

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Influencia del aditivo superplastificante - policarboxilato, en el concreto, a máximas temperaturas

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

AUTOR

Daniel Sanchez Cabrera

ASESOR

Ronald Esteban Villanueva Maguiña

<https://orcid.org/0000-0002-3707-5503>

Chiclayo, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	divk.inovacionicentar.rs Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	revistaalconpat.org Fuente de Internet	1%
5	tailieu.vn Fuente de Internet	1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción	6
Programa experimental.....	8
Resultados	15
Discusión	20
Conclusiones	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24

Resumen

La temperatura máxima en colocación influenciará en las propiedades físico-mecánicas del concreto, donde esta dependerá del tamaño del elemento a vaciar, hidratación del cemento, temperatura del material y características del entorno, dando la necesidad de utilizar tecnologías para mejorar las prestaciones de un concreto homogéneo. El uso de aditivo policarboxilato en el 0.3%, 0.5% y 1% al incorporar en la mezcla, resultó la dosificación óptima de 0.5% manteniendo la trabajabilidad y la resistencia en 1.12 a 1.17 del $f'c$. En síntesis, se vació para una resistencia de diseño de 280kg/cm² por el método de ACI 211, asimismo, con reducción de agua al 15%, relación de a/c 0.5 y hasta temperaturas superiores de 35°C en bloques de 0.5x0.5x0.25m variando la temperatura del agua de 50 a 60°C, dando como resultado temperaturas máximas de colocación hasta 43.4°C y registrada en el tiempo de 51.9 °C después de 5 horas y 32 minutos, con la incorporación de aditivo en el 1% del peso del cemento, puesto que, se vació con este porcentaje, al obtener mejor comportamiento en la trabajabilidad, ya que, mantuvo la misma resistencia que el 0.5% a temperaturas inferiores de 35°C en colocación.

Palabras clave: Policarboxilato, Temperaturas máximas, Resistencia a compresión, Aditivo superplastificante y Concreto.

Abstract

The maximum temperature in placement will influence the physical-mechanical properties of the concrete, where this will depend on the size of the element to be poured, hydration of the cement, temperature of the material and characteristics of the environment, giving the need to use technologies to improve the performance of a concrete. homogeneous. The use of polycarboxylate additive in 0.3%, 0.5% and 1% when incorporated into the mixture, resulted in the optimal dosage of 0.5% maintaining workability and resistance in 1.12 to 1.17 of the f_c . In summary, it was emptied for a design resistance of 280kg/cm² by the ACI 211 method, likewise, with 15% water reduction, w/c ratio 0.5 and up to temperatures above 35°C in 0.5x0.5x0.25m varying the water temperature from 50 to 60°C, resulting in maximum placement temperatures up to 43.4°C and recorded over time of 51.9°C after 5 hours and 32 minutes, with the addition of additive in 1% of the weight of the cement, since, emptied with this percentage, by obtaining better behavior in workability, since it maintained the same resistance as 0.5% at temperatures below 35°C in placement.

Keywords: Polycarboxylate, Maximum temperatures, Compressive strength, Superplasticizer additive and Concrete.

Introducción

El concreto en la construcción es el más utilizado en el mundo, producto del crecimiento de la población y demanda de nuevas actividades para satisfacer necesidades de mejor calidad de vida. La incertidumbre y toma de decisiones en obra por mantener las propiedades físico-mecánicas del concreto a temperaturas internas máximas permisibles, trae consigo el desarrollo de patologías, por la rápida hidratación del cemento, influenciando en la resistencia de esta misma; es por ello que, se deberá tomar medidas preventivas para mantener las propiedades del concreto.

En consecuencia, el uso de tecnologías como el aditivo superplastificante a base de policarboxilato en cantidades idóneas es una solución al problema para mejorar y mantener su desempeño de un concreto homogéneo, dado que, se puede utilizar en elementos expuestos a climas cálidos, como, por ejemplo: pavimentos rígidos, donde este, se verá influenciado por características de su entorno, materiales utilizados y proporción del material usado en la mezcla de diseño.

En esta investigación se busca asemejar a la realidad en obra in situ, puesto que, se tendrá en cuenta las características de los materiales a utilizar, con el propósito de obtener una mezcla de concreto con temperaturas máxima y superiores a 35°C, donde se simulará las condiciones en el interior de una mezcla, utilizando el agua caliente como un parámetro de entrada, y la incorporación del aditivo superplastificante a base de policarboxilato para mantener sus propiedades físicas-mecánicas, teniendo en cuenta, las dosificaciones de 0.3% al 0.7% del peso del cemento. Asimismo, la interacción de los materiales en su uso dependerá de sus propiedades de estos mismos, obteniendo un producto eficaz y trabajable, con características eficientes en la resistencia y durabilidad, teniendo en cuenta el monitoreo de control de temperaturas.

Sin embargo, el control de las máximas temperaturas internas permitirá prever múltiples problemas de calidad, evitando exudación, segregación, fisuración y juntas frías.

La hidratación de la pasta cementante, con interacción de los materiales utilizados y volumen de concreto, influenciará en el tiempo de fraguado, además de producir variación dimensional por la reacción química exotérmica (emisión de calor) a temperaturas máximas, generándose esfuerzos a compresión debido a expansiones tempranas entre 50 a 120h, produciendo fisuras [1]. Lo que dependerá de las proporciones de los materiales, para mantener consistencia y homogeneidad del concreto.

Los aditivos superplastificantes (polycarboxilato), funcionan con un alto nivel de porcentaje de reducción de agua hasta el 40%, brindándole una mayor fluidez al concreto y haciendo que este posea una menor tensión de fluencia y viscosidad, además de, obtener mayores tiempos de

permanencia, al compararlos con diversos reductores de agua de alta tecnología, puesto que, sus fuerzas esteréticas son más fuertes, necesitando así dosis menores para un mismo slump o revenimiento [2].

En climas cálidos es fundamental estudiar cómo afecta la temperatura en elementos de concreto, por altas temperaturas en colocación como patologías [3,4], lo cual se puede utilizar tecnologías u otras adiciones [5] que mejoren las propiedades del concreto.

Programa experimental

Materiales

El cemento Portland (Tipo I) según requisitos de la NTP 334.009, ASTM C-150, tiene una densidad de 3130 kg/m³; igualmente, los agregados cumplen las delimitaciones de gradación en el huso 6 en la NTP 400. 012, además, la incorporación agua potable, según ASTM C1602, NTP 339.088.

En este estudio se utiliza superplastificante a base de policarboxilato, tipo F (Reductor de agua de alto rango) establecido en NTP 334.088-ASTM C494 y tipo I (Plastificante) establecido por ASTM C-1017, de densidad 1.07 kg/L.

Tabla 1. Características de agregado.

Descripción	A. Fino	A. Grueso	Und.
Peso específico de masa	2.551	2.679	gr/cm ³
Peso específico de masa S.S.S.	2.57	2.70	gr/cm ³
Peso unitario suelto	1492	1359	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1601	1452	Kg/m ³
% de absorción	1.01	1.04	%
Contenido de humedad	0.49	0.25	%
Módulo de fineza	2.99		
Tamaño máximo nominal		3/4"	Pulg.

Fuente: Elaboración propia.

Objeto de estudio

En este estudio, se busca analizar cuál es la influencia del aditivo en las propiedades físicas-mecánicas del concreto a temperaturas máximas, en estado fresco y en el tiempo.

Además, de incorporar el agua caliente con la finalidad de aumentar la temperatura, la cual se verá influenciada por la cantidad de calor emitida por las reacciones exotérmicas de las partículas de cemento, de tal manera que, el tiempo de fraguado disminuye provocando cambios violentos en la consistencia, adherencia y cohesión [6] de la mezcla por hidratación rápida del cemento, a su vez también influenciado por las características térmicas de los agregados estas en una proporción del 60-75% [7]. La temperatura máxima permitida del concreto en estado fresco [8], se debe limitar a 35°C (ACI 305, NTP 339.184), se tendrá en cuenta las condiciones del entorno y realizar mediciones de contenido temperatura de aire, contenido de humedad, velocidad del viento con el propósito de controlar la evaporación.

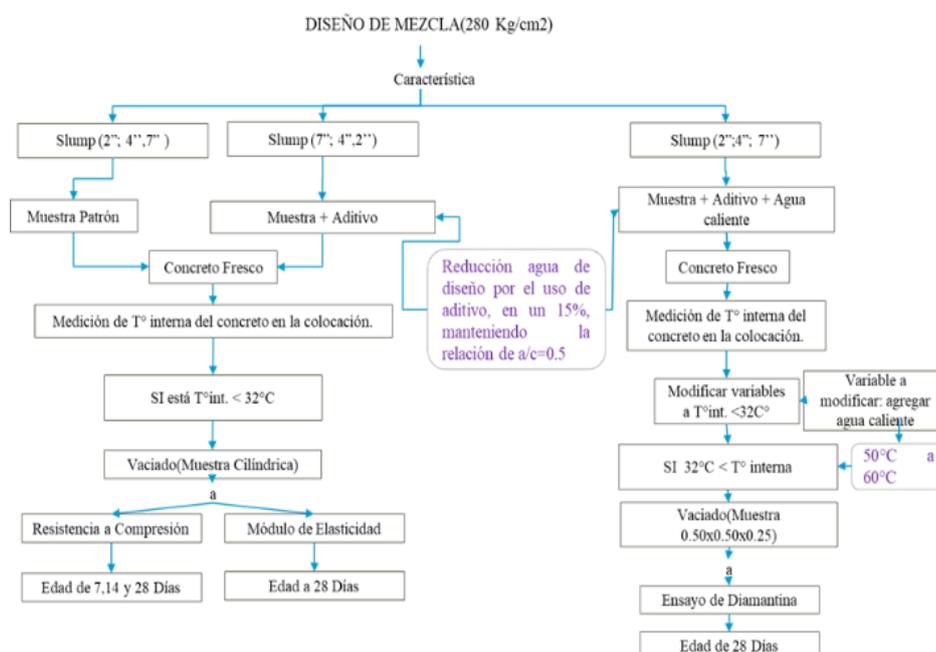
Dosificación de la mezcla

Por método de ACI 211 [9], se mantuvo relación de $a/c=0.5$ de diseño en todas las muestras realizadas como la del patrón, además de las muestras manipuladas se incorporó aditivo

superplastificante y también agua caliente(50-60°C) más aditivo, teniendo en cuenta que por el uso del aditivo a base de policarboxilato se redujo el 15% de agua de diseño, de esta manera, la dosificación final es obtenida después de reajustar la mezcla en función al rendimiento según su slump de diseño teniendo en cuenta el tipo de falla normal(sin corte) del cono de abrams para posteriormente ser vaciado, el patrón y con la adición, respectando la norma ASTM C 31 y procedimiento estipulado en ensayos de muestra de laboratorio en ASTM C 192, según el tipo de mezclador, para realizar las distintas dosificaciones. Relación de diseño a/c 0.5 y la relación efectiva está en función a las cantidades mezcladas, puede variar según la pérdida de absorción del agregado.

Para la preparación de mezcla se incorpora el agua con o sin aditivo a temperatura normal o caliente, en seguida el cemento, y agregados para mezclar durante 2 minutos y obtener temperaturas de colocación. Se tuvo en cuenta, para la adición con agua caliente, que se añade primero al mezclador 1 litro de agua hervida para tener una temperatura similar superficialmente a las de sus materiales y después recién vaciar la dosificación de diseño.

Figura 1. Procedimiento para investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Métodos

Medición de características que influye en la temperatura de la mezcla del concreto.

Medición de las condiciones del entorno, temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad de viento (se sacó el promedio de 2 valores debido a que el flujo del viento no era constante).



Figura 2. Medición de la velocidad del viento con Anemómetro.

Medición de temperatura superficial de los materiales a utilizar en la mezcla del concreto, con termómetro infrarrojo.



Figura 3. Medición de la temperatura con el termómetro infrarrojo.

Medición del asentamiento obtenido del concreto fresco, en cono de abrams (NTP 339.035).



Figura 4. Ensayo con el cono de abrams, tipo de falla normal.

Medición de la temperatura del concreto fresco en la carretilla con recubrimiento de 7.5cm en el lector digital (precisión 0.2°C) hasta que se de temperatura se encuentre estable (NTP 339.184).



Figura 5. Medición de la temperatura.

Medición del contenido de aire en la olla de Washington (NTP 339.080).

Peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046).

Preparación de probetas de 6"x12" de muestras para el desmoldado para colocar a curar.

Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.184), en edades de 7, 14 y a los 28 días
módulo de elasticidad (ASTM C-469).



Figura 5. Ensayo a compresión y módulo de elasticidad con dial.

Después de obtener algunos resultados se optó por el más trabajable del 1% para vaciado con agua caliente de 50-60°C en las muestras de 0.50*0.50*0.25m y ubicando termómetros internos para registrar en el tiempo la temperatura, donde, se realizaron bloques con temperaturas de agregado entre 19-25°C y 28-31°C.



Figura 7. Medición de la temperatura en el tiempo, centro del bloque.

Curado de las muestras de 0.50*0.50*0.25m fue de un recubrimiento de 3 centímetros para simular situaciones in situ, después curar durante 4 días superficialmente, se identificó humedad

en la superficie a pesar de que la temperatura máxima ambiente alcanzó 37.8°C y termómetros internos para registrar en el tiempo temperaturas internas.



Figura 8. Curado con recubrimiento de 3cm de arena fina.

Identificación de patologías visualmente, después de quitar recubriendo de arena, fisuras superficiales que eran visible a 10 cm a 15 cm y con la presencia de agua se identificó burbujas.

Extracción de diamantinas de 4” a los 28 días, 3 por cada bloque de 0.50*0.50*0.25m, no se identificó fisuras/14,15/ [3,4] internas siendo éstas solo superficiales.

Datos registrados durante el vaciado e influencia de temperatura de los materiales en la temperatura de la mezcla del concreto obtenido y T° según NRMCA [10], expresada en la siguiente fórmula:

$$T = \frac{0.22*(T_a * M_a + T_c * M_c) + T_w * M_w + T_{wa} * M_{wa} - 80M_i}{0.22*(M_a + M_c) + M_w + M_{wa} - M_i} \dots \dots (1)$$

T; T_a; T_c; T_w; T_{wa}: Temperatura de la mezcla, agregados, cemento, agua de mezcla, temperatura de humedad libre de los agregados.

M_a; M_c; M_w; M_{wa}: Masa de agregados, cemento, agua de mezcla, masa de humedad libre en agregados.

Tabla 2. Dosificación de probetas 6x12”.

Muestra	Slump Diseño	Agua mezclada	Cemento Mezclado	Piedra	Arena	Fórmula NRMCA (1)	T° Obtenida	T Obtenida - T° NRMCA	T° Obtenida-Agregados
1	2"	249	470	875	740	26.4	26.3	0.05	0.10
2	2",0.3%	218	406	862	849	22.6	23.5	0.9	0.4
3	2",0.5%	218	406	862	849	20.8	22.5	1.7	1.6
4	2",1%	218	406	862	849	18.0	21.2	3.2	2.8
5	4"	266	505	882	682	27.0	31.7	4.7	3.9
6	4",0.3%	232	435	868	800	26.3	30.8	4.5	4.4
7	4",0.5%	232	435	868	800	23.5	27.9	4.4	4.2
8	4",1%	232	435	868	800	18.9	25.0	6.1	6.1
9	7"	290	552	875	586	22.4	24.7	2.34	2.60

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 la temperatura de agregados entre 18° a 24°C presentó una mayor variación en un promedio de 3.1°C, al de T°obtenida con la fórmula, y con respecto a temperaturas de materiales de 25-28°C en la muestra 5 y 6 presentó variación máxima en 4.7°C con humedad relativa máxima 53.6%. El promedio de variación de las 9 muestras en temperatura obtenida y ambiente resultó 4.58°C.

Tabla 3. Condiciones de entorno para testigos 6x12”.

Muestra	T° ambiente	% Humedad relativa	Velocidad del viento	T° Agregado Fino	T° Agregado Grueso	T° Cemento	T° Agua	% Aire	T° del concreto
1	21.7	56.3%	1.42	26.4	26.2	25.6	26.6	2.0	26.3
2	22.1	59.3%	1.26	23.1	23.4	22.3	21.8	1.9	23.5
3	19.0	72%	1.40	20.9	20.8	20.6	20.8	1.9	22.5
4	17.4	74.5%	1.13	18.4	18.5	18.3	17.3	1.9	21.2
5	23.9	53.6%	1.80	27.8	26.7	25.2	26.7	1.7	31.7
6	24.4	53.3%	1.51	26.4	26.1	25.3	26.7	1.8	30.8
7	23.6	53.8%	1.73	23.7	23.4	23.2	23.2	1.7	27.9
8	19.2	65.9%	1.48	18.9	19.0	19.0	18.9	1.6	25.0
9	21.1	61.3%	1.62	22.1	22.3	22.5	22.6	1.3	24.7

Fuente: Elaboración propia.

Además, con adición de aditivo policarboxilato en el 1% se obtuvo los siguientes resultados con adición de agua caliente (50° a 60°C), con esta incorporación presentó una variación con respecto a la temperatura teórica en un promedio de 1.6°C, entre 19° a 31°C de temperatura de materiales.

Tabla 4. Dosificación en muestras de 0.5*0.5*0.25m

Muestra	Slump Diseño	Agua mezclada	Cemento Mezclado	PIEDRA	ARENA	Fórmula NRMCA	T° Obtenida	T° Obtenida - T° NRMCA	T° Obtenida-Agregados
10	7"	247	465	861	731	34.7	35.4	0.66	11.40
11	4"	227	425	856	795	31.7	34.4	2.70	14.80
12	7"	252	475	861	716	41.3	43.4	2.06	12.60
13	4"	242	454	868	771	36.6	37.7	1.11	8.70
14	2"	223	416	862	834	35.9	34.5	1.44	5.90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Condiciones para vaciado en muestras de 0.5*0.5*0.25m.

Muestra	T° ambiente	% Humedad relativa	Velocidad del viento	T° Agregado Fino	T° Agregado Grueso	T° Cemento	T° Agua	% Aire	T° del concreto
10	20.6	62.8%	1.15	24.0	24.1	24.2	54.3	1.5	35.4
11	20.0	65.2%	1.03	19.6	19.6	19.7	56.0	1.7	34.4
12	35.0	29.4%	1.12	30.8	30.6	31.0	60.1	0.6	43.4
13	29.6	42.5%	1.13	29.0	29.0	28.3	51.3	1.3	37.7
14	23.5	58.3%	1.1	28.6	28.7	26.9	51.9	1.8	34.5

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Datos obtenidos de la mezcla de concreto en estado fresco, se observó que, el menor % de aire disminuyó a más cantidad de pasta cementante como se muestra en tabla 5, así mismo, con adición esta estuvo en el rango de 1.6-1.9% donde no se evidenció exudación. Con respecto al rendimiento en las muestras 10 y 11 presentaron un mejor comportamiento en volumen teniendo como variación de 11 a 25 kg/m³.

Tabla 6. Resultado en estado fresco”.

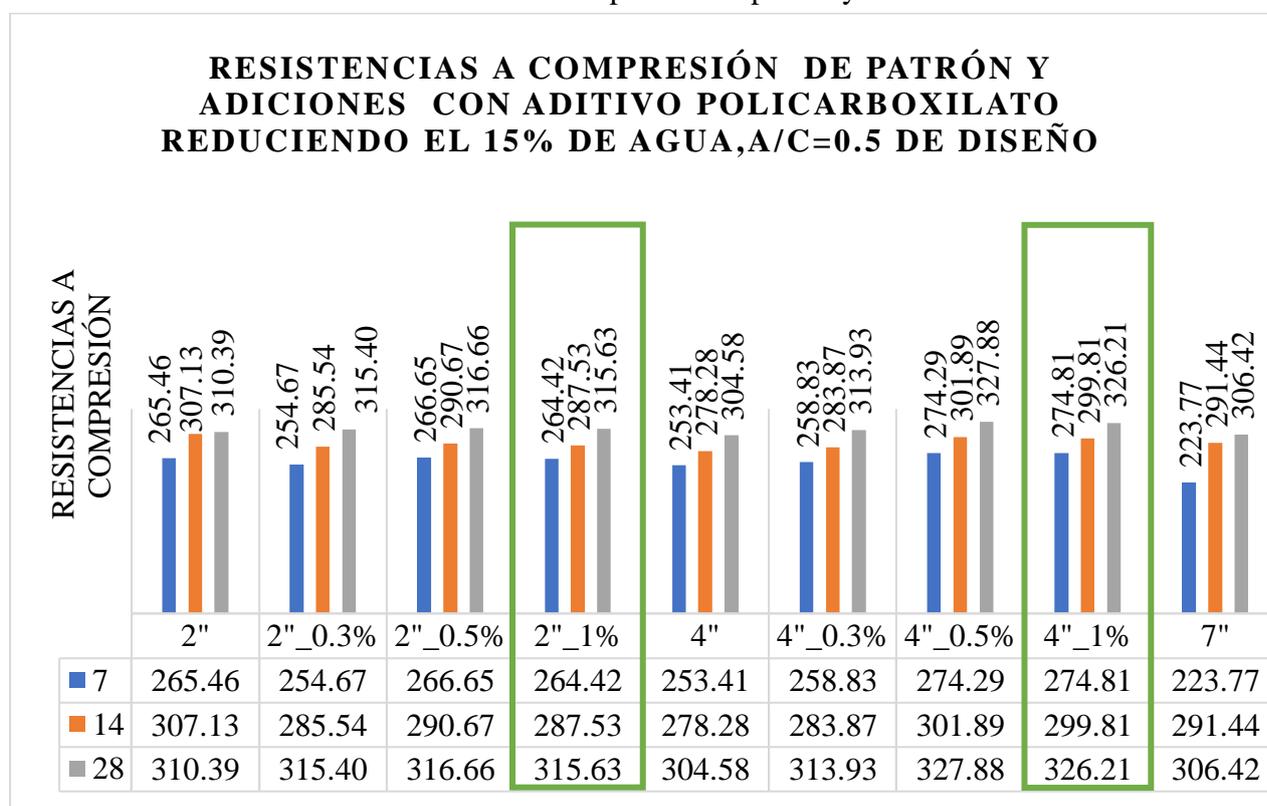
Muestra	Slump Diseño	T° ambiente	T° obtenida	Slump	%Aire	PU obtenido	PU teórico	Rendimiento
1	2"	21.7	26.3	2.0	2.0	2324	2335	0.995
2	2",0.3%	22.1	23.5	1.3	1.9	2334	2335	1.000
3	2",0.5%	19.0	22.5	1.4	1.9	2325	2335	0.996
4	2",1%	17.4	21.2	2.0	1.9	2324	2335	0.995
5	4"	23.9	31.7	4.1	1.7	2310	2335	0.989
6	4",0.3%	24.4	30.8	3.3	1.8	2304	2335	0.987
7	4",0.5%	23.6	27.9	3.5	1.7	2301	2335	0.985
8	4",1%	19.2	25.0	4.0	1.6	2306	2335	0.988
9	7"	21.1	24.7	7.5	1.3	2283	2304	0.991
10	7"	20.6	35.4	5.6	1.5	2329	2304	1.011

11	4"	20.0	34.4	3.9	1.7	2315	2304	1.005
12	7"	35.0	43.4	6.8	0.6	2308	2304	1.002
13	4"	29.6	37.7	4.5	1.3	2319	2335	0.993
14	2"	23.5	34.5	2.5	1.8	2320	2335	0.994

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados obtenidos en cada edad es promedio de 3 rupturas de probetas de 6" x 12" donde se observó una mejor trabajabilidad en el 1% pero a resistencias con mínima variación al de 0.5%, lo cual, permitió una adecuada hidratación de la pasta cementante, obteniendo resultados más favorables en las diversas condiciones de entorno (Gráfico 1), inferiores a 32°C.

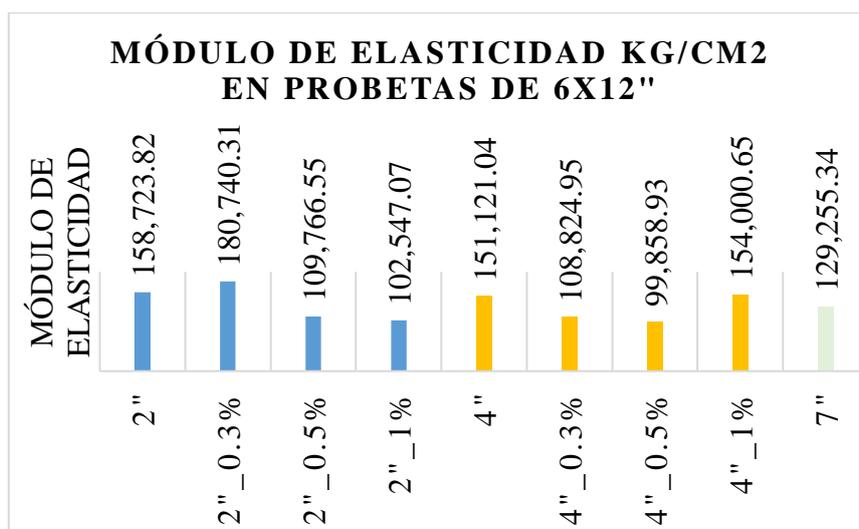
Gráfico 1. Resistencia a compresión de patrón y adiciones.



Fuente: Elaboración propia.

Se identificó que módulo de elasticidad (Gráfico 2) utilizando el método estándar, slump 2" con adición de 1% tuvo una mayor reducción en un 59.14% y el 0.3% en un 27.99% con respecto al RNE E-0.60 [11], sin embargo, con la muestra patrón disminuyó en 35.39% y aumentó 13.87% respectivamente en la adición de 1% y 0.3%. El slump 4" en 0.5% tuvo una mayor reducción con respecto RNE E-0.60 en un 60.21% y al 1% en un 38.64%; con respecto a la muestra patrón disminuyó en 33.92% y aumentó 1.91% respectivamente en 0.5% y 1%.

Gráfico 2. Módulo de elasticidad en probetas de 6 x 12".

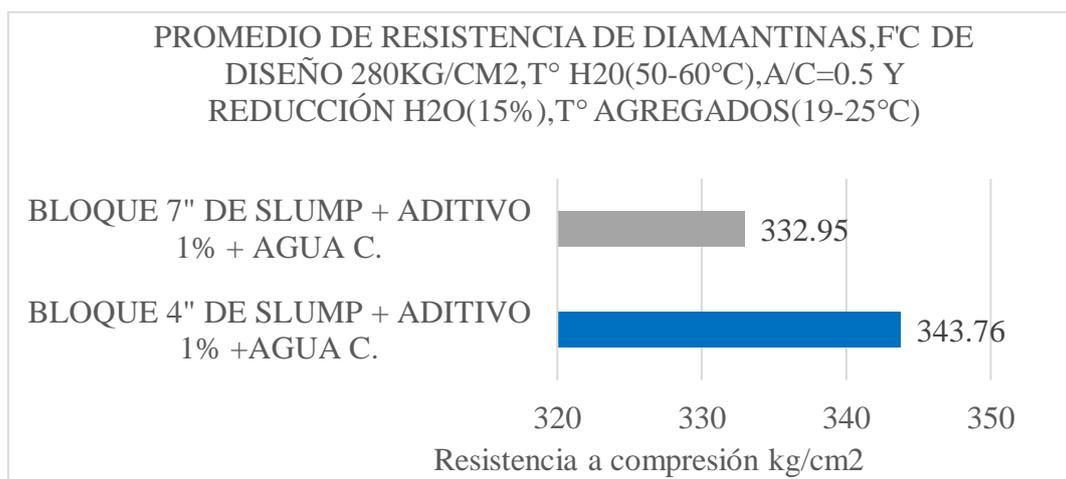


Fuente: Elaboración propia.

Resistencia de diamantinas en los bloques de 0.5x0.5x0.25

Resultados promedio de 3 ensayos de resistencia a compresión encontrados en la extracción de diamantina de diámetro de 4'' de la muestra 10 y 11, se obtuvo el mejor comportamiento de 4'' con adición de aditivo en 1% a temperatura de H₂O (50-60°C) en una relación de a/c=0.5 de diseño y temperatura superficialmente de agregados en 19° - 25°C, en 1.22 y 1.18 (Gráfico 3), de 4'' y 7'' respectivamente con respecto a la resistencia a compresión de diseño, difiriendo en 11 kg/cm² entre resistencias obtenidas.

Gráfico 3. Promedio de resistencia de diamantinas, agregados de 19-25°C.

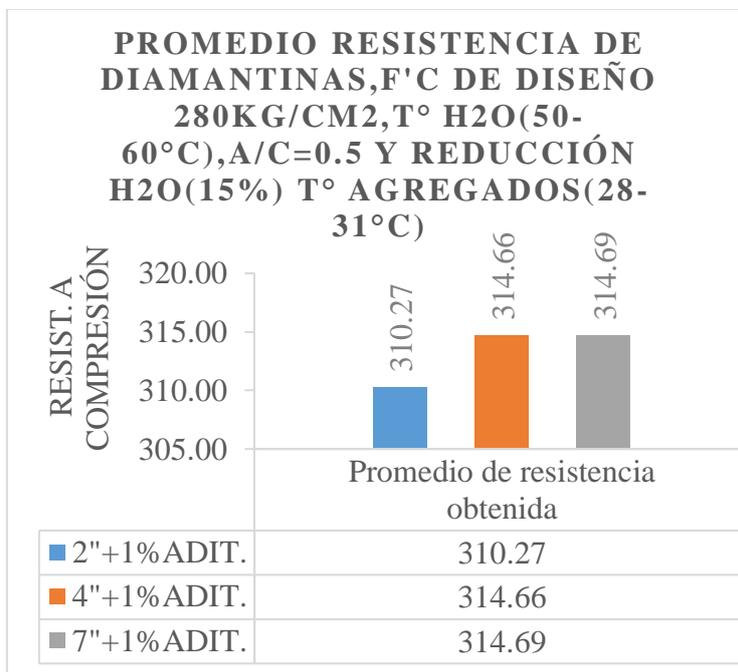


Fuente: Elaboración propia.

También, se obtuvieron resultados (gráfico 4) de muestras 14, 13 y 12 en las propiedades físicas y mecánicas del concreto a temperaturas elevadas en colocación, en los bloques, entre 34 a 43°C, con agregados entre 28 a 31°C y el factor de 1.1 y 1.12, 1.12, con respecto a la resistencia

a compresión de 280 kg/cm², respectivamente en la siguiente figura y una variación de 4.42 kg/cm² en resistencias obtenidas.

Gráfico 4. Promedio de resistencia de diamantinas y temperatura de agregados de 28°-31°C.

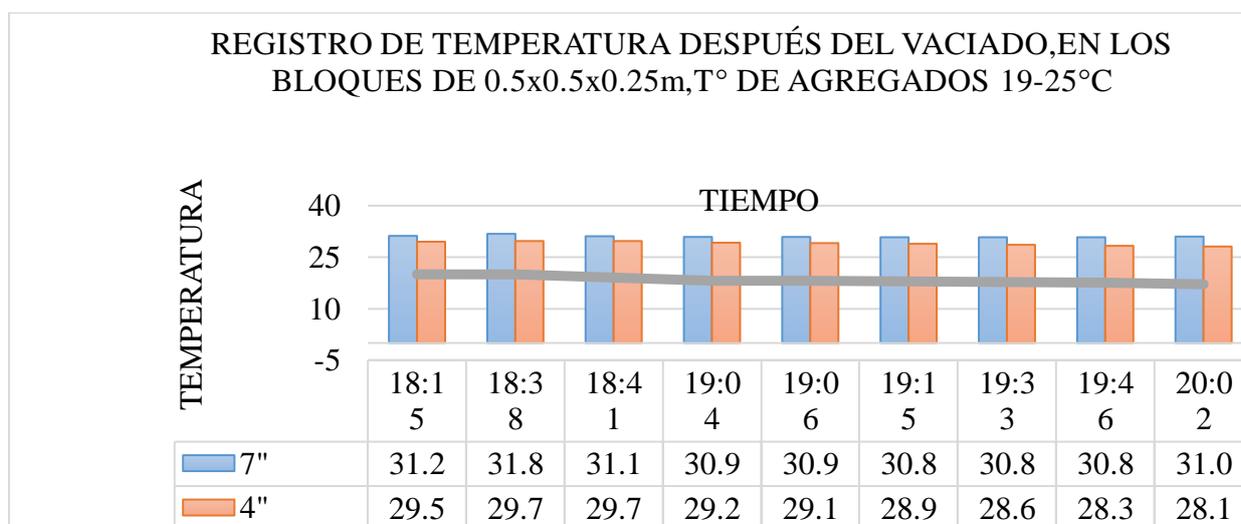


Fuente: Elaboración propia.

Registro de temperatura interna, con T° con agregados entre 19 a 25°C en los bloques de 0.5x0.5x0.25m.

Obteniendo cómo resultado una variación de tiempo 1:47min que se vio influenciado T° ambiente con humedad relativa de 62% a 66% con tendencia a reducir la temperatura interna y velocidad de aire 1.15m/s. Concluyendo que el de 4" se vio más influencia, que el de 7", puesto que, la variación de temperatura interna 0.8°C y 1.6°C respectivamente en el tiempo transcurrido.

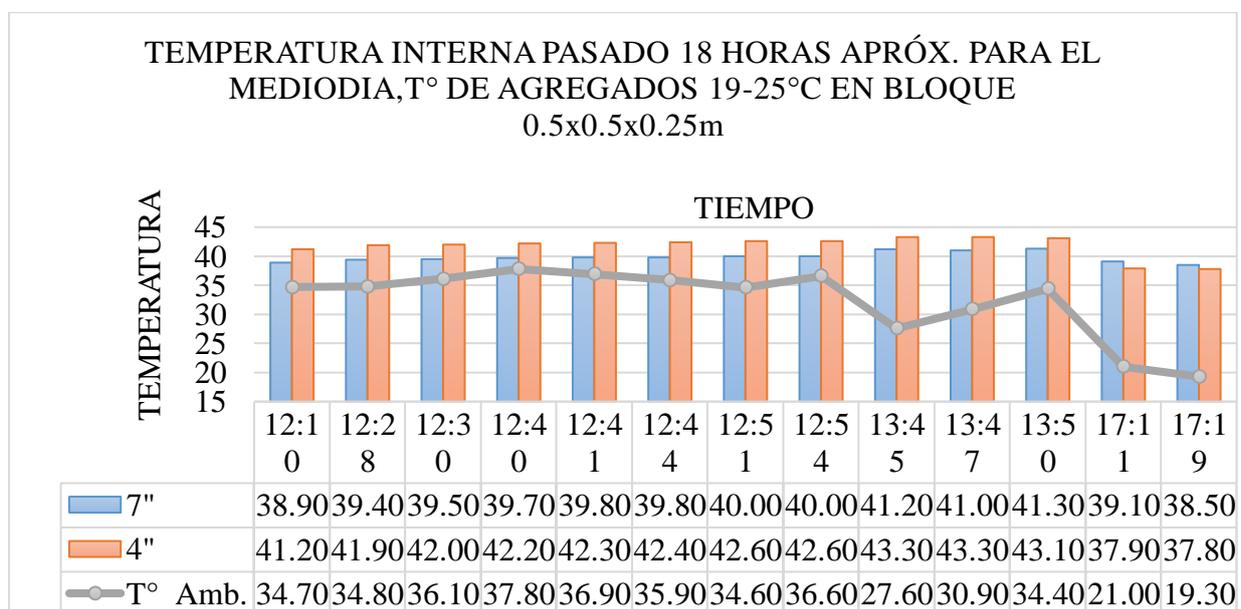
Gráfico 5. Registro de temperatura, después del vaciado, en agregados de 19-25°C.



Fuente: Elaboración propia.

Se observó pasado las 18 horas al mediodía a temperatura ambiente máxima en 37°C registrada a las 12:40pm, donde el bloque se ve más influenciado en el slump 4 pulgadas por el volumen de los agregados (tabla 4).

Gráfico 6. Registro de temperatura, pasado 18 horas para el medio día, en agregados de 19-25°C.



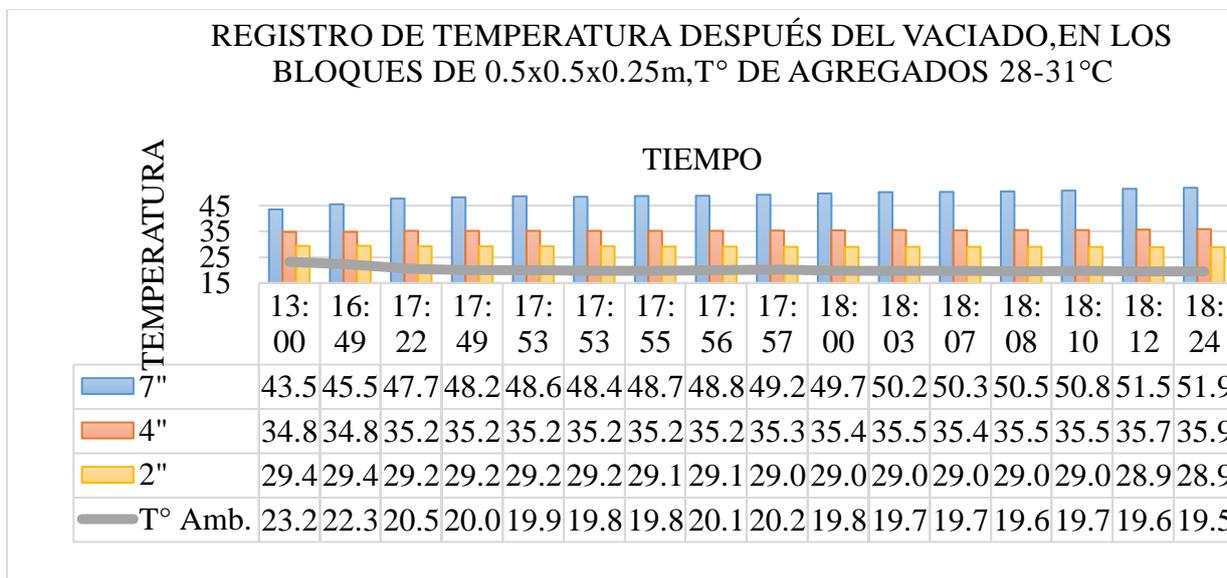
Fuente: Elaboración propia.

Registro de temperatura interna, con T° con agregados entre 28 a 31°C en los bloques de 0.5x0.5x0.25m.

Cómo resultado una variación de tiempo 5:32min que se vio influenciado T° ambiente con humedad relativa de 29% a 58.3% (tabla 4) con tendencia a reducir la temperatura interna y

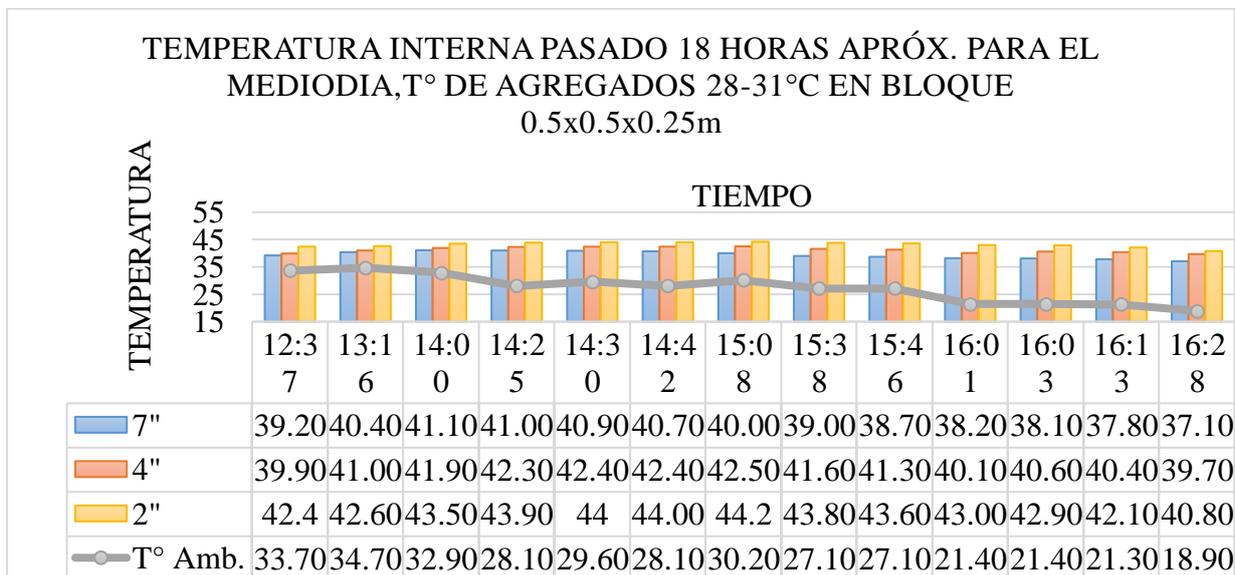
velocidad de aire 1.13m/s. Concluyendo que el de 7",4" y 2", se registró la variación de temperatura interna 8.4°C ,1.1°C y 3.7 respectivamente.

Gráfico 7. Registro de temperatura, después del vaciado, en agregados de 28-31°C.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Registro de temperatura, pasado 18 horas para el medio día, en agregados de 28-31°C.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Después de haber analizado que el aditivo superplastificante a base de policarboxilato influye significativamente en la trabajabilidad y resistencia del concreto. Se determinó que, la dosis óptima para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto fueron de 0.5 y 1% a

temperaturas máximas, a comparación de 0.3% del peso del cemento, lo que corrobora la postura de Chuman y Rivas [12], donde la resistencia presenta mejor comportamiento en el slump 4" (muestra 11), con una temperatura de colocación menor a 35.5°C, siendo de 343.76 kg/cm², a diferencia de temperaturas superiores donde esta redujo a 314.66 kg/cm², difiriendo en 29.1 kg/cm² resultados a edad de 28 días, esto puede variar según sus características de entorno.

Posteriormente, al haber evaluado las diferentes características, con la finalidad de obtener trabajabilidad y mejorar la resistencia a compresión, con adición en el 1%, este presentó un mejor comportamiento en la trabajabilidad con respecto al 0.3% y 0.5%, en cambio, en la resistencia se observó un incremento de 1.13 (315.63 kg/cm²) y 1.17 (326.21 kg/cm²) con respecto al $f'c$ de slump 2" y 4", de igual manera, en el 0.5 % también se obtuvo el mismo factor de resistencia, con respecto a la $f'c=280$ kg/cm² (Gráfico 1), lo que contradice la postura de Cubas [13] que, utilizó aditivo retardante de fragua, curado húmedo y cemento tipo MS, teniendo en su investigación una resistencia de 1.03 (287.38 kg/cm²).

Al usar el aditivo a base de policarboxilato se mantuvo la trabajabilidad, en esta investigación, pero se tiene en cuenta que el tiempo de fraguado inicial es más corto por la T° ; durante el tiempo de colocación de 20-25 min, iniciando desde su medición de temperatura en colocación hasta realizar el acabado en los bloques, a diferencia de Agurto [14] que persistió la trabajabilidad y slump, durante 30 min, debido a su temperatura máxima de colocación, siendo esta de 22°C con dosificación óptima de 1.5% ; sin embargo, en esta investigación fue de 35.5°C. Tomando en cuenta la influencia del entorno que está expuesto la mezcla como es la temperatura ambiente y los materiales en diseño de esta.

Además, se identificó que a mayor incorporación de aditivo la mezcla es más fluida y trabajable, como se evidenció en la investigación de Chuman y Rivas [12], con respecto al de menor porcentaje de adición, puesto que, no se presentó exudación en la mezcla de concreto, dando como resultado una mezcla con consistencia homogénea donde se pudo evidenciar un mejor acabado superficial, al formarse una capa impermeabilizante en la superficie, evitando la evaporación del agua.

A temperaturas superiores a 35°C con adición de agua caliente utilizando el 1% de aditivo policarboxilato disminuye la resistencia (resultados obtenidos por extracción de diamantinas), que concuerda con lo que afirma Cubas [13] que a mayor temperatura de colocación disminuye la resistencia. Asimismo, este llegó a temperaturas de 37°C en colocación, turno tarde con slump de 3 "de diseño, obteniendo una resistencia 302.36 kg/cm² a los 28 días, cumple la

resistencia, a diferencia de la investigación realizada donde se obtuvo 314.66 kg/cm² con una T° 37.7°C.

La variación de temperaturas en el centro del bloque en el tiempo de madures del concreto alcanzó 51.9°C, en colocación 43.4°C, en un bloque de 0.5x0.5x0.25m de slump de 7" + aditivo en 1%, a diferencia de Chee [15] en un elemento de 1.3x1.3x1.3m con una temperatura pico en el tiempo de 49.53°C y de colocación a 23°C. Con respecto a Zeña [16] a temperatura interna pico en el centro con 59.9°C y temperatura superficial de 50°C en un elemento de 21.40 x 13.00 m x 2.40 m en condiciones frías, T° de colocación 11°C, ambiente 8.4°C y contiene 450 kg/m³ de cemento tipo IP, además de, Rodríguez en la fase 1 pila 14(37.4x37.4x0.6m) se registró en el tiempo con temperatura pico en el núcleo de 55.9°C [17].

A diferencia de temperaturas obtenidas de la mezcla y del ambiente difirieron en promedio de 4.58°C (muestras 1al 9), con respecto al de Santiago [18] de 5°C.

Del mismo modo, la dosificación óptima del aditivo superplastificante (Tipo F y Tipo II) a base de policarboxilato, según la investigación realizada fue del 0.5% del peso del cemento, lo que concuerda con Chuman y Rivas [12] que se encuentra dentro del rango de 0.3% y de 0.7%.

Conclusiones

Finalmente, se concluyó que la trabajabilidad mejora a mayor porcentaje de aditivo en el 1%; sin embargo, la dosificación óptima es 0.5%, dado que, las resistencias se mantienen en ambos porcentajes, en un factor 1.13(316.66 kg/cm²) y 1.17(326.21 kg/cm²) con respecto f'c, a temperatura de colocación de 22.5 y 27.9 °C, dando como resultado que a menor porcentaje de aditivo hubo mayor % de aire, asimismo, la cantidad de cemento por metro cúbico utilizado en el patrón fue de 470 y 505 kg; en cambio, la incorporación de aditivo con reducción de agua resultó ser de 406 y 435kg en el diseño de 2" y 4" respectivamente, con un peso unitario obtenido entre 2306-2324 kg/m³, utilizando el método de ACI 211 para una resistencia de 280 kg/cm² de diseño, teniendo una relación de a/c 0.5, cemento tipo I, aditivo policarboxilato 0.3%,0.5%,1% y reducción del 15% de agua, de diseño.

Se concluyó, con las extracciones de diamantina y aditivo policarboxilato en la mezcla mantuvo la resistencia superior a 280 kg/cm² a temperaturas máximas(35°C) y a temperaturas elevadas(43.4°C) en colocación, generadas por la influencia de temperatura de entorno y materiales, obteniendo resistencias 1.18(332.95 kg/cm²) y 1.12(314.6 kg/cm²) respectivamente, pero a su vez a mayor temperatura en colocación disminuye resistencia como resultó en el elemento estudiado de 0.5x0.5x0.25m como se puede evidenciar en el gráfico 3 y 4.

El resultado, en 7",4" y 2", se registró la variación temperatura interna máximas en 8.4°C ,1.1°C y 3.7°C respectivamente, con adición de agua caliente en 50-60°C, aditivo policarboxilato en el 1% y temperatura de agregados de 28-31°C, registrando temperatura máxima interna de 51.9°C a 5:32min después de su vaciado en el slump de 7".

Variación en la temperatura obtenida y teórica en un promedio de 3.1°C y 4.7°C, en temperatura de agregados 18°-24°C y 25-28°C, con humedad relativa máxima de 53.6% en el rango de mayor temperatura de agregados (muestra 5 y 6).

Recomendaciones

Mantener rendimientos superiores 0.989, evitando pérdida de volumen, esté se ve influenciado por los volúmenes de los materiales, además de, obtener pesos unitarios obtenidos superiores 2330 kg/m³, lo cual es fundamental la granulometría de los agregados gruesos permitiendo la trabajabilidad en la mezcla y una adecuada relación de volumen-peso.

Evitar, agregar agua con cemento para dar acabado superficial, ya que significaría que no hay una cohesión adecuada y provocando pérdida en su funcionalidad del aditivo como impermeabilizante superficialmente.

Seguir realizando pruebas a temperaturas máximas, con respecto a tensiones generadas a edades tempranas por la temperatura e identificando el alaveo en un elemento.

Realizar bloques con adición de agua caliente para identificar su máxima temperatura pico en el tiempo e identificar si las adiciones como aditivos mantienen las propiedades mecánicas del concreto a temperaturas pico.

Referencias

- [1] B. C, G. J, C. M, y H. P, «Hormigón y hormigonado de cimentación con hormigón autocompactante y de elevadas prestaciones (70 MPa)», vol. 6, n.o 1, p. 13, 2016.
- [2] G. Holdings, «ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA PARA CONCRETO PREMEZCLADO», p. 2, 2016.
- [3] Torrijos, M. C., Giaccio, G., y Zerbino. R, «Desarrollo de la fisuración por la reacción álcali sílice en bloques de hormigón simple y reforzados con distintos tipos de fibras», Revista hormigón, p. 9, mar. 2023.
- [4] Pombo. R y Zerbino. R, «Sobre la expectativa de fisuras en un piso industrial de hormigón», Revista hormigón, p. 12, mar. 2023.
- [5] Cuenca Asensio. E, «Hormigones reforzados con fibras de acero. Conceptos fundamentales y aplicaciones estructurales», Revista hormigón, p. 9, abr. 2021.
- [6] Hernández, J. R. N, «Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. Asociación Colombiana de Productores de Concreto», 2010.
- [7] E. Pasquel, TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO EN EL PERU, 2.a ed. Perú, 1998.
- [8] INDECOPI, «NORMA TÉCNICA PERUANA». 3, 2021.
- [9] ACI Committee, «Standar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavweight, and Mass Concrete», 2009.
- [10] NRMCA, «Cooling Ready Mixed Concrete», NRMCA Publication No. 106, 1962.
- [11] Instituto de Construcción y Gerencia, «NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.060 CONCRETO ARMADO».
- [12]. B. C. Chávez, K. Andrés, y B. R. Ochoa, «ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES A BASE DE POLICARBOXILATOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO FLUIDO», p. 190, 2020.
- [13] M. T. C. Rosales, «INFLUENCIA DE LAS ALTAS TEMPERATURAS INTERNAS DEL VACIADO DEL CONCRETO EN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FISURACIÓN», p. 146.
- [14] P. Agurto, «INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN LA CONSISTENCIA DE CONCRETOS FLUIDOS EN LIMA 2021», Universidad Privada del Norte, Lima, 2021. [En línea]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27703/Agurto%20Marcelo%2c%20Peter%20Andres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [15] G. C. Siang, «Determination of Temperature Rise and Temperature Differentials of CEMII/B-V Cement for 20MPa Mass Concrete using Adiabatic Temperature Rise Data», IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 217, p. 012008, jul. 2017, Doi: 10.1088/1757-899X/217/1/012008.
- [16] Zeña, M. A. Z, «ESTUDIO TERMODINÁMICO TEÓRICO - PRÁCTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE VACIADOS DE CONCRETO MASIVO A MÁS DE 4 700 m.s.n.m EN LA SIERRA DEL PERÚ. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ», p. 17, 2015.
- [17] D. A. R. Rodríguez, «EVALUACIÓN TERMODINÁMICA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO MASIVO: ESTUDIO NUEVO PUENTE PUMAREJO», 2019.
- [18] S. R. Venencia, «Temperatura del hormigón fresco: colocación y compactación con temperaturas mayores a 30°C», p. 117, 2022.