

Urea como aditivo en el proceso de curado del concreto

Julie Alejandra Moreno Poveda

Gratiniano Valiente Boyacá



Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Facultad de Arquitectura

Universidad la Gran Colombia

Bogotá

2020

Urea como aditivo en el proceso de curado del concreto

Julie Alejandra Moreno Poveda

Gratiniano Valiente Boyacá

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas**

José Alcides Ruiz

Profesor



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Facultad de Arquitectura

Universidad la Gran Colombia

Bogotá

2020

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a Dios, quien nos llena de inteligencia para aprender, talento para crear, soñar y para cumplir los importantes propósitos en nuestras vidas.

A nuestros padres por darnos lo mejor de sí y enseñarnos que somos capaces de cumplir todas nuestras metas, por demostrarnos que la inteligencia y los valores son fuente indispensable para un ser humano próspero y feliz y que la educación es un importante recurso para obtener una mejor calidad de vida para nosotros y los que nos rodean.

Agradecimientos

Nuestros agradecimientos especiales a la Universidad La Gran Colombia, la cual nos abrió sus puertas para formarnos profesionalmente, a sus directivas por respaldar todas las necesidades que como alumnos tuvimos en el camino y a nuestros profesores por su dedicación, paciencia y metodología con la cual nos incentivaron a dar todo nuestro potencial para llegar a la culminación de este proyecto de vida. Agradecemos a nuestros compañeros y amigos por hacer parte de esta etapa tan importante de nuestro crecimiento personal y a todas aquellas personas que siempre estuvieron directa o indirectamente a nuestro lado, bajo todas las circunstancias, dándonos su compañía incondicional solo para que alcancemos un sueño maravilloso.

Tabla de contenido

| | |
|---------------------------------|-----------|
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT..... | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| JUSTIFICACION..... | 13 |
| HIPOTESIS..... | 14 |
| OBJETIVOS..... | 15 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 15 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 15 |
| MARCO REFERENCIAL | 16 |
| RIEGOS CON AGUA..... | 16 |
| MEMBRANAS DE CURADO | 17 |
| NEBULIZACION DE AGUA..... | 17 |
| CUBIERTAS TEXTILES..... | 18 |
| CUBIERTAS HUMEDAS..... | 19 |
| LAMINAS DE PLASTICO..... | 19 |
| PAPEL IMPERMEABLE..... | 20 |
| CURADO CON VAPOR..... | 21 |
| ANTECEDENTES..... | 22 |

| | |
|------------------------------------------------|-----------|
| MARCO TEORICO | 23 |
| MARCO NORMATIVO | 29 |
| ASPECTOS METODOLOGICOS | 32 |
| Pruebas de compresión..... | 36 |
| Comparativo de costos según método..... | 39 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 41 |
| LISTA DE REFERENCIA BIBLIOGRAFICA | 43 |

Lista de figuras

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 <i>Agua a chorro sobre columna</i> | 16 |
| Figura 2 <i>Membrana de curado</i> | 17 |
| Figura 3 <i>Nebulización con manguera</i> | 18 |
| Figura 4 <i>Curado de estructuras verticales y horizontales con tela</i> | 18 |
| Figura 5 <i>Curado usando aserrín</i> | 19 |
| Figura 6 <i>Curado usando plástico</i> | 20 |
| Figura 7 <i>Curado usando papel</i> | 20 |
| Figura 8 <i>Curado de probetas con vapor</i> | 21 |
| Figura 9 <i>Grafica comparativa de pruebas de compresión</i> | 23 |
| Figura 10 <i>Grafica comparativa perdida de agua por método</i> | 24 |
| Figura 11 <i>Enfriador portátil con Urea</i> | 24 |
| Figura 12 <i>Regeneración del concreto con Urea</i> | 26 |
| Figura 13 <i>Cristalización de Urea en el concreto</i> | 27 |
| Figura 14 <i>Prueba de resistencia a la compresión</i> | 29 |
| Figura 15 <i>Selección de grava fino y grueso</i> | 33 |
| Figura 16 <i>Dosificación por peso de arena de rio y cemento Portland tipo I</i> | 33 |
| Figura 17 <i>Cilindros fraguando y curando</i> | 35 |
| Figura 18 <i>Dosificación de la Urea en gramos</i> | 35 |
| Figura 19 <i>Aspecto de los cilindros con Urea después de dos semanas</i> | 36 |
| Figura 20 <i>Peso de las muestras y pruebas de compresión</i> | 36 |
| Figura 21 <i>Grafico comparativo de las pruebas de compresión</i> | 37 |
| Figura 22 <i>Aspecto de las muestras 1 y 2 posterior a las pruebas</i> | 38 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23 <i>Aspecto de las muestras 1 y 2 posterior a las pruebas</i> | 38 |
| Figura 24 <i>Simulación de placa en AutoCAD</i> | 39 |
| Figura 25 <i>Comparativo de costos</i> | 40 |

Lista de tablas

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 <i>Peso de arena y grava por m³</i> | 33 |
| Tabla 2 <i>Calculo de cantidad de material para los cuatro cilindros</i> | 34 |
| Tabla 3 <i>Cantidad de material total por peso</i> | 34 |
| Tabla 4 <i>Resistencia de las muestras en Psi</i> | 37 |
| Tabla 5 <i>Aproximado de costos</i> | 40 |

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad comparar el curado del concreto bajo las modalidades convencionales utilizadas en nuestro país contra un curado al cual se le ha adicionado urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), esto con el propósito de optimizar y facilitar dicho proceso que por lo general requiere de una atención especial por parte del recurso operativo y en muchos casos también la compra de algunos aditivos o elementos adicionales, que pueden ser considerablemente más costosos a lo que aquí se está proponiendo. Aplicar Urea al concreto ya ha sido tema de estudio en diferentes partes del mundo, pero aquí se planteará un método diferente para agrupar estos elementos, direccionándolo a un proceso de curado del concreto más fácil metodológicamente hablando y posiblemente más económico.

Palabras clave:

Curado, Urea, Concreto, Compresión, Pruebas, Resistencia.

Abstract

The purpose of this work is to compare the curing of concrete under the modalities used against us against a curing to which urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) has been added, this with the purpose of optimizing and facilitating said process that generally requires special attention on the part of the operational resource and in many cases also the purchase of some additives or additional elements, which can be considerably more expensive than what is being proposed here. Applying Urea to concrete has already been the subject of study in different parts of the world, but here a different method will be proposed to group these elements, directing it to a process of curing concrete that is easier methodologically speaking and possibly more economical.

Keywords:

Cured, Concrete, Compression, Tests, Resistance

Introducción

El concreto u hormigón es el material más usado para la construcción en todo el mundo por su gran consistencia y bajo costo, en comparación con otros materiales está presente en casi todos los procesos constructivos teniendo una gran importancia en la habitabilidad del proyecto. Su uso es muy importante ya que va dirigido a la conformación de estructuras, es decir, este es el esqueleto del edificio y por esta razón requiere una atención y cuidado especial.

Formado normalmente por una mezcla de cemento, arena, grava (piedra fracturada) y agua, el concreto u hormigón se encuentra en estado líquido y conglomerante el cual, en determinado espacio de tiempo, presenta una reacción físico-química (fraguado) convirtiéndose en un sólido resistente y duradero; sin embargo, antes que esto ocurra, la mezcla del concreto puede ser realmente frágil. Agentes externos como la temperatura, vientos extremos en el área de trabajo, la humedad relativa de la zona, la radiación solar o errores humanos como una mala dosificación, la mala calidad de los materiales comprometidos, el inapropiado transporte entre otros, hará todo lo opuesto a darle las propiedades requeridas. La rápida evaporación del agua por la alta temperatura que tiene el interior del concreto en el momento de su curado es el principal factor determinante de este estudio.

Planteamiento del problema

¿Cómo se optimizaría el proceso del curado del concreto, disminuyendo el tiempo en la mano de obra, sin el uso desmedido de agua, sin aditivos o elementos que pueden incrementar los costos considerablemente y sin alterar el resultado final de su resistencia a la compresión en Bogotá?

Justificación

Para que el concreto adquiriera las propiedades que permitan asegurar la calidad del elemento final, debe garantizarse la protección del concreto fresco durante el periodo de tiempo de su curado evitando la deshidratación prematura del mismo, que es natural en él, por las reacciones químicas que presenta el cemento al contacto con el agua y que causan un aumento de la temperatura molecular. El correcto curado del concreto debe comenzar después de su compactación, día 7 y antes de secarse completamente, día 28, evitando así el daño a su durabilidad en el tiempo, su resistencia de las cargas exigidas por el diseño y “el aumento de la permeabilidad de la superficie que puede llegar a ser hasta 50 veces mayor que en su interior” (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999. párr. 6). Si en dicho paso no se tiene desde un comienzo los elementos in situ para evitar la evaporación temprana del agua, el proceso será fallido y el concreto al secarse tempranamente, dejará de ser un elemento monolítico y presentará las características químicas no deseadas ya mencionadas.

Por muchas razones, el curado del concreto puede no ser verificado de una manera adecuada, ya que los procesos más recurrentes se aplican de forma externa al elemento y fácilmente se cae en el error que sea menos controlado, medible y cuantificable.

Hipótesis

La urea o carbamida, es un compuesto químico cristalino e incoloro, de fórmula $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (átomo de carbono con un doble enlace a un átomo de oxígeno y amoníaco).

Se encuentra en mayor proporción en la orina, en el sudor y en la materia fecal. Es el principal producto terminal del metabolismo de las proteínas en los mamíferos, como los humanos. (Wikipedia, 2011).

En cantidades menores, se presenta en la sangre, en el hígado, en la linfa y en los fluidos serosos, también en los excrementos de los peces y muchos otros animales; en el corazón, en los pulmones, en los huesos y en los órganos reproductivos, así como el semen. (Wikipedia, 2011. Parr.2).

La urea ha sido utilizada en distintos usos que van desde los fertilizantes hasta los combustibles diésel. (Xataka Ciencia, 2015). En su forma ureica posee un elevado contenido de nitrógeno (+o- un 46%) y en forma líquida reduce la temperatura llegando al estado de refrigeración. Ha sido estudiada como un elemento importante en el auto regeneramiento del concreto o como se conoce esta técnica "concreto vivo". También se ha estudiado en concretos de baja exotermia tratando de remplazar con esta ciertos porcentajes de agua en la mezcla.

Consideramos que, con algunos ensayos, otra técnica y dosificación, el uso de la urea puede ser útil para el proceso del curado del concreto.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Proponer el uso de la urea en la mezcla del concreto buscando optimización en el proceso de curado y sin alterar su resistencia final a la compresión, para estructuras de proyectos edilicios.

Objetivos específicos

Identificar el comportamiento físico del concreto mezclado con urea durante su tiempo natural de curado (28 días).

Determinar el proceso de aplicación mediante dosificaciones que no afecte las propiedades físicas y de resistencia del concreto con urea, a partir de análisis visual y prueba de física de compresión.

Realizar un análisis de costos de los procesos de curado del concreto más reconocidos hasta el momento en Bogotá, frente a los resultados de la urea en el proceso de curado de concreto como aditivo.

Marco referencial

Debido a la importancia de comprender como son los más recurrentes métodos para el curado del concreto, sus procesos y costos antes de nuestro planteamiento, aquí se ha documentado una breve descripción de cada uno.

Riesgos con agua

Este proceso es el más común, se efectúa en la mayoría de los casos con manguera, no hay una medida específica de agua para cada estructura ni tampoco una medida de tiempo de riego determinada, simplemente el operario se encarga de aplicar agua a chorro a las estructuras. El objetivo es mantener la estructura húmeda constantemente durante por lo menos los 7 primeros días de su curado, donde el concreto alcanza el 98% de su resistencia (Euclid Group Toxemed [EGT], 2016).

El cálculo de m³ de agua por cada m² de placa o columna no está determinado con exactitud en este estudio, esta solo se promediará, ya que depende de la velocidad con la que el agua se evapore debido a la temperatura de la zona y de otros factores. Lo que sí es importante recalcar, es que el proceso debe ser continuo y requiere del personal constante atendiendo la necesidad.

Figura 1

Agua a chorro sobre la columna.



Tomado de Global Invent. (2019, octubre, 24).

Curado de concreto, recomendaciones.

[Video]. YouTube. (<https://www.youtube.com/watch?v=8UWDS7bvYZY>)

Membranas de curado

Los curadores de membrana son parafinas o resinas blancas a base de agua, que forman una película impermeabilizante al aplicarla sobre el concreto recién vertido o fresco para que este no pierda su humedad interna. Se puede esparcir con atomizador o manualmente y sólo requiere una o dos capas sobre la estructura. En las recomendaciones del proceso encontramos que es muy importante proteger la membrana de curado de la lluvia por una semana, es decir material adicional.

El producto tiene un uso muy práctico, pero en algunos estudios se ha cuestionado el impacto negativo que puede tener sobre la resistencia a la compresión a los 28 días comparado con el curado por rocío de agua. El producto de uso más recurrente para esta técnica es el producto Antisol rojo. Todos los productos en cuestión deben cumplir con las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) C309.

Figura 2

Membrana de curado



Tomado de "membrana de curado". (S.F)
<https://www.dificonsa.com/membrana-de-curado/>

Nebulización de agua

Las capas de "niebla artificial" que se aplican con atomizadores disminuye la temperatura del aire que se encuentra por encima de la placa de concreto, reduciendo la velocidad de su evaporación. Debe contarse con el número necesario de atomizadores para logra el efecto deseado, el sistema

requiere instalarse de forma rápida y aplica más a recintos cerrados. Por lo general se contrata una empresa especializadas en el montaje del equipo. También existe la nebulización con manguera y maneja el mismo concepto de rocío con agua.

Figura 3

Nebulización con manguera



Tomado de Polpaico Protección y curado del Hormigón. (S.F)
<http://www.polpaico.cl/wp-content/uploads/FICHA-PROTECCI%C3%93N-Y-CURADO-DEL-HORMIGON.pdf>

Cubiertas de textiles.

La superficie de concreto es cubierta con costal húmedo, mantas, esteras de algodón o yute humedecidas, asegurándose previamente que no manche el concreto. Debe tenerse cuidado que nunca resulten secas y que causen un efecto contrario, absorber el agua del concreto. Este sistema con la recurrencia apropiada de humedecimientos de las mantas refresca la placa de concreto, los bordes de las mantas se sobreponen o solapan con contrapeso para no ser movidas por el viento. De igual forma se requiere del personal disponible para mantenerla húmeda continuamente.

Figura 4

Curado de estructuras verticales y horizontales con tela



Tomado de Alario, E. (2014). <https://enriquealario.com/curado-de-hormigon/>

Cubiertas húmedas

Para este método se puede utilizar cubrimientos de aserrín, arena, paja o tierra y deben ser rociadas con agua de manera regular, lo ideal es que estas capas sean de unas 6 pulgadas y si se requiere también ser cubiertas con una lona. Estos materiales deben estar libres de sustancias que contaminen el concreto, que puedan también mancharlo o decolorarlo. Casi siempre se usa este método cuando el material en cuestión se encuentra a la mano y no compromete de ninguna forma el resultado final del concreto.

Figura 5

Curado usando aserrín



Tomado de Pilco. (2013). <https://www.pilco.com.co/proyecto/hinca-de-pilotes-maritimos-y-ampliacion-muelle-san-francisco-buenaventura/muelle-fundido-y-curado-con-aserrin/>

Láminas de plástico

Se pueden utilizar láminas de material plástico, por lo general son de polietileno, que evitan la evaporación del agua contenida en el concreto. Este material debe cumplir las normas ASTM C171 o AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) M171.

Ambas especifican un espesor mínimo de 4 milésimas de pulgada (0.1mm) y preferiblemente reforzadas con fibra de vidrio, el montaje debe ser casi inmediato y sin averiar la superficie, los bordes deben pegarse con algún adhesivo impermeable y colocar sobrepeso para evitar que el aire pueda penetrar entre la capa plástica y el concreto.

Figura 6

Curado usando plástico



Tomado de Tecnología del concreto. (2016)
<http://tecnologia-concreto.blogspot.com/2016/07/semana-12-curado-del-concreto.html>

Papel impermeable

Se montan láminas de papel Kraft que deben estar adheridas entre sí, en la mayoría de los casos por un ligante aglutinante y reforzadas con fibras. Al igual que con la lámina de plástico, con este método no son necesarios los riegos recurrentes de agua, las láminas deben ser colocadas sobre la superficie de concreto tan pronto como éste haya condensado lo suficiente y luego de ser humedecido otra vez. Para unir los pliegos del papel se puede utilizar adhesivo impermeable o pegante, para dar contrapeso y que el papel se mantenga en su lugar se pueden usar tabloncillos de madera.

En una obra de grande este proceso no es muy práctico, tiene una mayor dificultad el tratar de mantener el papel sin arrugas, pliegues o agujeros. El papel deberá ser de color claro y no manchar el hormigón y debe cumplir las normas ASTM C171 o AASHTO M171.

Figura 7

Curado usando papel



Tomado de Valarezo, M. (2015).
<https://es.slideshare.net/mfvalarezo/losas-de-hormign-sobre-el-terreno>

Curado con vapor

Se ejecuta en un recinto cerrado compensando la pérdida de humedad. Este se realiza por ciclos que consiste en hacer un incremento de temperatura con el vapor, un intervalo de espera, un período de temperatura ambiente y un período de disminución de la temperatura.

Esta técnica también es utilizada en el curado de las muestras de laboratorio para las pruebas de compresión.

Figura 8

Curado de probetas con vapor



Tomado de Ramarpul (S.F)

<https://ramarpul.com/portfolio/cementos/>

Antecedentes

El curado del concreto ha tenido un sin número de estudios en todo el mundo, la necesidad de perfeccionar este proceso sin poner en riesgo la integridad física del equipo de trabajo durante la puesta en obra y el usuario final, hace que se analice con lupa cualquier posible novedad sobre el tema.

Actualmente existen diferentes técnicas y productos que pueden funcionar como películas retenedoras de agua externas a la mezcla o de reposición del agua que la estructura va perdiendo.

Los avances tecnológicos han hecho un gran aporte al proceso del curado del concreto, existen concretos elaborados a base de nanotecnología y los bioconcretos, como el descubierto por el científico holandés Henk Jonkers de la Universidad Técnica de Delft, en Países Bajos. Este tiene la capacidad de auto regenerarse a base de cepas de la bacteria *Bacillus Pseudofirmus*. A esa mezcla se añade lactato de calcio, que es lo que las bacterias comen, según los estudios estas bacterias forman esporas que pueden sobrevivir por más de 200 años en el edificio. A pesar que son excelentes soluciones a varios problemas constructivos son tecnologías que, a esta época, generarían altos costos de inversión. (Redacción BBC News Mundo, 2016).

En este estudio se presentarán antecedentes que nos parecen de importancia, con los que buscamos soportar el concepto de que es posible hacer agregados directos a la mezcla del concreto sin que esto genere una descompensación molecular.

Marco Teórico

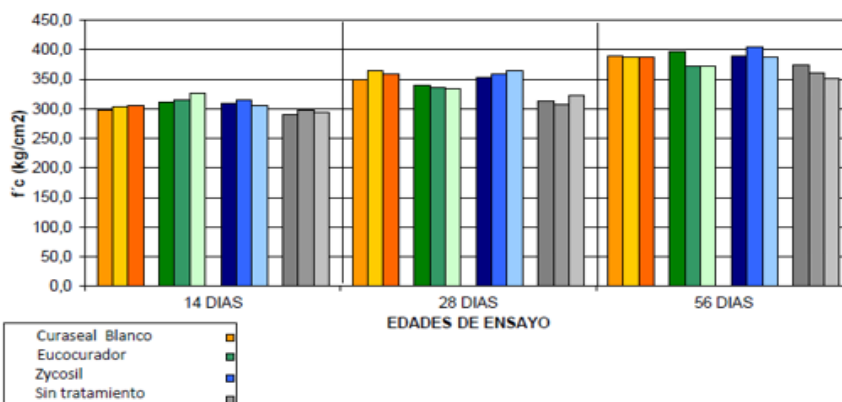
Comparación entre concretos curados con compuestos formadores de membrana y con un producto elaborado con nanotecnología en relación con la retención de agua y la resistencia a compresión.

Este estudio argumenta la efectividad del curado del concreto buscando la máxima retención de las moléculas del agua, usando un producto diseñado con nanotecnología; como el término lo indica es el proceso en el cual se puede manipular a nivel atómico o molecular un elemento. El producto químico en cuestión llamado Zycosil y que se utilizó en la investigación, no fue diseñado para trabajar como curador, si no como retenedor de agua y no actúa como agente externo al proceso del curado sino como parte integral de los materiales del concreto.

Los resultados del estudio en mención revelan que los cilindros tratados con el producto elaborado a base de nanotecnología tienen más capacidad de retención de agua y también un mejor comportamiento en las pruebas de compresión, frente a otros tres curadores tipo membrana. (Bolaños Cancino, 2011).

Figura 9

Gráfica comparativa de pruebas de compresión

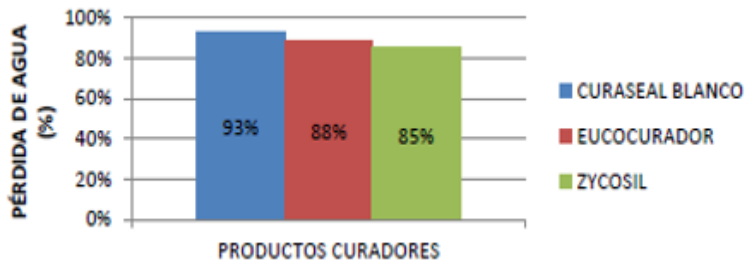


Tomado de Bolaños V. (2011). *Resumen de resistencia a la compresión en cilindros.*

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20829/vivianamarcelabolanosancino.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Figura 10

Grafica comparativa perdida de agua por método



Tomado de Bolaños V. (2011). *Perdida de agua de los sistemas curadores.*

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20829/vivianamarcelabolanoscancino.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Es posible incorporar un elemento adicional al mezcgal del concreto, que se encargue de retener el agua contenida y que la respuesta molecular directa a esta retención sea un curado óptimo.

Aisber.

La Ingeniera química Paola Fatas de la Universidad de Zaragoza desarrollo este producto.

Consiste en un recipiente capaz de enfriar la temperatura de latas y botellas hasta 20º grados por debajo de la temperatura ambiente de una manera casi instantánea. Al introducir la lata o botella en este pequeño contenedor y presionarlo el enfriador comienza a funcionar. La urea es un producto orgánico y neutro y la clave de este sistema ya que, al estar disuelto con el agua, puede no solo bajar la temperatura de manera drástica, sino también evita su evaporación por este mismo efecto, es decir es un retenedor natural de agua.

Figura 11

Enfriador portátil con urea



Tomada de Xataka Ciencia. (2015).

<https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/probando-aisber-el-enfriador-para-latas-y-botellas-que-puedes-llevar-a-todas-partes>

Desarrollo de árido soluble para fabricación de hormigones porosos.

El hormigón poroso o permeable es utilizado mayormente en pavimentos de parkings, caminos, pistas, invernaderos, interior de urbanizaciones, etc. Su principal función es permitir que el agua de lluvia traspase el pavimento a tierra sin estropearlo, evitando la acumulación de agua.

Este tipo de concreto es sensible al desmoronamiento o Raveling, que es un fenómeno que se traduce en una pérdida de adherencia entre los áridos y la pasta de la superficie expuesta. La prevención de la pérdida de agua durante el curado reduce el riesgo de desmoronamiento, es por eso que se debe tener especial cuidado durante la etapa de construcción. (Martinez,2016, p.9).

A diferencia del concreto para estructuras, el hormigón poroso presenta dos principales limitantes con la pérdida acelerada de agua:

Presenta peores propiedades mecánicas debido a la porosidad.

Presenta inconvenientes al momento de su puesta en obra.

En este estudio se seleccionaron una serie de compuestos en función de su capacidad de disolución entre ellos los fertilizantes nitrogenados, la urea, como sugiere Martínez (2016) y demostrando que esta es una gran retardador del fraguado al contener el agua sin alterar molecularmente la mezcla, además facilitando la maleabilidad de la mezcla por más tiempo.

Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autorregenerante

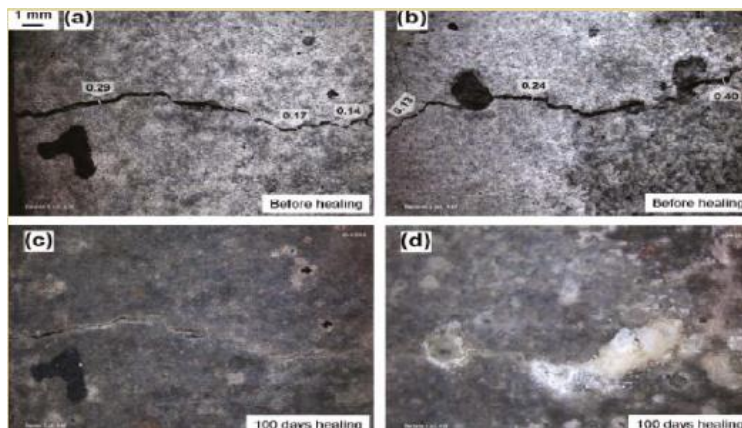
La composición del concreto autorreparante, "Self-Healing Concrete", consiste en adicionar ciertos tipos de bacterias a las grietas causadas por el deterioro del concreto. El estudio investiga el potencial de las bacterias para actuar como agentes auto curativos en el hormigón de cualquier condición. (cemento, agua, agregados finos y gruesos, aditivos, etc.).

El método fue descubierto por el microbiólogo Henk Jonkers de la Universidad de Tecnología de Delft, Facultad de Ingeniería Civil y Geociencias en Países Bajos. Funciona mediante la integración de cápsulas de bacterias que producen piedra caliza (*Bacillus Pseudofirmus* o *Sporosarcina Pasteurii*) con lactato de calcio, produciendo mayor resistencia a la compresión en comparación con el concreto convencional y una reducción de la permeabilidad, esto, ocasionando mejores propiedades en su estado endurecido con respecto al convencional. (Ponce, et al, 2015, p.p 37-38).

La urea fue uno de los componentes que se analizó en este estudio y arrojó valores muy favorables como regenerador en las grietas de las estructuras de concreto aplicándola de forma directa.

Figura 12

Regeneración del concreto con Urea



Tomado de Ponce, et al., (2015). Regeneración de las grietas, cien días de la activación de la bacteria. file:///C:/Users/USER/Downloads/16153-Texto%20del%20art%C3%ADculo-64186-2-10-20170328.pdf

Por el contrario de lo que se pudo pensar durante años, existen componentes bacterianos que no causa ningún efecto degenerativo al concreto, incluso pueden regenerarlo. Este era uno de los grandes cuestionamientos iniciales al plantear el uso de la urea en el concreto.

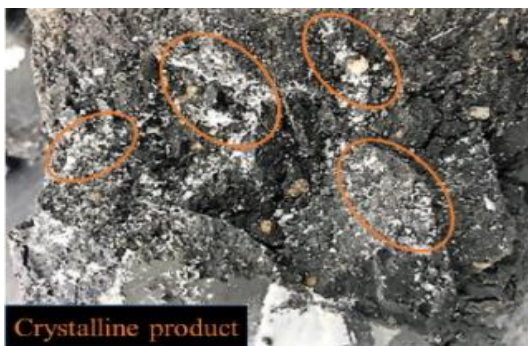
Proceso de hidratación y evolución de la microestructura del hormigón de baja exotermia producido con urea

En la investigación se reemplaza el agua en el mismo porcentaje que se adiciona solución de urea. Se investigó sistemáticamente el efecto de diferentes contenidos de urea (0%, 5%, 10%, 15%) en probetas cúbicas de 100*100*100 mm³ de concreto, para una tasa de carga de compresión entre 0.8 a 1.0 MPa, equivalente a 145 Psi.

Las conclusiones más importantes de este análisis son, que el proceso de curado total toma más tiempo a medida que aumenta el porcentaje de urea, hasta 91 días para alcanzar su resistencia a la compresión y la mezcla se ve afectada a partir de 10% de la cantidad adicionada que reemplazo el agua, desde este porcentaje las probetas presentan secciones de cristalización. También se observa que a mayor cantidad de urea los cilindros sufren una contracción hasta del 50%, esto debido a la falta de relación de agua-cemento, por el remplazo de la cantidad de agua que correspondía a las mezclas, crítico para el resultado final. (Elsevier Construction and Building Materials [ECBM], volumen 248, 2020, p.7, p.11).

Figura 13

Cristalización de Urea en el concreto



Tomado de). Cristalización de urea en el concreto a partir de 10% de agregado.
De Wang L, et al., (2020). <https://bit.ly/334vXP0>

Consideramos con los antecedentes expuestos que la urea tiene importantes características mecánicas de gran aporte al proceso del curado del concreto, sin embargo, no creemos que ninguno de los componentes originales para la dosificación del concreto deba ser reemplazado por esta, más bien debe ser un agregado adicional a la mezcla. Es por esto que los ensayos que se presentaran a continuación corresponden a el uso de la urea en diferentes dosificaciones y en dos técnicas para la mezcla. La urea utilizada en estos ensayos es sólida-granulada y se aplicará de acuerdo a las normas correspondientes para dichos ensayos.

Marco Normativo

Dentro del proceso y pruebas para el curado del concreto se contemplan algunas de las normas nacionales e internacionales.

NSR-10 título C – Concreto estructural

En ella encontramos la estandarización para la dosificación de pruebas y ensayos en un concreto estructural y no estructural; condiciones de los materiales, requerimientos de resistencias, de durabilidad y de diseño sismo resistentes, detalles de los refuerzos, entre otros.

En el capítulo C5, numerales C.5.6 – Evaluación y aceptación del concreto: C.5.6.2, C.5.6.3,

Se especifica bajo qué condiciones se deben aplicar las pruebas de compresión. Vale la pena resaltar el siguiente párrafo:

CR5.6.4.4— Los resultados para las probetas curadas en obra se consideran satisfactorias si exceden la resistencia especificada en más de 3.5 MPa, aun cuando fallen al alcanzar el 85 por ciento de la resistencia F_c de las probetas compañeras curadas en el laboratorio. (Normas Sismo Resistentes [NSR] -10, Título C, 2010, p. c-77).

Figura 14

Prueba de resistencia a la compresión



Nota: Información recolectada en Marzo (2018) Laboratorio Universidad La Gran Colombia. Elaboración propia.

NTC 550 – Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra

Se estipulan los tipos de molde, material, forma, herramientas, técnicas de uso, almacenamiento y temperaturas ambiente promedio.

Esta norma establece los procedimientos para la elaboración y curado de los especímenes cilíndricos y prismáticos tomados de muestras representativas del concreto fresco que se va a usar para la construcción.

El concreto para elaborar los especímenes moldeados deben tener los mismos niveles de asentamiento contenido de aire y porcentaje de agregado grueso que el concreto que representa. (NTC, 2000, p. 1).

NTC 1377 - Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos en el laboratorio

La norma está dirigida al procedimiento en el curado del concreto para las pruebas de laboratorio. “Esta norma establece los procedimientos para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto que se puede compactar por apisonamiento y vibración”. (NTC, 2010, p. 1).

Se establecen tipos de molde, material, forma, herramientas, técnicas de uso, almacenamiento y temperaturas ambiente promedio.

ASTM C31 - Fabricación y curado en la obra de especímenes de concreto para ensayo.

Contempla los pasos para preparar y curar probetas de concreto compactadas mediante varillado. La norma también determina los procedimientos para obtención de muestras para fabricación y curado de vigas representativas de concreto fresco, para un proyecto de construcción y también para el muestreo de concretos con agregados de diámetros mayores a la 2” como tamaño máximo. Se establecen tipos de molde, material, forma, herramientas y técnicas de uso, almacenamiento y temperaturas ambiente promedio. (ASTM, 1920, p. 1).

ASTM 172 - Práctica normalizada para muestreo de concreto recién mezclado

Esta práctica trata sobre los procedimientos de obtención de muestras representativas de concreto fresco entregado en el lugar del proyecto sobre las cuales se van a realizar ensayos para determinar el cumplimiento con los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales el concreto es suministrado. (ASTM, 2004, p. 1).

Aspectos metodológicos

El estudio está enfocado en un análisis visual y cuantitativo del comportamiento del concreto al que se le ha adicionado urea. Este proceso ha tomado alrededor de siete meses, con los primeros ensayos o primer juego de muestras, realizados en marzo del 2020 y culminando con un segundo juego de muestras en septiembre del 2020. Para la elaboración de los cilindros se tuvo en cuenta el procedimiento que se realiza directamente en una obra. Para las pruebas de compresión se buscó soporte con una persona particular ya que, por ser un año de contingencia, no fue posible realizarlas en el laboratorio de la universidad ni en un laboratorio certificado. Por practicidad en la dosificación se escogió la relación 2.2.1. Esta corresponde a 280 Kg/cm², 4000 Psi o 27 MPa. (se referenciará como unidad de los resultados, la unidad en Psi). La dosificación según la tabla estipula que se deben usar 8.4 kg de cemento, 0.67 m³ de arena, 0.67 m³ de grava y 190 Lt de agua por cada m³ de concreto, resultado para 4000 Psi. (Aceros Arequipa, 2018).

Con la información sobre la dosificación y trabajando sobre los criterios de las metodologías que se establecen en las normas NRS10 Titulo C capítulo 5 y NTC 1377, se llevó a cabo el estudio de la siguiente manera:

Debido que en la tabla de dosificaciones para un concreto de 4000 Psi las cantidades de grava y arena se especifican en m³, era necesario conocer el peso por m³ de estos materiales para aplicar correctamente la relación 2:2:1. Esto es necesario ya que la primera prueba consiste en saber si determinada cantidad de urea diluida en la cantidad de agua que corresponde a cada cilindro, afecta la resistencia final a la compresión.

Tabla 1*Peso de arena y grava por cada metro cubico*

| Descripción | Cantidad | Peso en kg |
|-------------|------------------|------------|
| Arena | 1 m ³ | 1.550 |
| Grava | 1 m ³ | 1.450 |

Tomado de Tutoriales de Construcción e Ingeniería (2020, marzo 28). *Cuanto es 1 metro cubico de arena y grava en carretillas, baldes o peso.* [video] <https://www.youtube.com/watch?v=mgSWz1N8aHs>

Se realiza una selección manual del agregado para evitar que se sature de piedras demasiado grandes y los materiales fueron debidamente pesados en una báscula para su dosificación.

Figura 15

Selección de grava, fino y grueso.



Nota: Información recolectada en marzo 2020. Elaboración propia.

Figura 16

Dosificación por peso de arena de rio y cemento Portland tipo I.



Nota: Información recolectada en marzo 2020. Elaboración propia.

Cada uno de los cilindros tiene una dimensión de 10 cm d * 20 cm h y su volumen es de 0.0016 m³ (Fórmula para calcular el volumen de un cilindro $V=\pi*r^2/H$). El volumen total por los 4 cilindros fue de 0.0064 m³. Por la relación 2:2:1, este se divide en 5 para obtener el resultado en volumen.

Tabla 2*Calculo de cantidad de material para los cuatro cilindros*

| Descripción | Medida | Cantidad |
|-------------|--------|----------|
| Arena | m3 | 0.00128 |
| Grava | m3 | 0.00256 |
| Cemento | m3 | 0.00256 |
| Agua | Lts | 1.2 |

Nota. Los valores de referencia se tomaron de la tabla de dosificaciones por m3 para 4000 Psi, Aceros Arequipa. Elaboración propia.

Tabla 3*Cantidad de material total por peso*

| Descripción | Medida | Cantidad |
|-------------|--------|----------|
| Arena | kg | 4.18 |
| Grava | kg | 3.96 |
| Cemento | kg | 0.55 |
| Agua | Lts | 1.3 |

Nota. El cálculo de las cantidades es acorde al peso del m3 de arena, grava y cemento. Elaboración propia.

Para el moldeo de los cilindros se utilizó un tubo sanitario en PVC de 4", a este se le aplicó patronato líquido (vaselina) para que los cilindros se puedan desmoldar con facilidad.

Al agua para 2 de los cilindros se les adiciono 80 g de urea sólida hasta quedar completamente diluida y posterior a esto se completó la unificación de los elementos, los otros dos cilindros se dejaron sin dosificación de urea para que sirvieran como testigos. Estos últimos fueron sumergidos en agua como es el procedimiento regular en el día 7. Para el proceso de compactación dentro de los moldes y de acuerdo a la norma NTC 1377, se llenaron cada uno en dos capas con 25 golpes al contorno por capa.

Figura 17*Cilindros fraguando y curando*

Nota: Información recolectada en marzo 2020. Elaboración propia.

Los cilindros de esta primera prueba no presentaron ninguna alteración a nivel físico frente a los cilindros testigos. Sí tardaron dos semanas más aproximadamente en solidificar completamente.

Para un segundo juego de muestras, se realizó la mezcla de la arena, grava, cemento y agua individualmente ya que todas se dejarían bajo condiciones de estudio diferentes. Un cilindro como testigo para dejarlo sumergido en agua y las otras 3 muestras contiene diferentes gramos de urea, 10, 20 y 30. La urea en este caso no fue disuelta en el agua de la dosificación previamente como si se hizo en el primer ensayo, esta fue mezclada directamente cuando se integraron todos los materiales.

Los moldes utilizados fueron los mismos tubos de PVC de 4" y a estos se le aplicó previamente con brocha solución de ACPM, como es recurrente en ensayos de obra, para poderlos desmoldar después de 24 horas de realizado el montaje. Pasados 7 días el cilindro testigo se sumergió en agua.

Figura 18*Dosificación de la Urea en gramos*

Nota: Información recolectada en septiembre 2020.
Elaboración propia.

Los cilindros del segundo juego de muestras con urea durante los 28 días de curado presentaron un cambio significativo en su apariencia. Primero, la parte superior de estas tiene una película brillante, segundo, en el contorno de los cilindros se evidencia la cristalización de la urea en forma de “pelo”, como en las imágenes de uno de los antecedentes y por último las muestras parecen deterioradas, el color de los cilindros es muy irregular comparado con todos los cilindros del primer ensayo, tanto para los que contenían urea como contra los testigos.

Figura 19

Aspecto de los cilindros después de dos semanas



Nota: Información recolectada en septiembre (2020).
Elaboración propia.

Pruebas de compresión

Las pruebas de compresión son indispensables para sacar las conclusiones más relevantes de este estudio, es por eso que se buscó el recurso más compatible para poder efectuarlas de alguna forma debido a las limitaciones de este trabajo, consecuencia de la pandemia mundial del Covid 19.

Figura 20

Peso de las muestras y pruebas de compresión



Nota: Información recolectada en noviembre (2020). Elaboración propia.

Las pruebas se realizaron en una prensa hidráulica manual de 4000 lb en Bogotá, barrio el Ricaurte. Todas las muestras fueron pesadas previamente; su promedio fue de 6.5 lb. Las muestras fueron enfrentadas con azufre para nivelarlas.

Tabla 4

Resistencia de las muestras en Psi

| Descripción | Cantidad de Urea en g | Psi sin alteración en la muestra |
|---------------|-----------------------|----------------------------------|
| M1. Testigo 1 | 0 | 4000 |
| M1. Testigo 2 | 0 | 4000 |
| M1. Urea 1 | 40 | 4000 |
| M1. Urea 2 | 40 | 4000 |
| M2. Testigo | 0 | 4000 |
| M2. Urea 1 | 10 | 3800 |
| M2. Urea 2 | 20 | 3600 |
| M2. Urea 3 | 30 | 3500 |

El registro de la resistencia se tomó hasta evidenciar el deterioramiento, o hasta llegar a los 4000 Psi por la capacidad de la maquina utilizada. Nota: Información recolectada en noviembre 2020. Elaboración propia.

Figura 21

Grafico comparativo de pruebas de las compresión



Nota: Información recolectada en noviembre 2020. Elaboración propia.

Figura 22

Aspecto de las muestras 1 y 2 posterior a las pruebas



Nota: Información recolectada. Muestras 1 (der) Muestras 2 (izq)
Elaboración propia.

Figura 23

Aspecto de las muestras 1 y 2 posterior a las pruebas



Nota: Información recolectada. Muestras 1 (lad).
Muestras 2 (cen). Elaboración propia.

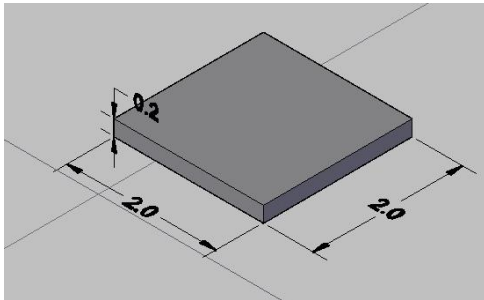
Con los resultados de estas pruebas, en este caso por la herramienta utilizada, se concluyen a partir del análisis visual de las muestras mas no por la rotura total del cilindro. Indudablemente sería ideal volver a realizar los ensayos desde el momento en que se puedan ejecutar las pruebas en un laboratorio certificado y, por lo tanto, llegar a un resultado más preciso con la rotura total de los cilindros como es el procedimiento regular, pero en síntesis hay muestras con urea que llegaron a sus 4000 Psi sin presentar ninguna dificultad.

Comparación de costos según método

Se utilizó un ejemplo sencillo sobre el costo del curado del concreto, teniendo en cuenta las referencias mencionadas en este documento es simular el curado de un área horizontal o posible placa de 2 m² * 2 m² y 0.20 m de espesor; bajo los promedios de los precios de los materiales para el año 2020 se presenta un comparativo.

Figura 24

Simulación de una placa en AutoCAD 3D



Nota: Información recolectada en noviembre (2020).
Elaboración propia.

Los promedios de los costos se buscaron aleatoriamente en internet y se promediaron al mes de noviembre 2020. El cálculo del agua se realizó teniendo en cuenta que para un curado óptimo y de acuerdo a varios estudios, el riego debe ejecutarse entre 5 y 7 veces al día (se escogió 6) y se promedió sobre una cantidad de 4 lt en un área de 4 m². El \$/m³ Industrial se tomó de la tabla de tarifas del Acueducto de Bogotá para el mes de noviembre del año 2020. El costo diario en agua por los 4 m² es de \$3.456 y se multiplica por los 7 primeros días de proceso del curado como se hace tradicionalmente. Los cálculos de todos los costos no incluyen ningún cargo fijo adicional, como cuadrilla, ni de ninguna otra índole. Para los otros métodos como el plástico, papel y demás se manejan cantidades por m².

Tabla 5

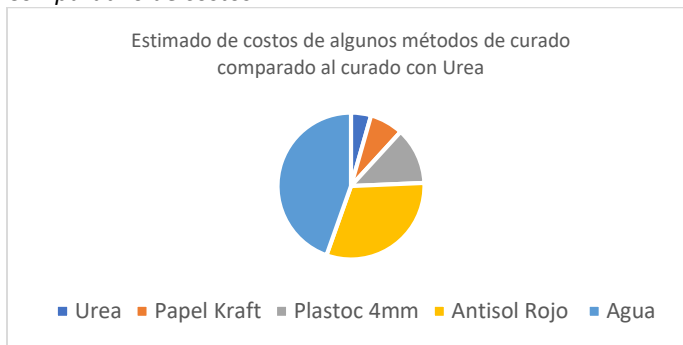
Aproximado de costos por curado (7 días, área 4 m²)

| Descripción | Cantidad | Costo |
|----------------|---------------------|----------|
| Antisol Rojo | 1 Litro | \$16.875 |
| Papel Kraft | 4 m ² | \$4.000 |
| Plástico 4mm | 4 m ² | \$6.800 |
| Agua | 0.96 m ³ | \$24.192 |
| Urea granulada | 1.5 kg | \$2.400 |

Nota: Información recolectada en noviembre 2020. Los costos aquí estimados no incluyen gastos de cuadrilla ni uso de herramientas adicionales. Elaboración propia.

Figura 25

Comparativo de costos



Nota: Información recolectada en noviembre (2020). Elaboración propia.

Los costos acá analizados son aproximaciones a lo que podría ser cada uno de ellos en una obra real, no significa que sean totalmente exactos ni tampoco este estudio quiere demostrar que uno sea mejor que el otro más práctico o más rentable; cada ejecutor de obra debido a su experiencia maneja diferentes métodos dependiendo de sus necesidades inmediatas. El uso de la urea en el concreto, como ya mencionamos, ha sido estudiado en varios sectores de la construcción y este es solo un aporte adicional que busca el correcto procedimiento para el uso de la urea en la mezcla del concreto sumado a los beneficios en cuestión de costos que esto traería a un proyecto.

Conclusiones y recomendaciones

La urea indudablemente, es un excelente reductor de temperatura y retenedor de agua, en la mayoría de estudios expuestos acá como referentes que se direccionaron al comportamiento molecular del concreto con urea, no se mencionó que la mezcla generara ningún efecto de corrosión o degeneramiento, análisis importantísimos como soporte a este estudio.

Se evidencio que el concreto con urea tarda más tiempo en curar completamente frente a él concreto sumergido en agua, un par de días mas dependiendo de la cantidad.

Los cilindros con urea, a los que se les agrego 40 gr previamente disuelta en el agua de la mezcla, curaron de una forma homogénea y sin alteraciones físicas. También llegaron a los 4000 Psi en las pruebas de compresión sin estallar. Estos cilindros después del proceso de curado estuvieron durante seis meses expuestos al medioambiente sin presentar ninguna alteración en su estructura ni tampoco de impermeabilidad.

Los cilindros con urea, a los que se les agrego 10, 20, y 30 gr directamente a la mezcla del concreto se veían débiles y menos compactos, la urea agregada parecía escapar del interior del cilindro en forma de pelo cristalizado y no cumplió con la resistencia a la compresión de 4000 Psi.

Se podría pensar que, en comparativa con los resultados de Nanjing, la metodología de la mezcla es muy relevante para los resultados mecánicos de los cilindros, no es necesario el reemplazo de la cantidad de agua ya que esta es de suma importancia para la reacción química de la mezcla que garantiza la resistencia del concreto.

Podría ser que la cantidad de urea no sea tan determinante en la cristalización de esta dentro del concreto. Si la mezcla se hace de una forma más homogénea y sin el reemplazo del agua, los cilindros pueden pasar las pruebas de compresión, aun teniendo una dosificación más alta de urea, ya

que esto fue lo que se evidencio en los resultados lo de los primeros cilindros con 40 g de urea frente a los cilindros con 10 g, 20 g y 30 g del segundo juego de muestras.

Es probable también que haya una variable significativa en el uso de solución de urea y urea granulada, con esta última la solidificación completa de los cilindros se tardó dos semanas más en comparación con el estudio de Nanjing. Habrá que estudiar también si hay una variable en los elementos aplicados a los moldes para el desencofrado (ACPM y Vaselina).

Si la urea fuera un componente viable para usarlo en el curado del concreto, le daría a una obra una optimización considerable por costos y tiempos de trabajo ya que esta se podría agregar al agua que va a ser utilizada para la mezcla del concreto, y se omitiría los gastos de cuadrilla para supervisar el proceso aparte de los costos de los materiales ya mencionadas en este documento.

La apariencia de lo cilindros con urea en sus primeras semanas parecía tener más una apariencia más plástica frente a los cilindros testigos, si esto llega a ser una constante en otros análisis, se podría llegar a estudiar si el concreto con urea tiene realmente mayor plasticidad, e incluso si un concreto estructural con urea requeriría menos acero.

Los múltiples estudios que se han hecho de urea en el concreto, demuestran que es posible hacer incorporaciones de otros materiales que hagan parte integral del mismo. La mayoría de procesos apuntan a ejecutar una solución externa del material por temor a alterar las condiciones estructurales de este, cosa que es muy comprensible por la alta importancia del tema en cuestión.

La durabilidad contra el tiempo del concreto con urea debe ser un tema de muchos estudios, así como la confirmación a futuro de resultados de este, teniendo en cuenta que el proceso de dosificación y ensamble no se realizaron ni en obra ni en un laboratorio certificado. Tampoco se contó con una certificación de calibración de la máquina donde se realizaron las pruebas de compresión ni la fuerza suficiente para llevar las muestras a la rotura.

Lista de Referencias

Acosta, J. (2013, 6 de marzo). Muelle fundido y curado con aserrín [Fotografía] Pilco.

<https://www.pilco.com.co/proyecto/hinca-de-pilotes-maritimos-y-ampliacion-muelle-san-francisco-buenaventura/muelle-fundido-y-curado-con-aserrin/>.

Aceros Arequipa. (2018). Adaptado de “¿Cómo hacer una buena dosificación del concreto?”

<https://www.construyendoseguro.com/como-hacer-una-buena-dosificacion-del-concreto/>

Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá. (2020 febrero). Tarifas Bogotá 2020. <https://bit.ly/2Va393g>

ASTM C31 (2004). Fabricación y Curado en la Obra de Especímenes de Concreto para Ensayo. ASTM International - Standards Worldwide. Obtenido en Abril (2020).

<http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/designacion-c-31c-31m-03a.html>

ASTM C172 (2004). Práctica normalizada para muestreo de concreto recién mezclado. ASTM

International – Standards Worldwide. Obtenido en Abril (2020).

<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C172-08-SP.htm>

Alario Catalá, E. (2014, 13 de octubre). *Cuidados del hormigón, curado del hormigón*. Blog

<https://enriquealario.com/curado-de-hormigon/>

BBC NEWS Mundo. (2016, 26 de agosto). El revolucionario bio-concreto, el material que se repara así mismo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37199563>

Bolaños, V. (2011). *Comparación entre concretos curados con compuestos formadores de membrana y con un producto elaborado con nanotecnología en relación con la retención de agua y la*

resistencia a compresión. [Tesis en Maestría en Construcción, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20829/vivianamarcelabolanoscano.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Dificonsa White Cure. <https://www.dificonsa.com/membrana-de-curado/>

Euco Euclid Group Toxement. (2016) *Guía básica para el curado del concreto*.

https://www.toxement.com.co/media/3391/gui-a-ba-sica-para-el-curado_concreto.pdf

Global Invent. (2019, Octubre, 24). Curado de concreto, recomendaciones. [Video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=8UWDs7bvYZY>

Grupo Polpaico. (S.F). *Protección y curado del Hormigón. Ficha Técnica*.

<http://www.polpaico.cl/wp-content/uploads/FICHA-PROTECCI%C3%93N-Y-CURADO-DEL-HORMIGON.pdf>.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (1999). Curado del Concreto. *Revista Construcción y Tecnología*. <http://www.imcyc.com/revista/1999/mayo/curado1.htm>

Jonkers, H. (2011). *Bacteria-based Self-healing concrete*. [Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Materials and Environment].

<https://heronjournal.nl/56-12/1.pdf>

Martínez, B. (2016). *Desarrollo de árido soluble para fabricación de hormigones porosos*. [Master

Ingeniería Estructural Y De La Construcción, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona].

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/85961/DESARROLLO%20DE%20ARIDO%20SOLUBLE%20PARA%20LA%20FABRICACION%20DE%20HORMIGONES%20POROSOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

NSR 10 Título C. (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE COSNTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Obtenido en agosto (2020).

NTC 550. (2000). Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra. Icontec Internacional. Norma Técnica Colombiana. Obtenido en agosto (2020).

<file:///C:/Users/Yuli/Downloads/NTC550%20de%202000.pdf>

- NTC 1377. (2010). Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra. Icontec Internacional. Norma Técnica Colombiana. Obtenido en agosto (2020).
https://www.academia.edu/32426842/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_1377_INGENIER%C3%8DA_CIVIL_Y_ARQUITECTURA_ELABORACI%C3%93N_Y_CURADO_DE_ESPEC%C3%8DMENES_DE_CONCRETO_PARA_ENSAYOS_DE_LABORATORIO
- Parra, S. (2015 17 de julio). Probando Aisber, el enfriador para latas y botellas que puedes llevar a todas partes. *Xakata Ciencia Revista Virtual*. <https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/probando-aisber-el-enfriador-para-latas-y-botellas-que-puedes-llevar-a-todas-partes>
- Ponce, C, Huamani, S & Sánchez, E (2015). Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autorregenerante. *Revista Civilizate* N° 7, 36-38. <http://revistas.pucp.edu.pe>
- Ramarpul. Curado y controles óptimos. <https://ramarpul.com/portfolio/cementos/>.
- Tecnología del Concreto (2016, 3 de julio). Curado con película de plástico. <http://tecnologia-concreto.blogspot.com/2016/07/semana-12-curado-del-concreto.html>.
- Tutoriales de Construcción e Ingeniería (2020, marzo 28). Cuanto es 1 metro cubico de arena y grava en carretillas, baldes o peso. [Video] <https://www.youtube.com/watch?v=mgSWz1N8aHs>
- Urea. (2011, noviembre 19). En *Wikipedia*.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Urea#:~:text=La%20urea%20es%20un%20compuesto,y%20en%20los%20dem%C3%A1s%20mam%C3%ADferos>
- Valarezo, M. (2015) Losas de hormigón sobre el terreno [Diapositiva de power point] Slide Share.
<https://es.slideshare.net/mfvalarezo/losas-de-hormign-sobre-el-terreno>.
- Wang, L. et al., (2020). Hydration process and microstructure evolution of low exothermic concrete produced with urea. *Elsevier Construction and Building Materials* (248) 7-11.
<https://ugc.elogim.com:2443/login?qurl=https://www.sciencedirect.com%2fscience%2farticle%2fprii%2fS0950061820306450%3fvia%253Dihub>