



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR

**PRESENTADO POR LOS INVESTIGADORES:
BENIGNO OROZCO OROZCO
JEASON PALACIO BONFANTE**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2015



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMAT
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

**DIRECTOR:
ING. MODESTO BARRIOS**

**INVESTIGADORES:
BENIGNO OROZCO OROZCO
JEASON PALACIO BONFANTE**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2015



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Fecha de Diligenciamiento: julio 22 de 2015

Nombre del Director: MODESTO BARRIOS FONTALVO

Grupo De Investigación: Materiales de construcción

Título del proyecto de trabajo de Grado que se entrega: INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR.

Estudiantes:

JEASON PALACIO BONFANTE

BENIGNO OROZCO OROZCO

Yo **MODESTO BARRIOS FONTALVO** manifiesto mi compromiso para desarrollar el proyecto que es presentado en este documento, el cual he leído y revisado; por lo tanto estoy de acuerdo con sus objetivos, alcance, justificación, metodología, cronograma y presupuesto. De igual forma, asumo la responsabilidad académica de atender las recomendaciones y correcciones que soliciten los evaluadores.

MODESTO BARRIOS FONTALVO

Docente del Programa de Ingeniería Civil

Director de Tesis



Cartagena D. T. Y C., Febrero 26 de 2015

Comité

INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DE GRADO

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Cordial saludo,

Muy respetuosamente me remito a ustedes con el objetivo de presentar el proyecto del Trabajo de Grado titulado **“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR”**, elaborado por los estudiantes Benigno Orozco Orozco y Jeason Palacio Bonfante, a quienes he dirigido durante todo el estudio, para la aprobación, corrección y evaluación por parte del presente comité.

Atentamente,

MODESTO BARRIOS FONTALVO

Docente del Programa de Ingeniería Civil

Director de Tesis



Cartagena D. T. Y C., Febrero 26 de 2015

Comité

INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DE GRADO

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Cordial saludo,

Estamos remitiendo nuestro proyecto de Trabajo de Grado titulado **“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR”** para su respectiva evaluación. Espero me comuniquen su decisión pronto.

Atentamente,

BENIGNO OROZCO OROZCO

COD. EST. 0210420040

JEASON PALACIO BONFANTE

COD. EST. 0210610014



RESUMEN

Varios estudios se han realizado con el fin de encontrar la influencia de ciertas aguas en la resistencia a la compresión del concreto, muy pocos se han dejado llevar por algo más específico como la influencia del agua en la resistencia a la compresión de bloques de concreto realizados de forma artesanal, por tal motivo se tomó una temática específica para una zona específica con diferentes tipos de materiales, todos representativos de la zona de estudio.

El proyecto consiste en tomar el agua subterránea del municipio de villa nueva-bolívar y verificar si las características de este tipo de agua influyen o no a la resistencia de los bloques que son fabricados en esta zona y con esto, dar recomendaciones al utilizar este tipo de agua. Con el fin de mostrar los resultados más cercanos a la realidad de la zona se tomó la decisión de investigar con los fabricantes de este tipo de bloque y preguntarles que tipo de materiales utilizan y cuál es la dosificación que manejan, además se utilizaron los mismos preparadores de la zona en cuestión, también se vio la necesidad de tener en cuenta que los bloques a fabricar son artesanales la probabilidad de que los bloques no sean uniformes es bastante alta por tal motivo se decidió hacer varias muestras de las mismas características para al final trabajar con un promedio de estas.

Luego de toda la producción de los bloques #4 y #6, se tuvo en cuenta muchas cosas como el almacenamiento, el transporte, el curado y sobre todo el marcar los bloques, luego de esto se ensayaron todas las muestras y se fue tomando nota, para finalizar con el análisis de los datos, los cuales arrojaron que el agua subterránea tiene una influencia negativa en la resistencia pero la cual no supera el 11% lo cual no es muy relevante y se aconseja utilizar arena de RIO y cementos ARGOS con el fin de que la disminución sea lo menos posible.



ABSTRACT

Several studies have been conducted in order to find the influence of certain waters in the resistance to compression of concrete, very few have been carried away by something more specific such as the influence of the water in the resistance to compression of concrete blocks made of handcrafted, therefore took a specific theme for a specific zone with different types of materials all representative of the study area.

The project consists in taking the groundwater of the municipality of "Villanueva-Bolivar" and check if the characteristics of this type of water help or not to the resistance of the blocks that are made in this area and this give some recommendations when using this type of water. In order to show the results closer to the reality of the area took the decision to talk to the manufacturers of this type of block and ask them which type of materials used and what is the dosage that handle, also the same trainers in the area also were used in question, it was noted that as such blocks are handcrafted the probability that blocks are not uniform in its characteristics is fairly high for this reason it was decided to make several samples of the same characteristics to ultimately work with an average of these.

After all the production of blocks #4 and #6, taking into account many things such as storage, transport, curing and especially marking blocks, then were tested all samples and was taken note, ending with the analysis of the data which showed that groundwater has a negative resistance influence but which does not exceed 11% which is not very relevant and We recommend using sand River and cements ARGOS in order that the decline is as little as possible.



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
3. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	23
4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	27
5. OBJETIVOS	28
5.1. OBJETIVO GENERAL	28
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	29
7. MARCO TEÓRICO.....	30
7.1. MAMPOSTERÍA	30
7.2. UNIDAD DE MAMPOSTERÍA (MAMPUESTO)	30
7.3. PROPIEDADES:.....	32
7.4. BLOQUE PERFORADO DE CONCRETO.....	34
7.4.1. Unidad De Mampostería	34
7.4.2. Partes De Un Bloque De Concreto	35
7.4.3. Clasificación De Las Unidades Según Su Peso.....	41
7.4.4. Clasificación De Las Unidades Según Su Función Y Resistencia ..	41
7.5. CONCRETO	42
7.5.1. Propiedades Del Concreto Fresco	42
7.5.2. Consistencia	42
7.5.3. Manejabilidad (Trabajabilidad)	43
7.5.4. Exudación	44
7.5.5. Propiedades Del Concreto Endurecido	44
7.5.6. Resistencia	45
7.6. AGUA SUBTERRÁNEA.....	50
7.7. AGUA PARA MEZCLAS DE CONCRETO	54
7.7.1. Características	56



7.7.2. Requisitos Físicos.....	58
7.8. EL CEMENTO	58
7.8.1. Composición Química	59
7.8.2. Tipos De Cementos	60
7.8.3. Propiedades Físicas Del Cemento.....	61
7.8.4. Propiedades Del Cemento Que Dependen Del Agua	63
7.9. LOS AGREGADOS	65
7.9.1. Clasificación De Los Agregados	66
7.9.2. Propiedades Químicas.....	69
7.9.3. Propiedades Físicas.....	70
7.9.4. Propiedades Mecánicas.....	74
8. DISEÑO METODOLÓGICO	75
8.1. TIPO DE ESTUDIO	75
8.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	75
8.3. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA.....	75
8.4. DISEÑO DE MEZCLA	76
8.5. ELABORACIÓN DE ENSAYOS	77
9. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POTABLE DE VILLANUEVA Y DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL MUNICIPIO ANTES MENCIONADO.....	81
10. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS A UTILIZAR EN LAS MEZCLAS.	83
11. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA MAMPOSTERÍA PREFABRICADA PERFORADA BLOQUE #4 Y #6.	86
12. VIABILIDAD DEL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	92
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
13.1. CONCLUSIONES	99
13.2. RECOMENDACIONES.....	100
14. BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	105



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de Villanueva Bolívar.....	18
Figura 2. Partes de una unidad de mampostería de concreto.	31
Figura 3. Partes de un bloque de concreto de perforación vertical.	35
Figura 4. Dimensiones de una unidad de mampostería de concreto.	37
Figura 5. Dimensiones de una unidad de mampostería de concreto.	39





LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Requisitos de resistencia a la compresión	32
Tabla 2. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para concreto	57
Tabla 3. Requisitos químicos del cemento Portland	60
Tabla 4. Requisitos físicos	63
Tabla 5. Clasificación de los agregados	67
Tabla 6. Límites para sustancias dañinas en el agregado fino del concreto	67
Tabla 7. Clasificación de los morteros.	76
Tabla 8. Distribución de las muestras para bloque #4.	78
Tabla 9. Distribución de las muestras para bloque #4.	78
Tabla 10. Distribución de las muestras para bloque #4.	78
Tabla 11. Distribución de las muestras para bloque #4.	79
Tabla 12. Distribución de las muestras para bloque #6.	79
Tabla 13. Distribución de las muestras para bloque #6.	79
Tabla 14. Distribución de las muestras para bloque #6.	80
Tabla 15. Distribución de las muestras para bloque #6.	80
Tabla 16. Análisis fisicoquímicos del agua subterránea.	81
Tabla 17. Análisis fisicoquímicos del agua potable.	81
Tabla 18. Comparación de los resultados del análisis fisicoquímico del agua potable y el agua subterránea.....	82
Tabla 19. Granulometría de la arena de cantera.	83
Tabla 20. Granulometría de la arena de río.	84
Tabla 21. Resultado de los ensayos de laboratorio de todas las muestras.	86
Tabla 22. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades..	92
Tabla 23. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades..	92
Tabla 24. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades..	93
Tabla 25. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades..	94
Tabla 26. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades..	95
Tabla 27. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades..	95
Tabla 28. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades..	96
Tabla 29. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades..	97
Tabla 30. Valores de resistencia para bloque #4.	98



LISTA DE GRAFICAS.

Grafica 1. Curva granulométrica – arena de cantera.	83
Grafica 2. Curva granulométrica – arena de rio.	84
Grafica 3. Resistencia a la compresión bloque #4.	92
Grafica 4. Resistencia a la compresión bloque #4.	93
Grafica 5. Resistencia a la compresión bloque #4.	93
Grafica 6. Resistencia a la compresión bloque #4.	94
Grafica 7. Resistencia a la compresión bloque #6.	95
Grafica 8. Resistencia a la compresión bloque #6.	96
Grafica 9. Resistencia a la compresión bloque #6.	96
Grafica 10. Resistencia a la compresión bloque #6.	97



LISTA DE ANEXOS

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA DE RIO.
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA DE CANTERA.
- ENSAYO DE LABORATORIO; ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA MUESTRA DE AGUA POTABLE.
- ENSAYO DE LABORATORIO; ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA.





1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de los materiales de construcción, resulta obvio decir que sin agua no se puede elaborar hormigón o morteros, más aún, ni siquiera puede elaborarse una pasta de cemento. Así, el agua cobra importancia en la fabricación del hormigón como: agua de mezclado, agua de curado y agua de lavado.

Si bien es cierto, el agua es el componente de más bajo costo para la elaboración del hormigón, es un elemento tan importante como lo es cemento, ya que la variación de su contenido en una mezcla, permite realizar la dosificación del hormigón variando su resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad y permeabilidad. Además, cuando se desconoce la calidad del agua utilizada, su procedencia y composición química, se corre un gran riesgo, porque aunque la relación agua-cemento, “*a/c*”, sea la deseada, no se sabe si en el interior del hormigón o en el mortero el agua provocará un beneficio o un inconveniente para su fraguado y/o su resistencia a la compresión cuyos ensayos se encuentran especificados en la **Norma** NTC 118 2004-12-01 (ASTM C-191) “método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante el aparato de vicat”, la **Norma** NTC 890. 1995-05-10 “determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración, la Norma NTC 220 2004-12-01 (ASTM C-109) “determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm o 50,8 mm de lado”, la Norma NTC 673 2010-02-17 “ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto”.

En general, se establece que si el agua es potable, es adecuada como agua de mezclado y una gran parte de los hormigones y morteros se elaboran con esta agua. Sin embargo, muchas aguas no aptas para beber son satisfactorias para el



mezclado y elaboración de concretos al igual que sus derivados. En todo caso, cuando existan dudas acerca de la calidad del agua, lo más conveniente es tomar muestras de la misma para someterlas a ensayos de laboratorio y comparar los resultados con las especificaciones contenidas en la Norma NTC 3459 “agua para la elaboración de concreto” o su equivalente ASTM BS 3148, en la que se establecen las cantidades máximas de impurezas (acidez, alcalinidad, dureza, cloro, pH, sedimentos, sólidos disueltos, turbidez y partículas en suspensión, etc.) que pueden ser aceptadas en el agua de mezclado.

Aunque el agua, no es sino una más de las variables que afectan las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, será el tema de mayor interés y relevancia en esta investigación por la importancia que tiene en la fabricación de estos elementos, los cuales son muy utilizados por la comunidad de Villanueva, municipio de Bolívar para la edificación y construcción de viviendas.

En el municipio de Villanueva, departamento de Bolívar, el cual posee una población de 21.000 habitantes, se usa el agua subterránea para diferentes actividades, una de ellas es la construcción y en especial para la fabricación de forma artesanal de los bloques de concreto; esto obedece básicamente a la escasez de agua potable debido al pésimo estado en el que se encuentra el sistema de acueducto de este municipio¹, las afectaciones de este sistema son: **1.** el bajo voltaje en la energía que alimenta a los equipos ocasionando que los motores no trabajen en óptimas condiciones **2.** El estado de las instalaciones físicas **3.** Las deficiencias en los procesos (captación, impulsión, almacenamiento) que se dan en el sistema.²

¹ PLAN GENERAL ESTRATÉGICO Y DE INVERSIONES. Plan Departamental del Agua. Departamento de Bolívar, marzo 2011. Ministerio de Ambiente- Aguas de Bolívar SA. E.S.P.

² Según publicaciones hechas en www.villanueva-bolivar.gov.co página web del municipio.



Lo que se pretende con esta investigación, es determinar las características físico-químicas del agua subterránea de este municipio y verificar si cumple con las normas y de no encontrarse ésta dentro de los parámetros que especifica la Norma NTC 3459, establecer mediante ensayos cómo se afecta la resistencia de los bloques de concreto No. 4 y No. 6 fabricados de forma artesanal, utilizando el agua subterránea de Villanueva.

El desarrollo investigativo manifiesta la necesidad de buscar innovación y conocimientos que tengan utilidad en lo académico y que sean un aporte a la sociedad en general. A partir de esta filosofía el grupo de investigación GEOMAT de la Universidad de Cartagena, ha creado la línea de investigación en Materiales de construcción encaminada a generar investigación que tenga que ver con la utilización de materiales para el desarrollo del hormigón, el concreto y sus derivados especiales.

Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de esta línea de investigación, debido a que se estudiará el efecto de un tipo de agua que no es común en la realización de hormigones, como lo es el agua subterránea, evaluando si es factible su utilización en la fabricación de elementos con buenas propiedades mecánicas en especial, la resistencia, aprovechando los recursos y conocimientos existentes sobre el tema y la experiencia que tiene uno de los miembros del grupo de trabajo en la fabricación de bloques artesanales en este municipio.

A nivel regional se han realizado varios estudios para evaluar el efecto del agua sobre las propiedades del concreto y de los morteros como los estudios realizados mediante Trabajos Finales de Grado de **CARLOS ANTONIO ÁLVAREZ HADECHINY** y **KARINA MANJARRES VERGARA** (2009); **LUIS MIGUEL PADILLA WONG** y **JONATHAN VÁSQUEZ CONEO** (2013), en la Universidad de Cartagena.



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

Los resultados que se obtengan servirán para mejorar la fabricación de estos elementos de mampostería dando mayor seguridad a la construcción de viviendas en Villanueva y ampliará el conocimiento sobre los efectos del agua sobre las mezclas de cemento. Por otra parte la Universidad seguirá cumpliendo con su misión de apoyar en la solución de problemas en las comunidades menos favorecidas como son las poblaciones rurales.





2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con la Constitución Política de Colombia de 1991 es responsabilidad de los municipios garantizar la adecuada prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico. Por ello se expidió la Ley 142 de 1994 para establecer el marco jurídico mediante el cual se adelantarían las acciones para cumplir con esta obligación.

Villanueva es un municipio de Colombia, situado al norte del país, en el departamento de Bolívar. Se sitúa a 35 km de la capital departamental, Cartagena de Indias. La población existe desde la segunda mitad del siglo XVIII, elevándose a la categoría de municipio en 1970. Su territorio es relativamente montañoso, con alturas hasta de 300 metros sobre el nivel del mar. El clima es predominantemente tropical y su temperatura media es de 28° C, su altura sobre el nivel del mar es de 150 metros. Cuenta con 21000 habitantes y 3000 viviendas.³

Figura 1. Ubicación geográfica de Villanueva Bolívar.



³ Tomado de <http://villanueva-bolivar.gov.co>



Sin embargo, muchas poblaciones rurales en Colombia especialmente en la Región Caribe no poseen adecuados servicios de agua potable y saneamiento, padeciendo grandes dificultades. El acueducto que surte de agua a Villanueva es un acueducto del orden regional puesto que de este se abastecen las comunidades de Santa Rosa, San Estanislao de Koska y Sopla-viento. Hoy día el acueducto se encuentra administrado por la empresa Giscol S.A. a quien se le adjudicó por el sistema de concesión. El sistema se basa en el siguiente esquema, la captación es por barcaza flotante que bombea el agua desde el Canal del Dique pasando por la planta de tratamiento, estación de rebombeo en Patón para poder llenar los tanques de almacenamiento en el sector de La Cabra, de donde se suministra a la población por gravedad. De acuerdo con el estudio **“PLAN GENERAL ESTRATÉGICO Y DE INVERSIONES. Plan Departamental del Agua. Departamento de Bolívar, marzo 2011. Ministerio de Ambiente- Aguas de Bolívar SA. E.S.P.”** la cobertura de acueducto es del 70%, la de alcantarillado 0% y de aseo 30% (exceptuando Cartagena). Particularmente para el municipio de Villanueva (campo de estudio de esta investigación) el servicio de acueducto se presta teóricamente durante 8 horas y aparentemente el agua es apta para el consumo, aunque no se cuenta con una planta de tratamiento adecuada, además no se presta el servicio de forma continua especialmente para las zonas periféricas del municipio, padeciendo estas comunidades por muchos años el desabastecimiento de agua potable. Este problema trasciende hasta los tiempos de hoy, pues la carencia del preciado líquido obliga a estas comunidades a construir grandes tanques y albercas para el almacenamiento del agua con el fin suplir y satisfacer las necesidades básicas de la vida cotidiana.

La vivienda es otra de las necesidades básicas del hombre, superada en importancia solo por el alimento y el vestido. En las condiciones actuales, esta requiere de ciertas normas de construcción en ingeniería; de ahí la importancia de los elementos con que estas se construyen. En la mampostería de concreto (MC)



propiamente dicha, el bloque de concreto es el segundo producto, en volumen, más utilizado en Colombia para la elaboración de paredes o particiones, después de la mampostería de arcilla (MA) (en bloque o ladrillo rojo)⁴. Al no existir disponibilidad de arcilla en todos los lugares, o de la calidad necesaria para la fabricación de unidades de mampostería de este tipo, la MC es casi el único material disponible para la construcción de paredes en áreas como la Región Caribe.

Bajo un enfoque conceptual, en la unidad de mampostería MC, el bloque de perforación vertical es un elemento prefabricado de concreto con forma de prisma recto, algunos sellados y otros con una o más perforaciones verticales que superan el 25% de su área bruta. Los bloques están constituidos por cemento, agregados minerales, agua y eventualmente se les incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

Las características que deben tener las unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería están determinadas por la NTC 4 026, cuando con ellas se va a elaborar mampostería estructural; y por la NTC 4 076 cuando la mampostería va a ser no estructural.

La densidad de las unidades de concreto para mampostería depende fundamentalmente del peso de los agregados y del proceso de fabricación (compactación dada la mezcla); y en menor grado de la dosificación de la mezcla. Se debe buscar que la densidad sea siempre la máxima que se pueda alcanzar con los materiales, dosificaciones y equipos disponibles, pues de ella dependen directamente todas las demás características de las unidades como la resistencia a la compresión, la absorción, la permeabilidad, la durabilidad y su

⁴ <http://es.scribd.com/doc/13138912/Mamposteria-Materiales-y-Sistemas>



comportamiento al manipuleo durante la elaboración, transporte y manejo en obra; su capacidad de aislamiento térmico y acústico y las características de su superficie como la textura, el color, entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior, la falta de agua potable para la fabricación de los bloques de concreto los cuales son de gran importancia para la satisfacción de la necesidad de vivienda de la población ha conllevado a explorar otras alternativas como la extracción de aguas subterráneas mediante la construcción de pozos para la elaboración de la mezcla de concreto y aunque es posible que se determine por medio de ensayos que el agua del subsuelo del municipio de Villanueva no es apropiada para la elaboración de concreto los estudios que se le realicen son los que demostrarán si posee características físico-químicas que afecten para bien o para mal a las mezclas de concreto y algunas propiedades mecánicas de los bloques de concreto en especial su resistencia. El interés de la investigación es realizar una comparación de la resistencia partiendo de bloques elaborados con agua potable y agua subterránea del mismo sitio.

De lo anterior se plantea la siguiente hipótesis: ¿un agua con diferentes propiedades físico-químicas a las del agua potable como lo es el agua subterránea del subsuelo de Villanueva Bolívar representa alteraciones positivas o negativas a las propiedades mecánicas de los bloques de concreto que se fabrique con ella? ¿El agua subterránea de Villanueva Bolívar cumple con las características que exige la Norma Técnica Colombiana (NTC 3459 CONCRETOS. Agua para la elaboración de concreto)? ¿Qué resistencia presentan los bloques de hormigón fabricados con esta agua? ¿Podría una dosificación de una mezcla de hormigón con esta agua arrojar resistencias aceptables en los bloques de concreto?

Para responder estos interrogantes se presenta esta propuesta de investigación, en la cual se verifica la resistencia de las muestras de bloques de hormigón



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

huecos No 4 y No 6 fabricados con el aguas del acuífero de Villanueva Bolívar ensayados de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 4076.

Por investigaciones realizadas se sabe que el volumen de agua subterránea es mucho más abundante o existe en mayor cantidad que la masa de agua retenida en lagos o circulante en ríos y arroyos⁵, por lo tanto sería bueno comprobar las afectaciones que pueda provocar el agua subterránea del subsuelo del municipio de Villanueva a las propiedades mecánicas de los bloques de mampostería como lo es su resistencia, siendo éste uno de los principales elementos usados en la edificación de las viviendas de este municipio.

El uso de los prefabricados de concreto en la construcción representa economía al aumentar la productividad y reducir los tiempos de ejecución de una obra. Otros factores ventajosos son: facilitan el refuerzo de los muros, poseen una gran durabilidad, brindan al usuario confort térmico y acústico.

⁵ Tomado de <http://www.cosmonoticias.org/cuanta-agua-hay-en-la-tierra/>



3. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

El agua elemento de importancia en la Ingeniería Civil es tema de estudio en diferentes partes a nivel mundial y nacional, especialmente por el efecto que tiene la calidad de la misma en la relación agua/cemento (A/C) en la fabricación y propiedades de mezclas de concreto. A nivel local no es la excepción, a continuación se citan investigaciones en las cuales se trata de analizar cómo influye la calidad del agua de mezclado en las características y propiedades del concreto.

B. Chatveera, P. Lertwattanakul, N. Makul (2006) en el estudio **“Efecto de las aguas de lodos de las plantas de hormigón premezclado sobre las propiedades y la durabilidad del hormigón”**, describen el comportamiento de las propiedades del concreto cuando se utiliza agua de lodo como agua de mezcla en concretos, usando como parámetro el agua potable. Se estudió la durabilidad del concreto, y el ataque de los ácidos, las propiedades mecánicas del hormigón, como la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad, se estudiaron también las características del lodo y se encontró que tenían una alta alcalinidad y el contenido de sólidos fue superior al establecido en la norma ASTM C94, contribuyendo a mezclas más porosas y débiles. Como resultado del aumento de los porcentajes de las aguas de lodos en el agua de mezcla, el fraguado disminuyó, y se perdió peso debido al aumento del ataque con ácidos y la resistencia y consistencia disminuyeron. Sin embargo, el peso específico y la temperatura del concreto fresco no se vieron afectados por la utilización de las aguas de lodos.



Carlos Andrés Sanjuán y Ana Elida Puerta Vergara (2011) realizaron el estudio **Análisis de la influencia de la disminución de las partículas en suspensión del agua del río Magdalena sobre la resistencia de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Mompox**. El estudio buscó determinar los efectos que produce el agua del río Magdalena extraída en el municipio de Mompox sobre la resistencia de las mezclas de concreto realizadas con esta agua. Por medio de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia en los cilindros de concreto a los 7, 14 y 28 días se determinó que los valores de resistencia están por debajo de los límites permitidos los cuales están estipulados en la norma NTC 550 y NTC 673 llegando a la conclusión de que el uso del agua del Río no es apta para la elaboración de mezclas de concreto, ya que permite que se presenten fallas estructurales a tempranas edades o casi que inmediatas ya que los resultados están por debajo en casi un 30% en todos los ensayos ocasionando el rápido deterioro de las construcciones en el municipio.

Caballero Matute, José Feliz y Urda Martínez, Jennifer (2010) en su Trabajo de Grado **“Análisis de la influencia del agua del río Magdalena como agua de mezclado en las propiedades del concreto de 3000 y 4000 psi.”**, determinaron la influencia que provoca el agua del Río Magdalena cuando se usa como agua de mezclado en distintas proporciones. En el estudio se determinaron los valores de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de acuerdo a la norma NTC 550 y NTC 673 y los cuales dieron como resultado que para las muestras trabajadas el rango de diferencia en resistencia iba desde un 15% hasta un 40% lo cual nos dice que no era conveniente el uso de estos tipos de agua para la fabricación de elementos estructurales debido a que los resultados estaban por debajo de los límites tolerables y permitidos por dichas normas.

Carlos Antonio Álvarez Hadechiny y Karina Manjarrés Vergara (2009) en su trabajo de grado: **Influencia de las características del agua de mezclado en la**



resistencia del concreto de 3000 y 4000 psi, analizaron los parámetros más representativos de acuerdo al tipo de agua. En este estudio se utilizaron 4 tipos de aguas, una de ellas es el agua de mar para la cual los parámetros a analizar fueron el cloruro de sodio y el cloruro de calcio, otro tipo de agua fue el agua gorda para la cual los parámetros a analizar fueron el PH y la alcalinidad, otro tipo de agua fue el agua servida para la cual los parámetros a analizar fueron las partículas en suspensión y la materia orgánica, otro tipo de agua fue el agua azucarada para la cual el parámetro a analizar fue el azúcar, estos parámetros son los más representativos de estos tipos de agua las cuales a su vez son las más comunes en nuestro medio.

Entre los resultados se tienen: el agua gorda tuvo mejor comportamiento con el agregado calizo, con valores de resistencia cercanos a los de concretos de 3000 y 4000psi para pH y alcalinidad en rangos dentro de establecido en la NTC 3459, mientras que el agregado de cantos rodados (china) presentó buenos resultados iniciales pero bajó su resistencia a los 28 días tanto para 3000 y 4000 psi. Por lo anterior, se recomienda el uso de agregado calizo con este tipo de aguas y un aditivo que ayude a aumentar la resistencia final, que el agua de azúcar no se debe utilizar para hacer mezcla de concreto si la concentración es mayor que 500ppm, debido a que esto afecta en gran porcentaje la resistencia a las diferentes edades, de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de cilindros, afectando mucho la manejabilidad y provocando segregación en los materiales (la resistencia a los 3 días fue la más alta en comparación a las demás edades), para el agua servida se tuvo mejor comportamiento con agregado calizo que con china, la norma ASTM D-1888 establece concentraciones por debajo de 20ppm de materia orgánica, pero el agua utilizada presentó concentraciones de 218.50ppm, lo cual es un indicio del porque con china se vio afectada la resistencia al igual que con triturado para el diseño de 4000psi; esta agua retarda el fraguado inicial del concreto, para el agua de mar los resultados obtenidos presentaron resistencia



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

iniciales por encima del agua potable, pero con una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días, el agregado calizo tuvo mejor comportamiento con el agua de mar al presentar resistencia muy buenas comparadas con la china.





4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El agua es uno de los elementos constitutivos de la mezcla de concreto es quien da inicio y participa en muchos de los procesos que esta sufre hasta endurecer. Tanto el uso como muchas de las características y propiedades mecánicas de la mezcla son bondades otorgadas por el agua dependen en gran medida de su calidad. La NTC 3459 “Agua para la elaboración de concreto” aconseja el uso de agua potable y recomienda el uso de otras fuentes cuando cumplen ciertas condiciones límites y se conocen registros históricos del uso de la misma para tal fin. En Villanueva Bolívar, debido al mal funcionamiento del acueducto se ha venido utilizando desde muchos años atrás el agua subterránea. Con esta investigación “influencia de las características del agua subterránea en la resistencia de las unidades de mampostería con perforaciones verticales en concreto de fabricación artesanal. Caso de estudio: Villanueva, Bolívar” como su nombre lo indica, en el caso de obtenerse óptimos resultados se generara más confianza en el uso de esta fuente abundante de agua. Además de todo lo que implicaría traer el agua potable por medios diferentes al del acueducto.

Con este proyecto se pretende verificar que el agua subterránea de Villanueva es una alternativa viable para la elaboración de bloques de concreto con el fin de ahorrar el agua tratada o potable ya que en este sitio es muy escaza además de un mejor aprovechamiento de esta. Por otra parte, se podría garantizar la calidad de los bloques artesanales y por consiguiente la seguridad de las viviendas para gran parte de la población.



5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto que producen las características del agua subterránea del acuífero de Villanueva en el Departamento Bolívar, en la resistencia de las unidades de mampostería prefabricada perforada (bloques huecos) de concreto número cuatro (#4) y número seis (#6) de fabricación artesanal, con el fin de verificar si se puede sustituir el agua potable por este tipo de agua teniendo en cuenta que cumpla con todas las normas correspondientes.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua potable que abastece a Villanueva Bolívar y el agua del acuífero de la población antes mencionada para elaborar las mezclas de concreto.
- Caracterizar las propiedades de los diferentes agregados que se utilizan en el diseño de las mezclas para la fabricación de las unidades de mampostería prefabricada perforada (bloques huecos) de concreto #4 y #6 de fabricación artesanal (norma: NTC 2-240. Ingeniería civil y arquitectura, agregados usados en mortero de mampostería).
- Evaluar la resistencia de la mampostería prefabricada perforada (bloques huecos) de concreto #4 y #6 de fabricación artesanal elaborados con agua potable y agua subterránea tal como lo estipula la Norma Técnica Colombiana NTC 4076 esto en diferentes dosificaciones y en cada una de edades de resistencia (7, 14 y 28 días).
- Establecer si es conveniente el uso de agua subterránea (agua de pozo) del subsuelo del municipio de Villanueva Bolívar como agua de mezclado.



6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La dosificación de las mezclas de concreto con que serán fabricados los bloques con agua potable y agua subterránea y los ensayos físico-mecánicos a los que se someterán los mismos, serán realizados de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 4076.

Con cada una de las dosificaciones, con cada tipo de cemento y tipo de agua (potable y subterránea) se fabricarán 96 unidades de bloques #4 y 96 unidades de bloques #6 los que serán ensayados en cada una de las edades de resistencia 7, 14, y 28. Según

- **Agua de mezclado:** se utilizará agua potable y agua subterránea, ambas tomadas de la población de Villanueva Bolívar, como variable en los diseños de mezcla. Para ello se enviarán muestras del agua al laboratorio de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena con el fin de obtener las concentraciones de los elementos presentes en el agua.
- **Agregados:** se utilizarán dos tipos de agregados finos provenientes de las canteras localizadas en San Estanislao de Kostca (Arenal) analizándose su granulometría, módulo de finura, tamaño máximo, densidad específica, contenido de agua, peso unitario y porcentaje de vacíos.
- **Cemento:** para el estudio se utilizará cemento Portland tipo I, por ser el más común en nuestro medio. Se tomaran las dos marcas más representativas en el mercado como lo son “CEMENTOS ARGOS” y “CEMENTOS HOLCIM”.

De acuerdo con las Normas Técnicas Colombianas que establecen los requisitos y los parámetros de estudio de las mezclas de concreto (NTC 3-329. Ingeniería civil y arquitectura, especificaciones del mortero para unidades de mampostería), se elaborarán los ensayos respectivos que prueben los diseños de mezclas para cada tipo de agua.



7. MARCO TEÓRICO

7.1. MAMPOSTERÍA

Es el sistema tradicional de construcción que consiste en la elaboración de estructuras mediante la unión y disposición ordenada de unidades solidas como bloques o piedras, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir. Estas estructuras que conforman sistemas monolíticos (muro, bóveda, etc.), pueden resistir acciones producidas por las cargas de gravedad o las acciones de sismo o viento.

Según el nuevo Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente NSR-10, con vigencia en todo el territorio de la Republica La mampostería estructural en Colombia puede ser de cualquiera de los siguientes 6 tipos: *Mampostería de cavidad reforzada, mampostería reforzada, mampostería parcialmente reforzada, mampostería no reforzada, mampostería de muros confinados y mampostería de muros de diafragma.*

7.2. UNIDAD DE MAMPOSTERÍA (MAMPUESTO)

Elemento que, en conjunto, se utiliza para elaborar una mampostería. Puede ser de diversos materiales: piedra, barro, arcilla cocida, concreto, vidrio, etc. Por lo general tiene forma de prisma rectangular. De acuerdo a la perforación se reconocen tres tipos de piezas:

De perforación vertical estas se fabrican en arcilla y en concreto, de perforación horizontal normalmente se fabrican en arcilla cocida y las macizas pueden realizarse con cualquiera de los materiales mencionados.



Dependiendo del tipo de perforación y del tipo de mampostería de la que va a hacer parte la unidad como tal debe cumplir ciertas normas de producción y calidad las que se encuentran en: la NTC 4026 (ASTM C90), NTC 4026 (ASTM C55), NTC 4076 (ASTM C129), NTC 4205 (ASTM C35) y NTC 4205 (ASTM C34).

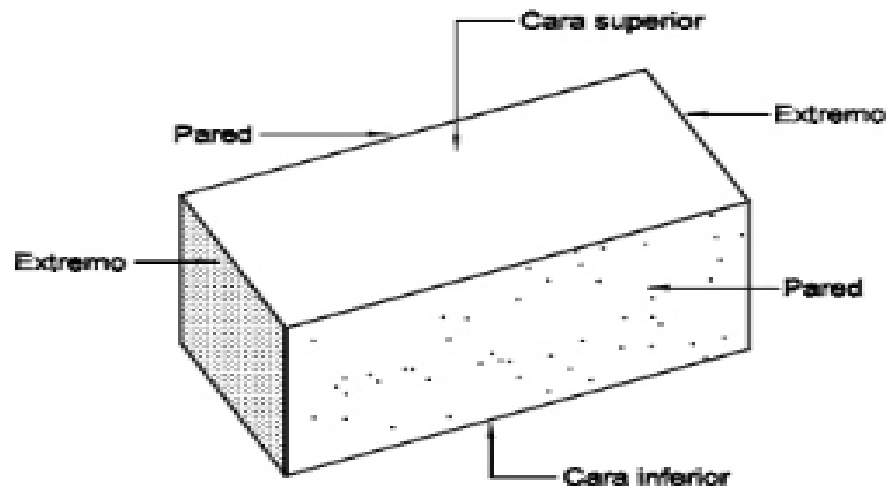


Figura 2. Partes de una unidad de mampostería de concreto.

Fuente: manual de construcción de mampostería de concreto instituto colombiano de productores de cemento, AUTORES: ANGÉLICA MARÍA HERRERA y V. GERMAN GUILLERMO MADRID

Cara: Cada uno de los planos que definen el volumen bruto de una unidad.

Cara superior: Cara que con respecto a una unidad en posición normal, conforma la junta horizontal inmediatamente arriba de ella. En un bloque es la cara que corresponde al extremo de los tabiques, con espesor mayor. Es la que recibe el mortero de la junta para poder asentar la hilada inmediatamente superior. (Véase la Figura 1).

Cara inferior: Cara que con respecto a una unidad en posición normal, conforma la junta horizontal inmediatamente debajo de ella. En un bloque es la cara que corresponde al extremo de los tabiques, con espesor menor. Está definida por la longitud y el espesor de la unidad. (Véase la Figura 1)



7.3. PROPIEDADES:

Las unidades de mampostería deben tener las siguientes propiedades:

Resistencia a la compresión (R_c): Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen, dividida por el área de la sección transversal que la soporta, pudiendo ser esta el área bruta o el área neta. En general es la capacidad de una unidad o espécimen de resistir cargas de compresión individualmente, y es diferente de la resistencia del murete. Está directamente asociada a las demás propiedades de las unidades. se mide usualmente respecto al área neta. Es parámetro dominante en la clasificación de las unidades de acuerdo al material y a la perforación.

Las unidades de concreto deben cumplir los requisitos de resistencia a la compresión y absorción establecidos en la tabla

Tabla 1. Requisitos de resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión a los 28 d (R_{c28}) ^A , evaluada sobre el área neta promedio	
Mínimo, MPa	
Promedio de 3 unidades	Individual
6.0	5.0

Fuente: manual de construcción de mampostería de concreto instituto colombiano de productores de cemento, AUTORES: ANGÉLICA MARÍA HERRERA y V. GERMAN GUILLERMO MADRID

Absorción (A_a %): Es la cantidad de agua que penetra en los poros de la unidad o espécimen, expresada en unidades de masa/volumen (A_a) o como un % de la masa (peso) seca de la unidad o espécimen (A_a %). Indirectamente mide el desempeño de las piezas en ambientes húmedos (sobre cimientos, fachadas, tanques, contenciones, etc.).



Densidad: establece el peso unitario de las piezas y del material de fabricación, con propósitos del estimativo de cargas muertas debido al peso propio de los muros. La densidad de la arcilla fluctúa alrededor de 1900kg/m^3 y la del concreto entre 1.600kg/m^3 y 2.400kg/m^3 . Relación entre el volumen bruto y la masa de una unidad o espécimen.

Carga máxima de falla (c_{max}): Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen individualmente.

Contenido de humedad (h): Cantidad de agua presente en una unidad o espécimen en el momento de evaluarlo, expresado, por lo general, como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.

Succión inicial: Establece la cantidad de agua que la pieza absorbe en contacto con la humedad. En piezas de cerámica y de concreto, esta medida indica la condición de adherencia con el mortero de pega. En piezas de arcillas cocida con succión inicial superior a 25 gr/min . Por 30 pulgadas cuadradas, se requiere humedecimiento de la superficie de contacto con el mortero de pega.

Encogimiento: Mide la contracción de la pieza al secarse, especialmente en las unidades de concreto. Es importante porque de este parámetro se desprenden condiciones de comportamiento global del muro ensamblado con tales piezas, de suerte que a mayor encogimiento, mayor probabilidad de figuración de muro por contracción de las piezas.

Morfología: Establece los tamaños externos nominales, la forma, tipos y distribución de las perforaciones.

Saturación: es una medida establecida para las piezas de cerámica que indica la facilidad con que el agua se infiltra en los poros del material. Se mide como la relación entre la absorción de la pieza sumergida 24 horas en agua fría respecto a la absorción sumergiendo la pieza 4 horas en agua hirviendo.



Contracción: Reducción en el volumen de una masa (unidad de mampostería, mortero o concreto), debida a una reacción química o a su secado.

Contracción lineal por secado (cls): Cambio (reducción) en la longitud de la unidad o espécimen debido a la pérdida de agua(secado) de su volumen de concreto, desde el estado de saturación hasta una masa y una longitud de equilibrio, determinada bajo condiciones específicas de secado acelerado.

Durabilidad: Propiedad de un material para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión y otras condiciones de servicio.

Eflorescencia: Depósito de sales solubles, generalmente blancas y comúnmente sulfato de calcio, que se forma en la superficie de la mampostería al evaporarse la humedad.

Succión: Absorción inicial de una superficie de una unidad de mampostería en contacto con un mortero.

7.4. BLOQUE PERFORADO DE CONCRETO

7.4.1. Unidad De Mampostería

El bloque o unidad de mampostería de perforación vertical, es un elemento prefabricado de concreto hidráulico, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25% de su área bruta, se emplea para elaborar una mampostería de concreto (por lo general muros) y es responsable, en muy buena medida, de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías.

El bloque de concreto es utilizado ampliamente en la construcción, desde viviendas de interés social hasta edificaciones comerciales e industriales.



Los bloques de hormigón se ensayan bajo la norma colombiana NTC 4024 y NTC 4026 o su equivalente internacional ASTM C140/99 y ASTM C90/96

Los ensayos deben elaborarse a 7, 14 y 28 días

7.4.2. Partes De Un Bloque De Concreto

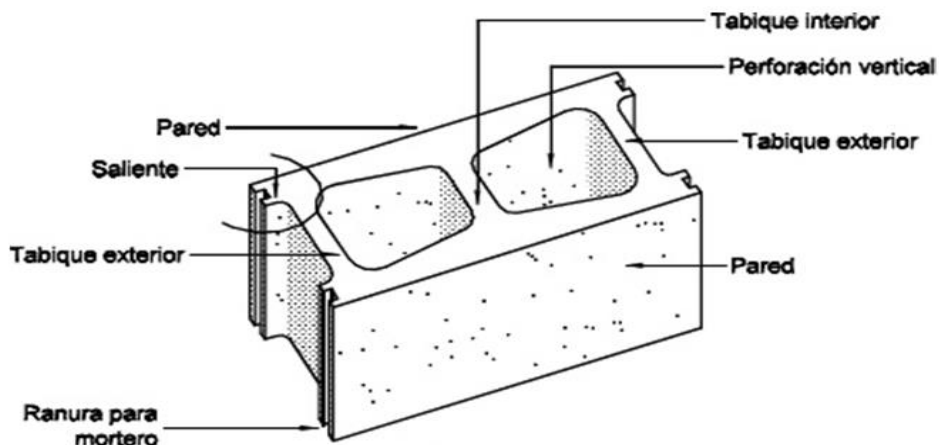


Figura 3. Partes de un bloque de concreto de perforación vertical.

Fuente: manual de construcción de mampostería de concreto instituto colombiano de productores de cemento, AUTORES: ANGÉLICA MARÍA HERRERA y V. GERMAN GUILLERMO MADRID

PARED: Cada una de las dos caras de una unidad, que hacen parte de las caras del muro que conforman, cuando está colocada en posición normal. Está definida por la longitud y la altura de la unidad.

TABIQUE: Cada uno de los elementos perpendiculares a las paredes de un bloque, que sirven para estructurarlo, conformar su volumen y definir las perforaciones.

Tabique interior: Cada uno de los que se encuentran entre los tabiques exteriores de un bloque.



Tabique exterior: Cada uno de los que conforman un extremo cerrado de un bloque. Este puede de diferentes formas Tabique exterior plano, Tabique exterior cóncavo. Tabique exterior convexo.

SALIENTE: Proyección, más allá del tabique exterior, de la pared correspondiente de un bloque. Por lo general tiene el mismo espesor que la pared. Este puede ser de dos tipos:

Saliente completa: saliente que está presente en toda la altura del bloque.

Saliente incompleta: saliente que está presente sólo en parte de la altura del bloque.

RANURA PARA MORTERO: Ranura vertical, generada durante la producción del bloque, en toda la altura y en el centro del espesor de una saliente, con el fin de mejorar la adherencia mecánica del mortero de pega y el bloque.

PERFORACIÓN VERTICAL: Vacío o hueco generado en una unidad, en el sentido de su altura, cuando ésta se encuentra en posición normal. Los bloque portantes deben tener dos perforaciones verticales para poder conformar celdas continuas a lo alto del muro; los no portantes pueden tener dos o más y no tienen que conformar celdas. Para facilitar su elaboración, las perforaciones verticales son, por lo general, tronco-piramidales, es decir, las paredes y tabiques tienen mayor espesor en una de sus caras, y al colocarlos en su posición normal, la cara con los elementos de mayor espesor debe ser la cara superior.



7.4.2.1. Dimensiones Generales

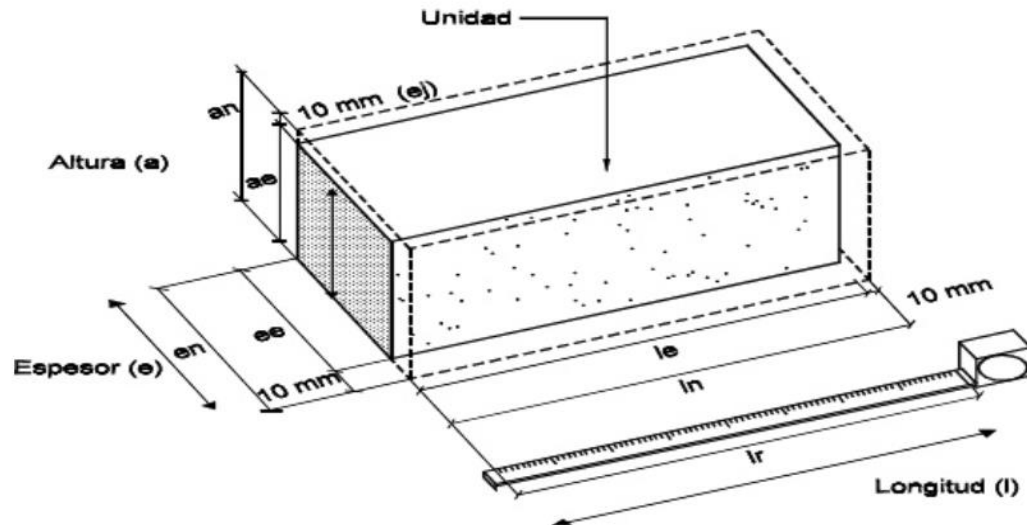


Figura 4. Dimensiones de una unidad de mampostería de concreto.

Fuente: manual de construcción de mampostería de concreto instituto colombiano de productores de cemento, AUTORES: ANGÉLICA MARÍA HERRERA y V. GERMAN GUILLERMO MADRID

Dimensiones estándar: son las unidades, como las especifica el productor en su catálogo, y contralras cuales se verifican las dimensiones reales (por ejemplo, 390 mm x 190 mm x 140 mm) (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Dimensiones nominales: Son la suma de las dimensiones estándar más el espesor de una junta de pega, y que se acomodan a la modulación del sistema de unidades (por ejemplo 400 mm x 200 mm x 150 mm) (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Dimensiones reales: Son las dimensiones medidas sobre el espécimen y con las cuales se verifican las dimensiones estándar (por ejemplo 392 mm x 191 mm x 139 mm) (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Altura (a): Dimensión vertical, generalmente la menor, de las paredes de una unidad, cuando está colocada en posición normal.



Altura estándar (ae): Altura de una unidad como la especifica el productor en su catálogo, y contra la cual se verifica la altura real (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Altura nominal (an). Suma de la altura estándar más el espesor de una junta de pega, (ej) que se acomoda a la modulación del sistema de unidades (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Altura real (ar). Altura medida sobre el espécimen y con la cual se verifica la altura estándar.

Altura real del trozo (art). Altura medida sobre un trozo de unidad utilizado como espécimen.

Longitud (l): Dimensión horizontal, generalmente la mayor, de las paredes de una unidad, cuando está colocada en posición normal.

Longitud estándar (le). Longitud de una unidad como la especifica el productor en su catálogo, y contra la cual se verifica la longitud real (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Longitud nominal (ln). Suma de la longitud estándar más el espesor de una junta de pega, (ej) que se acomoda a la modulación del sistema de unidades (Véanse las Figura 3 y Figura 4).

Longitud real (lr). Longitud medida sobre el espécimen y con la cual se verifica la longitud estándar (véanse las Figuras 3 y 4).

Longitud real del trozo (lrt). Longitud medida sobre un trozo de unidad utilizado como espécimen.

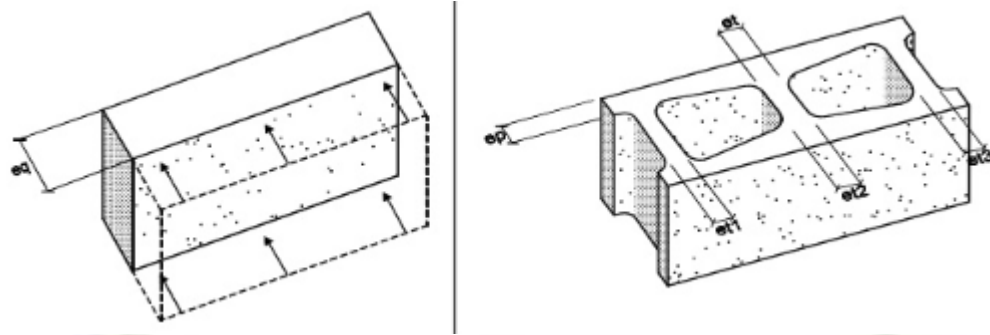


Figura 5. Dimensiones de una unidad de mampostería de concreto.

Fuente: manual de construcción de mampostería de concreto instituto colombiano de productores de cemento, AUTORES: ANGÉLICA MARÍA HERRERA y V. GERMAN GUILLERMO MADRID

Espesor (e): Dimensión perpendicular a las paredes de una unidad cuando está colocada en posición normal, y que corresponde al espesor del muro.

Espesor estándar (ee). Espesor de una unidad como lo especifica el productor en su catálogo, y contra el cual se verifica el espesor real (véase la Figura 3).

Espesor nominal (en). Suma del espesor estándar más 10 mm, que se acomoda a la modulación del sistema de unidades. Con frecuencia, en las unidades de 120 mm y 150 mm de espesor nominal, el espesor estándar se hace igual al espesor nominal (véase la Figura 3).

Espesor real (er). Espesor medido sobre el espécimen y con el cual se verifica el espesor estándar.

Espesor real del trozo (ert). Espesor medido sobre un trozo de unidad utilizado como espécimen.

Espesor equivalente (eq). Espesor promedio del material (sólido) presente en una unidad (véase la Figura 4).

Espesor de pared (ep). Espesor de las paredes de un bloque. Se expresa como su valor mínimo (espesor de pared, mínimo) y promedio (espesor de pared, promedio) (véase la Figura 4).



Espesor de tabique (et). Espesor de los tabiques de un bloque. Se expresa como su valor mínimo (espesor de tabique, mínimo) y promedio (espesor de tabique, promedio) (véase la Figura 4).

Espesor de tabique equivalente (ete). Cociente entre la suma de cada uno de los espesores de los tabiques de un bloque y la longitud nominal del mismo (véase la Figura 4).

7.4.2.2. Áreas

Área bruta de una unidad (Ab): Área de la sección transversal bruta de una unidad.

Área bruta de un trozo de unidad (Abt): Área de la sección transversal bruta de un trozo de unidad utilizado como espécimen.

Área neta de una unidad (An): Área de la sección transversal neta de una unidad.

Área neta promedio de una unidad (Anp): Área neta de una unidad calculada teniendo en cuenta la variación de las dimensiones de las perforaciones con la altura de la unidad.

7.4.2.3. Volúmenes

Volumen bruto (Vb). Volumen resultante de multiplicar las dimensiones reales de una unidad.

Volumen neto (Vn). Volumen ocupado sólo por la parte maciza de una unidad. En unidades no recortadas se puede calcular como el producto del área neta y la altura. En unidades recortadas se debe calcular por desplazamiento de agua.



7.4.3. Clasificación De Las Unidades Según Su Peso

Unidad de peso liviano: Unidad elaborada con concreto de densidad (D) menor que 1.680 kg/m³, cuando el concreto se ha secado al horno.

Unidad de peso medio: Unidad elaborada con concreto de densidad (D) desde 1.680 kg/m³ hasta menos de 2.000 kg/m³, cuando se ha secado al horno.

Unidad de peso normal: Unidad elaborada con concreto de densidad (D) de 2.000 kg/m³ o más, cuando se ha secado al horno.

7.4.4. Clasificación De Las Unidades Según Su Función Y Resistencia

- **Unidad portante:** Unidad que se puede utilizar para elaborar mampostería portante (estructural) o mampostería no portante (no estructural), y que cumple con la NTC 4026 (ASTM C 90).
 1. *Unidad portante, clase alta.* Unidad portante cuya resistencia se ajusta al nivel alto, especificado en la NTC 4026 (ASTM C 90).
 2. *Unidad portante, clase baja.* Unidad portante cuya resistencia se ajusta al nivel bajo, especificado en la NTC 4026. (ASTM C 90). Por lo general, sólo se utiliza para construcciones de hasta dos pisos.

- **Unidad no portante**

Unidad que se puede utilizar sólo para elaborar mampostería no portante (no estructural), y que cumple con la NTC 4076 (ASTM C 129).



7.5. CONCRETO

El hormigón o concreto se obtiene mezclando cemento hidráulico, agua, algunos materiales áridos (grava, gravilla y arena), eventualmente se añaden aditivos y adiciones de aire.

De esta última adición se pueden diferenciar dos tipos de concreto: con aire incluido y sin aire incluido.

El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose complejas reacciones químicas que lo convierten en un producto maleable con buenas propiedades adherentes, que en el transcurso de unas horas, derivan en el fraguado y endurecimiento progresivo de la mezcla, obteniéndose un material de consistencia pétreo (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

En la composición del concreto. Se pueden diferenciar dos tipos de concreto: con aire incluido y sin aire incluido. Los elementos principales que lo constituyen son: cemento, Agua, Agregado fino, Agregado grueso y Aire (Si es incluido).

7.5.1. Propiedades Del Concreto Fresco

A continuación se hará referencia a las propiedades del concreto más importantes en estado fresco, que a su vez determinarán las propiedades del mismo en estado endurecido.

7.5.2. Consistencia

La consistencia se llamaba también fluidez de la pasta y está influenciada directamente por el agua del mezclado la cual produce la lubricación de los agregados necesaria para darle manejabilidad al concreto, La consistencia en el



concreto está relacionada con el concepto de la plasticidad. La cual consistencia ideal del concreto es cuando este alcanza su estado plasticidad, durante la cual el concreto llega a un estado en el que se puede manejar, moldear, sin producir cambios de volumen apreciable y sin agrietarse.

Otros autores definen la consistencia como la humedad de la mezcla de concreto.

7.5.3. Manejabilidad (Trabajabilidad)

Es la propiedad del concreto fresco que determina su facilidad para ser transportado, colocado, moldeado y vibrado adecuadamente.

Físicamente se define como el trabajo necesario para vencer la fricción entre las partículas individuales del concreto y también la del concreto en formaleta y en acero de refuerzo.

Como factores que afectan la manejabilidad podemos mencionar:

- Contenido de agua de mezclado.
- Tipo de cemento y sus propiedades.
- Fluidez de la pasta.
- Granulometría de los agregados.
- Forma y textura de las partículas.
- Relación arena-grava.
- Contenido de aire.
- Aditivos.
- Clima.
- Condiciones de producción y colocación.

Una mezcla según su manejabilidad se puede decir que es muy seca, seca, semi



seca, media, húmeda y muy húmeda, y esto se sabe por medio del asentamiento que la mezcla tenga (Slump).

7.5.4. Exudación

También se le conoce con el nombre de sangrado y este fenómeno consiste en que parte del agua de mezclado tiende a seguir los capilares o los poros de la estructura de concreto, para salir a la superficie de los elementos recién fabricados o durante el proceso de fraguado.

Tanto la cantidad de agua, como la velocidad de salida, están relacionadas con la evaporación del medio.

La exudación se comporta de dos formas:

Si la velocidad de evaporación es menor que la exudación, se forma una película de agua en la superficie de los elementos, lo cual crea exceso de porosidad y baja resistencia al desgaste.

Si la velocidad de evaporación es mayor que la exudación, se produce agrietamiento en la superficie de los elementos por contracción plástica, se conoce con el nombre de retracción plástica del concreto.

La manera de prevenir o combatir la exudación es con los aditivos impulsores de aire, cemento de alta finura y buen curado.

7.5.5. Propiedades Del Concreto Endurecido

Para el caso del concreto endurecido son solo, a consideración, dos de los aspectos o propiedades importantes. Las que tienen que ver con el proceso de curado de la mezcla y las que tienen que ver con la resistencia obtenida después de fraguado.



7.5.6. Resistencia

La resistencia física es la propiedad más importante del concreto, porque en forma directa influye en las demás características de significado práctico. En general, los concretos más resistentes son más densos, menos permeables, y más resistentes al intemperismo y ciertos agentes destructivos. De otro lado, los concretos resistentes usualmente exhiben mayor contracción por fraguado y menor extensibilidad, por lo tanto son más propensos al agrietamiento. El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los de tracción, razón por la cual la resistencia a la compresión simple es la propiedad más importante y a partir de ella se estudian las demás.

La resistencia mecánica, como principal propiedad del concreto hidráulico, se dividen en tres tipos de resistencia:

7.5.6.1. Resistencia a la compresión (F'_c)

Es la principal característica estructural del hormigón, con esta se mide o cuantifica la calidad del cemento y varía según las especificaciones de la obra, se equilibra en conjunto con la economía para el control de calidad del concreto, es decir, armonía seguridad – economía. Se mide a través de Cilindros Normalizados Diámetro = 6” Altura = 12”

Se llena el molde en tres capas y se compacta con una varilla lisa y de punta redondeada. Se espera 24 horas para desencofrarlas y posteriormente someterlas a curado, reverenciando las a cada una con fecha, hora y elemento.

Según la resistencia a la compresión, el concreto se clasifica en:

Normal	14 – 42 MPa
Resistente	42 – 100 MPa
Ultra resistente	> 100 MP



7.5.6.2. Resistencia A La Flexión

Se realiza a través de viguetas normalizadas. El ensayo es igual al de la Compresión por medio de los cilindros. Las propiedades del concreto endurecido parten del concreto fresco y de la fabricación, colocación y curado.

7.5.6.3. Resistencia A La Tensión Cortante

Así como la resistencia a la flexión y tracción, el valor de la resistencia del concreto a los esfuerzos cortantes es demasiado pequeño, siendo el valor de la resistencia al cortante de un veinte a un treinta por ciento de la resistencia a la flexión, y de un doce por ciento de la resistencia a la compresión.

7.5.6.4. Resistencia Al Fuego

Hace parte de la durabilidad o resistencia del concreto a los factores externos como la abrasión, sustancia químicas, etc. Ante el fuego, el triturado calizo tiene un mejor comportamiento que la china, más aun así, el concreto normalmente falla a unos 500 – 600°C.

Todos los tipos de resistencia del concreto, dependen de varios factores:

- Fraguado
- Curado
- Textura y forma de los agregados
- Granulometría de los agregados
- Edad del concreto
- Contenido y calidad del cemento
- Tamaño máximo del agregado.

Curado es cualquier método que se utilice para mantener las condiciones de fabricación del concreto, hay varios métodos los cuales son:



- Agua: es el curador más utilizado, es el curador por excelencia.
 - Aditivos: también se utilizan para curar y tienen como finalidad mantener una película húmeda por encima de la capa.
- Otros: ya sea por medios físicos o mecánicos (arena húmeda, saco de fique y aserrín), que mantengan la humedad superficial.

7.5.6.5. Resistencia A La Intemperización

En cualquier tipo de obra, el concreto está sujeto a agentes de intemperismo o meteorización tales como las dilataciones que resultan al presentarse variaciones de temperatura y cambios de humedad, la acción de hielo y deshielo, la acción de humedecimiento y secado, y la acción de la lluvia, el viento, el sol, etc. Estos agentes producen desintegración del concreto lo cual, como es obvio, disminuye su vida útil. Para que la acción del intemperismo sea mínima el concreto debe ser lo menos permeable posible y presentar bajos cambios de volumen, para ello se requiere de lo siguiente:

- Una relación agua / cemento baja y un mínimo contenido de agua.
- Unos agregados bien gradados con porcentaje mínimo de arena.
- Una mezcla de consistencia plástica que presente buena compactibilidad.
- Un concreto homogéneo.
- Un curado adecuado, y
- Un contenido óptimo de aire incorporado.



7.5.6.6. Factores Que Inciden En La Resistencia

En general, el factor más importante en la resistencia de un concreto totalmente compactado es la relación agua/cemento. Sin embargo, para una mezcla trabajable, bien dosificada y en condiciones estándar de mezclado curado y métodos de prueba, además de la influencia de la relación agua/cemento, intervienen otros elementos como la granulometría, textura superficial, forma, resistencia, rigidez y tamaño máximo del agregado; el tiempo y calidad del cemento; así como de la calidad del agua y el tipo y cantidad de los aditivos. La resistencia del concreto también depende de la temperatura, del fraguado, de la edad, y de muchos otros factores. A continuación se mostrarán los más importantes:

- **Tipo y cantidad de cemento:** El tipo y cantidad de cemento utilizado tiene gran influencia en la resistencia final conseguida por el concreto debido a que el cemento es el material químicamente "activo" en la mezcla.
- **Relación agua/cemento:** Si se representa gráficamente la resistencia a la compresión Vs. la relación agua/cemento, se aprecia que toma forma aproximadamente hiperbólica. Esto es válido para concreto elaborado con materiales de características determinadas y a una edad dada.
- **Características de los agregados:** En general se puede decir que para una misma relación agua/cemento, las partículas de agregado con textura rugosa o de forma angular forman concretos más resistentes que otros redondeados o lisos debido a que hay mayor trabazón entre los granos gruesos y el mortero; sin embargo, para igual contenido de cemento, los primeros exigen mayor



cantidad de agua para lograr una determinada manejabilidad y por ello el efecto neto sobre la resistencia no varía en torna apreciable.

- **Influencia del tamaño máximo:** En general, la diferencia en tamaño máximo de un mismo tipo de agregado bien gradado, tienen dos efectos opuestos en la resistencia a la compresión del concreto. En primer lugar, para una consistencia dada y para igual contenido de cemento, la utilización de tamaños máximos mayores requieren menos agua de mezclado que los agregados de tamaño máximo menores. Por otro lado, mezclas con la misma consistencia e igual relación agua/cemento, presentan resistencias más bajas cuando se utilizan agregados de tamaño máximo mayor.
- **Agua y aditivos:** El efecto del agua y los aditivos en la resistencia del concreto ya fue mencionada anteriormente.
- **Influencia del fraguado del concreto:** El tiempo de fraguado inicial y final se consigue cuando la resistencia a la penetración a 2,5 cm de profundidad de una de las agujas es de 35 y 280 kg/cm respectivamente (500 y 4 000 psi). Sin embargo, la temperatura ambiente a la que está expuesta la mezcla puede afectar en forma adversa el tiempo de fraguado del concreto. En climas fríos, el proceso de hidratación del cemento es más lento debido a que el medio ambiente le "roba" parte del calor de hidratación con el subsecuente retardo del tiempo de fraguado y por tanto, la adquisición de resistencia se demora.
- **Curado Del Concreto:** Luego del proceso de fraguado del concreto es necesario mantener el concreto tan saturado de agua como sea posible con el fin de terminar de hidratar al cemento y conseguir así su máxima eficiencia.



- **Influencia de la edad del concreto:** Inmediatamente se presenta el fraguado del concreto comienza el proceso de adquisición de resistencia con el transcurso del tiempo.

7.6. AGUA SUBTERRÁNEA

Capa permeable de roca capaz de almacenar, filtrar y liberar agua. La capa de roca (o estrato) contiene muchos poros que, cuando se conectan, forman una red que permite el movimiento del agua a través de la roca. Si el acuífero se dispone sobre un nivel de roca impermeable, el agua no pasará a niveles inferiores desplazándose lateralmente.

Los acuíferos se clasifican, según la estructura geológica, en **libres**, **semiconfinados** y **confinados**. Un acuífero libre consiste en una zona impermeable que sirve de base a una zona permeable saturada de agua, sobre la que existe una capa permeable sin saturar.

Si el estrato está cubierto por una capa también impermeable, el acuífero recibe el nombre de acuífero confinado. Este tipo de acuífero presenta una permeabilidad muy pequeña o nula y, a veces, al estar envuelto por estratos impermeables supra yacentes y subyacentes, impiden al agua moverse más allá de la región confinada. Cuando esto último sucede y ocupa una cuenca más o menos extensa, se habla de cuenca artesiana. Aquí, el agua suele estar sometida a fuertes presiones por lo que, en los pozos abiertos en estas cuencas, denominados pozos artesianos, el agua asciende hacia la superficie, que a menudo alcanza sin necesidad de bombeo. Por tanto, el agua almacenada puede liberarse a través de manantiales y pozos. La mayor cuenca artesiana del mundo se encuentra en las tierras altas del este (Easter Highlands), en Australia, y cuenta con unos 9.000 pozos. Pero hay



pocos acuíferos verdaderamente confinados; la mayoría recibe apreciables cantidades de agua por filtración, lentamente, durante largos periodos de tiempo, por una de las capas de confinación; reciben entonces el nombre de acuíferos semiconfinados.

En los acuíferos hay que distinguir, normalmente, una zona de recarga –por donde entra agua al acuífero- y otra zona de descarga –por donde sale el agua del acuífero-, pudiendo localizarse estas zonas en superficie o en otro acuíferos subterráneos.

Los materiales típicos de los acuíferos se pueden agrupar en cársticos, que agrupan a calizas y dolomías; porosos intergranulares, compuestos por gravas y arenas; y de carácter a la vez cárstico y poroso, típico de calcarenitas marinas del terciario. En la cuenca de Londres, por ejemplo, el acuífero principal es de yeso.

Permeabilidad “K”: Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se dice que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende del tipo de material, de la naturaleza del fluido, de la presión del fluido y de la temperatura. La penetrabilidad suele considerarse sinónimo de permeabilidad.

Para ser permeable, un material debe ser poroso, esto es, debe contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluido. No obstante, la porosidad en sí misma no es suficiente: los poros deben estar interconectados de algún modo para que el fluido disponga de caminos a través del material. Por ejemplo, la permeabilidad de los suelos se ve favorecida por la existencia de fallas, grietas, juntas u otros defectos estructurales. Cuantas más rutas existan a través del material, mayor es la permeabilidad de éste. Algunos ejemplos de roca permeable son la caliza y la arenisca, mientras que la arcilla o el basalto son impermeables.



Porosidad: es la capacidad que tiene un material para almacenar líquido o, de otra manera, la porosidad de un acuífero es aquella parte de su volumen que consiste en aberturas o poros, o sea, la proporción de su volumen no ocupada por material sólido. La porosidad es un índice que indica cuánta agua puede ser almacenada en el material saturado, pero no nos indica cuanta puede ceder y se expresa generalmente como un porcentaje del volumen bruto del material.

Transmisibilidad "T": es la tasa a la cual el agua, con la viscosidad cinemática existente, fluye a través de un ancho unitario del acuífero bajo un gradiente hidráulico unitario.

La transmisibilidad es igual al producto de la conductividad hidráulica por el espesor saturado del acuífero: $T = Kby = m^2/día.$

El concepto de transmisibilidad es muy útil en acuíferos libres cuyo caudal está determinado esencialmente por la permeabilidad y espesor del acuífero.

$$Q = KIA \quad A: \text{área de la sección de flujo}$$
$$A = Wb \quad W: \text{ancho de la sección de flujo}$$
$$Q = KIWb \quad b: \text{espesor saturado del acuífero}$$
$$Q = TIW$$

Ésta fórmula permite calcular en forma rápida y fácil la disponibilidad de agua en un acuífero, con un buen grado de aproximación.

Retención específica: es la cantidad de agua que un volumen unitario de material retiene cuando se somete a drenaje por gravedad. Tanto el rendimiento específico, como la retención específica se expresan como fracciones decimales o porcentajes.

El rendimiento específico sumado a la retención específica es igual a la porosidad.



Rendimiento específico o producción específica: es la cantidad de agua que un volumen unitario del material deja escapar cuando se le drena por gravedad.

Coefficiente de almacenamiento "S": es el volumen de agua que un acuífero cede o toma en almacenamiento por unidad de área del mismo y por unidad de cambio en el nivel piezométrico.

En acuíferos libres el coeficiente de almacenamiento es igual el rendimiento específico, ya que la mayor parte del agua proviene del volumen almacenado, y es drenado por gravedad.

En acuíferos confinados, el agua proviene de la expansión de la misma y la compresión del esqueleto del acuífero.

El coeficiente de almacenamiento no tiene unidades como puede inferirse de su definición. Varía entre 0.01 y 0.5 en acuíferos libres y entre 10^{-3} y 10^{-6} en acuíferos confinados.

Las características hidráulicas de los acuíferos pueden determinarse en el campo por medio de:

1. Pruebas de bombeo (extracción o recarga). Éste método es el más utilizado ya que permite evaluaciones más representativas en un periodo de tiempo relativamente corto.
2. Estudiando las variaciones seculares o periódicas de los niveles piezométricos, o las inducidas en forma artificial. Éste es el más económico pero requiere un gran volumen de información y registros no siempre disponibles.
3. Por medio de trazadores, naturales o artificiales. Exige tecnología especializada que no siempre está al alcance del hidrólogo, pero que puede ser muy útil donde existen organizaciones que presten este servicio dentro de un marco de cooperación interdisciplinaria.



POZOS: Un pozo es una estructura hidráulica que al ser diseñada y construida adecuadamente permite efectuar la extracción económica de agua de una formación acuífera.

7.7. AGUA PARA MEZCLAS DE CONCRETO

Como se explicó anteriormente, el agua es el elemento por medio del cual el cemento desarrolla sus propiedades aglutinantes ya que en presencia de ella experimenta reacciones químicas dándole la propiedad de fraguar y endurecer. En general el agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácido, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. Si contiene sustancias que le produzcan color, olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, el agua no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto.

La aceptación del agua se debe basar en los requisitos químicos. Y en caso que el agua sobrepase los límites establecidos en el numeral 2.2.1 de la NTC 3459 Concretos. Agua para la elaboración de concreto o de no disponer de los análisis químicos, se deben cumplir los requisitos físicos indicados en el numeral 2.2.2 de la Norma mencionada anteriormente.

El agua se usa en la elaboración del concreto para propósitos diferentes: como agua de mezclado, como agua de curado y como agua de lavado de los agregados. El agua de mezclado forma aproximadamente el 15% del volumen total del concreto de donde un 5% sirve para hidratar el cemento y el 10% restante lubrica al concreto y luego se evapora durante el proceso de fraguado. El agua de curado se utiliza después de que el concreto ha fraguado y tiene como



función seguir hidratando el cemento. El agua de lavado de los agregados no participa activamente en la mezcla de concreto pero es importante en el procesamiento de los agregados. En términos generales, se cree que el agua a utilizar tanto en el mezclado como en el curado del concreto debe ser potable y cuando se trata de utilizar aguas cuyo comportamiento es desconocido se hace imprescindible su ensayo y comparación con agua de reconocidas características para producir concreto.

Agua de mezclado: El agua de mezclado es aquella que se le agrega al cemento para formar la pasta. Tiene como funciones hidratar el cemento y proporcionar una fluidez a la mezcla tal que, con una lubricación adecuada de los agregados, se obtenga la manejabilidad del concreto deseada cuando este se encuentre en estado fresco. A medida que el cemento se hidrata, la mezcla plástica va pasando al estado rígido durante el proceso de fraguado. En este proceso, la temperatura del concreto se eleva como consecuencia de las reacciones químicas que se efectúan entre el cemento y parte del agua, incrementando así la evaporación del resto de esta. De acuerdo con esto, el agua de mezclado se puede considerar bajo dos formas: Agua de hidratación no evaporable y evaporable.

La fluidez de la pasta depende de la cantidad de agua de mezclado. Si se aumenta esta cantidad sin modificar el contenido de cemento, la parte de agua de hidratación del cemento permanece constante, incrementándose así la parte de agua evaporable; cierta porción de esta queda atrapada en el interior del concreto y al producirse la evaporación se forma una serie de conductos capilares que se llenan de aire, generando un concreto endurecido poroso, menos resistente y más permeable, por esto la dosificación del agua de mezclado se debe hacer con un control muy estricto.



Esta agua se encuentra en dos formas que son el agua de hidratación (no evaporable) y agua evaporable.

- **Agua de Hidratación:** Es aquella parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel. Es también llamada no evaporable porque en una proporción de pasta hidratada se conserva a 0% de humedad del ambiente y 110°C de temperatura.
- **Agua evaporable** El agua restante que existe en la pasta, es agua que puede evaporarse a 0% de humedad relativa del ambiente y 110°C de temperatura. El gel de cemento cuya característica es un enorme desarrollo superficial interno, ejerce atracción molecular sobre una parte del agua evaporable y la mantiene atraída. El agua evaporable puede estar en tres condiciones distintas de acuerdo con la proximidad a la superficie del gel, así: Agua de Absorción, la cual se encuentra a una distancia de la superficie del gel de 0 a 30 Å y se mantiene unida a la superficie por fuerzas intermoleculares. Agua Capilar, es la que ocupa los poros capilares de la pasta y están a distancias comprendidas entre 30 a 10^7 Å y está débilmente sujeta a las fuerzas de la superficie. Y el Agua Libre, es la que se encuentra fuera de la influencia de las fuerzas de superficie, de tal modo que tiene completa movilidad y puede evaporarse con facilidad.⁶

7.7.1. Características

En general, se puede decir que cualquier agua natural que sea apta para el consumo humano y no tenga sabor u olor fuertes, pueden ser usadas para la elaboración de concreto, sin que esto implique que el agua adecuada para la

⁶ SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. BHANDAR EDITORES. 2001, Pág. 57.



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

elaboración de concreto sea potable. Sin embargo esto no es del todo cierto, pues, hay impurezas que pueden estar disueltas en el agua o presentes en forma de suspensiones, tales como azúcar, ácidos, sales, materia vegetal, aceites, sulfatos, etc., pueden interferir con la hidratación del cemento retrasando así el tiempo de fraguado y reduciendo la resistencia del concreto. Como estos efectos varían de manera acentuada con la marca y tipo de cemento usado así como la riqueza de la mezcla (cantidad de cemento), es conveniente conocer las cantidades de impurezas presentes en el agua.

Algunas teorías acerca de la inclusión de agentes contaminantes en el concreto se presentan a continuación:

Tabla 2. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para concreto⁷

Impurezas	Max. Concentración tolerada ppm
Carbonato de sodio y potasio	1.000
Cloruro de sodio	20.000
Sulfato de sodio	10.000
Sulfato , como SO ₄	3.000
Carbonatos de calcio y magnesio, como ion bicarbonato	400
Cloruro de magnesio	40.000
Sulfato de magnesio	25.000
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40.000
Yodato, fosfato, arsenato y borato de sodio	500
Sulfito de sodio	100
Ácido sulfúrico y ácido clorhídrico	10.000
PH	6,0 a 8,0
Hidróxido de sodio (por peso de cemento en el concreto)	0.5%
hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	1.2%
Azúcar	500

⁷ Fuente: Libro Tecnología del Concreto y del Mortero



Partículas en suspensión	2.000
Aceite mineral (por peso de cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20
Agua de mar	35.000

7.7.2. Requisitos Físicos

Se considera que el agua no tiene efecto significativo en las características de fraguado y de resistencia del concreto si al realizar los ensayos especificados en la NTC 118 (ASTM C 191) y NTC 220 (ASTM C 109), respectivamente, se obtienen las siguientes condiciones:

Tiempo de fraguado. Los tiempos de fraguado inicial del cemento, determinados a partir de muestras elaboradas con agua de ensayo y agua testigo, no deben diferir entre sí en más de 30 min.

Resistencia a la compresión. El promedio de la resistencia a la compresión de los cubos de mortero hechos con el agua de ensayo, evaluada a 7 d, debe ser mayor o igual al 90% de la resistencia promedio de los cubos de mortero hechos con el agua testigo, evaluada a la misma edad. Si la resistencia es menor que el 90% pero superior al 80% de la resistencia de los cubos de mortero elaborado con el agua testigo, se debe conseguir una fuente alternativa.

7.8. EL CEMENTO

En el sentido más amplio, la palabra cemento, indica un material pegante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, que le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un sólido compacto que tenga resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición no solo abarca los cementos propiamente dichos, sino todo tipo material pegante como los alquitranes, las cales, los asfaltos.



El cemento se encuentra en el concreto entre el 7 y el 15% de volumen total; es el componente activo de la mezcla y por tanto influye en todas sus características.

Cemento Portland: Es el producto que se obtiene de la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados con el Clinker. El cemento utilizado en Colombia debe cumplir con las especificaciones de las Normas NTC 121 (ASTM C 150) y NTC 321 (ASTM C 150)

El cemento también se conoce como cemento hidráulico porque tiene la característica de reaccionar con el agua, reacción conocida como hidratación del concreto, para luego iniciar el fraguado y endurecer con el tiempo

7.8.1. Composición Química

El Clinker Portland componente del cemento en forma granular posee una composición química donde principalmente se encuentran los siguientes compuestos, cuyas variaciones relativas determinan los diferentes tipos de cemento portland.

Los silicatos, aluminatos y ferro aluminatos de calcio, que se obtienen por la cocción, hasta la fusión parcial (clinkerización), de una mezcla convenientemente proporcionada y homogenizada de materiales debidamente. A continuación se muestra una tabla con los principales componentes:



Tabla 3. Requisitos químicos del cemento Portland

	Tipo 1	Tipo 1M	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4a)	Tipo 5a)
Dióxido de silicio (S_1O_2), mín %	-	-	21,0	-	-	-
Óxido de aluminio (Al_2O_3), máx %	-	-	6,0	-	-	-
Óxido de hierro (Fe_2O_3), máx %	-	-	6,0	-	6,5	-
Óxido de magnesio (MgO), máx %	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Trióxido de azufre (SO_3), máx %	3,5	3,5	-	4,5	-	-
Pérdida al fuego, máx %	-	5,0	4,0	4,0	3,5	4,0
Residuo insoluble, máx %	-	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Silicio tricálcico ($3CaO \cdot S_1O_2$) ^{b)} , máx %	-	-	-	-	35,0	-
Silicato dicálcico ($3CaO \cdot S_1O_2$) ^{b)} , mín %	-	-	-	-	40,0	-
Aluminato tricálcico ($3CaO \cdot Al_2O_3$) ^{b)} , máx %	-	-	8,0	15,0 ^{c)}	7,0	5,0
($3CaO \cdot S_1O_2$) + ($3CaO \cdot Al_2O_3$), máx %	-	-	58,0 ^{d)}	-	-	-
Ferrialuminato tetracálcico más el doble de aluminato tricálcico ^{b)} ($4CaO \cdot Al_1O_3 \cdot Fe_2O_3$) + 2 ($3CaO \cdot Al_2O_3$), o solución sólida ($4C_2O \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ + 2 CaO. Fe_2O_3) el que es aplicable, máx %	-	-	-	-	-	20,0

Fuente: NTC 321 (Segunda actualización) p2 Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Varios autores.

7.8.2. Tipos De Cementos

De acuerdo a la NTC 30 Cemento Portland. Clasificación y Nomenclatura hay 5 tipos de cementos que son los siguientes:

Cemento Tipo 1: Es el utilizado en casi la totalidad de las obras de hormigón en general, al que no se le exigen condiciones especiales.

Cemento Tipo 1M: Es el destinado a obras de hormigón en general al que no se le exigen propiedades especiales pero tiene resistencias superiores a las del Tipo I.

Cemento Tipo 2: Es el que tiene la propiedad de resistir moderadamente la acción de los sulfatos, los cuales son compuestos químicos que se encuentran en medios hidratados, además desarrolla un bajo calor de hidratación. Se utilizan en construcciones de alcantarillados y zonas industriales.



Cemento Tipo 3: Produce altas resistencias iniciales. Produce mayor calor de hidratación.

Cemento Tipo 4: Se caracteriza por su bajo calor de hidratación, lo que indica un fraguado lento. Se utiliza en obras que requieren un mayor tiempo de colocación y manejo del cemento. Se utiliza en represas o túneles o grandes masas de concreto.

Cemento Tipo 5: Es un cemento altamente resistente a la acción de los sulfatos, los cuales son agentes destructores para las estructuras.

Existen otros tipos de cementos como son: Cemento Blanco, Cemento de escoria de altos hornos, Cemento siderúrgico sulfatado, Cemento aluminoso y los cementos Portland con incorporadores de aire que utilizan la misma nomenclatura de los Portland y al final se les coloca una letra -A

7.8.3. Propiedades Físicas Del Cemento

7.8.3.1. Finura Del Cemento

Esta se estudia para saber las medidas o tamaño de las partículas de cemento. Se obtiene en la etapa de molienda del Clinker con yeso. Como la hidratación comienza sobre la superficie de las partículas de cemento el área superficial total del cemento representa el material susceptible de hidratación. De esta manera la velocidad de hidratación, y por lo tanto la resistencia, dependerá del grado de finura de los granos.

La medida de la finura se expresa como el área superficial de las partículas contenidas en un gramo de material y se mide en cm^2/gr . o en m^2/kg . Este parámetro en Colombia lo reglamenta la NTC 33 o su equivalente ASTM C-204



La finura del cemento influye en las siguientes propiedades:

- * Velocidad de Hidratación.
- * Sensibilidad a las alteraciones atmosféricas
- * Reacción Álcalis-Agregado.
- * Contracción, Retracción y agrietamiento de la masa de cemento.
- * Manejabilidad.
- * Disminución de la exudación y sangrado del concreto.
- * Costo de producción.
- * Tiempo de fraguado.
- * Resistencia.
- * Cantidad de yeso requerido.

7.8.3.2. Peso Específico Del Cemento (Densidad)

El peso específico del cemento es la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa.

$$peso.especifico = \frac{peso}{volumen}$$

En realidad el peso específico del cemento no indica directamente la calidad del mismo, pero a partir de él se pueden producir otras características cuando se analizan en conjunto con otras propiedades.

El peso específico de un cemento Portland normal cuando no hay adiciones de yeso, suele estar comprendido entre 3,10 y 3,15 gr/cm³.

La baja densidad indica la poca presencia de Clinker; pero alta presencia de yeso.

En la NTC se describe el método de Le Chatelier.



Tabla 4. Requisitos físicos

	Tipo 1	Tipo 1M	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Finura, superficie específica en m ² /kg						
- Ensayo por medio de permeabilidad al aire, mínimo.	280	280	280	-	280	280
Estabilidad	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Expansión en autoclave, máximo, %						
Tiempo de fraguado (Métodos alternativos).						
- Ensayo por agujas de Vicat: Tiempo inicial, en minutos, no debe ser menor de	45	45	45	45	45	45
Tiempo final, en horas, no debe ser mayor de	8	8	8	8	8	8
Resistencia a la compresión en Mpa (aprox. kgf/cm ²).						
La resistencia a la compresión de cubos de mortero hechos con una parte de cemento y 2,75 partes de un arena gradada normalizada para este ensayo, preparados y probados de acuerdo con la NTC 220, no debe ser menor que los valores indicados abajo, para cada edad.						
1 d		-	-	10,0 (100)		
3 días	8,0 (80)	12,5 (125)	10,5 (105)	21,0 (210)	-	8,5 (85)
7 días	15,0 (150)	19,5 (195)	17,5 (175)	-	7,0 (70)	15,5 (155)
28 días	24,0 (240)	-	-	-	17,5 (175)	21,0 (210)

Fuente: NTC 121. 1982-05-05. Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones físicas y mecánicas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Varios autores. P 2.

7.8.4. Propiedades Del Cemento Que Dependen Del Agua

7.8.4.1. Consistencia Normal Del Cemento

La cantidad de agua que se le agrega al cemento, le comunica una determinada fluidez la cual aumenta al incrementarse el contenido de agua. Existe una determinada fluidez para la cual debe agregarse una cierta cantidad de agua. Esta fluidez es lo que se llama consistencia normal del cemento.

La consistencia normal de los cementos normales se encuentra entre 24 y 32%.



$$\text{Consistencia Normal} = \frac{\text{peso.del.agua}}{\text{peso.del.cemento}}$$

La consistencia normal no es una medida de calidad del cemento. Su hecho principal radica en que se utiliza para determinar dos propiedades fundamentales que son: El tiempo de fraguado y La resistencia mecánica.

La consistencia de una pasta de cemento, se mide por medio del aparato de Vicat, cuyo procedimiento de ensayo se encuentra descrito en la norma NTC 110, la cual consiste en agregar un volumen conocido de agua a 500g de cemento, que se amasan y se coloca en un molde Troncocónico. De inmediato se pone la aguja de 10mm de diámetro en contacto con la superficie superior de la pasta y se suelta. La aguja penetra en la pasta y la profundidad de penetración depende de la consistencia de la pasta. Si la penetración es de 10 mm más o menos, después de 30 segundos de haber soltado la aguja, se considera que la pasta tiene consistencia normal.

7.8.4.2. Fraguado Del Cemento

Es el fenómeno por medio del cual la pasta de cemento cambia de su estado plástico a estado endurecido paulatina y gradualmente, posterior al estado de hidratación del cemento.

Cuando una muestra de cemento se mezcla con cierta cantidad de agua, se forma una pasta plástica; esta se va perdiendo a medida que pasa el tiempo, hasta llegar un momento en que la pasta pierde su viscosidad y se eleva su temperatura.

Fraguado inicial: Es el tiempo requerido después del contacto inicial del cemento y el agua, para que el tamizado del concreto alcance una resistencia a la



penetración de 3,5 Mpa.⁸ Durante este, la pasta se deforma bajo la acción de pequeñas cargas y eleva bruscamente su temperatura.

Reacción exotérmica: Este puede ser en minutos horas dependiendo del cemento. Este demarca y limita el tiempo de que disponemos para fabricar, transportar y colocar el cemento en las obras.

Fraguado Final: El tiempo requerido después del contacto inicial del cemento con el agua, para que el mortero tamizado del concreto alcance una resistencia a la penetración de 27,6 Mpa.⁹ En este lapso, se produce la unión con los agregados.

7.9. LOS AGREGADOS

Los agregados son una masa de materiales casi siempre pétreos, que se consideraban originalmente inertes y que unidos por medio de la pasta de cemento conforman la masa del concreto. Sin embargo, los agregados no son realmente inertes y sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas influyen sobre el comportamiento del concreto.

Los agregados ocupan entre 60% y 80% del volumen total del concreto y entre el 70% a 85% de la masa. Están constituidos por una parte fina (arena) y una parte gruesa (grava o piedra triturada), las cuales pueden provenir de fuentes naturales o artificiales.

Es importante conocer su procedencia y sus propiedades químicas y físicas, ya que pueden reaccionar negativamente con el cemento y acortar su vida útil. Mientras más dureza poseen los agregados mejor será su comportamiento a la compresión. Los mejores resultados se han obtenido con materiales pétreos, preferiblemente triturados y lavados (de minas) o de río (canto rodado). Deben

⁸ NTC 890. Pág. 2

⁹ NTC 890 Pág. 2



excluirse los materiales partículas alargadas (partícula cuya relación (l/b) entre longitud (l) y ancho (b) es mayor de 1,5), partículas aplanadas (cuya relación (d/b) entre el espesor (d) y el ancho (b) es menor de 0,5.)¹⁰ Y los contaminados con limo o arcilla (material con diámetro menor que 74 micras cuyas partículas tienen ciertas características que interfieren en el proceso de hidratación del cemento y de allí que se consideren perjudiciales en el concreto).

De su granulometría dependen el acabado y la textura del bloque. Es importante analizar su densidad, granulometría, resistencia, tenacidad, absorción y sanidad.

En Colombia el uso de los agregados los regula la NTC 174 o su equivalente ASTM C33.

7.9.1. Clasificación De Los Agregados

Los agregados se clasifican según el tamaño, procedencia y densidad.

7.9.1.1. Según Su Tamaño

La forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño.

Agregado fino. Es lo que se conoce como arena (natural, triturada o la combinación de éstas) y cuyo tamaño de partícula es inferior a 4,8 mm y no menor y superior 0,074 mm (75 μ m tamiz No 200).

Agregado grueso: es el retenido sobre el tamiz de 4,75mm es la que normalmente se denomina agregado grueso o grava.¹¹

¹⁰ NTC 385 pág. 5

¹¹ NTC 385 pág. 2



Tabla 5. Clasificación de los agregados

Tamaño de las partículas en mm (pulg)	Denominación más corriente	Clasificación	Clasificación como agregado para concreto
Inferior a 0.002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.002 - 0.074 (No.200)	Limo		
Entre 0.074 - 4.76 (No.200)-(No.4)	Arena	Agregado fino	No recomendable
Entre 4.76 - 19.1 (No.4)-(3/4")	Gravilla		
Entre 19.1- 50.8 (3/4")-(2")	Grava	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
Entre 50.8 - 152.4 (2")-(6")	Piedra		Material apto para producir concreto
Superior a 152.4 (6")	Rajón, piedra bola		

Fuente: Libro Tecnología del Motero y del Concreto

La tabla muestra una clasificación donde se indican los nombres más usuales de las fracciones y su aptitud como agregado para concreto según su tamaño.

Tabla 6. Límites para sustancias dañinas en el agregado fino del concreto

Material	Máximo porcentaje del peso total de la muestra
Terrones de arcilla y partículas deleznales	3,0
Material que pasa el tamiz 75 µm (No. 200):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0 (a)
Todos los demás concretos	5,0 (a)
Carbón o lignito:	
Donde la apariencia superficial del concreto sea de importancia.	0,5
Todos los demás concretos	1,0

- a) En el caso de arena tritura, si el material que pasa por el tamiz 75 µm (No. 200) contiene polvo de trituración libre de arcilla o esquistos, estos límites pueden incrementarse al 5% y 7%, respectivamente.

Fuente: NTC 174 Pág. 5



7.9.1.2. Según Su Procedencia

Dependiendo de si provienen de fuentes naturales o sean fabricados a partir de productos industriales, los agregados se pueden clasificar en:

Agregados Naturales: Son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos de arrastres fluviales o de glaciares y canteras de diversas rocas y piedras naturales.

Se puede aprovechar en su granulación natural o triturándolos mecánicamente.

Agregados Artificiales: Se obtiene a partir de productos y procesos industriales tales como arcillas expandidas, escoria de alto horno, Clinker, limaduras de hierro y otros.

7.9.1.3. Según Su Densidad

Los agregados también se pueden clasificar según su densidad, la cual depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, en ligeros, normales y pesados

Ligeros: $G_s < 2.5$. Los agregados ligeros, como la arcilla esquistosa y la expandida, la escoria 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 Cuarcita.



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.

7.9.2. Propiedades Químicas

Los agregados que se utilizan en el concreto deben ser inertes, es decir que no reaccionen con los demás componentes del concreto. Sin embargo se han observado reacciones con la pasta del cemento que son dañinas para el concreto. Entre las reacciones que se presenta se pueden mencionar:

Epitaxia: Es la única reacción química que es considerada favorable en los agregados. Esta mejora en la adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta de cemento a medida que transcurre el tiempo.

Reacción álcali – agregado: Es la reacción más común que se produce entre los óxidos del silicio del agregado y los hidróxidos alcalino de la pasta de cemento.

Al estar estos dos materiales en contacto produce un gel de tipo hinchable que aumenta de volumen a medida que aumenta el agua, con lo cual aparecen presiones internas en el concreto que conducen a expansión, agrietamiento y ruptura del concreto.

También se conoce la reacción álcalis – carbonato que es una reacción similar a la anterior pero se da entre algunos tipos de caliza dolomítica y los álcalis del cemento y es menos frecuente.



7.9.3. Propiedades Físicas

Granulometría: Se define como la distribución de los tamaños de partículas que constituye una mezcla de agregado. La granulometría se determina mediante el análisis granulométrico. Este análisis consiste en separar una mezcla de agregado en fracciones de igual tamaño haciendo pasar está a través de una serie de tamices de aberturas cuadradas.

La denominación de los tamices anteriormente se hacía teniendo en cuenta el tamaño de la abertura por pulgadas lineal para tamices menores de 1/8 de pulgada. Hoy en día, la designación se hace de acuerdo con la abertura de la malla, medidas en milímetros o micras.

Módulo de finura: Es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material y es un concepto básico de los agregados finos. Se expresa como una sumatoria de los porcentajes acumulado desde el tamiz 3/8 hasta N° 100 dividido entre 100.

$$M = \frac{\%Ra\left(\frac{3}{8}-100\right)}{100}$$

El módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1

Tamaño máximo: Se define como la abertura del menor tamiz de la serie que permite el paso del 100% de la muestra ensayada.

Este valor indica el tamaño de la partícula más grande que hay dentro de la masa de agregado y es de interés conocerla ya que el tamaño del agregado debe ser compatible con las divisiones de la estructura.



Tamaño máximo nominal: Se define como la abertura del matiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado sea mayor o igual al 15%.

El tamaño máximo nominal muestra más claramente el tamaño de las partículas más grande de la masa de agregados en su fracción gruesa.

Forma: Dependiendo de la procedencia, los agregados toman propiedades que dependen indirectamente del tipo de roca. Se puede decir que los agregados que proceden de piedras naturales sometida a proceso de trituración tienen formas geométricas aproximadamente cúbicas o poliédricas alargadas o laminadas; mientras los agregados que proceden ríos o depósitos tienen formas de cantos redondeados o aplanados.

La forma de las partículas es importante para la fabricación de concreto ya que la aptitud de compactación de la mezcla no solo depende de la granulometría del agregado sino también del grado de acomodamiento de las partículas. Las formas más adecuadas son las redondeadas para piedras de río y las cúbicas para triturados.

Textura: Es una propiedad intrínseca del agregado que incide de las propiedades del concreto ya que permiten la adherencia entre las partículas del agregado y la pasta de cemento y gobierna las condiciones de fluidez de la mezcla mientras se encuentra en estado plástico.

Superficie específica: Se define como la relación que hay entre la superficie exterior de una partícula y el volumen que ocupa esa partícula.

De aquí se observa que el área superficial es inversamente proporcional al tamaño de la partícula y por tanto a medida que es mayor el tamaño máximo de la masa de agregado, la superficie específica será menor, por ende se requerirá menos pasta.



Densidad: Se define como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada. En los agregados por tener generalmente cavidades porosas se introducen las siguientes definiciones:

Densidad absoluta: Se define como la relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupa única y exclusivamente la masa sólida, excluyéndole todo, los poros saturables y no saturables.

$$D_{abs} = P_s / V_m - V_p$$

P_s = peso seco de la masa m

V_m = volumen ocupado por la masa m

V_p = volumen de los poros (saturados, no saturados).

Densidad nominal: Es la relación entre el peso de la masa sólida y el volumen ocupado por este incluyendo los poros no saturables.

$$D_{nominal} = \frac{P_s}{V_m - V_{ps}}$$

P_s = peso seco de la masa m

V_m = volumen ocupado por la masa m

V_{ps} = volumen de los poros saturados

Densidad aparente: Se define como la relación que existe entre el peso de la masa del material y del volumen que ocupa dicho material incluidos todos los poros, saturables y no saturables.

$$D_{aparente} = P_s / V_m$$

P_s = peso seco de la masa m

V_m = volumen ocupado por la masa m

Desde el punto de vista ingenieril la densidad más utilizada es la densidad



aparente ya que con ella es que se determina la cantidad de agregado que se necesita para fabricar un metro cúbico de concreto. Sus valores normales oscilan entre 2.3 y 2.8gr/cc.

Porosidad y absorción: La porosidad está relacionada con la capacidad de absorción de agua u otro liquido dentro de los agregados según el tamaño de los poros.

La capacidad de absorción cuantifica la influencia de la porosidad dentro el agregado.

$$\% \text{ absorción} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100$$

P_{ss} = peso de la muestra saturada y superficialmente seca

P_s = peso seco de la muestra

Peso volumétrico (masa unitaria): Está definido como la relación existente entre el peso de una muestra de agregado y el volumen que ocupa dicho agregado en un recipiente de volumen conocido. La masa unitaria de un agregado indica de manera general la calidad de este y su aptitud para ser utilizado en la fabricación de concreto.

Masa unitaria compacta: Es el grado de acomodamiento de las partículas del agregado cuando se ha sometido a abrasión. Con esta masa se determinan los volúmenes absolutos de agregado en el diseño de mezcla ya que las partículas del agregado van a quedar confinadas dentro de la masa de concreto. Los valores oscilan entre 1400 y 1700 Kg/m.

Masa unitaria suelta: Es la masa unitaria del material que se encuentra en estado normal de reposo por lo tanto el volumen que ocupa es mayor y su masa menor. El valor de esta masa es de importancia a la hora de transportar los agregados. Los valores oscilan entre 1200 y 1600 Kg/m³.



7.9.4. Propiedades Mecánicas

Resistencia de las partículas Resistencia de las partículas del agregado: La resistencia del concreto está regida por las resistencia del agregado y la pasta de cemento por lo que es importante que el agregado no falle ante que la pasta de cemento endurecida bien sea por que tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se le han indicado fallas a las partículas durante el proceso de explotación para observar el comportamiento de los agregados en el concreto se han desarrollados pruebas de resistencia a la trituración.

Tenacidad: Se define como la resistencia a la falla, por impacto depende el tipo de roca de la cual provenga. Si las partículas son débiles ante la carga de impacto se altera la granulometría del agregado y además demuestran una baja calidad para ser utilizado en el concreto.

Adherencia: Es una interacción en la que debido a fuerza de origen físico - químico se ligan las partículas del agregado con la pasta. La importancia de la adherencia radica entre mejor sea la interacción entre el agregado y la pasta, la resistencia del concreto será mayor. La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y del tamaño, forman rigidez y texturas de las partículas del agregado y se ha observado que se está aumentando con la rugosidad superficial de las partículas.

Dureza: Es una propiedad de los agregados que dependen de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia de los agregados en la cual se tiene en cuenta la resistencia al desgaste.

Es importante tener en cuenta esta propiedad cuando el concreto va a estar sometido a desgaste por abrasión (pisos y carreteras).



8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Este proyecto denominado **“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR”** contempla dos fases una de documentación bibliográfica y otra experimental, donde el objetivo principal es determinar la influencia de esta agua sobre las propiedades del concreto.

8.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En todo proyecto de grado la recolección de información juega un papel importante y en esta etapa se contempla todo lo que relaciona y que antecede al tema de estudio incluyendo historia, teorías, tesis, proyectos investigativos, etc. Este en su fase de exploración y recopilación bibliográfica abarca los temas relacionados con: el cemento, el agua, y los bloques.

8.3. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Para la elaboración de la mezcla de concreto con la que se fabricaran las muestras “bloques de concreto #4 y #6” que posteriormente se ensayaran se utilizarán los siguientes materiales:

- **Cemento:** Se emplearan los cementos Argos tipo I y cemento Boyacá portland tipo I fabricado por Holcim Colombia S.A., puesto que son los más utilizados para la construcción en el municipio de Villanueva Bolívar.



- **Agregado:** se usará arena natural lavada de cantera y de río.
- **Agua de mezclado:** se utilizará agua proveniente del subsuelo de Villanueva Bolívar extraída por el sistema de pozos y agua potable (agua patrón) esta se recolectara del acueducto que abastece al municipio de Villanueva.

8.4. DISEÑO DE MEZCLA

Para la elaboración de las mezclas de concreto se tomara la experiencia de la zona utilizando a los mismos preparadores que trabajan en la empresa que más bloques produce en la zona y la dosificación que esta utiliza (1:8), la cual corresponde a un mortero M20

Tabla 7. Clasificación de los morteros.

PRESCRIPCIÓN DE MORTEROS DE ALBAÑILERÍA	
DESIGNACIÓN ANTIGUA(kg/cm ²)	EQUIVALENCIA APROXIMADA (N/mm ²)
MORTERO CEMENTO 1/4 (M80)	M-10
MORTERO CEMENTO 1/6 (M40)	M-5
MORTERO CEMENTO 1/3 (M160)	M-15
MORTERO CEMENTO 1/5 (M60)	M-7,5
MORTERO CEMENTO 1/8 (M20)	M-2,5
MORTERO CEMENTO 1/10 (M10)	M-1

Con el diseño de mezcla anterior se procederá a la elaboración y preparación de las mezclas de prueba en los laboratorios cumpliendo las especificaciones que se establecen en la Normas Técnicas Colombianas para la elaboración del concreto.

Para esto se tendrá en cuenta lo siguiente:

- **Agua de mezclado:** el agua de mezclado para la realización de las muestras será del subsuelo del municipio de Villanueva y agua potable del acueducto que abastece a este municipio, a las que se les determino sus características físico-químicas en los laboratorios de la Universidad de Cartagena.



- **Cemento:** para la realización de la mezcla de concreto se utilizará cemento Portland tipo I, se usará el más común en nuestro medio.
- **Agregados:** se utilizará un tipo de agregado de cantera local. Se analizará su granulometría, tamaño máximo, densidad específica, contenido de agua, módulo de finura.

8.5. ELABORACIÓN DE ENSAYOS

Se realizarán ensayos para determinar las resistencias a la compresión de cada uno de los bloques de muestra características principales en el concreto fresco y endurecido como el asentamiento, ensayos de resistencia a compresión.

NTC 4024. PREFABRICADOS DE CONCRETO. MUESTREO Y ENSAYO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO NO REFORZADOS. Se debe tener cuidado con la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, dado que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho de materiales dados. Los valores obtenidos dependen del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, la fabricación, la edad, temperatura y las condiciones de humedad durante el curado.

Se ensayarán 192 cilindros a diferentes edades para las pruebas de resistencia las cuales se describen a continuación:



Tabla 8. Distribución de las muestras para bloque #4.

BLOQUE #4				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de rio	7	14	28	
Cemento A portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24

Tabla 9. Distribución de las muestras para bloque #4.

BLOQUE #4				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de rio	7	14	28	
Cemento H portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24

Tabla 10. Distribución de las muestras para bloque #4.

BLOQUE #4				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de cantera	7	14	28	
Cemento A Portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24



Tabla 11. Distribución de las muestras para bloque #4.

BLOQUE #4				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de cantera	7	14	28	
Cemento H Portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24

Tabla 12. Distribución de las muestras para bloque #6.

BLOQUE #6				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de rio	7	14	28	
Cemento A portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24

Tabla 13. Distribución de las muestras para bloque #6.

BLOQUE #6				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de rio	7	14	28	
Cemento H Portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24



Tabla 14. Distribución de las muestras para bloque #6.

BLOQUE #6				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de cantera	7	14	28	
Cemento A Portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24

Tabla 15. Distribución de las muestras para bloque #6.

BLOQUE #6				
MATERIALES	PERIODOS DE RESISTENCIAS (DIAS)			
Agregados: arena de cantera	7	14	28	
Cemento H Portland tipo I				
Tipos de agua fuente	NUMERO DE BLOQUES			Subtotal
Agua subterránea (Villanueva)	4	4	4	12
Potable (patrón)	4	4	4	12
Total				24

Después de realizar todos estos bloques cada uno con especificaciones diferentes se procederá a realizar los ensayos antes mencionados y por último se realizará un análisis mediante tablas y graficas el cual dará como resultado si el agua subterránea de Villanueva Bolívar es viable para la fabricación de los bloques de concreto.



9. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POTABLE DE VILLANUEVA Y DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL MUNICIPIO ANTES MENCIONADO.

A continuación se presentan los resultados de los análisis físico-químicos practicados a las 2 muestras de aguas: subterránea y potable respectivamente, analizadas por los laboratorios de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16. Análisis fisicoquímicos del agua subterránea.

Parámetro	Resultado	Método
Conductividad us/cm	4640	Electrométrico
pH unidades	7.57	Potencio métrico
Alcalinidad total Mg/l como CaCO ₃	140	Titulación
Cloruros mg/l	675	Argento métrico (titulación)
Sulfatos mg/l	300	Nefelometría
Solidos totales mg/l	2550	Gravimetría
Dureza total mg/l como CaCO ₃	1440	Título métrico con EDTA
Nitratos mg/l	5.83	Espectroscopia UV-BIS
Materia orgánica mg/l	185	Reflujo abierto

Tabla 17. Análisis fisicoquímicos del agua potable.

Parámetro	Resultado
pH unidades	6.96
Conductividad us/cm	141.6
Alcalinidad total Mg/l como CaCO ₃	34
Dureza total mg/l como CaCO ₃	46
Cloruros mg/l	36.7
Sulfatos mg/l	9.21
Materia orgánica mg/l	0.76
Nitratos mg/l	0.15
Solidos totales mg/l	78.5



Tabla 18. Comparación de los resultados del análisis fisicoquímico del agua potable y el agua subterránea.

PARÁMETRO	A.SUBTERRANEA	A.POTABLE	MÉTODO
Conductividad us/cm	4640	141.6	Electrométrico
pH unidades	7.57	6.96	Potencio métrico
Alcalinidad total Mg/l como CaCO ₃	140	34	Titulación
Cloruros mg/l	675	36.7	Argento métrico (titulación)
Sulfatos mg/l	300	9.21	Nefelometría
Solidos totales mg/l	2550	78.5	Gravimetría
Dureza total mg/l como CaCO ₃	1440	46	Título métrico con EDTA
Nitratos mg/l	5.83	0.15	Espectroscopia UV-BIS
Materia orgánica mg/l	185	0.76	Reflujo abierto

Como podemos observar al comparar las dos tablas la conductividad para el agua subterránea es mucho más alta pero esto se debe a la cantidad de sulfatos y cloruros que se encuentran presentes, además observamos que el pH para las dos muestras se encuentran entre los parámetros que nos da la norma como viable para la elaboración de concreto pero lo más importante es la cantidad de materia orgánica y solidos totales que se encontraron en la muestra de agua subterránea los cuales pasan el rango que nos ofrece la norma la cual nos dice que se va a ver reflejado en la resistencia pero esto solo puede ser verificado con los ensayos que se van a realizar.



10. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS A UTILIZAR EN LAS MEZCLAS.

Tabla 19. Granulometría de la arena de cantera.

Peso de la muestra seca (P1)

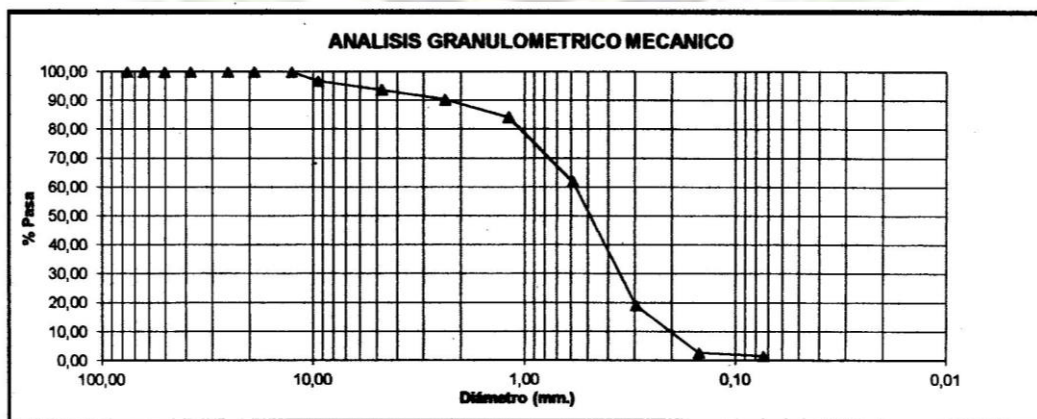
1500

Peso de la muestra lavada por tamiz No. 200 seca (P2)

1476.4

Tamiz No.	D (mm)	W Ret. (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
3"	76.200	0	0	0	100
2 1/2"	63.500	0	0	0	100
2"	50.800	0	0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	0	0	0	100
3/4"	19.050	0	0	0	100
1/2"	12.700	0	0	0	100
3/8"	9.520	47	3.1	3.1	96.9
No. 4	4.760	45.6	3.0	6.2	93.8
No. 8	2.380	52	3.5	9.6	90.4
No. 16	1.190	91.3	6.1	15.7	84.3
No. 30	0.590	334	22.3	38.0	62.0
No. 50	0.297	643.5	42.9	80.9	19.1
No. 100	0.149	246	16.4	97.3	2.7
No. 200	0.074	17	1.1	98.4	1.6
Finos		23.8	1.6	100.0	0.0
		MODULO DE FINURA		2.51	

Grafica 1. Curva granulométrica – arena de cantera.





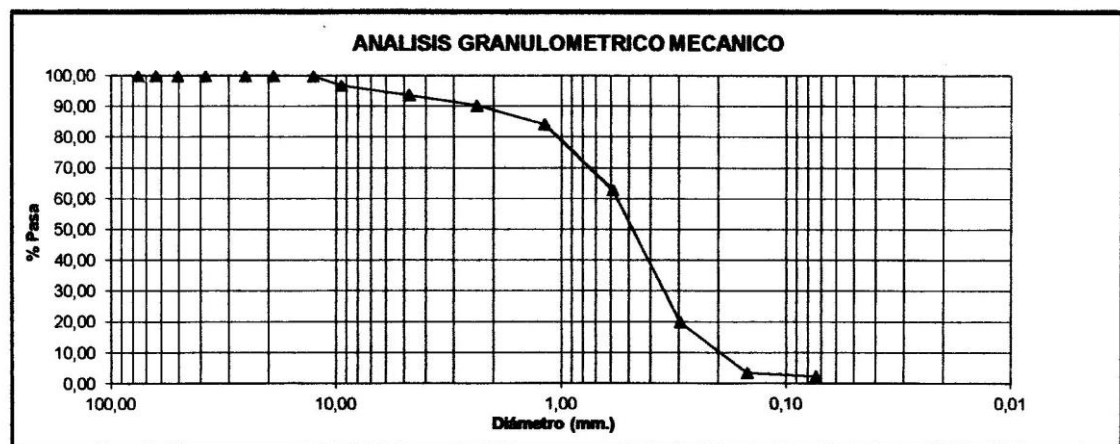
INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

Tabla 20. Granulometría de la arena de río.

Peso de la muestra seca (P1) 1500
Peso de la muestra lavada por tamiz No. 200 seca (P2) 1463

Tamiz No.	D (mm)	W Ret. (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
3"	76.200	0	0	0	100
2 1/2"	63.500	0	0	0	100
2"	50.800	0	0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	0	0	0	100
3/4"	19.050	0	0	0	100
1/2"	12.700	0	0	0	100
3/8"	9.520	47	3.1	3.1	96.9
No. 4	4.760	45.6	3.0	6.2	93.8
No. 8	2.380	52	3.5	9.6	90.4
No. 16	1.190	91.3	6.1	15.7	84.3
No. 30	0.590	321	21.4	37.1	62.9
No. 50	0.297	643.5	42.9	80.0	20.0
No. 100	0.149	246	16.4	96.4	3.6
No. 200	0.074	17	1.1	97.6	2.4
Finos		36.6	2.4	100.0	0.0
MODULO DE FINURA				2.48	

Grafica 2. Curva granulométrica – arena de río.



$MF = \sum (\% \text{RETENIDO ACUMULADO} / 100)$; MF= módulo de finura;



MF (arena de cantera)= 2.51, MF (arena de rio)= 2.48.

Del análisis granulométrico del agregado fino se puede concluir que su módulo de finura es un valor aceptable para fabricar concreto ya que está en el intervalo normal de $2.15 < MF < 3.15$.

Peso específico de la arena de cantera.

1. PESO DEL PICNÓMETRO VACÍO.....	169.0 GRS.
2. PESO DEL MATERIAL SECO.....	491.3 GRS.
3. PESO DEL PICNÓMETRO + MATERIAL.....	669.0 GRS.
4. PESO DEL PICNÓMETRO + MATERIAL + AGUA.....	969.4 GRS.
5. PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA.....	666.7 GRS.
6. PESO DEL S.S.S.....	500.0 GRS.

GRAVEDAD ESPECÍFICA (GRS). = 2.63 Gm/Cm³

ABSORCIÓN = 1.74 %

Peso específico de la arena de rio.

1. PESO DEL PICNÓMETRO VACIO.....	169.0 GRS.
2. PESO DEL MATERIAL SECO.....	490.3 GRS.
3. PESO DEL PICNÓMETRO + MATERIAL.....	669.0 GRS.
4. PESO DEL PICNÓMETRO + MATERIAL + AGUA.....	970.3 GRS.
5. PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA.....	666.7 GRS.
6. PESO DEL S.S.S.....	500.0 GRS.

GRAVEDAD ESPECÍFICA (GRS). = 2.63 Gm/Cm³

ABSORCIÓN = 1.94 %



11. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA MAMPOSTERÍA PREFABRICADA PERFORADA BLOQUE #4 Y #6.

Tabla 21. Resultado de los ensayos de laboratorio de todas las muestras.

N	#	T. AGUA	T. CEMENTO	T. ARENA	EM (DIAS)	RESULTADO	AREA DEL BLOQUE (cm ²)	FUERZA (n/cm ²)	PROMEDIO (Mpa)
1	4	S	A	RIO	7	33.1	193	171.50	1.70
2						32.9	193	170.47	
3						33.2	193	172.02	
4						32.4	193	167.88	
5	6	S	A	RIO	7	39.8	229	173.80	1.75
6						40.1	229	175.11	
7						40.2	229	175.55	
8						39.9	229	174.24	
9	4	P	A	RIO	7	37.4	193	193.78	1.92
10						37.8	193	195.85	
11						36.8	193	190.67	
12						35.9	193	186.01	
13	6	P	A	RIO	7	45.1	229	196.94	1.97
14						45.3	229	197.82	
15						44.7	229	195.20	
16						45.2	229	197.38	
17	4	S	H	RIO	7	30.5	193	158.03	1.55
18						30.9	193	160.10	
19						28.9	193	149.74	
20						29.5	193	152.85	
21	6	S	H	RIO	7	37.9	229	165.50	1.63
22						36.8	229	160.70	
23						37.5	229	163.76	
24						37.1	229	162.01	
25	4	P	H	RIO	7	35.9	193	186.01	1.82
26						34.8	193	180.31	
27						35.1	193	181.87	
28						34.7	193	179.79	
29	6	P	H	RIO	7	43.9	229	191.70	1.90
30						42.5	229	185.59	
31						43.8	229	191.27	
32						43.7	229	190.83	
33	4	S	A	CAN	7	32.5	193	168.39	1.69



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

34						32.8	193	169.95	
35						32.4	193	167.88	
36						32.6	193	168.91	
37	6	S	A	CAN	7	39.4	229	172.05	1.70
38						38.9	229	169.87	
39						39.1	229	170.74	
40						38.5	229	168.12	
41	4	P	A	CAN	7	37.1	193	192.23	1.90
42						37.6	193	194.82	
43						36.1	193	187.05	
44						35.5	193	183.94	
45	6	P	A	CAN	7	44.9	229	196.07	1.93
46						43.8	229	191.27	
47						44.1	229	192.58	
48						43.8	229	191.27	
49	4	S	H	CAN	7	30.2	193	156.48	1.51
50						28.4	193	147.15	
51						28.5	193	147.67	
52						29.5	193	152.85	
53	6	S	H	CAN	7	38	229	165.94	1.61
54						36.2	229	158.08	
55						35.9	229	156.77	
56						37.8	229	165.07	
57	4	P	H	CAN	7	34.8	193	180.31	1.77
58						33.9	193	175.65	
59						34.1	193	176.68	
60						34.2	193	177.20	
61	6	P	H	CAN	7	43.5	229	189.96	1.88
62						43.1	229	188.21	
63						43.1	229	188.21	
64						42.9	229	187.34	
65	4	S	A	RIO	14	47.1	193	244.04	2.41
66						45.9	193	237.82	
67						46.5	193	240.93	
68						46.8	193	242.49	
69	6	S	A	RIO	14	57.1	229	249.34	2.48
70						56.9	229	248.47	
71						56.3	229	245.85	
72						56.6	229	247.16	



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

73	4	P	A	RIO	14	52.4	193	271.50	2.72
74						52.9	193	274.09	
75						53.1	193	275.13	
76						51.9	193	268.91	
77	6	P	A	RIO	14	63.8	229	278.60	2.78
78						64.5	229	281.66	
79						63.2	229	275.98	
80						63.5	229	277.29	
81	4	S	H	RIO	14	42.6	193	220.73	2.20
82						42.9	193	222.28	
83						42.3	193	219.17	
84						42.1	193	218.13	
85	6	S	H	RIO	14	53.1	229	231.88	2.31
86						52.8	229	230.57	
87						52.9	229	231.00	
88						52.7	229	230.13	
89	4	P	H	RIO	14	49.8	193	258.03	2.59
90						49.5	193	256.48	
91						50.2	193	260.10	
92						50.1	193	259.59	
93	6	P	H	RIO	14	61.9	229	270.31	2.68
94						61.2	229	267.25	
95						61.3	229	267.69	
96						61.5	229	268.56	
97	4	S	A	CAN	14	46.2	193	239.38	2.39
98						46.5	193	240.93	
99						45.9	193	237.82	
100						45.8	193	237.31	
101	6	S	A	CAN	14	55.9	229	244.10	2.41
102						54.5	229	237.99	
103						54.8	229	239.30	
104						55.2	229	241.05	
105	4	P	A	CAN	14	51.7	193	267.88	2.69
106						52.4	193	271.50	
107						52.5	193	272.02	
108						51.3	193	265.80	
109	6	P	A	CAN	14	62.9	229	274.67	2.72
110						62.8	229	274.24	



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

111						61.5	229	268.56	
112						61.9	229	270.31	
113	4	S	H	CAN	14	41.8	193	216.58	2.14
114						41.7	193	216.06	
115						40.7	193	210.88	
116						41.2	193	213.47	
117	6	S	H	CAN	14	52.1	229	227.51	2.29
118						52.4	229	228.82	
119						53.1	229	231.88	
120						51.8	229	226.20	
121	4	P	H	CAN	14	48.4	193	250.78	2.51
122						47.5	193	246.11	
123						49.3	193	255.44	
124						48.5	193	251.30	
125	6	P	H	CAN	14	61.5	229	268.56	2.67
126						61.7	229	269.43	
127						60.8	229	265.50	
128						60.4	229	263.76	
129	4	S	A	RIO	28	54.9	193	284.46	2.83
130						54.5	193	282.38	
131						55.1	193	285.49	
132						54.3	193	281.35	
133	6	S	A	RIO	28	66.8	229	291.70	2.92
134						66.2	229	289.08	
135						67.3	229	293.89	
136						67.1	229	293.01	
137	4	P	A	RIO	28	62.2	193	322.28	3.19
138						61.6	193	319.17	
139						61.5	193	318.65	
140						60.8	193	315.03	
141	6	P	A	RIO	28	75.2	229	328.38	3.29
142						75.8	229	331.00	
143						74.1	229	323.58	
144						76.3	229	333.19	
145	4	S	H	RIO	28	50.4	193	261.14	2.57
146						49.2	193	254.92	
147						48.8	193	252.85	
148						49.8	193	258.03	
149	6	S	H	RIO	28	63.1	229	275.55	2.72



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

150						61.3	229	267.69	
151						62.5	229	272.93	
152						62.7	229	273.80	
153	4	P	H	RIO	28	59.8	193	309.84	3.04
154						57.9	193	300.00	
155						58.5	193	303.11	
156						58.4	193	302.59	
157	6	P	H	RIO	28	72.6	229	317.03	3.16
158						72.5	229	316.59	
159						72.4	229	316.16	
160						72.1	229	314.85	
161	4	S	A	CAN	28	55.1	193	285.49	2.82
162						55.1	193	285.49	
163						53.1	193	275.13	
164						54.3	193	281.35	
165	6	S	A	CAN	28	66.1	229	288.65	2.83
166						64.3	229	280.79	
167						64.2	229	280.35	
168						64.5	229	281.66	
169	4	P	A	CAN	28	61.5	193	318.65	3.16
170						61.9	193	320.73	
171						60.2	193	311.92	
172						60.5	193	313.47	
173	6	P	A	CAN	28	74.1	229	323.58	3.21
174						73.8	229	322.27	
175						73.5	229	320.96	
176						72.8	229	317.90	
177	4	S	H	CAN	28	49.5	193	256.48	2.52
178						48.5	193	251.30	
179						48.8	193	252.85	
180						47.6	193	246.63	
181	6	S	H	CAN	28	61.2	229	267.25	2.69
182						60.8	229	265.50	
183						62.5	229	272.93	
184						62.1	229	271.18	
185	4	P	H	CAN	28	58.2	193	301.55	2.96
186						56.3	193	291.71	
187						56.5	193	292.75	
188						57.5	193	297.93	



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

189	6	P	H	CAN	28	70.8	229	309.17	3.13
190						71.2	229	310.92	
191						72.9	229	318.34	
192						71.9	229	313.97	

T. Agua: Tipo de agua (P: potable, S: subterránea)

TC: Tipo de cemento (A: cementos Argos, H: cementos Holcim)

T. Arena: Tipo de arena (Rio, Cantera)

EM: Edad de la muestra.



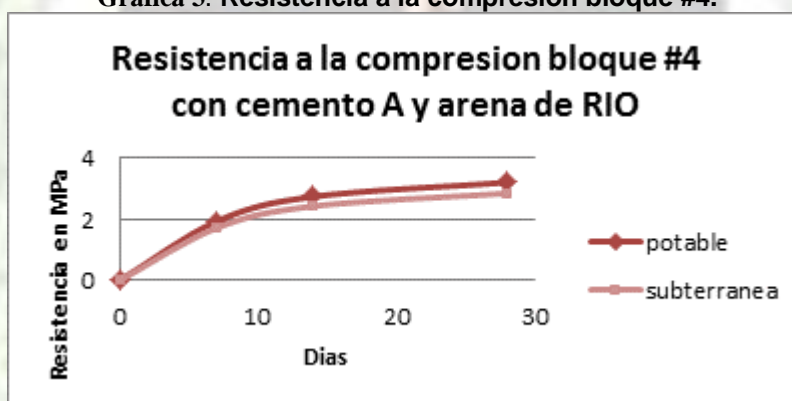


12. VIABILIDAD DEL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Tabla 22. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades.

bloque #4 con cemento A y arena de rio (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.916	1.705
14	2.724	2.413
28	3.188	2.834

Grafica 3. Resistencia a la compresión bloque #4.



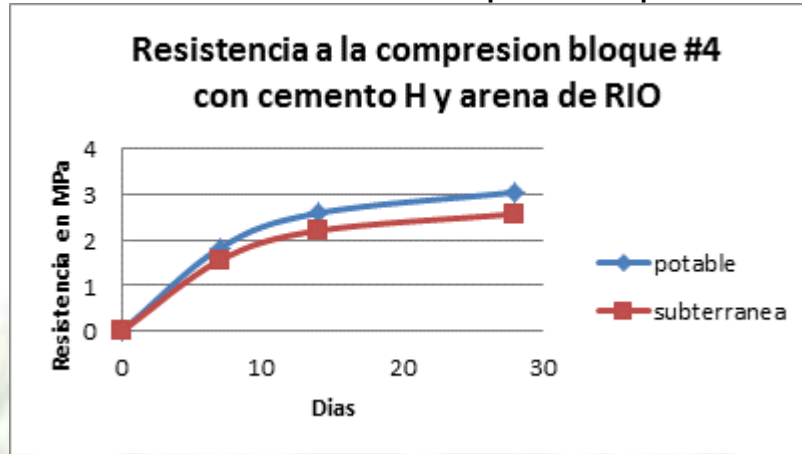
La grafica 3 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguientes características: bloque #4 con cementos Argos y arena de RIO, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 12% menos para el agua subterránea.

Tabla 23. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades.

bloque #4 con cemento H y arena de rio (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.820	1.552
14	2.585	2.201
28	3.039	2.567



Grafica 4. Resistencia a la compresión bloque #4.

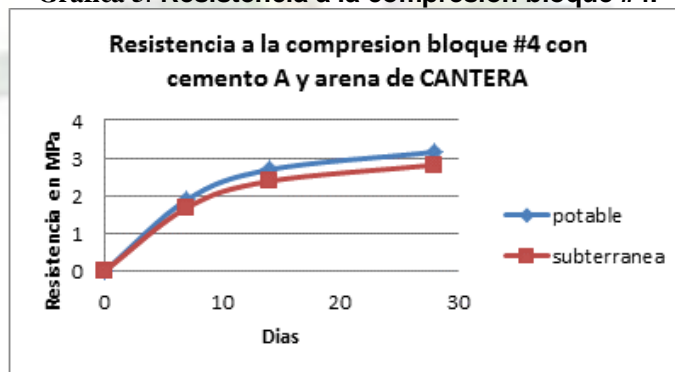


La grafica 4 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguietnes caracteristicas: bloque #4 con cemento Holcim y arena de RIO, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 15% menos para el agua subterránea.

Tabla 24. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades.

bloque #4 con cemento A y arena de cantera (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.895	1.688
14	2.693	2.389
28	3.162	2.819

Grafica 5. Resistencia a la compresión bloque #4.



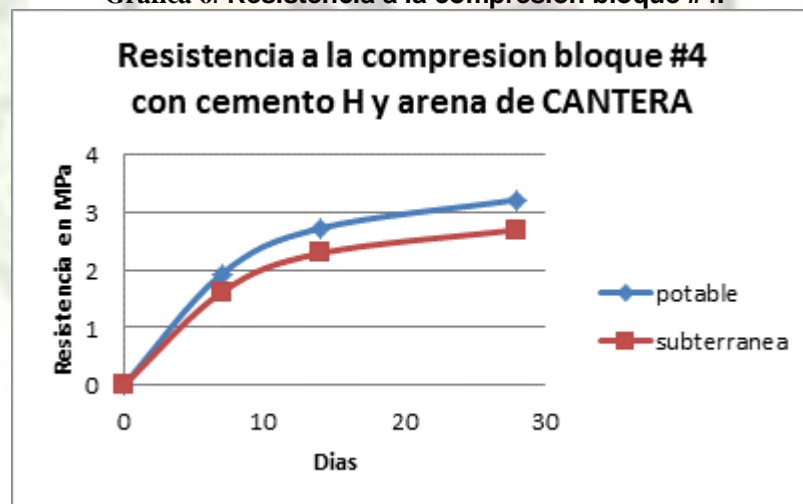


La grafica 5 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguietnes características: bloque #4 con cementos Argos y arena de CANTERA, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 11% menos para el agua subterránea.

Tabla 25. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #4 a diferentes edades.

bloque #4 con cemento H y arena de cantera (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.928	1.615
14	2.719	2.286
28	3.212	2.692

Grafica 6. Resistencia a la compresión bloque #4.



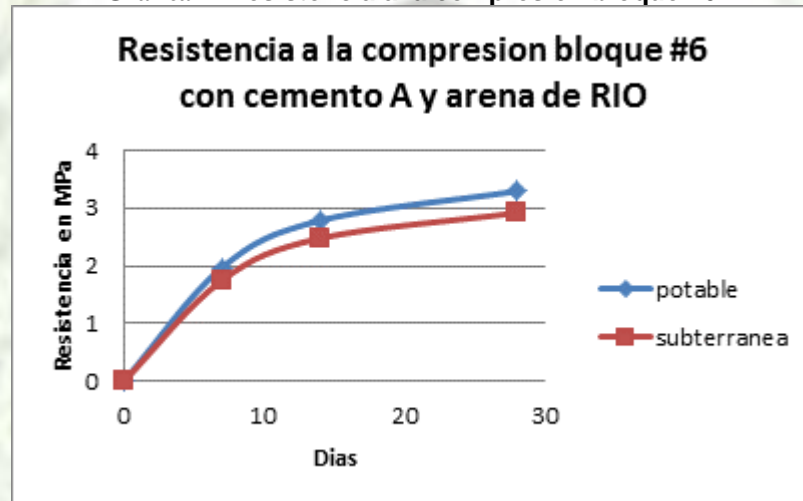
La grafica 6 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguietnes características: bloque #4 con cemento Holcim y arena de CANTERA, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 16% menos para el agua subterránea.



Tabla 26. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades.

bloque #6 con cemento A y arena de rio (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.968	1.747
14	2.784	2.477
28	3.290	2.919

Grafica 7. Resistencia a la compresión bloque #6.



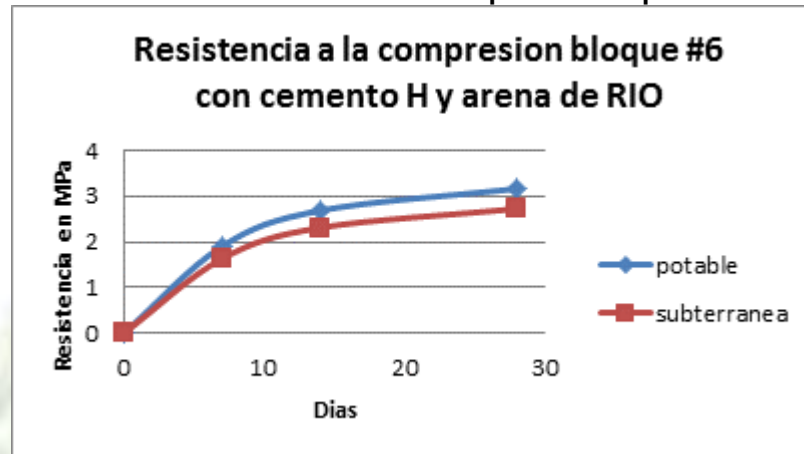
La grafica 7 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguietnes características: bloque #6 con cemento Argos y arena de RIO, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 11% menos para el agua subterránea.

Tabla 27. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades.

bloque #6 con cemento H y arena de rio (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.898	1.630
14	2.684	2.309
28	3.162	2.725



Grafica 8. Resistencia a la compresión bloque #6.

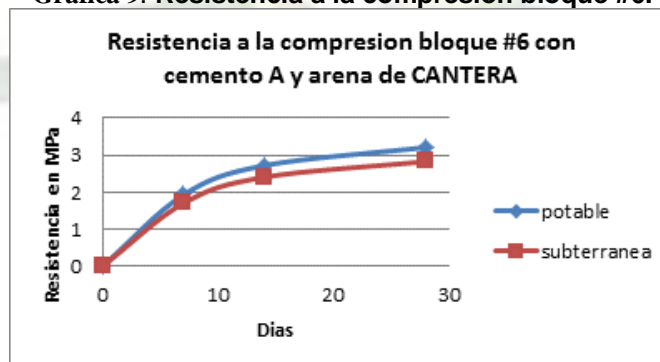


La grafica 8 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguientes características: bloque #6 con cemento Holcim y arena de RIO, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 14% menos para el agua subterránea.

Tabla 28. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades.

bloque #6 con cemento A y arena de cantera (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.928	1.702
14	2.719	2.406
28	3.212	2.829

Grafica 9. Resistencia a la compresión bloque #6.



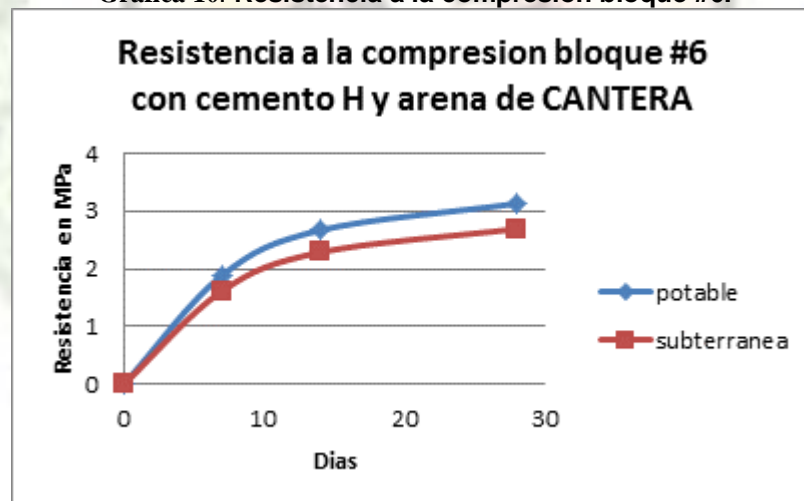


La grafica 9 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguietnes características: bloque #6 con cemento Argos y arena de CANTERA, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 12% menos para el agua subterránea.

Tabla 29. Ensayo de resistencia a compresión a bloque #6 a diferentes edades.

bloque #6 con cemento H y arena de cantera (Mpa)		
edad	potable	subterránea
0	0	0
7	1.884	1.615
14	2.668	2.286
28	3.131	2.692

Grafica 10. Resistencia a la compresión bloque #6.



La grafica 10 muestra la comparacion de los resultados de las resistencias a diferentes dias con las siguietnes características: bloque #6 con cemento Holcim y arena de CANTERA, las resistencias son un poco mas bajas alrededor de un 14% menos para el agua subterránea.



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

Tabla 30. Valores de resistencia para bloque #4.

ENSAYO A BLOQUE #4 A DIFERENTES EDADES, RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)								
EDAD (Días)	ARENA DE RIO				ARENA DE CANTERA			
	ARGOS		HOLCIM		ARGOS		HOLCIM	
	POTABLE	SUBTERRÁNEA	POTABLE	SUBTERRÁNEA	POTABLE	SUBTERRÁNEA	POTABLE	SUBTERRÁNEA
7	1.92	1.70	1.82	1.55	1.90	1.69	1.93	1.61
14	2.72	2.41	2.59	2.20	2.69	2.39	2.72	2.29
28	3.19	2.83	3.04	2.57	3.16	2.82	3.21	2.69





13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. CONCLUSIONES

De acuerdo con los valores obtenidos en el laboratorio de los ensayos a los bloques #4 y a los bloques #6 que se tomaron de muestra y separando los resultados de acuerdo a las características similares correspondientes a cada bloque, se colocaron en las tablas y luego se hicieron los gráficos correspondientes, de esto podemos analizar los resultados los cuales nos reflejan que el agua subterránea efectivamente influye en la resistencia a la compresión dándonos un rango entre el 11% y el 16% menos en la resistencia aunque pudimos observar al mismo tiempo que la resistencia se mueve en este rango debido al tipo de cemento y al tipo de arena que se utilizaba, de esto se pudo observar que efectivamente el cemento Argos nos dio un resultado más favorable alrededor de un 2% en la resistencia y la arena de Rio también mejoro la resistencia en un 3%, si comparamos la gráfica 3 y la gráfica 4 las cuales muestran unas resistencias para bloque #4 con arena de rio y para los dos tipos de agua pero donde en la gráfica 3 tenemos cementos Argos la cual muestra un 2% mayor en la resistencia que en la gráfica 4 la cual se utilizó cemento Holcim, ahora si se compara la gráfica 3 con la gráfica 5 las cuales nos tienen unas resistencias para bloque #4 con cemento Argos y para los dos tipos de gua encontramos que las resistencia con arena de rio aumenta en un 3% que con la arena de cantera y si seguimos comparando las gráficas nos damos cuenta que los valores de la resistencia varían de acuerdo al tipo de material que utilicemos, es decir, que si se utiliza cementos Argos aumenta la resistencia en 2% en comparación con el cemento Holcim y si al mismo tiempo se utiliza arena de rio la cual aumenta en un 3% la resistencia se tendría la mejor combinación tanto para agua potable como para agua subterránea con un mejoramiento del 5%.



13.2. RECOMENDACIONES

Para estar seguros de la utilización del agua subterránea lo mejor posible se recomienda utilizar arena de Río y cementos Argos aunque en comparación con el agua potable hay una reducción del 11% aproximadamente se encuentra en un rango aceptable pero preferiblemente para estructuras de alta cuantía es mejor utilizar el agua potable ya que el agua subterránea contiene una alta concentración de sulfatos y cloruros pero para la preparación de bloques de concreto es aceptable utilizar este tipo de agua ya que este producto se utiliza generalmente para la división de espacios y no como apoyo estructural.



14. BIBLIOGRAFÍA

- Caballero Matute, José Feliz y Urda Martínez, Jennifer (2010) Análisis de la influencia del agua del río Magdalena como agua de mezclado en las propiedades del concreto de 3000 y 4000 psi. Trabajo de grado. Universidad de Cartagena.
- Carlos Andrés Sanjuán y Ana Elida Puerta Vergara (2011) Análisis de la influencia de la disminución de las partículas en suspensión del agua del río Magdalena sobre la resistencia de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Mompox. Trabajo de grado. Universidad de Cartagena.
- Carlos Antonio Álvarez Hadechiny y Karina Manjarrés Vergara (2009) Influencia de las características del agua de mezclado en la resistencia del concreto de 3000 y 4000 psi. Trabajo de grado. Universidad de Cartagena.
- Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Rangsit Campus, Khlong Luang, Thailand.
Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Rangsit Campus, Khlong Luang, Thailand, Revisado el 10 de marzo de 2005; aceptado el 9 de diciembre de 2005 y disponible en línea el 25 de enero de 2006.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1982-05-05. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 121. Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones físicas y mecánicas. Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 2000-06-21. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 174. Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto. (ASTM C 33). Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1999-07-28. NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 221. Ingeniería civil y arquitectura.



Cementos. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico. (ASTM C 188). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 226. Cementos. Método de ensayo para determinar la finura del cemento hidráulico por medio de los tamices de 75 μm No 200 y 150 μm No 100. (ASTM C 184). Bogotá D.C.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1966-02-14. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 30. 1966-02-14. Cemento Portland. Clasificación y Nomenclatura.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1982-05-05. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 31 (segunda actualización). Ingeniería civil y arquitectura. Cemento.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1982-08-04. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 321 (segunda actualización). Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones Químicas. (ASTM C 150). Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1997-11-26. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 33. Ingeniería civil y arquitectura. Método para la determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato Blaine de permeabilidad al aire. (ASTM C 204). Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1999-09-15. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 385. Ingeniería civil y arquitectura. Terminología relativa al concreto y sus agregados. Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1997. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural (ASTM C 90). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4383: 199-11-24,



INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MAMPOSTERÍA DE CONCRETO. TÉRMINOS Y DEFINICIONES. Bogotá D.C.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1972-0719. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 597. Determinación de la finura del cemento Portland por medio del turbidímetro. (ASTM C 115) NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 890. 1995-05-10 Ingeniería civil y arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración. (ASTM C 403-92). Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 2001. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. (NTC 3459) CONCRETOS. Agua para la elaboración de concreto. Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 2000. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. CONCRETO. Calidad del Agua para Concretos (NTC E-417).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 2000. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. CONCRETO. Especificación de los agregados para concretos (NTC 174). Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 2000. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados. (NTC 673). Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1997. NTC 4076. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural y chapas de concreto (ASTM C 129). Bogotá D.C.



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

- SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. 2000. Tecnología del Concreto y del Mortero. Bhandar Editores. Biblioteca de la Construcción. Santa Fe de Bogotá D.C.





ANEXOS.

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA DE RIO.

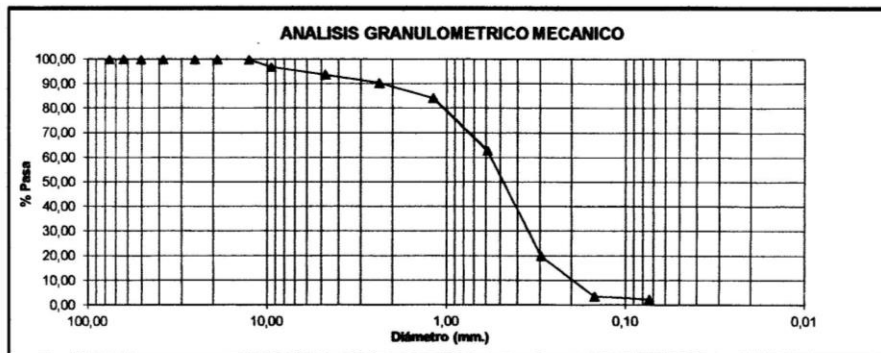
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Localización _____ Sondeo No. _____
 Descripción del suelo ARENA DE RIO Muestra No. _____
 Fecha 30 de Septiembre de 2013 Profundidad _____

ANÁLISIS POR TAMIZADO

Peso de la Muestra Seca (P1) 1500,0 gr.
 Peso de la muestra lavada por tamiz No. 200 seca (P2) 1463 gr.

Tamiz No.	D (mm.)	W Ret. (gr.)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2½"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1½"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
¾"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0
½"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	47,0	3,1	3,1	96,9
No. 4	4,760	45,6	3,0	6,2	93,8
No. 8	2,380	52,0	3,5	9,6	90,4
No. 16	1,190	91,3	6,1	15,7	84,3
No. 30	0,590	321,0	21,4	37,1	62,9
No. 50	0,297	643,5	42,9	80,0	20,0
No. 100	0,149	246,0	16,4	96,4	3,6
No. 200	0,074	17,0	1,1	97,6	2,4
FINOS		36,6	2,4	100,0	
			MODULO FINURA	2,48	





• ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA DE CANTERA.

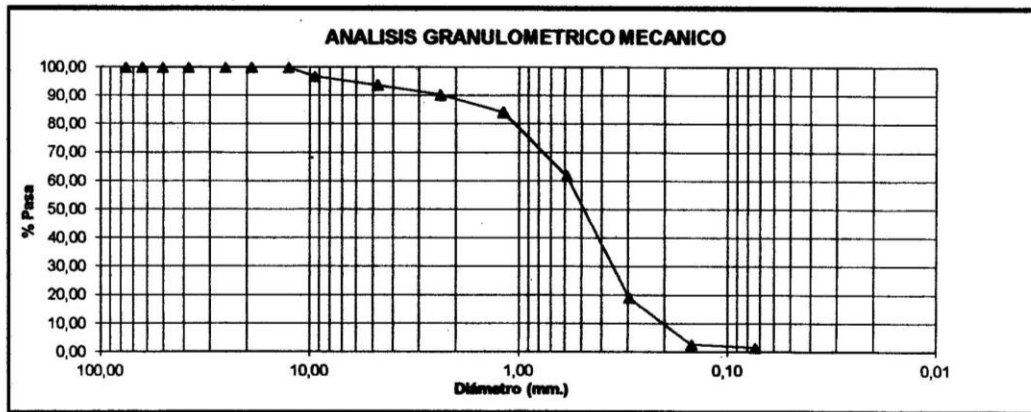
ANALISIS GRANULOMETRICO

Localización _____ Sondéo No. _____
 Descripción del suelo ARENA DE ARROYO Muestra No. _____
 Fecha 30 de Septiembre de 2013 Profundidad _____

ANALISIS POR TAMIZADO

Peso de la Muestra Seca (P1) 1500,0 gr.
 Peso de la muestra lavada por tamiz No. 200 seca (P2) 1476,4 gr.

Tamiz No.	D (mm.)	W Ret. (gr.)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2½"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1½"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
¾"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0
½"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	47,0	3,1	3,1	96,9
No. 4	4,760	45,6	3,0	6,2	93,8
No. 8	2,380	52,0	3,5	9,6	90,4
No. 16	1,190	91,3	6,1	15,7	84,3
No. 30	0,590	334,0	22,3	38,0	62,0
No. 50	0,297	643,5	42,9	80,9	19,1
No. 100	0,149	246,0	16,4	97,3	2,7
No. 200	0,074	17,0	1,1	98,4	1,6
FINOS		23,8	1,6	100,0	
			MODULO FINURA	2,51	





INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

• ENSAYO DE LABORATORIO; ANALISIS FISICO-QUIMICO DE LA MUESTRA DE AGUA POTABLE.



Cartagena de Indias, 18 de agosto de 2013
Reporte LSA-FCF-Nº 226 /2013



Universidad de Cartagena
Fundada en 1827

Sr.
BENIGNO OROZCO OROZCO

Ciudad.

Cordial saludo

De acuerdo con su solicitud de análisis le estamos haciendo entrega de los resultados de una (01) muestra de agua, Tomada y traída por ustedes.

PARAMETRO	RESULTADO
PH, Unidades	6.96
Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$	141.6
Alcalinidad total, mg/L Como CaCO_3	34.00
Dureza total, mg/L Como CaCO_3	46.00
Cloruros, mg/L	36.70
Sulfatos, mg/L	9.21
Materia Organica, mg/L	0.76
Nitritos, mg/L	0.15
Solidos totales, mg/L	78.50

Atentamente,

JAIRO E. MERCADO CAMARGO, Q. F.
Coordinador Laboratorio de Prestación de Servicios

LICENCIA NAL. DE FUNCIONAMIENTO DE MINSALUD No. 752 DE NOV. 24/1988.

Elaboró MORELO.



Facultad de Ciencias Farmacéuticas
Unidad de Prestación de Servicio
Rafael Ruiz Arango
Campus de Zaragocilla, Área de la Salud
Teléfonos: 6698277
email: pserviciocq@yahoo.es
web: www.unicartagena.edu.co
Cartagena de Indias, D.T. y C. - Colombia



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

• ENSAYO DE LABORATORIO-ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
Facultad de Ciencias Farmacéuticas

Unidad de Prestación de Servicios –Rafael Ruíz Arango
Campus de Zaragocilla Teléfono: 6698277
Correo: pserviciocf@yahoo.es

Cartagena de Indias, mayo 25 de 2012
Reporte LSA-FCF-N°075/2012

Señor.
Benigno Orozco
Ciudad.

Cordial saludo.

Le estamos entregando los resultados de una (1) muestra de agua, traída por usted para su respectivo análisis físicoquímico.

Parámetro	Resultado	Método
Conductividad,us/cm	4640.0	Electrométrico
pH, Unidades	7.57	Potencio métrico
Alcalinidad total Mg/L como CaCO ₃	140.0	Titulación
Cloruros,mg/L	675.0	Argento métrico(Titulación)
Sulfatos,mg/L	300.0	Nefelometría
Sólidos Totales,mg/L	2550.0	Gravimetría
Dureza Total,mg/L como CaCO ₃	1440.0	Titulo métrico con EDTA.
Nitratos,mg/L	5.83	Espectroscopia UV-BIS
Materia Organica,mg/L	185.0	Reflujo Abierto.

us/cm= microsiem/centímetro

Atentamente,

JAIRO E. MERCADO CAMARGO, Q. F.
Coordinador Laboratorio de Prestación de Servicios

UNIVERSIDAD
DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS
Unidad de Prestación de Servicios
Rafael Ruíz Arango

LICENCIA NAL. DE FUNCIONAMIENTO DE MINSALUD No. 752 DE NOV. 24/1988.



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLIVAR

Figura 1. Montaje experimental de las probetas ensayadas. Fuente: Elaboración propia.

