

# Prácticas en el Curado del Concreto, Caso de Estudio Tunja

Para citar este artículo /  
To reference this article /  
Para citar este artículo.  
Medina, S. Wilson A (2014).  
Prácticas en el Curado del  
Concreto Caso de Estudio  
Tunja. Ingenio Magno. Vol  
5, pp. 61-71

## PRACTICES FOR CURING CONCRETE - TUNJA CASE STUDY

Medina Sierra Wilson Alfredo, Esp.  
Universidad Santo Tomás de Aquino, Seccional Tunja.  
e\_mail: wilson.medina@usantoto.edu.co.

Recepción: 2014 - 07 - 02 \ Aceptación: 2014 - 12 - 24

### RESUMEN

El artículo presenta los resultados de la investigación realizada cuyos objetivos principales consistieron en identificar los diferentes métodos de curado comúnmente usados en distintas obras de la ciudad de Tunja y adicionalmente establecer el tipo y procedencia de los materiales comúnmente usados en la elaboración de concreto (agregados finos, gruesos, cemento y agua). Esta investigación se basa en información primaria recolectada a través de encuestas aplicadas a diferentes trabajadores del sector de la construcción como directores, ingenieros, arquitectos, tecnólogos, maestros y ayudantes de obra. Como resultado de la información recopilada se hace visible que actualmente en la ciudad son utilizadas varias prácticas para realizar el curado del concreto recién elaborado, dentro de estas se encuentra la aplicación esporádica de agua mediante rociado, en algunos casos combinado con la protección del concreto mediante el uso de coberturas de: láminas plásticas transparentes o negras, el uso de papel, lona de cerramiento y por último el uso de costal de fibra (arpillera). En cuanto a los materiales como agregados finos y gruesos se establece que estos provienen en su gran mayoría de canteras ubicadas fuera de la ciudad, por otra parte el cemento preferido

corresponde al tipo I marca Holcim y Argos; por último el agua utilizada en su mayoría corresponde a la suministrada por el acueducto urbano. Como conclusión se establece que las prácticas de curado usadas no se aplican adecuadamente en las distintas obras de la ciudad y es necesaria capacitación técnica sobre el curado del concreto en la comunidad constructora.

**Palabras Clave:** Agregados del Concreto, Calidad Construcción, Curado Concreto, Métodos de Curado.

### ABSTRACT

The following article presents the results of research on the different curing methods for concrete commonly used in various works in the city of Tunja. These correspond to primary information collected through the use of surveys carried out with different workers in construction, including: project managers, engineers, architects, technicians, master builders and site labourers. From this data it is evident that there are different methods used for curing newly produced concrete, such as: occasional use of water by spraying for time lapses shorter than 24 hours, protection of concrete by using transparent and black plastic film, use of paper, use of white canvas enclosures and use of sack cloth (hessian/

burlap). From this investigation it is determined that curing methods are not adequately applied and it was also possible to establish the type and origin of the commonly used components, such as thick and thin aggregates, cement and water.

**Keywords:** concrete strength, cured concrete, curing methods, Quality construction.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

La ciudad de Tunja en los últimos años ha tenido un crecimiento acelerado en el sector de la construcción, razón por la cual la administración municipal ha tenido que realizar una revisión y ajuste al Plan de Ordenamiento Territorial del municipio (POT), acorde con las proyecciones futuras de desarrollo de la ciudad (Boyacá Siete Días, 2013) (Camacol Boyacá & Casanare, 2014) (Redacción Boyacá Siete Días, 2014).

Este crecimiento, ha generado que los constructores en el afán de obtener mayores ganancias en los proyectos, construyan y vendan en el menor tiempo posible, sacrificando la aplicación de adecuadas prácticas de curado en el concreto recién elaborado. Esta situación puede afectar directamente la resistencia final del concreto y por lo tanto disminuir la calidad final de la construcción que se está vendiendo al ciudadano; el cual no tiene conocimientos de ingeniería y termina comprando edificaciones en condiciones diferentes a los requisitos especificados en los planos de diseño. Así como se ha evidenciado en algunas edificaciones de la ciudad y en varias ciudades de Colombia, en las cuales se hubieran podido evitar estas deficiencias mediante adecuadas supervisiones técnicas, realizadas por parte de los constructores y de las entidades públicas

encargadas de su vigilancia, así como lo establece la NSR10 (El Tiempo, 2007) (Boyacá Siete Días, 2013).

En la ciudad el mayor crecimiento se ha presentado en la zona noroccidente, donde en la gran mayoría de obras utilizan concreto reforzado para la construcción de elementos estructurales y no estructurales, en las cuales utilizan diferentes técnicas constructivas y métodos de curado del concreto, los cuales si no se aplican de forma adecuada, pueden afectar directamente la resistencia final del concreto a 28 días (Redacción, 2010) (Reinaguerra, 2004). Esta situación puede generar condiciones de resistencia, diferentes a las determinadas inicialmente por el ingeniero estructural y por lo tanto generar edificaciones con un grado de seguridad sísmica inferior a las originalmente planteadas, lo que en últimas afecta directamente la calidad de las obras que se venden a diario. Esta condición se debe evitar a toda costa, ya que la ciudad se encuentra situada en una zona de amenaza sísmica intermedia, y en la cual se presentan zonas de mayor potencial sísmico que el estimado en la NSR10, así como se presenta en estudios preliminares de microzonificación sísmica realizados en años anteriores por entidades gubernamentales y académicas; lo cual nos recuerda la necesidad urgente de realizar un estudio de microzonificación sísmica para la ciudad (Instituto Geográfico Universidad Javeriana y Consultoría Colombiana, 2000) (Asociación de Ingeniería Sísmica, 2010) (Alfaro Castillo & Molina Molina, 2009).

El objeto principal de la investigación consistió en conocer los métodos de curado más usados en los diferentes elementos de concreto de distintas obras de la ciudad y adicionalmente establecer la procedencia de los materiales utilizados para elaborar concreto. Con la información recopilada en el estudio, se beneficia la población de la ciudad, ya que podrá conocer las diferentes prácticas de curado en el concreto recién elaborado; así mismo esta se podrá replicar en otras ciudades de la región y del país, en las cuales se hace necesario el desarrollo continuo de estas investigaciones, para identificar la forma como se construye y así generar recomendaciones al respecto, que se

puedan socializar en la comunidad constructora, para así propiciar una mejora en la calidad de la construcción de obras de concreto que se venden a la población.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

Dentro de los procesos más importantes a realizar una vez elaborado el concreto, está la aplicación de un método de curado, el cual curado consiste en mantener las condiciones de humedad y temperatura adecuadas, para que el concreto recién elaborado pueda desarrollar la resistencia deseada. Dentro de las recomendaciones sobre el tema de curado, existen dos métodos nacional e internacionalmente aceptados; el primer método consiste en la aplicación continua de agua y el segundo método consistente en evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del concreto recién elaborado, mediante la utilización de diferentes materiales selladores sobre la superficie del concreto, como líquidos curadores o el uso de protección con materiales impermeables (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, 1994) (Asociación de Ingeniería Sísmica, 2010) (Sika Colombia S.A. 2009).

Ahora bien, diversas investigaciones realizadas al respecto han evidenciado que entre más tiempo se aplique el curado, mejor es el comportamiento en la resistencia a la compresión (X. Sharon Huo, 2006) (Baris & M. 2004), de igual manera la humedad en la aplicación del mismo es importante, ya que al aplicar distintas condiciones de humedad en el curado se pueden presentar diferentes resistencias finales, como por ejemplo para un concreto en promedio a los 7 días, se puede presentar una diferencia en la resistencia a la compresión de 14% para un curado de 100% de humedad con respecto al 50% de humedad. Lo cual indica que hay un aumento significativo en la resistencia dependiendo de la humedad utilizada en el curado (Garín, Santilli, & Pejoja, 2012). Otro factor de igual manera importante, es la forma como se protege del sol y del viento el concreto recién elaborado, ya que tiene consecuencia directa en la resistencia a los 28 días (Reinaguerra, 2004), lo

cual se comprueba en distintas investigaciones realizadas, donde se determina que los mejores materiales para el curado en la edad inicial, son las mantas de polietileno, las esteras de algodón y los compuestos de curado, ya que disminuyen la pérdida de humedad por evaporación (X. Sharon Huo, 2006) (Aponte Ortiz, Oliveros Alarcón, & Torres Vargas, 2008). Así mismo otro factor que afecta la resistencia del concreto aunque se utilicen diferentes líquidos curadores son las temperaturas altas y bajas de curado, ya que una inadecuada temperatura hace que se pierda la capacidad de retener y absorber el agua por capilaridad, ocasionando que la resistencia a la compresión se reduzca aproximadamente un 30% para un concreto ordinario (Ahmed & Abdullah, 2002) (Metin & Serhat, 2005) (Sánchez de Guzmán, 2001), como se ha evidenciado en investigaciones sobre aplicación del curado en clima frío, donde la resistencia a menudo llega a la esperada sólo después de 7 días en lugar de 2 días (Paulik, 2013).

En cuanto al uso de compuestos curadores, diversas investigaciones han mostrado que arrojan resultados aceptables de resistencia del concreto (Reinaguerra, 2004) (Sika Colombia S.A. 2009), dentro de estos se tienen experiencias positivas en la resistencia final del concreto, los líquidos curadores de base de betún (Ibrahim, Shameem, Al-Mehthel, & Maslehuddin, 2013), los de base de acrílico (Al-Gahtani, 2010), los de emulsión de parafina, base de hidrocarburos y resinas acrílicas, los cuales han mostrado disminución de un 5 a 10 % del tiempo de curado con mayores resistencias. Sin embargo el uso de estos líquidos curadores se ven afectados por la velocidad de curado, donde influye de manera directa la velocidad de aspersion del compuesto de curado, la cual depende de la forma de aplicación que debe ser controlada, para así evitar errores irreparables en los elementos estructurales de concreto (Choi, Heum, & Won, 2012) (Ulku & Hakan, 2012).

Actualmente en Colombia se permiten las prácticas anteriormente nombradas, a través del reglamento de construcciones sismo-resistentes de Colombia NSR10, vigente desde el año de 2010 y de obligatorio cumplimiento en todo el

país, en el cual se dan requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones y de igual forma en su título C, requisitos para el diseño y construcción de elementos de concreto, así mismo recomendaciones para el curado del concreto producido en obra y las normas NTC para la realización de ensayos necesarios para determinar la calidad de agregados finos, gruesos, cemento y agua (Asociación de Ingeniería Sísmica, 2010) (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la ciudad de Tunja, ubicada en las coordenadas geográficas 05°32'7" latitud norte, 37°22'04" longitud oeste, a una altura de 2782 msnm y una temperatura promedio de 13°C, cuya extensión del área urbana es aproximadamente de 19.78 km<sup>2</sup> (Alcaldía de Tunja Boyacá, 2014), con una población de 184,864 habitantes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2013).

Para conocer los diferentes métodos de curado aplicados en la ciudad, se obtiene información primaria recopilada por medio de encuestas, a través de un formato creado para tal fin, el cual se aplica en forma aleatoria a los trabajadores en diferentes obras de la ciudad, que deciden colaborar voluntariamente con el estudio. Como actividad complementaria se consultaron diferentes instituciones de la ciudad (Alcaldía Municipal, Gobernación de Boyacá, Copnia, Cámara de Comercio) en la búsqueda de un censo real y actual de la población constructora (profesionales, tecnólogos, maestros y ayudantes) que laboran en las diferentes obras de construcción en la ciudad, del cual no se encuentra ningún registro pormenorizado.

estudiantes de ingeniería civil que participaron en la misma. La aplicación de la encuesta consistió en siete preguntas principales, dentro de las cuales se buscó información sobre el tipo de mezcla, dosificación, curado y protección realizada en los elementos estructurales, así mismo el origen y tipo de cemento, grava, arena y agua usados para elaborar concreto en las diferentes obras de la ciudad y por último preguntas adicionales como: necesidad de capacitación, nombre del encuestado, sexo, estrato, dirección, teléfono contacto, nombre encuestador, fecha y responsable de la encuesta.

Teniendo en cuenta lo anterior, para la aplicación de la encuesta, se asume una población infinita, para de esta manera determinar el tamaño de la muestra a aplicar en la misma. Con base en la ecuación (1); se asumen variables como: nivel de confianza de 95%, el cual le determina un factor probabilístico de  $Z=1.96$ , un porcentaje de error  $e=5\%$ , el porcentaje de éxito  $p=0.50$ , un porcentaje de fracaso  $q=0.50$ . Lo cual arroja un tamaño muestral de  $N=384$  encuestas. Sin embargo para la encuesta se aplican  $N=500$  encuestas, lo cual determina un porcentaje de error de 4.4%.

$$N = \frac{Z^2 pq}{e^2} \quad (1)$$

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Pregunta 1. Tipo de mezcla, dosificación y curado

##### 1) Tipo de mezcla

Se evidencia la preferencia en la realización de mezcla en piso o el uso en mezcladora mecánica (capacidad de 1 bulto de cemento de 50 Kg), dicha preferencia disminuye a medida que aumenta la altura del edificio. Por otra parte el uso de concreto premezclado suministrado por empresas concreteras, aumenta a medida que el proyecto es más grande, según se aprecia en la Figura 1.

La construcción del formato de encuesta a aplicar, buscó como objetivo principal el mejor entendimiento tanto del encuestador como del encuestado, que se respondiera de forma rápida y clara cada una de las preguntas, así mismo se capacitaron encuestadores, conformados por

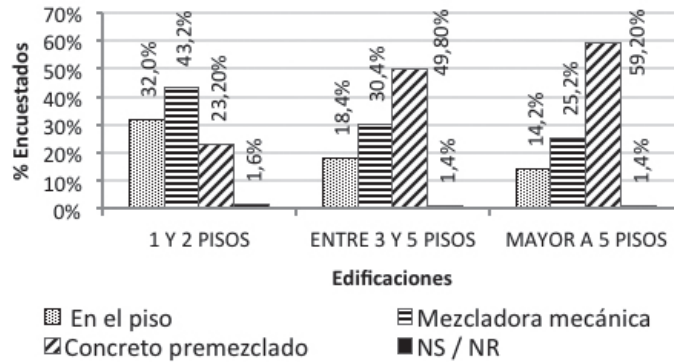


FIGURA 1. Tipo de mezcla preferida en la ciudad.

## 2) Dosificación

Teniendo en cuenta la Figura 2, la preferencia por el uso de la relación empírica 1:2:3 (Cemento: Arena: Grava) para elaborar concreto, decrece a medida que las edificaciones son más altas, por el contrario el uso de diseños de mezcla teniendo en cuenta los materiales a usar en obra, aumenta a medida que los proyectos son más grandes.

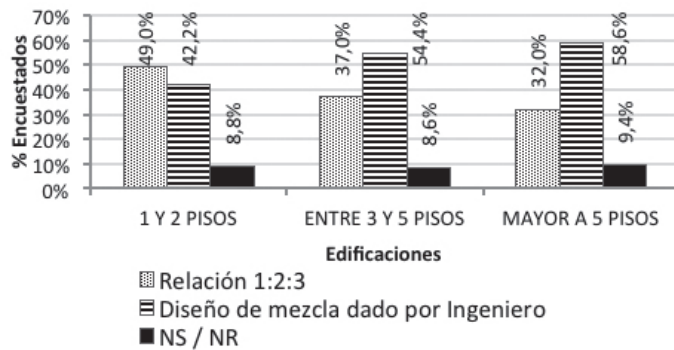


FIGURA 2. Dosificación preferida para mezclar concreto.

## 3) Curado y protección en elementos estructurales de concreto

Se puede evidenciar en la Figura 3, que no se realiza el curado del concreto, en bajos porcentajes, pero no despreciables. En cuanto al tiempo de aplicación de agua en el curado de los elementos de concreto, de acuerdo a la Figura 4, se determina que la gran mayoría aplica agua durante un tiempo menor a 24 horas (hasta tres veces al día), sin embargo sigue siendo importante el porcentaje en el cual no se realiza la aplicación de agua.

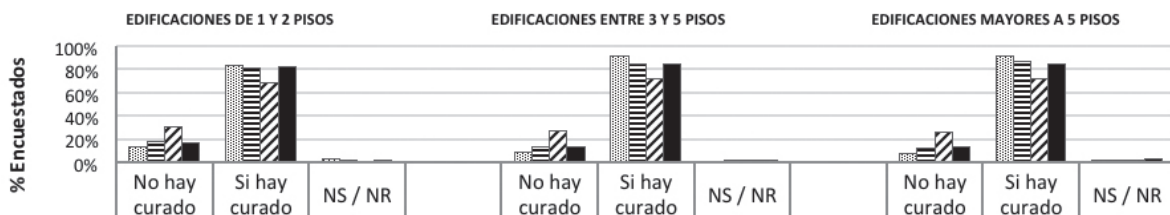


FIGURA 3. Aplicación del curado en el concreto recién elabora

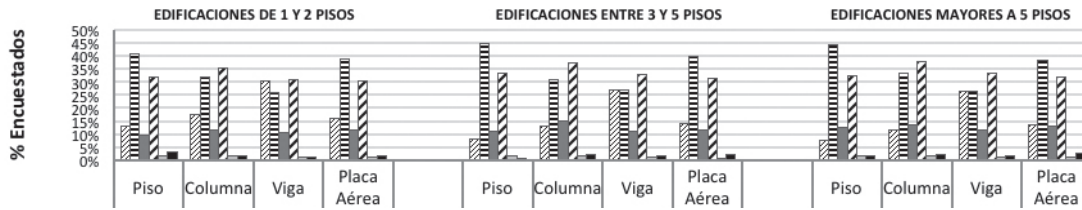


FIGURA 4. Tiempo de aplicación de agua en elementos de concreto recién elaborado.

Como se observa en la Figura 5, se identifica que la protección del sol y el viento para los elementos de concreto, se presenta en mayor porcentaje en el uso de plástico transparente y en bajos porcentajes el uso de lona de cerramiento, papel, costal de fibra y otros tipos de protección como lo son: compuestos curadores y plástico negro. Sin embargo es preocupante el alto porcentaje de encuestados que no protegen el concreto recién elaborado.

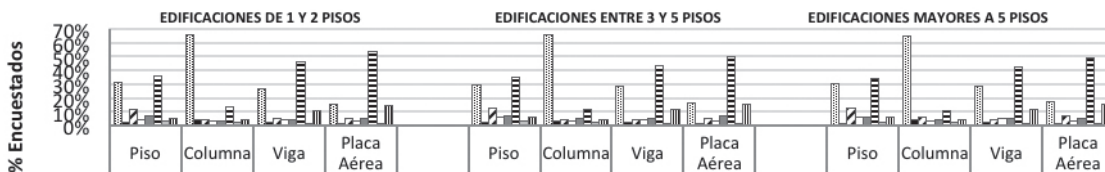


FIGURA 5. Protección aplicada en el concreto recién elaborado.

a) Resultado promedio para todas las edificaciones

- Tipo de mezcla

De acuerdo a la Figura 6, se presenta una preferencia por el uso de concreto premezclado en las obras, seguido por el uso de mezcladora mecánica y por último la preferencia por la mezcla en piso.

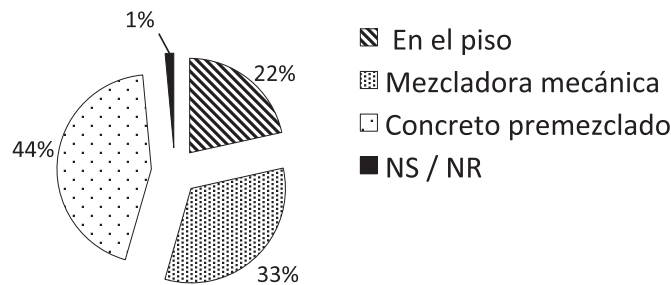


FIGURA 6. Tipo de mezcla para las todas edificaciones.

- Dosificación

De acuerdo a la Figura 7, el tipo de dosificación usada, corresponde en primer lugar de preferencia al uso del diseño de mezcla en la obra, en segundo lugar correspondiente al uso de dosificación empírica 1:2:3 (C:A:G) para elaborar concreto.

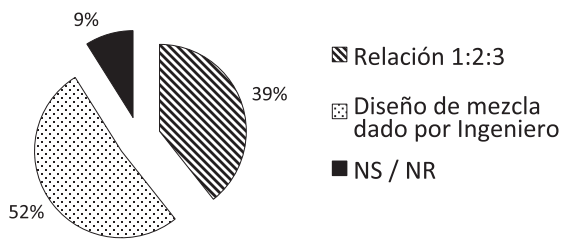


FIGURA 7. Dosificación para las todas edificaciones.

#### ● Curado y protección del concreto

En términos generales la mayoría de las obras realizan el curado del concreto ya sea mediante aplicación periódica de agua, el uso de compuestos curadores o la utilización de barreras impermeables y en bajos porcentajes no realiza el curado, de acuerdo a la Figura 8.

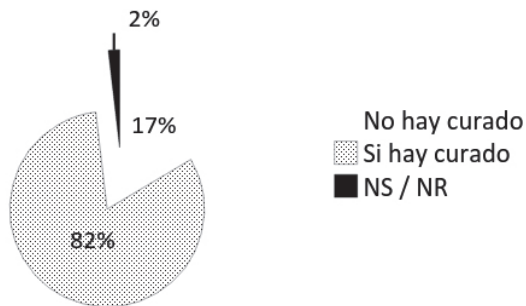


FIGURA 8. Curado para las todas edificaciones.

El tiempo de aplicación de agua en el curado de los elementos de concreto recién elaborados, corresponde en primer lugar a la aplicación de agua durante un tiempo menor a 6 horas, en segundo lugar la aplicación entre 12 y 24 horas, en tercer lugar no se realiza aplicación de agua en el curado, en cuarto lugar se aplica entre 6 y 12 horas y finalmente en un bajo porcentaje se aplica agua durante un tiempo mayor a 24 horas, como se aprecia en la Figura 9.

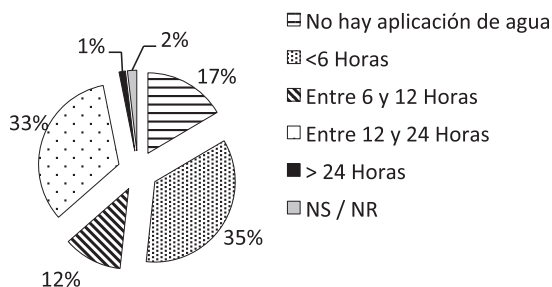


FIGURA 9. Aplicación de agua para todas las edificaciones.

En cuanto al uso de barreras, la Figura 10 muestra que en primer lugar no se usa ningún tipo de protección del sol y el viento en el concreto recién elaborado, en segundo lugar se utiliza plástico transparente, en tercer lugar lona de cerramiento, en cuarto lugar papel, en quinto lugar el uso de costal de fibra, en sexto lugar plástico negro y finalmente el último lugar utiliza líquidos curadores.

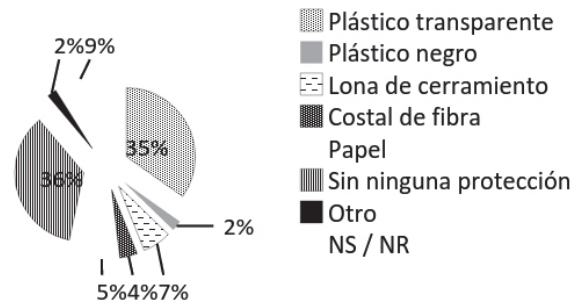


FIGURA 10. Protección usada para todas las edificaciones.

#### 4) Pregunta 2. Marca de cemento más usado en las obras para elaborar concreto

De acuerdo a la Figura 11, se establece que los encuestados tienen preferencia por el cemento tipo I marca Holcim y Argos.

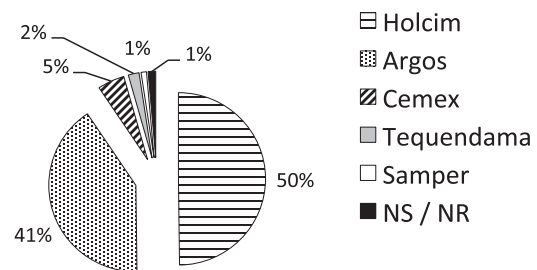


FIGURA 11. Cemento más utilizado en las construcciones de la ciudad.

#### 5) Pregunta 3. Agregado fino más utilizado para mezclar concreto en la ciudad

Como se puede apreciar en la Figura 12, el primer lugar lo ocupa el desconocimiento que se tiene sobre el origen del agregado fino usado en las obras, en segundo lugar el uso de arena de diferentes puntos de suministro y distribuidores ubicados en el perímetro rural de la ciudad, como los son: alto el moral, vereda Germania, cantera el rubí, cantera silveria, vereda pigua, así mismo las canteras ubicadas en la vía Tunja a Oicatá, Tunja a Toca y Tunja a Villa de Leyva como en las canteras Florencia, el Porvenir y el Triángulo.

En tercer lugar se encuentra el uso de arena de sitios ubicados fuera de la ciudad, en municipios como: Chivatá, Cómbita, Cucaita, Duitama, Moniquirá, Motavita, Nobsa, Paipa, Santa Rosa, Sogamoso, Soracá. Finalmente, el último lugar lo ocupan aquellos sitios de distribución ubicados dentro de la ciudad, como ferreterías situadas en el centro y norte de la ciudad.

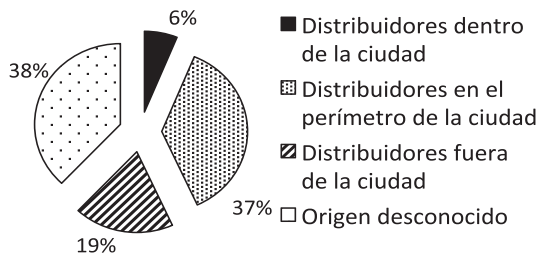


FIGURA 12. Origen de la arena más utilizada en las edificaciones de la ciudad.

### 6) Pregunta 4. Agregado grueso más utilizado para mezclar concreto

En la Figura 13, evidencia que en primer lugar se encuentra el uso de agregado grueso proveniente de distribuidores situados fuera de la ciudad de Tunja como lo son: Alto el Moral, Alto de Sote, Arcabuco, Cómbita, Cucaita, Duitama, Jenesano, Moniquirá, Motavita, Nobsa, Paipa, Ramiriquí, Sáchica, Samacá, Sogamoso, Sotaquirá, Tibasosa, Tuta, Villa de Leyva; en segundo lugar se encuentra el desconocimiento sobre la procedencia del material, el cual corresponde al suministrado por distintas volquetas de la ciudad. En tercer lugar se encuentra el material suministrado por distribuidores ubicados dentro de la ciudad como ferreterías, finalmente en último lugar se encuentra el material proveniente de distribuidores ubicados sobre el perímetro rural, como lo son canteras en la vía villa de Leyva, vía a Toca y vía a Bogotá en veredas como Florencia y Germania.

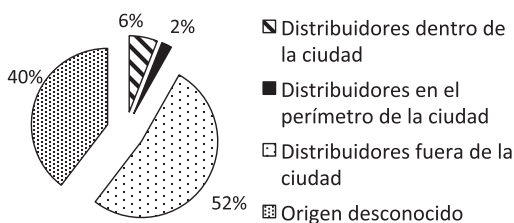


FIGURA 13. Origen de la grava más utilizada en las edificaciones de la ciudad.

### 7) Pregunta 5. El agua utilizada para mezclar concreto en la ciudad

Como puede verse en la Figura 14, el 97% de los encuestados, utilizan agua suministrada a través del acueducto de la ciudad de Tunja, por la empresa Proactiva S.A. y el porcentaje restante, distribuidos en el uso de otras fuentes de agua.

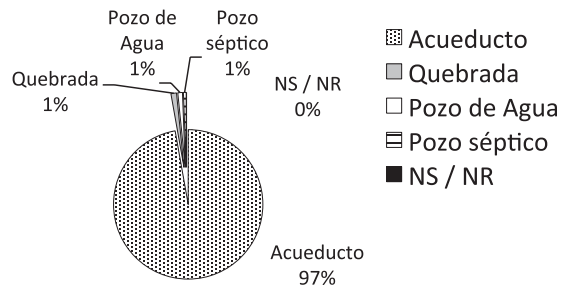


FIGURA 14. Agua utilizada para mezclar concreto en la ciudad.

De acuerdo a la figura anterior, al excluir el agua suministrada por el acueducto y tener en cuenta solo las otras fuentes de agua, se encontró que algunas obras en la ciudad utilizan agua proveniente de quebradas, pozos de agua y pozos sépticos cercanos a las obras, siendo esta última condición una práctica totalmente inadecuada y prohibida en la NSR10, dado que el uso de aguas negras no se debe usar para elaborar concreto.

### 8) Pregunta 6. Considera necesaria la creación de espacios de capacitación para las personas que trabajan en construcción?

Esta pregunta dentro de la encuesta permitió determinar que el 93.4% de las personas encuestadas, consideran necesaria la realización de capacitación técnica, frente al 6.6% que considera que no es necesario. Lo que permite establecer que la necesidad de capacitar esta población es alta.

### 9) Pregunta 7. Población encuestada

De acuerdo a la Figura 15, de la totalidad de las encuestas aplicadas, el mayor porcentaje corresponde a maestros y ayudantes de obra, en la cual también se tiene en cuenta la opinión de los profesionales que se encontraban en las obras al momento del muestreo.



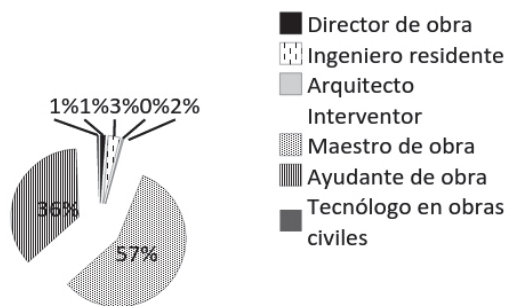


FIGURA 15. Población encuestada.

#### a) Género de los maestros y ayudantes de obra

Al analizar únicamente la población de maestros se evidencia que el 99.7% corresponde al género masculino y los ayudantes encuestados corresponden al 98.3% del género masculino que se dedican a las labores de obra, lo que permite establecer que en la construcción, la participación de la mujer dentro de las labores de manos de obra son muy reducidas, generando un sector poco incluyente.

## 5. CONCLUSIONES

La realización de prácticas de curado en el concreto recién elaborado en las distintas obras de la ciudad, arroja buenos resultados dado que los involucrados en la construcción, entienden la importancia de realizar un curado ya sea mediante la aplicación periódica de agua, el uso de compuestos curadores o el uso de barreras impermeables. Sin embargo es claro que se da mayor prioridad a las columnas y poca importancia a las vigas, ya que pocas veces se les aplican técnicas de curado; menospreciando la importancia de estos elementos en la contribución en el sistema de resistencia sísmica de las edificaciones. Así mismo sucede en pisos y placas aéreas, en los cuales el curado se presenta en bajos porcentajes, facilitando la aparición de fisuras en las primeras horas de vida del concreto.

La aplicación de agua en el curado, se realiza durante tiempos reducidos, una vez elaborado el concreto, donde la condición predominante es la aplicación en tiempos menores a 24 horas (tres veces al día o menos), de la cual un alto

porcentaje se aplica durante un tiempo menor a 6 horas. Esta condición es insuficiente para favorecer la ganancia en la resistencia a los 28 días, dado que la experiencia y recomendaciones nacionales e internacionales dan un tiempo mínimo de 7 días, con aplicaciones de 3 veces al día.

La aplicación de líquidos curadores en el curado de concreto recién elaborado en distintas obras de la ciudad no se ha generalizado, ya que se presentan bajos porcentajes de aplicación de estos.

La protección del viento y el sol, en el concreto recién elaborado usado para hacer elementos estructurales, no es usada habitualmente; sin embargo cuando se realiza protección, esta se presenta en mayor porcentaje en columnas y en bajo porcentaje en pisos, vigas y placas aéreas, existiendo mayor preferencia por el uso del plástico transparente que por el uso de plástico negro donde este último, podría ser beneficioso en climas como el de la ciudad, dadas las bajas temperaturas, que en definitiva afectan la resistencia a 28 días del concreto. Esta falta de protección unida con la poca o nula aplicación de agua en tiempos menores de 24 horas, permite concluir que esta combinación de factores puede afectar la ganancia de resistencia del concreto, quedando al azar en las diferentes obras de la ciudad.

El desconocimiento en las obras de la ciudad sobre la procedencia de agregados gruesos y finos es preocupante, ya que muchas de las obras de la ciudad utilizan agregados suministrados por conductores de volquetas en la ciudad que provienen de zonas periféricas y de municipios aledaños a la ciudad, los cuales carecen de ensayos de laboratorio que garanticen la calidad de los materiales para elaborar concreto, dejando en manos de estos proveedores la calidad de los materiales utilizados, lo cual no es adecuado para garantizar la calidad de las obras de concreto.

El agua usada en varias obras de la ciudad para elaborar concreto, usan en su gran mayoría la suministrada por la empresa Proactiva S.A. sin embargo en bajos porcentajes se usa agua proveniente de pozos de agua cercanos a las

obras, de los cuales se desconoce la calidad de la misma y en otros casos se utiliza agua proveniente de pozos sépticos, lo cual es totalmente inconveniente para la elaboración de concreto.

En la elaboración de concreto para construir elementos estructurales y no estructurales en las distintas obras de la ciudad, el uso de la relación 1:2:3 (C:A:G) no es adecuada para garantizar la resistencia final del concreto, ya que esta dosificación empírica no tiene en cuenta las propiedades de los agregados finos, gruesos y cemento a usar, aumentando la probabilidad que la resistencia del concreto no sea la esperada a los 28 días.

Se recomienda la realización de censos sobre la población constructora, por parte de las entidades municipales y departamentales, con el fin de ser usados en el futuro en proyectos sociales y de capacitación técnica a la población constructora.

## AGRADECIMIENTOS

V.G. Adame, L.M. Arcos, F. Ávila, Y.P. Becerra, J.C. Casallas, M.E. Combariza, I.A. Correa, S.V. García, L.F. Gil, E.D. Hernández, J. Ibáñez, Y.A. López, A.C. Mojica, M. Muñoz, N.A. Moreno, L. Núñez, C. Núñez, L.A. Pinzón, J.C. Rojas, G.H. Romero, Y.X. Roper, J.S. Sanabria, J.F. Sánchez, H. S. Sierra, R.S. Molano, D.S. Vargas, C.C. Villamil y otros, por su colaboración como parte del semillero de estructuras SIEC y SIPAV de la USTA Tunja.

## REFERENCIAS

1. Ahmed, H. B., & Abdullah, M. A. (7 de Junio de 2002). Efficiency of curing on partially exposed high-strength concrete in hot climate. Recuperado el 4 de octubre de 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884602007354> .
2. Alcaldía de Tunja Boyacá. (28 de 04 de 2014). *Acuerdo Municipal No. 0014 del 31-Mayo-2001 Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja*. Obtenido de Alcaldía de Tunja - Boyacá: <http://www.tunja-boyaca.gov.co/index.shtml?apc=v-xx1-&x=607>
3. Alfaro Castillo, A. J., & Molina Molina, G. P. (Diciembre de 2009). *Evaluación de la acción sísmica para Tunja Colombia*. Recuperado el 22 de Marzo de 2013, de Ciencia e Ingeniería Neogranadina: <http://www.umng.edu.co/documents/10162/49510/Art2.pdf>
4. Al-Gahtani, A. (Marzo de 2010). *Effect of curing methods on the properties of plain and blended cement concretes*. Recuperado el 15 de Octubre de 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006180900289X>: www.sciencedirect.com
5. Aponte Ortiz, L. A., Oliveros Alarcón, O. D., & Torres Vargas, W. R. (2008). Influencia del curado y las precargas de compresión en las características mecánicas del concreto ensayo de núcleos a compresión. Tunja, Boyacá, Colombia: Universidad Santo Tomás de Aquino Tunja.
6. Asociación de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Vol. Tomo 2). Bogotá, D.C. Colombia: AIS.
7. Baris, O., & M, H. (Febrero de 2004). *The influence of initial water curing on the strength development of ordinary portland and pozzolanic cement concretes*. Recuperado el 12 de Marzo de 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884603001856>.
8. Boyacá Siete Días. (27 Diciembre de 2013). *En Tunja podría caber otra ciudad*. (Redacción, Ed.) Recuperado el 02 de 05 de 2014, de El Tiempo.com: [http://www.eltiempo.com/colombia/boyaca/ARTICULO-WEB-NEW\\_NOTA\\_INTERIOR-13321456.html](http://www.eltiempo.com/colombia/boyaca/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-13321456.html)
9. Camacol Boyacá & Casanare. (Enero de 2014). Editorial. *Donde Vivir La revista de la vivienda y la construcción en Boyacá*, 14, 11.
10. Choi, S., Heum, J. Y., & Won, M. C. (5 de Octubre de 2012). Improvements of curing operations for

- Portland cement concrete pavement. *Construction and Building Materials*, 35, 597-604. Recuperado el Agosto de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181200267X>.
11. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2013). Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE: <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>
  12. El Tiempo. (30 de Julio de 2007). Continúan anomalías en la construcción de la urbanización 'Los pinos' en Tunja (Boyacá). Recuperado el 02 de Mayo de 2014, de <http://www.eltiempo.com>: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3659884>
  13. Garín, L., Santilli, A., & Pejoja, E. (2012). Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón: estudio experimental. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de [http://www.um.edu.uy/docs/9\\_influencia\\_del\\_curado\\_resistencia\\_compresion\\_del\\_hormigon.pdf](http://www.um.edu.uy/docs/9_influencia_del_curado_resistencia_compresion_del_hormigon.pdf)
  14. Ibrahim, M., Shameem, M., Al-Mehthel, M., & Maslehuddin, M. (Agosto de 2013). Effect of curing methods on strength and durability of concrete under hot weather conditions. Recuperado el 6 de Julio de 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946513000644>.
  15. Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (s.f.). Agua para la elaboración de concreto NTC 3459 (BS3148). Bogotá, Colombia: ICONTEC.
  16. Instituto Geográfico Universidad Javeriana y Consultoría Colombiana. (2000). Microzonificación sísmica preliminar de Tunja. Resumen ejecutivo, Bogotá.
  17. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC. (1994). Práctica estándar para el curado del concreto ACI 308-92. México D.F. IMCYC.
  18. Metin, H., & Serhat, G. (Febrero de 2005). The effects of low temperature curing on the compressive strength of ordinary and high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 19(1), 1-5. Recuperado el 4 de Octubre de 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061804000893>.
  19. Paulik, P. (2013). The effect of curing conditions (In Situ vs. Laboratory) on compressive strength development of high strength concrete. *Procedia Engineering*, 113-119. Recuperado el 8 de Abril de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813015270>.
  20. Redacción. (2010). La actividad edificadora se disparó en Boyacá. Obtenido de Boyacá 7 Días: <http://www.mitunja.net/articulo.php?a=1495>
  21. Redacción Boyacá Siete Días. (11 de Febrero de 2014). 'Rifirrafe' por POT de Tunja. Obtenido de <http://www.eltiempo.com>: [http://www.eltiempo.com/colombia/boyaca/ARTICULO-WEB-NEW\\_NOTA\\_INTERIOR-13487601.html](http://www.eltiempo.com/colombia/boyaca/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-13487601.html)
  22. Reinaguerra, S. (Agosto de 2004). Por qué curar el concreto. *Noticreto(72)*, 50-54.
  23. Sánchez de Guzmán, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero (5 ed.). Bogotá, D.C. Colombia: Bhandra Editores Ltda.
  24. Sika Colombia S.A. (2009). Curado del concreto. Obtenido de <http://col.sika.com/dms/getdocument.get/d10be681-2152-3d17-bb53-20b4d5691c77/Curado%20del%20Concreto.pdf>.
  25. Ulku, S. Y., & Hakan, T. (Febrero de 2012). The effects of various curing materials on the compressive strength characteristic of the concretes produced with multiple chemical admixtures. Recuperado el 24 de Junio de 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026309811002495>.
  26. X. Sharon Huo, L. U. (Diciembre de 2006). Experimental study of early-age behavior of high performance concrete deck slabs under different curing methods. Recuperado el 20 de Marzo de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061805001455>.