

# COMPORTAMIENTO MECÁNICO A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE POLIPROPILENO DE ALTA RESISTENCIA PARA MEZCLAS DE HORMIGÓN H-21

## MECHANICAL COMPRESSIVE BEHAVIOR OF CONCRETE WITH ADDITION OF HIGH STRENGTH POLYPROPYLENE FOR H-21 CONCRETE MIXTURES

GUERRERO FIGUEROA, F. A., ROCHA ARGOTE, F.

### RESUMEN

**E**l cemento Portland ha sido un elemento fundamental en Bolivia durante más de 80 años en la construcción de viviendas e infraestructuras viales. La ingeniería de materiales de construcción está en constante búsqueda de mejoras y soluciones para optimizar el rendimiento de los materiales de construcción. En este contexto, una de las áreas de interés reside en la incorporación de fibras de polipropileno al hormigón para reducir su peso sin comprometer su resistencia y calidad. Este estudio se enfoca en evaluar la influencia de la adición de fibras de polipropileno al hormigón, analizando su comportamiento y sus propiedades mecánicas. El objetivo principal es establecer las cantidades y concentraciones óptimas de fibras de polipropileno para reforzar el hormigón. Esto proporciona una guía valiosa tanto para estudiantes como para profesionales interesados en el tema, ya que podría representar un avance significativo en la construcción en Bolivia.

### PALABRAS CLAVE

Compresión,  
Polipropileno de Alta Resistencia,  
Hormigón H-21.

### ABSTRACT

**T**he that the temperatures of the Pacific Ocean are fundamental control patterns to determine the severity of occurrence of the phenomenon in which it was determined that when the temperatures of the Pacific Ocean are low the phenomenon is called Niño and when the temperatures of the ocean Pacific are high is called Niña. It is important for the country to determine and monitor these occurrence phenomena since these are always accompanied by floods and droughts in different parts of Bolivia, causing serious damage to society and large economic losses. As mentioned above, the planet is a complex thermal machine which relates temperature and pressure, which determines the movement of clouds and different meteorological phenomena. In this sense, it is intended to analyze the surrounding pressures of the South Pacific Ocean by locating two reference points such as They are the Sydney weather station, Australia, and the Arica weather station, Chile. The analysis of a short series of the 2022 management was carried out to determine if there are similarities between the rule pressures in these meteorological stations, which showed that in the girl phenomenon recorded in 2022 they were inversely, which implies that with larger series it can be determine more broadly the occurrence of these phenomena in order to take preventive mitigation measures against these climate variability phenomena.

### KEYWORDS

Compression,  
High Resistance Polypropylene,  
H-21 Concrete.

## INTRODUCCIÓN

En más de 80 años de la historia de Bolivia el uso del cemento Portland se ha convertido en un producto esencial para la construcción de viviendas y de infraestructuras viales en general. Al tratarse de un material aglutinante y combinándose con otros disolventes (agua), además de los áridos (grava y arena), se ha calificado al hormigón como un material ligado sólidamente al desarrollo nacional y a la mejora en la calidad de la infraestructura de las construcciones.

La ingeniería de materiales de construcción es una disciplina que va día a día en una constante búsqueda de mejores alternativas y soluciones a las necesidades del mercado. Sin embargo, es evidente que son más frecuentes los defectos del mezclado y acabados superficiales, por lo que se incorporara el material de polipropileno con el fin de reducir el peso del hormigón sin verse afectadas su resistencia o su calidad. (Mendoza, 2011).

En la actualidad, la mayoría de los constructores utilizan fibras como un sistema de refuerzo en el hormigón sin conocer sus características y propiedades, y peor aún, sin utilizar un criterio técnico que permita evaluar la calidad del hormigón fibro-reforzado, limitándose a utilizar cantidades mínimas de fibras o las recomendadas por los fabricantes.

El polipropileno es un polímero de alta resistencia que se obtiene del reciclado de plástico fundido a altas temperaturas al que, en su proceso de fundición, se agrega una serie de aditivos para darle una mayor resistencia. Este material es plástico común que se puede encontrar en diferentes implementos u objetos de uso del día a día.

Se estudiará la fluencia de la adición de fibras de polipropileno en el hormigón, permitiéndolo analizar su real comportamiento, el mismo que ayudará a evaluar sus propiedades mecánicas, estableciendo cantidades y concentraciones óptimas de fibras para su refuerzo en el hormigón.

El uso de fibras de polipropileno en el hormigón tiene su origen en la década de 1960, cuando se buscaban materiales para reforzar y mejorar las propiedades del hormigón.

Las fibras de polipropileno se comenzaron a utilizar como un aditivo para mejorar la durabilidad y la resistencia del hormigón y para controlar la formación de grietas.

Desde entonces se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre el uso de fibras de polipropileno en el hormigón y se ha demostrado que estos materiales pueden mejorar la resistencia a la tracción, la resistencia a la fatiga, la durabilidad y la resistencia a la abrasión del hormigón.

También se ha encontrado que las fibras de polipropileno pueden reducir la formación de grietas y mejorar la resistencia al agrietamiento por contracción. En la actualidad, el uso de fibras de polipropileno es común en la construcción de pavimentos, suelos industriales, elementos prefabricados, túneles y otras estructuras de hormigón.

En Bolivia, el uso de fibras de polipropileno en el hormigón es relativamente nuevo, pero se ha ido implementando en diferentes proyectos de construcción.

Se comparó el comportamiento mecánico a compresión en el diseño de mezclas de hormigón H21 convencional con hormigón con adición de polipropileno de alta resistencia.

## MÉTODOS Y MATERIALES

Se determinaron las características de los materiales que conforman el hormigón, tanto como su agregado fino y agregado grueso, canto rodado con tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$  in, procedente del Río Villa Tunari.

Los ensayos fueron realizados según la norma ASTM (Asociación Americana de Materiales) y AASHTO (Asociación Estadounidense de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte).

### Agregado fino

Contenido total de humedad evaporable del agregado por secado (ASTM C566).  
Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (ASTM C 117).  
Equivalente de arena (ASTM D2419).  
Densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en agregados finos (ASTM C 128).  
Densidad aparente del agregado fino (ASTM C 29).

### Agregado grueso

Contenido total de agua del árido grueso por secado (ASTM C 566).  
Granulometría para agregados grueso conforme a la normativa ASTM C136.  
Determinación de la densidad aparente de árido grueso (ASTM C 29).  
Resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131).

### Cemento

Se utilizó cemento FANCESA IP-30  
Peso específico del cemento (ASTM C188).  
Tiempo de fraguado del cemento hidráulico método del aparato de vicat (ASTM C 191).  
Consistencia normal del cemento (ASTM C 187).

### Hormigón

Dosificación.  
Dosificación para hormigón Patrón.  
Dosificación para hormigón con adición polipropileno, PP.  
Elaboración y Confección de probetas de ensayo.  
Docilidad mediante al cono de Abrams (ASTM C143).  
Elaboración y curado de muestras de hormigón para ensayos de compresión (ASTM 192).  
Ensayo a la compresión de probetas cilíndricas (ASTM C39).

## RESULTADOS

La figura 1, muestra la curva granulométrica del agregado fino elaborada en base a los datos de laboratorio.

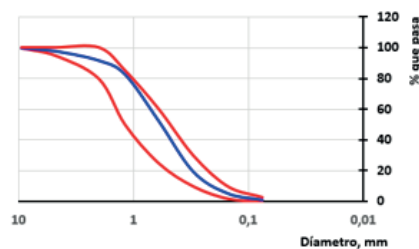


Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino

Los valores determinados para los agregados finos fueron:

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 2,48 %  
 Equivalente de arena 85,30 %  
 Densidad Neta 2638,53 Kg/m<sup>3</sup>  
 Densidad Real Seca 2571,65 kg/m<sup>3</sup>  
 Densidad Real Saturada superficialmente seca 2597,00 Kg/m<sup>3</sup>  
 Absorción del agua 0,99 %

Peso unitario suelto 1,641 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso unitario compactado 1,764 gr/cm<sup>3</sup>

La figura 2, expone la curva granulométrica del agregado grueso elaborada en base a los datos de laboratorio.

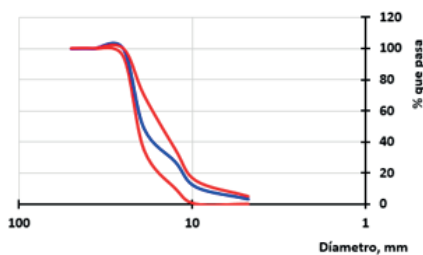


Figura 2. Curva granulométrica del agregado grueso

Los valores determinados para los agregados grueso fueron:

Densidad Neta 2686,73 Kg/m<sup>3</sup>  
 Densidad Real Seca 2593,81 kg/m<sup>3</sup>  
 Densidad Real Saturada superficialmente seca 2628,39 Kg/m<sup>3</sup>  
 Absorción del agua 1,33%

Peso unitario suelto 1,619 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso unitario compactado 1,671 gr/cm<sup>3</sup>

Desgaste mediante la máquina de los ángeles 28,81 %.

El cemento FANCESA IP-30 presentó una finura 88,55 % y una humedad de la pasta de 25,10 %. A 170 minutos presentó una penetración de 25 mm.

Tabla 1. Dosificación final de hormigón patrón H21

Material	Volúmenes absolutos (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	385,00
Agua	202,46
Agregado grueso	1090,5
Agregado fino	700,00

Utilizando el método de tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración ASTM C403, se determinó la diferencia de tiempo de fraguado entre los distintos porcentajes de adición, comparando con el hormigón patrón, que se muestra en la figura 3.

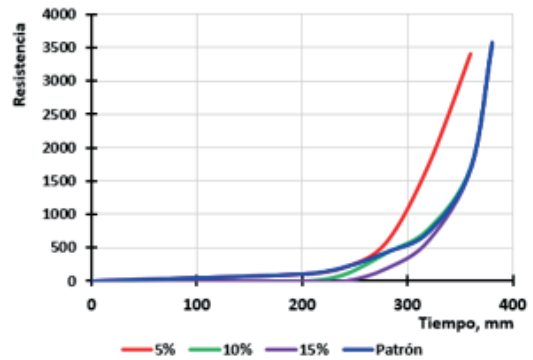


Figura 3. Curva de tiempo de fraguado hormigón patrón y con adición de 5, 10 y 15 % de polipropileno

Tabla 2. Dosificación para mezcla de hormigón con polipropileno

Material	Patrón H-21	5 %	10 %	15 %
Cemento	385,00	385,00	385,00	385,00
Agua	202,46	202,46	202,46	202,46
A g r e g a d o grueso	1090,5	1090,5	1090,5	1090,5
Agregado fino	700,00	665	630	595
Polipropileno	--	35	70	105

La docilidad del hormigón fresco con la adición de polipropileno, que se reporta en la tabla 3, se determinó mediante el asentamiento que experimentó en el cono de Abrams.

Tabla 3. Asentamientos en las distintas dosificaciones

Tipo de Hormigón	Asentamiento, cm
Hormigón H-21 Patrón	8,0
Hormigón H-21 con 5% de PP	8,3
Hormigón H-21 con 10% de PP	8,5
Hormigón H-21 con 15% de PP	9,0

La rotura por compresión de probetas cilíndricas curadas de acuerdo con la norma (ASTM C 39), se realizó colocándolas en una prensa y ejerciéndose presión hasta romperlas. Los resultados de la ruptura a los 7, 14 21 y 28 días para el hormigón patrón y las distintas dosificaciones con polipropileno se presentan en la figura 4.

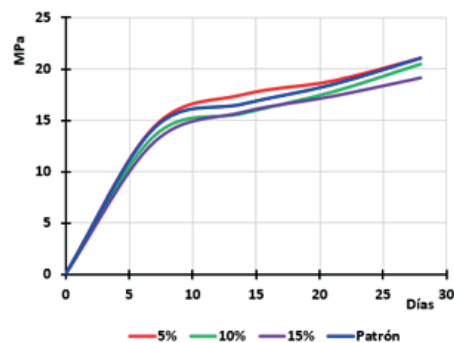


Figura 4. Curva de resistencia a la compresión del hormigón patrón y con adición de 5, 10 y 15 % de polipropileno

La disminución de pesos unitarios entre los diferentes porcentajes de adición de polipropileno en mezclas de hormigón patrón se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Peso unitario del hormigón patrón y las diferentes dosificaciones con polipropileno

Tipo de Hormigón	Peso unitario, kg/m <sup>3</sup>
Hormigón H-21 Patrón	2380,00
Hormigón H-21 con 5% de PP	2316,71
Hormigón H-21 con 10% de PP	2283,14
Hormigón H-21 con 15% de PP	2173.86

## CONCLUSIONES

Se concluyó que los porcentajes de adición de polipropileno mediante los ensayos previamente mencionados fueron de 5, 10 y 15 %. Reemplazando dichos porcentajes por el agregado fino en el ensayo de Método para Determinación de la Consistencia del cemento: al 5% se usaron 25 gr de polipropileno, 475 gr de cemento y 135 gr de agua, obteniéndose una lectura de penetración de 9 mm, que está dentro de los parámetros de resultados de la norma que especifican  $10 \pm 1$  mm; al 10% se usaron 50 gr de polipropileno, 400 gr de cemento y 130 gr de agua, obteniéndose una lectura de penetración de 10 mm, que está dentro de los parámetros de resultados de la norma que especifican  $10 \pm 1$  mm; al 15% se usaron 75 gr de polipropileno,

425 gr de cemento y 125 gr de agua, obteniéndose una lectura de penetración de 9 mm, que está dentro de los parámetros de resultados de la norma que especifican  $10 \pm 1$  mm.

Los resultados de ensayos de rotura de probetas a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de curado, tanto en hormigones patrón como en hormigones con polipropileno, se observó que fue mínima la mejora en la resistencia a la compresión al 5% de adición, ya que la resistencia fue de 21.083 MPa para el hormigón patrón y 21.095 MPa para el hormigón con polipropileno.

No se evidenció una mejora en la resistencia a la compresión al 10 % de adición, ya que la resistencia fue de 21.083 MPa para el hormigón patrón y 20,465 MPa para el hormigón con polipropileno, siendo un 2,9 % inferior a la diseñada mientras que en la mezcla de hormigón con 15 % de adición de polipropileno se obtuvo una resistencia 19,135 Mpa, siendo un 9,24% inferior a la diseñada.

Se concluye, entonces, que el polipropileno no es efectivo en mejorar la resistencia a la compresión. Sin embargo, se evidenció una reducción en el peso volumétrico de hormigón patrón del 2380 kg/m<sup>3</sup>, al 5% de adición se obtuvo reducción del 2,64 % inferior, al 10 % de adición 5,94 % inferior y al 15 % de adición 8,65 %, siendo este el de mayor disminución.

## REFERENCIAS

- ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS. (2011). MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES DE HORMIGÓN (VOL. VII). BOLIVIA.  
MENDOZA, C. J. (2011). INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO. MÉXICO.  
NORMAS AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

CITA

