



Trabajabilidad del concreto con mezclas embolsadas y su influencia en la resistencia

Workability of concrete with bagged mixtures and its influence on strength

Richard Hugo Reymundo Gamarra¹, Sunlii K. Caller Pariona²

E-mail: rreymundo@uncp.edu.pe / e_2013100232@uncp.edu.pe

Cómo citar

Reymundo Gamarra, R.H. & Caller Pariona, S. K. (2020). *Trabajabilidad del concreto con mezclas embolsadas y su influencia en la resistencia*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 25-30. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1386>

Resumen

Nuevas tecnologías que permitan elevar la velocidad de construcción y durabilidad del concreto aparecen cada día y las dificultades de su uso son mayores, de aquí la necesidad de recurrir a un concreto con capacidad de ser preparado en seco. Investigaciones preliminares certifican ventajas frente al concreto convencional en situaciones adversas como la lejanía y desabastecimiento de agregados.

En esta investigación, a fin de mejorar las propiedades del concreto embolsado UNICON y TOPEX, se ha variado la cantidad de agua por bolsa de concreto con el propósito de obtener una adecuada trabajabilidad, sin perjudicar la resistencia a compresión. La información obtenida podrá ser utilizada para elevar la productividad en la construcción de edificaciones.

La investigación fue experimental, se elaboró testigos de 4" y 8" para determinar la resistencia a la compresión (3, 7 y 28 días) y la trabajabilidad a través de su consistencia; para ello, se trabajó con dosis de agua diferentes: 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 y 5.5 l/ bolsa. Se obtuvo, para 28 días, una resistencia de concreto 210 kg/cm² con 4.99 l/bolsa y asentamiento 7.19" para UNICON y con 4.41 l/bolsa y asentamiento 7.15" para TOPEX; una resistencia de concreto 175 kg/cm² con 5.25 l/bolsa y asentamiento 7.6" para UNICON y con 4.85 l/bolsa y asentamiento 8.1" para TOPEX; una resistencia de concreto 140 kg/cm² con 5.55 l/bolsa y asentamiento 8" para UNICON y con 5.2 l/bolsa y asentamiento 8.3" para TOPEX. Concluyendo que, a mayor cantidad de agua, mayor trabajabilidad, ligera segregación y menor resistencia a compresión.

Palabras Clave: mezcla embolsada, trabajabilidad del concreto, resistencia a compresión, premezclado, tecnología de la construcción

Abstract

New technologies allowing to increase the construction speed and durability of concrete appear every day and the difficulties of their use are greater, hence the need to resort to a concrete capable to be dry prepared. Preliminary researchs certify advantages over conventional concrete in adverse situations such as remoteness and shortage of aggregates.

In this research, in order to improve the properties of UNICON and TOPEX bagged concrete, the amount of water per bag of concrete has been varied in order to obtain adequate workability without impairing compressive strength. The obtained information can be used to increase productivity in building construction.

The research was experimental, 4" and 8" witnesses were prepared to determine the resistance to compression (3, 7 and 28 days) and workability through its consistency; for this, different doses of water were used: 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 and 5.5 l/bag. A concrete resistance 210 kg/cm² was obtained for 28 days with 4.99 l/bag and settlement 7.19" for UNICON and with 4.41 l/bag and settlement 7.15" for TOPEX; a concrete resistance 175 kg/cm² with 5.25 l/bag and settlement 7.6" for UNICON and with 4.85 l/bag and settlement 8.1" for TOPEX; a concrete resistance 140 kg/cm² with 5.55 l/bag and 8" settlement for UNICON and with 5.2 l/bag and 8.3" settlement for TOPEX. It is concluded that, the greater the amount of water, the greater the workability, the slight segregation and the lower resistance to compression.

Keywords: bagging mix, workability, compressive strength, ready-mixed, construction technology

¹Docente de la Facultad de Ingeniería Civil - UNCP / ²Investigador externo

Introducción

En la región central del Perú, para la construcción de obras civiles, el material más usado es el concreto utilizando agregados de cantera de río y de cerro, así como los cementos existentes en la zona; sin embargo, en la mayoría de las obras, son pocos los controles de calidad que reciben los materiales y ello puede afectar negativamente la resistencia y durabilidad del concreto. Además, tras la escasez de insumos, los proveedores buscan agregados en canteras nuevas para explotar y satisfacer las demandas de las obras. Asimismo, en las obras en ejecución existe mucha pérdida de insumos de mano de obra y materiales por la mala planificación y programación de obra (Galarza Meza, 2011).

En el mismo campo, el concreto seco embolsado es un producto novedoso y con gran potencial de ventas en el mercado del sector construcción, debido a la simplicidad de su empleo, sencillez de preparación y versatilidad de colocación.

El concreto seco embolsado, es una mezcla seca y homogénea, compuesta por cemento, piedra y arena, con humedad de estos componentes por debajo de la del cemento, para evitar que reaccionen y alargar el tiempo de vida del producto (Nishihara, 2013). Los componentes del concreto seco son los mismos que los utilizados tradicionalmente en obra: componente activo (cemento) y componente inerte (agregados). Los cuales permiten elaborar concretos estructurales con la adición de agua en cantidad requerida.

La cantidad de agua utilizada por bolsa de mezcla seca embolsada, influye en la fluidez de la mezcla y, por tanto, su trabajabilidad, así como su resistencia a compresión. La cantidad de agua para el amasado, es señalada en el embolsado.

La investigación usó las mezclas secas embolsadas UNICON y TOPEX, como alternativa de solución al aumento en la velocidad de construcción en la región. Esto conlleva a usar materiales más económicos y disponibles para el uso en obra, siendo necesario tener resultados respecto a la trabajabilidad según elemento estructural y su influencia en la resistencia. En respuesta, se adaptará la trabajabilidad para que la mezcla de concreto sea más fluida.

Materiales y métodos

Desarrollo

Localización

La investigación es de diseño experimental y de tipo descriptivo, se realizó en el laboratorio de investigación de concreto de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Metodología

El método empleado siguió las normas técnicas nacionales e internacionales pertinentes para cada variable.

- Especificaciones del concreto embolsado: Materiales secos y combinados para mortero y hormigón (norma ASTM C387).

Para la medida de la trabajabilidad de la mezcla, se determinó la gradación y proporción de los agregados:

- Caracterización de agregados: Usando una serie de tamices, se gradaron los insumos de la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX, a fin de realizar los ensayos oportunos de acuerdo a las normas nacionales e internacionales a los agregados.
 - o Granulometría agregado fino, grueso (norma NTP 400.012 y ASTM C136)
 - o Tamaño máx. nominal (norma NTP400.037 y ASTM C 33)
 - o Peso unitario suelto (PUS) (norma NTP 400.017 y ASTM C29/C29M)
 - o Peso unitario compactado (PUC) (norma NTP 400.017 y ASTM C29/C29M)
 - o Peso específico y porcentaje de absorción agregado fino (norma NTP 400.022 y ASTM C128)
 - o Peso específico y porcentaje de absorción agregado grueso (norma NTP 400.021 y ASTM C127)
 - o Módulo de finura (norma NTP 400.012 y ASTM C136)

Después de comprobarse la calidad de los materiales, se ensayaron sus características mecánicas de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto.

Para una población de 8 m³ (un mixer), se usaron dos bolsas de mezcla secas embolsada de UNICON y TOPEX como muestra, cada bolsa de 0.019 m³ (40 kg de peso). De las muestras se obtuvo la consistencia para medir la trabajabilidad y se elaboraron testigos cuatro por ocho pulgadas para medir la resistencia del concreto.

Las cantidades de agua fueron definidas en base a la dosis recomendada en los empaques. Para la investigación se elaboró mezclas de concreto con cinco (5) dosis de agua de 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 y 5.5 litros por bolsa. Se utilizó agua potable, con una mezcladora de concreto y realizados en el laboratorio de investigación.

- Concreto estado fresco: Asentamiento del concreto (norma NTP 339.035 y ASTM C143M)

- Concreto estado endurecido: Resistencia a la compresión del concreto (norma NTP 339.034 y ASTM C39)

Análisis estadístico

Se estableció la normalidad según Shapiro Wilk, correlación de Pearson (si la distribución era normal) o correlación Rho de Spearman (si era anormal) entre las variables en estudio y ecuaciones de regresión lineal simple, dada la naturaleza del problema empleando el software SPSS Statistics 25.

Resultados

Según la NTP 400.012 y ASTM C136 el módulo de finura del agregado fino debe estar entre 2.5 a 3.10. Se obtuvo para la mezcla seca embolsada UNICON un módulo de finura 3.71, por encima del rango permisible. Mientras que para TOPEX 3.14, ligeramente fuera del intervalo, ver Figura 1 y Figura 2. La curva granulométrica del agregado grueso de UNICON y TOPEX se encontró dentro del huso 6.

Figura 1

Curva granulométrica 80 % fuera del HUSO C del agregado fino CONCRETO UNICON. Esta gradación influye en el módulo de finura del agregado.

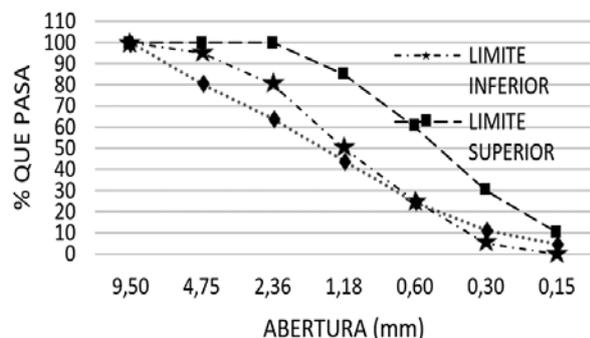
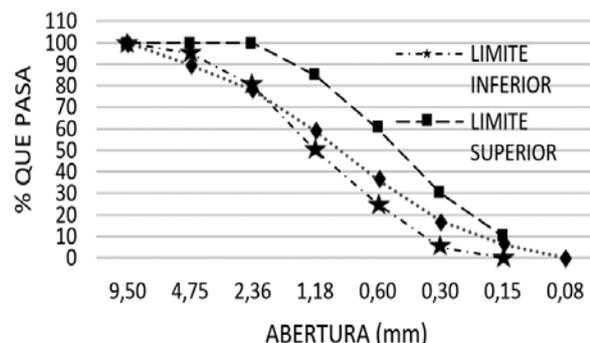


Figura 2

Curva granulométrica 30 % fuera del HUSO C del Agregado Fino CONCRETO TOPEX



La Tabla 1, muestra la trabajabilidad del concreto a través de la consistencia y estos son medidos por medio del asentamiento del concreto, para lo cual se usó 5 dosis de agua, de 3.5 l/bl. hasta 5.5 l/bl.

Tabla 1

Asentamientos de concreto UNICON a diferentes dosis de agua

Agua L/bolsa	Slump cm	Slump pulg
3.5	1	0.39
4	5.25	2.07
4.5	15.75	6.2
5	18.25	7.19
5.5	20.25	7.97

En la Tabla 2, muestra los resultados del asentamiento del concreto TOPEX respecto a la variación del agua, observando el mismo comportamiento anterior.

Tabla 2

Asentamientos de concreto TOPEX a diferentes dosis de agua

Agua L/bolsa	Slump cm	Slump pulg
3.5	3.18	1.25
4	8.89	3.5
4.5	19.69	7.75
5	20.96	8.25
5.5	22.23	8.75

Del ensayo realizado a la mezcla seca embolsada UNICON, la correlación de Rho de Spearman entre la trabajabilidad y la cantidad de agua por bolsa fue 0.989 (correlación positiva alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la trabajabilidad en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 1:

$$Y = 43.3 + 17.67X - 1.51x^2 \dots(1)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: trabajabilidad en slump

En tanto, para la mezcla seca embolsada TOPEX, la correlación de Rho de Spearman entre la trabajabilidad y la cantidad de agua por bolsa fue 0.973 (correlación positiva muy alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la trabajabilidad en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 2:

$$Y = 48.47 + 20.75X - 1.88x^2 \dots(2)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: trabajabilidad en slump

En cuanto a las propiedades en estado endurecido se midió la resistencia del concreto a 3 días, 7 días y 28 días. Esto se puede apreciar en la Figura 3 para el caso de UNICON y Figura 4 en TOPEX.

Figura 3

Resistencia a la Compresión 3, 7 y 28 días UNICON. La resistencia a la compresión disminuye a mayor dosis de agua por bolsa de mezcla seca ya sea a 3, 7 y 28 días; es decir, la relación entre la dosis de agua y la resistencia a compresión no cambia en el tiempo.

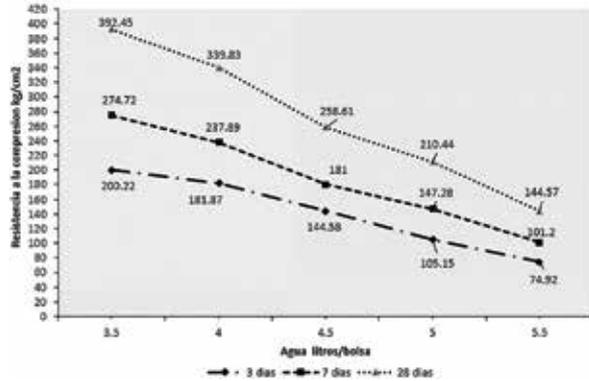
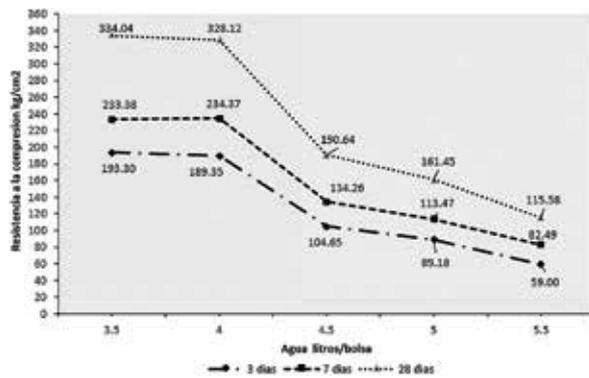


Figura 4

Resistencia a la compresión 3 días, 7 días y 28 días TOPEX. La resistencia a la compresión al igual que es caso anterior, disminuye a mayor dosis de agua por bolsa de mezcla seca ya sea a 3 días, 7 días y 28 días.



Del ensayo realizado a la mezcla seca embolsada UNICON, la correlación de Pearson entre la resistencia a compresión y la cantidad de agua por bolsa fue 0.735 (correlación negativa alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la resistencia en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 3:

$$Y = 584.19 - 83.4X \dots (3)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: resistencia a la compresión kg/cm²

Para la mezcla seca embolsada TOPEX, la correlación de Pearson entre la resistencia a compresión y la cantidad de agua por bolsa es de -0.790 (correlación negativa alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la resistencia en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 4:

$$Y = 586.95 - 90.6X \dots (4)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: resistencia a la compresión kg/cm²

Discusión

Para obtener la misma trabajabilidad, UNICON necesita más agua y TOPEX menos como resultado del módulo de finura que esta fuera del rango permitido.

En el análisis de la trabajabilidad del concreto a través de la consistencia, se encontró que al disminuir la cantidad de agua recomendada en el empaque (3.5 y 4 litros/bolsa) se obtendrán asentamientos no trabajables, mientras que, si se incrementa la cantidad de agua recomendada, incrementa el asentamiento y ligeramente la segregación, tanto para las mezclas secas embolsadas de UNICON y TOPEX. (Ver tablas 1 y 2). Esto en concordancia con la investigación de Rojas (2010). Estos resultados permitirán elegir la dosis de agua óptima para cada trabajabilidad requerida según el elemento estructural para el que se desee usar la mezcla.

Para el análisis estadístico de muestras menores a 50, se determinó la normalidad de las variables cantidad de agua y trabajabilidad del concreto según Shapiro Wilk, resultando en que, tanto para UNICON como TOPEX, es anormal. Aplicando el método de regresión lineal, se obtuvo una ecuación cuadrática, que establece que, a mayor cantidad de agua, mayor es la trabajabilidad. La ecuación obtenida nos permitirá predecir la trabajabilidad de la mezcla en función del agua añadida por bolsa con una confiabilidad del 98 % para UNICON y 95 % para TOPEX.

Como resultado, de la medición de la resistencia del concreto a 3 días, 7 días y 28 días, se determinó que, para alcanzar las máximas resistencias, la cantidad de agua añadida debe ser la recomendada por el producto, tanto para las mezclas secas embolsadas de UNICON y TOPEX. (Ver tablas 3 y 4). Esto en concordancia con la investigación de Rojas (2010). En las figuras 3 y 4, se pueden ver la variación de resistencia a compresión respecto a la cantidad de agua añadida. Esta data se usó para el análisis estadístico que permitió determinar una ecuación para predecir las resistencias a compresión respecto a la cantidad de agua.

Tabla 3

Resistencias a la compresión a 28 días, asentamientos vrs dosis de agua, según la especificación de mezclas secas embolsadas TOPEX y resultados de investigación.

MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS TOPEX - ESPECIFICACIÓN				
Resistencia (kg/cm ²)	210	175	175	175
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	6/3/4"	6/3/4"	7 u 8/ 1/2"	7 u 8/ 1/2"
Slump/asentamiento (pulgadas)	3" @ 4"	3" @ 4"	3" @ 4"	8" @ 10"
Agua (litros*bolsa)	4.0@4.5	4.0@4.5	4.5@5.0	5.3@5.8
MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS TOPEX - INVESTIGACIÓN				
Resistencia (kg/cm ²)	140	175	210	245
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"
Slump/asentamiento (pulgadas)	8 1/2"	8"	7 1/4"	6"
Agua (litros*bolsa)	5.2	4.85	4.41	4.3

Tabla 4

Resistencias a la compresión a 28 días, asentamientos vrs dosis de agua, según la especificación de mezclas secas embolsadas UNICON y resultados de investigación.

MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS UNICON - ESPECIFICACIÓN				
Resistencia (kg/cm ²)	210	175	175	175
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	67/3/4"	67/3/4"	7 u 8/ 1/2"	7 u 8/ 1/2"
Slump/asentamiento (pulgadas)	3" @ 4"	3" @ 4"	3" @ 4"	8" @ 10"
Agua (litros*bolsa)	4.0@4.5	4.0@4.5	4.5@5.0	5.3@5.8

MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS UNICON - INVESTIGACIÓN				
Resistencia (kg/cm ²)	140	175	210	245
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"
Slump/asentamiento (pulgadas)	8"	7 1/2"	7 1/4"	6 1/2"
Agua (litros*bolsa)	5.55	5.25	4.99	4.66

Para el análisis estadístico de muestras menores a 50, se determinó la normalidad de las variables cantidad de agua y resistencia a la compresión del concreto según Shapiro Wilk, resultando en que, tanto para UNICON como TOPEX, es normal. Aplicando el método de regresión lineal, se obtuvo una ecuación lineal, que establece que, a mayor cantidad de agua, menor es la resistencia a la compresión del concreto. La ecuación obtenida permitirá predecir la resistencia a la compresión del concreto en función del agua añadida por bolsa con una confiabilidad del 54 % para UNICON y 62 % para TOPEX.

Conclusiones

- La medición del módulo de finura y su influencia en la demanda de agua se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.012, ASTM C136, norma NTP 339.035 y ASTM C143M, respectivamente. Se determinó que mayor módulo de finura implica menos trabajabilidad y por ende mayor agua.
- Se determinó la trabajabilidad del concreto para las 5 dosis de agua, de 3.5 l/bl. hasta 5.5 l/bl, con el objetivo de hallar una función que permita predecir la trabajabilidad de la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX. La metodología empleada sigue la norma NTP 339.035 y ASTM C143M.
- La ecuación de la trabajabilidad en función de la cantidad de agua para la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX determinó la aplicación del método de regresión lineal. Obteniendo la ecuación (a) para UNICON y la ecuación (b) para TOPEX.
- Se determinó la resistencia del concreto a 3 días, 7 días y 28 días para las 5 dosis de agua, de 3.5 l/bl. hasta 5.5 l/bl, con el objetivo de hallar

una función que permita predecir la resistencia del concreto de la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX. La metodología empleada sigue la norma NTP 339.034 y ASTM C39.

- La ecuación de la resistencia del concreto en función de la cantidad de agua para la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX determinó la aplicación del método de regresión lineal. Obteniendo la ecuación (c) para UNICON y la ecuación (d) para TOPEX.

Referencias bibliográficas

- Arana, M. & Chinchayán, C. (2012). *Estudio de prefabricabilidad para la implementación de una planta procesadora y comercializadora de concreto seco embolsado para la empresa DINO S.R.L.* Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- ASTM C127 (2001). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.*
- ASTM C128 (2003). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate.*
- ASTM C136 (2001). *Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.*
- ASTM C143 (2000). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.*
- ASTM C143M (2003). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.*
- ASTM C29/C29M (2003). *Standard test method for bulk density ("Unit Weight") and voids in aggregate.*
- ASTM C33 (2003). *Standard specification for concrete aggregates.*
- ASTM C39M (2003). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens I.*
- Flores, L. (2017). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable para consumo humano en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca en el año 2014.* UNCP, Huancayo.
- Galarza, M. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control.* Pontificia universidad católica del Perú, Lima.
- Guevara, G.; Hidalgo, C.; Pizarro, M.; Rodríguez, I.; Rojas, L. & Segura, G. (2011). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Revista Tecnología en Marcha.* Vol. 25, N° 2, Costa Rica.
- Morillas, M. & Plasencia, D. (2018). *Características mecánicas de un concreto premezclado en seco "concre-*

- to rápido" $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y su costo comparativo. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Nishihara, J. (2013). *Mezclas secas pre-dosificadas para preparación de concretos estructurales*. Obtenido de http://continental.edu.pe/emprendimiento/wp-content/uploads/2013/08/proyecto23_concreto_estructural.pdf
- NTP 339.034. (2008). *Concreto: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. INDECOPI, Lima.
- NTP 339.035. (2009). *Concreto: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. INDECOPI, Lima.
- NTP 339.088. (2006). *Concreto: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. INDECOPI, Lima.
- NTP 339.114. (2012). *Concreto: Concreto premezclado*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. INACAL, Lima.
- NTP 400.017. (2011). *Agregados: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.021. (2002). *Agregados: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.022. (2013). *Agregados: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.037. (2014). *Agregados: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. INDECOPI, Lima.
- Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología de concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú, Lima.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Capítulo peruano ACI, Lima.
- Rojas, K. (2010). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto seco en condiciones producidas y recomendadas*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Sabino, C. (2002). *El proceso de investigación*. Panapo, Venezuela.