

**UTILIZACIÓN DE JABÓN COMO ALTERNATIVA DE ADITIVO HIDRÓFUGO EN  
MEZCLAS DE CONCRETOS Y MORTEROS**

**Presentado por:**

**JAIME STEVEN JOVEL CASTRO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**OPCIÓN DE GRADO**

**GIRARDOT**

**2021**

**UTILIZACIÓN DE JABÓN COMO ALTERNATIVA DE ADITIVO HIDRÓFUGO EN  
MEZCLAS DE CONCRETOS Y MORTEROS**

**JAIME STEVEN JOVEL CASTRO**

**Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título**

**de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Tutor Proyecto de Grado:**

**LEANDRO ALBERTO VELASQUEZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**OPCIÓN DE GRADO**

**GIRARDOT**

**2021**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

## Dedicatoria

*A Dios.*

*Porque eres mi fortaleza. En los momentos más difíciles de mi vida me has dado aliento y esperanza, eres quien me ha formado y transformado en la persona que soy y seré. Porque siempre has estado conmigo y siempre lo estarás.*

*A mi mamá, Elsa Castro López.*

*Tú, mujer virtuosa, me enseñaste que los grandes sacrificios valen la pena cuando se hacen con amor y convicción. Fuiste mi ejemplo en los años que estuviste junto a nosotros en este mundo y lo serás toda mi vida. Tu memoria perdurará para siempre en mi corazón.*

*A mis hermanas y sobrinas.*

*Son ustedes mi motivación. Siempre han estado ahí y siempre lo estarán porque estamos unidos por un lazo de amor espiritual y fraternal el cual nuestra madre formó y Dios afirmó.*

## **Agradecimientos**

A Dios porque es él quien me ha brindado la oportunidad de formarme como profesional y en todo este camino me ha dado la inteligencia para aprender, porque puso en mi camino a las personas adecuadas en los momentos precisos para que me ayudaran.

A mi familia porque son lo más importante en mi vida.

Al Ingeniero Rodolfo Laguna, quien fue mi primer mentor en el mundo de la ingeniería y a quien le aprendí sus mejores cualidades.

A todos los docentes que hicieron parte de mi formación como profesional, por compartir sus conocimientos y vivencias.

A Delbis Rocío Ríos, Clara Nelcy Salcedo Reina, Elvia Yaneth Galarza Bogotá y demás personas que en un momento difícil de mi vida me brindaron su apoyo para que pudiera continuar con mis estudios.

## Resumen

El uso de aditivos en la industria de la construcción se remonta décadas atrás, se ha hecho desde sus inicios de forma empírica y con el pasar del tiempo de forma técnica. Los tipos de aditivos son variados y depende de la necesidad o características técnicas de la mezcla cementante. La norma NTC 1299 los clasifica en; plastificante, retardante, acelerante, plastificante retardante, plastificante acelerante, superplastificante, superplastificante retardante y superplastificante acelerante. Aunque existen otros como los impermeables o de baja permeabilidad. Hay accesibilidad a este tipo de materiales en gran parte del territorio colombiano, aunque existen áreas aisladas donde se dificulta disponer de este tipo de materiales. Por otro lado, es importante en el desarrollo de obras civiles contar con múltiples opciones que permitan disminuir costos y cumplir con especificaciones o requerimientos técnicos solicitados. Por lo tanto, en este trabajo se ha determinado la capacidad del jabón como aditivo impermeable en mezcla de concreto y mortero. Se establece mediante ensayos en laboratorio el porcentaje de absorción y comparan con muestras sin aditivo, también se concluye la dosificación adecuada y la injerencia del aditivo en estudio en la resistencia a compresión de diseño esperada. Finalmente, se logra determinar que su uso es viable económica y asequiblemente en las dosificaciones recomendadas y para uso en el alcance recomendado.

**Palabras clave:** Jabón, concreto, mortero, revoque, pañete, hidrofugo, impermeable, aditivo.

### **Abstract**

The use of additives in the construction industry dates back decades, it has been done empirically since its inception and with the passage of time in a technical way. The types of additives are varied and depend on the need or technical characteristics of the cementitious mix. The NTC 1299 standard classifies them as; plasticizer, retarder, accelerator, retarder plasticizer, accelerator plasticizer, superplasticizer, retardant superplasticizer, and accelerator superplasticizer. Although there are others such as waterproof or low permeability. There is accessibility to this type of material in much of the Colombian territory, although there are isolated areas where it is difficult to have this type of material. On the other hand, it is important in the development of civil works to have multiple options that allow reducing costs and meeting the specifications or technical requirements requested. For this reason, in this work the capacity of soap as a waterproof additive in concrete and mortar mixtures has been determined. The absorption percentage is established by laboratory tests and is compared with samples without additive, the appropriate dosage and the interference of the supplementary additive in the expected design of compressive strength is also concluded. Finally, it is possible to determine that its use is economical and affordable in the recommended doses and for its use in the recommended range.

**Keywords:** Soap, concrete, mortar, plaster, cloth, waterproof, additive.

### Lista de figuras

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Figura 1 Resistencia a la Compresión en Muestras de Concreto con aditivo al 1, 2.5 y 5%.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Figura 2 Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Concreto con Jabón al 1%.....</i>      | <i>18</i> |
| <i>Figura 3 Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Concreto con Jabón al 2.5%.....</i>    | <i>19</i> |
| <i>Figura 4 Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Concreto con Jabón al 5%.....</i>      | <i>19</i> |
| <i>Figura 5 Resistencia a la Compresión en Muestras de Mortero con aditivo al 1, 2.5 y 5%.....</i>  | <i>20</i> |
| <i>Figura 6 Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Mortero con Jabón al 1%.....</i>       | <i>21</i> |
| <i>Figura 7 Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Mortero con Jabón al 2.5%.....</i>     | <i>21</i> |
| <i>Figura 8 Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Mortero con Jabón al 5%.....</i>       | <i>22</i> |
| <i>Figura 9 Deseccación en Probetas de Mortero .....</i>  | <i>23</i> |
| <i>Figura 10 Deseccación en Probetas de Concreto .....</i>  | <i>23</i> |

### Lista de tablas

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1 Porcentaje de Absorción en Muestras de Concreto .....</i>                          | <i>20</i> |
| <i>Tabla 2 Porcentaje de Absorción en Muestras de Mortero.....</i>                            | <i>22</i> |
| <i>Tabla 3 Comparativo económico para Concreto de 21MPa.....</i>                              | <i>25</i> |
| <i>Tabla 4 Comparativo económico para Concreto de 21MPa.....</i>                              | <i>26</i> |
| <i>Tabla 5 Resultados de Ensayos a Compresión en Muestras de Concreto.....</i>                | <i>30</i> |
| <i>Tabla 6 Resultados de Ensayos a Compresión en Muestras de Mortero .....</i>                | <i>31</i> |
| <i>Tabla 7 Dosificación de Concreto a Compresión por Proporciones en Volumen Suelto .....</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 8 Dosificación de Mortero a Compresión por Proporciones en Volumen Suelto .....</i>  | <i>33</i> |



## Contenido

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b><i>Resumen</i></b> _____  | <b><i>VI</i></b>   |
| <b><i>Abstract</i></b> _____   | <b><i>VII</i></b>  |
| <b><i>Lista de figuras</i></b> _____   | <b><i>VIII</i></b> |
| <b><i>Lista de tablas</i></b> _____  | <b><i>VIII</i></b> |
| <b><i>Introducción</i></b> _____   | <b><i>1</i></b>    |
| <b><i>Planteamiento del Problema</i></b> _____   | <b><i>2</i></b>    |
| <b><i>Justificación</i></b> _____  | <b><i>4</i></b>    |
| <b>Objetivos</b> _____   | <b><i>4</i></b>    |
| <b>Objetivo General</b> _____  | <b><i>4</i></b>    |
| <b>Objetivo Especifico</b> _____   | <b><i>4</i></b>    |
| <b><i>Marco Referencial</i></b> _____  | <b><i>5</i></b>    |
| <b>Marco Teórico</b> _____   | <b><i>5</i></b>    |
| Nota histórica de los aditivos y el concreto _____   | <b><i>5</i></b>    |
| El jabón como aditivo _____  | <b><i>7</i></b>    |
| <b>Marco Conceptual</b> _____  | <b><i>8</i></b>    |
| Cemento portland _____   | <b><i>8</i></b>    |
| Agregados o áridos _____   | <b><i>8</i></b>    |
| Concreto u hormigón _____  | <b><i>8</i></b>    |
| Fraguado _____   | <b><i>8</i></b>    |
| Curado _____   | <b><i>9</i></b>    |
| Endurecimiento _____   | <b><i>9</i></b>    |
| Aditivos _____   | <b><i>9</i></b>    |
| Jabón _____  | <b><i>9</i></b>    |
| Impermeabilidad _____  | <b><i>9</i></b>    |
| Trabajabilidad _____   | <b><i>9</i></b>    |
| <b>Estado del Arte</b> _____   | <b><i>10</i></b>   |
| Investigaciones internacionales _____  | <b><i>10</i></b>   |
| Jabones metálicos para la producción de hormigón hidrófugo integral. _____   | <b><i>10</i></b>   |
| Resistencia al agua y anti-penetración de cloruros de hormigón hidrófugo integral con adición de jabones metálicos _____ | <b><i>11</i></b>   |
| Investigaciones nacionales _____   | <b><i>13</i></b>   |
| El uso del jabón en la construcción. _____   | <b><i>13</i></b>   |
| <b><i>Metodología</i></b> _____  | <b><i>15</i></b>   |
| <b><i>Resultados</i></b> _____   | <b><i>18</i></b>   |
| <b><i>Análisis y discusión de resultados</i></b> _____   | <b><i>24</i></b>   |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Comparativo económico</b>                                 | <b>25</b> |
| <b>Conclusiones</b>  | <b>26</b> |
| <b>Recomendaciones</b>                                       | <b>27</b> |
| <b>Referencias</b>   | <b>28</b> |
| <b>Anexos</b>  | <b>30</b> |
| <b>Informe ensayos a compresión</b>                          | <b>30</b> |
| <b>Tablas de dosificación</b>                                | <b>32</b> |
| <b>Cálculos cantidades de material</b>                       | <b>34</b> |
| Probetas de concreto   | 34        |
| Cemento  | 34        |
| Arena  | 34        |
| Grava  | 34        |
| Agua   | 35        |
| Jabón  | 35        |
| Probetas de mortero  | 35        |
| Cemento  | 36        |
| Arena  | 36        |
| Agua   | 36        |
| Jabón  | 36        |
| <b>Cálculos porcentaje de absorción muestras de concreto</b> | <b>37</b> |
| <b>Cálculos porcentaje de absorción muestras de mortero</b>  | <b>38</b> |
| <b>Registro fotográfico</b>                                  | <b>40</b> |

## Introducción

El uso del jabón como una alternativa de aditivo hidrofugo en mortero y concreto es el estudio que se llevó a cabo en el presente trabajo. Se determinó un alcance y dosificación óptima, en el proceso se descubrió que ayuda a evitar pérdida de agua por desecación y que su viabilidad económica y asequible es posible a lo largo y ancho del territorio colombiano al ser un elemento material de uso básico y bajo costo.

El presente trabajo nació de la necesidad constante para disponer de alternativas económicas viables para diferentes aspectos técnicos y funcionales en ejecución de obras civiles que reduzcan costos y cumplan con especificaciones técnicas.

El tema en estudio no cuenta con un amplio soporte técnico. A nivel internacional se conoce que la adición de jabón metálico (mezcla de estearatos metálicos) ayudan a disminuir la penetración del agua y de cloruros cuando el material en estudio se expuso al agua marina, contribuyendo con este aporte en alargar la vida útil de estructuras de hormigón expuestas a entornos agresivos como el mar. (Wittmann, F. H., Jiang, R., Zhao, T., & Wolfseher, R. ,2011).

Otro estudio que igualmente utilizó jabón metálico en muestras de concreto concluyó que la resistencia a compresión se reduce en un 45% respecto a la muestra sin contenido del aditivo estudiado y este efecto aumenta conforme mayor sea la concentración del agente. Su utilización ayuda a reducir en gran manera la absorción capilar del agua ya que en la capa exterior se forma una barrera creada por los estearatos. Inhibe de manera eficaz la intrusión de iones cloruro, por debajo del 0,15% a una profundidad de 10mm (Jiang, R., Zhang, P., Zhao, T. J., & WANG, L. 2010).

En Colombia se destaca el trabajo hecho por el ingeniero civil José Gilberto López Herrera, quien en su libro titulado *El uso del jabón en la construcción* afirma que esta técnica

evita las fisuras tanto en bloques como en revoque. Que se disminuyen los costos de construcción, que en los bloques de hormigón se disminuye la absorción, que su uso ayuda a impermeabilizar en un buen porcentaje, proporciona fluidez e incrementa la resistencia, además de ser un material asequible en supermercados, tiendas, ciudades, pueblos, caseríos y lugares lejanos (López Herrera, J. G., 2011).

En el presente trabajo el autor busca determinar a través de ensayos las características hidrófugas, dosificación y afectación a la resistencia de diseño esperada en concreto y mortero al implementar el jabón como aditivo impermeabilizante. Para este fin se realizó un análisis histórico de los aditivos, el concreto y el jabón como aditivo. Se conceptualizaron términos afines y relacionaron investigaciones internacionales y nacionales del tema en estudio. Se describe la metodología realizada y muestran resultados de laboratorios.

### **Planteamiento del Problema**

Colombia es un país en desarrollo y prueba de esto son los proyectos del estado que buscan grandes inversiones del extranjero a través de ProColombia, una entidad gubernamental encargada de promover al país en su imagen, turismo, inversión extranjera y exportaciones. A comienzos de Julio 2020 ProColombia realizó de manera virtual a empresarios de Europa la presentación de 74 iniciativas de inversión, de estos el 42% fueron referentes a infraestructura. Para el 2019 la inversión en infraestructura ascendió a los \$51.200 millones de dólares de acuerdo a datos suministrados por BNamericas.

De acuerdo a la base de datos del DANE para el primer trimestre del 2020 el sector de la construcción en cuanto al PIB llegó a 2.9, 1.8 por encima del año anterior. Confirmando que a pesar de los inconvenientes ocasionados por el Covid-19 el sector sigue creciendo y es parte

fundamental en la proyección de desarrollo del país. Para este propósito el uso del concreto es fundamental.

Si se habla de concreto premezclado se conoce por estadísticas del DANE que entre el mes de enero y mayo del 2020 se produjo 1.783,5 miles de m<sup>3</sup> con una variación negativa del -40.9% en comparación con el mismo periodo del año anterior, datos comprensibles dada la coyuntura que ocasionó la pandemia, parando obras y dando reintegro a actividades en condiciones de baja densidad operacional por restricciones de bioseguridad.

Pero si hablamos de concreto mezclado en obra son datos sin estadísticas. Aunque para dar una idea de su posible magnitud se tomaría como referencia las licencias de construcción otorgadas que, para el mes de junio del 2020 y de acuerdo con la información almacenada y compartida por el DANE, se licenciaron 1.251.850m<sup>2</sup> para construcción de los cuales 944.104m<sup>2</sup> fueron licenciados para vivienda.

El concreto se usa como componente principal en las estructuras tradicionales (no metálicas) que, acompañado con el acero corrugado y según los diseños, cumplen con los requerimientos según su finalidad, aunque dependiendo de esta se hace o no necesario la utilización de aditivos que modifiquen sus características físicas, químicas o mecánicas.

Colombia como país en desarrollo tiene zonas aisladas de ciudades capitales, dificultando contar con materiales que resulta necesario tener según la obra, entonces, de requerir elementos cementantes en condiciones de baja permeabilidad, resulta difícil de realizar ya que obtener aditivos para este fin comprendería un alto costo o no podría realizarse lo que podría ocasionar patologías. Por tal motivo el presente trabajo busca determinar por medio de ensayos la viabilidad del uso del jabón como aditivo impermeabilizante en el concreto brindando de manera técnica la dosificación adecuada sin verse afectada la resistencia a compresión diseñada.

## **Justificación**

El presente trabajo busca determinar la viabilidad de usar el jabón como una alternativa de aditivo hidrófugo en concreto y mortero por medio de ensayos y establecer la dosificación idónea para este fin. Ya que esta práctica se realiza en algunas obras de baja magnitud con conocimientos basados en la experiencia, datos que no son soportados por estudios técnicos. Por este motivo el autor busca determinar el impacto que el elemento de estudio puede ocasionar al concreto en algunos de sus aspectos físicos y mecánicos. Concediendo datos técnicos que abren otros aspectos a investigar y que de acuerdo a los resultados tendría la oportunidad de brindar una alternativa asequible de aditivo impermeabilizante al concreto y motero en gran parte del territorio colombiano al ser este un producto de uso básico.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- ☺ Determinar por medio de ensayos las características hidrófugas al implementar el jabón como aditivo en mezclas de concreto y mortero.

### **Objetivo Especifico**

- ☺ Realizar por medio de tanteos la dosificación optima de jabón sin mayor afectación de la resistencia a compresión diseñada.
- ☺ Determinar su capacidad de impermeabilización.
- ☺ Relacionar un comparativo económico por m<sup>3</sup> de concreto y mortero entre mezclas sin aditivo, el propuesto y los comercialmente conocidos.

## Marco Referencial

### Marco Teórico

#### *Nota histórica de los aditivos y el concreto*

No hay una fecha exacta de la primera vez que el hombre utilizó una mezcla cementante, pero se cree que es tan antigua como el hombre y que posiblemente inicio con el descubrimiento del fuego que al estar cerca de piedras caliza o yeso, estas se convierten en polvo y al entrar en contacto con agua generó la primera pasta cementante.

El dato conocido de mayor antigüedad data del año 2690 A.C. En la construcción egipcia de la pirámide de Gizeh, donde se utilizó un mortero hecho de yeso calcinado y arena para pegar los bloques de piedra.

Tiempo después los griegos y romanos utilizaban morteros mezclando caliza calcinada, arena y agua para unir las piedras que formaban la estructura de sus edificaciones, posteriormente a esta mezcla le añadieron ceniza volcánica, piedra molida y otros elementos triturados como tejas rotas dando forma al primer concreto registrado de la historia humana fechado el rededor del año 300 A.C. Como característica importante de este nuevo material se observó que al sumergirse en agua mantenía sus propiedades a diferencia de los moteros que se estaban empleando. También utilizaron en sus morteros sangre y clara de huevo como aditivos.

Después de la caída del imperio romano no se volvió a utilizar el concreto sino hasta mediados del siglo XVIII cuando el ingeniero inglés Jhon Smeaton realizó estudios buscando encontrar un mortero adecuado para la construcción del faro de Eddystone en Inglaterra en el año 1756, encontró que la caliza con un alto contenido de impurezas arcillosas permitía obtener la cal hidráulica (resistente al agua). Este descubrimiento permitió posteriormente el desarrollo de cementos hidráulicos.

Para 1824 Joseph Aspdin, un constructor inglés de la ciudad de Leeds calentó en horno piedra caliza y arcilla, posteriormente las trituro hasta volverlas polvo y mezclándolas en proporciones 3 a 1 respectivamente creo lo que patentaría como cemento Portland, nombre dado debido a que la piedra obtenida de la mezcla parecía en su aspecto físico y dureza a las que se encontraban en la región de Portland al sur de Inglaterra.

En 1845 el inglés Isaac Johnson perfeccionó lo hecho por J. Aspdin al descubrir que el mejor cemento se producía del Clinker, sustancia resultante de calentar en exceso el Portland. Partiendo de este aporte se empezó a producir de manera industrial el cemento Portland iniciando por Inglaterra y extendiéndose por Europa, aunque su producción no era mucha. Aproximadamente fue hasta el año 1900 que hubo un crecimiento considerable en la producción industrial del cemento debido a dos factores.

El primero fue por los aportes de los estudios químicos hechos por los franceses Vicat y Le Chatelier, y el alemán Michaélis, quienes con sus aportes permitieron la utilización del concreto en la industria de la construcción. El segundo fue la invención de los hornos rotatorios y el molino tubular. Así se logró aumentar la producción del cemento a nivel comercial.

El concreto como material de construcción empezó con aportes de personajes como Isambard Brunel (inglés) y Francois Martin Le Brun (frances), quienes construyeron estructuras como arcos y edificaciones con este material entre 1832 y 1835. Joseph Louis Lambot construyó en 1848 un bote de concreto reforzado que en 1855 patentó. Ese mismo año en Inglaterra W. B. Wilkinson registro un piso de concreto reformado con cuerdas de acero. En 1856 Francois Coignet patentó un sistema de refuerzo para pisos que consistía en barras de aceros embebidas en el concreto.



A pesar de los aportes que se hicieron, fue Jack Monier, francés dedicado a la jardinería quien registro en 1861 el concreto armado o concreto reforzado al utilizar mallas de alambre en macetas de concreto. En ese mismo año se asoció con el ingeniero francés Coignet quien establecio nomas para fabricar bóvedas, vigas, tubos y otros elementos que en 1867 empezaron a patentar. Jack Monier es considerado el creador del concreto reforzado.

En 1850 el abogado e ingeniero estadounidense Thaddeus Hyatt realizó experimentos en vigas de concreto reforzado, pero no fue sino hasta 1877 que se publicaron los resultados y con sus hallazgos estableció los principios para el análisis y diseño de elementos en concreto reforzado.

### ***El jabón como aditivo***

El jabón se ha utilizado en la industria de la construcción para manufactura de bloques de mampostería, morteros de pega y revoques o pañetes. Estudios hechos por el Ingeniero colombiano José Gilberto López Herrera y años de experiencia en el campo muestran como beneficios; mejor plasticidad en la mezcla, textura, extendido, compactación, adherencia y homogeneidad de la mezcla. También evita la degradación de la mampostería con el paso del tiempo, evita la proliferación de hongos, humedades, deterioros y poco mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo. En la elaboración de mampostería de concreto con jabón como aditivo permite que al tercer día pueda emplearse para su fin si requerir más tiempo de fraguado, reduciendo tiempo de producción y disposición, costos y se requeriría menos espacio de almacenaje, además de ser impermeabilizantes y los beneficios que esto trae.

Una característica importante del jabón es que es un tenso activo con capacidad impermeabilizante, que al momento de utilizarse en mezclas de revoque (pañete) y morteros de

pega, ayuda a contener el agua y mejora el proceso de curado evitando patologías por una rápida pérdida de agua.

## **Marco Conceptual**

### ***Cemento portland***

Es un polvo de color gris proveniente de la cocción en horno de caliza, arcilla y otros materiales en proporciones que varían según su conveniencia a temperaturas entre los 1.350 a 1.600°C hasta obtener un material llamado Clinker, el cual es pulverizado finamente. Este fino polvo tiene la propiedad de endurecer después de entrar en contacto con el agua, es utilizado en combinación con agregados finos (arenas) y gruesos (gravas y rocas) que en conjunto forman el hormigón.

### ***Agregados o áridos***

Son materiales inertes de origen natural o artificial utilizados en la construcción para ser mezcladas con cemento y agua en dosificaciones convenientes para formar el concreto.

### ***Concreto u hormigón***

Es una piedra artificial que cumple con especificaciones químicas, físicas y mecánicas. Es creada al mezclar áridos, cemento, agua y en algunas ocasiones aditivos. Tiene características especiales como su manejabilidad y resistencia a esfuerzos de compresión, es el principal material de construcción en obras civiles.

### ***Fraguado***

Es el concepto para explicar la transición de estado fluido o plástico de la pasta cementante a un estado de solidificación.

***Curado***

Proceso para controlar y mantener un contenido de humedad adecuado en la pasta cementante para compensar las pérdidas de agua por evaporación, ayudando a el endurecimiento progresivo y aumento de resistencia mecánica.

***Endurecimiento***

Este proceso consiste en el aumento progresivo de la resistencia de la pasta cementante una vez fraguada.

***Aditivos***

Son productos químicos y un ingrediente más de los concretos y morteros, estos se añaden antes o durante la mezcla de la pasta cementante y tiene como objetivo alterar las propiedades químicas, físicas o mecánicas según sea la conveniencia, también tiene un fin económico o condicional según las necesidades del trabajo a realizar.

***Jabón***

Es un producto proveniente de grasas animales o aceites vegetales que por medio de una reacción química llamada saponificación da su origen. (Regla, Vázquez Vélez, Cuervo Amaya, & Neri, 2014).

***Impermeabilidad***

Facultad de un material para evitar que un fluido pase a través de este o que su paso sea tan poco que se desprece.

***Trabajabilidad***

Facilidad o dificultad para manipular la mezcla de concreto.

## Estado del Arte

### *Investigaciones internacionales*

**Jabones metálicos para la producción de hormigón hidrófugo integral.** Li, W., Wittmann, F. H., Jiang, R., Zhao, T., & Wolfseher, R. (2011, May). Metal soaps for the production of integral water repellent concrete. In *Proceedings of Hydrophobe VI, 6th international conference on water repellent treatment of building materials*. Aedificatio Publisher, Freiburg (pp. 145-154).

Señalan que la vida útil de las estructuras de hormigón que están expuestas a entornos agresivos puede prolongarse mediante un tratamiento repelente al agua.

La investigación contribuye a establecer la influencia de los jabones metálicos (mezcla de estearatos metálicos) en la repelencia al agua, igualmente se determinó que la penetración del cloruro se ha ralentizado significativamente cuando el material de estudio es expuesto al agua marina, pero sin lograr una barrera completa.

El procedimiento experimental se realizó con cuatro tipos diferentes de jabones metálicos dosificados en 0,5% y 1% en relación con la masa de cemento y una muestra sin añadir jabón. Como resultado se redujo de manera significativa la resistencia a la compresión diseñada hasta en un 50% y aclaran que para aplicaciones prácticas se corrige esta disminución de resistencia al ajustar la relación agua/cemento.

La absorción de agua por capilaridad de las muestras teniendo en cuenta las proporciones 0,5% y 1% determina que la absorción capilar se reduce significativamente. También se observa que, a mayor cantidad de jabón metálico en la dosificación, mayor es la penetración del agua, lo que permite concluir que la dosificación óptima puede encontrarse en una concentración menor al 0,5%.

La penetración de cloruro de las probetas después de 28 días de ser expuestas a solución de NaCl (cloruro de sodio) al 5% permite observar que el cloruro ha penetrado 20mm en la muestra de concreto puro, mientras que en promedio con las muestras que contienen jabón metálico el cloruro penetra 10mm.

En conclusión, se demostró que es posible la producción de un hormigón hidrófugo mediante la adición de jabones metálicos al hormigón fresco, que la penetración de cloruros se reduce al punto de considerar que este hormigón es eficaz para utilizar en contacto con agua marina y que la vida útil de las estructuras de hormigón reforzado en entornos agresivos se ampliará considerablemente. Aunque debe optimizarse, este tipo de hormigón contribuirá de manera sustancial a una construcción más duradera y sostenible.

**Resistencia al agua y anti-penetración de cloruros de hormigón hidrófugo integral con adición de jabones metálicos.** Jiang, R., Zhang, P., Zhao, T. J., & WANG, L. (2010). Water resistance and anti-chloride penetration of integral water repellent concrete with addition of metal soaps [J]. *New Building Materials*, 37(9), 61-64.

Argumentan que el concreto es un material poroso cuyos diámetros van desde nanómetros hasta milímetros y que, por acción capilar al estar en contacto con soluciones acuosas, estas son absorbidas ocasionando daños por corrosión al concreto armado.

Los autores implementaron 4 tipos y 2 cantidades diferentes (0,5% y 1,0%) de jabones metálicos mezclándolos al concreto para comparar, probar y estudiar el efecto en la resistencia a compresión, el coeficiente de absorción capilar y la resistencia a la intrusión de iones cloruro.

Las especificaciones de los materiales en el diseño del concreto para las probetas fueron:

- Relación agua/cemento 0,5
- Tamaño máximo de la grava 25mm

- Módulo de finura de la arena 2,9
- Cemento portland
- Ácido policarboxílico como agente reductor de agua

La cantidad de jabón metálico añadido en las mezclas es el porcentaje de la masa total de cemento, grava y arena. Para no afectar su efecto en los ensayos no se utilizó ningún desmoldante.

Se utilizaron moldes de 100mm x 100mm x 100mm para las probetas. A las 48 horas se retiran del molde y disponen las muestras en sala de curado estándar [(20 ± 3) °C, RH ≥90%]. Cada bloque de prueba fue cortado en dos partes, una parte se utiliza para probar la resistencia a compresión a los 28 días mientras la otra parte se saca a los 14 días y se corta en dos partes y continua el curado.

Para determinar la absorción capilar de agua en el hormigón, se secó la pieza de ensayo en horno a 60°C durante 5 días, luego los otros lados excepto la superficie de contacto con el agua y la cortada, se sellaron con cera de parafina. La probeta se coloca en recipiente de fondo plano y se encuentra sumergida a  $5 \pm 1$  mm por debajo de la lámina del líquido, la parte inferior esta sostenida por un cojín. Cada 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 y 72 horas se sacó la muestra y peso para determinar la absorción en diferentes tiempos.

Para determinar la penetración de iones cloruro se tomó como base el procedimiento anterior, con la diferencia que en lugar de agua la probeta se sumergió en una solución de NaCl al 5% y, después de 28 días se sacó la probeta para secarla y utilizando el procedimiento de valoración de iones de cloruro, se determinó su contenido; al mismo tiempo se utilizó la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier para probar el contenido de estearato.

Como resultado de los ensayos se encontró que la resistencia a compresión de las muestras se reduce aproximadamente en un 45% con respecto a la muestra sin contenido de jabón metálico. Si se comparan solo las muestras que contienen jabón metálico se observa que entre ellas no varía mucho su resistencia. En cuanto a su capilaridad se halló que cuando se agrega jabón metálico al hormigón el coeficiente de absorción se reduce de manera significativa y que cuando esa concentración es inferior al 1,0% su efecto es mejor ya que el estearato reacciona fácilmente con la superficie interna del concreto.

Mientras que los datos obtenidos al determinar el contenido de iones cloruro arrojaron que el jabón metálico reduce considerablemente su contenido. A los 28 días de haberse sumergido en NaCl al 5% las muestras tratadas con el agente impermeabilizante tuvieron una penetración de 10mm, mientras que en la muestra de concreto simple los iones cloruros penetraron a una profundidad de 25mm. También se encontró que la penetración del ión cloruro con 1,0% de concentración del agente impermeabilizante es menor que la de la muestra con concentración al 0,5%.

En conclusión, el agente impermeabilizante de jabón metálico reduce la resistencia a compresión diseñada y este efecto aumenta conforme mayor sea la concentración del agente. Su utilización ayuda a reducir en gran manera la absorción capilar del agua ya que en la capa exterior se forma una barrera creada por los estearatos. Inhibe de manera eficaz la intrusión de iones cloruro, por debajo del 0,15% a una profundidad de 10mm.

### ***Investigaciones nacionales***

**El uso del jabón en la construcción.** López Herrera, J. G. (2011). *El uso del jabón en la construcción*. Pereira: Publiprint Ltda.

La investigación se fundamenta en demostrar el uso del jabón y su capacidad aditiva teniendo como antecedente los conocimientos heredados y su aplicación en diversas obras a lo largo del desarrollo profesional del autor, motivando a establecer mediante procedimientos normativos y experimentales los resultados técnicos que argumentan los beneficios adquiridos al haber implementado esta técnica en las obras realizadas.

La técnica se aplicó en morteros y bloques huecos de hormigón para el desarrollo de la investigación.

Para las probetas de mortero se utilizó una proporción 1:3, moldes con 7.5cm de diámetro y 15cm de altura. Se midió la resistencia a compresión fallando probetas diariamente por un mes; dos cilindros sin jabón, dos cilindros con jabón sacados del estanque a los 7 días y dos cilindros con jabón sacados del estanque a los 28 días.

Los ensayos realizados a los bloques huecos de concreto se hicieron con probetas de; bloques hechos con jabón, bloques hechos con cal y bloques hechos sin jabón ni cal. Se fallaron a compresión y ensayaron para determinar su absorción. Para este último procedimiento se secaron al horno las muestras a temperatura entre 100 y 105°C durante 24horas y tomo masa del elemento seco, posteriormente se sumergieron en agua por otras 24horas y se tomó masa, seguido se saca la muestra y deja escurrir el exceso de agua para tomar la masa en el aire del elemento saturado.

El autor realizó un análisis comparativo remplazando la cal por jabón en la construcción de bloque en concreto para demostrar los beneficios económicos de su uso. Esto también lo realizó con el mortero de pega. Como resultado concluyó que: En la construcción de bloques de hormigón habría una economía de 46.50% en el uso del jabón con respecto a la cal. En cuanto al



mortero se concluyó que habría un ahorro del 46.41% en los costos de construcción reemplazando jabón por cal.

En conclusión, el autor afirma que esta técnica evita las fisuras tanto en bloques como en revoque. Que se disminuyen los costos de construcción, que en los bloques de hormigón se disminuye la absorción, que su uso ayuda a impermeabilizar en un buen porcentaje, proporciona fluidez e incrementa la resistencia, además de ser un material asequible en supermercados, tiendas, ciudades, pueblos, caseríos y lugares lejanos.

### **Metodología**

Para el desarrollo del trabajo se realizaron ensayos de concretos y morteros bajo los parámetros y/o recomendaciones de las *Normas Técnicas Colombianas (NTC)*: NTC 1377, NTC 673 y NTC 3546.

En relación a los materiales se utilizó cemento portland tipo 1 (Cemento Holcim Boyacá Súper Fuerte), clasificado así según norma NTC 30.

El agregado grueso (grava) y fino (arena) utilizados son de procedencia pluvial. La grava con un tamaño nominal no mayor a 1/2" y la arena con tamaño que pasa por el tamiz de malla N°16.

El jabón empleado es el "Rey" de marca DERSA y el criterio de selección se realizó por ser ampliamente conocido y comercial en el territorio colombiano. Previamente y para su utilización en la mezcla se ralla con un elemento para este fin (rallador) con abertura de 2mm, las tiras resultantes se dejan al sol los días necesarios para que pierda su humedad y sean molidas para convertirse en polvo.

Se prepararon en total dieciocho muestras para concreto divididas en tres tandas de seis unidades, cada tanda con proporciones diferentes de jabón al 1, 2.5 y 5% respecto al peso del

cemento. De las seis unidades, tres fueron muestras sin jabón para tener referencia del efecto que causaría el aditivo en el concreto, utilizando las mismas condiciones de elaboración y materiales. La dosificación usada para las muestras de concreto se tomó de la **Tabla 7** de los anexos para un concreto de resistencia a compresión esperada a los 28 días de 21MPa.

La fabricación de las probetas se realizó siguiendo los requerimientos y recomendaciones de la NTC 1377 (*Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos en el laboratorio*). Con ayuda de un palustre de albañilería se mezclaron el cemento, arena, grava y jabón hasta que se combinaron. Seguido se añadió el agua y mezcló hasta que el concreto tuvo homogeneidad. Se colocó la mezcla en moldes metálicos de 3” x 6” en dos capas de igual altura, cada capa es compactada con veinticinco golpes con varilla normalizada. Al finalizar el apisonado con la varilla se le dio un acabado enrasando la superficie con el palustre. Cada muestra terminada es marcada para su identificación, diferenciando las muestras con aditivo y sin aditivo. Pasadas 24h  $\pm$ 8h del vaciado se procedió a desmoldar y registrar datos de dimensiones, masa antes de inmersión y notas de observaciones relevantes para seguidamente iniciar el proceso de curado en ambiente húmedo.

Las probetas se fallaron siguiendo los requerimientos y recomendaciones de la NTC 673 (*Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*) unas con aditivo y otras sin aditivo. Las edades de falla fueron a las 24h, 3 días y 7 días.

Al igual que con las muestras de concreto, para las muestras de mortero se prepararon dieciocho probetas en moldes metálicos de 3 x 6” divididas en tres tandas de seis y de cada tanda tres no llevan aditivo, esto a razón de poder realizar comparativos del efecto que puede causar el jabón al mortero. Las proporciones de jabón en cada tanda es de 1, 2.5 y 5% respecto al peso del

cemento. La dosificación utilizada se extrae de la **Tabla 8** de los anexos, se emplea una dosificación para una resistencia esperada a los 28 días de entre 14 y 19MPa.

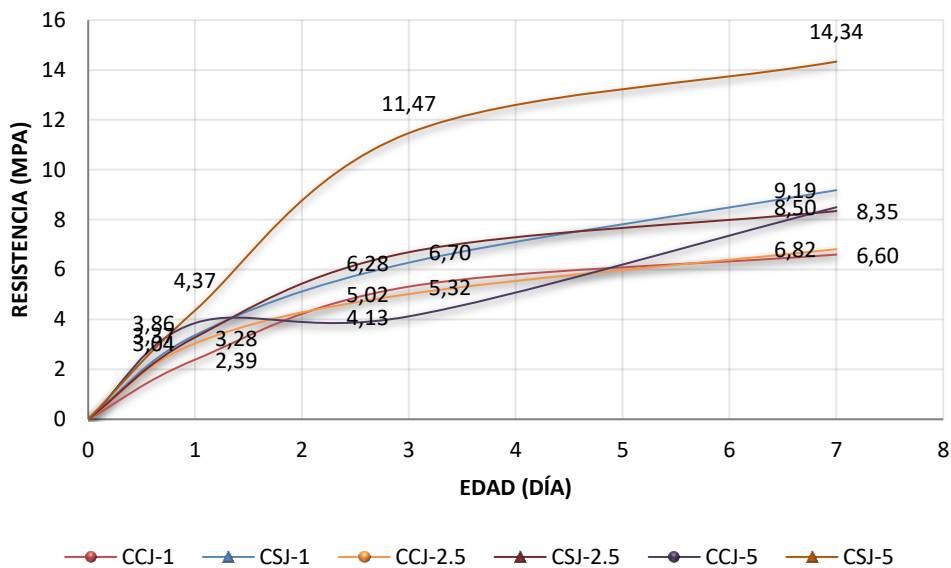
La fabricación de las probetas se realizó siguiendo los requerimientos y recomendaciones de la NTC 3546 (Métodos de ensayo para determinar la evaluación en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada) Anexo A.7 (Resistencia a la compresión del mortero de mampostería, moldeado en cilindros y cubos). Con ayuda de un palustre de albañilería se mezclaron el cemento, arena y jabón hasta que se combinaron. Seguido se añadió el agua y mezcló hasta que el mortero tuvo homogeneidad. Se colocó la mezcla en moldes metálicos de 3" x 6" en tres capas de igual altura, cada capa es compactada con espátula deslizando veinte veces de manera vertical, la primera capa no debe ser penetrada hasta el fondo mientras que la segunda y última capa solo deben penetrar hasta la superficie de la anterior. Una vez finalizado el llenado y compactado de las muestras se golpea el molde por sus lados suavemente para sacar el aire ajeno al mortero, seguido se dio un acabado enrasando la superficie con el palustre. La norma recomienda cubrir la parte superior del molde con una cubierta o plástico para mitigar la evaporación, pero a criterio del autor este paso es omitido para seguir procedimientos semejantes a los utilizados en obra. Cada muestra terminada es marcada para su identificación, diferenciando las muestras con aditivo y sin aditivo. Pasadas 24h  $\pm$ 8h del vaciado se procedió a desmoldar y registrar datos de dimensiones, masa antes de inmersión y notas de observaciones relevantes para seguidamente iniciar el proceso de curado en ambiente húmedo.

Las probetas se fallaron a las edades de 24h, 3 días y 7 días, unas con aditivo y otras sin aditivo.

## Resultados

**Figura 1**

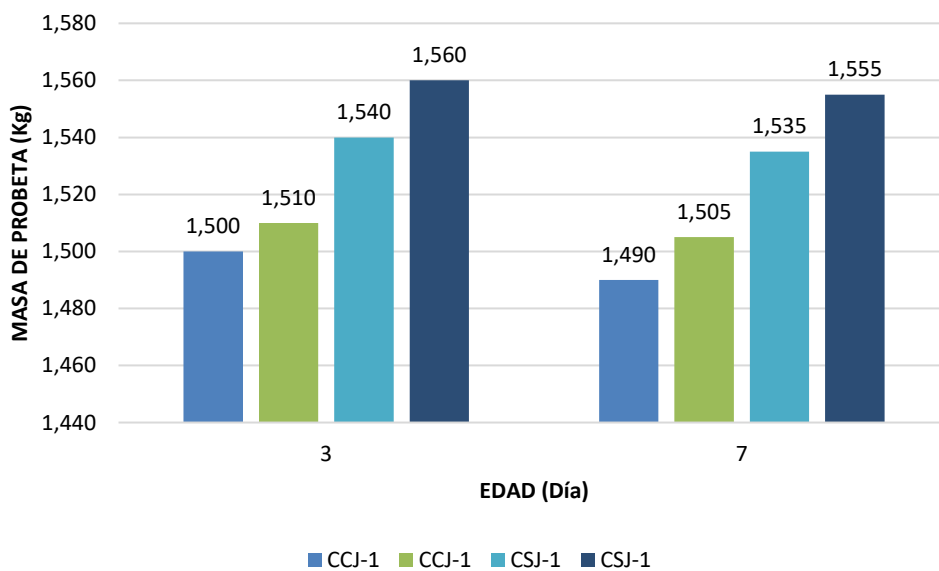
*Resistencia a la Compresión en Muestras de Concreto con aditivo al 1, 2.5 y 5%*



*Nota.* CCJ: muestra Concreto Con Jabón. CSJ: muestras de Concreto Sin Jabón.

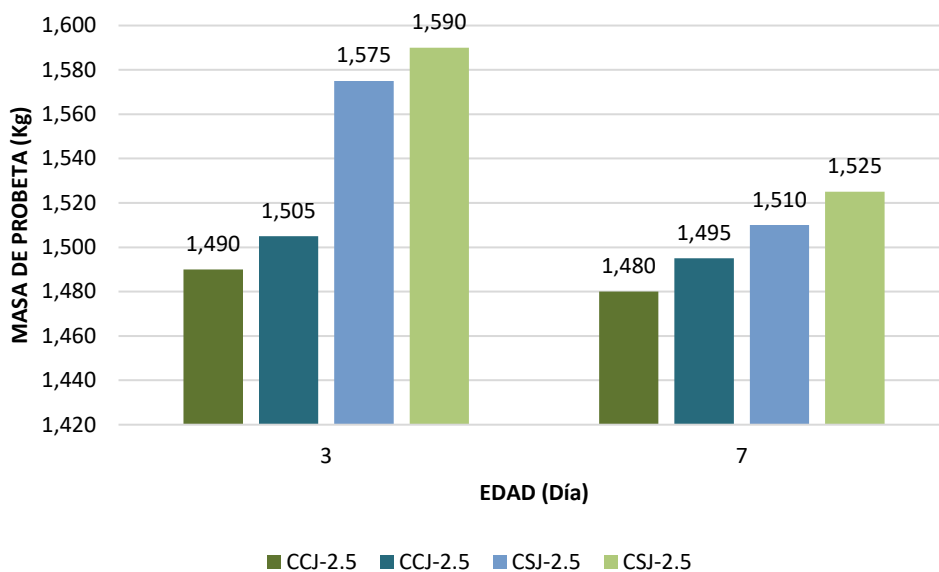
**Figura 2**

*Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Concreto con Jabón al 1%*

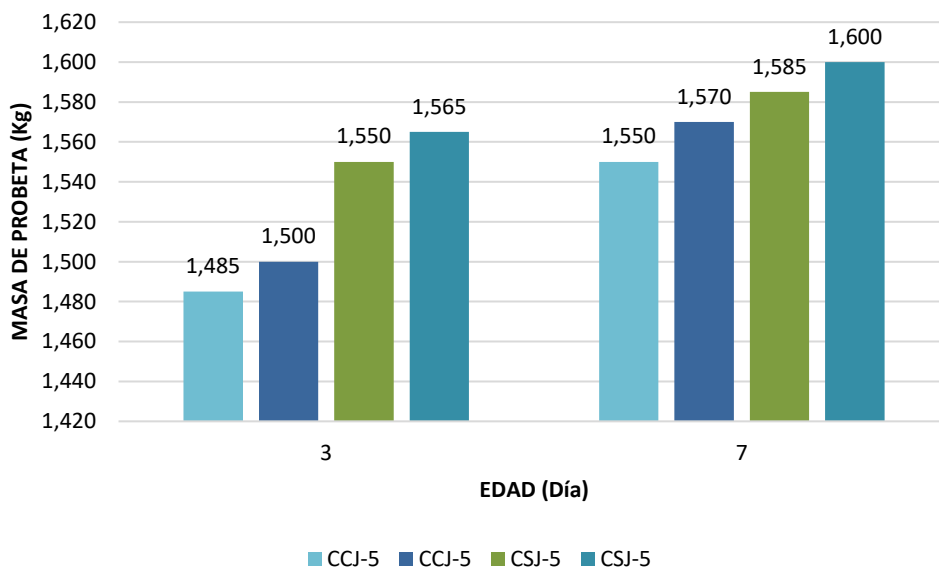


**Figura 3**

*Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Concreto con Jabón al 2.5%*

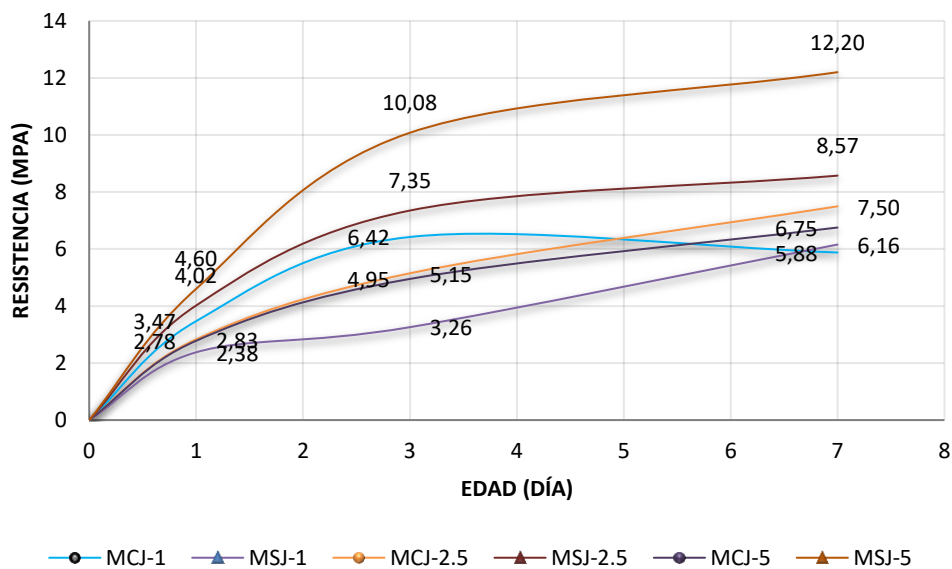
**Figura 4**

*Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Concreto con Jabón al 5%*



**Tabla 1***Porcentaje de Absorción en Muestras de Concreto*

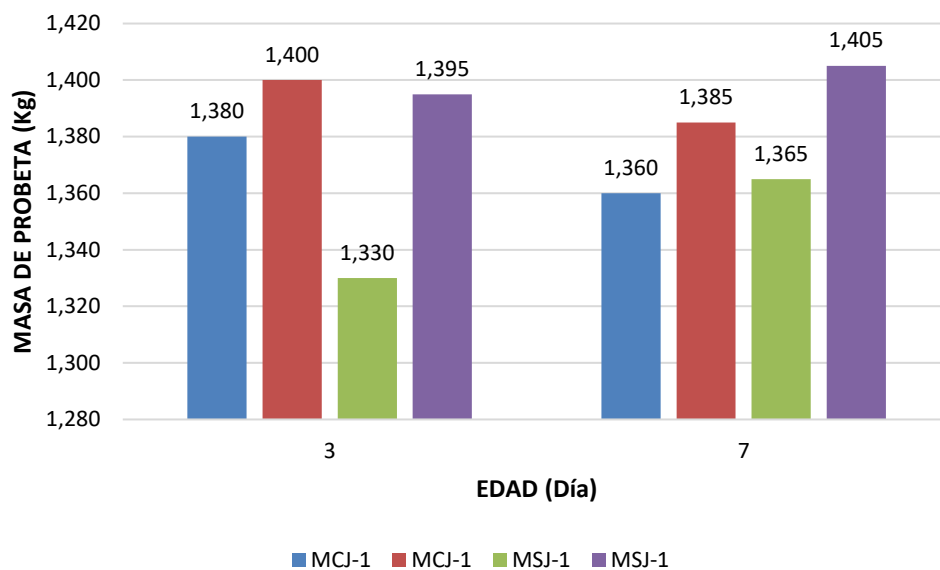
| Muestra | Absorción (%) |        | Absorción promedio (%) |
|---------|---------------|--------|------------------------|
|         | 3 días        | 7 días |                        |
| CCJ-1   | 0,67          | 1,01   | 0,84                   |
| CSJ-1   | 1,30          | 1,30   | 1,30                   |
| CCJ-2.5 | 1,01          | 1,01   | 1,01                   |
| CSJ-2.5 | 0,95          | 0,99   | 0,97                   |
| CCJ-5   | 1,01          | 1,29   | 1,15                   |
| CSJ-5   | 0,97          | 0,95   | 0,96                   |

**Figura 5***Resistencia a la Compresión en Muestras de Mortero con aditivo al 1, 2.5 y 5%*

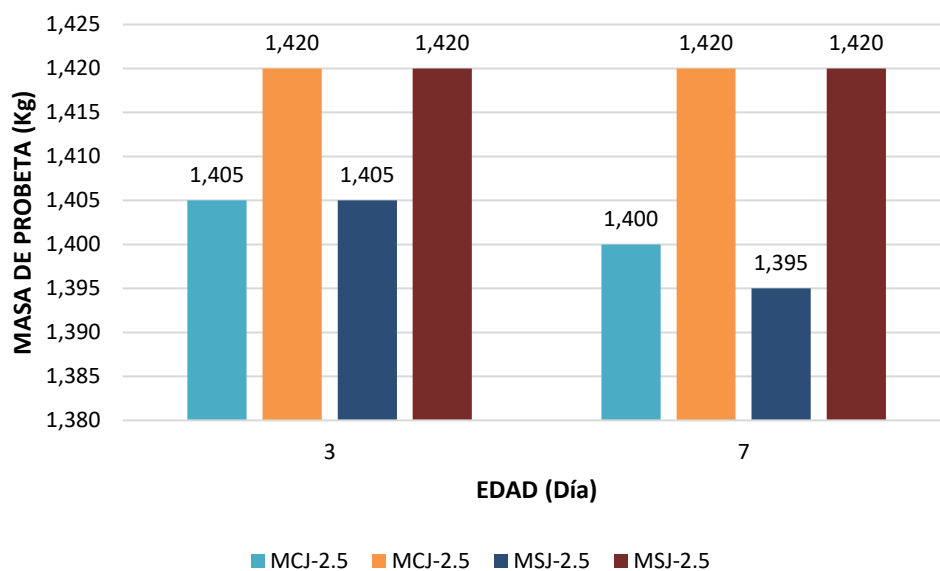
*Nota.* MCJ: muestra Mortero Con Jabón. MSJ: muestras de Mortero Sin Jabón

**Figura 6**

*Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Mortero con Jabón al 1%*

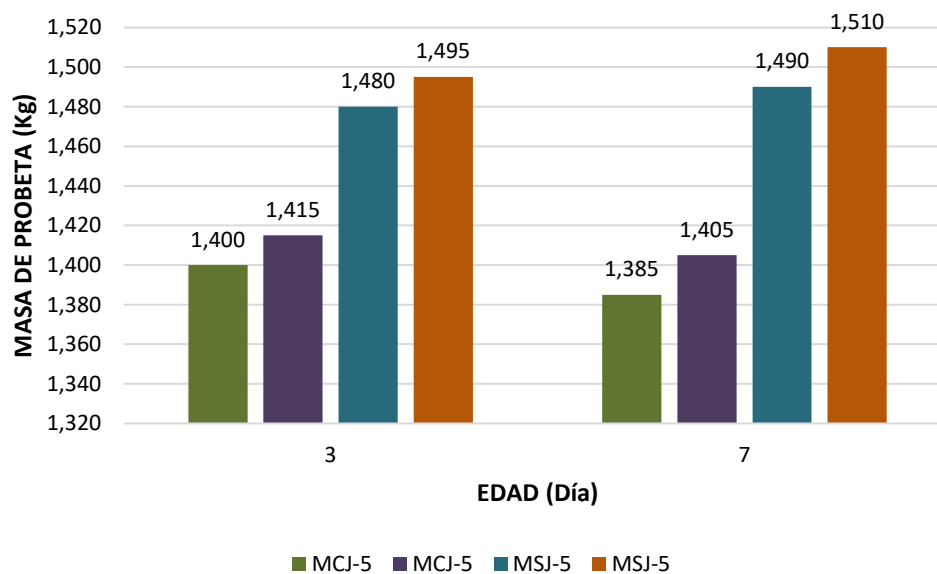
**Figura 7**

*Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Mortero con Jabón al 2.5%*



**Figura 8**

*Masa Antes y Después de Inmersión en Muestras de Mortero con Jabón al 5%*

**Tabla 2**

*Porcentaje de Absorción en Muestras de Mortero*

| Muestra | Absorción (%) |        | Absorción promedio (%) |
|---------|---------------|--------|------------------------|
|         | 3 días        | 7 días |                        |
| MCI-1   | 1,45          | 1,84   | 1,64                   |
| MSJ-1   | 4,89          | 2,93   | 3,91                   |
| MCI-2.5 | 1,07          | 1,43   | 1,25                   |
| MSJ-2.5 | 1,07          | 1,79   | 1,43                   |
| MCI-5   | 1,07          | 1,44   | 1,26                   |
| MSJ-5   | 1,01          | 1,34   | 1,18                   |



**Figura 9**

*Desecación en Probetas de Mortero*

**Figura 10**

*Desecación en Probetas de Concreto*



### Análisis y discusión de resultados

Los datos obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio determinaron que la adición de jabón en mezclas cementantes, en el caso particular del presente trabajo en mortero y concreto, se observó que la resistencia a compresión es afectada de manera negativa pues en cuanto más alto es el porcentaje del aditivo en estudio mayor es la disminución de la resistencia esperada. El alcance del estudio no contempla el comportamiento químico del jabón en adición con el cemento lo que hace indeterminable la causa a ese nivel de su afectación mecánica.

Las mezclas de concreto y mortero con adición del aditivo en porcentajes de 1 y 2.5% no mostraron una afectación visual aparente de segregación o vacíos, caso contrario de observó en las muestras con adición al 5% donde se evidenció vacíos en probetas de morteros y segregación en las de concreto. Se maneja la hipótesis de la afectación directa del aditivo, pero esto debe ser comprobado o refutado con ensayos de diferentes resistencias con la misma o mayor proporción de aditivo. Para determinar la capacidad hidrofuga del jabón como aditivo se tomó su masa antes y después de inmersión en las muestras con y sin aditivo, calculando su porcentaje de absorción como se muestra en la **Tabla 1** y **Tabla 2**. En el procedimiento se observó que; en el Concreto existe una efectividad en muestras al 1% del jabón, mientras que en las de 2.5 y 5% no funciona, pues su porcentaje de absorción es mayor respecto a las muestras sin el aditivo. En Mortero su capacidad hidrofuga muestra eficiencia con jabón al 1 y 2.5% mientras al 5% es mayor el porcentaje de absorción en la muestra con jabón respecto a su homóloga sin el aditivo.

En medio del proceso y como se evidencia en la **Figura 9** y **Figura 10** de los ensayos el autor observó que posterior a la toma de masas pos-curado en estanque, las muestras sin jabón perdían rápidamente el agua que contenían. Esto permite afirmar que el aditivo en estudio tiene la capacidad de retener el agua que ya contienen las mezclas cementantes, que en el ejercicio real

de éstas ayudaría en su proceso de curado, evitaría pérdidas de agua por desecación y fisuras. Esta conclusión debe ser confirmada con estudios que permitan determinar este alcance y que para este trabajo en cuestión no se tenía previsto desde el enfoque inicial.

Para el autor lo anterior permite demostrar las capacidades hidrofugas del jabón en las mezclas cementante, su injerencia en pérdida de resistencia mecánica y adición de aire presente como vacíos o segregación. Pero según López Herrera (2011) “el principal y mayor uso que se busca es en las urbanizaciones, está en la capacidad de hidratar, impermeabilizar en un buen porcentaje, proporcionar fluidez, trabajabilidad e incremento de la resistencia” (pág. 25). Su afirmación dice en los efectos que el aditivo causa a la resistencia mecánica esperada y respalda las características hidrofugas. Entonces, resulta necesario aclarar que en ese trabajo no se hace alusión al tipo de jabón utilizado y esa puede ser la diferencia en las conclusiones del presente trabajo y el *López Herrera* de la afectación del jabón a la capacidad de carga esperada.

### Comparativo económico

**Tabla 3**

*Comparativo económico para 1m<sup>3</sup> de Concreto de 21MPa*

| Material       | Und. | Cant. | Vr. Unit.  | Sin Aditivo | Jabón al 1% | Toxement Polvo | Toxement 1A |
|----------------|------|-------|------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| Cemento        | kg   | 325   | \$ 506     | \$ 164.450  | \$ 164.450  | \$ 164.450     | \$ 164.450  |
| Arena          | m3   | 0,52  | \$ 130.000 | \$ 67.600   | \$ 67.600   | \$ 67.600      | \$ 67.600   |
| Grava          | m3   | 0,91  | \$ 130.000 | \$ 118.300  | \$ 118.300  | \$ 118.300     | \$ 118.300  |
| Jabón 1%       | kg   | 3,25  | \$ 6.000   | \$ 0        | \$ 19.500   | \$ 0           | \$ 0        |
| Toxement Polvo | kg   | 6,5   | \$ 6.996   | \$ 0        | \$ 0        | \$ 45.474      | \$ 0        |
| Toxement 1A    | kg   | 9,75  | \$ 7.695   | \$ 0        | \$ 0        | \$ 0           | \$ 75.026   |
| Total          |      |       |            | \$ 350.350  | \$ 369.850  | \$ 395.824     | \$ 425.376  |

Nota. La tabla muestra un comparativo económico por m<sup>3</sup> y no pretende dar alcance a la efectividad de los aditivos relacionados.

**Tabla 4***Comparativo económico para 1m<sup>3</sup> de Mortero de 14-19MPa*

| Material       | Und. | Cant. | Vr. Unit.  | Sin Aditivo | Jabón al 1% | Jabón al 2,5% | Sika 1     | Toxement Polvo | Toxement 1A |
|----------------|------|-------|------------|-------------|-------------|---------------|------------|----------------|-------------|
| Cemento        | kg   | 450   | \$ 506     | \$ 227.700  | \$ 227.700  | \$ 227.700    | \$ 227.700 | \$ 227.700     | \$ 227.700  |
| Arena          | m3   | 1,08  | \$ 130.000 | \$ 140.400  | \$ 140.400  | \$ 140.400    | \$ 140.400 | \$ 140.400     | \$ 140.400  |
| Jabón 1%       | kg   | 4,5   | \$ 6.000   | -           | \$ 27.000   | -             | -          | -              | -           |
| Jabón 2,5%     | kg   | 11,25 | \$ 6.000   | -           | -           | \$ 67.500     | -          | -              | -           |
| Sika 1         | kg   | 13,5  | \$ 17.200  | -           | -           | -             | \$ 232.200 | -              | -           |
| Toxement Polvo | kg   | 9     | \$ 6.996   | -           | -           | -             | -          | \$ 62.964      | -           |
| Toxement 1A    | kg   | 26    | \$ 7.695   | -           | -           | -             | -          | -              | \$ 200.070  |
| Total          |      |       |            | \$ 368.100  | \$ 395.100  | \$ 435.600    | \$ 600.300 | \$ 431.064     | \$ 568.170  |

Nota. La tabla muestra un comparativo económico por m<sup>3</sup> y no pretende dar alcance a la efectividad de los aditivos relacionados.

### Conclusiones

- ☺ La adición de jabón en estudio en mezclas cementantes afecta de manera negativa la resistencia a compresión esperada.
- ☺ La adición de jabón como aditivo hidrofugo tiene características positivas para su utilización en Concretos en una proporción no mayor al 1% del peso del cemento. En Morteros en proporciones entre  $\leq 1$  y 2.5% del peso del cemento.
- ☺ Se evidenció que el jabón como aditivo ayuda a evitar perdida de agua por desecación en Concreto y Mortero.
- ☺ La utilización del jabón como aditivo hidrofugo es viable económica y asequiblemente en las proporciones recomendadas y que no requieran en su totalidad la resistencia esperada de diseño para su fin.

### Recomendaciones

- ⊕ El alcance del aditivo en estudio no se recomienda para elementos estructurales o que requieran una resistencia de diseño esperada.
- ⊕ El volumen de muestras a realizar para futuras referencias debe ser el suficiente para ver su comportamiento de fluidez por medio del cono de Abrams en ensayo de asentamiento.
- ⊕ Se sugiere tener en cuenta en posteriores estudios la toma de temperatura que permita determinar posibles variaciones por la afectación química del jabón a la mezcla cementante.
- ⊕ Para referencias futuras se requiere de estudios complementarios especializados que permitan ver comportamientos en morteros y concretos que no tuvieron alcance en este estudio; comportamientos físicos, mecánicos y químicos en diferentes resistencias de diseño.
- ⊕ La preparación del jabón debe llevar a que se utilice como polvo fino o en disolución para mezcla homogénea con los agregados al formar la masa cementante.
- ⊕ Proponer en el desarrollo de futuros trabajos alternativas para utilizar el aditivo en estudio de manera industrializada.

## Referencias

- Bnamericas. (8 de Julio de 2020). *Colombia apunta a inversión europea para agenda de infraestructura de US\$9.000mn*. Obtenido de Bnamericas:  
<https://www.bnamericas.com/es/noticias/colombia-apunta-a-inversion-europea-para-agenda-de-infraestructura-de-us9000mn>
- Construmática. (Sin fecha). *Cemento*. Obtenido de Construmática. Metaportal de arquitectura, ingeniería y construcción: <https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento>
- DANE. (Junio de 2020). *Estadísticas de concreto premezclado (EC)*. Obtenido de DANE información para todos: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-concreto-premezclado>
- DANE. (Julio de 2020). *Estadísticas de licencias de construcción (ELIC)*. Obtenido de DANE información para todos: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion>
- DANE. (Junio de 2020). *Indicadores económicos alrededor de la construcción (IEAC)*. Obtenido de DANE información para todos: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicadores-economicos-alrededor-de-la-construccion>
- E. Harmsen, T. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gómez Domínguez, J. (s.f.). *Materiales de construcción*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Jiang, R., Zhang, P., Zhao, T. J., & WANG, L. (2010). Water resistance and anti-chloride penetration of integral water repellent concrete with addition of metal soaps [J]. *New Building Materials*, 37(9), 61-64.

- Li, W., Wittmann, F. H., Jiang, R., Zhao, T., & Wolfseher, R. (2011, May). Metal soaps for the production of integral water repellent concrete. In *Proceedings of Hydrophobe VI, 6th international conference on water repellent treatment of building materials*. Aedificatio Publisher, Freiburg (pp. 145-154).
- López Herrera, J. G. (2011). *El uso del jabón en la construcción*. Pereira: Publiprint Ltda.
- ProColombia. (12 de Febrero de 2020). *Potencial en infraestructura atrae más inversión extranjera a Colombia*. Obtenido de ProColombia:  
<https://procolombia.co/noticias/potencial-en-infraestructura-atrae-mas-inversion-extranjera-colombia>
- Regla, I., Vázquez Vélez, E., Cuervo Amaya, D. H., & Neri, A. C. (2014). La química del jabón y algunas aplicaciones. *revista.unam.mx*, vol.15, No.5.
- Rivera L., G. (s.f.). *Concreto Simple*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Sanchez de Guzmán , D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá: Bhandar Editores.
- Transportation, C. D. (Sin fecha). *UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM*. Obtenido de CALTRANS: <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/maintenance/documents/office-of-concrete-pavement/pavement-foundations/uscs-a11y.pdf>
- Villarino Otero, A. (s.f.). *Ciencia y Tecnología de los Materiales*. Ávila: Escuela Politécnica Superior de Ávila.

## Anexos

### Informe ensayos a compresión

**Tabla 5**

*Resultados de Ensayos a Compresión en Muestras de Concreto*

| Identificación | Diámetro<br>mm | Longitud<br>mm | Área<br>mm <sup>2</sup> | Carga<br>máxima<br>kN | Resistencia<br>calculada<br>MPa | Tipo de<br>fractura | Defectos    | Edad |
|----------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|-------------|------|
| PC-CJ-1,0_1    | 75,5           | 154,0          | 4477,0                  | 10,7                  | 2,4                             | Tipo 6              |             | 24h  |
| PC-CJ-1,0_2    | 75,8           | 153,0          | 4506,7                  | 24,0                  | 5,3                             | Tipo 5              |             | 3d   |
| PC-CJ-1,0_3    | 75,8           | 151,1          | 4512,6                  | 29,8                  | 6,6                             | Tipo 4              |             | 7d   |
| PC-SJ-1,0_1    | 76,0           | 151,0          | 4536,5                  | 15,3                  | 3,4                             | Tipo 5              |             | 24h  |
| PC-SJ-1,0_2    | 75,6           | 153,7          | 4482,9                  | 28,2                  | 6,3                             | Tipo 6              |             | 3d   |
| PC-SJ-1,0_3    | 75,4           | 152,1          | 4459,2                  | 41,0                  | 9,2                             | Tipo 5              |             | 7d   |
| PC-CJ-2,5_1    | 75,3           | 155,0          | 4447,4                  | 13,5                  | 3,0                             | Tipo 5              |             | 24h  |
| PC-CJ-2,5_2    | 75,8           | 153,6          | 4506,7                  | 22,6                  | 5,0                             | Tipo 5              |             | 3d   |
| PC-CJ-2,5_3    | 75,6           | 152,9          | 4482,9                  | 30,6                  | 6,8                             | Tipo 6              |             | 7d   |
| PC-SJ-2,5_1    | 75,6           | 155,0          | 4488,8                  | 14,7                  | 3,3                             | Tipo 3              |             | 24h  |
| PC-SJ-2,5_2    | 76,0           | 155,4          | 4530,5                  | 30,3                  | 6,7                             | Tipo 5              |             | 3d   |
| PC-SJ-2,5_3    | 75,2           | 153,0          | 4435,6                  | 37,0                  | 8,3                             | Tipo 5              |             | 7d   |
| PC-CJ-5,0_1    | 75,8           | 154,6          | 4506,7                  | 17,4                  | 3,9                             | Tipo 6              | Segregación | 24h  |
| PC-CJ-5,0_2    | 75,8           | 155,0          | 4506,7                  | 18,6                  | 4,1                             | Tipo 6              | Segregación | 3d   |
| PC-CJ-5,0_3    | 75,7           | 155,9          | 4500,7                  | 38,3                  | 8,5                             | Tipo 5              | Segregación | 7d   |
| PC-SJ-5,0_1    | 75,3           | 154,0          | 4453,3                  | 19,4                  | 4,4                             | Tipo 6              | Segregación | 24h  |
| PC-SJ-5,0_2    | 75,7           | 150,6          | 4494,8                  | 51,6                  | 11,5                            | Tipo 5              | Segregación | 3d   |
| PC-SJ-5,0_3    | 75,3           | 154,4          | 4453,3                  | 63,8                  | 14,3                            | Tipo 5              | Vacios      | 7d   |



**Tabla 6***Resultados de Ensayos a Compresión en Muestras de Mortero*

| Identificación | Diámetro<br>mm | Longitud<br>mm | Área<br>mm <sup>2</sup> | Carga<br>máxima<br>kN | Resistencia<br>calculada<br>MPa | Tipo de<br>fractura | Defectos | Edad |
|----------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|----------|------|
| PM-CJ-1,0_1    | 76,0           | 154,5          | 4536,5                  | 15,7                  | 3,5                             | Tipo 3              |          | 24h  |
| PM-CJ-1,0_2    | 75,8           | 153,0          | 4506,7                  | 28,9                  | 6,4                             | Tipo 5              |          | 3d   |
| PM-CJ-1,0_3    | 75,8           | 155,2          | 4506,7                  | 26,5                  | 5,9                             | Tipo 4              |          | 7d   |
| PM-SJ-1,0_1    | 76,3           | 155,0          | 4566,4                  | 10,9                  | 2,4                             | Tipo 6              |          | 24h  |
| PM-SJ-1,0_2    | 76,3           | 155,6          | 4566,4                  | 14,9                  | 3,3                             | Tipo 4              |          | 3d   |
| PM-SJ-1,0_3    | 75,7           | 155,0          | 4494,8                  | 27,7                  | 6,2                             | Tipo 3              |          | 7d   |
| PM-CJ-2,5_1    | 75,7           | 154,0          | 4494,8                  | 12,7                  | 2,8                             | Tipo 5              |          | 24h  |
| PM-CJ-2,5_2    | 75,9           | 154,5          | 4518,6                  | 23,3                  | 5,1                             | Tipo 6              |          | 3d   |
| PM-CJ-2,5_3    | 76,0           | 153,8          | 4530,5                  | 34,0                  | 7,5                             | Tipo 4              |          | 7d   |
| PM-SJ-2,5_1    | 75,9           | 154,0          | 4518,6                  | 18,2                  | 4,0                             | Tipo 3              |          | 24h  |
| PM-SJ-2,5_2    | 76,0           | 153,5          | 4530,5                  | 33,3                  | 7,3                             | Tipo 3              |          | 3d   |
| PM-SJ-2,5_3    | 75,6           | 153,7          | 4488,8                  | 38,5                  | 8,6                             | Tipo 6              |          | 7d   |
| PM-CJ-5,0_1    | 75,8           | 153,5          | 4506,7                  | 12,5                  | 2,8                             | Tipo 6              | Vacíos   | 24h  |
| PM-CJ-5,0_2    | 75,7           | 153,8          | 4500,7                  | 22,3                  | 5,0                             | Tipo 5              | Vacíos   | 3d   |
| PM-CJ-5,0_3    | 75,5           | 153,0          | 4471,0                  | 30,2                  | 6,8                             | Tipo 5              | Vacíos   | 7d   |
| PM-SJ-5,0_1    | 75,7           | 153,0          | 4500,7                  | 20,7                  | 4,6                             | Tipo 5              | Vacíos   | 24h  |
| PM-SJ-5,0_2    | 75,7           | 154,0          | 4500,7                  | 45,4                  | 10,1                            | Tipo 3              | Vacíos   | 3d   |
| PM-SJ-5,0_3    | 75,6           | 154,5          | 4488,8                  | 54,8                  | 12,2                            | Tipo 5              | Vacíos   | 7d   |

## Tablas de dosificación

**Tabla 7**

*Dosificación de Concreto a Compresión por Proporciones en Volumen Suelto*

| Proporciones<br>(Cmt : Are : Gra) | Resistencia |         |      | Cantidades para 1 m3 |       |                      |      |                      |      |                   |  |
|-----------------------------------|-------------|---------|------|----------------------|-------|----------------------|------|----------------------|------|-------------------|--|
|                                   | MPa         | Kgf/cm2 | PSI  | Cemento <sup>a</sup> |       | Arena                |      | Grava                |      | Agua <sup>c</sup> |  |
|                                   |             |         |      | Sacos                | Kg    | Cajones <sup>b</sup> | m3   | Cajones <sup>b</sup> | m3   | Lts               |  |
| 1 : 4,0 : 8,0                     | 10          | 100     | 1420 | 3,20                 | 160,0 | 13                   | 0,51 | 26,0                 | 1,02 | 80,00             |  |
| 1 : 4,0 : 7,0                     | 11          | 110     | 1560 | 3,50                 | 175,0 | 14                   | 0,56 | 24,5                 | 0,98 | 87,5              |  |
| 1 : 3,0 : 6,0                     | 12          | 120     | 1700 | 4,20                 | 210,0 | 13                   | 0,50 | 25,0                 | 1,01 | 105,00            |  |
| 1 : 3,0 : 5,0                     | 14          | 141     | 2000 | 4,70                 | 235,0 | 14                   | 0,56 | 23,5                 | 0,94 | 117,50            |  |
| 1 : 3,0 : 4,0                     | 16          | 160     | 2275 | 5,25                 | 262,5 | 16                   | 0,63 | 21,0                 | 0,84 | 131,25            |  |
| 1 : 3,0 : 3,0                     | 17          | 169     | 2400 | 6,00                 | 300,0 | 18                   | 0,72 | 18,0                 | 0,72 | 150,00            |  |
| 1 : 2,5 : 4,0                     | 19          | 190     | 2700 | 5,60                 | 280,0 | 14                   | 0,56 | 22,0                 | 0,90 | 140,00            |  |
| 1 : 2,0 : 4,0                     | 20          | 200     | 2850 | 6,00                 | 300,0 | 12                   | 0,48 | 24,0                 | 0,96 | 150,00            |  |
| 1 : 2,0 : 3,5                     | 21          | 211     | 3000 | 6,50                 | 325,0 | 13                   | 0,52 | 23,0                 | 0,91 | 162,50            |  |
| 1 : 2,0 : 3,0                     | 22          | 227     | 3224 | 7,00                 | 350,0 | 14                   | 0,56 | 21,0                 | 0,84 | 175,00            |  |
| 1 : 2,0 : 2,5                     | 25          | 250     | 3555 | 7,60                 | 380,0 | 15                   | 0,61 | 19,0                 | 0,76 | 190,00            |  |
| 1 : 2,0 : 2,0                     | 28          | 281     | 4000 | 8,40                 | 420,0 | 17                   | 0,67 | 17,0                 | 0,67 | 210,00            |  |

Nota. Recuperado de Rivera L., G. (s.f.). *Concreto Simple*. Popayán: Universidad del Cauca.

<sup>a</sup> Sacos de cemento de 50kg

<sup>b</sup> Cajones de 0,34x0,34x0,34cm (medidas internas).

<sup>c</sup> 25 litros de agua por bulto, para una relación A/C del 0,5

**Tabla 8***Dosificación de Mortero a Compresión por Proporciones en Volumen Suelto*

| Proporciones<br>(Cmt : Are) | Rango Resistencia Probable compresión<br>28 días |         |           | Cantidades para 1 m3 |       |                      |      |      |      |  |
|-----------------------------|--|---------|-----------|----------------------|-------|----------------------|------|------|------|--|
|                             | MPa  | Kgf/cm2 | PSI       | Cemento <sup>a</sup> |       | Arena                |      | Agua | A/C  |  |
|                             |  |         |           | Sacos                | Kg    | Cajones <sup>b</sup> | m3   | Lts  |      |  |
| 1 : 1,0                     | 23,0-28,0  | 232-281 | 3300-4000 | 18,0                 | 900,0 | 18                   | 0,72 | 450  | 0,50 |  |
| 1 : 2,0                     | 19,0-24,0  | 190-243 | 2700-3450 | 12,0                 | 600,0 | 24                   | 0,96 | 300  | 0,50 |  |
| 1 : 2,5                     | 16,0-21,0  | 162-211 | 2300-3000 | 10,3                 | 514,3 | 26                   | 1,03 | 280  | 0,54 |  |
| 1 : 3,0                     | 14,0-19,0  | 141-190 | 2000-2700 | 9,0                  | 450,0 | 27                   | 1,08 | 260  | 0,58 |  |
| 1 : 3,5                     | 13,0-17,0  | 127-176 | 1800-2500 | 8,0                  | 400,0 | 28                   | 1,12 | 250  | 0,62 |  |
| 1 : 4,0                     | 11,0-16,0  | 113-162 | 1600-2300 | 7,2                  | 360,0 | 29                   | 1,15 | 240  | 0,67 |  |
| 1 : 5,0                     | 10,0-15,0  | 106-155 | 1500-2200 | 6,0                  | 300,0 | 30                   | 1,20 | 225  | 0,75 |  |
| 1 : 6,0                     | 8,0-13,0   | 84-134  | 1200-1900 | 5,0                  | 257,0 | 31                   | 1,23 | 210  | 0,82 |  |
| 1 : 7,0                     | 7,6-12,5   | 77-127  | 1100-1800 | 4,5                  | 225,0 | 32                   | 1,26 | 195  | 0,87 |  |
| 1 : 8,0                     | 6,0-11,0   | 63-113  | 900-1600  | 4,0                  | 200,0 | 32                   | 1,28 | 185  | 0,92 |  |
| 1 : 9,0                     | 5,5-10,0   | 56-106  | 800-1500  | 3,6                  | 180,0 | 32                   | 1,30 | 175  | 0,97 |  |
| 1 : 10,0                    | 4,5-9,0  | 46-95   | 650-1350  | 3,3                  | 164,0 | 33                   | 1,31 | 164  | 1,00 |  |

Nota. Recuperado de Rivera L., G. (s.f.). *Concreto Simple*. Popayán: Universidad del Cauca.

<sup>a</sup> Sacos de cemento de 50kg

<sup>b</sup> Cajones de 0,34x0,34x0,34cm (medidas internas).

### Cálculos cantidades de material

Para la dosificación del concreto y mortero de las muestras a ensayar se tomó como referencia la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

#### *Probetas de concreto*

$$V = \frac{\pi\phi^2}{4} * h \rightarrow V = \frac{\pi(0.0762m)^2 * 0.1524m}{4} \rightarrow V = 0.000695m^3$$

Numero de camisas: 4 + 2(desperdicio)

$$V_T = (0.000695m^3)(6) \rightarrow V_T = 0.00417m^3$$

#### **Cemento**

Para  $1m^3$  de concreto de 21MPa;

1 bulto de cemento = 50kg de cemento  
6.5 bultos de cemento = 325kg de cemento

$$1m^3(\text{concreto}) \rightarrow 325kg(\text{cemento})$$

$$0.00417m^3(\text{concreto}) \rightarrow \mathbf{1.36 kg(\text{cemento})}$$

#### **Arena**

Para concreto de 21MPa;

$$1 : 2 : 3.5$$

(Cemento : Arena : Grava)

$$Arena = (1.36kg)(2) \rightarrow \mathbf{Arena = 2.72kg}$$

#### **Grava**

Para concreto de 21MPa;

$$1 : 2 : 3.5$$

(Cemento : Arena : Grava)

$$Arena = (1.36kg)(3.5)$$

$$\mathbf{Arena = 4.76kg}$$

### Agua

Para concreto de 21MPa con una relación agua cemento de 0.5;

$$\begin{aligned} 25\text{ltrs}(\text{agua}) &\rightarrow 50\text{kg}(\text{cemento}) \\ X \text{ltrs}(\text{agua}) &\rightarrow 1.36\text{kg}(\text{cemento}) \\ \mathbf{Agua = 0.68Ltrs} \end{aligned}$$

Al realizar las muestras de ensayo se observa que los materiales se encuentran secos, es decir, sin humedad aparente. Por esta razón a criterio del autor se realiza un ajuste en la relación A/C al 0.75, quedando la cantidad de agua a utilizar así:

$$\begin{aligned} 37.5\text{ltrs}(\text{agua}) &\rightarrow 50\text{kg}(\text{cemento}) \\ X \text{ltrs}(\text{agua}) &\rightarrow 1.36\text{kg}(\text{cemento}) \\ \mathbf{Agua = 1.02Ltrs} \end{aligned}$$

### Jabón

Al 1%

$$1.36\text{kg}(\text{cemento}) * 1\% = \mathbf{0.0136 \text{ kg}(\text{jabón})}$$

Al 2.5%

$$1.13\text{kg}(\text{cemento}) * 2.5\% = \mathbf{0.0340 \text{ kg}(\text{jabón})}$$

Al 5%

$$1.13\text{kg}(\text{cemento}) * 5\% = \mathbf{0.0680 \text{ kg}(\text{jabón})}$$

### Probetas de mortero

$$V = \frac{\pi\phi^2}{4} * h \rightarrow V = \frac{\pi(0.0762\text{m})^2 * 0.1524\text{m}}{4} \rightarrow V = 0.000695\text{m}^3$$

Numero de camisas: 4 + 2(desperdicio)

$$V_T = (0.000695\text{m}^3)(6) \rightarrow \mathbf{V_T = 0.00417\text{m}^3}$$

### Cemento

Para  $1m^3$  de mortero de 14Mpa;

$$\begin{aligned} 1 \text{ bulto de cemento} &= 50kg \text{ de cemento} \\ 9 \text{ bultos de cemento} &= 450kg \text{ de cemento} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1m^3(\text{concreto}) &\rightarrow 450kg(\text{cemento}) \\ 0.00417m^3(\text{concreto}) &\rightarrow \mathbf{1.88 \text{ kg}(\text{cemento})} \end{aligned}$$

### Arena

Para mortero de 14MPa;

$$\begin{aligned} &1 : 3 \\ &(\text{Cemento} : \text{Arena}) \\ \text{Arena} &= (1.88kg)(3) \rightarrow \mathbf{\text{Arena} = 5.64kg} \end{aligned}$$

### Agua

Para mortero de 14MPa con una relación agua cemento de 0.58;

$$\begin{aligned} 28,9ltrs(\text{agua}) &\rightarrow 50kg(\text{cemento}) \\ X \text{ ltrs}(\text{agua}) &\rightarrow 1.88kg(\text{cemento}) \\ \mathbf{\text{Agua} = 1.09Ltrs} \end{aligned}$$

Por las razones descritas en el procedimiento anterior para el cálculo del agua en la dosificación de las muestras de concreto, se realiza el mismo ajuste quedando la cantidad de agua a utilizar así:

$$\begin{aligned} 37.5ltrs(\text{agua}) &\rightarrow 50kg(\text{cemento}) \\ X \text{ ltrs}(\text{agua}) &\rightarrow 1.88kg(\text{cemento}) \\ \mathbf{\text{Agua} = 1.41Ltrs} \end{aligned}$$

### Jabón

Al 1%

$$1.88kg(\text{cemento}) * 1\% = \mathbf{0.0188 \text{ kg}(\text{jabón})}$$

Al 2.5%

$$1.88\text{kg (cemento)} * 2.5\% = \mathbf{0.0470\text{ kg (jabón)}}$$

Al 5%

$$1.88\text{kg (cemento)} * 5\% = \mathbf{0.0940\text{ kg (jabón)}}$$

### Cálculos porcentaje de absorción muestras de concreto

$$\text{Absorción} = \frac{(Mh - Ms)}{Ms} * 100$$

donde;

$Mh$  = Masa en el aire del elemento saturado (kg)

$Ms$  = Masa del elemento seco (kg)

Muestra CCJ – 1 con edad 3 días

$$\text{Absorción} = \frac{(1.510\text{kg} - 1.500\text{kg})}{1.500\text{kg}} * 100 \rightarrow = 0.67\%$$

Muestra CCJ – 1 con edad 7 días

$$\text{Absorción} = \frac{(1.505\text{kg} - 1.490\text{kg})}{1.490\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.01\%$$

Muestra CSJ – 1 con edad 3 días

$$\text{Absorción} = \frac{(1.560\text{kg} - 1.540\text{kg})}{1.540\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.30\%$$

Muestra CSJ – 1 con edad 7 días

$$\text{Absorción} = \frac{(1.555\text{kg} - 1.535\text{kg})}{1.535\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.30\%$$

Muestra CCJ – 2.5 con edad 3 días

$$\text{Absorción} = \frac{(1.505\text{kg} - 1.490\text{kg})}{1.490\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.01\%$$

Muestra CCJ – 2.5 con edad 7 días

$$\text{Absorción} = \frac{(1.495\text{kg} - 1.480\text{kg})}{1.480\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.01\%$$

*Muestra CSJ – 2.5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.590\text{kg} - 1.575\text{kg})}{1.575\text{kg}} * 100 \rightarrow = 0.95\%$$

*Muestra CSJ – 2.5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.590\text{kg} - 1.575\text{kg})}{1.575\text{kg}} * 100 \rightarrow = 0.99\%$$

*Muestra CCJ – 5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.500\text{kg} - 1.485\text{kg})}{1.485\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.01\%$$

*Muestra CCJ – 5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.570\text{kg} - 1.550\text{kg})}{1.550\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.29\%$$

*Muestra CSJ – 5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.565\text{kg} - 1.550\text{kg})}{1.550\text{kg}} * 100 \rightarrow = 0.97\%$$

*Muestra CSJ – 5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.600\text{kg} - 1.585\text{kg})}{1.585\text{kg}} * 100 \rightarrow = 0.95\%$$

### **Cálculos porcentaje de absorción muestras de mortero**

$$\text{Absorción} = \frac{(Mh - Ms)}{Ms} * 100$$

donde;

*Mh = Masa en el aire del elemento saturado (kg)*

*Ms = Masa del elemento seco (kg)*

*Muestra MCJ – 1 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.400\text{kg} - 1.380\text{kg})}{1.380\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.45\%$$

*Muestra MCJ – 1 con edad 7 días*



$$\text{Absorción} = \frac{(1.385\text{kg} - 1.360\text{kg})}{1.360\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.84\%$$

*Muestra MSJ – 1 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.395\text{kg} - 1.330\text{kg})}{1.330\text{kg}} * 100 \rightarrow = 4.89\%$$

*Muestra MSJ – 1 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.405\text{kg} - 1.365\text{kg})}{1.365\text{kg}} * 100 \rightarrow = 2.93\%$$

*Muestra MCJ – 2.5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.420\text{kg} - 1.405\text{kg})}{1.405\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.07\%$$

*Muestra MCJ – 2.5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.420\text{kg} - 1.400\text{kg})}{1.400\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.43\%$$

*Muestra MSJ – 2.5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.420\text{kg} - 1.405\text{kg})}{1.405\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.07\%$$

*Muestra MSJ – 2.5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.420\text{kg} - 1.395\text{kg})}{1.395\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.79\%$$

*Muestra MCJ – 5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.415\text{kg} - 1.400\text{kg})}{1.400\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.07\%$$

*Muestra MCJ – 5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.405\text{kg} - 1.385\text{kg})}{1.385\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.44\%$$

*Muestra MSJ – 5 con edad 3 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.495\text{kg} - 1.480\text{kg})}{1.480\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.01\%$$

*Muestra MSJ – 5 con edad 7 días*

$$\text{Absorción} = \frac{(1.510\text{kg} - 1.490\text{kg})}{1.490\text{kg}} * 100 \rightarrow = 1.34\%$$

### Registro fotográfico

