



## Influencia del curado por inmersión a la intemperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó – Chocó

### Influence of immersion and weatherability curing on the on the concrete compressive strength in Quibdó – Chocó

Luz A Tejada<sup>1§</sup> , Jose A Córdoba<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Facultad de ingeniería, programa de ingeniería Civil, Quibdó, Colombia.

§luztflorez@gmail.com, [djose.cordoba@utch.edu.co](mailto:djose.cordoba@utch.edu.co)

**Recibido:** 11 diciembre de 2021 / **Aprobado:** 6 octubre 2022

Cómo citar: Tejada, L.A., Córdoba, J.A. Influencia del curado por inmersión a la intemperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó – Chocó. *Ingeniería y Competitividad* 2023; 25(2): e-20411818. doi: <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11818>

## Resumen

Este artículo presenta los resultados del estudio de la influencia del curado en la resistencia a la compresión del concreto en clima cálido- pluvial. Se vaciaron probetas de concreto en laboratorio, se curaron mediante tres métodos y se verificó la resistencia a las edades de 3,7,14,28,56 y 91 días. Se expone que la resistencia en el curado a la intemperie está asociado a factores ambientales como la precipitación y la temperatura.

**Palabras clave:** Curado, concreto, clima cálido-pluvial.

## Abstract

This paper presents the results of the study of the influence of concrete curing in compressive strength in warm-rainy climate. Concrete several specimens were emptied in the laboratory, there were curing by three methods and tested for resistance at the ages of 3,7, 14, 28, 56 and 91 days. Compressive strength in weathering is shown to be associated with environmental factors such as precipitation and temperature.

**Keywords:** Curing, concrete, warm-rainy climate



## 1. Introducción

El concreto es un material pétreo que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr un concreto de buena calidad, se deben tener buenas propiedades mecánicas tanto de los agregados como del cemento. (1)

La calidad del concreto es un factor primordial para garantizar la seguridad en obras civiles, ya sean verticales u horizontales. El concreto se caracteriza por ser durable, manejable en estado fresco y principalmente por ser altamente resistente, estas propiedades dependen de la relación agua/cemento, la naturaleza de los agregados, el mezclado y del curado.

El término curado se utiliza tanto para describir el proceso natural por medio del cual el concreto madura y desarrolla sus propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido, como para describir las acciones tomadas por el constructor para mantener el concreto húmedo y dentro de un rango de temperatura adecuada, de tal manera que se promueva la hidratación del cemento. En el primer sentido, el tiempo de curado del concreto se refiere al lapso en el cual se desarrollan las reacciones químicas del cemento con el agua, sin que se realice acción alguna; mientras que, en el segundo sentido, se refiere al tiempo durante el cual se ejecutan acciones específicas para mantener el concreto en las condiciones favorables de humedad y temperatura, como pueden ser aplicarle agua, cubrirlo del medio ambiente, calentarlo, etc. (2)

El curado es fundamental debido a que la falta de agua, especialmente a una edad temprana, tiene un impacto crítico en el avance general de la hidratación(3), que se refleja además en una

rápida contracción; lo que muchas veces genera fallas estructurales de los elementos. Durante las construcciones, es habitual que se lleve a cabo el proceso de curado mediante diferentes métodos, la Portland Cement Association clasifica los curados en métodos que mantienen el agua de la mezcla (agua de mezclado) presente durante los períodos iniciales de endurecimiento. Entre estos se incluyen encharcamiento o inmersión, rociado, aspersión o niebla y coberturas saturadas de agua (3).

Con la finalidad de reducir la pérdida del agua de mezcla de la superficie del concreto, se aplican métodos que incluyen cubrir el concreto con papel impermeable o plástico o a través de la aplicación de compuestos formadores de membrana, para acelerar el desarrollo de la resistencia a través del suministro de calor y humedad adicional al concreto se realiza normalmente con vapor directo, espirales (serpientes) de calentamiento o cimbras (encofrados) o almohadilla calentados eléctricamente(4).

El concreto puede curarse en forma natural en cualquier época del año, es así como es probable que la capacidad que tengan los agregados pétreos para retener agua sea otro factor que ayude a mantener húmedo el concreto (superficial e internamente), lo cual podría también hacer menos necesario reabastecer de agua al mismo. Cabe decir que agregados de alta absorción podrían ocasionar este fenómeno de curado interno, independientemente de que sean un factor que afecte en forma negativa la resistencia del concreto. (5)

El clima del municipio de Quibdó se caracteriza por ser cálido – pluvial, llueve durante todo el año y por tanto no presenta una temporada seca definida(6). El estudio de la influencia del curado en la resistencia del concreto en la ciudad de

Quibdó se realiza debido a que se observa en obras de construcción que el concreto es dejado a la intemperie sin ningún tipo de curado o en algunos casos se cubren con papel film elementos estructurales como las columnas en construcciones verticales, la investigación se realizó con la finalidad de establecer mediante

diferentes métodos de curado (inmersión, a la intemperie con cobertura, a la intemperie sin cobertura) si en el clima cálido – pluvial se puede garantizar la resistencia de diseño en el tiempo e identificar la influencia de factores ambientales como las precipitaciones.

## 2. Metodología

### Caracterización del material pétreo

La fuente de material elegida para la investigación, fue el río Atrato por ser el principal punto de extracción de material pétreo de la cabecera municipal de Quibdó para la elaboración del concreto en las diferentes obras civiles de la ciudad.

Para la caracterización del material granular, se llevaron a cabo el tamizaje y separación del agregado según las especificaciones generales de

construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras INVIAS, se realizaron granulometrías, densidad humedad, absorción y masa unitaria para determinar las características de los agregados. Cada ensayo se realizó 3 veces para promediar los valores, En las tablas 1 y 2 se muestran los resultados promedio para cada tipo de agregado.

Tabla 1. Características físicas del agregado grueso

Agregado grueso	
Humedad	1.30 %
Absorción	2.01 %
Densidad	2671.35 kg/m <sup>3</sup>
Masa unitaria suelta	1745.76 kg/m <sup>3</sup>

Tabla 2. Características físicas agregado fino

Agregado fino	
Humedad	3.83 %
Absorción	2.41 %
Densidad	2615.29 kg/m <sup>3</sup>
Masa unitaria suelta	1561.85 kg/m <sup>3</sup>

## Diseño de mezcla

Para el diseño de mezcla se utilizó el método “Road Note Laboratory” o método gráfico (Tabla 3). Se definió como resistencia de diseño 3500 PSI (245 Kg/cm<sup>2</sup>); posteriormente, se realizó una

mezcla de prueba para corroborar que con las cantidades teóricas se cumple la resistencia de diseño o en su efecto realizar los ajustes necesarios.

Tabla 3. Diseño de mezcla para una resistencia de 3500 PSI

Material	Cantidad para 1 m <sup>3</sup> de concreto
Agua (lts)	190.33
Cemento (kg)	404.95
Agregado fino (kg)	608.64
Agregado grueso (kg)	1192.27

## Vaciado, curado del concreto y rotura de cilindros

Los tipos de curado a comparar son el curado por inmersión (Ver figura 1), curado a la intemperie sin cobertura (Ver figura 2), y el curado con papel film (curado a la intemperie con cobertura). Todo el proceso de investigación se llevó a cabo en la Universidad Tecnológica del Chocó. Se utilizaron probetas de 30 cm de alto y 15 cm de diámetro para la elaboración de 42 especímenes por cada

tipo de curado para así tener una muestra representativa, a las 24 horas de vaciado fueron retiradas las probetas para dar inicio a los procesos de curado del concreto para el segundo semestre del año. Las edades establecidas para la rotura de cilindros fueron de 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días.



Figura 1. Cilindros curados en inmersión



Figura 2. Cilindros curados a la intemperie sin cobertura y con papel film

### 3. Resultados y discusión

#### Curado por inmersión

El concreto curado por inmersión muestra un comportamiento típico de la resistencia mediante este tipo de curado, es el método que produce los mejores resultados (7,8), a los 28 días la resistencia es de 3615.79 PSI superando un 3% la resistencia de diseño. Durante los días posteriores

no se presenta una menor resistencia, por el contrario, el incremento de la resistencia del concreto es directamente proporcional al paso del tiempo y presenta mejores resultados que otros métodos utilizados (9).

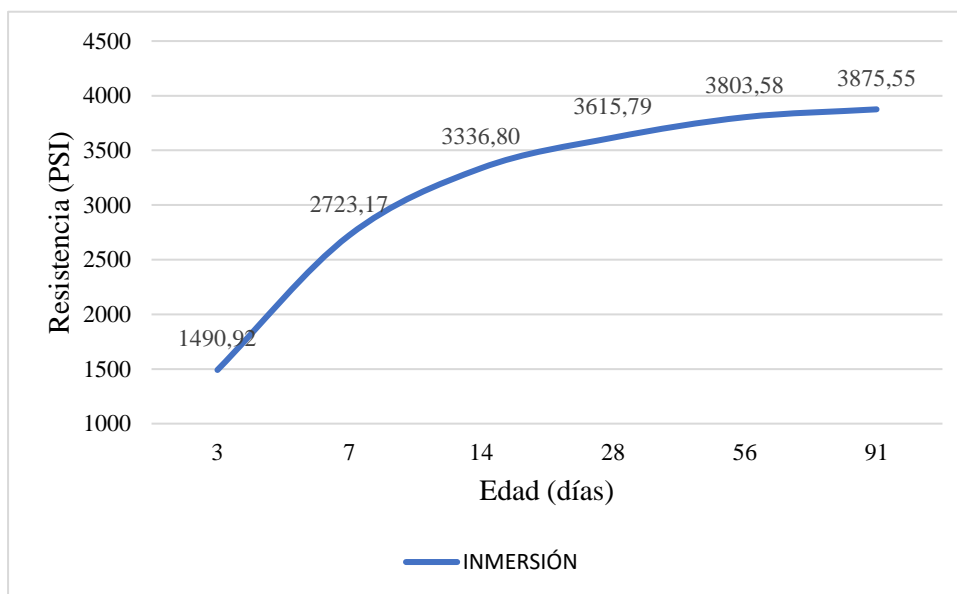


Figura 3. Resistencia de los cilindros curados por inmersión

#### Curado a la intemperie sin cobertura

El comportamiento del concreto expuesto a las condiciones ambientales de la ciudad de Quibdó, aunque fue progresivo a los 28 días alcanzó el 97% de la resistencia de diseño como se puede observar en la figura 4. Además, Se presenta una disminución en la resistencia a los 91 días respecto a la resistencia obtenida a los 56 días, esto asociado a factores medio ambientales como la ausencia de precipitaciones durante algunos

días durante el curado y la oscilación de la temperatura en la ciudad de Quibdó entre 21.67° C y 34.45° para el periodo comprendido 31 de julio de 2021 hasta el 25 de octubre de 2021, según lo registrado por estación meteorológica automática (EMA) localizada en Quibdó (5.45°N y 76.39°W) en predios de la Universidad Tecnológica del Chocó(10).

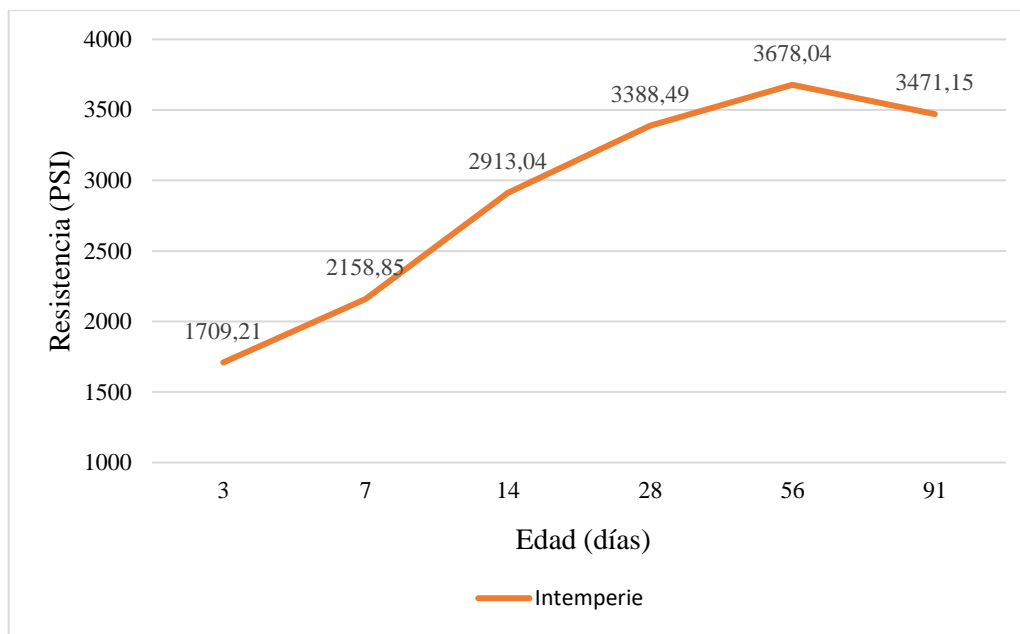


Figura 4. Resistencia de los cilindros curados a la intemperie sin cobertura.

### Curado a la intemperie con cobertura (Papel film)

El concreto expuesto a la intemperie cubierto con papel film alcanzó el 91% de la resistencia de diseño durante los primeros 28 días, además una disminución del 14% en la resistencia a los 91 días de 3,273.54 PSI respecto a la resistencia de los 56 días que fue de 3,796.66 PSI (265.77 kg/cm<sup>2</sup>), dicho comportamiento se observa en la figura 5. Como se dijo anteriormente, los factores

medio ambientales como la temperatura y precipitaciones afectaron la resistencia a los 91 días. Según el registro de precipitaciones de la estación del Aeropuerto El Caraño del IDEAM desde el 19 de octubre de 2021 hasta el 31 de octubre de 2021 hubo ausencia de precipitaciones en la ciudad de Quibdó. Ver figura 6.

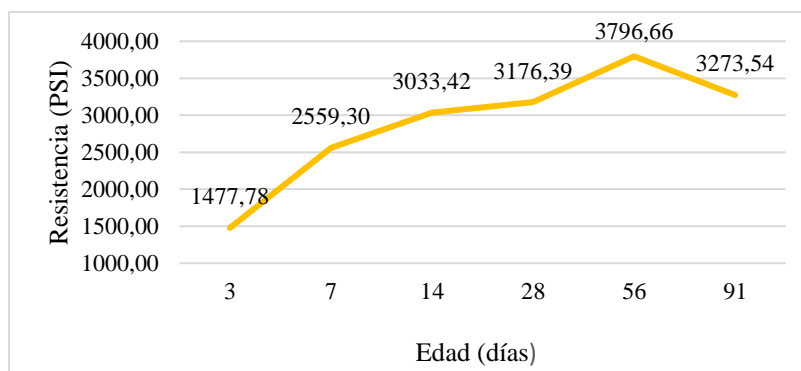
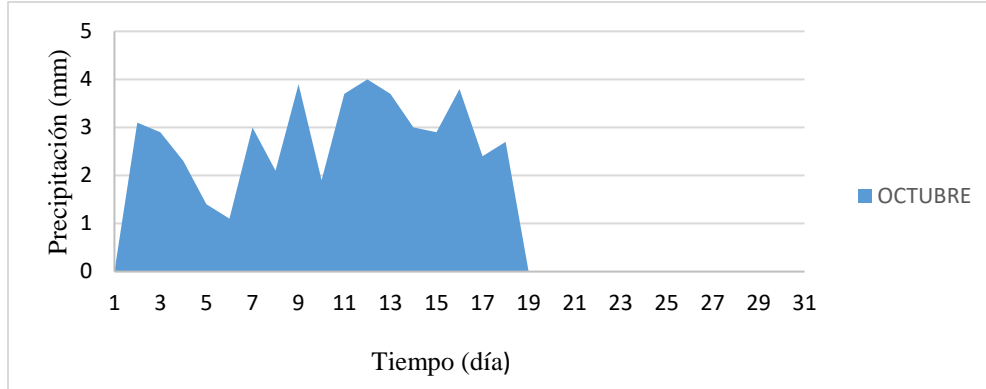


Figura 5. Resistencia de los cilindros curados a la intemperie cubiertos con papel film.

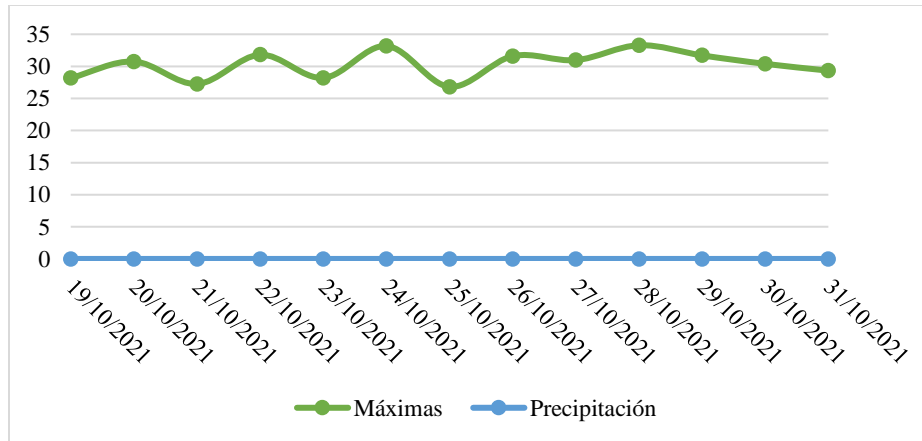


**Figura 6.** Registro de precipitaciones octubre 2021

### Curado en inmersión vs curado a la intemperie

Según los resultados obtenidos los cilindros curados por inmersión por no estar expuestos a la precipitación y directamente a los cambios de temperatura presentan aumento en las resistencias de acuerdo al tiempo, los cilindros expuestos a la intemperie con y sin cobertura también tienen aumento gradual de la resistencia pero a los 91 días se presenta una disminución respecto a la resistencia de los 56 días debido a periodos secos lo que implicó ausencia de precipitaciones y

temperaturas máximas entre 26.82 °C y 33.29 °C desde el 19 de octubre de 2021 hasta el 31 de octubre de 2021 en la figura 7 se puede observar dicha variación, el comportamiento de la resistencia de los cilindros a la intemperie es normal como bien se menciona en Evaluation of the long-term properties of concrete el concreto continúa a desarrollar resistencia por muchos años siempre que la humedad sea aportada por la lluvia u otras fuentes medioambientales (11)



**Figura 7.** Precipitación máxima vs temperatura máxima octubre.

## 4. Conclusiones

Para lugares con clima cálido – pluvial como la ciudad de Quibdó en el período comprendido entre los meses de julio hasta octubre, el curado con papel film no garantiza que la resistencia de diseño se alcance a los 28 días, siendo este método contraproducente para la resistencia del concreto en sitios con las condiciones medioambientales anteriormente descritas.

La precipitación diaria es un factor importante en el curado a la intemperie para que se pueda alcanzar la resistencia de diseño debido a que se permite la hidratación del concreto y se evita la evaporación, en las construcciones de obras verticales y horizontales a la intemperie, la precipitación representa el agua utilizada en el laboratorio para la inmersión y curado de los cilindros.

## 5. Referencias bibliográficas

1. Palbol L. Optimización de los agregados para concreto. “Construcción y tecnología,” (México). 1996;9(100):30.
2. Carcaño RS, Moreno EI. Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. Ingeniería. 2005;9(3):5–17.
3. Kocab D, Kralikova M, Cikrle P, Misak P, Kucharczykova B. Experimental analysis of the influence of concrete curing on the development of its elastic modulus over time. Mater Technol. 2017;51(4):657–65.
4. Portland Cement Association P. Diseño y control de mezclas de concreto. Portland Cement Association, 1a edición, Capítulo. 2004; 3:77–91.
5. Solís-Carcaño R, Moreno ÉI, Vázquez-Rojas C. Diferencias en la resistencia de concretos sujetos a curados húmedos y al ambiente en clima cálido subhúmedo. Concreto y cemento Investigación y desarrollo. 2011;3(1):25–35.
6. Climatología aeronáutica, climatología aeronáutica aeródromo el Carraño SKUI-Quibdó Colombia. IDEAM. 2013
7. Villegas Zamora VR, Corrales Picardo MR. Ventajas comparativas del curado de concreto con agua vs curado de concreto con productos químicos en la ciudad de Huaraz-2012. 2012;
8. Carcaño RS, Moreno EI. Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. Ingeniería. 2005;9(3):5–17.
9. Medina-Sierra WA. El Curado del Concreto en la Construcción. L’esprit Ingénieux. 2017;7(1).
10. Pabon JD, Lemus RP. Sobre el régimen diario de las variables climatológicas en el municipio de Quibdó. Meteorología Colombiana. 2005; 9:59–66.
11. Wood SL. Evaluation of the long-term properties of concrete. Portland Cement Association Skokie; 1992.