

INFLUENCIA DEL GRAFITO EN EL HORMIGÓN DE RESISTENCIA MECÁNICA TIPO H-21 Y H-25 DE ACUERDO A LA NORMA ACI 211.1

INFLUENCE OF GRAPHITE ON MECHANICAL RESISTANCE CONCRETE TYPE H-21 AND H-25 ACCORDING TO THE ACI 211.1 STANDARD

TERCEROS GUTIÉRREZ, R. J., ROCHA ARGOTE, F.

RESUMEN

Se evaluó mediante un estudio experimental la influencia del grafito al ser incorporada a una mezcla de concreto. El grafito es un mineral que permite al cemento llegar a altas resistencias, sólido de diferentes % de pureza. Con el fin de proponer un concreto amigable con el medio ambiente y utilizar un material abundante en Bolivia que evalúe el comportamiento mecánico del concreto mediante la adición de grafito. Se presentan diferentes mezclas de concreto con una resistencia esperada de 210 kg/cm³ y 250 kg/cm³ con agregados obtenidos de Yapacaní, y arena del río Pirai zona La Guardia y cemento portland IP30, se le agrega polvo de grafito con diferentes porcentajes, 1, 2 y 3 % con respecto al total peso de la dosis estándar de cemento, estos porcentajes se evalúan con diferentes % que se incorporan al cemento. Para la mezcla patrón se fabrican probetas prismáticas y cilíndricas y sin cambiar los componentes iniciales del hormigón patrón se incorporan las diferentes dosis de grafito, en total se fabrican 96 probetas prismáticas y 240 cilíndricas, estas probetas están distribuidas por edades de 7, 14 y 28 días, esto con el fin de que los resultados obtenidos sean representativos. Los resultados obtenidos de los ensayos se someten a un análisis técnico comparativo entre las mezclas experimentales con respecto a la mezcla patrón. Se concluye que al adicionar polvo de grafito se obtiene un aumento en la resistencia a la compresión y flexión del concreto.

PALABRAS CLAVE

Grafito,
Polvo,
Mineral,
Compresión,
Tracción

ABSTRACT

The influence of graphite when incorporated into a concrete mixture was evaluated through an experimental study. Graphite is a mineral that allows cement to reach high resistance, solid of different % purity. In order to propose an environmentally friendly concrete and use an abundant material in Bolivia that evaluates the mechanical behavior of the concrete by adding graphite. Different concrete mixtures are presented with an expected resistance of 210 kg/cm³ and 250 kg/cm³ with aggregates obtained from Yapacaní, and sand from the Pirai River in the La Guardia area and Portland cement IP30, graphite powder is added with different percentages, 1, 2 and 3% with respect to the total weight of the standard dose of cement, these percentages are evaluated with different % that are incorporated into the cement. For the master mix, prismatic and cylindrical specimens are manufactured and without changing the initial components of the master concrete, the different doses of graphite are incorporated. In total, 96 prismatic specimens and 240 cylindrical specimens are manufactured. These specimens are distributed by age of 7, 14 and 28 days, this in order for the results obtained to be representative. The results obtained from the tests are subjected to a comparative technical analysis between the experimental mixtures with respect to the standard mixture. It is concluded that by adding graphite powder an increase in the compressive and flexural resistance of the concrete is obtained.

KEYWORDS

Graphite,
Powder,
Mineral,
Compression,
Traction

INTRODUCCIÓN

El hormigón, en gran parte, es un material con alto índice de uso empleado por el hombre en el mundo de la construcción. Su utilidad se sustenta por la gran facilidad con que se trabaja en su estado fresco, además de durabilidad y resistencia, que se demuestran en sus diferentes estados físicos y mecánicos.

En esta ocasión, el hormigón es empleado en diferentes edificaciones, principalmente las grandes como son los edificios, puentes, obras de arte, obras hidráulicas, etc. Los diseños estructurales son cada vez más complejos y exigen mayor resistencia y a la vez flexibilidad. La búsqueda de diseños revolucionarios en este sector se ve en la necesidad por apostar por nuevas e innovadoras materias que permitan encontrar esas cualidades sin afectarlas económicamente y que vayan acordes con el cuidado del medio ambiente.

Se desarrollan grandes cantidades volumétricas de hormigón en el rubro de la construcción civil, esto hace que, en la gran mayoría de países, se aplique el hormigón común. En el caso de la ciudad no se ve su aplicación en dichas cantidades, pero si se encuentran investigaciones sobre la aplicación del hormigón reforzado con fibra de acero en construcción de pisos, losas, además del reforzamiento de construcciones. Muchas de esas investigaciones son sobre cómo aumentar la resistencia y el acelerado del fraguado del hormigón, incorporándole aditivos para tener un mejor resultado.

Las edificaciones son cada vez más grandes y se encuentran en su auge, pero ello implica también contar con mejores materiales para construir. El grafito se presenta como una alternativa debido a sus propiedades nanotecnológicas, es decir la generación de grandes estructuras mediante su organización a nivel molecular. A nivel mundial, las edificaciones a gran escala han producido el desarrollo de grandes ciudades de nuestro planeta, siendo así que el hormigón ha tenido cambios importantes como su uso en edificaciones, fuentes, canales y más usos diversos. Se puede decir que el hormigón tiene ciertas características como resistencia, durabilidad, además de ser también económico.

En Bolivia, como en otros países, se busca que las construcciones de hormigón sean modernas y cumplan con las normas nacionales e internacionales. En ese sentido, se buscan alternativas de modificación que mejoren su durabilidad y resistencia. En esta investigación se busca una nueva alternativa para mejorar el hormigón convencional.

El grafito es un material sorprendente, cuyas características y propiedades producen que, a la hora de ser adicionado al hormigón convencional lo convierta en muy resistente y duradero. El avance tecnológico y científico ayuda a que se realicen investigaciones de diferentes componentes de mezcla del hormigón para mejorar las propiedades mecánicas, químicas y también físicas.

Al emplear grafito se usan métodos atómicos, como la técnica de microscopía, que cuando expresa que un módulo de Young es superior a los demás, quiere decir que es elástico y capaz de soportar resistencia a la tracción de 130GPa, combinando fuerza y flexibilidad. El grafito está compuesto de carbono y posee una estructura atómica hexagonal que le da resistencia, flexibilidad y lo hace más ligero que el aluminio. Las investigaciones muestran que las propiedades del grafito mejoran la durabilidad haciendo que los sulfatos no penetren ni dañen al hormigón.

El grafito ha generado un nuevo entusiasmo en la ingeniería de la construcción y en otros campos tecnológicos, principalmente

por sus propiedades particulares y la posibilidad de transferirlas a otros materiales. Del mismo modo, el grafito es obtenido a partir de recursos de bajo costo. Por otro lado, el hormigón es un compuesto fundamental para la construcción, consta de un aglomerante que contiene cemento, una proporción agua y agregados, que dependen fundamentalmente de su diámetro medio (grava, gravilla y arena).

El grafito se descubrió en Bavaria hacia 1400. Hacia el año 1500, en Borrowdale, Cumberland (Gran Bretaña) se descubrió un yacimiento de grafito muy puro, con mucho carbono. Se dice que una tormenta hizo caer un viejo roble y mostró una sustancia oscura que los pastores empezaron a utilizar para marcar sus rebaños. Se pensó que compartía propiedades con el plomo y fue llamado plumbago, (en latín, plomo).

En Bolivia se cuenta con el mineral grafito que no se explota ni se exporta por la falta de información y motivación tecnológica. Si se lograra llevar a la exportación dicho mineral, Bolivia podría percibir ingresos significativos del Producto Interno Bruto Minero como también aumentar los ingresos del departamento de Santa Cruz porque este mineral se encuentra en minas de este departamento.

El grafeno, en menos de cinco años, será mundialmente conocido y será una de las bases de la tecnología. Si Bolivia tomara provisiones para exportar el mineral Grafito estaría a la par en el desarrollo a nivel mundial, con expectativas muy favorables para el país.

Se establecerá la influencia como aditivo del polvo de grafito al 98% de pureza en el comportamiento mecánico en mezclas de hormigón con resistencia mecánica tipo H21 y H25.

MÉTODOS Y MATERIALES

Los ensayos fueron realizados según la norma de Asociación Americana de Materiales (ASTM), Manual de Ensayos de Suelos y Materiales de la ABC y método ACI.

Agregado fino

El agregado grueso que se utilizó es de tamaño nominal de 1, procedente de Yapacaní, provincia Ichilo, departamento de Santa Cruz, donde existen zonas de extracción de agregado chancado para hormigones. El agregado fino es extraído del Río Píraí.

Medición del contenido de humedad total evaporable de los áridos por secado (ASTM C566 - 97)

Análisis granulométrico (ASTM C136 y AASTHO T27)

Densidad, densidad relativa (peso específico) y la absorción de los áridos finos (ASTM C128 AASHTO T84)

Densidad aparente ("peso unitario") e índice de huecos en los agregados para concreto (ASTM C29)

Contenido de humedad total evaporable de los áridos finos por secado (ASTM C566 - 97)

Agregado grueso

Análisis granulométrico de los áridos gruesos (ASTM C136 y AASTHO T27)

Densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregado grueso (ASTM C127 AASHTO T85)

Densidad aparente ,peso unitario, e índice de huecos en los agregados gruesos para concreto (ASTM C29)

Cemento IP30

El cemento utilizado para realizar la mezcla del hormigón fue el cemento Warnes IP 30, comercializado en el entorno de la construcción.

Finura del cemento por medio del tamiz N° 200 (ASTM C184)

Densidad del cemento hidráulico (ASTM C188 Y AASHTO T133)
 Consistencia normal del cemento hidráulico (ASTM C187)

Grafito

Densidad del grafito

Se realizó la dosificación de mezclas para un hormigón de resistencia 210 kg/cm² y 250 kg/cm², adicionando 1, 2 y 3% de grafito del peso del cemento.

Hormigón

Dosificación patrón H21.
 Dosificación patrón H25.
 Diseño de las Dosificaciones de los hormigones H21 con la adicción de 1, 2 y 3% de grafito.
 Diseño de las Dosificaciones de los hormigones H25 con la adicción de 1, 2 y 3% de grafito.
 Elaboración curado y rotura de probetas cilíndricas y vigas para ensayos a compresión y flexión.
 Elaboración de probetas de 15 x 30 cm, según la norma y ensayos ASTM C39 AASHTO T22.
 Rotura de Vigas a flexión según la norma ASTM C 78:
 La rotura de vigas se llevó a cabo en base a las especificaciones según norma ASTM C 78. El ensayo a flexión consiste en elegir una probeta prismática estandarizada cuyas medidas dependen del tamaño máximo del agregado grueso. En este caso se utilizaron las medidas de 15 x 15 x 50 cm y se la colocaron en la prensa donde fue sometida a carga de compresión hasta la rotura.

Los valores determinados para los agregados grueso fueron:

Densidad Neta	2540 Kg/m ³
Densidad Real Seca	2400 kg/m ³
Densidad Real Saturada superficialmente seca	2450 Kg/m ³
Absorción del agua	2,21%
Peso unitario suelto	1,430 g/cm ³
Peso unitario compactado	1,490 g/cm ³

Desgaste mediante la Máquina de los Ángeles 33.72 %

El cemento Warnes IP 3 Opresento una finura 87,20 %, una densidad de 1219 kg/m³ y una humedad de la pasta de 20 %. A 30 segundos presentó una penetración de 9 mm.

El peso específico del grafito se encuentra normalmente entre los siguientes valores 2.20 g/cm³ y 2.40 g/cm³, el valor determinado fue de 2.21 gr/cm³.

Tabla 1. Dosificación final de hormigón patrón H21

Material	Por peso, kg/m ³
Cemento	294,35
Agua	170,40
Agregado grueso	1133,76
Agregado fino	628,26

Tabla 2. Dosificación final de hormigón patrón H25

Material	Por peso, kg/m ³
Cemento	360,55
Agua	180,40
Agregado grueso	1120,76
Agregado fino	850,34

Tabla 3. Dosificación final de hormigón patrón H21 con grafito

Material	Por peso, kg/m ³		
	1%	2%	3%
Cemento	291,35	289,45	286,35
Agua	170,40	170,40	170,40
Agregado grueso	1120,76	1133,76	1133,16
Agregado fino	987,55	628,26	628,26
Aditivo	3,01	6,07	9,00

Tabla 4. Dosificación final de hormigón patrón H25 con grafito

Material	Por peso (kg/m ³)		
	1%	2%	3%
Cemento	356,55	353,55	349,55
Agua	180,60	180,40	180,40
Agregado grueso	1145,76	1120,70	1120,76
Agregado fino	850,34	850,34	850,34
Aditivo	3,56	7,12	10,68

RESULTADOS

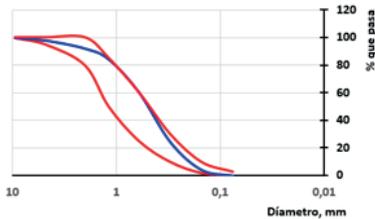


Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino

Los agregados finos utilizados son obtenidos en Yapacaní, departamento de Santa Cruz. Se identificaron varios yacimientos o bancos de préstamo que proveen tanto agregados gruesos como finos. En particular, se destacan los agregados de canto rodado que poseen las propiedades proporcionales ideales para la fabricación de hormigones.

Los valores determinados para los agregados finos fueron:

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 2,37 %
 Densidad Neta 2580 Kg/m³
 Densidad Real Seca 2650 kg/m³
 Densidad Real Saturada superficialmente seca 2455 Kg/m³
 Absorción del agua 1,01 %
 Peso unitario suelto 1,294 gr/cm³
 Peso unitario compactado 1,351 gr/cm³

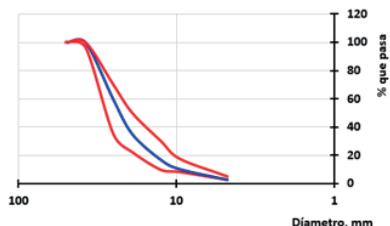


Figura 2. Curva granulométrica del agregado grueso

A las edades de 7, 14, 21 y 28 días para llevaron a cabo los ensayos de compresión.

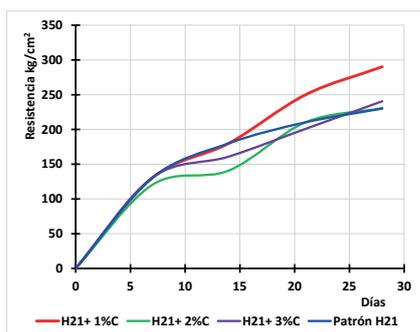


Figura 3 Resistencia a compresión de hormigón patrón y con aditivos de grafito a edades de 7, 14, 21 y 28 días de curado.

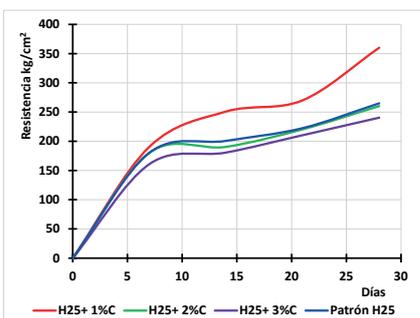


Figura 4 Resistencia a compresión de hormigón patrón H25 y con aditivos de grafito a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

La rotura por flexión de las vigas ya curadas al colocarlas en una prensa que aplicó presión hasta romper la viga. Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para las diferentes dosificaciones con Grafito en edades de 7,14 y 28 días se muestran a continuación:

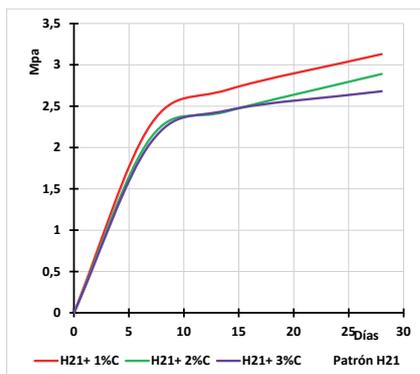


Figura 5. Resistencia La rotura por flexión de las vigas de hormigón patrón H21 y con aditivos de grafito a los 7, 14 y 28 días de curado

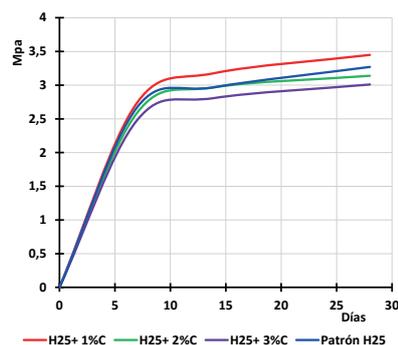


Figura 6. Resistencia patrón H23 a los 7, 14 y 28 días a las 2 horas del retiro de la piscina de curado.

DISCUSIÓN

En los diseños de dosificación H21C1%, H21C2%, H21C3%, H25C1%, H25C2% y H25C3%, las dosificaciones con la incorporación del 1% de Grafito para los hormigones H21C1% y H25C1% resultaron en un aumento de la resistencia del hormigón de un 40% para el caso de esfuerzo a compresión, aumentado de un H21 a un rango de H29 para el caso de la dosificación con resistencia de H21; de un H25 a un rango de H36 para el caso de la dosificación con resistencia de H25. Para la resistencia a flexo tracción el resultado aumenta en un rango de un 25 %, aumentando de 2,8 Mpa a un rango de 3,25 Mpa para el caso del H21, de un 3,2 Mpa a un rango 3,65 Mpa para el caso del H25.

Las dosificaciones con 2% y 3% de grafito muestran un aumento en la resistencia, pero inferiores a la incorporación de 1% de grafito. por lo que la incorporación del grafito al 1% brinda el diseño óptimo.

La incorporación del grafito al 98% de pureza en el diseño de mezclas de hormigón mejora la resistencia mecánica a compresión y flexo-tracción de los hormigones tipo H21 y H25, evidenciando el incremento de la resistencia a las edades de 7, 14, 21, 28 en comparación con el hormigón patrón.

REFERENCIAS

- AASTHO
- ASTM C 109. (S.F.). RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO DE CEMENTO.
- ASTM C 128. (S.F.). MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y LA ABSORCIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS.
- ASTM C 131. (S.F.). RESISTENCIA A LA ABRASIÓN, MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.
- ASTM C 184. (S.F.). FINURA DEL CEMENTO POR MEDIO DEL TAMIZ Nº200.
- ASTM C 187. (S.F.). MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO
- ASTM C 29. (S.F.). MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE ("PESO UNITARIO") E ÍNDICE DE HUECOS EN LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.
- ASTM C 566. (S.F.). MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE LOS ARIDOS POR SECADO.
- ASTM C127. (S.F.). MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO.
- ASTM C136. (S.F.). MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS ÁRIDOS FINOS Y GRUESOS.

CITA

