

# Analysis of the Compressive Strength of Concrete Adding Foam with a density of 55kg/m<sup>3</sup> based on Sodium Lauryl Sulfate

Carrion Rabanal, Katia Nataly, Ing<sup>1</sup>, Carrero Llatas, Mahily Najely<sup>2</sup>, Goicochea Huamán, Héctor Jesús<sup>3</sup>, Quiroz Infante, Fran Yhonny<sup>4</sup>, Gaona Abanto, Erick Andrés Emilio<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, katia.carrion@upn.edu.pe, N00273001@upn.pe, erick.gaona@upn.pe.

<sup>2,4</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, N00275075@upn.pe, N00297009@upn.pe

*Abstract: The study is based on adding 2.5% of Sodium Lauryl Sulfate with respect to the weight of the cement, to generate a lightweight concrete, the objective was to investigate the effect that the foaming agent generates on the resistance of the concrete. A total of 6 cylindrical concrete probes were made, 3 with the addition of foam with a density of 55kg/m<sup>3</sup> and 3 without the addition of foam. The specimens were removed from the formwork 24 hours after production to be immersed in water for curing for 28 days and then the compression test was carried out and compared between both types of concrete. The results of the concrete with foam addition had a slump of 6.858cm (2.7”), the weights of the specimens were 10.6kg, 10.7kg and 10.9kg and their compressive strength at 28 days was 95.6kg/cm<sup>2</sup>, 96.9kg/cm<sup>2</sup> and 97.5kg/cm<sup>2</sup>; The results of concrete without foam addition had a slump of 3,048cm (1.2”), with weights of 12.1kg, 12.5kg and 12.6kg, the resistance achieved after 28 days was 185.5kg/cm<sup>2</sup>, 186.7kg/cm<sup>2</sup> and 192.3kg/cm<sup>2</sup>. It is inferred that the addition of Sodium Lauryl Sulfate has a negative impact on the compressive strength of concrete. These observations highlight the importance of considering the use of admixtures to produce concrete with new specifications.*

**Keywords:** Concrete, Sodium lauryl sulfate, Compressive strength.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Análisis de la Resistencia a la Compresión de Concreto Adicionando Espuma con densidad de 55kg/m<sup>3</sup> a base de Lauril Sulfato de Sodio

Carrion Rabanal, Katia Nataly, Ing<sup>1</sup>, Carrero Llatas, Mahily Najely<sup>2</sup>, Goicochea Huamán, Héctor Jesús<sup>3</sup>, Quiroz Infante, Fran Yhonny<sup>4</sup>, Gaona Abanto, Erick Andrés Emilio<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, katia.carrion@upn.edu.pe, N00273001@upn.pe, erick.gaona@upn.pe.

<sup>2,4</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, N00275075@upn.pe, N00297009@upn.pe

**Resumen:** El estudio se basa en añadir 2.5% de Lauril Sulfato de Sodio con respecto al peso del cemento, para generar un concreto liviano se tuvo como objetivo indagar el efecto que genera el agente espumante a la resistencia del concreto. Se elaboró un total de 6 probetas cilíndricas de concreto, siendo 3 con adición de espuma con densidad de 55kg/m<sup>3</sup> y 3 sin incorporación de espuma. Los especímenes se desencofraron 24 horas después de elaboración para sumergirlas en agua para un curado durante 28 días para luego realizar el ensayo de compresión y ser comparadas entre ambos tipos de concreto. Los resultados del concreto con adición de espuma tuvieron un asentamiento de 6.858cm (2.7”), los pesos de los especímenes fueron de 10.6kg, 10,7kg y 10.9kg y su resistencia a la compresión a los 28 días, fue de 95.6kg/cm<sup>2</sup>, 96.9kg/cm<sup>2</sup> y 97.5kg/cm<sup>2</sup>; los resultados de concreto sin adición de espuma tuvieron un asentamiento de 3.048cm (1.2”), con pesos de 12.1kg, 12.5kg y 12.6kg, la resistencia alcanzada a los 28 día fue de 185.5kg/cm<sup>2</sup>, 186.7kg/cm<sup>2</sup> y 192.3kg/cm<sup>2</sup>. Se infiere que la adición del Lauril Sulfato de Sodio tiene un impacto negativo en la resistencia a la compresión del concreto. Estas observaciones subrayan la importancia de considerar el uso de adiciones para elaborar concretos con especificaciones nuevas.

**Palabras clave:** Concreto, Lauril sulfato de sodio, Resistencia a la compresión.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso masivo de concreto se ha vuelto imprescindible por ello la incorporación de diversos componentes al concreto busca optimizar costos y preservar la calidad durante las etapas de mezclado, transporte, colado y curado, adaptándolo a diferentes usos. La industria de la construcción avanza, se desarrolla y está siempre a la caza de nuevas tendencias que mejoren y optimicen tanto los costos como las estructuras. Frente a eso y con la idea de modificar la composición del hormigón aparecen una serie de aditivos importantes. Cualquiera de ellos está presente en la mezcla de hormigón en proporciones en torno a un 5%, con el objetivo de modificar algunas propiedades del concreto [1].

La relevancia de este estudio se magnifica en la región de Cajamarca, Perú, donde ciertas áreas habitadas presentan condiciones de suelo de baja capacidad portante para estructuras que contengan una carga muerta considerable, resultando la aparición de patologías tanto en la estructura como en el suelo, esto apunta a la construcción de edificaciones más ligeras que busca mejorar la eficiencia constructiva, además también abordar las necesidades específicas de la región, estableciendo así un fundamento sólido para futuras aplicaciones en el ámbito local.

En teoría, el concepto de alivianar las estructuras proviene de los antiguos romanos, quienes alrededor del siglo I d.C., utilizaban técnicas para alivianar sus construcciones, entre las cuales se encontraba el uso de agregados de baja densidad de procedencia volcánica, la ligereza del concreto mediante la inclusión de jarras de barro o incluso la realización de un diseño de arcos. Por otro lado, Luego de la caída del Imperio Romano, la elaboración y utilización de hormigones alivianados decreció drásticamente hasta que J.A. Eriksson, arquitecto de origen sueco, patentó el hormigón celular curado en autoclave en el año 1924 [2]. Inicialmente su uso no tuvo un gran impacto en la construcción debido a las dificultades de su fabricación, pero el avance tecnológico ha permitido la creación de espumas cada vez más estables que garantizan densidades y resistencias aceptables, permitiendo que este material sea utilizado en países como España, Alemania, Holanda y Estados Unidos. En este último se han desarrollado diversos proyectos tales como la ampliación del estadio City Fields en Queens (New York), la remodelación del Coney Island Train Station en Brooklyn (New York) y el Consol Energy Center en Pittsburgh (Pennsylvania) [2].

Para un enfoque del tema se brinda la definición de los términos fundamentales del estudio realizado.

- Agregado fino: Es aquella que proviene de la desintegración natural o artificial de rocas procedente de río que pasa el Tamiz n°4 y queda retenido en el tamiz n°200 [3].
- Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz N°4. Está constituido por rocas proveniente de la desintegración natural o

mecánica de la roca. Puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava [3].

- Asentamiento o Slump: Ensayo con el que podemos medir la consistencia del concreto hidráulico, no se considera aplicable a concretos no plásticos y no cohesivos [4].
- Cemento Pórtland: Es la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda usa para unir diversos materiales de construcción, permitiendo hacer obras resistentes y durables [5].
- Concreto: Es la mezcla de material aglomerante como cemento Pórtland y agua juntamente con agregados fino y grueso, (1) pero también puede contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos [6].
- Lauril Sulfato de Sodio: Es una sal orgánica que se usa como detergente, surfactante o tensioactivo iónico. Esto significa que ejerce un efecto sobre la superficie que separa dos fases inmiscibles [7].

Con la finalidad de promover la investigación sobre la utilización de materiales más livianos en la construcción con productos nuevos y económicos, este estudio experimental se enfoca en el análisis de la incorporación de espuma a base de Lauril Sulfato de Sodio en un porcentaje de 2.5% con respecto al cemento y una densidad de 55kg/m<sup>3</sup>. Dada la predominancia del concreto como material de construcción, la investigación se centra en comprender las características y efectos de esta adición, especialmente en relación con la resistencia a la compresión. Este enfoque es crucial para explorar nuevas posibilidades y optimizar la eficiencia en la construcción, considerando la importancia que tiene el concreto en el ámbito constructivo contemporáneo. La investigación contribuirá a la generación de conocimiento sobre las propiedades de este tipo de concreto liviano, facilitando así la toma de decisiones informadas en la selección de materiales en proyectos constructivos.

Por ello se ha planteado como objetivo principal de analizar las propiedades del concreto con adición de espuma y concreto estándar; también se planteó los objetivos específicos de realizar un diseño de mezcla adecuado para elaborar este tipo de concreto, y realizar un trabajo metódico durante la investigación.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para iniciar con la investigación, análisis y recolección de datos se utilizó lo siguiente.

Agregado fino de río y agregado grueso chancado, adquirido de la cantera JUAN – Cajamarca, posteriormente se hicieron diversos ensayos para determinar el Análisis Granulométrico conforme la NTP 400.012 [8] (Tabla I) (Fig. 1),

Contenido de Humedad siguiendo la NTP 339.185 [9] (Tabla II), Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso siguiendo la NTP 400.017 [10] (Tabla III), Peso Específico del agregado fino con la NTP 400.022 [11] y agregado grueso con la NTP 400.021 [12] (Tablas IV). Cemento Portland Pacasmayo Tipo III, adquirido de una ferretería local en Cajamarca y los datos necesarios se obtuvo de la ficha técnica correspondiente (Tabla V). Lauril Sulfato de sodio, adquirido de Insu Química S.A.C. – Lima, se pesó 10gr y se mezcló constantemente por 5 minutos con 150ml de agua en un recipiente para generar la espuma, luego se llenó una probeta hasta su marca de 1000ml para pesarla, con los datos obtenidos se reemplazó en (1). Y se determinó la densidad de la espuma.

$$\rho = \frac{P_1 - P_2}{V_{ol}}$$

$\rho$ : Densidad

$P_1$ : Peso de probeta vacía

$P_2$ : Peso de probeta con espuma

$V_{ol}$ : Volumen

Posteriormente se realizó el diseño de mezcla, siguiendo la norma ACI 523 (Hormigón Celular), con la incorporación de agregado grueso (Tabla VI). Para el concreto se midió las cantidades para 6 probetas de 15cm de diámetro por 30cm de alto, distribuidos 3 con adición de espuma y 3 normales, luego se procedió a elaborar el concreto siguiendo la NTP 339.183 [13].

Con la mezcla lista se tomó una muestra para determinar el asentamiento siguiendo los pasos de la NTP 339.035 [3] (TABLA VII). Lo restante se colocó en las probetas cilíndricas, pasado 24 horas se desencofró y se curó en depósitos con agua por 28 días. NTP 339.183 [13].

Ensayo de la resistencia a la compresión, dicho método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones, diamantinas a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen (TABLA VIII Y IX).

Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencias a la compresión por este método de ensayo, considerando que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto fabricado con los materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño forma del espécimen dosificación, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado [14].

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Como resultado del análisis granulométrico de una muestra de 1200 gramos de agregado fino se tuvo un módulo de finura de 2.7.

TABLA I  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Que Pasa (%)
N° 4	60	95
N° 8	152	82
N° 16	183	67
N° 30	215	49
N° 50	280	25
N° 100	200	8
N° 200	100	0
fondo	13	

- Gráfica de la curva granulométrica del agregado, la cual está dentro de los husos granulométricos establecidos por la Norma Técnica Peruana 400.012.

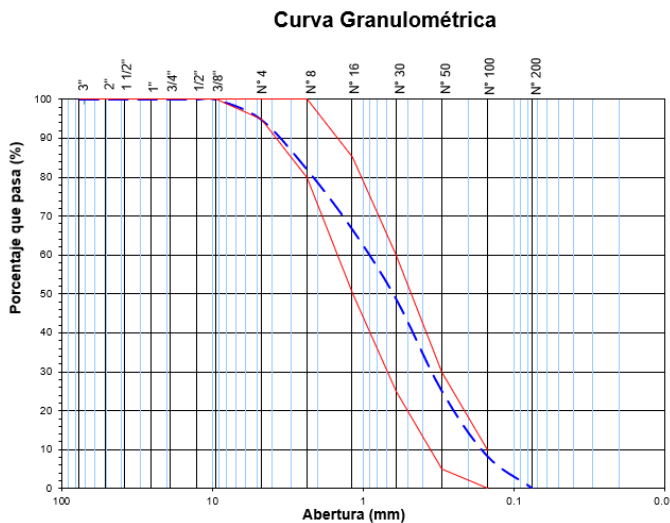


Fig. 1 Curva granulométrica del agregado fino.

- En la Tabla 2 se presenta el contenido de humedad promedio de 3 muestras de 150gr de A. fino y 3 muestras de 1000gr de A. grueso.

TABLA II  
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

N° Muestra	Cont. Humedad (%)
Agregado Fino	2.5%
Agregado Grueso	1.5%

Nota 1. Humedad óptima de acuerdo con la NTP 339.185

- En la Tabla 3 se presenta el resultado del peso unitario seco compactado del agregado grueso de piedra chancada.

TABLA III  
PUSC DEL AGREGADO GRUESO

Peso Unitario Seco Compactado	
Agregado grueso	1520 kg/m <sup>3</sup>

- En la Tabla 4 se presenta los resultados de peso específico de masa del agregado fino y agregado grueso de tamaño máximo nominal 3/4".

TABLA IV  
PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS

Descripción	A. Fino	A. Grueso
Peso Específico de Masa (PeM), (kg/m <sup>3</sup> )	2.36	2.54

- En la Tabla 5 se presenta las especificaciones del Cemento Portland Pacasmayo tipo III obtenidas de su ficha técnica.

TABLA V  
FICHA TÉCNICA CEMENTO TIPO III

Propiedades Físicas	Resultados de ensayos
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	5920
Retenido M325 (%)	1.7
Densidad (g/ml)	2.94

- En la Tabla 6 se presentan las cantidades obtenidas para elaboración de las 3 probetas de concreto.

TABLA VI  
CANTIDADES PARA ELABORACIÓN DE PROBETAS

Material	Cantidad para Probeta con espuma	Cantidad para Probeta sin espuma
Cemento	7.58 kg	7.58 kg
Agua	2.71 L	2.9 L
A. Fino	11.61 kg	11.61 kg
A. Grueso	18.51 kg	18.51 kg
Espuma	0.19 kg	0 kg

Nota 2. Se ha tenido en cuenta la norma ACI 523

- En la Tabla 7 se presentan los resultados de los ensayos realizados al concreto en estado fresco y endurecido.

TABLA VII  
RESULTADO DE LA PRUEBA DE ASENTAMIENTO

Tipo de concreto	Asentamiento
Concreto con adición de espuma	2.7 pulgadas
Concreto normal	1.2 pulgadas

Nota 3. Consistencia seca en ambas mezclas.

- Representación de la variación de peso entre los tipos de concreto elaborados y analizados.

Peso de las probetas

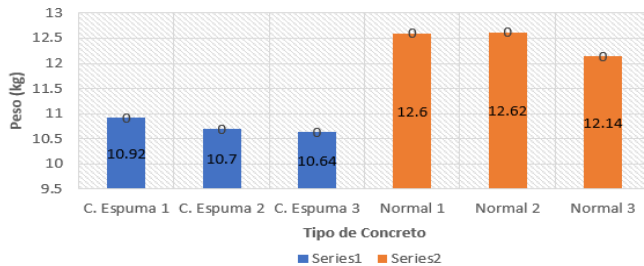


Fig. 2 Gráfica de la comparación de peso en las probetas con adición y sin adición

La evidencia experimental respalda la afirmación que la incorporación de espuma a base de Lauril Sulfato de Sodio en el concreto aligera el material en un 15% menos, ofreciendo oportunidades potenciales para aplicaciones donde la reducción del peso es un factor crítico.

TABLA VIII  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON ADICIÓN DE ESPUMA

Tipo de Concreto	f'c kg/cm <sup>2</sup>
Concreto con adición 1	97.5
Concreto con adición 2	96.9
Concreto con adición 3	95.6
Promedio	96.67

TABLA IX  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN

Tipo de Concreto	f'c kg/cm <sup>2</sup>
Concreto sin adición 1	192.3
Concreto sin adición 2	186.7
Concreto sin adición 3	183.5
Promedio	187.5

- Representación y comparación gráfica de la resistencia a la compresión obtenida del ensayo.

Comparación de resistencia

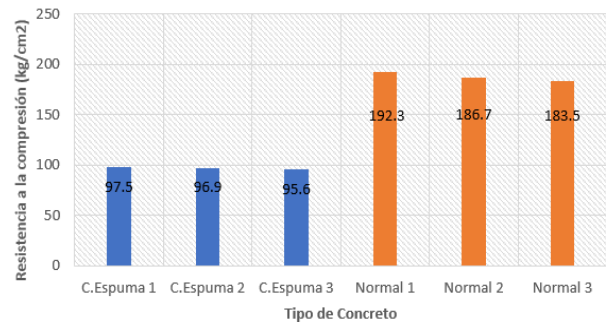


Fig. 3 Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas

Se observó que las probetas de concreto con contenido de espuma presentaron niveles de resistencia a la compresión inferiores en un 51.5% en comparación con las muestras de concreto convencional. Este hallazgo inicial sugiere que la incorporación de espuma puede comprometer la resistencia estructural del concreto en términos de carga aplicada en dirección axial.

Con el estudio realizado se observa que la adición con respecto al peso contribuye a la ligereza del concreto, sin embargo al examinar la resistencia a la compresión hay una diferencia significativa entre las dos variantes. Esta diferencia indica que la adición de espuma puede tener un impacto negativo en la capacidad del concreto para soportar cargas axiales. Es importante destacar que esta disminución en la resistencia debe ser evaluada cuidadosamente en función de los requisitos específicos del proyecto, ya que la reducción de peso proporcionada por la espuma puede ser un beneficio crucial en ciertos contextos de aplicación.

Por ende, se aconseja una evaluación exhaustiva de la compensación necesaria en términos de resistencia estructural, particularmente en aplicaciones que demanden elevados niveles de resistencia a la compresión. Es esencial sopesar cuidadosamente los beneficios de la reducción de peso asociada con la adición de espuma, en contraste con la potencial disminución en la capacidad de carga del material.

Además, se sugiere la iniciación de investigaciones futuras que consideren la incorporación de otros agentes espumantes o la exploración de alternativas que faciliten la reacción entre estos componentes y el cemento, así como con los agregados. La diversificación en la selección de agentes espumantes podría ofrecer perspectivas adicionales para optimizar las propiedades del concreto con espuma, tanto en términos de peso como de resistencia, ampliando así el espectro de aplicaciones prácticas y mejorando la comprensión global de las modificaciones introducidas en la matriz del concreto.

Las limitaciones inherentes al proceso de investigación se manifestaron principalmente en dos áreas cruciales. En primer lugar, se encontraron dificultades en la elaboración de la espuma, ya que se enfrentó el reto de determinar la proporción óptima para alcanzar la densidad requerida. Este desafío, aunque superado con éxito, resalta la complejidad y la necesidad de una mayor investigación para refinar y estandarizar el proceso de producción de espuma a base de lauril sulfato de sodio en el concreto.

En segundo lugar, se identificó una limitación en la disponibilidad de información y fuentes pertinentes, lo que impactó en la claridad de las pautas y la comprensión integral durante el desarrollo del estudio. La falta de acceso a fuentes específicas limitó la profundidad del análisis y podría haber afectado la contextualización de los resultados obtenidos.

#### IV. CONCLUSIONES

Se analizó que la adición de espuma a base de lauril Sulfato de Sodio genera beneficios en términos de reducción de peso en un 15%, por otro lado, la formación de burbujas de aire en la mezcla afectó la resistencia del concreto en una disminución del 51.5%. Por lo tanto, esta adición no puede ser empleada estructuralmente, por ende, debemos realizar un análisis detallado de los requisitos específicos del proyecto y las propiedades deseadas del concreto antes de optar por la adición de espuma, buscando un equilibrio adecuado entre la reducción de peso y la preservación de la resistencia estructural.

El concreto sin adición tuvo un asentamiento de 3.048cm (1.2”), concluyendo que presenta una consistencia poco trabajable para incorporarlo en las probetas. El concreto con adición de espuma tuvo un asentamiento de 6.858cm (2.6”), concluyendo que debido al agua presente en la espuma el asentamiento aumenta dando una consistencia más trabajable para el llenado de las probetas. Una diferencia notable también es la de su coloración ya que la adición de espuma presentó un color más claro a la del concreto normal.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar cuidadosamente los efectos de la adición de agentes espumantes en el diseño del concreto, no solo en términos de cumplimiento de estándares, sino también en relación con la resistencia y otras propiedades del material resultante.

Estas conclusiones proporcionan valiosas perspectivas para futuras investigaciones y mejoras en la aplicación de agentes espumantes en el diseño de mezclas de concreto.

#### REFERENCIAS

- [1] G. Lira, «La importancia de los aditivos en concreto,» *Construcción Latinoamericana*, 2 agosto 2021.
- [2] M. Izquierdo y O. Ortega, Artists, *Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones*. [Art]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017.
- [3] 4. NTP, «AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto,» 2014.
- [4] 3. NTP, «HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición asentamiento del hormigón con el cono de Abrams,» 1999.
- [5] 3. NTP, «CEMENTOS. Cementos Portland Requisitos,» 2005.
- [6] 3. NTP, «CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados,» 2014.
- [7] M. Stea, «Lauril sulfato de sodio: estructura, usos, propiedades,» 14 Noviembre 2019. [En línea].
- [8] 4. NTP, «AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global,» 2001.
- [9] 3. NTP, «AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo,» 2021.
- [10] 4. NTP, «AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados,» 2011.
- [11] NTP 400.022, «AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino,» 2013.
- [12] 4. NTP, «Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso,» 2013.
- [13] 3. NTP, «CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio,» 2013.
- [14] 3. NTP, «CONCRETO. Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de concreto,» 2015.