23
28	TESTIGO	28.33
28	5	50
28	10	46.67

Fuente: los autores

Grafico 14. Módulo de elasticidad vs % de pellet



Fuente: los autores

1.15 ENSAYO DE ESCLEROMETRO

Mediante la utilización del esclerometro se quiere determinar la resistencia del material de estudio, y compararlo mediante el mismo ensayo con la resistencia del pavimento flexible y del concreto hidraulico. Teniendo en cuenta que este es un ensayo indirecto, toda vez que hay que correlacionar la altura de rebote con la resistencia a la compresión

Procedimiento

Figura 44. Ensayo de esclerómetro



Se toma el esclerometro y se posiciona su punta en la superficie del material a analizar. En este caso es pavimento flexible, concreto hidraulico y material de estudio



Luego se hace presion hacia abajo hasta sentir que la punta haga un martilleo sobre la superficie y simultaneamente se debe presionar el boton en la parte superior del esclerometro



Al presionar el boton se asegura la punta y asi se puede leer la medida que arroja el ensayo.



Este mismo procedimineto se lleva a cabo 5 veces mas para de esta manera se pueda sacar un promedio y poderlo corelacionar con la tabla para determinar su resistencia.

Table for determining resistance. The table is titled "Seven Compressive strength (Mpa) / Rm" and contains a grid of data for different concrete strengths and hammer readings.

Tabla para determinar su resistencia.

Table for determining resistance. The table is titled "Seven Compressive strength (Mpa) / Rm" and contains a grid of data for different concrete strengths and hammer readings.

Tabla para determinar su resistencia.

Fuente: los autores

Tabla 26. Resultados ensayo esclerómetro en pavimento flexible

ESCLEROMETRO	
Medida	
	15
	19
	17
	15
	20
Promedio	17,2
Según tabla	10,3 Mpa

Fuente: los autores

Tabla 27. Resultados ensayo esclerómetro en material de estudio (Pellet)

ESCLEROMETRO	
Medida	
	22
	22
	20
	22
	20
Promedio	21,2
Según tabla	10,3 Mpa

Fuente: los autores

Tabla 28. Resultados ensayo esclerómetro en cilindros de concreto

ESCLEROMETRO	
Medida	
	31
	27
	29
	30
	29
Promedio	29,2
Según tabla	22,1 Mpa

Fuente: los autores

CONCLUSIONES

Del proceso de solidificación del material de estudio “NYLON” se puede concluir que es un material que efectivamente se puede moldear mediante la aplicación de calor en un determinado tiempo, dándole a este una forma cilíndrica que permite un mejor manejo y disposición para su utilización en la mezcla de concreto.

El material que se obtiene después de su fundición, tiene una forma muy homogénea, sus características son muy favorables ya que tiene una buena dureza, pero al mismo tiempo es un material muy flexible y liviano que efectivamente se puede usar en la mezcla.

En el ensayo de compresión se puede concluir que el material de estudio a medida que su porcentaje de remplazo del agregado grueso es mayor, la resistencia del concreto debido a esta mezcla disminuye.

En el ensayo de resistencia con el esclerómetro se concluye que el material de estudio “nylon” tiene una buena resistencia ya que al compararlo con los ensayos que se hicieron con pavimento flexible y concreto hidráulico, el resultado determina que su resistencia es mayor que el flexible y menor que el hidráulico dando buenas expectativas para su utilización en concreto flexible.

Los resultados de la resistencia última y módulos de elasticidad a los 21 y 28 días que muestran incrementos permiten concluir que estos concretos pueden alcanzar una mayor deformación que los sin mezclas de nylon, esto es debido, a las características que dicho material alcanza cuando se trata en la forma como se realizó en la investigación, es decir, trabajándolo en pellets.

Así mismo, se abre la posibilidad de un trabajo de investigación para utilizarlo en la forma como sale del proceso en la planta de FLEXCO en Dosquebradas y utilizarlo como láminas para reforzamiento de concreto, algo semejante a lo que está haciendo con las fibras de carbono.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el material de estudio (nylon), como un posible agregado en la mezcla del pavimento flexible ya que las características de resistencia según el ensayo realizado con el esclerómetro son muy similares a este, además del estudio de otros parámetros que puedan contribuir en el mejoramiento de los citados pavimentos.

Se recomienda desarrollar un nuevo trabajo cambiando el sistema de fundición del nylon, a moldes de mayor diámetro, para utilizar este en la mezcla de concreto y observar su resultado.

Se recomienda una investigación de la posible utilización del material de estudio en su forma original (sin la aplicación de calor) en forma de láminas para aplicarlo sobre la superficie del concreto fisurado, como un reforzamiento del mismo.

BIBLIOGRAFIA

APRENDIENDO FISICA. (s.f.). Medida consistencia del hormigón -Cono de Abrams. Obtenido de <http://aprendiendofisica.bligoo.com.uy/media/users/26/1319209/files/411509/MedidaConsistenciaHORMIGON.ConoABRAMS.pdf>

ARREOLA, D., RAMIREZ M., L. S., SEDANO, D., PELAYO L., J. A., GUTIERREZ C., J. R., & BERNABE R., F; Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros Aligerados Elaborados con Nano-compuestos Espumados de Polietileno de Alta Densidad Reciclado y Cemento Portland. 2013. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP102.pdf>

BLOG 360 GRADOS CONCRETO; Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la comprensión. 2015. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>

BASF- The Chemical Company. (s.f.). Obtenido de http://www.thewall.cl/image/data/ficha_poliestireno.pdf

CARRILLO L., W. J. Estimación de los periodos naturales de vibración de viviendas de baja altura con muros de concreto. 2009. Obtenido de http://www.umng.edu.co/documents/guest/7.%20Informato/Revista%20Ciencia%20e%20Ingenieria%20Neogranadina/Revista%20Vol.19_1/sow_articulo_3_19_1.pdf

CEPAL. el terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. 1990. Obtenido de <http://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/servicios/DoDocumen/Lista%20de%20Precios%20Lab%20SCP-EAFIT%202013.pdf>

LOPEZ A., M. A. (s.f.). Evaluación de los procesos de corrosión en concretos aligerados con EPS expuestos en medios simulados y reales. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33793/1/lopezavilamario.pdf>

MACEDO, M. C. Compuesto de yeso e icopor para la construcción de casas populares. 2011; Natal. Obtenido de

http://search.proquest.com/cv_791920/docview/1115566732/13DE70EE2263F2AD49/46?accountid=46889

MONSALVE J., H. El sismo de armenia, Colombia, Un análisis tele sísmico de ondas de cuerpo, observaciones de campo y aspectos sismo tectónicos. 2002. Obtenido de http://search.proquest.com/cv_791920/docview/194685198/13DE76FBDB11211CA7/17?accountid=46889

OCHOA, M. Desastre Sísmicos. 2003. (U. d. México, Editor) Obtenido de www.disasterinfo.net/lideres/spanish/mexico2003/presenta/Alumnos/Ochoa%20Marina/Crisis%20y%20desarrolloPPT.pdf

QUINTERO, S., & GONZALES S., L. Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. 2006. Obtenido de http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/20/uso_de_la_fibra_de_coco.pdf

RIVERA L., G. (s.f.). Concreto simple - Dosificación de mezclas de concreto.

CARRILLO, Julián, ALCOCER, Sergio M., & APERADOR. INGENIERÍA INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA, VOLUMEN XIV (NÚMERO 2): 285-298- Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. , ABRIL-JUNIO 2013