

**Análisis Comparativo de Propiedades Mecánicas de Bloques de Concreto no Estructurales
para Diferentes Dosificaciones de Mezcla Elaborados en el Departamento del Atlántico**

Luis David Beltrán De La Hoz y Aliana Esther Fernández Mejía

Trabajo de Grado para Optar al Título Profesional en Ingeniería Civil



Corporación Universidad de la Costa, CUC

Departamento de Civil y Ambiental

Programa de Ingeniería Civil

Barranquilla-Colombia

14 de junio de 2022

**Análisis Comparativo de Propiedades Mecánicas de Bloques de Concreto no Estructurales
para Diferentes Dosificaciones de Mezcla Elaborados en el Departamento del Atlántico**

Luis David Beltrán De La Hoz y Aliana Esther Fernández Mejía

Tutor

Msc. Ing Daniel Enrique Abudinen Ordoñez

Cotutor

Msc. Ing Mayra Alejandra Del Rio Coronell

Trabajo de Grado para Optar al Título Profesional en Ingeniería Civil

Corporación Universidad de la Costa, CUC

Departamento de Civil y Ambiental

Programa de Ingeniería Civil

Barranquilla-Colombia

14 de junio de 2022

Agradecimientos

La vida de cualquier estudiante está llena de miles de experiencias que se van sumando y van forjando el carácter. En ese camino, que solo es el abre bocas para la vida profesional, hemos tenido la oportunidad de cruzarnos con docentes, compañeros y funcionarios que nos han dejado grandes aprendizajes. Por eso, aprovechamos este espacio para reconocerlos y honrarlos.

Igualmente elevamos un agradecimiento a todos quienes permitieron la realización de este proyecto de investigación. Comenzando por los fabricantes locales quienes constituyeron una gran alianza y colaboraron diligentemente. Entre ellos, especialmente al arquitecto Aris Fruto, quién nos abrió las puertas de su bloquera para la fabricación de los especímenes propios de la investigación. Al laboratorio Tecnicreto & Lab S.A.S donde se realizaron los ensayos y pruebas que sirvieron de insumo para el proceso.

Desde luego resaltamos y damos muchas gracias a los docentes y tutores que estuvieron guiando en todo momento el desarrollo de la tesis.

Finalmente agradecemos a la Universidad de la Costa por todo lo que nos brindó durante el paso por este claustro y por poner a nuestra disposición todos los espacios, equipos y personal necesario para llevar a cabo la investigación.

Luis Beltrán De La Hoz

Aliana Fernández Mejía

Dedicatorias

No quiero dejar pasar esta oportunidad sin agradecer a Dios por su gracia y amor manifestado en este tiempo de realización de la tesis que me permite obtener el título de ingeniera civil. La fe y confianza en él es lo que me ha permitido iniciar y concluir esta gran aventura.

A mis padres y hermanos quienes me brindaron su apoyo en todo momento durante la realización de mi carrera profesional.

A la Gobernación del Atlántico quienes en cabeza del señor exgobernador Eduardo Verano de la Rosa, quienes decidieron darle a muchos jóvenes, como yo, la oportunidad de cumplir sus sueños y tener herramientas para nuestro futuro.

Además, a la Universidad de la Costa, a quién debemos nuestros conocimientos y experiencias con las cuales egresamos para construir un mejor país para todos.

Y a todas las personas y entidades, quienes directa o indirectamente han respaldado esta investigación con la cual hemos querido contribuir a la generación de conocimiento al rededor del campo de la Ingeniería Civil.

¡A todos ellos muchas gracias!

Aliana Fernández Mejía

Dedicatorias

La resiliencia de una vida de esfuerzo de mis padres me dio el valor para salir adelante y creer en mis capacidades sin importar las adversidades y todo lo que la vida trae consigo. Por eso, este trabajo de grado es dedicado a ellos, por siempre haber creído en mí, por inculcarme desde muy temprana edad los pilares que me formaron como ser humano, por enseñarme que la educación es la manera correcta de progresar en la vida.

Luis Beltrán De La Hoz

Resumen

La fabricación de bloques de hormigón es uno de los principales insumos dentro del sector de la construcción, por no decir que el más importante debido a su uso dentro de la construcción de diferentes tipos de edificaciones. Tanto es así, que desde el inicio de las primeras civilizaciones este material tuvo protagonismo haciendo parte en el proceso de construcción de casas, canales, coliseos, entre otros. Este proyecto tiene como objetivo caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de bloques vibro prensados no estructurales fabricados en Palmar de Varela, Santo Tomas y Sabanagrande todos ellos municipios pertenecientes al departamento del Atlántico; a partir de un análisis centrado en las dosificaciones que se utilizan para la fabricación de estos. Para tal fin, se fabricaron bloques semi industriales utilizando máquinas vibro prensadoras y moldes, a partir de diferentes dosificaciones de mezcla y posteriormente testeados frente a los ensayos de resistencia a la compresión, densidad y absorción para evaluar su calidad según los parámetros que exige la norma técnica colombiana NTC 4076, la cual establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas de concreto, elaborados con cemento Portland, agua, agregados minerales y aditivos, aptas para elaborar mampostería no estructural.

La investigación se desarrolló tomando como muestra 13 lotes de bloques de hormigón de 6 unidades cada uno con dimensiones de 19x39x14 centímetros, de los cuales 7 lotes se elaboraron con dosificaciones propias y 6 lotes con las dosificaciones de los fabricantes locales, de esas 6 dosificaciones, 3 se realizaron utilizando máquinas vibro prensadoras y 3 a partir de moldes. Todos los bloques se fallaron a compresión y se observó que la mayoría de ellos no alcanzó la resistencia exigida por la NTC 4076 de 5Mpa sobre el área neta medida por unidad. No obstante, como uno de los resultados de la investigación se plantea una propuesta de dosificación para la fabricación de bloques de tipo no estructural y un acercamiento a la situación actual de

muchas bloqueras locales en las que no se aplican los requerimientos que exige la norma NTC 4076 para bloques de tipo no estructural.

Palabras clave: bloques de hormigón, ensayo a compresión, dosificaciones de mezcla

Abstract

The manufacture of concrete blocks is one of the main inputs in the construction sector, if not the most important, due to its use in the construction of different types of buildings. So much so, that since the beginning of the first civilizations this material had a leading role as part of the process of building houses, canals, coliseums, among others. This project aims to characterize the physical and mechanical properties of non-structural vibro-pressed blocks manufactured in Palmar de Varela, Santo Tomas and Sabanagrande, all of them municipalities belonging to the department of Atlántico; from an analysis focused on the dosages used for the manufacture of these. For this purpose, semi-industrial blocks were manufactured using vibro-pressing machines and molds, from different mixture dosages and later tested against compressive strength, density, and absorption tests to evaluate their quality according to the parameters required by the standard Colombian technique NTC 4076, which establishes the requirements for masonry units, perforated or solid concrete, made with Portland cement, water, mineral aggregates and additives, suitable for making non-structural masonry. The investigation was developed taking as a sample 13 batches of concrete blocks of 6 units each with dimensions of 19×39x14 centimeters, of which 7 batches were made with their own dosages and 6 batches with the dosages of local manufacturers, of those 6 dosages, 3 were made using vibro pressing machines and 3 from molds. All the blocks failed in compression, and it was observed that most of them did not reach the resistance required by NTC 4076 of 5Mpa on the net area measured per unit. However, as one of the results of the investigation, a dosage proposal is suggested for the manufacture of non-structural blocks and an approach to the current situation of many local block factories in which the requirements demanded by the NTC standard are not applied. 4076 for non-structural type blocks.

Keywords: concrete blocks, compression test, mixing dosages

Contenido

Lista de tablas y figuras	10
Introducción	16
Planteamiento del problema.....	18
Justificación	22
Objetivos.....	24
Objetivo General	24
Marco referencial	25
Marco normativo.....	25
Reglamento Colombiano de construcción Sismorresistente NSR- 10	25
Norma Técnica Colombiana, NTC 4026 Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para Mampostería estructural, NTC 4076 Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto	26
Marco geográfico	26
Marco teórico	28
Componentes del hormigón.....	29
Características físicas y mecánicas del cemento	32
Agregados o áridos	33
Clasificación de los agregados	34
Propiedades físicas de los agregados.....	35
Bloques de hormigón.....	39
Elementos para elaboración de bloques de hormigón	40
Tipos de bloques de hormigón.....	40
Resistencia a la compresión de bloques de concreto.....	43
Estado del arte.....	45
Metodología	49
Población y muestra	49
Tipo o nivel de la investigación	50
Fases de la investigación.....	51
Fase 1: Recolección de información digital	53

Fase 2: Recolección de información oral y adquisición de bloques.....	57
Fase 3: Propiedades y caracterización de los agregados	62
Fase 4: Diseño de dosificaciones y fabricación de bloques propios.....	66
Fase 5: Metodología de caracterización de las propiedades de los bloques adquiridos	73
Fase 6: Elaboración de pruebas físicas y mecánicas de los bloques de concreto adquiridos y fabricados.....	74
Resultados	77
Granulometrías, densidad, absorción y masa unitaria de los agregados	77
Granulometría de los agregados	77
Curva granulométrica finos Arena	77
Curva granulométrica Grava	78
Densidad y absorción del agregado grueso	79
Densidad del agregado fino	80
Pruebas físicas y mecánicas de prefabricados propios.....	83
Porcentaje de absorción de agua por dosificaciones propias.....	83
Resistencia a la compresión a los 28 días.....	85
Pruebas físicas y mecánicas de prefabricados adquiridos.....	86
Análisis de resultados	94
Análisis general de los especímenes propios	94
Análisis general especímenes locales.....	99
Análisis económico.....	106
Conclusiones	108
Recomendaciones	110
Referencias.....	111
Anexos	121

Lista de Tablas y Figuras**Tablas**

Tabla 1. Comparativo de dosificaciones de mezcla a partir de la revisión de la literatura.....	19
Tabla 2. Principales compuestos del cemento	30
Tabla 3. Tipos de cemento Portland.....	30
Tabla 4. Porcentajes de agregado que pasa los tamices de la serie.....	37
Tabla 5. Requisitos para el contenido de humedad en las unidades de mampostería Tipo I.....	42
Tabla 6. Requisitos de resistencia a la compresión, absorción de agua y clasificación del peso	43
Tabla 7. Distribución de las muestras de la investigación.	50
Tabla 8. Dosificaciones no estructurales encontradas; Tipo de proporción: masa	54
Tabla 9. Dosificaciones no estructurales encontradas; Tipo de proporción: volumen	55
Tabla 10. Dosificaciones estructurales encontradas; Tipo de proporción: masa	56
Tabla 11. Dosificaciones estructurales encontradas; Tipo de proporción: volumen	56
Tabla 12 Tabla Análisis granulométrico por tamizado de finos	63
Tabla 13. Análisis granulométrico por tamizado de gruesos	64
Tabla 14. Relación de dosificaciones utilizadas en las mezclas 1:2; 1:4; 1:6.....	67
Tabla 15. Dosificaciones ajustadas al volumen de los recipientes	70
Tabla 16. Dosificaciones realizadas en campo con la corrección del % de agua.	71
Tabla 17. Porcentaje de absorción de agua en las dosificaciones propias.	84

Tabla 18. Resistencia a la compresión dosificaciones de diseño	85
Tabla 19 . Caracterización de bloques, Bloquera N°1	87
Tabla 20. Caracterización de bloques, Bloquera N°2	88
Tabla 21. caracterización de bloques, Bloquera N°3	89
Tabla 22. Caracterización de bloques, Bloquera N°4.	90
Tabla 23. Caracterización de bloques, Bloquera N°5.	91
Tabla 24. Caracterización de bloques, Bloquera N°6.	92
Tabla 25. Correlación bloques propios con la norma NTC 4076	94
Tabla 26. Correlación bloques locales con la norma NTC 4076.	100
Tabla 27 Análisis económico de precio de venta de bloques locales	106

Figuras

Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo	28
Figura 2. Diagrama de fases de la investigación.	52
Figura 3. Diagrama explicativo de las fases de la investigación.	53
Figura 4. Ítem de formulario de encuesta sobre el tipo de cemento utilizado en la fabricación de bloques.	58
Figura 5. Ítem de formulario de encuesta sobre el conocimiento de la normativa Técnica NTC 4026-- NTC 4076.	59

Figura 6. Elaboración de bloque artesanal con moldes	60
Figura 7. Elaboración de bloques en maquina Vibro-prensadora.....	61
Figura 8. Análisis granulométricos de agregados	62
Figura 9. Ensayo de densidad y absorción de agregados gruesos.	65
Figura 10. realización del ensayo de densidad de finos.....	66
Figura 11. Recipientes utilizados para dosificar	68
Figura 12. Tesistas realizando las dosificaciones en campo.....	69
Figura 13. Proceso de marcado de los bloques por dosificación.	71
Figura 14. Proceso de curado de los bloques.....	73
Figura 15. Ensayo de absorción, saturación de unidades.	75
Figura 16. Ensayo de Absorción, secado en horno de las unidades	75
Figura 17. Ensayo de compresión en los bloques.....	76
Figura 18. Curva granulométrica del agregado fino	78
Figura 19. Curva granulométrica del agregado grueso.....	79
Figura 20. Análisis de resultados, Porcentaje de absorción y densidad de bloques propios.	95
Figura 21. Análisis de resultados, resistencia de bloques propios.....	96
Figura 22. Dosificación 1420, Bloques endurecidos con deformaciones.....	97
Figura 23. Elaboración de bloque en maquina vibro-prensadora	98
Figura 24. Promedio de densidad de bloques propios de diseño	99

Figura 25. Análisis de resultados Resistencia de bloques adquiridos.....	101
Figura 26. Análisis de resultados, porcentaje de absorción de los bloques adquiridos	102
Figura 27. Promedio de densidad Bloques adquiridos	103
Figura 28. Comparativo de resistencias de bloques propios y adquiridos.....	104

Anexos

Anexo 1. Informe de laboratorios de resistencia y absorción 22 noviembre 2021.....	121
Anexo 2. Informe de laboratorios de resistencia y absorción 14 de febrero 2022.	121
Anexo 3. Informe de laboratorios de resistencia y absorción 7 de febrero 2022.	122
Anexo 4. Ficha Técnica Cemento tipo estructural Ultracem.....	123
Anexo 5. Formato de recolección de información de bloques adquiridos	124
Anexo 6. Formato de encuesta para recolección de información oral.....	125

Introducción

La fabricación de bloques de mortero a lo largo de la historia ha tenido una evolución progresiva a medida que fueron apareciendo nuevas necesidades en el sector de la construcción, donde estos, a su vez han ayudado al crecimiento, desarrollo y continua mejora de la infraestructura de la sociedad desde sus inicios, además de ser producidos en la mayoría de los países alrededor del mundo, teniendo así presencia en casi todas las obras de construcción.

Los bloques de hormigón son mampuestos utilizados en la elaboración de muros y paredes. Estos se fabrican a partir de una mezcla de cemento, arena y agregados pétreos. Son vaciados en moldes metálicos donde sufren un proceso de vibrado que permite la compactación del material. Estos mampuestos tienen una clasificación a partir de su dosificación, de la cual depende su resistencia y por ende su utilización. Tales usos van desde la construcción de muros interiores y exteriores, de carga o de relleno muros de contención, entre otros.

Por otro lado, las formas y tamaños de los bloques de hormigón más comunes han sido estandarizados para regular y controlar la uniformidad en las construcciones. Estos bloques durante su proceso de vibrado deben cumplir con una serie de características las cuales evalúan su correcta elaboración, dentro de las cuales se encuentran la compacidad, impermeabilidad, resistencia mecánica, resistencia a la abrasión, congelamiento y desmonte.

Actualmente existen fabricas dotadas con maquinarias que permiten una alta precisión para la elaboración de los bloques de concreto, conforme a los estándares vigentes. Sin embargo, también hay industrias en desarrollo que llevan a cabo un proceso más artesanal y que generalmente están ubicadas en municipios y zonas rurales de Colombia.

La presente investigación busca conocer las formas en las que se fabrican los bloques de hormigón en Palmar de Varela, Santo Tomás y Sabanagrande, municipios de la zona oriental del departamento del Atlántico. Así mismo, se pretende caracterizar distintos especímenes para su análisis en los que se tenga en cuenta la dosificación, el tipo de agregados y por ende el proceso de construcción; igualmente, la investigación plantea la realización de especímenes con distintas dosificaciones propias que permitan correlacionar las dosificaciones con la caracterización local y bibliográfica.

Planteamiento del problema

Alrededor del mundo se han creado normativas que permiten estandarizar los procesos y metodologías en todos los sectores. Desde sus inicios la normalización ha buscado una regulación con miras a alcanzar objetivos comunes. Igualmente, en el marco de la globalización se han necesitado estándares o paradigmas generales que permitan controlar los parámetros de calidad acorde con los entornos industriales.

Desde 1947, las normas ISO 9001 e ISO 14001 han sido el punto de partida para la creación y adaptación de los estándares industriales y comerciales a nivel mundial (ISO, 2015). No obstante, cada país define las regulaciones para tener en cuenta, a partir de los criterios que la ISO exige.

En Colombia las normas y certificaciones están reguladas por el ICONTEC (El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación), de manera que todos los sectores deben ser normalizados a través de esta entidad. Sin embargo, en el campo de la construcción, la mayoría de las normas presentan adaptaciones de otras normas internacionales, expresando la regulación como un manual que muchas veces deja a la experticia del diseñador algunas de las consideraciones. (ICONTEC ORG, 2015).

En la presente investigación se realiza una revisión detallada a la normativa NTC 4026 y NTC 4076, que establecen los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas de concreto, elaboradas con cemento Portland, agua y agregados minerales para elaborar mampostería estructural y no estructural (ICONTEC, 1997) (ICONTEC, 2017) . A pesar de ser estas dos las únicas normas colombianas que regulan la resistencia a la compresión, la humedad y la densidad de los bloques, no establecen una dosificación para su elaboración. Solo una

revisión de otras normas como la ASTM c90 Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units (ASTM, 2021) la cual dicta la caracterización de los agregados de los prefabricados y los ensayos que permiten garantizar la calidad de estos.

A razón de esto, la industria dedicada a la elaboración de mampuestos ha tenido que diseñar sus propias mezclas para la elaboración de los bloques, y a partir de la experimentación y la ejecución de ensayos ha logrado cumplir con los requisitos que determina la norma NTC referenciada anteriormente para su venta en el mercado. Lo cual ha convertido a los diseños de mezclas en recetas secretas de la industria.

A través de la revisión bibliográfica se comprobó la carencia de dosificaciones estandarizadas en algunos países para la fabricación de bloques de concreto tal como se observa en la Tabla 1. Con ella se evidenció la falta de procesos técnicos y estandarizados dentro del contenido académico brindado por las instituciones de formación.

Tabla 1

Comparativo de dosificaciones de mezcla a partir de la revisión de la literatura

Autores	País	Proporción [Masa]			Resistencia [MPa]
		Cemento	Arena	Agua	
(Cabarcas Caipa & Colpas Macias, 2020)	Colombia	1,0	1,94	0,56	28,5
(Caballero Meza & Florez Lengua, 2017)	Colombia	1,0	4,0	*	3,5

(Piñeros Moreno & Herrera Muriel, 2017)	Colombia	1,0	1,0	0,5	5,2
(Benassi Souza, y otros, 2021)	Brasil	1,0	5,0	0,8525	7,0
(Pozo Garcia , 2012)	Ecuador	1,0	4,7	0,5	1,4
(Huertas Alarcón & Martínez Celis, 2019)	Colombia	1,0	2,6	0,76	20,7
(Estrada Ardila & Rodríguez Garzón, 2016)	Colombia	1,0	1,5	1,0	2,0
(Mokhtar, Kaamin, Sahat, & Hamid, 2018)	Malasia	1,0	2,0	4,0	38,7
(Garzon Amaya & Montano Ballesteros, 2014)	Colombia	1,0	1,25	0,5	3,2
(Pelaez , 2020)	Ecuador	1,0	1,51	0,4	5,014
(Estrada Ardila & Rodríguez Garzón, 2016)	Colombia	1,0	2,0	0,8	5,7
(Cascante Vallejo, 2015)	Ecuador	1,0	0,5	0,3	6 ,0
(Guevara, 2017)	Ecuador	1,0	4,0	0,75	2,0
(Lagares Guerrero, 2018)	España	1,0	0,5	0,5	51
(Paricaguán Morales & Muñoz Cuevas, 2019)	Venezuela	1,0	4,5	0,45	43

SENA (SENA, 1990)	Colombia	1,0	6,0	*	-
--------------------------	----------	-----	-----	---	---

Nota. Dosificaciones de mezcla. Elaboración propia. 2022.

Uno de los principales hallazgos del proceso de investigación, en el contexto local, fue la variación en los precios de los bloques fabricados en los municipios de Palmar de Varela, Sabanagrande y Santo Tomás. Allí los valores oscilan entre 800 y 3.800 pesos colombianos. Su variación depende de aspectos como resistencia, dimensiones, materia prima empleada y el método de fabricación. En cuanto a esta última, se identificó que el proceso puede ser llevado a cabo tal como exige la norma, a través de vibro compactadoras o de manera artesanal utilizando moldes y pisones como los hacen muchas bloqueras o ferreterías municipales en el departamento del Atlántico, dónde fabrican bloques de manera empírica.

Justificación

La falta de dosificaciones estandarizadas para la elaboración de bloques ha llevado al sector de la construcción a ser más riguroso en la adquisición de mampuestos, los cuales deben ser ensayados para verificar su calidad y por ende para salvaguardar la seguridad de las construcciones y la vida humana, e incluso se ha llegado a requerir bajo pedidos según los criterios del diseño estructural de las obras.

De manera que ante estas circunstancias surge la necesidad de unificar y estructurar dosificaciones de mezcla tipo, para el sector que conlleve a un mercado competitivo, a mejorar la calidad de las edificaciones, a la inclusión de referencias estándares y la innovación en buenas prácticas (Hirata Nagasaki, 2015).

Hoy día muchos países implementan los sistemas de códigos de modelos que promueven mejores prácticas para mitigar los impactos ambientales, económicos y sociales en la construcción de edificaciones ya que facilitan el fortalecimiento técnico y administrativo para un sistema de supervisión o inspección, como lo son los códigos de la Unión Europea. Los cuales promueven un lenguaje técnico común; a tal punto que la oferta del mercado se caracteriza por tener un único producto es decir ofrecer materiales con las mismas cualidades y especificaciones reguladas en el país; Esta tendencia en Europa se ha denominado como mercados únicos. (UNION EUROPEA, 2018).

Con el propósito de promover la sostenibilidad, la veracidad de la información de los productos y de incentivar el mercado nacional, acogemos los criterios que expone la NTC 6093, teniendo en cuenta que el cumplimiento de estos permitiría la adquisición de sellos ambientales

en prefabricados de concretos, de manera que todos los productores puedan ofrecer un producto de calidad. (ICONTEC, 2014).

Por todo lo anterior, es pertinente establecer como pregunta de investigación: ¿Los bloques elaborados en la zona oriental del departamento del Atlántico cumplen con la normatividad colombiana en el sector de la construcción de obras civiles?

Objetivos

Objetivo General

Analizar las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto no estructurales a partir de las diferentes dosificaciones de mezcla que se elaboran en la zona oriental del departamento del Atlántico.

Objetivos Específicos

- Revisar, analizar y comparar la bibliografía existente de las distintas dosificaciones de mezclas encontradas en la literatura a nivel nacional e internacional sobre este tema en específico.
- Ensayar las distintas dosificaciones de mezcla para bloques vibro prensados a partir de los rangos establecidos acorde a la revisión bibliográfica.
- Caracterizar bloques prefabricados de los municipios Palmar de Varela, Sabanagrande y Santo Tomas en Atlántico para conocer su dosificación, métodos de elaboración y sus propiedades físicas y mecánicas.
- Realizar un análisis económico de los precios unitarios de las unidades de mampostería en la zona de estudio.

Marco referencial

Marco normativo

Reglamento Colombiano de construcción Sismorresistente NSR- 10

Las edificaciones, los proyectos urbanísticos y la vigía de estos en la república de Colombia deben estar fundamentados en normas y realizarse bajo ciertos criterios y modelos de construcción, una de estas es la NSR 10 Norma Sismo Resistente 10 (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2010). Esta a su vez contiene una serie de medidas y normas constituidas en el país y adoptadas internacionalmente. Hoy la NSR 10 encuentra asidero jurídico en la Ley 400 de 1997 y Ley 1229 de 2008.

Esta tiene por objeto dar especificaciones estrictas sobre la construcción sismo resistente, a partir de los estudios realizados en el territorio. Su finalidad es reducir el riesgo de pérdida de vidas, a partir de diversas características de construcción que exige la norma.

El reglamento establece un orden en el planteamiento de la construcción y el diseño de las edificaciones teniendo en cuenta la localización, el nivel de amenaza sísmica, las características de la construcción, cimentación, los elementos y materiales empleados. Estos están estructurados por capítulos iniciando con el título A y finalizando en el título K.

Para la definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado, es vital conocer a detalle los elementos u materiales que serán utilizados en la construcción de la edificación. Para efectos de esta investigación se analizan los bloques de hormigón de uso estructural y no estructural, los cuales hacen parte de los elementos de carga muerta que se deben considerar en un diseño sismorresistente.

Norma Técnica Colombiana, NTC 4026 Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para Mampostería estructural, NTC 4076 Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto

Las normas técnicas colombianas NTC 4026 y 4076, establecen los requisitos de diseño para las unidades de mampostería, elaboradas con cemento Portland y agregados minerales u otros. Adicionalmente se establecen las condiciones que clasifican los bloques de tipo estructural (aquellos que superan los 7MPa (Rc28) de esfuerzo a compresión) y no estructural (aquellos que tienen un rango entre 5MPa y 6MPa (Rc28) de esfuerzo a la compresión). Así mismo, menciona una clasificación de acuerdo con la densidad de sus materiales que categorizan al bloque en tres tipos: liviano, medio y normal. Además, los porcentajes de absorción y humedad que estos deben manejar.

De igual manera, estas normas mencionan otras características que se deben tener en cuenta al momento de diseñar los mampuestos, como lo son los tintes colorantes, los aditivos, y otros tipos de agregados. Así como las dimensiones, el acabado y apariencia que deben tener los bloques terminados, y finalmente el muestreo y ensayo de los especímenes.

Marco geográfico

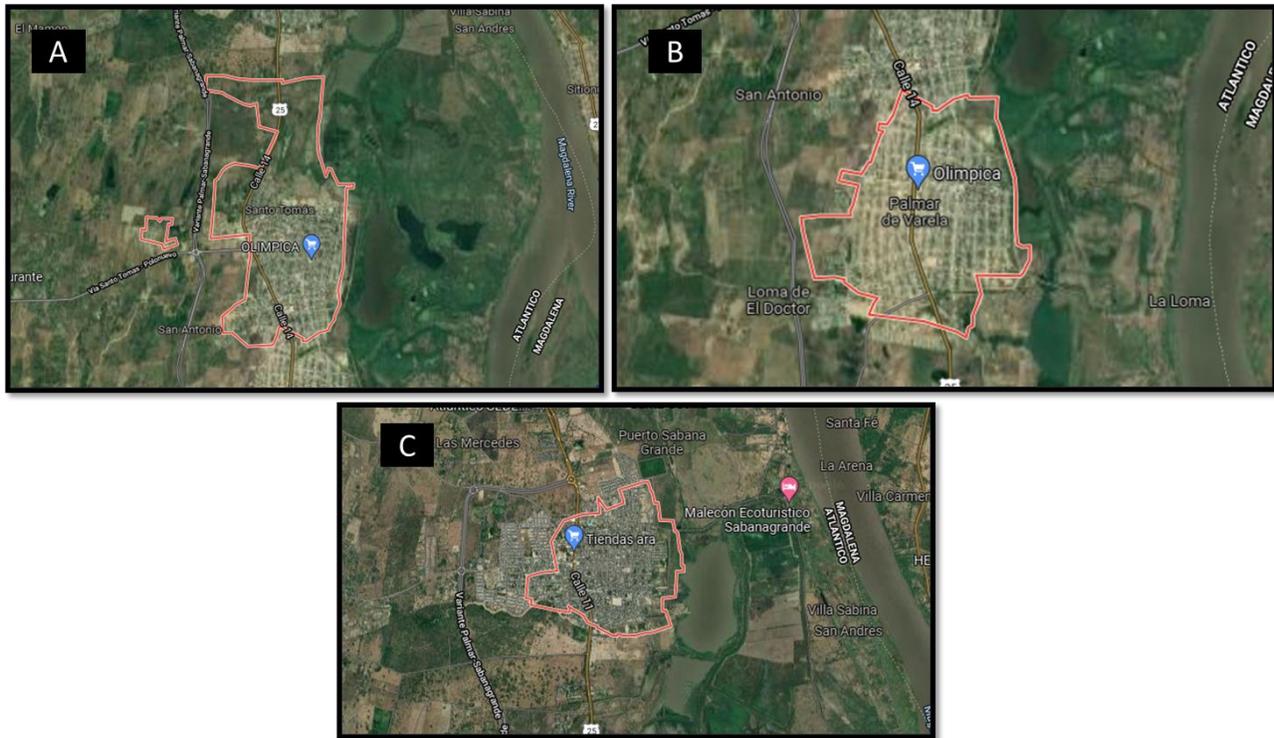
La presente investigación tendrá como localización los municipios de Palmar de Varela, Sabanagrande y Santo Tomas, en el Departamento del Atlántico.

El municipio de Santo Tomas cuenta con coordenadas geográficas de: Latitud: 10.75, Longitud: -74.75 10° 45' 0" Norte, 74° 45' 0" Oeste. Su superficie es de 6700 hectáreas (67.00 km²) y tiene una población de 23 188 habitantes aproximadamente. El Municipio limita al norte

con el municipio de Sitionuevo, al sur con el municipio de Remolino, al Oeste con Polonuevo y al suroeste con Sabanalarga.

Por otro lado, el municipio de Palmar de Varela cuenta con coordenadas geográficas de: Latitud: 10.75, Longitud: $-74.75\ 10^{\circ}\ 45'\ 0''$ Norte, $74^{\circ}\ 45'\ 0''$ Oeste. Su superficie es de 9400 hectáreas (94.00 km²) y tiene una población de 23 012 habitantes aproximadamente. El municipio limita al norte de igual forma con Sitionuevo y al sur con el municipio de Remolino.

Por último, el municipio de Sabanagrande cuenta con coordenadas de: Latitud: 10.8, Longitud: $-74.75\ 10^{\circ}\ 48'\ 0''$ Norte, $74^{\circ}\ 45'\ 0''$ Oeste. Su superficie es de 4300 hectáreas (43.00 km²). Sabanagrande limita al norte con el municipio de Malambo, al sur con el municipio de Sitionuevo, al este con el municipio de Sitionuevo y al suroeste con el municipio de Polonuevo.

Figura 1*Ubicación de los sitios de muestreo*

Nota. En la figura se muestra los municipios escogidos para desarrollar la investigación. a) municipio de Santo Tomás, b) municipio de Palmar de Varela, c) municipio de Sabanalarga. Por Google Maps. 2022.

Marco teórico

El hormigón o cemento armado es un material compuesto que se utiliza frecuentemente en todo tipo de construcciones gracias a su versatilidad. Este material está formado por un aglomerante al que se le añade en su proceso fragmentos o partículas de un agregado determinado, de agua y de ciertos aditivos específicos. (UMACON, 2021)

Según (Guevara, 2017), para conseguir propiedades especiales del hormigón, tanto fresco como endurecido (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, menor densidad, entre otras), se

pueden añadir otros componentes como aditivos químicos (micro sílice, limallas de hierro) o se pueden reemplazar sus componentes básicos por componentes con características especiales como agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento, llegando incluso a utilizarse agregados orgánicos, ya sea en estado natural, o tratados mediante procesos para eliminar posibles componentes dañinos para el hormigón.

Componentes del hormigón

Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, la cual tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. (Ecured, 2018).

Tipos de cemento

El cemento se puede clasificar en dos: de origen arcilloso, obtenido a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente. De origen porcelánico, en donde la porcelana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánica.

Los tipos de cementos difieren dependiendo de su composición, propiedades de resistencia y durabilidad, y por lo tanto por sus destinos y usos (Ecured, 2018).

Cemento Portland

Es el tipo de cemento más utilizado para la preparación del hormigón o concreto. Este producto se obtiene por la pulverización del Clinker Pórtland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio (Ecured, 2018).

Entre sus principales compuestos se pueden encontrar en la Tabla 2:

Tabla 2*Principales compuestos del cemento*

Nombre	Fórmula	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF

Nota. 360 en concreto. Grupo Argos. 2018.

Tipos de Cemento Portland

Los cementos portland se clasifican en tres categorías las cuales se describen en la Tabla 3.

Tabla 3*Tipos de cemento Portland*

Categoría	Denominación
Portland 350	P-350
Portland 450	P-450
Portland 550	P-550

Nota. Características y correcta aplicación de los diversos tipos de cemento. Por Julián Rezola, 2018.

En la actualidad se fabrican distintos tipos de cemento portland dependiendo las especificaciones técnicas y el uso al que se le vaya a dar a este. En nuestro país el cemento se rige por la Norma Técnica Colombiana NTC 121, basado en la ASTM C150/C150M-21.

La NTC 121 describe seis tipos de cemento los cuales se pueden clasificar por desempeño y donde el objetivo principal es garantizar la durabilidad del concreto y la versatilidad de utilización en las obras. (Cementos tequendama, 2018)

- **Tipo UG – Uso General**

Utilizado en construcciones generales, cuando uno o más de los tipos especiales no son requeridos y cuando los elementos no van a estar expuestos al contacto con agentes agresivos. Entre sus usos frecuentes se encuentran: pavimentos, pisos, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para vías férreas, tanques y depósitos, tuberías, mampostería y otros productos de concreto reforzado. (Cementos tequendama, 2018)

- **Tipo ART – Alta resistencia temprana**

Frecuentemente usado para trabajar altas resistencias en una semana o menos. Contiene partículas que han sido previamente molidas y se utilizan para la elaboración de concretos y morteros en plantas concreteras y centrales de mezclas, construcciones con producción industrializada de concretos, etc.

- **Tipo MRS – Moderada resistencia a los sulfatos**

Utilizado para elaborar concretos con requerimientos de desempeño moderados en resistencias a la compresión y resistencias a los sulfatos. Se utiliza también en ambientes

moderadamente agresivos y en producción de concretos para cimentaciones, muros, contenciones, estructuras, rellenos y todo tipo de obra en general.

- **Tipo ARS – Alta resistencia a los sulfatos**

Se utiliza para la elaboración de concretos para ambientes agresivos (con presencia de sulfatos en suelos o en agua de mar), como por ejemplo canales, alcantarillas, obras portuarias y plantas de tratamiento de aguas, entre otras. Su resistencia se adquiere más lentamente que la de un cemento UG.) (Cementos tequendama, 2018)

- **Tipo MCH – Moderado calor de hidratación**

Desarrolla resistencia a una velocidad muy inferior a la de otros tipos. Se usa para desarrollar concretos con requerimientos de desempeño moderados en calor de hidratación y la construcción de puentes y tuberías de concreto.

- **Tipo BCH – Bajo calor de hidratación**

Utilizado para proyectos en los que se requiere bajo calor de hidratación donde no se deban producir dilataciones durante el fraguado, ni retracciones durante el secado; para estructuras de concreto masivo, en construcciones de estructuras de gran volumen como presas de gravedad, muros y diques, donde el aumento de temperatura resultante en el transcurso del endurecimiento se tenga que conservar en el menor valor posible. (Cementos tequendama, 2018)

Características físicas y mecánicas del cemento

Fraguado del Cemento

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos

procedentes de la reacción química del agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento.

Según (Guevara, 2017), el fraguado se produce en dos etapas, las cuales son:

- **Fraguado:** proceso que puede durar un determinado tiempo que va desde minutos hasta 15 horas como máximo, en donde la masa plástica adquiere su rigidez.
- **Endurecimiento:** proceso por el cual la masa rígida aumenta su dureza y resistencia mecánica la cual va de 28 días a varios años.

Entre los factores que influyen en la duración del fraguado se encuentran:

- **Finura:** el fraguado tiende a ser más rápido cuando el cemento es más fino.
- **Agua:** el fraguado tiende a ser más rápido cuando la mezcla tiene menor cantidad de agua.
- **Áridos:** el fraguado tiende a ser más lento cuando los agregados tienen materiales orgánicos.
- **Temperatura:** el fraguado tiende a retrasarse cuando está expuesto a altas temperaturas y viceversa.
- **Peso específico real:** este dato puede variar y depende de las condiciones ambientales del lugar. Normalmente presenta un valor aproximado de 3 g/cm.

Agregados o áridos

Se denominan agregados o áridos al conjunto de gránulos, granos o partículas inertes que por su origen, tamaño y naturaleza están destinados a ser aglomerantes, y que en presencia del agua y el cemento forman el llamado concreto y hormigón. (El tiempo, 1995)

Para efectos del uso de los agregados en la construcción, es preferible que estos estén exentos de arcillas, materias orgánicas, sales químicas y granos recubiertos. Además, es físicamente sano si estos mantienen su forma pese a los cambios de temperatura o humedad y cuando resiste la acción de la intemperie sin descomponerse. (El tiempo, 1995)

Para el caso de los áridos naturales, estos se clasifican en finos y gruesos; donde los áridos finos o arenas pasan por el tamiz #4 y los áridos gruesos no atraviesan el tamiz #4 y se les llama como gravas (conocidos también como ripio o triturados).

Los áridos gruesos presentan mejores propiedades de adherencia con la pasta de cemento cuando son triturados, lo que les dota de aristas (áridos con superficie redondeada que tienen menor adherencia). (Guevara, 2017)

Clasificación de los agregados

Los agregados pueden ser clasificados según los siguientes criterios:

Por su procedencia

- **Agregados naturales:** formados por procesos geológicos.
- **Agregados artificiales:** provienen de un proceso de transformación de los agregados naturales, dichos agregados artificiales son productos secundarios. Algunos de estos agregados son los que constituyen la escoria siderúrgica, la arcilla horneada, el hormigón reciclado, piedra triturada, etc. (Info Civil , 2021)

Por su tamaño

- **Agregado grueso:** agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4,75mm); o bien, aquella porción de un agregado que es retenida por el tamiz No. 4 (de 4.75mm).
- **Agregado fino:** agregado que pasa por el tamiz de 3/4 en (9.5mm) y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 (de 4.75mm), este es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 (de 75 μ m).

Por su gravedad específica

- **Ligeros:** ($G_s < 2.5$). Los agregados ligeros, como la arcilla esquistosa y la expandida, la vermiculita, la perlita, la piedra pómez y las cenizas, se utilizan para producir hormigón aislante, para unidades de mampostería o estructural ligero que pesa entre 400 y 2000 kg/m³.
- **Normales:** ($2.5 < G_s < 2.75$). Los materiales principales que se usan en el hormigón de peso normal, por lo común de 2300 a 2500 kg/m³, incluyen las arenas y gravas, roca triturada y escoria siderúrgica. Las rocas trituradas de uso más común son el Granito, Basalto, Arenisca, Piedra Caliza y Cuarzita.
- **Pesados:** ($G_s > 2.75$). Los agregados pesados, como la Magnetita, la Barita o el Hierro de desecho, se usan para producir hormigón de 2900 a 3500 kg/m³, utilizado para blindaje contra la radiación y para contrapesos de hormigón.

Propiedades físicas de los agregados

Agregado fino

- **Granulometría:** la granulometría es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multifásico

Por otro lado, es el proceso o método por el cual se dividen las partículas de los agregados por tamaños mediante el uso de mallas. Estas arenas deben cumplir los límites especificados en la norma ASTM C-33.

- **Módulo de finura (MF):** parámetro por el cual se determina el grado de grosor o finura que presenta una muestra de agregado en base a lo estipulado en la norma ASTM C-125, el cual es expresado mediante la suma de porcentajes acumulados en los tamices N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, N°3/8", N°3/4", N°1 ½, N°3" y N°6", el cual se expresa en porcentaje. (Guevara, 2017).
- **Densidad Relativa o Gravedad Específica:** es usada en la determinación de la humedad superficial del agregado fino por desplazamiento de agua en el método de ensayo C-70. También, es usada en el agregado húmedo, esto es, si su absorción ha sido satisfecha (Cañas, 2018).

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro en el interior de las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con agua por un período suficiente para poder satisfacer la absorción potencial (Cañas, 2018).

- **Contenido de humedad:** es la cantidad total de agua que contiene la muestra de agregado al momento de determinar su masa. El procedimiento de ensayo para la obtención de este parámetro se muestra en la norma NTE INEN 862 (Guevara, 2017).

Existen cuatro estados de humedad en los que se puede encontrar a los agregados:

- ✓ Seco al horno: obtenido luego de ser secado en un horno de laboratorio durante 24 horas con una temperatura de 110°C, tiempo en el que se logra eliminar toda la humedad externa existente en este.
- ✓ Humedad natural: saturación de los poros internos del agregado sin presentar humedad externa o superficial.
- ✓ Saturada superficie seca (SSS): poros internos saturados de agua, el agregado no presenta humedad superficial apreciable.
- ✓ Saturada superficie húmeda (SSH): poros internos saturados de agua. Normalmente el agregado presenta humedad superficial apreciable.

Agregado grueso

- **Granulometría:** método mecánico por el cual se pueden separar las partículas de los agregados dependiendo su tamaño por medio del uso de mallas. En estas, las arenas a utilizar deben cumplir los límites especificados en la norma ASTM E-11, como se especifica en la Tabla 4:

Tabla 4

Porcentajes de agregado que pasa los tamices de la serie

Tamaño de malla		Limites ASTM que pasa
N° tamiz	Abertura (mm)	(%)
2"	50,8	100
1 1/2"	38,1	95 -100

1"	25,4	-
3/4"	19,1	35 – 70
1/2"	12,7	-
3/8"	9,52	10 – 30
#4	4,76	0 – 5
Bandeja	-	-

Nota. ASTM E-11

- **Tamaño Nominal Máximo (TNM):** es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño (Héctor Gallegos, 2002).
- **Porosidad:** es el volumen de espacios dentro de las partículas de los agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados siendo esta representativa en la estructura interna de las partículas (Héctor Gallegos, 2002).

Los poros normalmente están entretejidos y entre conectados, permitiendo así el pasaje lento del agua a través del concreto. En donde, entre más denso el concreto, más apretados los poros y menos agua puede pasar a través de este.

- **Absorción:** determina la cantidad de agua capaz de absorber el agregado y que debe tomarse en cuenta en la dosificación del hormigón para realizar las correcciones en el agua de mezclado.

Agregado liviano

Son materiales expandidas normalmente de esquisto, arcilla o pizarra que se han expuesto al fuego en un horno rotativo de calcinado para que estas desarrollen una estructura porosa.

Se encuentran en diferentes canteras alrededor del mundo, en donde su proceso de formación ocurre por medio de lava proyectada al aire la cual sufre una gran descompresión. Como consecuencia de esta se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico (Guevara, 2017).

Bloques de hormigón

El bloque de hormigón fue diseñado por primera vez por Harmon Sylvanus Palmer en 1890 en los Estados Unidos, sin embargo, en el periodo de reinado del emperador Romano, Calígula (37 d.C – 41 d.C), se utilizaron pequeñas piezas de hormigón prefabricado como material de construcción en la zona actual donde se encuentra ubicada Nápoles, Italia (Bloqueras.org, 2016).

En sus inicios, los bloques tenían medidas de 8 pulgadas (20,3 cm) por 10 pulgadas (25,4 cm) por 30 pulgadas (76,2 cm), y su peso era tal que se tenía que alzar en su sitio con una grúa pequeña.

En la actualidad, la elaboración de bloques de concreto es un proceso industrializado el cual es capaz de producir hasta 2.000 piezas por hora.

Elementos para elaboración de bloques de hormigón

La elaboración de bloques de hormigón normalmente es una mezcla de agua, arena, cemento portland y grava. Estos componentes una vez combinados producen un bloque de color gris claro con una textura fina en su superficie y una elevada resistencia a la compresión.

Cabe resaltar, que dependiendo el uso de los bloques en construcción su dosificación de mezcla cambia, en donde el contenido de arena, grava y cemento varía dependiendo la resistencia requerida y las especificaciones indicadas en la norma de cada país.

Aditivos

La mezcla de concreto que se usa para elaborar bloques puede contener en algunos casos químicos los cuales son conocidos como aditivos y ayudan a modificar el tiempo de curado, incrementar la resistencia a la compresión o la trabajabilidad (Bloqueras.org, 2016).

Diseño de bloques de concreto

Los tamaños y formas de los bloques alrededor de mundo se han estandarizado para garantizar uniformidad en la construcción de edificios y proyectos de vivienda.

Dentro de las medidas más comunes utilizadas alrededor del mundo, se encuentran: bloques de 10x20x40 cm, 15x20x40 cm y 20x20x40 cm.

Tipos de bloques de hormigón

El bloque de hormigón, al ser un material prefabricado puede tener una variedad de modelos los cuales sería difícil listarlos cada uno, sin embargo, podemos clasificarlos de manera general de acuerdo con los tipos de bloques, entre los cuales se encuentran:

- **Bloques de gafa:** es el modelo más utilizado. Se utiliza con los huecos de forma horizontal para permitir un poco de visión y dar paso al aire con el exterior.
- **Bloques multicámara:** los huecos internos de este modelo se encuentran compartimentados. Este tipo de bloques son usados normalmente para construir una pared de una sola hoja.
- **Bloques de carga:** suelen ser más macizos y se utilizan para muros que tienen funciones estructurales.
- **Armados:** son diseñados como encofrado perdido de muros macizos de hormigón. Presentan rebajes interiores para apoyar la armadura de acero.
- **Cara vista:** son bloques con al menos una de las tres caras especialmente preparadas para no precisar revestimiento.
- **En U:** se emplean como zunchos para cubrir cantos de forjado, o para crear dinteles.

Así mismo la norma NTC 4026-4076 hace una clasificación de los bloques según su peso acorde a la densidad de estos.

Según su peso

Según la NTC-4026, se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su peso:

- De peso liviano, con una densidad de menos de 1680 kg/m³.
- De peso mediano, con una densidad entre 1680 kg/m³ y menos de 2000 kg/m³.
- De peso normal, con una densidad de 2000 kg/m³ o más.

Según el control de humedad

Según la NTC-4076, se establecen dos tipos de unidades de mampostería de concreto:

- Tipo I. Unidades con control de humedad: los cuales deben cumplir con los requisitos de esta norma.
- Tipo II. Unidades sin control de humedad: los cuales deben cumplir todos los requisitos de esta norma, excepto los que se encuentran descritos en la Tabla 5.

Tabla 5

Requisitos para el contenido de humedad en las unidades de mampostería Tipo I

Contracción lineal por secado (CLs)A, %	Contenido de humedad (H), promedio de 3 unidades, máximo, como un % del valor total de la absorción de agua (Aa)		
	Condiciones de humedad de la obra o del sitio de uso de las unidades		
	Húmeda	Intermedia	Seca
De menos de 0,03	45	40	35
De 0,03 hasta menos de 0,045	40	35	30
De 0,045 hasta 0,065 (como máximo)	35	30	25

Nota. Norma Técnica Colombiana (NTC-4026)

Según su resistencia a la compresión

Se establecen dos clases de unidades de mampostería de concreto para mampostería estructural, según su resistencia a la compresión. Estas son:

- De resistencia alta (A)
- De resistencia baja (B)

Resistencia a la compresión de bloques de concreto

Según la NTC-4026, la resistencia a la compresión se ha especificado a los 28 días. Sin embargo, las unidades se pueden utilizar a edades más tempranas, esto, si existe un historial sobre la evolución de la resistencia de unidades de iguales características que indique que las primeras alcanzan dicha resistencia, los requisitos que exige la norma NTC 4026 se describen en la Tabla 6.

Tabla 6

Requisitos de resistencia a la compresión, absorción de agua y clasificación del peso

Resistencia a la compresión a los 28 d		Absorción de agua (Aa) % según el peso			
(Rc28), evaluada sobre el área neta		(densidad) del concreto secado en horno			
promedia (Anp)		kg/m³			
Mínimo, MPa		Promedio de 3 unidades, máximo %			
Clase	Promedio de 3	Individual	Peso liviano,	Peso	Peso normal
	Unidades		menos de	mediano, de	2000 kg/m³
			1680 kg/m³	1680 kg/m³	o más

				hasta menos	
				de 2000	
				kg/m³	
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Nota. Norma Técnica Colombiana (NTC-4026)

Por otro lado, en la NTC-4076, se indica que la resistencia a la compresión debe ser a los 28 días. Sin embargo, las unidades o especímenes se pueden utilizar en periodos más tempranos siempre y cuando exista un historial sobre la evolución de la resistencia de unidades de iguales características y este indique que las primeras alcanzan dicha resistencia (ICONTEC, 1997). Los requisitos para la resistencia de unidades no estructurales se describen en la Tabla 7.

Tabla 7

Requisito de resistencia a la compresión según la NTC-4076

Resistencia a la compresión a los 28 d (Rc28), evaluada sobre el	
área neta promedio	
Mínimo, Mpa	
Promedio de 3 unidades	Individual
6.0	5.0

Nota. Norma Técnica Colombiana (NTC-4076)

Estado del arte

A pesar de que la industria fabricante de bloques en el mundo entero surgió realizando un trabajo empírico, poco a poco quienes trabajan en su elaboración han emprendido procesos de tecnificación del oficio. Aportando nuevos elementos tanto en la forma como en la composición de los bloques. Algunas de estas modificaciones han correspondido a preocupaciones legítimas por la fortaleza estructural, adaptaciones geográficas y últimamente, el desarrollo sostenible.

Hoy en día puede afirmarse que toda esta tecnificación proviene de un trabajo de investigación y validación, que promueve la optimización de los procesos y que, a su vez, mejoran la calidad de los productos como el caso de Fuerte Block, un proyecto de investigación realizado en Guatemala, en el que se aborda desde un análisis inicial la producción y calidad de los bloques que fabrica una bloquera local, con el fin de proponer a través de la ingeniería procesos de mejora que involucran el personal de planta, (Régil, 2005) , el análisis y el diseño de mezcla para los bloques de manera que estos logren cumplir los estándares que exige la norma nacional e internacional en cuanto a la resistencia que deben poseer los bloques después de los 28 días de elaborados.

El estudio demostró que el personal operativo es una pieza clave del proceso y quienes deben conocer a detalle los cambios y el porqué de ellos. Así mismo, (Régil, 2005) señala que la caracterización de los agregados y los procesos continuos de mejora proporcionan oportunidades competitivas en el mercado. “Conocer no sólo los procesos, sino las características en la materia prima... trae consigo un impacto significativo en costos y esfuerzos” (Régil, 2005)

Por otro lado, ante la alta demanda de bloques como materiales de construcción, existen también preocupaciones ligadas a una producción masiva, de calidad y capaz de generar consigo

beneficios sociales. Tal es el caso de un estudio realizado en Argentina, donde se investiga sobre dosificaciones base de suelo-cemento con materiales de presentes en la escena local, y que puedan ser empleados en la construcción de proyectos de viviendas de interés social. En dicho proceso se vincula, además, a la ciudadanía para la apropiación de conocimientos ligados al campo de la construcción, todo eso con miras a involucrarles y mejorar su calidad de vida y condiciones laborales (Mas & Kirschbaum, 2012).

En el desarrollo de la investigación se analizan las características como la transmitancia térmica de los bloques según su espesor, y se elaboraron diseños de mezcla con dos tipos de suelo un primero con una clasificación de tipo arenoso SC y un segundo de tipo arcilloso de tipo CL, para cada uno de los suelos se diseñaron dosificaciones individuales y combinadas obteniendo como resultados mejores resistencias en las dosificaciones realizadas con el suelo arenoso llegando alcanzar resistencias entre 55 Kg/cm² y 70 Kg/cm² utilizando dosificaciones con proporciones de 1:8 a 1:10, así mismo (Mas & Kirschbaum, 2012) concluyen que es mejor utilizar un solo tipo de suelo preferiblemente de tipo gravoso o arenoso.

La investigación resalta un hallazgo importante y es que, sin importar la muestra utilizada ni la presión de fabricación, la resistencia de los bloques dependió únicamente en la medida de la proporción de cemento con respecto a la tierra, teniendo en cuenta que los prototipos realizados para las viviendas se construyeron con prensas manuales y que la presión de fabricación solo modificó el tiempo de resistencia a la rotura de los especímenes. (Mas & Kirschbaum, 2012)

De manera paralela, así como se han desarrollado investigaciones para mejorar la calidad de los mampuestos, se han adelantado estudios en torno a la sostenibilidad y sustentabilidad, en el

cual se ha dado protagonismo a los agregados de tipo orgánico e inorgánicos que en su mayoría son productos del proceso de reciclaje.

A nivel regional, en Colombia el estudio de dosificaciones de mezcla se ha desarrollado a tal medida que se puedan usar en su elaboración nuevos agregados que tengan como finalidad mejorar las características mecánicas de los bloques de mortero.

Según (Barrios & Heidy, 2018), luego de realizar los ensayos a compresión a los cubos de mortero utilizando ceniza de cuesco como agregado, se observó un 3% de ceniza de cuesco en relación con el peso base del cemento el cual adquirió una resistencia inicial superior la cual se mantuvo hasta conseguir una resistencia final a los 28 días más alta que la mezcla de mortero convencional.

Adicionalmente, se evidenció que el comportamiento de las diferentes mezclas de mortero con ceniza que estaban entre el 2% y 5% presentaron resistencias iniciales mayores en un crecimiento constante hasta el día 14 donde el aumento fue disminuyendo paulatinamente dando como resultado que las resistencias en las mezclas de 2%, 4% y 5% fueran menores que la mezcla sin adición de ceniza que tuvo un aumento de resistencia más controlado.

Por otro lado, (Díaz & Hernández, 2018) en su artículo sobre los ensayos de dosificaciones para bloques, ladrillos y contrapisos de hormigón utilizando desechos plásticos y finos de perlitas indican la importancia de explorar métodos alternativos que permitan la reducción de materiales no renovables, como también la energía utilizada en la producción de estos y el costo de la mano de obra.

Uno de los desafíos al realizar este ensayo es realizar la mezcla incorporando plástico reciclado y perlita, como reemplazo del agregado grueso, fino y de cemento en donde se espera que conserven sus características mecánicas.

En la investigación realizada por (Díaz & Hernández, 2018) llegan a la conclusión de que los polímeros reciclados al 19% muestran el doble de resistencia a la compresión axial exigida por la Norma Boliviana, mientras que al sustituir 37% del agregado plástico no llega a cumplir lo exigido por la Norma.

Metodología

Población y muestra

La población y la muestra en la investigación será la misma, correspondiente a 13 lotes de bloques de hormigón de 6 unidades cada uno, de los cuales 7 lotes se elaboraron con dosificaciones propias y 6 lotes con dosificaciones locales. Así mismo de las 6 dosificaciones locales se elaboraron 3 utilizando maquinas vibro prensadoras y 3 a partir de moldes.

El total de la población son cuarenta y dos (42) bloques elaborados a partir de las siete dosificaciones propias de la investigación y treinta y seis (36) bloques adquiridos (comprados) en bloqueras de los municipios de Palmar de Varela, Santo Tomás y Sabanagrande del departamento del Atlántico. La selección de estos municipios fue de tipo objetiva teniendo en cuenta la cercanía a las canteras naturales de arena y grava de donde se extraen los agregados de la mezcla.

Adicionalmente, la Norma NTC 4026 y NTC 4076 establecen que se requieren tres unidades por dosificación, por cada uno de los ensayos (Resistencia, densidad y absorción) y adicionales muestras de control o reemplazo.

Dentro de la selección de las muestras se tuvo en cuenta, la variedad en los métodos de fabricación existentes en el departamento, los cuales son a través del uso de vibro-prensadoras, o moldes y pisones. Así mismo la selección de las muestras estuvo condicionada a una sola medida o tamaño de bloque, el cual debe tener las dimensiones de 19x39x14 centímetros, a fin de obtener una medida estándar definida en la investigación.

Teniendo en cuenta que se requieren seis muestras por dosificación para los ensayos mecánicos y físicos se consideró adicionar muestras de control y/o reemplazo, por lo cual se requiere un total de 117 muestras o especímenes para la realización de la investigación.

A continuación, en la Tabla 7 se especifica la población correspondiente a la investigación.

Tabla 7

Distribución de las muestras de la investigación

Tipo de muestras	Método de fabricación	Número de dosificaciones	Muestras para ensayos	Muestras de control	Total, de muestras
Propias	Vibro compactadas	7	42	21	63
	Vibro compactadas	3	18	9	27
Adquiridas	Moldes Manuales	3	18	9	27
Población y muestra en la investigación					117

Nota. Distribución de muestras utilizadas en la investigación. Elaboración propia. 2021.

Tipo o nivel de la investigación

Propósito: aplicada

Este proyecto académico aplicado ha sido desarrollado con el propósito de llevar a cabo un reconocimiento y consolidación de información e investigaciones, que hayan abordado las dosificaciones y los métodos de fabricación utilizados en Colombia, para la elaboración de

bloques de hormigón, frente a una perspectiva internacional. Así como la revisión de las normas que regulan la fabricación de estos elementos de construcción en nuestro país.

Nivel de profundización: explorativa

Así mismo se trabajó una metodología investigativa de tipo explorativa, en la cual se tuvo un acercamiento directo con los fabricantes de los bloques para recolectar información. Del mismo modo, se elaboraron muestras propias con base a los datos suministrados por personas con experiencia en el campo, y a partir de la revisión bibliográfica realizada.

Tipo de datos: cuantitativa, Descriptiva – correlacional

Finalmente, el enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa, Descriptiva – correlacional, con el fin de relacionar las variables establecidas, las cuales dependerán de los métodos de fabricación, la caracterización de los agregados y las pruebas físicas y mecánicas realizadas a los bloques.

Inferencia: deductiva

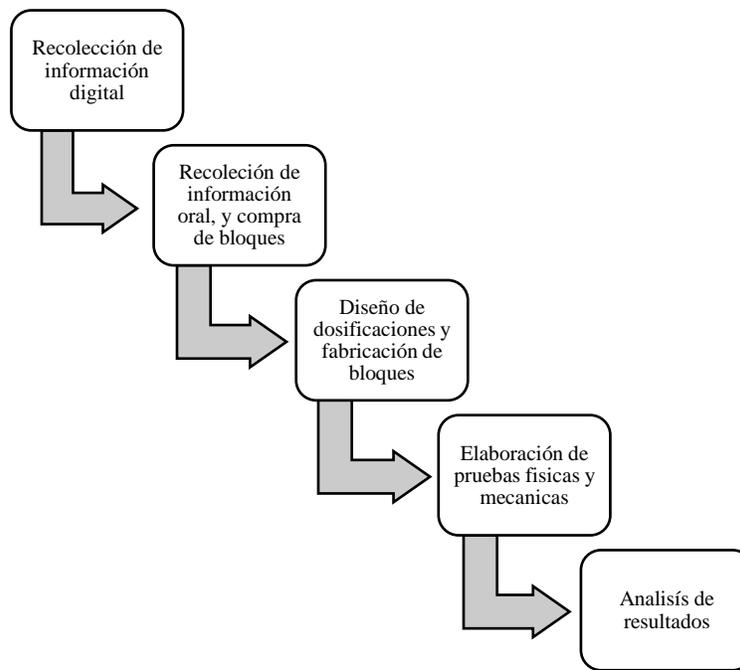
A través de la propuesta metodológica utilizada se logra estudiar y comprobar la realidad de la fabricación de los mampuestos elaborados de forma artesanal en algunos municipios del departamento del Atlántico con el fin de Verificar o refutar las hipótesis propuestas en este trabajo de investigación, las cuales serán base para futuras investigaciones en el área.

Fases de la investigación

A partir de la metodología planteada se elaboró un diagrama, el cual se muestra en la Figura 2 con cada una de las fases realizadas en la investigación las cuales permitieron cumplir con los objetivos propuestos al inicio de esta.

Figura 2

Diagrama de fases de la investigación



Nota. Fases de la investigación. Elaboración propia, 2021.

En la Figura 3 se describen las acciones realizadas en cada una de las fases de la investigación.

Figura 3

Diagrama explicativo de las fases de la investigación

Recolección de información digital	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda en la web investigaciones que relacionen la investigación • Búsqueda de reglamentación colombiana afin a la investigación.
Recolección de información oral, compra de bloques	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de personas con experiencia en la elaboración de bloques para entrevistar. • Búsqueda de fabricantes y dueños de bloqueras (compra de bloques)
Diseño de dosificaciones y fabricación de bloques	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de consolidados sobre las dosificaciones encontradas. • Determinación de las dosificaciones de la muestra de la investigación. • Caracterización de agregados • Fabricación de bloques.
Elaboración de pruebas físicas y mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de compresión , absorción y densidad de las muestras
Análisis de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los resultados obtenidos

Nota. Fases de la investigación. Elaboración propia, 2021.

La metodología propuesta en la investigación se llevó a cabo a través de fases en las cuales se describe a detalle los procesos llevados a cabo en cada una de ellas.

Fase 1: Recolección de información digital

El proceso comenzó con la realización de unas mesas de trabajo en las que se logró recopilar información bibliográfica en la web, entre las que se tuvo en cuenta, trabajos de grado tanto de pregrado como de posgrado de repositorios institucionales, artículos científicos de bases de datos como Scielo y Sciencedirect, además de folletos informativos y normas de páginas oficiales como Icontec, ISO y la comisión europea.

Dentro de la búsqueda bibliográfica se establecieron algunos criterios de selección de la información como los tipos de agregados en la mezcla y la resistencia obtenida de los especímenes. Sin embargo, no solo se analizaron bloques, además se tuvo en cuenta los diseños de mezcla realizados para probetas y cilindros de concreto; finalmente se elaboraron tablas que recopilaron las dosificaciones en las cuales se tenía mayor afinidad con la investigación, y que los resultados de las pruebas de resistencia estuvieran entre los valores que exige la Norma NTC 4026 y NTC 4076.

A continuación se muestra la Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10 y la Tabla 11 en las que se logró recopilar la información que permitió definir el diseño de mezcla y la dosificación para los bloques propios de la investigación. En estas tablas se muestran los resultados de resistencias obtenidas en bloques elaborados en otras investigaciones, la dosificación utilizada y el tipo de proporción de esta.

Tabla 8

Dosificaciones no estructurales encontradas; Tipo de proporción: masa

Autores	País	Proporción [Masa]				Resistencia [MPa]
		Cemento	Arena	Agua	Grava	
(Caballero Meza & Florez Lengua, 2017)	Colombia	1,0	2,26	-	-	3,0
(Piñeros-Moreno & Herrera-Muriel, 2018)	Colombia	1,0	5,53	0,74	-	5,2
(Garzon Amaya & Montano Ballesteros, 2014)	Colombia	1,0	1,25	0,5	-	3,2
(Santacruz Campoverde & Velasteguí Zambrano, 2018)	Ecuador	1,0	5,0	-	-	6,0

(Orodóñez Mejía & Villanueva Lopez, 2012)	Colombia	1,0	8,6	-	-	8.6
(Brick Development Association , 2018)	UK	1,0	1,7	-	-	6,0
	PROM	1,0	4,05	0,62		

Nota. Tipo de proporción: masa. Elaboración propia,

Tabla 9

Dosificaciones no estructurales encontradas; Tipo de proporción: volumen

Autores	País	Proporción [Volumen]				Resistencia [MPa]
		Cemento	Arena	Agua	Grava	
(Caballero Meza & Florez Lengua, 2017)	Colombia	1,0	4,0	-	-	3,0
(Piñeros Moreno & Herrera Muriel, 2017)	Colombia	1,0	3,12	0,47	-	5,2
(Garzon Amaya & Montano Ballesteros, 2014)	Colombia	1,0	1,6	1,5	-	3,2
(Santacruz Campoverde & Velasteguí Zambrano, 2018)	Ecuador	1,0	1,8	-	-	6,0
(Santacruz Campoverde & Velasteguí Zambrano, 2018)	Ecuador	1,0	1,0	-	0,5	4,0
(Universidad Jose Cecilio Del Valle , 2009)	Honduras	1,0	5,0	-	2,0	4,8
(Valdés & Rapimán, 2007)	chile	1,0	0,3	-	3,5	7,8
(ICCYC, 2007)	Costa rica	1,0	5,0	-	-	6,8
(ICCYC, 2007)	Costa rica	1,0	4,0	-	-	7,8
(Brick Development Association , 2018)	UK	1,0	3,0	-	-	6,0
	PROM	1,0	2,882	0,985	-	-

Nota. Tipo de proporción: volumen. Elaboración propia, 2021.

Tabla 10

Dosificaciones estructurales encontradas; Tipo de proporción: masa

Autores	País	Proporción [Masa]					Resistencia [MPa]
		Cemento	Arena	Limo	Agregado grueso	Agua	
(Benassi Souza, y otros, 2021)	Brasil	1,0	5,0	-	8,5	0,8525	7,0
(Santacruz Campoverde & Velasteguí Zambrano, 2018)	Ecuador	1,0	1,35	-	-	-	12,0
(Soto Izquierdo, Soto Izquierdo, Antonio Ramalho, & Taliercio, 2017)	Brasil	1,0	3,6	-	2,4	0,45	12,0
(Brick Development Association , 2018)	UK	1,0	1,7	0,18	-	-	12,0
	PROM	1,0	2,9125	-	0,65125	-	-

Nota. Tipo de proporción: masa. Elaboración propia. 2021.

Tabla 11

Dosificaciones estructurales encontradas; Tipo de proporción: volumen

Autores	País	Proporción [Volumen]					Resistencia [MPa]
		Cemento	Arena	Limo	Agregado grueso	Agua	

(Benassi Souza, y otros, 2021)	Brasil	1,0	8,82	-	10,2	0,8525	7,0
(Santacruz Campoverde & Velasteguí Zambrano, 2018)	Ecuador	1,0	4,89	-	-	-	12,0
(Soto Izquierdo, Soto Izquierdo, Antonio Ramalho, & Taliercio, 2017)	Brasil	1,0	6,35	-	4,8	1,35	12,0
(Montealegre García & Carvajal Rico, 2018)	Colombia	1,0	1,57	-	1,57	-	11,0
(ICCYC, 2007)	Costa rica	1,0	3,0	-	-	-	13,0
(Brick Development Association , 2018)	UK	1,0	3,0	0,25	-	-	12,0
	PROM	1,0	4,37571429	-	1,10125	-	-

Nota. Tipo de proporción: volumen. Elaboración propia, 2021.

En las tablas anteriores se hizo una clasificación de los datos bibliográficos encontrados, como la relación de uso de los bloques estructurales y no estructurales así mismo la clasificación de acuerdo con el tipo de proporción utilizada en la dosificación de acuerdo con las unidades de masa o volumen para medir los agregados en la mezcla.

Fase 2: Recolección de información oral y adquisición de bloques

A partir de la búsqueda digital, se localizaron personas con experiencia y conocimiento sobre la elaboración de bloques de concretos residentes en los municipios de estudio y en la ciudad de Barranquilla, entre esas personas se encuentran: docentes universitarios de ingeniería civil,

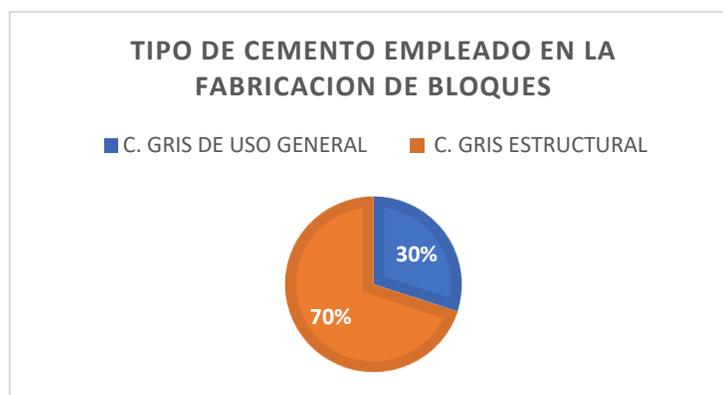
ingenieros civiles, maestros de obra, arquitectos y fabricantes locales quienes han elaborado bloques con máquinas vibro bloqueras o con moldes y pisones.

A través de las entrevistas que se realizaron de manera virtual y presencial se logró entrevistar alrededor de quince personas que suministraron información importante, respecto a los procedimientos según su experiencia. El formato utilizado para estas entrevistas se puede visualizar en el Anexo 6.

Una de las preguntas formuladas iba dirigida al tipo de cemento que se debía utilizar en la fabricación de los mampuestos, para lo cual hubo respuestas dispersas ya que algunos utilizaron el cemento gris de uso general, y otros el de tipo estructural alegando que este último permitía alcanzar mayor resistencia a la comprensión, en la Figura 4, se puede observar un resumen de los resultados de la entrevista.

Figura 4

Ítem de formulario de encuesta sobre el tipo de cemento utilizado en la fabricación de bloques.

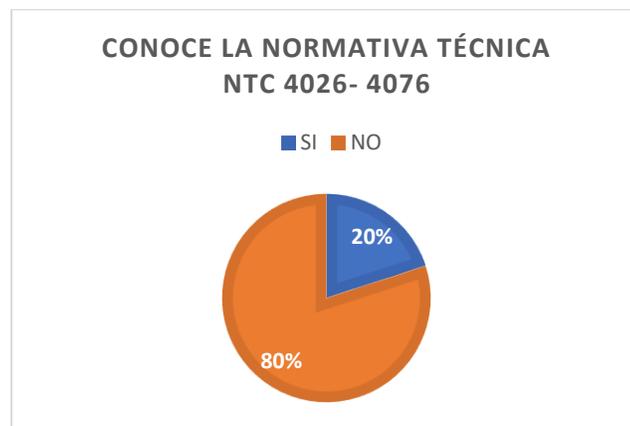


Nota. El 70% de los entrevistados utilizó cemento de tipo estructural aludiendo a una mayor resistencia, el formulario de encuesta se observa en el Anexo 6. Elaboración propia, 2021.

Cabe resaltar que la mayoría de los entrevistados asociados al gremio de fabricante local negaron haber hecho pruebas de resistencia a los bloques y desconocían la normativa vigente en Colombia para estos prefabricados, por lo que acudían a una fabricación económica, descuidando la calidad de los elementos manifestando que sus clientes no exigen y/o desconocen de dichas pruebas.

Figura 5

Ítem de formulario de encuesta sobre el conocimiento de la normativa Técnica NTC 4026-- NTC 4076 por los fabricantes locales



Nota. El 80% de los entrevistados declaró poco o ningún conocimiento sobre la normativa. Elaboración propia, 2021.

Así mismo el contenido de los bloques (agregados), según lo manifestado por los entrevistados, tuvo una variación en cada una de las bloqueras ya que en algunas optaban por agregar grava triturada y en otras no, como adicional a la mezcla compuesta por cemento, arena y agua.

Otro factor importante en las visitas es la estandarización de la elaboración de los bloques, ya que, en los municipios visitados en el departamento (Palmar de Varela, Sabanagrande y Santo Tomas), se encontraron principalmente dos métodos de fabricación de los bloques.

El primero de ellos es el uso de moldes de hierro colado y pisones, en los cuales se agrega la mezcla y luego se compactaba a través de golpes, como se observa en la **Figura 6**. En la visita a uno de los fabricantes locales se observó que este contaba con moldes para bloques en tres dimensiones diferentes, así como persianas y calados.

Figura 6

Elaboración de bloques artesanales propios con moldes



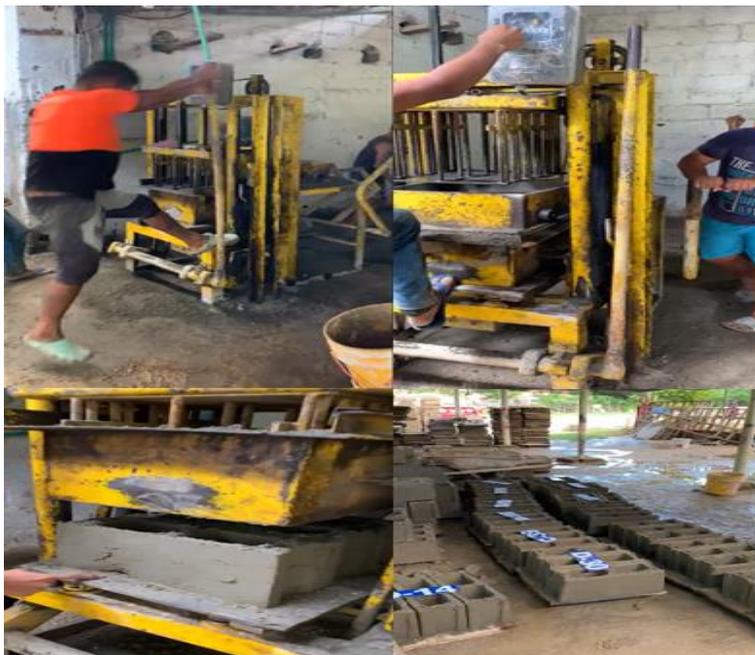
Nota. En la figura se observa el proceso de moldeado de los bloques fabricados en la bloquera fabricados por los tesistas. Elaboración propia. 2021.

El segundo método encontrado fue la utilización de la máquina vibro-prensadora en la cual a partir de vibraciones y compresión se elabora el bloque. A pesar de ser esta la manera como la Norma técnica colombiana (NTC) sugiere que se realicen los bloques se encontró que no es un proceso del todo estandarizado en los municipios, ya que depende mucho del operario

de la máquina quien decide el tiempo de vibrado de la mezcla y quien imprime la fuerza de compactación a la máquina a través de un mecanismo de palanca que tiene la misma como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7

Elaboración de bloques en máquina Vibro-prensadora



Nota. En la figura se observa el proceso de elaboración del bloque utilizando la maquina vibro-prensadora manual. Elaboración propia. 2021.

Finalmente, en estos recorridos, se hizo la adquisición de las muestras de agregados y de los bloques que fabrican usualmente estos comerciantes, ubicados en los municipios de estudio , con el fin de realizar las respectivas pruebas físicas y mecánicas que permitieran correlacionar sus propiedades con los bloques elaborados a partir del diseño y la dosificación propia elaborada para las muestras de la investigación.

Fase 3: Propiedades y caracterización de los agregados

Los agregados pétreos caracterizados en esta investigación corresponden a aquellos que fueron utilizados para realizar los especímenes propios de la investigación.

La procedencia del agregado fino corresponde a las canteras ubicadas en el municipio de Santo Tomas, y el agregado grueso es originario del corregimiento de Arroyo de piedra en el municipio de Luruaco, ambos en el margen del departamento del Atlántico.

Granulometrías

El ensayo para el análisis de los agregados finos y gruesos por tamizado, se realizaron teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la Norma NTC 77, Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos (ICONTEC, 2018). En la

Figura 8 se observa el proceso manual realizado.

Los ensayos de granulometrías se realizaron en el laboratorio de suelos y tecnología de los materiales en la universidad.

Figura 8

Análisis granulométricos de agregados



Nota. Proceso de tamizaje de agregados pétreos por el método de tamizado manual realizado por los tesisistas en el laboratorio de suelos de la universidad. Elaboración propia. 2021.

Granulometría arena

La muestra del ensayo tomada para el análisis granulométrico fue de 500 gramos, teniendo en cuenta lo establecido en la Norma NTC 77, para la cual por lo menos el 85% del material pasa el tamiz N°4.

Posteriormente la muestra fue secada, a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, para su posterior tamizado. El contenido de la muestra retenida en cada tamiz se describe en la Tabla 12.

Tabla 12

Tabla Análisis granulométrico por tamizado de finos

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
16	1,18	0	0,00	100,00
30	0,595	100	20,19	79,81
40	0,425	122	24,63	55,18
50	0,297	149,4	30,16	25,02
100	0,15	102,8	20,76	4,26
200	0,075	17,6	3,55	0,71
FONDO		3,5	0,71	0,00

Nota. La tabla muestra la clasificación del agregado fino, de acuerdo con el diámetro correspondiente a cada uno de los tamices utilizados para la granulometría. Elaboración propia. 2021.

Granulometría Grava

La muestra del ensayo tomada para el análisis granulométrico fue de 1000 gramos, teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal o aberturas cuadradas de 9,5 mm como lo indica la Norma NTC 77.

Posteriormente la muestra fue secada, a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, para su posterior tamizado. El contenido de la muestra retenido en cada tamiz se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13

Análisis granulométrico por tamizado de gruesos

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	9,5	0	0,00	100,00
4	4,75	80,5	16,27	83,73
8	2,36	325,0	65,70	18,03
10	2,0	25,0	5,05	12,98
16	1,18	26,0	5,26	7,72
30	0,595	18,0	3,64	4,08
40	0,425	5,7,0	1,15	2,93
50	0,297	4,0	0,81	2,12
100	0,15	4,6	0,93	1,19
200	0,075	3,3	0,67	0,53
FONDO		2,6	0,53	0,00

Nota. La presente tabla muestra la clasificación del agregado grueso, de acuerdo con el diámetro correspondiente a cada uno de los tamices utilizados para la granulometría. Elaboración propia, 2021.

Densidad y absorción del agregado grueso

La densidad y la absorción del agregado grueso se determinó a partir de los criterios establecidos en la norma NTC 176, el procedimiento realizado se observa en la Figura 9.

El espécimen de la muestra fue de 2 Kilogramos, para el cual se tuvo en cuenta que el tamaño nominal de las partículas fuese menor a 12,5 milímetros.

Figura 9

Ensayo de densidad y absorción de agregados gruesos



Nota. En la figura se observa el proceso de lavado del material y posteriormente el llenado de la canasta para sumergir el material. Elaboración propia, 2021.

Densidad del agregado fino

La densidad y la absorción del agregado fino se determinó a partir de los criterios establecidos en la norma NTC 237, el procedimiento realizado se observa en la Figura 10.

El espécimen de la muestra fue de 1 Kilogramo, tal como se indica en la norma.

Figura 10

realización del ensayo de densidad de finos



Nota. En la figura se observa el proceso de llenado del cono, y la comprobación del estado SSS del material fino.
Elaboración propia, 2021.

Fase 4: Diseño de dosificaciones y fabricación de bloques propios

Para el diseño de las dosificaciones de las muestras se tuvo en cuenta la clasificación preliminar de dosificaciones las cuales se muestran en la Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11, las cuales le permitió al equipo de trabajo estimar valores medios entre cada una de ellas, con el fin de acercarse a las resistencias que establece la NTC 4026 Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural (ICONTEC, 1997) Y NTC 4076 Unidades (bloques y

ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto (ICONTEC, 2017).

A partir de las mesas de trabajo se definieron las dosificaciones para las muestras en la cual se estimó el uso de tres dosificaciones base, en las relaciones 1:2, 1:4 y 1:6, ya que fueron las más reiterativas en la bibliografía.

En la Tabla 14 se describen las relaciones utilizadas en la mezcla, con los valores correspondientes a cada uno de los agregados en donde se toma el volumen como unidad de medida.

Tabla 14

Relación de dosificaciones utilizadas en las mezclas 1:2; 1:4; 1:6

Tamaño de las unidades	Cemento	Agregados		
		Arena	Gravilla	Total, de agregados
14x19x39	1	2,00	-	
	1	1,60	0,40	2
	1	1,20	0,80	
	1	4,00	-	
	1	3,20	0,80	4
	1	2,40	1,60	
	1	6,00	-	
	1	4,80	1,20	6
	1	3,60	2,40	

Nota. Mezclas 1:2; 1:4; 1:6. Elaboración propia, 2021.

Las dosificaciones base se llevaron a términos de volumen teniendo en cuenta la densidad de los materiales y el volumen de los bloques; así mismo esto permitió tener un mejor manejo de las cantidades al momento de realizar la mezcla en campo, para lo cual se utilizaron recipientes de un galón y un litro como se observa en la Figura 11. Esto, con el fin de manejar una medida estándar en la investigación específicamente para la fabricación de las muestras con el fin de no dirigirse con tecnicismos ante los obreros y mantener un control más aproximado y exacto de las cantidades de los agregados en la mezcla.

Figura 11

Recipientes utilizados para dosificar



Nota. Recipientes Dosificadores. Elaboración propia, 2021.

Para realizar las dosificaciones se llevaron a campo las tablas de los cálculos realizados con las dosificaciones impresas, para las cuales se tomaba como unidad el “cuñete” y el sobrante

era medido utilizando la jarra dosificadora como herramienta de medición para tener un mejor control de las preparaciones.

Durante la realización de los especímenes se encontró que los agregados estaban en estado de saturación ya que se encontraban a la intemperie y había llovido la noche anterior, por lo cual se tuvo que dejar a la experticia del maestro la cantidad de agua que se le debía aplicar a la mezcla, la cual fue medida con la jarra dosificadora y posteriormente se tomó una muestra para calcular la humedad del material para así hacer una correlación de la cantidad de agua que tuvo cada una de las mezclas elaboradas como se observa en la Figura 12.

Figura 12

Tesistas realizando las dosificaciones en campo



Nota. En la figura se muestra el proceso de dosificación en campo, en el cual se utilizaron elementos de medición de volumen controlados. Elaboración propia. 2021.

Las dosificaciones realizadas en la investigación se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15*Dosificaciones ajustadas al volumen de los recipientes*

Volumen [cm³] para fabricar 6 bloques				
Dosificación	Cemento (cm³)	Arena (cm³)	Gravilla (cm³)	Agua (cm³)
1420	25269,12	50538,23	0,00	8321,68
1440	31610,20	82615,57	0,00	8699,42
1448	31610,20	57327,42	25288,16	9846,09
1446	31610,20	53951,87	28663,71	10365,67
1460	23766,48	76861,03	0,00	9093,47
1462	23766,48	70253,87	28519,77	12566,28
1464	23766,48	63646,71	35126,93	12104,60

Nota. En la tabla se muestra la dosificación propuesta en la investigación graduada en los volúmenes de los elementos dosificadores. Elaboración propia, 2021.

Una vez realizadas las dosificaciones y la mezcla, se procedió a la elaboración de los bloques, utilizando la máquina vibro compactadora, la cual fue manejada por los obreros suministrados por el propietario de la bloquera “Santo Tomás”, la cual se encuentra ubicada en la vía oriental entre el municipio de Santo Tomás y Palmar de Varela. La elección de esta bloquera para la parte práctica de esta investigación fue principalmente por los equipos con los que contaban, y el apoyo que el arquitecto propietario brindó a la investigación debido a la experiencia con la cual cuenta en la realización de este tipo de bloques semi artesanales.

Finalizada la elaboración de los bloques, se ubicaron las tablas que funcionan como base de los bloques en la máquina vibro compactadora en el espacio destinado para su fraguado y posterior curado, así mismo, fueron marcados con aerosoles de colores para identificar cada una de las dosificaciones, blanco 1:2, amarillo 1:4, y verde 1:6 como se muestra en la

Figura 13.

Figura 13

Proceso de marcado de los bloques por dosificación.



Nota. En la figura se muestra el proceso de marcación de los bloques de acuerdo con su dosificación. Elaboración propia 2021.

Así mismo se creó un código de colores entre los tres utilizados para clasificar las siete dosificaciones realizadas y se asignó una numeración de identificación a cada una de las dosificaciones como se observa en la Tabla 16.

Tabla 16

Dosificaciones realizadas en campo con la corrección del % de agua

Cemento	Arena	Gravilla	Agua	Agregados	Identificación de dosificación	Código de color
1	2	0	0,33	2	1420	Blanco

1	4,00	-	0,28		1440	Verde
1	3,20	0,80	0,31	4	1448	Blanco -Verde
1	2,40	1,60	0,33		1446	Blanco- Amarillo
1	6,00	-	0,38	6	1460	Verde – Amarillo
1	4,80	1,20	0,53		1462	Amarillo
1	3,60	2,40	0,51		1464	Verde- Amarillo – Blanco

Cemento	Arena	Gravilla	Agua	Agregados	Identificación de dosificación	Código de color
1	2	0	0,33	2	1420	Blanco
1	4,00	-	0,28		1440	Verde
1	3,20	0,80	0,31	4	1448	Blanco -Verde
1	2,40	1,60	0,33		1446	Blanco- Amarillo
1	6,00	-	0,38	6	1460	Verde – Amarillo
1	4,80	1,20	0,53		1462	Amarillo
1	3,60	2,40	0,51		1464	Verde- Amarillo – Blanco

Nota. Tabla de dosificaciones con el ajuste del contenido de agua en la mezcla, se decidió omitir la realización de los especímenes la dosificación 1424 y 1428 por las deformaciones que se presentaban en los mampuestos después de ser vibrados con la dosificación 1420. Elaboración propia, 2022.

Finalmente, los bloques se cubrieron con plásticos negros para evitar la pérdida de humedad por evaporación y con la finalidad de proteger los especímenes realizados en campo, tal cual como se muestra en la Figura 14, donde una vez fraguados se movilizaron, se apilaron y fueron curados durante los 7 días siguientes.

Figura 14

Proceso de curado de los bloques



Nota. En la figura se muestra el proceso de curado de los bloques, en el cual fueron cubiertos para evitar la evaporación directa del agua. Elaboración propia, 2021.

Fase 5: Metodología de caracterización de las propiedades de los bloques adquiridos

Para la caracterización de los bloques adquiridos se elaboró un formato de encuesta utilizado para la recolección de la información en las bloqueras el cual se muestra en el Anexo 5, en este se hizo la descripción de los bloques que fueron adquiridos localmente en los municipios de muestra de la investigación en el departamento del Atlántico. Entre las descripciones se tuvieron en cuenta el proceso de elaboración, la dosificación y los agregados utilizados, además se tuvo en cuenta el control en el proceso de fabricación y el costo de venta del prefabricado.

Finalmente, los resultados de esta fase nos permitieron identificar el tipo cemento y de agregados utilizados en las bloqueras y como novedad el uso de agregados gruesos en los bloques convencionales de Cemento, arena y agua. Los métodos actuales de fabricación

localmente los cuales son a través de vibro compactadoras y moldes, así como el conocimiento de los fabricantes sobre las normativas reguladoras en Colombia para la fabricación de bloques.

Fase 6: Elaboración de pruebas físicas y mecánicas de los bloques de concreto adquiridos y fabricados

Pasados los 28 días de la elaboración y adquisición de los bloques, se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión, densidad y absorción.

Las pruebas de resistencia fueron realizadas en su totalidad en un laboratorio privado externo a la universidad, por otro lado, las pruebas de densidad y absorción se realizaron al mismo tiempo en los laboratorios de la universidad y en el laboratorio externo para su posterior análisis comparativo.

Metodología utilizada para la caracterización de las propiedades de los bloques endurecidos

A continuación, se describen las normativas utilizadas y los procesos realizados en la caracterización de los bloques fabricados y adquiridos posterior a los 28 días de fabricación.

Absorción del agua

El ensayo de absorción fue realizado según los parámetros que establece la norma técnica colombiana NTC 4024, Prefabricados de concreto, muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibro compactados. (ICONTEC , 2001), el proceso de saturación de unidades se muestra en la Figura 15 y el proceso de secado en la Figura 16.

Figura 15

Ensayo de absorción, saturación de unidades



Nota. Las unidades fueron sumergidas durante 24 horas, para garantizar el estado de saturación que exige la norma y posteriormente pesadas para conocer su peso en estado saturado superficialmente seco (SSS). Elaboración propia, 2022.

Figura 16

Ensayo de Absorción, secado en horno de las unidades



Nota. Las unidades fueron introducidas al horno durante 24 horas a temperatura constante de 110° C, para garantizar el secado de la muestra, que exige la norma y posteriormente pesadas para conocer su peso en estado Seco (S). Elaboración propia, 2022.

Resistencia a la compresión a los 28 días

El ensayo de resistencia fue realizado utilizando la máquina de ensayo a la compresión /flexión DIRIMPEX CT-1500 -43881835, del laboratorio Tecnicreto & LAB S.A.S, en los anexos: Anexo 7, Anexo 8, Anexo 9 y Anexo 10 se puede verificar el estado y certificación del equipo utilizado.

El ensayo se realizó bajo los parámetros que establece la norma técnica colombiana NTC 4024 Prefabricados de concreto, muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibro compactados. (ICONTEC , 2001), como se observa en la Figura 17.

Figura 17

Ensayo de compresión en los bloques



Nota. En la Figura 17 se muestra el instrumento utilizado para el ensayo, el cual es la máquina de compresión, además se muestra las fallas que presenta el bloque luego de alcanzar el esfuerzo ultimo. Elaboración propia, 2022.

Así mismo en el transcurso de los 28 días los tesistas realizaron las pruebas de caracterización de los agregados, entre ellas, granulometrías, peso unitario, densidad y absorción en los laboratorios de la universidad.

Resultados

Granulometrías, densidad, absorción y masa unitaria de los agregados

A continuación, se muestran los resultados de manera gráfica y numérica de los ensayos realizados bajo las normativas descritas en el capítulo 7 Metodología.

Granulometría de los agregados

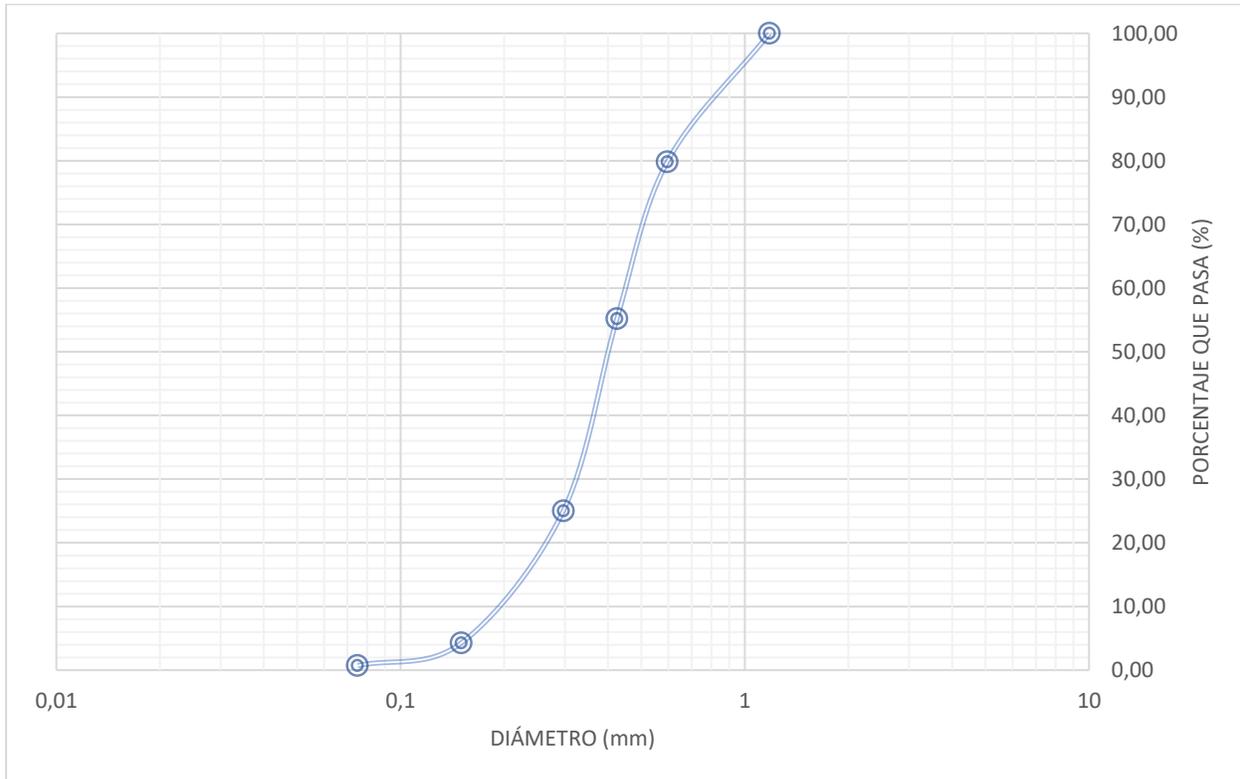
En este capítulo se presenta el análisis de las granulometrías realizadas y las curvas granulométricas correspondientes a cada uno de los agregados utilizados en la fabricación de los bloques.

Curva granulométrica finos Arena

La muestra de agregados finos presentó una granulometría continua, bien gradada, como se observa en la curva granulométrica (Figura 18), conservando tamaños nominales no mayores a 0,595 mm y menores a 0,075 mm cercanos al 1%.

Figura 18

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. El gráfico muestra la curva granulométrica resultante del proceso de tamizado del agregado fino en la cual se observa la clasificación de los agregados de acuerdo con su diámetro. Elaboración propia, 2022.

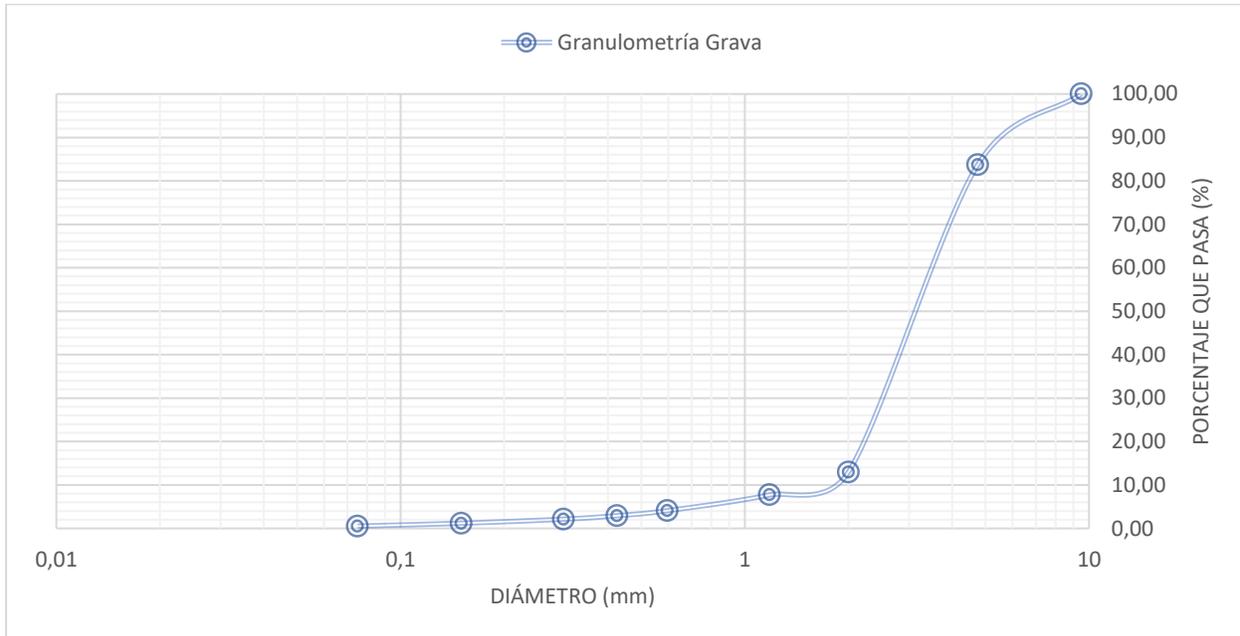
Curva granulométrica Grava

La muestra de agregados Gruesos presentó una granulometría continua, de buena gradación, como se observa en la curva granulométrica (Figura 19), conservando tamaños nominales mayores a 4,5mm y menores a 0,075 mm cercanos al 1%.

Es importante mencionar que este material presentó un porcentaje de finos el cual es característico del proceso de trituración de este.

Figura 19

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. El gráfico muestra la curva granulométrica resultante del proceso de tamizado del agregado grueso en la cual se observa la clasificación de los agregados de acuerdo con su diámetro. Elaboración propia, 2022.

Densidad y absorción del agregado grueso

Densidad Aparente

$$D_{SBulk} = 0,9975 \times A / (B - C)$$

$$D_{SBulk} = 0,9975 \times 1850g / (1958g - 1166g)$$

$$D_{SBulk} = 1845,3g / 798g$$

$$D_{SBulk} = 2,3$$

Donde:

A: Masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno, g.

B: Masa en el aire de la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca, g.

C: Masa en el agua de la muestra del ensayo saturada, g.

Densidad aparente (saturada y superficialmente seca)

$$D_{S \text{ Aparente}} = 0,9975 \times B / (B - C)$$

$$D_{S \text{ Aparente}} = 0,9975 \times 1958g / (1958g - 1166g)$$

$$D_{S \text{ Aparente}} = 2,466$$

Densidad nominal

$$D_{S \text{ Nominal}} = 0,9975 \times A / (A - C)$$

$$D_{S \text{ Nominal}} = 0,9975 \times 1850g / (1850g - 1166g)$$

$$D_{S \text{ Nominal}} = 2,674$$

Absorción

$$\text{Absorción, \%} = [(B - A) / A] \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = [(1958g - 1850g) / 1850g] \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 5,8\%$$

Densidad del agregado fino

Densidad aparente

$$D_{S \text{ Aparente}} = 0,9975 \times A / (B + S - C)$$

$$D_{S \text{ Aparente}} = 0,9975 \times 496g / (679g + 500g - 989g)$$

$$D_{S \text{ Aparente}} = 2,6$$

Donde:

A: Masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno, g.

B: Masa del picnómetro lleno con agua, g.

S: Masa de la muestra saturada y superficialmente seca, g.

C: Masa del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g.

Densidad Aparente (Base saturada y superficialmente seca)

$$D_{S \text{ Aparente}(\text{Base sss})} = 0,9975 \times S / (B + S - C)$$

$$D_{S \text{ Aparente}(\text{Base sss})} = 0,9975 \times 500g / (679g + 500g - 989g)$$

$$D_{S \text{ Aparente}(\text{Base sss})} = 2,625$$

Densidad Nominal

$$D_{S \text{ Nominal}} = 0,9975 \times A / (B + A - C)$$

$$D_{S \text{ Aparente}(\text{Base sss})} = 0,9975 \times 496g / (679g + 496g - 989g)$$

$$D_{S \text{ Aparente}(\text{Base sss})} = 2,66$$

Absorción

$$\text{Absorción, \%} = [(S - A) / A] \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = [(500g - 496g) / 496g] \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 0,80\%$$

Masa Unitaria

$$M = (G - T) / V$$

Donde:

M: Masa unitaria del agregado (kg/m^3)

G: Masa del agregado más el molde (kg)

T: Masa del molde (kg)

V: Volumen del molde (m^3)

Masa unitaria Agregado Fino

$$M = (G - T)/V$$

$$M = (8,722kg/m^3 - 4,513 kg)/0.003m^3$$

$$M = 1403 kg/m^3$$

Masa unitaria Agregado Grueso

$$M = (G - T)/V$$

$$M = (8,366kg/m^3 - 4,513kg)/0.003m^3$$

$$M = 1285 kg/m^3$$

Contenido de vacíos

$$\% Vacios = 100 [(s \times w) - M]/(s \times w)$$

Donde:

M: Masa unitaria del agregado (kg/m^3)

S: Gravedad específica / Densidad del agregado BULK

W: Densidad del agua (**998** kg/m^3)

Contenido de vacíos agregado grueso

$$\% \text{ Vacios} = 100 [(s \times w) - M] / (s \times w)$$

$$\% \text{ Vacios} = 100 \left[\left(2,3 \times 998 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right) - 1285 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right] / \left(2,3 \times 998 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = 44\%$$

Contenido de vacíos agregado Fino

$$\% \text{ Vacios} = 100 [(s \times w) - M] / (s \times w)$$

$$\% \text{ Vacios} = 100 \left[\left(2,6 \times 998 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right) - 1403 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right] / \left(2,6 \times 998 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = 45,9\%$$

Pruebas físicas y mecánicas de prefabricados propios

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, absorción y densidad realizadas a los especímenes propios de la investigación.

Porcentaje de absorción de agua por dosificaciones propias.

En la Tabla 17 se muestran los porcentajes de absorción obtenidos del ensayo de absorción de cada una de las unidades realizadas en la investigación, así como el promedio por lote de cada una de las dosificaciones de diseño.

Tabla 17

Porcentaje de absorción de agua en las dosificaciones propias

DOSIFICACIÓN N	ESPECIMEN N	MSS (g)	MS (g)	%absorción n	Prom % Abs	Densidad Prom
1440	1	12044	1084 0	11,11%	11,99%	1,80
	2	11832	1059 8	11,64%		
	3	12222	1079 6	13,21%		
1448	1	11556	1009 2	14,51%	13,62%	2,02
	2	11760	1009 8	16,46%		
	3	11822	1075 8	9,89%		
1446	1	12834	1160 0	10,64%	10,45%	1,63
	2	12930	1162 6	11,22%		
	3	12670	1157 2	9,49%		
1460	1	11970	1088 2	10,00%	11,25%	2,07
	2	12052	1050 2	14,76%		
	3	11808	1083 4	8,99%		
1462	1	12620	1152 5	9,50%	10,53%	1,76
	2	12644	1164 8	8,55%		
	3	13056	1149 8	13,55%		

1464	1	13012	1196 0	8,80%	7,73%	1,94
	2	12692	1214 0	4,55%		
	3	12420	1130 8	9,83%		

Nota. Absorción de agua en las dosificaciones propias. Elaboración propia, 2022.

Resistencia a la compresión a los 28 días

En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de cada una de las unidades fabricadas en la investigación, así como el promedio por lote de cada una de las dosificaciones de diseño.

Tabla 18

Resistencia a la compresión dosificaciones de diseño

DOSIFICACIÓN	ESPECIMEN	AREA TOTAL largo x ancho (mm ²)	AREA DE PERFORACIONES largo x ancho (mm ²)	AREA NETA (AT-AP) (mm ²)	CARGA (kN)	ESFUERZO (MPa)	RANGO (MPa) (max- min)	RESISTENCIA (MPa)
1440	1	53550,0	24300,0	29250,0	122,8	4,20	1,00	3,80
	2	53550,0	24300,0	29250,0	116,5	4,00		
	3	53550,0	24300,0	29250,0	93,5	3,20		
1448	1	54697,5	23850,0	30847,5	72,6	2,40	0,33	2,60
	2	53550,0	23850,0	29700,0	79,7	2,70		
	3	53900,0	23850,0	30050,0	73,2	2,60		
1446	1	53200,0	24300,0	28900,0	112,8	3,90	1,77	5,10
	2	53900,0	24300,0	29600,0	168	5,70		
	3	53900,0	24300,0	29600,0	167,1	5,60		
1460	1	53900,0	24300,0	29600,0	73,2	2,50	0,75	2,00
	2	53900,0	23850,0	30050,0	51,9	1,70		
	3	53900,0	24300,0	29600,0	57,7	1,90		

1462	1	53550,0	24300,0	29250,0	81,9	2,8	0,29	2,9
	2	53550,0	24300,0	29250,0	89,3	3,1		
	3	53550,0	24300,0	29250,0	80,7	2,8		
1464	1	53200,0	24300,0	28900,0	140,8	4,9	0,82	4,4
	2	53200,0	24300,0	28900,0	117,2	4,1		
	3	53200,0	24300,0	28900,0	123,8	4,3		

Nota. Las pruebas de resistencia fueron realizadas a las muestras pasados los 28 días después de su elaboración como lo exige la norma NTC 4024. Elaboración propia, 2022.

Pruebas físicas y mecánicas de prefabricados adquiridos

En las tablas presentadas a continuación

Tabla 19, Tabla 20, Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22, y Tabla 23 se muestra el análisis general de los bloques que fueron adquiridos localmente en los municipios de muestra de la investigación (Palmar de Varela, Sabanagrande y Santo Tomas,) en el departamento del Atlántico, en ellas se describe el proceso de elaboración, la dosificación y agregados utilizados, así como los resultados de los ensayos de resistencia, absorción y densidad.

Las bloqueras fueron identificadas a partir de una numeración del 1 al 6, para salvaguardar la identidad de estas.

Tabla 19

Caracterización de bloques, Bloquera N°1

BLOQUERA NÚMERO 1		Fotografía	
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No. 15 (14x19x39 cm)			
Lugar	B1		
Municipio	Santo Tomas		
Fecha de elaboración	28 diciembre 2021		
Fecha de prueba	28+		
Precio de venta del bloque	\$ 2500 pesos colombianos		
Tipo de fabricación	vibrado () Molde pisón (x) otro ()		
Observaciones			
Dosificación	Tipo de agregado	Otro	
- 1 bolsa de cemento estructural Ultracem de 42,5 kg.	- Cemento Portland estructural de marca ULTRACEM	- El bloque se elabora a partir de un molde de hierro y pisado con palas.	
- 14 cuñetes de arena gruesa	- Arena gruesa extraída de canteras de Santo Tomas	- El proceso de dosificación es controlado, para cual utilizan el recipiente tipo cuñete.	
		- La mezcla se hace manualmente.	
PRUEBA DE RESISTENCIA			
Espécimen	E1	E2	E3
Dosificación	1	1	1
Área Total Largo X Ancho (mm2)	52336,3	52150,0	52824,0
Área De Perforaciones Largo X Ancho (mm2)	18590,0	19053,0	19053,0
Area Neta (At-Ap) (mm2)	33746,3	33097,0	34436,0
Carga (kN)	93,5	78,1	67,3

Esfuerzo (MPa)	2,8	2,4	2,0
Rango (MPa) (Max-Min)		0,82	
Resistencia (MPa)		2,4	
PRUEBA DE ABSORCIÓN			
Espécimen	E4	E5	E6
MSS (g)	12356	12876	13067
MS (g)	11108	11594	11716
%absorción	11,2%	11,1%	11,5%
Prom % Abs		11,3%	
Prom Densidad		1,79	

Nota. Caracterización de Bloques No. 15 (14x19x39 cm), Prueba de Resistencia y Prueba de Absorción. Elaboración propia, 2022.

Tabla 20

Caracterización de bloques, Bloquera N°2

BLOQUERA NÚMERO 2		Fotografía	
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No 15 (14x19x39 cm)			
Lugar	B2		
Municipio	Sabanagrande		
Fecha de elaboración	28 enero 2022		
Fecha de prueba	28 +		
Precio de venta del bloque	\$1800 pesos colombianos		
Tipo de fabricación	vibrado () Molde pisón (x) otro ()		
Observaciones			
Dosificación	Tipo de agregado	Otro	
- 1 bolsa de cemento estructural Ultracem de 42,5 kg.	- Cemento Portland estructural de marca ULTRACEM	- El bloque se elabora a partir de un molde de hierro y pisado con palas.	
- 12 cuñetes de arena gruesa	- Arena gruesa extraída de canteras de Santo Tomas	- El proceso de dosificación no es controlado, utilizan paladas para llenar una carretilla.	
		- La mezcla se hace manualmente.	
PRUEBA DE RESISTENCIA			
Espécimen	E1	E2	E3
Dosificación	1	1	1
Área Total Largo X Ancho (mm2)	52925,0	52925,0	52925,0
Área De Perforaciones Largo X Ancho (mm2)	17400,0	17400,0	17400,0

Area Neta (At-Ap) (mm ²)	35525,0	35525,0	35525,0
Carga (kN)	49,7	50,3	40,0
Esfuerzo (MPa)	1,4	1,4	1,1
Rango (MPa) (Max-Min)		0,29	
Resistencia (MPa)		1,3	
PRUEBA DE ABSORCIÓN			
Espécimen	E4	E5	E6
MSS (g)	15028	14778	13756
MS (g)	13318	12778	11966
%absorción	12,8%	15,7%	15,0%
Prom % Abs		14,5%	
Prom Densidad		1,71	

Nota. Observaciones y Prueba de Resistencia (bloquera No. 2). Elaboración propia, 2022.

Tabla 21

caracterización de bloques, Bloquera N°3

BLOQUERA NÚMERO 3		Fotografía	
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No 15 (14x19x39 cm)			
Lugar	B3		
Municipio	Palmar de Varela		
Fecha de elaboración	28 enero 2022		
Fecha de prueba	28+		
Precio de venta del bloque	\$2000 pesos colombianos		
Tipo de fabricación	vibrado () Molde pisón (x) otro ()		
Observaciones			
Dosificación	Tipo de agregado	Otro	
- 1 bolsa de cemento estructural Ultracem de 42,5 kg.	- Cemento Portland estructural de marca ULTRACEM	- El bloque se elabora a partir de un molde de hierro y pisado con palas.	
- 12 cuñetes de arena gruesa	- Arena gruesa extraída de canteras de Santo Tomas	- El proceso de dosificación es controlado, utilizan cuñetes para medir el material.	
- 4 1/2 cuñetes de grava	- Grava de tamaño uniforme menor a 1 cm, procedente de Arroyo de piedra y Ciénaga Magdalena	- La mezcla se hace manualmente.	
PRUEBA DE RESISTENCIA			
Espécimen	E1	E2	E3
Dosificación	1	1	1
Área Total Largo X Ancho (mm ²)	52150,0	52150,0	52150,0

Área De Perforaciones Largo X Ancho (mm2)	19500,0	19500,0	19500,0
Area Neta (At-Ap) (mm2)	32650,0	32650,0	32650,0
Carga (kN)	64,3	73,1	66,5
Esfuerzo (MPa)	2,0	2,2	2,0
Rango (MPa) (Max-Min)		0,27	
Resistencia (MPa)		2,1	
PRUEBA DE ABSORCIÓN			
Espécimen	E4	E5	E6
MSS (g)	14548	14588	14640
MS (g)	13020	13122	13352
%absorción	11,7%	11,2%	9,6%
Prom % Abs		10,9%	
Prom Densidad		1,81	

Nota. Observaciones, Prueba de Resistencia y Prueba de Absorción (bloquera No. 3). Elaboración propia, 2022.

Tabla 22

Caracterización de bloques, Bloquera N°4

BLOQUERA NÚMERO 4		Fotografía
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No 15 (14x19x39 cm)		
Lugar	B4	
Municipio	Santo Tomas	
Fecha de elaboración	28 diciembre 2022	
Fecha de prueba	28+	
Precio de venta del bloque	\$ 1800 pesos colombianos	
Tipo de fabricación	vibrado (x) Molde pison () otro ()	
Observaciones		
Dosificación	Tipo de agregado	Otro
<ul style="list-style-type: none"> - 1 bolsa de cemento estructural Oriente de 42,5 kg - 14 cuñetes de arena - 3 cuñetes de gravilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Cemento Portland estructural de marca ORIENTE - Arena gruesa extraída de canteras de Santo Tomas - Grava con granulometría continúa traída de arroyo de piedra 	<ul style="list-style-type: none"> - La mezcla se elabora utilizando una mezcladora de concreto, sin embargo, se observa que las aspás no llegan al fondo de esta, por lo que se hace un relleno inicial de arena hasta lograr el nivel de las aspás. - El agregado grueso cuenta con material arcilloso adherido y así mismo, se encontró materia orgánica en la mezcla como raíces y hojas.
PRUEBA DE RESISTENCIA		

Espécimen	E1	E2	E3
Dosificación	1	1	1
Área Total Largo X Ancho (mm ²)	54123,8	54990,0	54250,0
Área De Perforaciones Largo X Ancho (mm ²)	24030,0	24300,0	24165,0
Area Neta (At-Ap) (mm ²)	30093,8	30690,0	30085,0
Carga (kN)	26,6	28,4	37,6
Esfuerzo (MPa)	0,9	0,9	1,2
Rango (MPa) (Max-Min)	0,37		
Resistencia (MPa)	1		
PRUEBA DE ABSORCIÓN			
Espécimen	E4	E5	E6
MSS (g)	11560	11224	11257
MS (g)	10476	10240	10200
%absorción	10,3%	9,6%	10,4%
Prom % Abs	10,1%		
Prom Densidad	1,85		

Nota. Observaciones, Prueba de Resistencia y Prueba de Absorción (bloquera No. 4).

Tabla 23

Caracterización de bloques, Bloquera N°5

BLOQUERA NÚMERO 5		Fotografía
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No 15 (14x19x39 cm)		
Lugar	B5	
Municipio	Sabanagrande	
Fecha de elaboración	28 enero 2022	
Fecha de prueba	28+	
Precio de venta del bloque	\$3000 pesos colombianos	
Tipo de fabricación	vibrado (x) Molde pisón () otro ()	
Observaciones		
Dosificación	Tipo de agregado	Otro
<ul style="list-style-type: none"> - 1 bolsa de cemento estructural Ultracem de 42,5 kg - 9 cuñetes de arena - 2 cuñetes de gravilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Cemento Portlant estructural de marca Ultracem - Arena gruesa extraída de canteras de Santo Tomas - Grava con granulometría uniforme traída del Municipio de Ciénaga Magdalena 	<ul style="list-style-type: none"> - La dosificación es manejada como un proceso controlado. - La mezcla se elabora manualmente.

PRUEBA DE RESISTENCIA			
Espécimen	E1	E2	E3
Dosificación	1	1	1
Área Total Largo X Ancho (mm ²)	55462,5	55462,5	55462,5
Área De Perforaciones Largo X Ancho (mm ²)	17225,0	17225,0	17225,0
Area Neta (At-Ap) (mm ²)	38237,5	38237,5	38237,5
Carga (kN)	115,8	114,6	115,6
Esfuerzo (MPa)	3,0	3,0	3,0
Rango (MPa) (Max-Min)	0,03		
Resistencia (MPa)	3,0		
PRUEBA DE ABSORCIÓN			
Espécimen	E4	E5	E6
MSS (g)	13358	13346	13350
MS (g)	12042	12040	12035
% absorción	10,9%	10,8%	10,9%
Prom % Abs	10,8%		
Prom Densidad	1,89		

Nota. Observaciones, Prueba de Resistencia y Prueba de Absorción (bloquera No. 5). Elaboración propia, 2022.

Tabla 24

Caracterización de bloques, Bloquera N°6

BLOQUERA NÚMERO 6		Fotografía
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No 15 (14x19x39 cm)		
Lugar	B6	
Municipio	Sabanagrande	
Fecha de elaboración		
Fecha de prueba	28+	
Precio de venta del bloque	\$3500 pesos colombianos	
Tipo de fabricación	vibrado (x) Molde pisón () otro ()	
	Observaciones	
Dosificación	Tipo de agregado	Otro

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - 1 bolsa de cemento estructural Ultracem de 42,5 kg - 8 cuñetes de arena - 5 cuñetes de gravilla | <ul style="list-style-type: none"> - Cemento Portland estructural de marca Ultracem - Arena gruesa extraída de canteras de Santo Tomas - Grava con granulometría uniforme traída del Municipio de Ciénaga Magdalena | <ul style="list-style-type: none"> - La dosificación es manejada como un proceso controlado. - El material es cuidadosamente protegido de la materia orgánica. - La mezcla se elabora con una mezcladora de tipo tambor. |
|---|--|---|

PRUEBA DE RESISTENCIA

Espécimen	E1	E2	E3
Dosificación	1	1	1
Área Total Largo X Ancho (mm2)	55462,5	55462,5	55462,5
Área De Perforaciones Largo X Ancho (mm2)	16900,0	16900,0	16900,0
Area Neta (At-Ap) (mm2)	38562,5	38562,5	38562,5
Carga (kN)	134,7	136,8	147,3
Esfuerzo (MPa)	3,5	3,5	3,8
Rango (MPa) (Max-Min)		0,33	
Resistencia (MPa)		3,6	

PRUEBA DE ABSORCIÓN

Espécimen	E4	E5	E6
MSS (g)	14300	14280	14315
MS (g)	13336	13305	13342
%absorción	7,2%	7,3%	7,0%
Prom % Abs		7,1%	
Prom Densidad		2,04	

Nota. Observaciones, Prueba de Resistencia y Prueba de Absorción (bloquera No. 6). Elaboración propia, 2022.

Análisis de resultados

Análisis general de los especímenes propios

En la **Tabla 17** Se muestran los porcentajes de absorción de las unidades de diseño. En esta observamos que los porcentajes de absorción se encuentran dentro de los valores máximos que establece la norma siendo 18% para unidades de peso liviano, 15% para unidades de peso mediano y 12% para unidades de peso normal.

Sin embargo, esta correlación está condicionada a la densidad del prefabricado que permite categorizar los mampuestos según su peso, como se observa en la Tabla 25.

Tabla 25

Correlación bloques propios con la norma NTC 4076

Tipo de fabricación	No. De Dosificación	Resistencia promedio (MPa)	Cumple con la resistencia promedio mínima	Promedio % Absorción	Promedio Densidad (Kg/m3)	Absorción de agua, % según el peso (densidad) NTC 4076
----------------------------	----------------------------	-----------------------------------	--	-----------------------------	----------------------------------	---

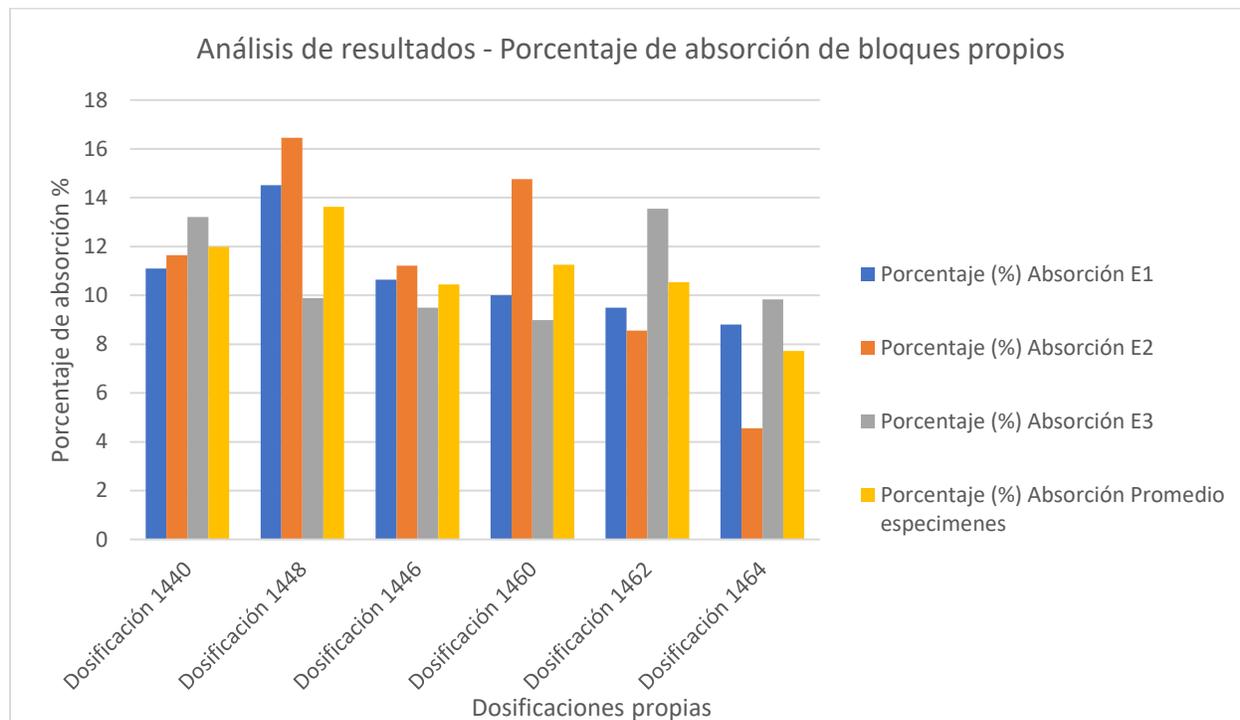
			igual a 6 MPa NTC 4076			Clasificación de peso
	1420	-	-	-	-	-
	1440	3,80	NO	11,10	1,80	Mediano
	1448	2,60	NO	14,50	2,02	Normal/Mediano
Vibrado	1446	5,10	NO	10,60	1,63	Liviano
	1460	2,00	NO	10,00	2,07	Normal
	1462	2,90	NO	9,50	1,76	Mediano
	1464	4,40	NO	8,80	1,94	Mediano

Nota. Correlación con la norma NTC 4076. Elaboración propia, 2022.

Así mismo es notable la varianza entre los porcentajes de absorción de las unidades del mismo diseño, como lo vemos en las dosificaciones 1448, 1460, 1462, y 1464, en los que la diferencia de absorción de las unidades oscila entre un 5% un 8%, representados gráficamente en la Figura 20.

Figura 20

Porcentaje de absorción y densidad de bloques propios



Nota. En la gráfica se observan los porcentajes de absorción de cada una de las unidades diseñadas. Elaboración propia, 2022.

En la dosificación 1448 no hubo una correlación acertada entre el porcentaje de absorción del espécimen y la densidad de este, por lo que no permitió categorizar de manera correcta el peso del bloque. Esto se puede atribuir a la falta de tecnicismo en el proceso.

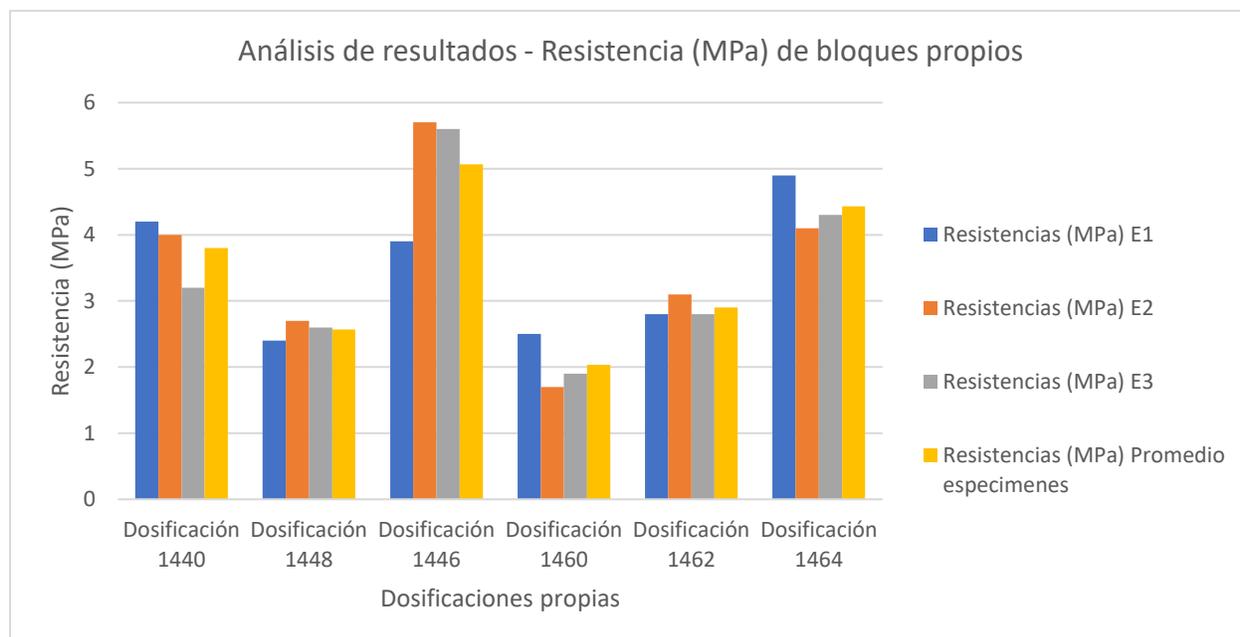
En las pruebas de resistencia aplicadas a los especímenes propios de la investigación descritos en Tabla 18

Resistencia a la compresión dosificaciones de diseño). Se observa que, las dosificaciones propuestas alcanzaron resistencias unitarias desde 1,70 MPa hasta 5,70 MPa, siendo esta última

la resistencia que exige la norma NTC 4076, para especímenes de tipo No estructural por unidad, la correlación del análisis de la resistencia se describe gráficamente en la *Figura 21*.

Figura 21

Análisis de resultados, resistencia de bloques propios



Nota. En la gráfica se observa el rango de las resistencias obtenidas de cada una de las unidades diseñadas y su resistencia promedio. Elaboración propia, 2022.

No, obstante se encontró que el lote de dosificación 1446 como se observa en la Figura 21, no logró alcanzar la resistencia promedio de 6 MPa, dado que uno de los especímenes tuvo una resistencia menor de 3,90 MPa, frente a las otras dos muestras cuya resistencia fue de 5,60 MPa, Y 5,70 MPa respectivamente, de manera que se debe abordar un análisis en el porqué de la variación de la resistencia la cual puede estar asociada a el proceso de elaboración (vibrado) o curado de los especímenes.

En cuanto a la dosificación 1420, no fue posible realizar las pruebas de resistencia, absorción y densidad por el estado de los especímenes, ya que estos presentaron, deformaciones, agrietamientos y fallas en su estructura luego del proceso de vibrado y curado, como se observa en la Figura 22 y la Figura 23.

Figura 22

Bloques endurecidos con deformaciones, Dosificación 1420 después de fraguado



Nota. En la figura se observan las deformaciones (fallas y ahuecamientos) que presentó el bloque luego del fraguado. Elaboración propia, 2022.

Figura 23

Elaboración de bloque en máquina vibro-prensadora

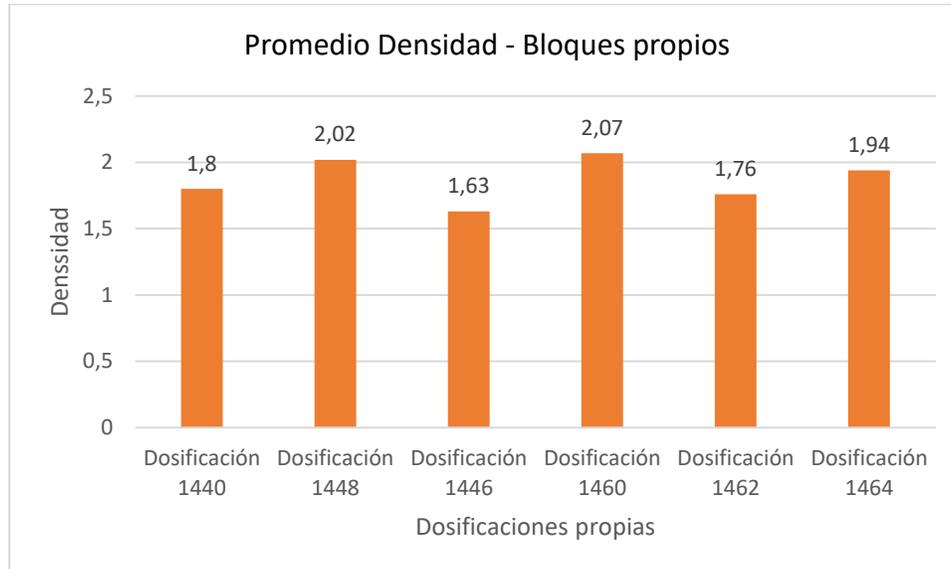


Nota. En la figura se observa, el agrietamiento y las deformaciones que presenta el bloque luego de ser vibrado, Según la experiencia de los obreros, eso puede ocurrir cuando la mezcla tiene mucha humedad o cuando la mezcla tiene mucho cemento. Elaboración propia, 2022.

Finalmente, en las muestras elaboradas se observa que en la dosificación 1448, el promedio del porcentaje de humedad fue de 14,5% superando por 2,5% el porcentaje máximo que exige la norma NTC 4076 para especímenes categorizados de peso normal, con relación a las demás dosificaciones el porcentaje de absorción se encontró debajo de los límites máximos establecidos por la norma para cada una de las categorías según su peso, liviano, mediano y normal de acuerdo a su densidad la cual se observa de manera grafica en la Figura 24.

Figura 24

Promedio de densidad de bloques propios de diseño



Nota. En la gráfica se observan los valores promedio las unidades propias. Elaboración propia, 2022.

Análisis general especímenes locales

El análisis de los especímenes se realizó a través de la correlación de los resultados obtenidos y los requisitos que exige la norma NTC 4076 como se observa en la Tabla 26

Correlación bloques locales con la norma NTC 4076 Puesto que ninguno de los especímenes ensayados alcanzó una resistencia mayor a 6 MPa, se realizó una primera categorización a elementos de tipo NO estructural.

Tabla 26

Correlación bloques locales con la norma NTC 4076

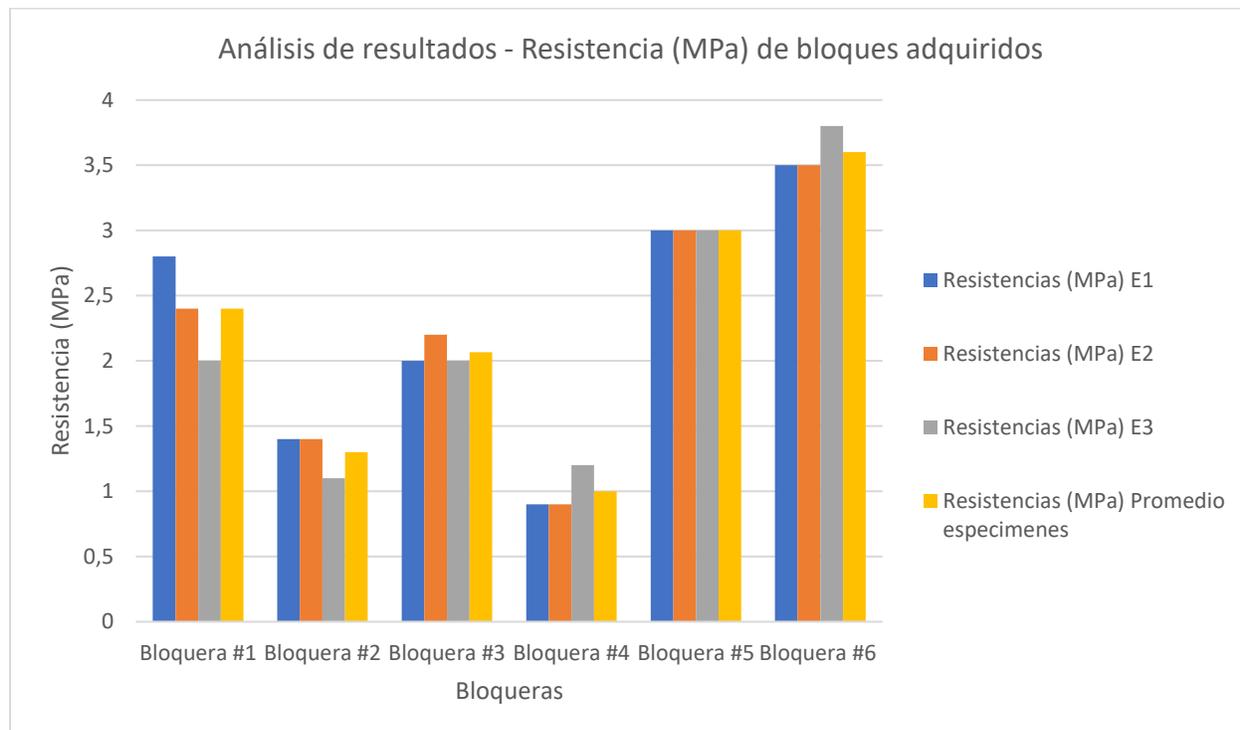
Tipo de fabricación	Nombre De Bloquera	Resistencia promedio (MPa)	Cumple con la resistencia promedio mínima igual a 6 MPa NTC 4076	Promedio % Absorción	Promedio Densidad (Kg/m3)	Absorción de agua, % según el peso (densidad) NTC 4076 Clasificación de peso
Molde pisón	B1	2,4	NO	11,3	1,79	Mediano
	B2	1,3	NO	14,5	1,71	Mediano
	B3	2,1	NO	10,9	1,81	Mediano
Vibrado	B4	1	NO	10,1%	1,85	Mediano
	B5	3	NO	10,8%	1,89	Mediano
	B6	3,6	NO	7,1%	2,4	Normal

Nota. En la tabla se observa la correlación de los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia, absorción y densidad realizados a los bloques locales, y su comprobación con los requisitos mínimos que exige la norma NTC 4076, para mampuestos de tipo no estructural. Elaboración propia, 2022.

En las muestras locales se observa gráficamente en la Figura 25 que no se cumple con la resistencia mínima que exige la norma NTC 4076 para bloques de tipo no estructural, en la cual se define que por unidad de se debe alcanzar una resistencia de 5 MPa, y un promedio del lote de tres unidades de 6 MPa.

Figura 25

Análisis de resultados Resistencia de bloques adquiridos



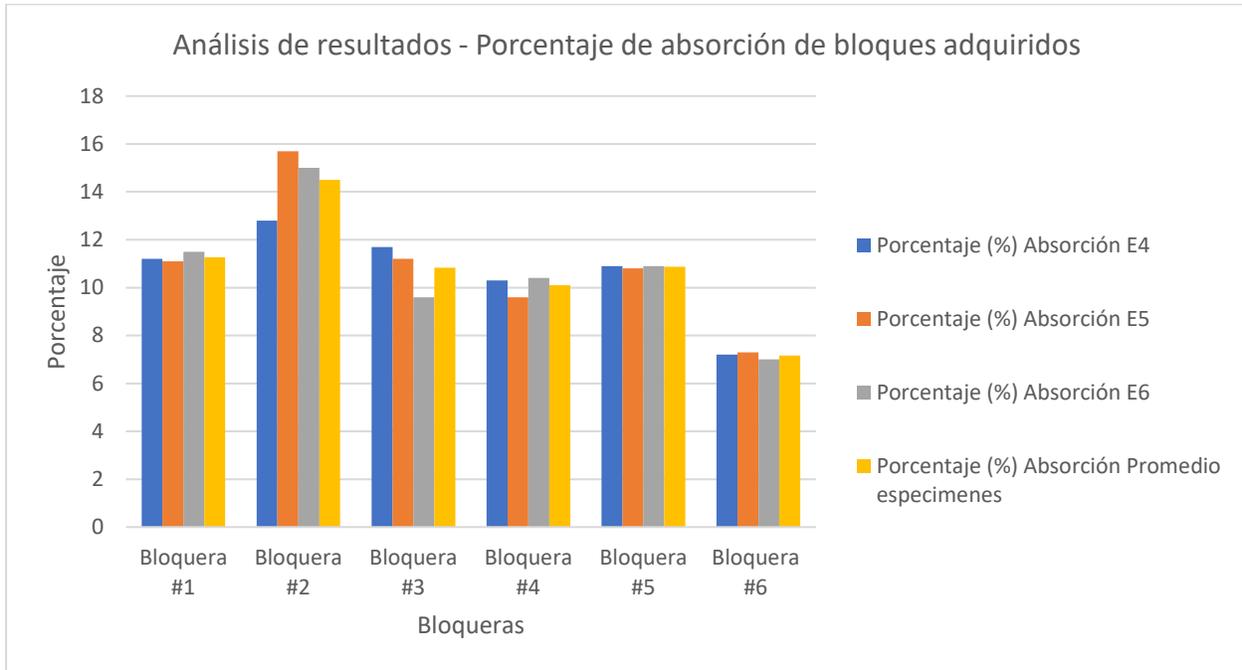
Nota. En la gráfica se observa el rango de las resistencias obtenidas de cada una de las unidades adquiridas y su resistencia promedio. Elaboración propia, 2022.

Así mismo se observa en la Figura 26

Análisis de resultados, porcentaje de absorción de los bloques adquiridos. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** La relación del porcentaje de absorción con la densidad, en la cual se hace posible la categorización de los especímenes de acuerdo con su peso, en los que se puede apreciar que estos oscilan entre los de peso mediano y de peso normal oscilando en un rango de 1,79 y 2,4 como se muestra en la Figura 27.

Figura 26

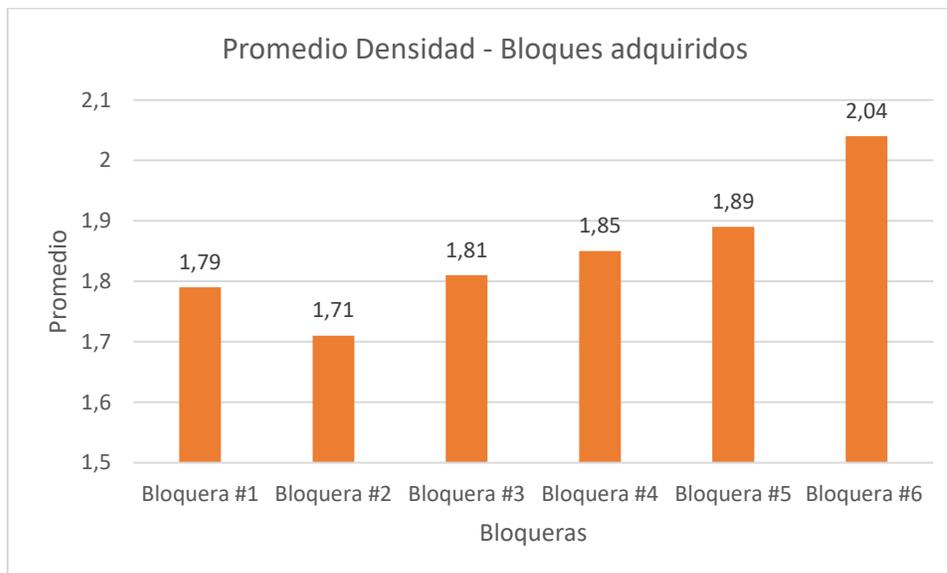
Análisis de resultados, porcentaje de absorción de los bloques adquiridos



Nota. En la gráfica se observan los porcentajes de absorción de cada una de las unidades adquiridas. Elaboración propia, 2022.

Figura 27

Promedio de densidad Bloques adquiridos



Nota. En la gráfica se observan los valores promedio las unidades adquiridas. Elaboración propia, 2022.

Cabe resaltar que los materiales utilizados por estas bloqueras fueron examinados en los laboratorios de suelos y tecnologías de materiales de la universidad por los tesistas y tutores de la investigación en los cuales se evaluaron los parámetros que los caracterizan como materiales aptos para el sector de la construcción.

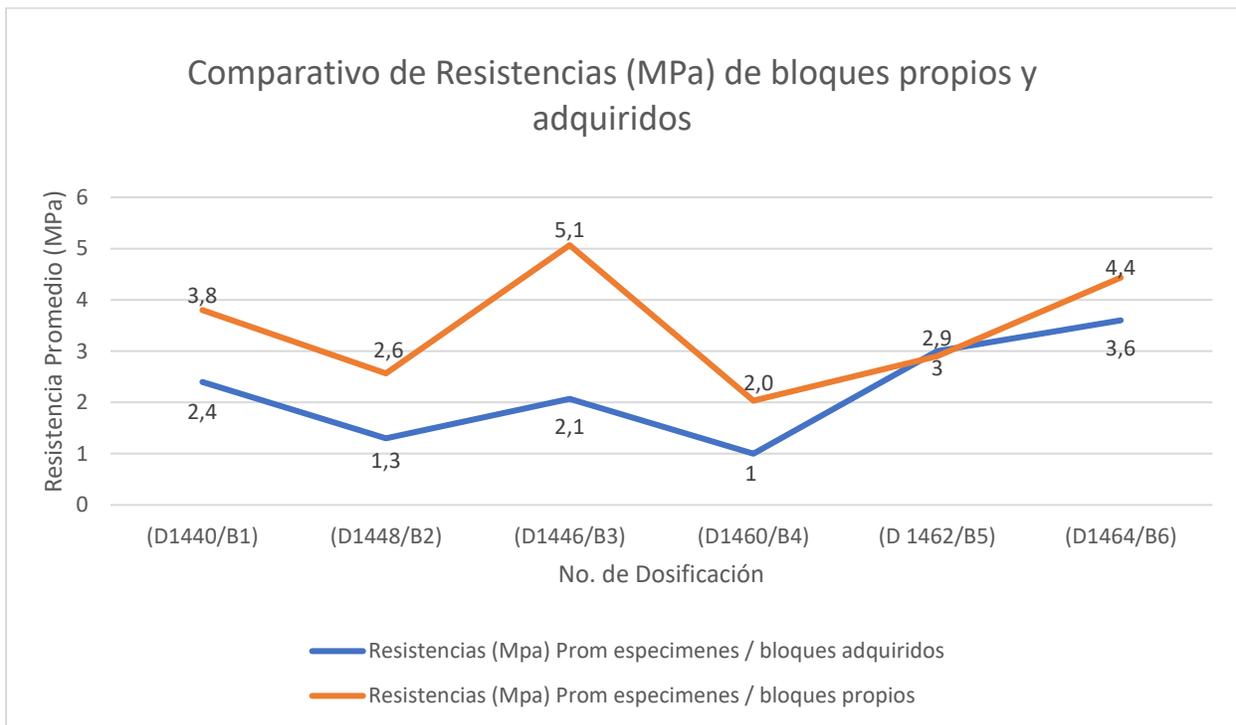
No obstante, al no haber cumplido el primer parámetro de clasificación, que es la resistencia a la compresión a los 28 días evaluada sobre el área neta promedio, se presume que estos prefabricados no son aptos para su uso en edificaciones dentro del territorio colombiano.

Como análisis de resultado final de la investigación se aborda la comparación de las resistencias promedio de las dosificaciones de diseño y las adquiridas. En las cuales se observa

en la Figura 28 que las dosificaciones de diseño se encuentran en rangos cercanos a las dosificaciones locales e incluso igualando algunas de ellas como ocurre con la dosificación propia 1462 y la bloquera local número 5.

Figura 28

Comparativo de resistencias de bloques propios y adquiridos



Nota. En la gráfica se observa la resistencia promedio de cada una de las unidades adquiridas representadas con la letra B y las diseñadas representadas con la letra D. Elaboración propia, 2022.

Consecuente a estos resultados se puede inferir que la fabricación de prefabricados en concreto de manera artesanal o no industrializada analizados en este estudio no alcanzaron la resistencia mínima que exige la normativa técnica colombiana. De manera que los actuales fabricantes locales y a su vez la bibliografía revisada plantea dosificaciones que no deben ser

utilizadas para elaborar prefabricados de tipo no estructural en Colombia ya que evidentemente no alcanzan la resistencia mínima que esta exige.

Así pues, se propone seguir investigando alrededor del tema de manera que se logre una propuesta de distintas dosificaciones tipo para la elaboración de bloques estructurales y no estructurales.

Como resultado de este análisis se propone utilizar la dosificación propuesta 1446, para la elaboración de prefabricados de tipo No estructural en la zona oriental utilizando Arena media extraída de las canteras del municipio de Santo Tomás y grava triturada extraída de las canteras de arroyo de piedra corregimiento del municipio de Luruaco.

Análisis económico

El análisis económico obtenido de la presente investigación parte de analizar los diferentes precios de los bloques número 15 de tipo no estructural, con dimensiones de 19x39x14 centímetros, adquiridos en las distintas bloqueras localizadas en la zona oriental del departamento del Atlántico en Colombia.

Adicionalmente, se realizó una correlación entre la resistencia de los bloques obtenidos junto al precio de venta de cada uno de estos, la cual se puede observar en la Tabla 27, para determinar si la resistencia de los mampuestos tiene implicación en cómo los fabricantes de estos bloques semi artesanales estipulan sus precios en el mercado.

Tabla 27

Análisis económico de precio de venta de bloques locales

Nombre de Bloquera	Precio (COP)	Rendimiento* (bloques)	Resistencia (MPa)
Bloquera No. 1	\$2,500	38	2,4
Bloquera No. 2	\$1,800	30	1,3
Bloquera No. 3	\$2,000	55	2,1
Bloquera No. 4	\$1,800	40	1,0
Bloquera No. 5	\$3,000	32	3,0
Bloquera No. 6	\$3,500	30	3,6

Nota. Venta de bloques locales. Elaboración propia, 2022.

A partir del análisis se observa una relación de costo/calidad respecto al precio de venta y la resistencia de los bloques, siendo el más costoso aquel que tuvo mayor resistencia y el más económico el que obtuvo la menor resistencia.

Sin embargo, se percibe que el costo de los bloques no es un precio competitivo, ya que en almacenes de cadena el costo de los bloques oscila en \$2700 y \$3500 pesos, teniendo en cuenta que sus productos sí cumplen los requisitos de resistencia que exige la norma.

Es importante resaltar que los costos dependen del tipo de fabricación, y los procesos con mayor industrialización los cuales aplican las bloqueras tecnificadas que además generan mayor volumen de producción, y por lo tanto les permiten comercializar productos de mejor calidad con precios altamente competitivos no pueden ser igualados por los fabricantes locales.

De manera que la proposición que se hace a los fabricantes locales es implementar medidas de reingeniería que permitan igualar sus productos en cuanto a la calidad, medida en la resistencia del bloque exigida en la Norma Técnica Colombiana 4076, para así ofrecer un producto competitivo en el mercado.

Conclusiones

A partir de la investigación realizada se lograron conocer los métodos de fabricación de bloques de concreto que se distribuyen en los municipios de la banda oriental del departamento del Atlántico, correspondientes a Palmar de Varela, Santo Tomas, y Sabanagrande.

Los métodos de fabricación encontrados corresponden a procesos de tipo artesanal utilizando moldes, o semi industrializados empleando máquinas vibro compactadoras no automatizadas.

A partir de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión realizados se logró comprobar que los bloques elaborados a través de moldes y pisonos obtuvieron resistencias menores frente a aquellos que fueron elaborados con las máquinas vibro compactadoras, y que por el contrario, a partir de la modificación de dosificaciones es posible obtener resistencias de 1MPa utilizando la maquina vibro compactadora, por lo que se puede dar a juicio el uso de las mismas, partiendo de que la resistencia depende de la dosificación y a los agregados utilizados en la mezcla.

Así mismo se observó que en las bloqueras donde no se tiene un control de la dosificación, sin importar el método de fabricación (vibrado o moldes), se obtuvieron resistencias de 1 MPa en sus especímenes. Por lo que planteamos que sin importar por cuál método se fabriquen los especímenes, su resistencia dependerá en gran manera en el control de la dosificación.

Adicional a esto, el proceso de vibrado que existe en estos municipios no es un proceso estandarizado, ya que el tiempo de vibrado y la fuerza de compresión depende del operario de la máquina, así como el control del contenido de agua en la mezcla, son variables que se dejan a

la experticia de los obreros, lo que puede causar variaciones en la dosificación cuando el agregado se encuentra en condiciones altas de humedad o saturación.

Uno de los hallazgos significantes en la investigación fue el impacto del uso de agregados gruesos en la mezcla, ya que los bloques que contenían agregados gruesos combinados, grava proveniente de Luruaco Atlántico y Ciénega Magdalena presentaron resistencias mayores frente a los elaborados solo con cemento y arena como tradicionalmente se fabrican.

De manera general, a partir de la bibliografía revisada y de las entrevistas realizadas, se presenta una similitud en los rangos de resistencia obtenidos tanto en las muestras propias como en las adquiridas, lo que nos plantea que las dosificaciones que están siendo utilizadas por los fabricantes locales de bloques no alcanzan la resistencia que establece la NTC 4076 para prefabricados de tipo no estructural.

Como conclusión de la investigación es importante mencionar que algunos fabricantes y sus clientes desconocen de las normas que regulan la fabricación de los prefabricados de concreto, así como los ensayos que se deben realizar a los mismos para evaluar la calidad de estos. Por lo que el negocio local se basa más que todo en vender un producto económico ya que no se tiene una clientela que exija un producto que cumpla con los requerimientos mínimos de calidad que exige la norma NTC 4076 por el desconocimiento de esta.

Recomendaciones

A partir del escenario analizado en los municipios de muestra, se recomienda el apoyo de centros investigativos e instituciones de educación superior en el campo de la ingeniería civil, los cuales promuevan buenas prácticas, y procesos de reingeniería coadyuvando a la regulación del mercado económico de los fabricantes de bloques artesanales o semi industrializados frente a las empresas que manejan estos procesos de manera industrial.

Con base en los hallazgos de (Campo Dévia , Ortiz, & Francisco, 2007) sobre la fabricación de bloques artesanales en el departamento del Magdalena, en cercanías al Atlántico, que resultan similares a los de esta investigación, se propone realizar un proceso de reconocimiento de la normativa técnica NTC 4076, en aras de concientizar a los fabricantes sobre la importancia del cumplimiento del marco normativo.

Se plantea además hacer uso de la dosificación de diseño 1446, propuesta y probada en esta investigación para la elaboración de las mezclas empleadas en la fabricación de prefabricados en concreto de tipo no estructural, la cual alcanzó los requerimientos mínimos exigidos por la NTC 4076 para su uso.

Referencias

García Giraldo, J. M., Bonett Díaz, R. L., & Ledezma Araya, C. (2013). *Modelo Analítico del Comportamiento a Compresión de Bloques Huecos de Concreto*.

doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000300009>

Mokhtar, M., Kaamin, M., Sahat, S., & Hamid, N. (2018). *The Utilisation of Shredded PET as Aggregate Replacement for Interlocking Concrete Block*.

doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183401006>

Orodoñez Mejía, K., & Villanueva Lopez, L. (2012). *ELABORACIÓN DE BLOQUES DE MORTERO TIPO ESTRUCTURAL MEDIANTE SECADO NATURAL EMPLEANDO LA CALAMINA PROCEDENTE DE TENARIS TUBOCARIBE S.A. COMO ADITIVO*.

Obtenido de

http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1597/1/Elaboraci%C3%B3n%20de%20bloques%20de%20mortero_Kelly%20Johanna%20Ordo%C3%B1ez%20Mej%C3%ADa_USBCTG_2012.pdf

Soto Izquierdo, I., Soto Izquierdo, O., Antonio Ramalho, M., & Taliercio, A. (2017). *Sisal fiber reinforced hollow concrete blocks for structural applications: Testing and modeling*.

doi:[10.1016/j.conbuildmat.2017.06.072](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.072)

Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Obtenido de <https://asosismica.org.co/producto/reglamento-colombiano-de-construccion-sismo-resistente-nsr-10/>

ASTM, I. (2021). *ASTM C90-21 Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units*. Obtenido de <https://www.astm.org/c0090-21.html>

Barrios Trejo, B. A., Castro Cruz, Y. S., & Daza Novoa, H. L. (2018). Elaboración de bloques de mampostería mediante el uso de mortero adicionado con ceniza de palma Africana en el departamento del Meta. (repository.ucc.edu.co, Recopilador) Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4231/1/2018_elaboracion_bloques_mamposteria.pdf

Barrios, C. Y., & Heidy, D. (2018). *Elaboración de bloques de mampostería mediante el uso de mortero, adicionado con ceniza del cuesco y de fibra de palma africana en el departamento del Meta*. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia.

Benassi Souza, A., Silva Ferreira, H., Pereira Vilela, A., Santos Viana, Q., Farinassi Mendes, J., & Farinassi Mendes, R. (2021). *Study on the feasibility of using agricultural waste in the production of concrete blocks*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102491>

Bloqueras.org. (2016). *Bloque de concreto*. Obtenido de <https://bloqueras.org/bloques-concreto/#:~:text=De%20acuerdo%20a%20la%20historia,en%20el%20a%C3%B1o%20de%201900>.

Brick Development Association . (2018). *Mortar for Brickwork*. Obtenido de <https://www.brick.org.uk/admin/resources/mortar-for-brickwork.pdf>

Caballero Meza, B., & Florez Lengua, O. (2017). *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno - Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción*. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/4404>

Cabarcas Caipa, L. M., & Colpas Macias, J. D. (2020). *Evaluación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto estructural ecológico con fibras pet propuesto conforme a la norma NSR-10*. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7835>

Campo Dévia , J., Ortiz, S., & Francisco, J. (2007). Evaluación y mejoramiento de la calidad del bloque de concreto elaborado de manera artesanal en la ciudad de Santa Marta. Santa

Marta, Colombia. Obtenido de

<http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/321>

Cañas, J. S. (2018). Laboratorio de Materiales de construcción. *Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino*. San Salvador, Salvador:

Universidad Centroamericana.

Cascante Vallejo, M. (2015). *Análisis y desarrollo para la fabricación de bloques de hormigón como aislantes térmicos basados en la biomasa de bagazo de caña apto para la construcción de edificaciones*. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12381>

Castilla , E., & Marinilli, A. (2003). Experiencias recientes en mampostería confinada de bloques de concreto. *MME v.41 n.2-3*. Obtenido de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2003000200002&lang=es

Cementos tequendama. (8 de Mayo de 2018). *Tipos de cementos y características según NTC*

121. Obtenido de <https://cetesa.com.co/blog/tipos-de-cementos-y-caracteristicas-segun-ntc-121/>

Cerralvo Peñate, P. (s.f.). *Dosificaciones para bloques de Hormigón en su producción a escala industrial*. Recuperado el 12 de 2021, de

<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/6027>

Chan, D. W., & Chan, A. P. (2002). *Review of design and construction innovations in hong kong public housing*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2021, de Elsevier:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080441009500875>

Díaz, A., & Hernández, A. (2018). *Ensayo de dosificaciones para bloques, ladrillos y contrapisos de hormigon con desechos plásticos y finos de perlitas*. Bolivia: ASADES.

Ecured. (2018). *Ecured*. Obtenido de Cemento: <https://www.ecured.cu/Cemento>

El tiempo. (22 de Julio de 1995). *Los agregados en la construcción*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-375889>

Escamirosa, L. A., Arroyo, R., Escamirosa, L., Ocampo, M., & Del Carpio, C. (2018).

Evaluación sísmica en dos prototipos de vivienda rural construidos con bloques de concreto hueco, en Ocuilapa de Juárez. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1), 29-40.
doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100029>

Estrada Ardila, J. E., & Rodríguez Garzón, C. (2016). *Fabricación de mampuestos aligerados con bagazos de caña de azúcar*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11396/4017>

Estrada Ardila, J., & Rodríguez Garzón, C. J. (2016). *Fabricación de mampuestos aligerados con bagazos de caña de azúcar*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11396/4017>

Garzon Amaya, J., & Montano Ballesteros, A. (2014). *Propuesta de un material para la construcción a partir de cemento y el reciclaje de Pet*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10656/3453>

Guevara, J. N. (2017). Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana. Ambato, Ecuador.

Héctor Gallegos. (2002). *La naturaleza del concreto*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2>

Hirata Nagasako, E. (27 de Enero de 2015). *La importancia de la regulación para la competitividad*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2021, de https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Conferencias/Edificacion_Sustentable/Modulo_1/02_Evangelina_Hirata.pdf

Huertas Alarcón, L. Y., & Martínez Celis, P. A. (2019). *Análisis de las propiedades estructurales del concreto modificado con la fibra de bagazo de caña*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23469>

ICCYC. (2007). *Manual de construcción con bloques de concreto*. Obtenido de <https://www.iccyc.com/sites/default/files/Publicaciones/manualbloquesconcreto.pdf>

ICONTEC . (2001). *NTC 4024:2001 PREFABRICADOS DE CONCRETO. MUESTREO Y ENSAYO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS*. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/sectores/medio-ambiente-proteccion-de-la-salud-seguridad/proteccion-del-medio-ambiente/polucion-control-a-la-polucion-y-conservacion/gp-prefabricados-de-concreto-muestreo-y-ensayo-de-prefabricados-de-concreto-no-reforzados-vibro>

ICONTEC. (1997). Norma técnica colombiana 4076 (NTC). *ICONTEC*, 4-7.

ICONTEC. (1997). *NTC 4026 Unidades de concreto (Bloques y Ladrillos) para mampostería estructural*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2021, de <https://tienda.icontec.org/gp-ingenieria-civil-y-arquitectura-unidades-bloques-y-ladrillos-de-concreto-para-mamposteria-estructural-ntc4026-1997.html>

ICONTEC. (2014). *NTC 6093 Etiquetas ambientales Tipo I, Sello ambiental colombiano. Criterios ambientales para prefabricados en concreto*. *Minambiente.gov.co*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2021, de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6093_-_SAC_Prefabricados_Concreto.pdf

ICONTEC. (2017). *NTC 4076 Unidades de concreto (Bloques y Ladrillos) para mampostería no estructural*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2022, de <https://tienda.icontec.org/gp-unidades-de-concreto-para-mamposteria-no-estructural-ntc4076-2017.html>

ICONTEC. (2018). *NTC 77:2018 CONCRETOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS*.

ICONTEC ORG. (2015). *Normalización*. Recuperado el 17 de septiembre de 2021, de <https://www.icontec.org/normalizacion/>

Info Civil . (Mayo de 2021). *Ingeniería Civil* . Obtenido de <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/clasificacion-de-los-agregados-para.html>

ISO. (2014). *Sistemas de gestión de la calidad*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:pub:PUB100370>

ISO. (2015). *ISO 14001:2015(es) Sistemas de gestión ambiental*. Obtenido de

<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

Izaguirre, J. R. (1976). *Características y correcta aplicación de los diversos tipos de cemento*.

Barcelona: Ediotos técnicos asociados s.a.

Lagares Guerrero, G. (2018). *Bloques ecológicos transpirables no permeables, mediante la utilización de residuos o cenizas producidas por la incineración del bagazo de la caña de azúcar*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/121594>

López, R. M. (2018). Carbonatación vs aluminosis. Valencia, España: Revista Académica de la FI-UADY.

Mas, J. M., & Kirschbaum, C. F. (5 de 10 de 2012). Estudios de resistencia a la compresión en bloques de suelo-cemento . *ASADES*, 16. Recuperado el Marzo de 2022

Montealegre García, C., & Carvajal Rico, E. (2018). *Unidades de mampostería empleando fibras microsintéticas y macrosintéticas, y su variación de la resistencia a compresión (F'M)*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5863>

Paricaguán Morales, B., & Muñoz Cuevas, J. (2019). *studio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/movil/>

Pelaez , G. (2020). *Estudio de factibilidad técnica y económica en la fabricación de bloques a partir de la ceniza del bagazo de caña de azucar*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18654/1/UPS-GT002927.pdf>

Piñeros Moreno, M. E., & Herrera Muriel, R. D. (2017). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda*. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22382>

Piñeros-Moreno, M., & Herrera-Muriel, R. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda*. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22382>

Pozo Garcia , C. P. (2012). *Aprovechamiento del Bagazo de Caña de Azúcar en la Fabricación de Bloques Ecológicos para Mampostería Liviana*. Obtenido de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1631>

Régil, O. E. (Abril de 2005). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO ESTANDAR 15X20X40 CM CON GRADO DE RESISTENCIA 28 KG/CM² , CASO ESPECIFICO FUERTE BLOCK MAQUINAS #1 Y #2*. Recuperado el 15 de Enero de 2022, de

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1468_IN.pdf

Rojas, E. (s.f.). *BLOQUES DE CEMENTO LA CIENCIA DETRAS DE SU FABRICACIÓN*.

Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/bloques-de-cemento-la-ciencia-detras-de-su-fabricacion-1>

Santacruz Campoverde, W., & Velasteguí Zambrano, E. (2018). *Determinación de dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual norma INEN*

3066. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19369>

- Santos, N. A. (2015). *Propuesta de dosificación para la elaboración de bloques huecos de hormigón en la Empresa Agroindustrial de Granos, en el municipio de Gibara*. (U. D. HOLGUÍN, Ed.) Obtenido de <https://repositorio.uho.edu.cu/xmlui/bitstream/handle/uho/5512/N%c3%a9stor%20Alejandro%20Garc%c3%ada%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENA. (1990). *Manual para la fabricación de bloques y adoquines*. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5008/manual_fabricacion_bloques_adoquines.PDF;jsessionid=3B891266693679C7D10247C63D0C9441?sequence=1
- UMACON. (17 de Agosto de 2021). *UMACON*. Obtenido de ¿Qué es el hormigón/cemento armado?: <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-hormigon-o-cemento-armado/409>
- UNION EUROPEA. (22 de Enero de 2018). *Consulta pública sobre las normas de la UE aplicables a los productos utilizados en la construcción de edificios y las obras de infraestructura*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2021, de https://ec.europa.eu/info/consultations/public-consultation-eu-rules-products-used-construction-buildings-and-infrastructure-works_es
- Universidad Jose Cecilio Del Valle . (2009). *Materiales de construcción Bloques de concreto* . Obtenido de <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/03/bloques-de-concreto/>
- Valdés , G., & Rapimán, J. (2007). *Propiedades Físicas y Mecánicas de Bloques de Hormigón Compuestos con Áridos Reciclados*. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000300010>

Villacis Troncoso, E. d., Luna Hermosa, G. V., Orbe Pinchao, L. V., Zúñiga Morales, P. S., Nates Pasaje, J. D., Velástegui Zambrano, E. D., & Santacruz Campoverde, W. A. (2020). Dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual NTE INEN 3066. *Revista Tecnológica; Vol 32, No 1*.
doi:<https://doi.org/10.37815/rte.v32n1.688>

World Cement Association. (2020). *History of Cement*. Obtenido de The long road to today's Portland Cement: <https://www.worldcementassociation.org/about-cement/our-history>

Anexo 4. Ficha Técnica Cemento tipo estructural Ultracem utilizado en la fabricación de bloques.

CEMENTO GRIS TIPO ART USO ESTRUCTURAL

El Cemento Ultracem Gris Tipo ART de Uso Estructural es un producto fabricado con materias primas seleccionadas que le confieren altas resistencias iniciales y finales, excelente manejabilidad y desempeño. Por su rápido desarrollo de resistencias es recomendado para aplicaciones donde se requieren concretos de alto desempeño, tales como muros, losas, columnas, vigas y elementos prefabricados.

Cumple con las normas NTC 121 Tipo ART y ASTM C1157 Tipo HE.

PRESENTACIONES

42.5 ^{kg} | Big Bag | Granel



APLICACIONES Y USOS

- Elaboración de morteros y concretos.
- Construcción de cimientos, muros, columnas, vigas y losas.
- Elaboración de elementos prefabricados.
- Lechadas de inyección.



BENEFICIOS

- Excelente rendimiento en todas sus aplicaciones y usos.
- Desarrollo de altas resistencias iniciales y finales.
- Tiempos de fraguado controlados que garantizan mejor manejabilidad.
- Desencofrado de estructuras en menor tiempo.
- Regularidad en su desempeño.

PARÁMETRO DE CONTROL	MÉTODO DE ENSAYO	ESPECIFICACIÓN NTC 121	ESPECIFICACIÓN ASTM C 1157	ESPECIFICACIÓN ULTRACEM
Contenido de Aire en volumen, %	NTC 224	Máx. 12,0	Máx. 12,0	Máx. 12,0
Finura (permeabilidad al aire), cm ³ /g	NTC 33	-----	-----	-----
Finura en Tamiz N° 325 (45 m), %	NTC 294	-----	-----	-----
Expansión en autoclave, %	NTC 107	Máx. 0,80	Máx. 0,80	Máx. 0,80
Expansión Barra de mortero, 14 días, %	NTC 4927	Máx. 0,020	Máx. 0,020	Máx. 0,020
TIEMPO DE FRAGUADO (Met. Vicat)				
Tiempo inicial de fraguado, minutos	NTC 118	Mín. 45	Mín. 45	Mín. 45
Tiempo final de fraguado, minutos	NTC 118	Máx. 420	Máx. 420	Máx. 420
RESISTENCIA DE LA COMPRESIÓN				
1 Día MPa (psi)	NTC 220	Mín. 11,0 (1595)	Mín. 12,0 (1740)	Mín. 12,0 (1740)
3 Días MPa (psi)	NTC 220	Mín. 22,0 (3191)	Mín. 24,0 (3480)	Mín. 24,0 (3480)
7 Días MPa (psi)	NTC 220	-----	-----	-----
28 Días MPa (psi)	NTC 220	-----	-----	-----

ULTRACEM S.A.S. no se hace responsable por los perjuicios que se pueden ocasionar por el mal uso de sus productos.
La información contenida en este documento es de carácter estrictamente comercial y no constituye recomendación técnica por parte de ULTRACEM S.A.S.
Ver Condiciones de Transporte y Almacenamiento, Precauciones y Aclaraciones en la contraportada.
Fecha vigencia: 01 - 08 - 2017, Versión: 3.

Anexo 5. Formato de recolección de información de bloques adquiridos

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MEZCLA ELABORADOS EN EL ATLÁNTICO		
CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES No 15 (14x19x39 cms)		
Lugar		
Municipio		
Fecha de elaboración		
Fecha de prueba		
Precio del bloque		
Tipo de fabricación	vibrado () Molde pisón () otro ()	
Contacto		
Observaciones		
Dosificación	Tipo de agregado	
Notas		

Nota. Formato utilizado para realizar la recolección de la información en las bloqueras locales visitadas. Fuente: elaboración propia.

Anexo 6. Formato de encuesta para recolección de información oral.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MEZCLA ELABORADOS EN EL ATLÁNTICO		
FORMATO DE ENCUESTA: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ORAL		
Nombre		
Ocupación		
¿Conoce usted la normativa técnica que regula la elaboración de bloques en Colombia?	Si, mencione cual _____ No	
Resuma su experiencia en la fabricación de bloques		
Método de fabricación empleado	Vibrado _____ Molde _____ Otro ¿cuál? _____	
¿Qué tipo de cemento y cuales agregados utilizó para fabricar los bloques?		
¿Cuál fue la dosificación utilizada?		
¿Cuál fue el uso de los bloques que fabricó?		
¿Aplico las pruebas físicas y mecánicas a los bloques elaborados?	Si, mencione cual _____ No	
¿Sabe la resistencia a la compresión después de 28 días de fabricación alcanzada por los especímenes?	Si, mencione _____ No	
Notas Adicionales		

Anexo 7 Certificado de calibración máquina de ensayo a compresión pág. 1

LABORATORIO DE METROLOGÍA  **DIRIMPEX**
Ingeniería consciente y dinámica

Certificado de Calibración

Número: N056-22B
Páginas: 1 de 4

LAB-PT03-R02
VERSIÓN 13

NUMERO: N056-22B
LABORATORIO: LABORATORIO DE METROLOGÍA - FUERZA
SOLICITANTE: TECNICRETO & LAB S.A.S
DIRECCIÓN, CIUDAD: CALLE 81 #68-41 LOCAL 2
LUGAR DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO
NOMBRE DEL CONTACTO: JESUS ERASMO
NUMERO DEL CONTACTO: 3135021961
INSTRUMENTO: MÁQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN / FLEXIÓN
FABRICANTE: DIRCONTROLS
MODELO: CT-1500
NÚMERO DE SERIE: 43881835
CODIGO: NO PORTA
VALOR NOMINAL: 1 500.00 kN
FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-04-07
(aaaa-mm-dd)
FECHA DE EMISIÓN: 2022-04-18
(aaaa-mm-dd)
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO: Cuatro (4)

OBSERVACIONES: En el certificado se toma el "." como separación decimal y para las unidades de mil se deja espacio.

CALIBRADO POR: HARNOLD DE LA TORRE
METRÓLOGO 2

FIRMA AUTORIZADA:

APROBADO POR:
MAURICIO VARGAS
DIRECTOR DE METROLOGÍA

Jorge Mauricio Vargas Quintero
Firmado digitalmente por Jorge Mauricio Vargas Quintero
Fecha: 2022.04.18 15:48:29 -05'00'

* Este certificado (informe/reporte) expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.
No podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, con autorización previa y por escrito del laboratorio de DIRIMPEX S.A.S

1

www.dirimpex.com

Calle 18 A N° 68 D - 80 Bogotá - Colombia PBX: (+57) (1) 482 40 02
metrologia@dirimpex.com

Anexo 8 Certificado de calibración máquina de ensayo a compresión pág. 2

LABORATORIO DE METROLOGÍA DIRIMPEX

Ingeniería consciente y dinámica

CARACTERÍSTICAS DEL INDICADOR DEL EQUIPO A CALIBRAR

Intervalo de medición : 100.00 kN a 1 000.00 kN
 Tipo Indicación : DIGITAL
 Marca : CONTROLS División de Escala: 0.01 kN
 Modelo : 50-Q90C14 Resolución: 0.04 kN
 Serie : 20003335

Número: N056-22B

Página: 2 de 4

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN

	F1	F2	F2'	F3	F4
Temperatura Mínima (°C)	28.4	28.3	*	28.4	*
Temperatura Máxima (°C)	28.6	28.4	*	28.5	*
Humedad Mínima (%HR)	77	77	*	77	*
Humedad Máxima (%HR)	78	80	*	80	*

CARACTERÍSTICAS DEL PATRÓN DE CALIBRACIÓN

Indicador
 Tipo : Lector digital.
 Marca : Sensy
 Modelo : COND-USB-ASCII
 Serie : 2160529000
 Unidad de medida : mV/V

TRAZABILIDAD

Dirimpex S.A.S. asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en las mediciones a través de patrones nacionales.
 Sistema de transferencia con transductor de fuerza HBM C18/1MN del CENAM.

Transductor de Fuerza

Intervalo de medición : 100 kN a 1 000 kN
 Marca : AEP TRANSDUCERS
 Modelo : CLF1MN
 Serie : 9000990
 Certificado de calibración : CNM-CC-720-373/2021
 Fecha de calibración : 2021-08-17
 Clase : 1.0
 Incertidumbre de medición (k=2) : 0.34 %

DATOS DE CALIBRACIÓN**Dirección de Carga: COMPRESIÓN**

F1 [kN]	LECTURAS INDICADOR PATRÓN [mV/V]					
	L1 (Asc)	L2 (Asc)	L2' (Desc)	L3 (Asc)	L4 (Acc)	Promedio
100.00	0.199 61	0.199 84	*	0.199 88	*	0.199 78
200.00	0.399 71	0.399 47	*	0.399 54	*	0.399 57
300.00	0.599 61	0.599 20	*	0.599 53	*	0.599 45
400.00	0.799 56	0.799 35	*	0.799 43	*	0.799 45
500.00	0.999 45	0.999 85	*	0.999 90	*	0.999 73
600.00	1.200 00	1.199 58	*	1.200 30	*	1.199 96
700.00	1.399 99	1.399 31	*	1.399 90	*	1.399 73
800.00	1.600 64	1.599 24	*	1.599 98	*	1.599 95
900.00	1.800 20	1.799 31	*	1.800 14	*	1.799 88
1 000.00	2.000 92	2.000 07	*	1.999 99	*	2.000 33

* Este certificado (informe/reporte) expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.

No podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, con autorización previa y por escrito del laboratorio de DIRIMPEX S.A.S

2

www.dirimpex.com

Calle 18 A N° 68 D - 80 Bogotá - Colombia PBX: (+57) (1) 482 40 02
 metrologia@dirimpex.com

Anexo 9 Certificado de calibración máquina de ensayo a compresión pág. 3



Procesamiento de Datos

Limite inferior de la Escala del Instrumento:	8.00	kN
---	------	----

Número: N056-22B

Página: 3 de 4

Indicación del Instrumento a Calibrar Fi [kN]	Indicación del Instrumento Patrón						Errores Encontrado						Incertidumbre expandida	k
	F1 [kN]	F2 [kN]	F2' [kN]	F3 [kN]	F4 [kN]	Fx' [kN]	a*	q*	b*	v*	Accesorios*			
100.00	100.00	100.12	*	100.14	*	100.09	0.04	-0.09	0.14	*	*	0.35	2.0	
200.00	200.12	200.00	*	200.03	*	200.05	0.02	-0.02	0.06	*	*	0.34	2.0	
300.00	300.09	299.88	*	300.05	*	300.01	0.01	0.00	0.07	*	*	0.34	2.0	
400.00	400.06	399.95	*	399.99	*	400.00	0.01	0.00	0.03	*	*	0.34	2.0	
500.00	499.99	500.19	*	500.21	*	500.13	0.01	-0.03	0.04	*	*	0.34	2.0	
600.00	600.25	600.04	*	600.40	*	600.23	0.01	-0.04	0.06	*	*	0.34	2.0	
700.00	700.24	699.90	*	700.20	*	700.12	0.01	-0.02	0.05	*	*	0.34	2.0	
800.00	800.61	799.91	*	800.28	*	800.27	0.01	-0.03	0.09	*	*	0.34	2.0	
900.00	900.48	900.03	*	900.45	*	900.32	0.00	-0.04	0.05	*	*	0.34	2.0	
1 000.00	1 001.00	1 000.57	*	1 000.53	*	1 000.70	0.00	-0.07	0.05	*	*	0.34	2.0	

(F ₀)	-0.02	0.07	*	0.05	*
-------------------	-------	------	---	------	---

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LAS SERIES DE MEDICIÓN

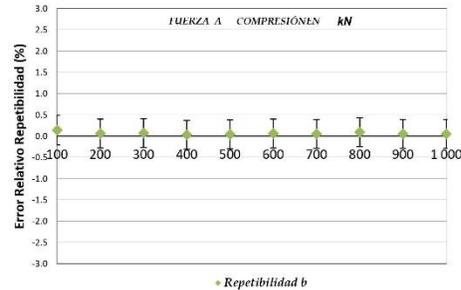
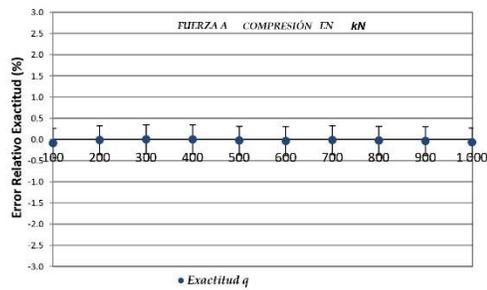
	F1	F2	F2'	F3	F4
T. Inicial	28.4	28.3	*	28.4	*
T. Final	28.6	28.4	*	28.5	*

Unidad: [°C]

CONVENCIONES
 a* = Resolución relativa;
 q* = Error relativo de Exactitud;
 b* = Error relativo de Repetibilidad;
 v* = Error relativo de Reversibilidad;
 Accesorios* = Error por accesorios (aguja testigo);
 F0 = Error relativo de cero.

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" para una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

DIAGRAMAS DE CALIBRACIÓN



* Este certificado (informe/reporte) expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.
 No podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, con autorización previa y por escrito del laboratorio de DIRIMPEX S.A.S

Anexo 10 Certificado de calibración máquina de ensayo a compresión pág. 4

PROPIEDADES METROLÓGICAS DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

Número: N056-22B

Página: 4 de 4

Sentido de carga : COMPRESIÓN
Intervalo de medición : 100.00 kN a 1 000.00 kN

Errores relativos máximos hallados:

	a	q	b	v	f ₀	Accesorios	Incidencia de expansión %	k
	0.04	-0.09	0.14	*	0.01	*	0.35	2.0
NTC-ISO 7500-1:2007 Número:	6.3	6.5.1	6.5.2	6.4.8	6.4.5	6.4.6	Anexo D	

Unidad: [%]

Tabla 2, numeral 7, NTC-ISO 7500-1:2007.

CLASE DE LA ESCALA DE LA MÁQUINA	Valor máximo permitido (%)				Resolución relativa
	Error relativo de:				
	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	
	q	b	v	f ₀	a
0.5	± 0.5	0.5	± 0.75	± 0.05	0.25
1	± 1.0	1.0	± 1.5	± 0.1	0.5
2	± 2.0	2.0	± 3.0	± 0.2	1.0
3	± 3.0	3.0	± 4.5	± 0.3	1.5

*De acuerdo con el numeral 6.4.8 el error de reversibilidad solo se determina cuando se solicita

NOTAS:

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Fuerza indicada constante: Una fuerza F_i indicada por el indicador de fuerza de la máquina, se aplica a la misma y se anota la fuerza real F indicada por el instrumento patrón de medición de fuerza.

OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente certificado se relacionan solamente al instrumento calibrado, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. DIRIMPEX S.A.S. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos de medición.

Periodo de Validez

Depende del tipo de máquina de ensayo, de las normas de mantenimiento y de la frecuencia del uso. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes.

No es recomendable la reproducción parcial de este certificado, ya que puede dar lugar a interpretaciones equivocadas de sus resultados.

Factores de equivalencias entre unidades de fuerza

Con base en la guía de uso del SI establecidos en el "Guide for the Use of the International System of Units (SI) - NIST Special Publication 811, 2008 Edition". Pág. 59.

	N
1 N	1
1 kgf	9.806 65
1 lbf	4.448 222
1 dina	1.0E-05

FIN DEL CERTIFICADO

www.dirimpex.com

* Este certificado (informe/reporte) expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.

No podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, con autorización previa y por escrito del laboratorio de DIRIMPEX S.A.S