

REVISTA

YACHAYISSN: 2412-2963
e-ISSN: 2520-9051**Envío:** 29 septiembre 2020**Aceptado:** 29 mayo 2021**Autor corresponsal**Carlos Eduardo Baca Uscamayta
caedbacau@gmail.com**DOI:** yachay.v10i01.308**ORCID**

Víctor Chacón Sánchez

<https://orcid.org/0000-0001-6891-6902>**Distribuido bajo**

Creative Commons CC-BY-NC-SA 4.0

CONFLICTO DE INTERESlos autores declaran no tener ninguna
conflevo de interes**OPEN ACCESS**

Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas Sikacem®-1 Fiber

Carlos Eduardo Baca Uscamayta¹, Luís Fernando Vela Cáceres¹, Víctor Chacón Sánchez²¹ Universidad Andina del Cusco, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Cusco, Perú.² Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Cusco, Perú.**RESUMEN**

En la investigación se propuso desarrollar un concreto autocompactante mediante la metodología del ACI 237R-07 re-aprobada el 2019, con materiales encontrados en el medio y aditivo reductor de agua de alto rango de base policarboxilato Eucoplast 8500HP adicionando Fibras Sintéticas SikaCem®-1 Fiber, buscando mejorar las propiedades mecánicas del concreto autocompactante. La investigación presenta un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, haciendo uso del método hipotético-deductivo y se presenta un diseño cuasi-experimental pudiendo así verificar las hipótesis planteadas. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia donde la muestra es igual a la población, siendo un total de 90 especímenes. Se cumplieron las características de capacidad de paso, capacidad de relleno y resistencia a la segregación propios de este tipo de concreto, cumpliéndose las Directrices para el Hormigón Autocompactante 2006 y del ACI 237R-07. De acuerdo a la evaluación de las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, la adición de las Fibras Sintéticas SikaCem®-1 Fiber mejoran levemente las propiedades mecánicas hasta en un 4.54% el peso unitario, en un 11.39% la resistencia a la compresión, un 12.47% el módulo de rotura y hasta en un 12.08% el módulo de elasticidad. Concluyendo que el uso de la Fibra Sintética en el Concreto Autocompactante es favorable.

Palabras clave: Concreto Autocompactante, Fibra Sintética, Propiedades mecánicas.

Self esteem in nursing students: Case of the Universidad Andina del Cusco

ABSTRACT

The research proposes to develop a self-compacting concrete using the ACI 237R-07 methodology re-approved in 2019, with materials that are found in the city and a high-range water reducing additive based on polycarboxylate Eucoplast 8500HP adding SikaCem®-1 Fiber Synthetic Fibers, seeking in this way to enhance the mechanical properties of self-compacting concrete. The research presents a quantitative approach, in a descriptive level, making use of the hypothetical-deductive method and a quasi-experimental design is presented, thus being able to verify the hypotheses proposed. A non-probabilistic convenience sampling was carried out where the sample is equal to the population, with a total of 90 specimens. The characteristics of passing ability, filling ability and stability that are typical of this type of concrete were met, complying with The Guidelines for Self-Compacting Concrete (2006) and ACI 237R-07. According to the evaluation of the mechanical properties of self-compacting concrete, the addition of SikaCem®-1 Fiber Synthetic Fibers slightly improve mechanical properties up to 4.54% the unit weight, up to 11.39% the compressive strength, up to 12.47% the flexural strength and up to 12.08% the elastic modulus. Concluding that the use of Synthetic Fiber in Self-compacting Concrete is favorable.

Key words: Self-compacting Concrete, Synthetic Fiber, Mechanical Properties.

INTRODUCCION

Durante procesos constructivos tradicionales al momento de vaciados se tiene el uso de equipos, herramientas y métodos para la vibración del concreto, uno de los problemas que suelen suceder durante el vaciado es el exceso de vibración que genera la separación de la mezcla de concreto, desde otro punto de vista, un alto grado de refuerzo de armaduras que sucede en algunos elementos estructurales hace que el concreto no logre rellenar todos los espacios dentro del encofrado, produciendo así espacios vacíos dentro de estos elementos.

El Concreto Autocompactante (CAC) es un tipo innovador de concreto que no requiere vibración alguna para su colocación y compactación. El concreto autocompactante fluye por su propio peso, ocupando completamente la forma del encofrado y alcanza una plena compactación, aún en presencia de una alta densidad de armaduras. Este concreto endurecido es denso, homogéneo y tiene las mismas propiedades estructurales y una vida útil igual a la del hormigón convencional compactado por vibración. (BIBM, CEMBUREAU, EFCA, EFNARC, ERMCO, 2005)

De esta forma, el Concreto Autocompactante surge como una buena alternativa, además una ventaja importante del desarrollo de esta tecnología es la reducción del personal necesario para el trabajo de vaciados de concreto, vibrado e incluso también acabados, de esta forma puede en muchos casos favorecer el avance de proyectos que por motivos de fuerza mayor necesiten reducir el aforo en estos o no se permita la aglomeración de personal y así prevenir los contagios durante una pandemia, haciendo que sea una alternativa viable respecto al uso del concreto convencional.

Por otra parte, la posibilidad de generarse fisuras y agrietamientos en elementos de concreto se da inicialmente durante los procesos de fraguado y endurecimiento del concreto debido a que se presentan ciertas tensiones por la contracción térmica que sucede, y durante el paso del tiempo debido al uso. Las fibras sintéticas se presentan como una opción viable a este problema.

En tal sentido, el objetivo de la presente investigación fue evaluar las propiedades mecánicas del concreto autocompactante (CAC) adicionando fibras sintéticas, ya que estas propiedades son indispensables para el diseño de estructuras, asegurando de esta forma la calidad del concreto.

MATERIAL Y METODO

Se utilizó cemento marca Yura Tipo IP (Cemento Portland Puzolánico) (NTP 334.090 – ASTM C 595), aditivo reductor de agua de alto rango tipo F Eucoplast 8500 HP (NTP 334.088 – ASTM C 494), adición de Fibras Sintéticas SikaCem®-1 Fiber (ASTM C 1611) y uso de agua proveniente de la red pública provista por la EPS Seda Cusco.

Se utilizó agregado grueso de la cantera de Vicho y una combinación

de agregado fino de las canteras de Vicho y Cunyac (Vicho 30% y Cunyac 70%), las propiedades de los agregados se muestran a continuación en la tabla 1.

Tabla 1:

Tabla Resumen de las propiedades de los agregados de las canteras de Vicho y Cunyac

Propiedades	Agregado Fino	Agregado Grueso	
Perfil	-	Angular	
Módulo de Finura	2.52	7.47	
Tamaño Máximo Nominal	-	1/2	Pulg.
Peso Especifico	2576	2480	Kg/m ³
Peso Unitario Suelto	1609.48	1403.03	Kg/m ³
Peso Unitario Compacto	1714.88	1533.69	Kg/m ³
Porcentaje de Absorción	1.82	2.03	%
Porcentaje de desgaste por abrasión de los ángeles	-	21.17	%

Fuente: (Baca Uscamayta & Vela Cáceres, 2020)

Se diseñaron siete mezclas de prueba diferentes utilizándose la metodología del ACI 237R-07 (ACI 237R-07, 2019) con el fin de obtener las características en estado fresco buscadas del concreto autocompactante, combinando una relación de A/C (0.445), tres porcentajes de aditivo por peso de cemento (2%, 0.825% y 0.5%) y dos tamaños máximos nominales de Agregado (3/4" y 1/2").

Las características principales del concreto autocompactante evaluadas en estado fresco fueron: capacidad de paso, capacidad de relleno y resistencia a la segregación (ACI 237R-07 - Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante: Especificaciones).

Para la elaboración de especímenes se desarrolló un concreto autocompactante patrón, un concreto autocompactante con adición de 100 gr. de fibra sintética por bolsa de cemento y un concreto autocompactante con adición de 200 gr. de fibra sintética por bolsa de cemento. Se elaboraron 15 probetas cilíndricas por cada tipo de concreto con dimensiones de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura obteniendo un total de 45 probetas y 15 viguetas por cada tipo de concreto con dimensiones de 15 cm de ancho y alto y 50 cm de largo obteniendo un total de 45 viguetas. La elaboración de los especímenes de concreto fue sin ningún método de vibración (ASTM C1758-15). En estado endurecido el proceso de curado fue por sumersión durante 28 días (NTP 339.183:2013).

Para los especímenes cilíndricos se midió la resistencia a la compresión axial (NTP 339.034) a los 7 y 28 días de curado y se determinó el peso unitario del concreto (NTP 339.046), para las viguetas se realizó la resistencia a la flexión con cargas a los dos tercios (NTP 339.078) a los 7 y 28 días de curado y el módulo de elasticidad fue calculado de acuerdo al ACI 237R-07 y la norma

E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para el análisis de datos se hizo uso de la estadística descriptiva.

RESULTADOS

Para la dosificación de la mezcla, se siguieron las pautas y pasos indicados en el ACI237R-07 con el fin de obtener las características de autocompactabilidad, estas cumplieron con los parámetros de dicha metodología como se muestra en la tabla 2. Se tuvo una relación A/C de 0.445, con 465 kg/m³ de cemento, relación entre el agregado fino y grueso fue de 1.06 (en masa), uso de 0.5% de aditivo por peso de cemento y agregado grueso de TMN de 1/2".

Tabla 2:

Resumen de los Parámetros para el proporcionamiento de mezclas de Concreto Autocompactante de acuerdo al ACI 237R-07

Resumen de los Parámetros para el proporcionamiento de mezclas de Concreto Autocompactante		Resultados
Volumen absoluto de agregado grueso	28 - 32 % (> 1/2" tamaño máximo nominal 12 mm)	29.68%
Fracción de pasta	34 - 40 % (volumen)	29.68%
Fracción de mortero	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)	70.32%
Relación típica	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)	0.445
Contenido de material cementicio Kg/m ³	0,32 - 0,45 (contenido menor usar agentes modificadores de viscosidad)	0.445

La figura 1 nos muestra los resultados de las pruebas de índice de estabilidad visual y flujo de revenimiento con las que se determinó la mezcla que producía las características de autocompactabilidad deseadas



Figura 1: Consistencia y cohesividad de las mezclas de prueba de menos estable a estable (izquierda a derecha)

Para las pruebas en fresco, en la tabla 3 se muestran los resultados de la mezcla de prueba elegida con las características de autocompactabilidad deseadas, donde se cumplen los parámetros del ACI y de las Directrices Europeas Para El Concreto Autocompactante.

Para el concreto autocompactante en estado endurecido, se muestran los resultados obtenidos a 28 días de curado de las principales propiedades mecánicas evaluadas

Tabla 3:

Resumen de los resultados obtenidos de Concreto Autocompactante en estado fresco

Propiedades	Resultado	Normatividad			Uni
		ENFNARC-2006		ACI 237R-07	
		Limites	Clasificación		
Flujo de asentamiento	656,3	$\geq 640\text{mm}; \leq 800\text{mm}$	SF 2	$\geq 450\text{mm}; \leq 760\text{mm}$	cm.
T50	3,03			2-5	seg.
Índice de estabilidad visual	0			0-1	-
Embudo V	15,7	$\geq 7\text{ s}; \leq 27\text{ s}$	VS2/VF2		seg.
Caja en L	0,82	$\geq 0,75$	PA2	$\geq 0,8$	
T200 MM	3,18				seg.
T400 MM	5,72				seg.
Resistencia a la segregación	10,07	≤ 18	SR		%

Tabla 4:

Resumen de las propiedades mecánicas evaluadas

	PESO UNITARIO (kg/m ³)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/m ²)	MODULO DE ROTURA (kg/m ²)	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/m ²)
Concreto Autocompactante Patrón	2288	271,3	57,6	253996
Concreto Autocompactante adicionando 100 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento	2301,9	289,3	61,2	262958,1
Concreto Autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento	2391,9	302,2	64,8	284670,7

El peso unitario del concreto patrón es igual a 2288.0 kg/m³ y a mayor porcentaje de adición de fibra sintética el peso unitario va aumentando, hasta llegar a una magnitud de 2391.9 kg/m³, por lo que se interpreta que mantiene una ligera tendencia a aumentar la magnitud de su peso unitario a medida que existe mayor adición de fibra sintética.

En la figura 2 se muestra la evolución de la resistencia a la compresión, se observa que el concreto que obtuvo una mayor resistencia a la compresión fue al que se le adiciono con 200 gr. de fibra sintética por bolsa de cemento, con un valor promedio de 302.2 Kg/cm², con desviación estándar (σ) de 11.7 Kg/cm². El concreto autocompactante con 200 gr. de fibra sintética por bolsa de cemento, obtuvo un valor promedio de 289.3 Kg/cm², con desviación estándar (σ) de 6.8 Kg/cm²

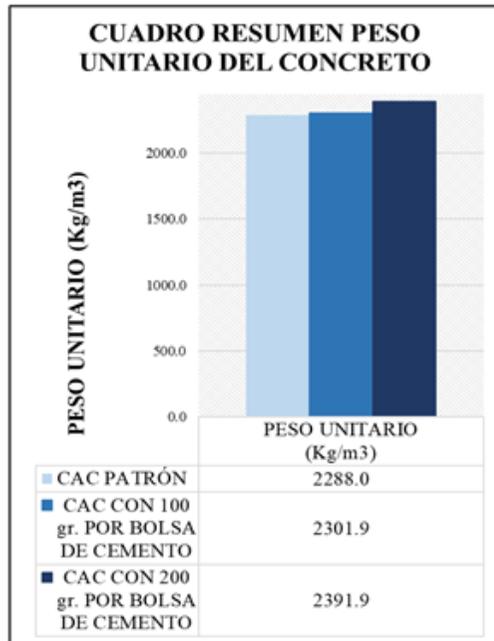


Figura 2: Gráfico Comparativo de la resistencia a la compresión de CAC

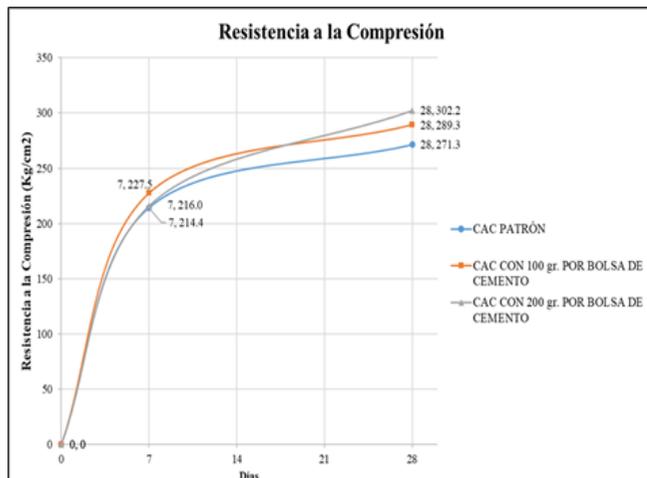


Figura 3: Comparación del Desarrollo de la resistencia a la compresión de CAC

Se muestran las curvas de desarrollo de la resistencia a la flexión donde se observa de igual manera que la resistencia a la compresión un aumento en la magnitud debido a la adición de la fibra sintética, con una adición de fibra sintética de 100 gr. de fibra sintética por bolsa de cemento se obtuvo un valor de 61.2 Kg/cm², pero con una adición de 200 gr. de fibra sintética por bolsa de cemento se observó el mayor valor, ya que se obtuvo 64.8 Kg/cm²

El desarrollo del módulo de elasticidad del concreto autocompactante fue calculado en función de la resistencia a la compresión, donde se observó que la mayor mejora fue mediante la adición de 200 gr. de

fibra sintética obteniéndose un valor de 284670.7 kg/cm², para la adición de 100 gr. de fibra sintética se obtuvo un valor de 262958.1 Kg/cm², mientras que el menor valor fue del concreto patrón sólo con 253996.0 Kg/cm²

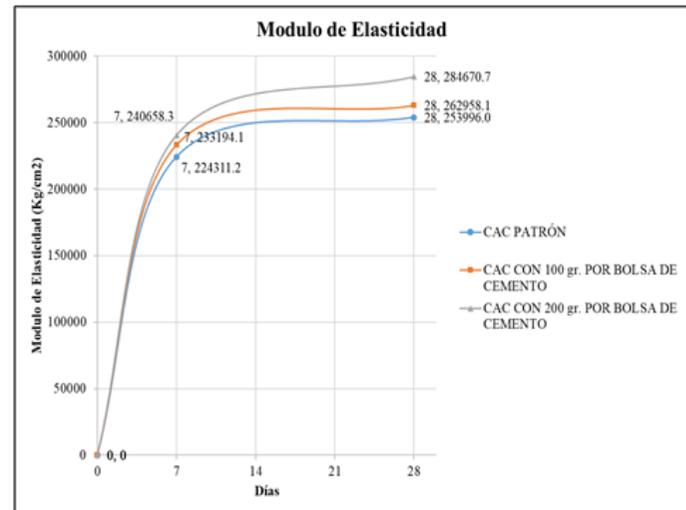


Figura 5: Comparación del Desarrollo del módulo de elasticidad del CAC

Las gráficas de esfuerzo-deformación a los 28 días de curado de los diferentes tipos de concreto presentan una línea ascendente lineal, presentando un comportamiento elástico.

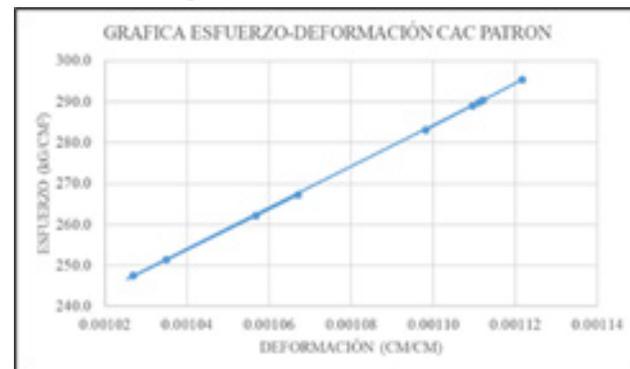




Figura 6: Gráficos Esfuerzo-Deformación de los diferentes tipos de concreto

DISCUSIÓN

La presente investigación buscó innovar mediante el uso de la metodología del ACI 237R-07 para el desarrollo de Concreto autocompactante haciendo uso de materiales locales, adicionando fibras sintéticas, cuidando la calidad del concreto para su obtención y posterior evaluación de sus propiedades mecánicas, fomentando así el desarrollo de la metodología.

De acuerdo a (ACI 237R-07, 2019) los materiales locales pueden tener un efecto considerable en la proporción del concreto autocompactante. Por lo que las características de este concreto difieren de una zona a otra.

Respecto a la dosificación y propiedades en estado fresco, se cumplieron con las normativas vigentes tanto de manera nacional como internacionalmente, asegurando así que los agregados cumplan con las características indicadas en las normas para un desarrollo óptimo, se concuerda con el proceso de desarrollo de la dosificación encontrado en (Pop, 2014) donde se desarrollaron 10 tipos de mezcla de concreto autocompactante, utilizando en uno de ellos 540 Kg/m³ de material fino menor a 0.125 mm, 880 Kg/m³ de agregado fino, 749 Kg/m³ de agregado grueso, 180 Lt/m³ de agua y 6.7 Kg/m³ de aditivo Sp Glenium Sky500, obteniendo valores en fresco de 670 mm de flujo de revenimiento, 17 segundos de embudo V, 0.82 de caja en L y 10.3% de resistencia a la segregación, obteniéndose un valor de 534.33 Kg/cm² de resistencia a la compresión.

El efecto de la adición de fibra sintética al concreto autocompactante en sus propiedades mecánicas se dio de la siguiente manera: La adición de 100 gramos de Fibra Sintética Sikacem-1 Fiber por bolsa de cemento se generaron las siguientes mejoras, en el peso volumétrico de 0.61%, en la resistencia a la compresión de 6.61%, en el módulo de rotura de 6.27% y el módulo de elasticidad de 3.53%. Mientras que con la adición de 200 gramos de Fibra Sintética Sikacem-1 Fiber por bolsa de cemento generó las siguientes mejoras, en el peso volumétrico de 4.54%, en la resistencia a la compresión de 11.39%, en el módulo de rotura de 12.47% y el módulo de elasticidad de 12.08%.

Respecto a la resistencia a la compresión y flexión se concuerda con la investigación realizada por (Chillón Quispe, 2018) donde se presenta una mejora de 8.77% en la resistencia a la compresión respecto a la adición de 2 Kg/m³ de fibra sintética de forma alargada obteniendo 316.26 kg/cm² y la resistencia a la flexión mejora 7% respecto a la adición de 2 Kg/m³ de fibra sintética de forma alargada obteniendo 60.51 kg/cm². En cuanto al módulo de elasticidad desarrollado este presenta una mayor mejora respecto a (ABAD GONZÁLEZ & ROMERO LOYOLA, 2016) donde la adición de fibra sintética de tipo alargada de 2.25 Kg/m³ presenta una mejora de 2.7%

¿Por qué se desarrolló la dosificación de la mezcla para la obtención de CAC mediante la metodología del ACI 237R-07?

El American Concrete Institute (ACI) es un organismo de los Estados Unidos de América, que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas respecto al Concreto, siendo sus estándares ampliamente utilizados para el desarrollo del concreto, se buscó innovar aplicando la metodología del ACI 237R-07 reprobada en el 2019 para el desarrollo del diseño de mezcla de concreto autocompactante con materiales locales, logrando así alcanzar las características exigidas por las normativas utilizadas.

¿Por qué se eligió el uso de 100 gr. y 200 gr. de fibra sintética SikaCem®-1 Fiber para el desarrollo de la investigación?

De acuerdo a la ficha técnica del producto SikaCem®-1 Fiber el valor recomendado es de una bolsa de 100 gr por cada bolsa de cemento para todo tipo de concreto, es así que se duplicó la dosis para intentar obtener mejores resultados en las características mecánicas.

¿Por qué se utilizó solo cemento como material fino menor a 0.125 mm.?

De acuerdo al ACI237R-07 se eligió el desarrollo de concreto autocompactante mediante el uso de un alto contenido de finos y aditivo reductor de agua de alto rango. Los finos menores a 0.125 mm. se pueden encontrar en cemento, cenizas volantes, escoria granular de alto horno, finos de piedra caliza u otro filler no cementante, siendo un inicio para el desarrollo de la metodología del ACI 237R-07 con materiales del medio mediante el uso de cemento sin la combinación con otros materiales menores a 0.125mm.

CONCLUSIONES

Como se observó en los resultados fue posible el desarrollo de concreto autocompactante mediante la metodología del ACI237R-07 con materiales encontrados en el medio y que el concreto autocompactante con adición de 100gr y 200gr de fibra sintética Sikacem-1 Fiber por bolsa de cemento respecto al concreto autocompactante patrón presenta una ligera mejora en las propiedades mecánicas, siendo de beneficio para su aplicación y desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad González, J. A., & Romero Loyola, J. M. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de concretos autocompactantes de altas prestaciones con la inclusión de fibras plásticas normalizadas y recicladas. Tesis (Para optar título de Ingeniero Civil) Cuenca: Universidad de Cuenca.
- ACI 214R-11. (2011). ACI 214R-11 Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete. Michigan: American Concrete Institute.
- ACI 237R-07. (2019). ACI 237R-07 Self-Consolidating Concrete reported by ACI Comitee 237. Michigan: American Concrete Institute.
- ASTM C1611/1611M. (2014). Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. Pensilvania: ASTM International.
- Baca Uscamayta, C., & Vela Cáceres, Luis Fernando. (2020). "Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas Sikacem®-1 Fiber – Cusco 2019". Tesis (Para optar Título de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- BIBM, CEMBUREAU, EFCA, EFNARC, ERMCO. (2006). The European Guidelines for Self-Compacting Concrete - Specification, Production and Use.
- Cegarra Sánchez, J. (2011). Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Chillón Quispe, S. N. (2018). "Influencia de la fibra sintética (Sika® Fiber Force pp-48) en el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con $f'c=280$ kg/cm²". Tesis (Para optar Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Correia Gomez, P., & Rodrigues de Barros, A. (2009). Metodos de Dosagem de Concreto Autoadensável. São Paulo: PINI Ltda.
- Daczko, J. (2012). Self-Consolidating Concrete: Applying What We Know. Abingdon: Spon Press.
- de Araújo Calado, C., Camões, A., Jalali, S., & Barkokebas Júnior, B. (2015). Concreto Auto-Adensável (CAA), Mais do que Alternativa ao Concreto Convencional (CC). Recife: Editora da Universidade de Pernambuco.
- E.060. (2009). Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto armado. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Gonzalez, F. (2004). Manual de Supervisión de Obras de Concreto - 2b. México DF: Editorial Limusa.
- Harmsen, T. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. Mexico DF: McGraw-Hill Education.
- QSI Perú S.A. (2019). Eucoplast 8500 HP®. Lima: QSI Perú S.A.
- León Parra, L., & Eguez Álava, H. (2009). Diseño de Mezclas para Hormigón Autocompactante. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- NTP 339.034. (2008). Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: Indecopi.
- NTP 339.078. (2012). Concreto. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima: Indecopi.
- Pop, I. (2014). Bond between Self-Compacting Concrete and Reinforcement. Tesis (Para optar Título de Doctor en Ingeniería Civil) Gent: Ghent University.
- Rivva López, E. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima: Capitulo Peruano ACI.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bogotá: Bhandar Editores Ltda.
- SIKA®. (2019). SikaCem®-1 Fiber. Lima: SIKA®.
- Tutikian, B. F., & Dal Molin, D. C. (2008). Concreto Auto-Adensável. São Paulo: Editora PINI Ltda.
- Vargas Salazar, R., & Sciaraffia Pérez, R. (2006). Diseño y evaluación de hormigones autocompactantes. Revista Ingeniería de Construcción, 57-100.
- Vergara, F. (2013). Cemento y sus especificaciones en las normas ASTM. Mente & Materia, 6-7.
- Vilanova, Á., J. F., & Agranati, G. (2010). Evaluación de los modelos ACI-08, Eurocodigo 2 y EHE-08, para estimar las propiedades mecánicas del hormigón autocompactable. Informes de la Construcción, 43-55.
- Walraven, J. (2003). Structural aspects of self-compacting concrete. Proceedings of 3rd RILEM International Symposium on Self Compacting Concrete, 15-22.