

EVALUACION DE LA RESISTENCIA EN UN BALDOSIN, MEDIANTE LA
ADICION DE FIBRAS DE ALGODÓN, NYLON Y POLYESTER.

SANTIAGO ALVARADO RÍOS

CRISTIAN ELISEO OLEJUA BETANCOURTH

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCRAMANGA
2015

EVALUACION DE LA RESISTENCIA EN UN BALDOSIN, MEDIANTE LA
ADICION DE FIBRAS DE ALGODÓN, NYLON Y POLYESTER.

SANTIAGO ALVARADO RÍOS

CRISTIAN ELISEO OLEJUA BETANCOURTH

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero civil.

Director

M. Sc. Ing. LUIS ALBERTO CAPACHO SILVA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCRAMANGA

2015

AGRADECIMIENTO

QUIERO DEDICAR ESTE TRABAJO A MI MADRE QUE AUNQUE YA NO ESTÁ CONMIGO, SU RECUERDO AÚN PERMANECE VIVO Y ES EL QUE ME HA MOTIVADO EN MOMENTOS DIFÍCILES. A MI PADRE Y HERMANOS POR SU INCONDICIONAL AYUDA.

ESPECIAL AGRADECIMIENTO ESPECIAL A ANA VICTORIA "VICKY" POR SU PACIENCIA Y COLABORACIÓN EN TODOS ESTOS AÑOS DE ESTUDIO.

AGRADECIMIENTO SINCERO AL ARQ. MAURICIO TARAZONA, A SU FAMILIA Y EQUIPO DE TRABAJO POR BRINDARME EL TIEMPO NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, EN MEDIO DE LA JORNADA LABORAL ASÍ COMO POR BRINDARME SU AMISTAD.

SANTIAGO ALVARADO RÍOS.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios primeramente por su infinita bondad y compañía en los momentos más difíciles en el trascurso de mi carrera, mi verdadero amigo en momentos de alegría y tristeza dándome sabiduría al momento de resolver problemas para seguir adelante.

Agradezco infinitamente a mi padre **Evaristo olejua Barajas** y a mi madre **Silvia Betancourth Guerrero** por su apoyo incondicional, por poner su confianza en mí sin nada a cambio, a mi hija **Danna Sofía Olejua Carreño** y a **Diana Carreño Cuaji** por su amor, paciencia y esperanza. A mi hermano **Fredy Olejua Betancourth** por su disposición y actitud en los momentos de resolver un problema.

Le doy gracias a la familia **Pérez Valenzuela** por su confianza, dedicación y apoyo.

Gracias a mis amigos (@) **Yesid Ortiz, jobhanny Gonzales, Víctor Ortiz, Astrid Mancera, Nathalia Meza, Yudy Malaver, Andrea Ballén** por su apoyo incondicional en todo momento.

A **Santiago Alvarado** mi compañero de tesis con quien pude contar en todo momento llevando acabo un duro trabajo.

Agradecimiento muy cordial a nuestro director de proyecto el MSC. **Luis Alberto Capacho** por su entrega, dedicación y atención a la hora de consultas.

CRISTIAN ELISEO OLEJUA BETANCOURTH

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1 MARCO TEORICO.....	14
1.1 DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO CON FIBRAS.	14
2 METODOLOGIA.....	15
2.1 DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO.....	15
2.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	15
2.3 CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO.	17
2.4 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO.....	17
2.5 DETERMINACIÓN DE PROPORCIONES DE FIBRAS A USAR.	18
2.6 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO.	19
2.7 VACIADO DEL CONCRETO EN LOS MOLDES.....	20
2.8 CURADO DE LOS BALDOSINES.	20
3 ENSAYOS Y RESULTADOS.....	21
3.1 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO EN EL AGREGADO FINO:.....	21
3.2 ENSAYO DE ASENTAMIENTO:	23
3.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN	24
3.4 ENSAYO DE FLEXIÓN:	25
3.5 ENSAYO DE DESGASTE:	27
3.6 ENSAYO DE CHOQUE:.....	29
4 CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS	32
BIBLIOGRAFIA.....	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asentamientos para distintos tipos de concreto según el uso.	15
Tabla 2. Granulometría para agregado fino según (NTC 174) CONCRETOS ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETOS ²	16
Tabla 3. Granulometría seleccionada para el agregado fino usada en la fundición de los baldosines.....	16
Tabla 4. Agua de mezclado en función del asentamiento y del tamaño máximo nominal del agregado fino.....	17
Tabla 5. Pesos de cada uno de los materiales para fundida de 5 baldosas.	18
Tabla 6. Tipos de mezclas usadas en la investigación.	18
Tabla 7. Cantidades de fibras para cada una de las dosificaciones.....	19
Tabla 8. Resultados ensayo de asentamiento.	23

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Serie de tamices usados para el análisis granulométrico del agregado fino ..	16
Ilustración 2. Relación agua/cemento para diferentes valores de resistencia a compresión.....	18
Ilustración 3. Distribución uniforme de la fibra dosificada antes del proceso de mezclado	19
Ilustración 4. Llenado de los moldes con mezcla de concreto.....	20
Ilustración 5. Inmersión de las baldosa en agua para el proceso de curado.	20
Ilustración 6. Ensayo para determinar el contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino.....	22
Ilustración 7. Resultado ensayo determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino. Se puede ver que el color del líquido que sobrenada en la botella es muy similar al color #1 de la escala colorimétrica de Gardner.....	22
Ilustración 8. Realización del ensayo de asentamiento para una mezcla con dosificación 10 Kg/m ³ de algodón.....	23
Ilustración 9. Probetas para ensayo de compresión.	24
Ilustración 10. Resultados ensayo de compresión en baldosas de concreto dosificadas con polyester.....	24
Ilustración 11. Resultados ensayo de compresión en baldosas de concreto dosificadas con algodón.....	24
Ilustración 12. Resultados ensayo de compresión en baldosas de concreto dosificadas con nylon.	25
Ilustración 13. Maquina usada para el ensayo de flexión, junto a baldosas antes de ensayarse.....	25
Ilustración 14. Resultados ensayo de flexión en baldosas de concreto dosificadas con polyester.....	26
Ilustración 15. Resultados ensayo de flexión en baldosas de concreto dosificadas con algodón.....	26
Ilustración 16. Resultados ensayo de flexión en baldosas de concreto dosificadas con nylon.....	27
Ilustración 17. Montaje utilizado para el ensayo de desgaste.....	27
Ilustración 18. Resultados ensayo de desgaste sobre baldosas de concreto dosificadas con polyester.....	28
Ilustración 19. Resultados ensayo de desgaste sobre baldosas de concreto dosificadas con algodón.....	28
Ilustración 20. Resultados ensayo de desgaste sobre baldosas de concreto dosificadas con nylon.	28
Ilustración 21. Realización del ensayo de choque para un baldosín común comprado.	29
Ilustración 22. Resultados ensayo de choque sobre baldosas de concreto dosificadas con polyester.....	29
Ilustración 23. Resultados ensayo de choque sobre baldosas de concreto dosificadas con algodón.....	30
Ilustración 24. Resultados ensayo de choque sobre baldosas de concreto dosificadas con nylon.....	30

RESUMEN

TITULO:

EVALUACION DE LA RESISTENCIA EN UN BALDOSIN, MEDIANTE LA ADICION DE FIBRAS DE ALGODÓN, NYLON Y POLYESTER.*

AUTORES:

SANTIAGO ALVARADO

CRISTIAN ELISEO OLEJUA BETANCOURTH.**

PALABRAS CLAVE:

Baldosas de concreto, Nylon, Polyester, Algodón, Resistencia.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo es el resultado de una investigación realizada a la fabricación de baldosines de concreto, que fueron reforzados con fibras textiles. En un primer capítulo se define un marco teórico sobre el diseño de mezclas modificadas mediante adición de fibras sintéticas. En el segundo capítulo se plantea una metodología donde se consignan los materiales usados y las cantidades de estos, en un tercer capítulo se describen los procesos necesarios para realizar los ensayos así mismo se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio al aplicar la norma NTC 1085 los cuales básicamente se pueden resumir en cinco ensayos diferentes: la determinación del asentamiento en estado fresco, ensayo de compresión, ensayo de flexión, ensayo de desgaste y ensayo de impacto; para la fabricación de baldosines diseñados con una mezcla de concreto que contaba con ciertas dosificaciones de fibras de nylon, algodón y polyester. Finalmente en el cuarto capítulo se presentan las conclusiones que se obtuvieron al realizar los análisis respectivos a cada uno de los ensayos y confrontar estos con las fuentes bibliográficas.

La idea principal de la investigación es poder encontrar un baldosín de menor peso y mayor resistencia para implementar en un piso, que propone un sistema constructivo diferente al actual, para el cual los baldosines se encuentran apoyados sobre perfiles metálicos a fin de evitar el mortero de nivelación y permitir que esos espacios vacíos se destinen al paso de ductos.

* Proyecto de grado.

**Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director: M.Sc. Luis Alberto Capacho.

ABSTRACT

TITLE:

EVALUATION OF RESISTANCE IN A TILE, BY ADDING COTTON FIBERS, NYLON AND POLYESTER.*

BY:

SANTIAGO ALVARADO
CRISTIAN ELISEO OLEJUA BETANCOURTH.**

KEYWORDS:

Concrete tiles, Nylon, Polyester, Cotton, Resistance.

DESCRIPTION

This work is the result of research conducted in the manufacture of concrete tiles, which were reinforced with fibers. In the first chapter a theoretical framework for the design of defined mixtures modified by addition of synthetic fibers. In the second chapter a methodology where the materials used and the amounts of these are recorded in the third chapter describes the processes required to perform the same tests and the results of laboratory tests by applying the NTC is arises 1085 which basically can be summarized in five different tests: the determination of the settlement fresh, compression test, bending test, test wear and impact testing; for the manufacture of tiles designed with a concrete mixture had certain dosages of nylon fibers, cotton and polyester. Finally in the fourth chapter the conclusions that were obtained in the respective analysis at each of the trials and confront these with the bibliographical sources are presented.

The main idea of the research is to find a tile of lower weight and greater resistance to implement on a floor, which proposes a different construction system the current, for which the tiles are supported on metal profiles to prevent mortar leveling and let these empty spaces are intended to step pipeline.

* Proyecto de grado.

** Physical Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director: M. Sc. Luis Alberto Capacho.

INTRODUCCIÓN

Los métodos constructivos que actualmente se utilizan para la construcción de un sistema de piso en una edificación en general consisten en una capa de mortero de nivelación, con un espesor considerable, una capa de pega y finalmente el material de piso, sea este baldosín de granito, baldosín de concreto, enchape cerámico o tablón. Si tenemos en cuenta el peso de todas estas capas de material antes mencionado estamos hablando de una carga muerta considerable que debe soportar la estructura. Considerando lo pesado e ineficiente de este, en algunos países industrializados se está implementando un sistema diferente en el que no se tiene toda esta carga muerta.

Es por esto que en este artículo se presenta una nueva alternativa a un sistema ya existente en otros países en el cual se montan baldosines de plástico reciclado atornillados sobre unos perfiles metálicos, sistema que permite disminuir los pesos por carga muerta sobre la estructura y que puede llegar a ser más económico. La alternativa que se propone consiste en elaborar baldosas de concreto las cuales poseen una dosificación de fibra, la cual mejoraría las cualidades de estos frente a los esfuerzos que se sometan este sistema consiste en unos perfiles metálicos de bajo espesor ubicados sobre la placa de entepiso, y sobre estos se colocan los baldosines que proponemos en el presente trabajo de investigación. Este sistema constructivo a su vez permitiría el paso de tubería por debajo de los baldosines, facilitando también cualquier reparación que requieran dichos ductos. Estos baldosines que se proponen serán más livianos y con un mejor comportamiento al ser sometidos a esfuerzos de flexión, compresión, desgaste e impacto.

La idea principal en nuestra presente investigación es lograr fabricar y ensayar dichos baldosines de concreto aplicando los ensayos de desgaste, flexión, compresión e impacto descritos en la NTC 1085, para ello usaremos como refuerzo fibras textiles, como lo son algodón, nylon y polyester, por ser fáciles de conseguir al encontrarse como residuos en la industria textil. Finalmente dentro del alcance de nuestra investigación se pretende realizar un presupuesto para la producción de este tipo de baldosines para determinar la posible viabilidad de la comercialización de este producto.

1 MARCO TEORICO

1.1 DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO CON FIBRAS.

En un estudio llevado a cabo con anterioridad en el laboratorio de materiales del instituto de ingeniería de la universidad nacional autónoma de México, se logró demostrar que la adición de fibras sintéticas específicamente fibras de polipropileno con un tamaño promedio de 4 cm, en mezclas de concreto generaron una mejora en las propiedades de este, esto debido a que las fibras de polipropileno presentan una alta resistencia a la tensión. Así mismo se pudo determinar que los porcentajes en peso de fibras presentes con los cuales se obtienen mejores resultado se encuentran entre el 0.1 % y 0.7% para cilindros de concreto ensayados a los 28 días.

Con base en los resultados obtenidos en el estudio anteriormente mencionado titulado influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido, 2011. Se formula nuestro proyecto de investigación para el cual se van a elaborar baldosas de concreto para el cual se van a tomar las siguientes dosificaciones de fibras las cuales varían entre 0.225% y 2.25% del peso de la mezcla.

Para facilitar la diferenciación de las diferentes mezclas que se usaron se usara una nomenclatura con la letra inicial del nombre de la fibra adicionada (N) para nylon, (P) polyester, (A) algodón; de igual forma se mencionaran las dosificaciones en que se usaron se identificaran con un numero el cual corresponde a la cantidad de fibra por metro cubico de mezcla en este caso será (5) para 0.225%, (10) 0.45%, (20) 0.9% y (50) 2.255% por ejemplo si nos referimos a una mezcla P20 estaríamos hablando de una mezcla con polyester en dosificación de 20 kg/m³ de mezcla ó 0.9% de polyester. Las dosificaciones empleadas se muestran a continuación:

2 METODOLOGIA

La mezcla se diseñó teniendo en cuenta las recomendaciones contenidas en el método del comité ACI y en las normas técnicas colombianas, (NTC) respectivas. Siguiendo en este orden de ideas el primer paso para el diseño de la mezcla es determinar el asentamiento el cual se obtuvo de la siguiente forma:

2.1 DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO.

Cuando no se cuentan con especificaciones que definan una consistencia como en este caso, ni el asentamiento requerido para la mezcla que a ser realizada, usando la siguiente tabla se puede seleccionar un valor adecuado para un determinado uso. El asentamiento que presenta el concreto en estado fresco se especifica en la tabla 1. contenida en (método del comité ACI 211.1)¹.

Tabla 1. Asentamientos para distintos tipos de concreto según el uso.

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	REVENIMIENTO, CM	
	Máximo*	Mínimo
MUROS DE CIMENTACIÓN Y ZAPATAS	7.5	2.5
ZAPATAS, CAJONES DE CIMENTACIÓN Y MUROS DE SUB ESTRUCTURA SENCILLA	7.5	2.5
VIGAS Y MUROS REFORZADOS	10	2.5
COLUMNAS PARA EDIFICIOS	10	2.5
PAVIMENTOS Y LOSAS	7.5	2.5
CONCRETO MASIVO	7.5	2.5

* El revenimiento se puede incrementar cuando se emplean aditivos químicos. Se debe considerar que el Concreto tratado con aditivos tiene una relación agua/materiales cementantes igual o menor sin que Potencialmente se tenga segregación o sangrado excesivo

Se tomó para nuestro caso según la tabla 1. Un asentamiento para losas y pavimentos entre 25 y 75 mm. La granulometría del agregado fino se obtuvo de la tabla 2. Contenida en la norma (NTC 174)². CONCRETOS ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETOS².

2.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

La norma con la cual se ensayaron los baldosines (NTC 1085), BALDOSAS DE CONCRETO³ establece una granulometría ajustada a una tabla contenida en la

norma (NTC 174). CONCRETOS ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETOS² en la cual se especifican los porcentajes que pasan y los porcentajes retenidos así como la serie de tamices utilizados y se muestra a continuación:

Tabla 2. Granulometría para agregado fino según (NTC 174) CONCRETOS ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETOS².

Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

La granulometría elegida para la fundición de los baldosines se muestra a continuación. Así como la serie de tamices que se usaron para realizar dicho análisis granulométrico puede verse en la figura 1.

Tabla 3. Granulometría seleccionada para el agregado fino usada en la fundición de los baldosines

Tamiz	% Que pasa
3/8"	100,00%
No. 4	96,00%
No. 8	90,00%
No. 16	70,00%
No. 30	30,00%
No. 50	20,00%
No. 100	5,00%

Ilustración 1. Serie de tamices usados para el análisis granulométrico del agregado fino



2.3 CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO.

El contenido de agua para el mezclado del concreto se determinó de acuerdo con el asentamiento escogido y el tamaño máximo nominal del agregado que se utilizó es el que se muestra en la tabla 4. La cual se encuentra en el (método del comité ACI 211)¹. Para el caso que nos ocupa se emplearon 202 Kg/m³ de agua.

Tabla 4. Agua de mezclado en función del asentamiento y del tamaño máximo nominal del agregado fino.

Tabla 6.3.3 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado								
Revenimiento, cm	Agua, kg/m ³ para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado							
	9.5*	12.5*	19*	25*	38*	50*	75+**	150+ ¹
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire								
en concreto sin aire incluido, %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
* Estas cantidades de agua de mezclado para emplearse en el cálculo del contenido de cemento para mezclas								

2.4 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO.

La relación agua cemento es quizás el factor más importante en el diseño de la mezcla pues esta relación al estar directamente con la resistencia que este adquiere una vez finalizado el curado, como en nuestro caso los baldosines deben ser sometidos a un ensayo de compresión que se especifica en la (NTC 1085), BALDOSAS DE CONCRETO³, el cual establece que deben superar 110 Kg/cm². La grafica 1 muestra la curva con la cual se obtiene la relación agua/cemento para una determinada resistencia a compresión (método del comité ACI 211)¹.

En la tabla 7. Se resumen los pesos del agregado, del agua, y del cemento que se dosifican para la elaboración de in lote de 5 baldosas con una misma dosificación de fibra.

Ilustración 2. Relación agua/cemento para diferentes valores de resistencia a compresión.

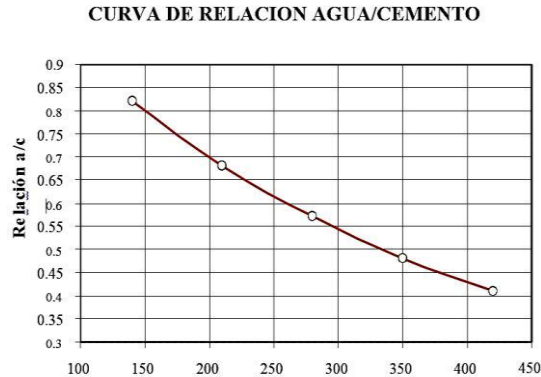


Tabla 5. Pesos de cada uno de los materiales para fundición de 5 baldosas.

Proporciones de materiales para fundición de 5 baldosas de (25x25x1,5) cm	Peso
Cantidad de agregado fino	8,6 Kg
Cantidad de agua	2,2 Kg
Cantidad de cemento	3,2 Kg

2.5 DETERMINACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LAS FIBRAS A USAR.

Para la dosificación de las fibras usadas en este trabajo de investigación se tomaron proporciones muy similares a las tomadas por Carlos J Mendoza, Carlos Aire y Paula Dávila en su artículo titulado Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido⁴. Las cuales se muestran a continuación:

Tabla 6. Tipos de mezclas usadas en la investigación.

TIPO DE MEZCLA DOSIFICACION	
Mezcla tipo 1	5 Kg/m ³ o 0.225%
Mezcla tipo 2	10 Kg/m ³ ó 0.45%
Mezcla tipo 3	20 Kg/m ³ ó 0.9%
Mezcla tipo 4	50 Kg/m ³ ó 2.25%

Las fibras consisten en hilo del material respectivo cortado en trozos de 2 cm, el diámetro de la fibra se expresa en calibres para el caso se usó hilo del mismo calibre en cada uno de los materiales con un diámetro aproximado de 0.55 mm. En la tabla 6 se muestran las cantidades de fibra.

Tabla 7. Cantidades de fibras para cada una de las dosificaciones.

Dosificación de cada mezcla para fundición de 5 baldosas	Peso de fibra
5 Kg/m ³	26,4 gramos
10 Kg/m ³	54 gramos
20 Kg/m ³	108 gramos
50 Kg/m ³	270gramos

2.6 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO.

Una vez se tienen las diferentes cantidades de materiales pesadas de acuerdo con la tabla 5, posteriormente se adiciona el cemento en las cantidades establecidas en el diseño, y se realiza un mezclado continuo hasta que el agregado fino y cemento quedara completamente mezclados, y finalmente se le incorpora a la mezcla la dosificación de fibra respectiva teniendo en cuenta que para el caso de las fibras de polyester y nylon estas le substraen agua a la mezcla por lo cual se hizo necesario incorporar las fibras habiéndolas sumergido en agua para que se saturen, una vez incorporadas las fibras se continuó el mezclado, para luego adicionar el agua que se determinó en el diseño de mezcla. (Ver figura 3.) Se tomó una porción de esta y se le realizó la prueba de asentamiento con el cono de abrams y se registró el dato. Por último se vertió la mezcla en los moldes e madera teniendo cuidado de vibrarlos para que no quedaran vacíos en el concreto. Se dejaron en los moldes durante una semana para luego darles un mes de curado y así poder realizar los respectivos ensayos.

Ilustración 3. Distribución uniforme de la fibra dosificada antes del proceso de mezclado



2.7 VACIADO DEL CONCRETO EN LOS MOLDES.

Una vez determinadas todas estas proporciones para la mezcla se realizaron las respectivas batidas hechas de forma manual con pala, comenzando con el pesado de cada uno de las cantidades de agregado que fue tamizado por los tamices que se describen en la tabla 3. (Ver figura 4.)

Ilustración 4. Llenado de los moldes con mezcla de concreto.



2.8 CURADO DE LOS BALDOSINES.

Una vez se llenan los moldes se dejan los baldosines allí por un tiempo de aproximado de dos días, teniendo cuidado que permanezcan húmedos para ello es necesario regarlos con agua aproximadamente tres veces al día, pasados estos dos días se procede a desmoldar los baldosines, el proceso de curado para los siguientes 26 días de curado consiste en sumergirlos en agua cada dos días por espacio de 10 minutos aproximadamente, luego se sacan del agua y se apilan en posición vertical y se riegan con agua tres veces al día.

Ilustración 5. Inmersión de las baldosa en agua para el proceso de curado.



3 ENSAYOS Y RESULTADOS

Los ensayos que se realizaron en el presente trabajo de investigación fueron: ensayo de compresión, ensayo de flexión, ensayo de desgaste y ensayo de impacto descritos en la (NTC 1085), BALDOSAS DE CONCRETO³. También se llevó a cabo el ensayo de asentamiento el cual esta descrito en la (NTC 396), INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA. METODO D ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO⁵, y se realizó un ensayo sobre el agregado fino para determinar si el contenido de material orgánico en la arena estaba dentro del límite permitido este ensayo se especifica en la (NTC 127), CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGANICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO⁶.

3.1 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO EN EL AGREGADO FINO:

Se toma una muestra de arena se vierte en un frasco con tapa para luego adicionar una solución diluida de hidróxido de sodio (NaOH), se agita vigorosamente hasta que se mezclen la arena y la solución, se deja reposar durante 24 horas para luego comparar el color de la solución que sobrenada en la botella con una escala colorimétrica de Gardner. Ensayo establecido en la (NTC 127), CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGANICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO⁶, para determinar el contenido de material orgánico en la arena.

Ilustración 6. Ensayo para determinar el contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino.



Una vez pasadas las 24 horas que se requiere, se hace la comparación de los colores hecha al líquido que sobrenada en la botella dando como resultado el primer color en la escala colorimétrica lo cual nos confirma que el contenido de materia orgánica en la arena no afecta la calidad del mortero que se preparó para la elaboración de los baldosines.

Ilustración 7. Resultado ensayo determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino. Se puede ver que el color del líquido que sobrenada en la botella es muy similar al color #1 de la escala colorimétrica de Gardner.



3.2 ENSAYO DE ASENTAMIENTO:

Este ensayo se realizó sobre la mezcla en estado plástico, para ello una vez la mezcla estaba lista para verter en los moldes se tomaba una cantidad de esta y se llenaba el cono de abrams y se compactaba en capas sucesivas, para una vez enrasada con la superficie superior del cono sacar hacia arriba este en un solo movimiento, el cono se ubica al lado del cono de mezcla y se mide la diferencia entre alturas.

Ilustración 8. Realización del ensayo de asentamiento para una mezcla con dosificación 10 Kg/m³ de algodón.



Los resultados de los ensayos de asentamiento realizados a cada una de las mezclas preparadas para cada dosificación se encontraban dentro del rango que se había determinado en el diseño de mezcla (Ver tabla 8.)

Tabla 8. Resultados ensayo de asentamiento.

TIPO MEZCLA	DE	ASENTAMIENTO mm
P50		45 mm
P20		48 mm
P10		46 mm
P5		48 mm
A20		53 mm
A10		55 mm
A5		52 mm
N20		45 mm
N10		48 mm
N5		50 mm

3.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Para este ensayo se cortaron cuadrados de baldosa lado igual al doble del espesor, luego se pegan con una pasta de agua cemento dos cuadrados de estos para formar un cubo el cual se debe ensayar pasados siete días a partir del día en que se pegaron los dos trozos (ver imagen 5) y se realizaron en una máquina que garantiza aumento progresivo de la carga sin golpes y un avance no mayor a 1 mm por minuto.

Ilustración 9. Probetas para ensayo de compresión.



En las gráficas que se muestran se registran los resultados de los ensayos de compresión aplicados a las probetas diseñadas con las diferentes dosificaciones de fibra de polyester, nylon y algodón.

Ilustración 10. Resultados ensayo de compresión en baldosas de concreto dosificadas con polyester.

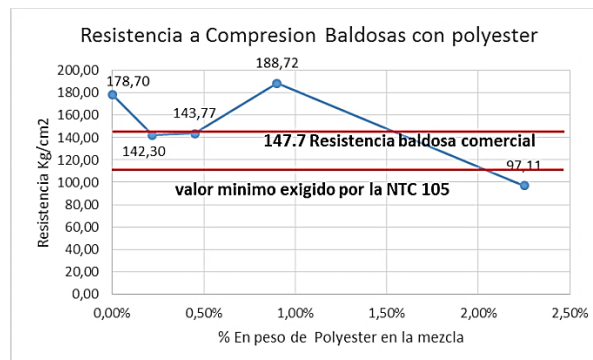


Ilustración 11. Resultados ensayo de compresión en baldosas de concreto dosificadas con algodón.

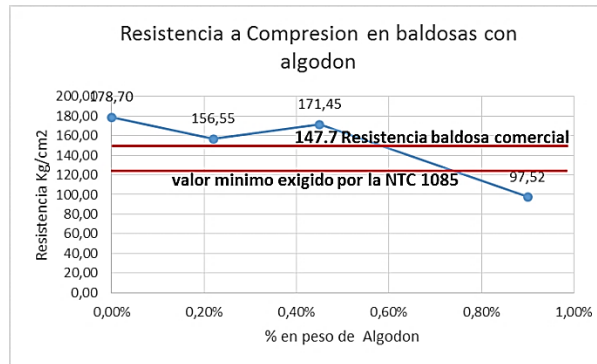
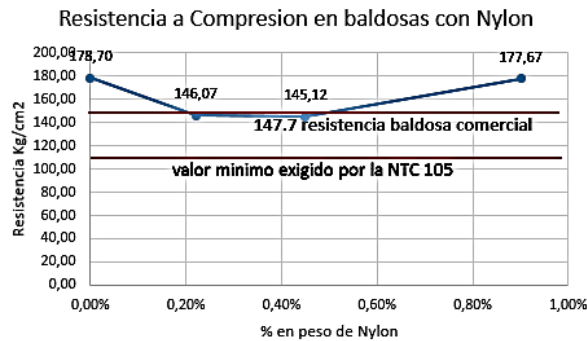


Ilustración 12. Resultados ensayo de compresión en baldosas de concreto dosificadas con nylon.



3.4 ENSAYO DE FLEXIÓN:

Para la correcta realización de este ensayo se requiere que los baldosines estén cortados a un tamaño de 20 cm x 20 cm, se colocó la probeta sobre maderos cuadrados distanciados 17 cm y la carga se le aplicó haciendo contacto la máquina y la baldosa mediante un madero semicilíndrico, la máquina de ensayo al igual que la del ensayo de compresión debe avanzar sin golpes. (Ver figura 13).

Ilustración 13. Maquina usada para el ensayo de flexión, junto a baldosas antes de ensayarse.



Al finalizar de ensayar a flexión todos y cada uno de los baldosines, se realiza la gráfica que muestra como varía la resistencia a flexión para cada dosificación de cada tipo de fibra, y de esta manera poder encontrar valores máximos y mínimos de resistencia a fin de encontrar la mejor dosificación. Dichos resultados se pueden ver en las figuras: (figura 14) resultado a flexión en baldosas con polyester, resultado a flexión en baldosas con algodón (figura15), resultado a flexión en baldosas con nylon (figura 16).

Ilustración 14. Resultados ensayo de flexión en baldosas de concreto dosificadas con polyester.

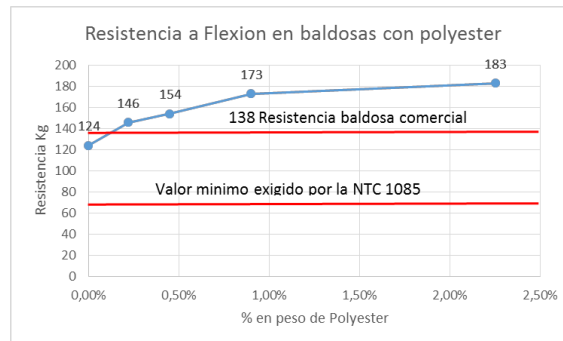


Ilustración 15. Resultados ensayo de flexión en baldosas de concreto dosificadas con algodón.

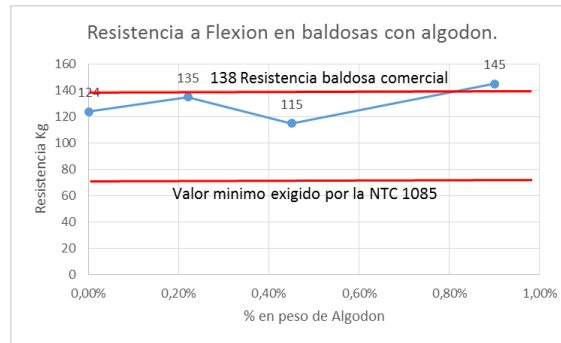
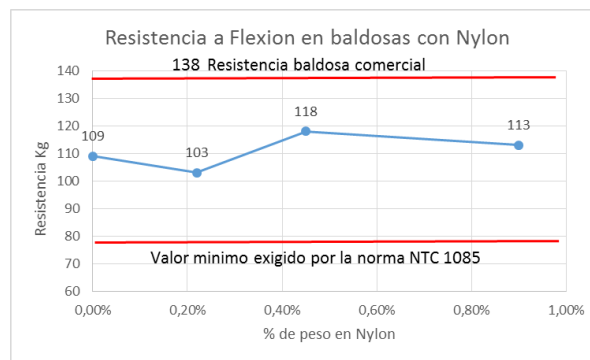


Ilustración 16. Resultados ensayo de flexión en baldosas de concreto dosificadas con nylon.



3.5 ENSAYO DE DESGASTE:

El ensayo consiste en provocar abrasión con arena, generando una huella sobre la baldosa, esta huella la marca un disco de acero haciéndolo girar a 75 RPM durante un minuto, la fuerza de contacto entre las superficies debe ser proporcionada por un peso de 2 Kg. Igualmente se debe garantizar un flujo constante de arena y esta no puede ser usada más de una vez. NTC 1085, BALDOSAS DE CONCRETO³ (Ver figura 17.)

Ilustración 17. Montaje utilizado para el ensayo de desgaste.



Una vez se realiza la huella sobre la baldosa se debe medir la longitud de esta y registrarla, para el caso que nos ocupa se realizaron cuatro huellas sobre la cara de desgaste de la baldosa, y se toma el promedio de estos valores, con los cuales se elaboran las gráficas, mediante las que se puede ver en detalle como varía el comportamiento en cada una de las dosificaciones y en cada tipo de fibra. Tales graficas se muestran a continuación:

Ilustración 18. Resultados ensayo de desgaste sobre baldosas de concreto dosificadas con polyester.

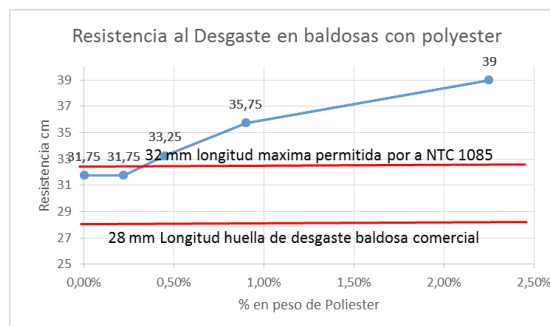


Ilustración 19. Resultados ensayo de desgaste sobre baldosas de concreto dosificadas con algodón.

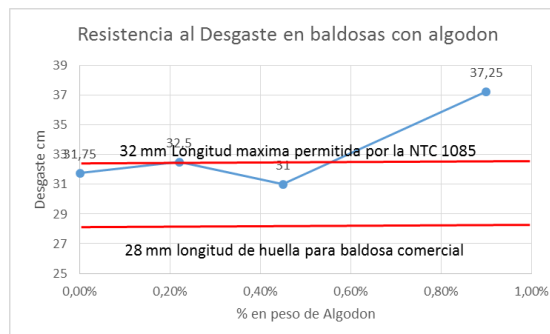
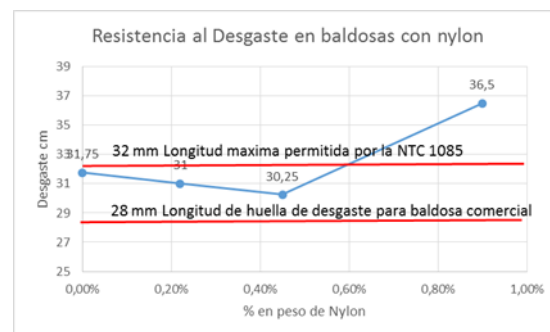


Ilustración 20. Resultados ensayo de desgaste sobre baldosas de concreto dosificadas con nylon.



3.6 ENSAYO DE CHOQUE:

Para poder llevar a cabo este ensayo se deben emplear baldosas enteras de un mismo lote, ponerlas horizontalmente sobre arena seca de tal manera que el martinete a utilizar siempre caiga en el centro de esta, empezando con una altura de caída de 12 cm e ir aumentando 1 cm por cada caída del martinete. Las baldosas deben soportar como mínimo 17 cm de caída del martinete sin fracturarse o agrietarse. (Ver figura 21.)

Ilustración 21. Realización del ensayo de choque para un baldosín común comprado.



Una vez se ensayaron los baldosines se toma la altura a la cual el baldosín, presenta una fisura apreciable y se consigna este valor, se procede de igual forma para todas las dosificaciones en cada una de las tres fibras empleadas. Con estos valores se realizan las siguientes graficas las cuales permiten detallar el comportamiento de cada dosificación para cada una de las fibras, y las cuales se presentan en las figuras: La (figura 22) describe el comportamiento frente al impacto para baldosas con polyester, la (figura23) muestra el comportamiento ante impacto para baldosas con algodón, finalmente la (figura24) refleja el comportamiento al someter a impacto baldosas con nylon.

Ilustración 22. Resultados ensayo de choque sobre baldosas de concreto dosificadas con polyester.

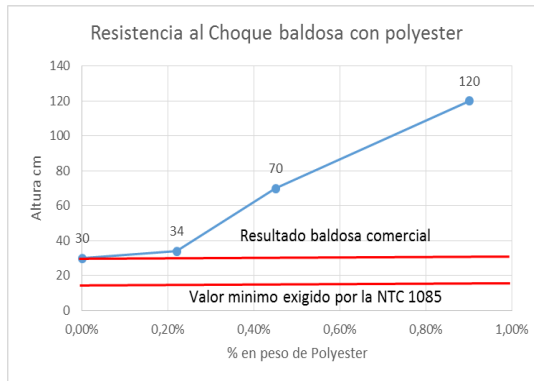


Ilustración 23. Resultados ensayo de choque sobre baldosas de concreto dosificadas con algodón.

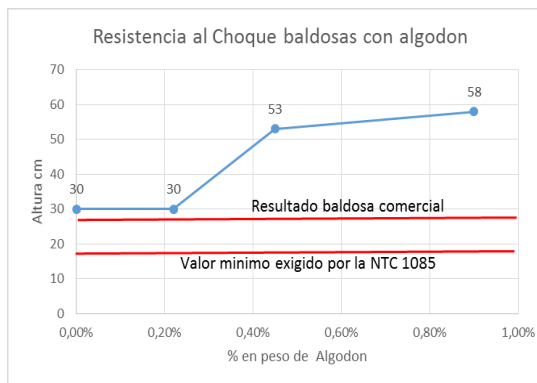
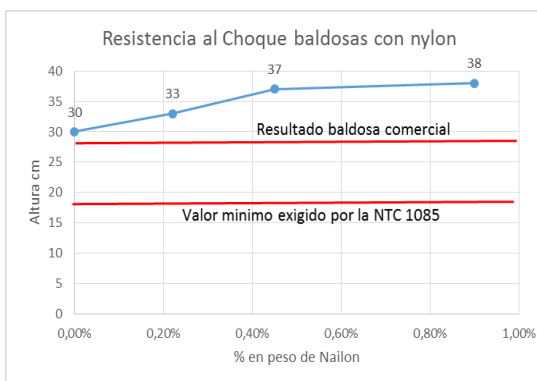


Ilustración 24. Resultados ensayo de choque sobre baldosas de concreto dosificadas con nylon.



4 CONCLUSIONES.

La adición excesiva de fibras en la mezcla puede llegar a resultar perjudicial para la resistencia a compresión pues claramente las gráficas registran un descenso en la resistencia para este tipo de ensayo

La preparación de una mezcla con una dosificación de fibra por encima de 50 kg/m³ se hace muy difícil de realizar de manera manual.

Al momento de realizar la adición de las fibras a la mezcla es recomendable que estas se encuentren saturadas o al menos lo suficientemente húmedas para que no sustraigan agua al diseño inicial de la mezcla.

La mezcla óptima con la cual se podrían esperar las mayores resistencias en cada uno de los ensayos es la que tiene una dosificación de 20 kg/m³ de fibra

El tipo de mezcla que se utilice y el espesor que se proponga para el baldosín no influye sustancialmente en el ensayo de desgaste, pues el desgaste se producirá en la superficie del baldosín.

La fibra que a raíz de los resultados y comparaciones desde el punto de vista económico es más factible de implementar es la fibra de polyester pues es la más económica y en dosificaciones de 20kg/m³ , se obtienen muy buenos resultados comparándolos con los mínimos exigidos en la NTC 1085.

REFERENCIAS

¹ ACI 211.1 -91 Standard practice for selecting proportion for normal heavy weight, and mass concrete --- procedure for mix design.

² Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); NTC 174 ingeniería civil y arquitectura. Concretos especificaciones de los agregados para concretos. (ASTM C33); Apartado 14237 Bogotá, D.C.

³ Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); NTC 1085 ingeniería civil y arquitectura. Baldosas de cemento; Apartado 14237 Bogotá, D.C.

⁴ Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); NTC 396 Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. (ASTM C 143-90); Apartado 14237 Bogotá, D.C.

⁵ Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); NTC 127 Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto. (ASTM C40); Apartado 14237 Bogotá, D.C.

⁶ MENDOZA Carlos Javier, AIRE Carlos, DAVILA Paula. (Junio de 2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. Revista concreto y cemento investigación y desarrollo, 35-47.

BIBLIOGRAFIA.

ARRRIETA ALEMAN, Rafael; CASTAÑEDA SUAREZ, Marcos: Investigación sobre fabricación de baldosines con hormigón ligero. Bucaramanga, 1975, 80h. Tesis de grado (Ingeniero civil). Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería civil.

DIAZ MAYORGA, Héctor: Instalación en línea para la producción de baldosines. BUCARAMANGA 1965, 2 volúmenes. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería mecánica.

MOJICA SANCHEZ, Ricardo Arturo; RODRIGUEZ, Rafael Eduardo, Dir. Plan de mantenimiento preventivo para la línea de producción de baldosa en la planta de baldosines Torino S.A. Bucaramanga, 2010, 114 h. Tesis de grado (Especialista en gerencia de mantenimiento). Universidad industrial de Santander. Escuela de Ingeniería mecánica.