

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para
la resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² en Juliaca – 2023**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Jose Luis Turpo Mamani
Climaco Tocre Huanca

Asesor:

Mg. Jose Pacori Pacori

Juliaca, diciembre de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo **Mg. Jose Pacori Pacori**, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN EL PROCESO DE CURADO PARA LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EN JULIACA – 2023**, de los autores **Jose Luis Turpo Mamani** y **Climaco Tocre Huanca** tiene un índice de similitud de 10% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 17 días del mes de diciembre del año 2024.



Mg. Jose Pacori Pacori



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 04 día(s) del mes de diciembre del año 2024 siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro Leonel Chukueros Pacari el (la) secretario(a): Msc Eder

Mamani Ghambi y los demás miembros: Mg Adán Thome

Quipe Pacari y el (la) asesor(a) Mg Jose

Pacari Pacari con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto f'c = 210 kg/cm2 en Juliaca - 2023.

del(los) bachiller(es): a) Jose Luis Zurgo Mamani

b) Olimaco Eze Huanca

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Jose Luis Zurgo Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller (b): Olimaco Eze Huanca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Bachiller (a)

Miembro

Bachiller (b)

Secretario/a

Miembro

Bachiller (c)

Agradecimiento

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quisiéramos extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron lo posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron una inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial para DIOS, nuestros padres, hermanos y amigos. Las gracias a ellos por demostrarnos que el verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.

Mi gratitud, también a la escuela profesional de ingeniería civil, a nuestro asesor de tesis Mg. Jose Pacori Pacori y a cada docente que nos contribuyó con sus enseñanzas.

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios que nos guio hasta concluir nuestra carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a nuestros lados brindándonos su apoyo, sus consejos para hacer de cada uno de nosotros una mejor persona, a nuestros amigos, compañeros y todas aquellas personas que contribuyeron en el logro de nuestros objetivos.

Índice de Contenido

Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Resumen.....	11
Abstract	12
1. Introducción.....	13
2. Métodos	16
2.1. Preparación de materiales	16
2.1.1. Materiales utilizados	16
2.1.2. <i>Diseño de mezcla del concreto</i>	17
2.1.3. <i>Elaboración de probetas cilíndricas</i>	17
2.1.4. <i>Condiciones de curado para las probetas de concreto</i>	18
2.1.4.1 Curado a temperatura baja.....	19
2.1.5. <i>Esquema de medición</i>	19
2.2. Influencia del gradiente térmico en el proceso del curado	20
2.3. Determinación de las pruebas de resistencia del concreto expuestos al gradiente térmico (-18 ± 2°C).....	20
2.3.1. <i>Pruebas de resistencia del concreto a compresión, expuestos al gradiente térmico sin incorporador de aire (SIA)</i>	21
2.3.2. <i>Pruebas de resistencia del concreto a compresión, expuestos al gradiente térmico con incorporador de aire (CIA)</i>	21
2.4. Determinación de las pruebas de resistencia del concreto expuestos a condiciones óptimas al gradiente térmico 23 ± 2 °C.....	21
3. Resultados	22
3.1. Resumen de la influencia del gradiente térmico en el proceso del curado	22

3.2.	Manejo de temperatura para el curado de los especímenes de concreto.....	22
3.2.1.	<i>Resistencia del concreto al aplastamiento sin incorporador de aire (SIA) con temperatura critica (-18+2 °C).</i>	24
3.2.2.	<i>Resistencia del concreto al aplastamiento con incorporador de aire (CIA) con temperatura critica (-18+2 °C).</i>	25
3.2.3.	<i>Resistencia del concreto al aplastamiento con temperatura controlada 23+2 °C sin incorporador de aire.</i>	26
4.	Discusión	29
4.1.	Interacción del clima en temperatura bajo cero y temperatura estándar.....	29
4.2.	Interacción del uso de aditivo incorporador de aire (IA) en el concreto.....	30
5.	Análisis e interpretación de datos	31
6.	Análisis estadístico de los aguantes de los especímenes de concreto.	34
7.	Conclusión.....	43
8.	Expresiones de gratitud	45
9.	Referencias	46
	Anexos	48

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Propiedades físicas del cemento</i>	16
Tabla 2. <i>Propiedades químicas del cemento</i>	16
Tabla 3. <i>Diseños de mezcla de concreto</i>	17
Tabla 4. <i>Variación de los aguantes del concreto curado a 7 días.</i>	34
Tabla 5. <i>Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 7 días</i>	34
Tabla 6. <i>Valores medios de los aguantes del concreto curado a 7 días.</i>	35
Tabla 7. <i>Variación de los aguantes del concreto curado a 14 días.</i>	36
Tabla 8. <i>Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 14 días</i>	36
Tabla 9. <i>Valores medios de los aguantes del concreto curado a 14 días.</i>	37
Tabla 10. <i>Variación de los aguantes del concreto curado a 21 días.</i>	38
Tabla 11. <i>Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 21 días</i>	38
Tabla 12. <i>Valores medios de los aguantes del concreto curado a 21 días.</i>	39
Tabla 13. <i>Variación de los aguantes del concreto curado a 28 días.</i>	40
Tabla 14. <i>Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 28 días</i>	40
Tabla 15. <i>Valores medios de los aguantes del concreto curado a 28 días.</i>	41
Tabla 16. <i>Análisis de varianza</i>	42
Tabla 17. <i>Resumen de datos hallados por el método Tukey</i>	42

Índice de Figuras

Figura 1. <i>FORNEY F-250-VFD máquina automática de prueba de aplastamiento</i>	19
Figura 2. <i>Comparación de aguantes del concreto (SIA) curada a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C), concreto (CIA) curada a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C) y concreto (SIA) curada a temperatura estándar (+23 °C ± 2 °C).</i>	29
Figura 3. <i>Rango de diferencia diaria de la temperatura estándar (23 °C ± 2 °C) para el curado del concreto (SIA).</i>	23
Figura 4. <i>Rango de diferencia diaria de temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C) para el curado del concreto (SIA) y (CIA).</i>	23
Figura 5. <i>Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA), curado a temperatura crítica (-18 ± 2 °C) a diferentes edades.</i>	24
Figura 6. <i>Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA) representado en porcentaje (%) y curado a temperatura crítica (-18 ± 2 °C) a diferentes edades.</i>	25
Figura 7. <i>Resistencia al aplastamiento del concreto (CIA), curado a temperatura crítica (-18 ± 2 °C) a diferentes edades.</i>	25
Figura 8. <i>Resistencia al aplastamiento del concreto (CIA) representado en porcentaje (%) y curado a temperatura crítica (-18 ± 2 °C) a diferentes edades.</i>	26
Figura 9. <i>Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA), curado a temperatura estándar (23 °C ± 2 °C) a diferentes edades.</i>	27
Figura 10. <i>Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA) representado en porcentaje (%) y curado a temperatura crítica (23 °C ± 2 °C) a diferentes edades.</i>	27
Figura 11. <i>Comparación de aguante al aplastamiento del concreto (SIA) curada a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C) y curada a temperatura estándar (23 °C ± 2 °C).</i>	29
Figura 12. <i>Comparación de aguante al aplastamiento del concreto (SIA) y concreto (CIA)</i>	

<i>curadas a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C).</i>	30
Figura 13. <i>Comparación de aguantes del concreto (SIA) curada a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C), concreto (CIA) curada a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C) y concreto (SIA) curada a temperatura estándar (+23 °C ± 2 °C).</i>	33
Figura 14. <i>Valores medios del aguante de los concreto curado a 7 días.....</i>	35
Figura 15. <i>Valores medios del aguante de los concretos curado a 14 días.....</i>	37
Figura 16. <i>Valores medios de aguante de los concreto curado a 21 días.</i>	39
Figura 17. <i>Valores medios del aguante de los concreto curado a 28 días.</i>	41

Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Juliaca – 2023

Resumen

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo, pero su resistencia puede verse comprometida por condiciones de gradiente térmico durante su etapa de construcción y curado. Este fenómeno es crítico, ya que los cambios de temperatura pueden generar tensiones internas que afectan la integridad estructural del concreto. El objetivo de esta indagación es evaluar la influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, temperatura sumergida y temperatura ambiente. Esta investigación es experimental teniendo un enfoque cuantitativo. Se elaboró 60 probetas cilíndricas de concreto de 150mm de diámetro y 300mm de altura. 40 probetas con diseño (ACI) sin incorporador de aire (SIA) y 20 probetas con diseño (ACI) con incorporador de aire (CIA) de 2.5%. Luego de haber elaborado las probetas se realizó el curado en diferentes condiciones de temperatura. 20 probetas con diseño ACI (SIA) fue curado a temperatura estándar ($23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$), 20 probetas con diseño ACI (SIA) y 20 probetas con diseño ACI (CIA) de 2.5% fueron curados a temperatura baja ($-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$). Se hicieron ensayos de compresión uniaxial a las probetas de concreto curado a temperatura estándar y curado a temperatura baja a los 7, 14, 21 y 28 días de edad. Se obtuvieron resultados de acuerdo a nuestros análisis estadísticos desarrollados y determinados por el método Tukey, ya que este método consistió en determinar las diferencias de nuestras muestras de resistencias con el valor más crítico, para finalmente deducir, que cuanto más crítico sea la temperatura bajo $0 \text{ }^\circ\text{C}$ la resistencia del concreto a compresión disminuirá significativamente. Se concluyó que una temperatura $-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ la resistencia de las probetas con diseño ACI con incorporador de aire (CIA) fue mayor que las probetas con diseño ACI sin incorporador de aire (SIA). En cambio, las probetas con diseño ACI (SIA) y curada a temperatura estándar llegó a su resistencia optima, las cuales vemos la importancia de la utilización de los aditivos en climas críticos bajo $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Palabra clave: Gradiente térmico, influencia, curado estándar, clima, concreto.

Influence of the thermal gradient in the curing process for the concrete strength $f'_c=210$ kg/cm² in Juliaca – 2023

Abstract

Concrete is the most widely used construction material in the world, but its strength can be compromised by thermal gradient conditions during its construction and curing stages. This phenomenon is critical, as temperature changes can generate internal stresses that affect the structural integrity of the concrete. The objective of this investigation is to evaluate the influence of the thermal gradient in the immersion curing process for the concrete strength $f'_c=210$ kg/cm² submerged temperature and ambient temperature. This research is experimental with a quantitative approach. 60 cylindrical concrete specimens of 150mm diameter and 300mm height were made. 40 specimens with ACI design without air-entraining additive (SIA) and 20 specimens with ACI design with 2.5% air-entraining additive (CIA). After having prepared the specimens, curing was carried out under different temperature conditions. 20 specimens with ACI design (SIA) were cured at standard temperature (23 ± 2 °C), 20 specimens with ACI design (SIA) and 20 specimens with ACI design (CIA) of 2.5% were cured at low temperature (-18 ± 2 °C). Uniaxial compression tests were carried out on the concrete specimens cured at standard temperature and cured at low temperature at 7, 14, 21 and 28 days of age. Results were obtained according to our statistical analysis developed and determined by the Tukey method, since this method consisted in determining the differences of our strength samples with the most critical value, to finally deduce that the more critical the temperature below 0 °C, the compressive strength of concrete will decrease significantly. It was concluded that at a temperature of -18 ± 2 °C the strength of the ACI design test pieces with air entrainer (CIA) was greater than that of the ACI design test pieces without air entrainer (SIA). On the other hand, the ACI design test pieces (SIA) and cured at standard temperature reached their optimum strength, which shows the importance of using additives in critical climates below 0 °C.

Keyword: Thermal gradient, influence, standard curing, climate, concrete.

1. Introducción

Siendo el concreto uno de los materiales más utilizados en la construcción a nivel nacional, por su gran resistencia, durabilidad y versatilidad. Teniendo resistencias altas con bajos costos en materiales y su mantenimiento. Según Wang *et al.*, (2022) mencionan que el concreto es actualmente el elemento de construcción más grande del mundo. Según Xin *et al.*, (2020) mencionan que con la rápida edificación y el crecimiento económico en los países en desarrollo, como China e India, el requerimiento anual de concreto puede alcanzar los 18 mil millones de toneladas para el 2050. Podemos afirmar que el concreto en el futuro seguirá siendo utilizado y por más cantidades. Sin embargo, las diferentes construcciones con concreto están expuestas a diferentes condiciones de gradientes térmicos, temperaturas bajo 0 °C. que el medio ambiente ejerce y ello puede influir negativamente en su resistencia.

Chen *et al.*, (2023) Investigaron el entorno para el concreto en regiones extremadamente frías es más duro e incluye erosión iónica, cambios en las condiciones secas y húmedas, ciclos de congelación y descongelación a baja temperatura y otros sucesos que provocan daños en la superficie y grietas en carreteras y puentes, lo que provoca que las estructuras de hormigón no alcancen su vida útil por falta de durabilidad. Li *et al.*, (2022) observaron que, en la zona fría, los ciclos cíclicos de escarcha y congelación-descongelación pueden deteriorar gravemente el concreto, causar descascarillado y engrosar la estructura porosa, un proceso que hace que el material cambie de denso a suelto. Cuando el concreto está seriamente dañado, la durabilidad estructural y las propiedades mecánicas, la seguridad y la confiabilidad de las estructuras de ingeniería pueden reducirse y causar peligros repentinos.

Sin embargo, el curado en el concreto es uno de los factores más importantes, donde se debe mantener una temperatura y humedad adecuada durante un periodo de tiempo después de su colocación y acabados de la mezcla. Según Zeyad *et al.*, (2022) citado por Y. Wang *et al.*, (2023) mencionan que unas buenas medidas de curado pueden promover la

hidratación del cemento y formar más productos de hidratación, lo que es beneficioso para el desarrollo de resistencia a largo plazo. Según Husem y Gozutok (2005) mencionan que un curado inadecuado, la superficie del concreto se debilita y la permeabilidad aumenta. Aunque el curado es muy importante hasta obtener la resistencia del hormigón fresco, en muchos países se cura menos de lo necesario o nunca. Y demuestra que el hormigón endurecido no puede tener ni la calidad ni el rendimiento necesario. Según Y. Wang *et al.*, (2023) afirman que existen al menos dos formas adecuadas de curar el hormigón en la fase inicial de endurecimiento. Una es humedecer continuamente las superficies expuestas del concreto, incluyendo rociado o nebulización, encharcamiento o inmersión, y recubrimientos húmedos saturados; el otro es disminuir la evaporación de agua del concreto, incluida la aplicación de compuestos de curado y cubrir el concreto con láminas de plástico impermeables. Según Husem y Gozutok (2005) mencionan que el método y período de curado aplicado al concreto dependen tanto de las propiedades del concreto fresco como de la temperatura de la atmósfera. Por lo tanto, debe haber una temperatura de curado adecuada para completar la hidratación del cemento. En climas cálidos (más de 30 °C), el agua necesaria para la hidratación se evaporará; en climas fríos, el agua del hormigón fresco se congelará, por lo que el cemento no puede completar la hidratación y no se pueden alcanzar las propiedades deseadas.

Los estudios previos sobre la investigación se realizaron principalmente para mejorar la resistencia del concreto en temperaturas bajas, en condiciones de congelación. Según He *et al.*, (2020) investigaron los efectos de diferentes factores en la distribución de temperatura en el campo de la pasta de cemento y el acondicionamiento del mortero en ciclos de congelación-descongelación, y se señaló que agregar agregados finos y reducir la relación agua/cemento podría mejorar la resistencia cíclica de congelación-descongelación de Materiales a base de cemento hasta cierto punto a baja temperatura. Liang *et al.*, (2021)

citado por Zhang *et al.*, (2022) estudiaron las influencias de los parámetros relacionados con la estructura de los poros del hormigón con aire incorporado en un ambiente de curado a baja temperatura (3 °C), y los resultados demostraron que la distribución del tamaño de los poros del hormigón se degradó y el rango de distribución del tamaño de los poros principal aumentó considerablemente. en condiciones de baja temperatura. Según Hale *et al.*, (2009) citado por Ren *et al.*, (2023) mencionan que el uso de un agente inclusor de aire (AEA) que puede mejorar la resistencia a las heladas del concreto al reducir el espacio entre los poros del concreto. Según Ren *et al.*, (2023) mencionan que al reducir el espacio entre los poros del hormigón, una dosis adecuada de AEA puede mejorar significativamente la resistencia a las heladas del hormigón. Según González *et al.*, (2021) citado por Ren *et al.*, (2023) agregaron Incorporador de aire AEA en el concreto y encontraron que las muestras con menor contenido de AEA tienen un mejor comportamiento bajo ciclos de congelación-descongelación. Según las revisiones literarias, el uso de los aditivos de incorporador de Aire (IA) es indispensable en las zonas de bajas temperaturas, ya que estos aditivos nos ayudaran a mejorar elocuentemente la durabilidad y resistencia del concreto.

En este artículo se experimentó el cambio de la resistencia a aplastamiento del concreto consecuente al curado a desiguales temperaturas. Una parte de las muestras se curó a temperatura en congelación (-18 °C) y se probó su resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días. Otra parte de las muestras se curó a temperatura estándar (23 ± 2 °C) y se probó su resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días. Por otro lado, para aún más validar nuestros datos se desarrolló el análisis estadístico de correlación por el método Tukey, lo cual nos indica a una conclusión cuanto más crítico sea la temperatura bajo 0 °C. la resistencia del concreto disminuirá significativamente.

2. Métodos

2.1. Preparación de materiales

2.1.1. Materiales utilizados

En el presente artículo se utilizó varios materiales para la fabricación del concreto normal y concreto normal con aditivo incorporador de aire, los materiales utilizados son las siguientes: Cemento portland tipo I (42.5 kg) producido por la fábrica de cemento sur S.A. la tabla 1 y 2 enumeran las propiedades físicas y las composiciones químicas del cemento respectivamente.

Tabla 1

Propiedades físicas del cemento

Descripción	Peso específico (gr/cm ³)	expansión en autoclave (%)	fraguado vicat inicial (minutos)	contenido de aire	resistencia a la compresión			resistencias a los sulfatos	
					3 días	7 días	28 días	% expansión a los 6 meses	% expansión a un 1 año
Cemento RUMI tipo IP	2.75 a 2.85	0.07 a 0.03	170 a 270	2.5 a 8.0	Kg/cm ² 175 a 200	225 a 255	306 a 340	<0.04	<0.05
Requisitos norma NTP 334.090 ASTM C-595	-	-0.20 a 0.80	45 a 420	12 max	Kg/cm ² 133 min	204 min	255 min	0.05 Max	0.10 Max

Tabla 2

Propiedades químicas del cemento

Descripción	MgO %	SO ₃	Pérdida por ignición (%)
Cemento RUMI tipo IP	-	1.5 a 3.0	1.5 a 4.0
Requisitos norma NTP 334.090 ASTM C-595	6.00 Max.	4.00 Max.	5.00 Max.

Para el concreto normal (NC) de fabricación propia, excepto el cemento Portland. El agregado fino utilizado fue arena de mecanismo con un rango de tamaño de partícula de 0,075 a 4,75 mm, El agregado grueso fue canto rodado con rango de tamaño de 4.75 a 25

mm, teniendo una densidad aparente de 1.87 g/cm³.

Para el concreto normal con reducción de agua (NC) de fabricación propia, excepto el cemento Portland y el reductor de agua. El agregado fino utilizado fue arena de mecanismo con un rango de tamaño de partícula de 0,075 a 4,75 mm, El agregado grueso fue canto rodado con rango de tamaño de 4.75 a 25 mm, con una densidad aparente de 1.87 g/cm³. El aditivo incorporador de aire se utilizó en 2.5%.

2.1.2. Diseño de mezcla del concreto

El diseño de mezcla empleado para esta investigación fue el método ACI 211.1 para un aguanete de $f'c=210$ kg/cm² con un SLUM de 2". Se consideró aire atrapado de 1.5% y la relación agua / cemento fue de 0.56. El resumen de las proporciones mostramos en la tabla 3.

Tabla 3

Diseños de mezcla de concreto

Descripción	Cemento (kg/m³)	Agua total (kg/m³)	Agregado fino (kg/m³)	Agregado grueso (kg/m³)	Incorporador de aire (2.5%)
Mezcla 1	321.94	179.00	286.17	1048.65	0.00
Mezcla 2	321.94	170.95	286.17	1048.65	8.05

2.1.3. Elaboración de probetas cilíndricas

Para la elaboración de las probetas, se utilizó moldes cilíndricos según lo detallado en la norma ASTM C-39, C- 192 con las siguientes dimensiones: 6" de diámetro y 12" de altura (152mm x 305mm), según la norma e.060 concreto armado del capítulo 5, estos diámetros mencionados, nos piden como mínimo el promedio de las resistencias de 2 probetas cilíndricas moldeadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecidas para la determinación de $f'c$. Por lo cual nosotros optamos al promedio de las resistencias de 5 probetas cilíndricas moldeadas de la misma muestra de

concreto, para tener resultados más exactos.

Se realizaron 2 mezclas diferentes como se especifica en la tabla 3. La mezcla 1 no contiene aditivo y la mezcla 2 contiene 2.5% aditivo incorporador de aire. Se moldearon cuarenta muestras cilíndricas de probetas con la mezcla 1 y veinte muestras cilíndricas de probetas con la mezcla 2 (2.5% aditivo incorporador de aire).

Para mezclar la mezcla 1 como indica en la tabla 3. Se empleó una mezcladora de concreto eléctrico. Se agregó agua, agregado grueso, agregado fino y el cemento para mezclar durante 2 min. Se procede a controlar la prueba de asentamiento (SLUM) para luego colocar en los moldes cilíndricos y realizar su compactación, se cubrió con plástica hasta 24 horas después, procediéndose con el desmoldado. Luego se trasladó a la sala de curado para ser curado hasta 28 días de edad.

Para mezclar la mezcla 2 como indica en la tabla 3. Se empleó una mezcladora de concreto eléctrico. Se agregó agua con aditivo incorporador de aire y se removió durante 1 min, agregado grueso, agregado fino y el cemento para mezclar durante 2 min. Se procede a controlar la prueba de asentamiento (SLUM) para luego colocar en los moldes cilíndricos y realizar su compactación, se cubrió con plástica hasta 24 horas después, procediéndose con el desmoldado. Luego se trasladó a la sala de curado para ser curado hasta 28 días de edad.

2.1.4. Condiciones de curado para las probetas de concreto

2.1.4.1. Curado a temperatura estándar.

El curado a temperatura estándar fue de 23 ± 2 °C y humedad $\geq 98\%$. (ASTM C31 s. f.) nos indica que posterior a cumplir el curado inicial y alrededor de los 30 min detrás de sacar los moldes, se procede a curar los especímenes en agua sumergido completamente todo el tiempo a una temperatura de 23 ± 2 °C (73 ± 3 °F) utilizando recipientes que almacene agua o cuartos con bastante humedad y que cumplan con los requisitos de la especificación C 511.

2.1.4.2. Curado a temperatura baja.

El curado a temperatura baja fue de -18 ± 2 °C. Esta temperatura se usó como condición ambiental de curado para experimentar los efectos que causa en su resistencia a los 28 días de edad.

2.1.5. Esquema de medición

2.1.5.1. Resistencia al aplastamiento.

Los ensayos de aguante a compresión de las probetas de concreto se realizaron de acuerdo a la norma (ASTM C39, s. f.) indica que este método de prueba reside en la aplicación de una carga de aplastamiento uniaxial a las probetas de concreto o núcleos a una velocidad de carga desarrollada (0.25 ± 0.05 MPa/s). En la presente investigación se usó una máquina automática de compresión de marca y modelo FORNEY F-250-VFD como detallamos en la figura 1.

Figura 1

FORNEY F-250-VFD máquina automática de prueba de aplastamiento



2.2. Influencia del gradiente térmico en el proceso del curado

Para la evaluación de la influencia del gradiente térmico en el proceso del curado en relación a la resistencia del concreto, optamos por una serie de ensayos para nuestro diseño de mezcla, las cuales fueron: contenido de humedad, granulometría del agregado grueso y del agregado fino, material que pasa la malla n°200 del agregado fino, peso unitario suelto del agregado fino, peso unitario compactado del agregado fino, peso unitario suelto del agregado grueso, peso unitario compactado del agregado grueso, peso específico y absorción del agregado fino y grueso, para así seguidamente optar nuestros respectivos resultados mediante ensayos de aplastamiento o ensayos a compresión; en dos diferentes temperaturas controladas.

Una vez hallado nuestros resultados pasamos al paso de la evaluación estadística, según los métodos de correlación que lo corresponde; en nuestro caso optamos por el método Tukey.

Tukey es uno de los métodos más usados cuando se tiene más de 2 variables, para el análisis estadístico, lo cual llegamos a una conclusión, cuanto más crítico sea la temperatura bajo 0 °C. la resistencia del concreto disminuirá significativamente.

Esto nos conlleva al uso obligatorio de un aditivo que ayude a combatir en la resistencia del concreto en climas fríos.

2.3. Determinación de las pruebas de resistencia del concreto expuestos al gradiente térmico (-18 ± 2°C).

La determinación de las pruebas de resistencia del concreto se obtuvo de dos diseños de mezcla: primero sin incorporador de aire (SIA), segundo con incorporador de aire (CIA)

2.3.1. Pruebas de resistencia del concreto a compresión, expuestos al gradiente térmico sin incorporador de aire (SIA)

Se realizaron pruebas de compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con el diseño de mezcla 1, que cumplen con las normas técnicas peruanas, las cuales los resultados obtenidos no llegaron a su resistencia óptima, debido a la temperatura bajo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ($-18\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.) que se hicieron los respectivos curados, que más adelante se indicaran los resultados.

2.3.2. Pruebas de resistencia del concreto a compresión, expuestos al gradiente térmico con incorporador de aire (CIA)

El diseño de mezcla se modificó solo con una variación de aumento de aditivo (diseño de mezcla 2), incorporador de aire (IA), los cuales se tuvieron resultados a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con aumentos de más del 20% de su resistencia del concreto a compresión, se recalca que se trabajó con la misma temperatura ($-18 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Según el aumento de su resistencia del concreto el; uso del aditivo es fundamental para el curado del concreto en zonas heladas o frías ya que mejoran su resistencia del concreto.

2.4. Determinación de las pruebas de resistencia del concreto expuestos a condiciones óptimas al gradiente térmico $23 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se realizaron pruebas de compresión con el diseño de mezcla 1, a una temperatura establecido bajo norma de $23 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, a los 7, 14, 21 y 28 días, los cuales se obtuvieron resultados positivos, que cumplen con la norma establecidas. Los resultados se mostrarán más adelante mediante cuadros.

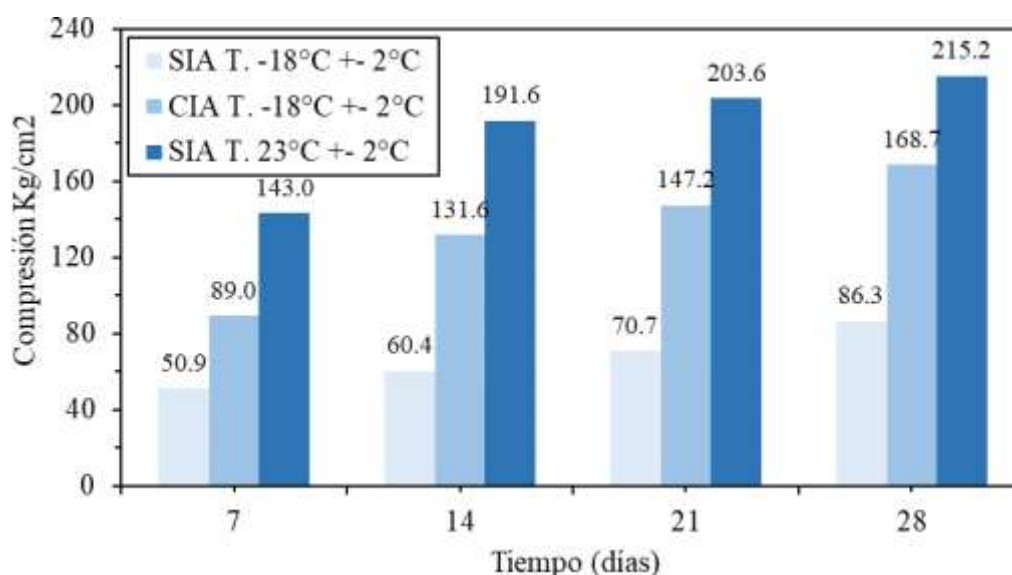
3. Resultados

3.1. Resumen de la influencia del gradiente térmico en el proceso del curado

Seguidamente se detalla los resultados de la influencia del gradiente térmico en el proceso del curado en la resistencia del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en temperatura optima y temperatura bajo $^{\circ}0$ como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Comparación de aguentes del concreto (SIA) curada a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), concreto (CIA) curada a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y concreto (SIA) curada a temperatura estándar ($+23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).



3.2. Manejo de temperatura para el curado de los especímenes de concreto

La temperatura es uno de los elementos principales en el proceso de curado del concreto para llegar a su optima resistencia. Según Zeyad *et al.*, (2022) citado por Y. Wang *et al.*, (2023) mencionaron que las buenas medidas de curado pueden promover la hidratación del cemento y formar más productos de hidratación, lo que es beneficioso para el desarrollo de resistencia a largo plazo. En la figura 3 se verifica el rango del gradiente térmico o

gradiente de temperatura a la variación diaria de la temperatura estándar ($+23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) según norma (*ASTM C31*, s. f.) en el curado de 20 especímenes de concreto sin incorporador de aire (SIA). En la figura 4 mostramos el rango de diferencia diaria de la temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) para el curado de 20 probetas de concreto sin incorporador de aire (SIA) y 20 probetas de concreto con incorporador de aire (CIA).

Figura 3

Rango de diferencia diaria de la temperatura estándar ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) para el curado del concreto (SIA).

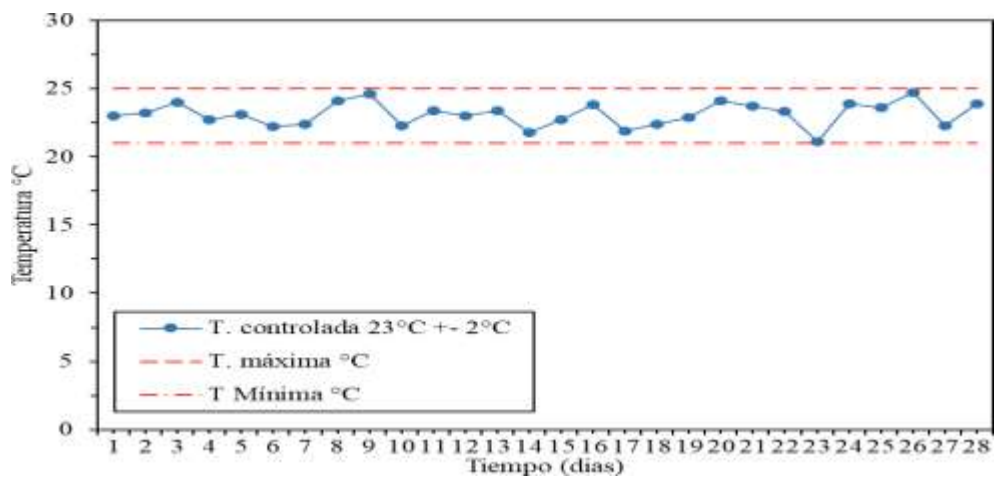
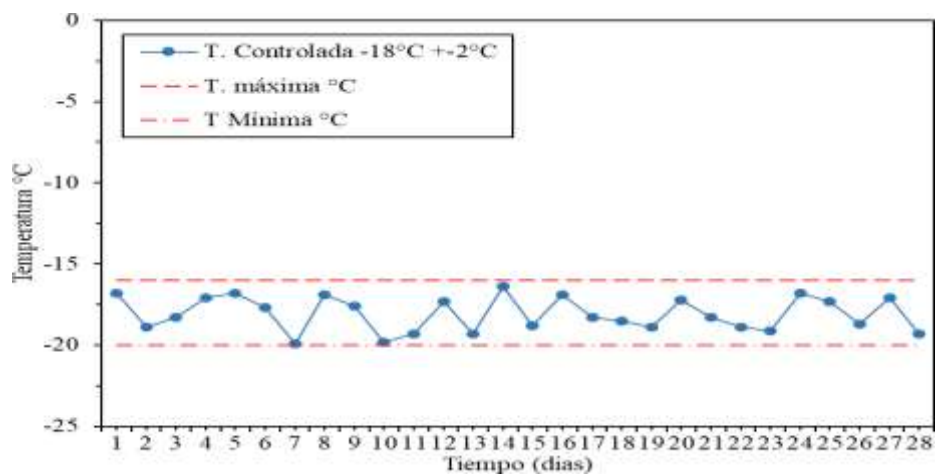


Figura 4

Rango de diferencia diaria de temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) para el curado del concreto (SIA) y (CIA).

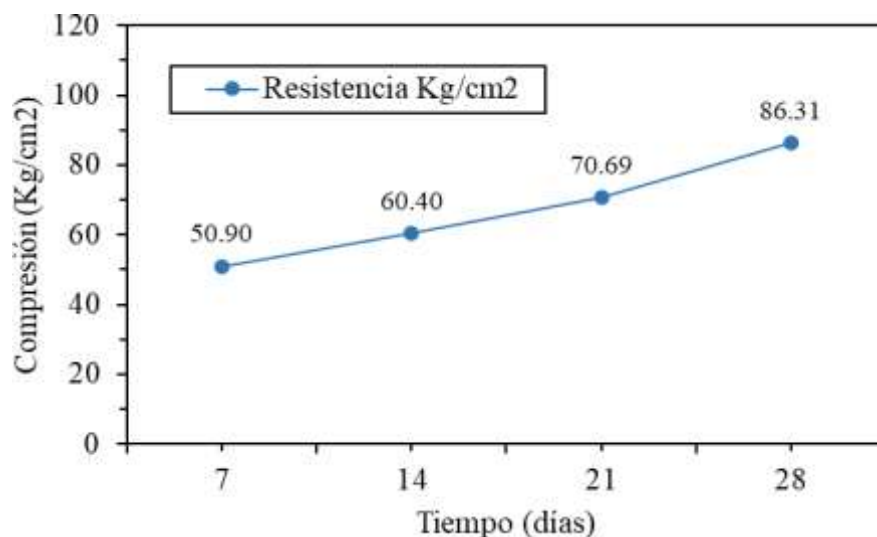


3.2.1. Resistencia del concreto al aplastamiento sin incorporador de aire (SIA) con temperatura crítica (-18±2 °C).

La resistencia al aplastamiento es uno de los factores más trascendentales de las propiedades mecánicas del concreto. En la figura 5 detallamos la evolución de la resistencia del concreto (SIA) curado a temperatura crítica (-18 °C ± 2 C°) llegando a una resistencia de $f'c=86.31\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de curado.

Figura 5

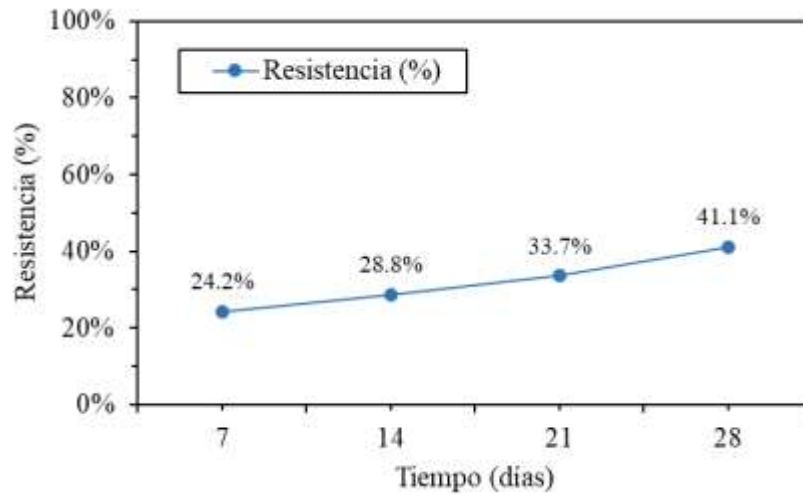
Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA), curado a temperatura crítica (-18 ± 2 °C) a diferentes edades.



En la figura 6 detallamos la evolución de la resistencia del concreto (SIA) representado en porcentaje (%), curado a temperatura crítica (-18 °C ± 2 °C) llegando a una resistencia de 41.1% de su resistencia óptima a los 28 días de curado.

Figura 6

Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA) representado en porcentaje (%) y curado a temperatura crítica ($-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) a diferentes edades.

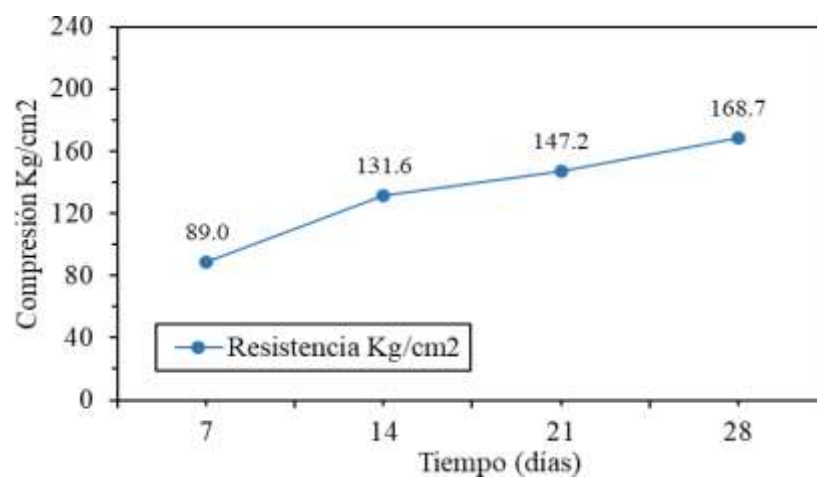


3.2.2. Resistencia del concreto al aplastamiento con incorporador de aire (CIA) con temperatura crítica ($-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Se presenta la resistencia del concreto añadiendo (IA). En la figura 7 detallamos la evolución de la resistencia del concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) llegando a un aguanete de $f'c=168.7 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de curado.

Figura 7

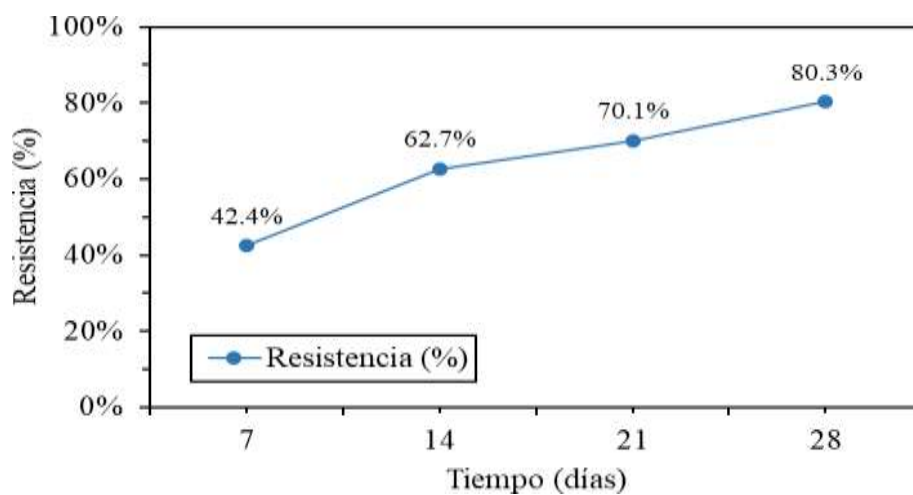
Resistencia al aplastamiento del concreto (CIA), curado a temperatura crítica ($-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) a diferentes edades.



En la figura 8 detallamos la evolución de la resistencia del concreto (CIA) representado en porcentaje (%), curado a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) llegando a una resistencia de 80.3% de su resistencia optima a los 28 días de curado.

Figura 8

Resistencia al aplastamiento del concreto (CIA) representado en porcentaje (%) y curado a temperatura crítica ($-18 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a diferentes edades.

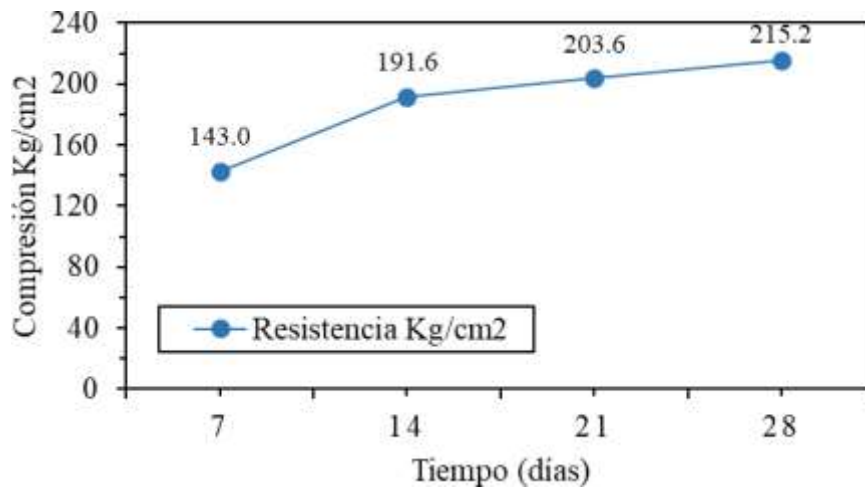


3.2.3. Resistencia del concreto al aplastamiento con temperatura controlada $23\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sin incorporador de aire.

En la figura 9 detallamos la evolución de la resistencia del concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) llegando a un aguante de $f'c=215.2\text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de curado.

Figura 9

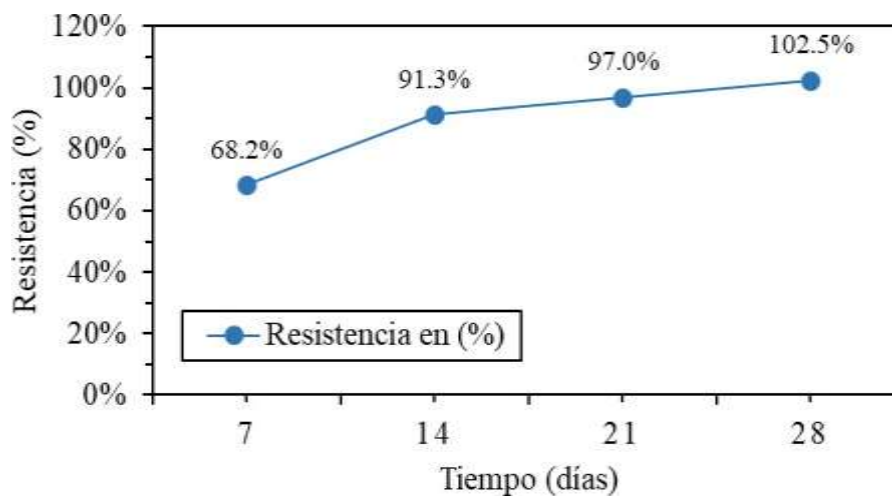
Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA), curado a temperatura estándar ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a diferentes edades.



En la figura 10 detallamos el progreso de la resistencia del concreto (SIA) representado en porcentaje (%), curado a temperatura crítica ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) llegando a una resistencia de 102.5% de su resistencia optima a los 28 días de curado.

Figura 10

Resistencia al aplastamiento del concreto (SIA) representado en porcentaje (%) y curado a temperatura crítica ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a diferentes edades.



De la figura 8 y figura 6 deducimos que el concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) tiene la resistencia más alta que el concreto (SIA) también curado a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) con una variación de 18.1%, 33.9%, 36.5% y 39.2% a los 7, 14, 21 y 28 días de curado respectivamente.

De la figura 9 se deduce que el concreto (SIA) y curado a temperatura estándar ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) según la norma (*ASTM C31*, s. f.) llegando a una resistencia de 68.2%, 91.3%, 97.0% y 102.5% a los 7, 14, 21 y 28 días de curado respectivamente. Estos especímenes cumplen con su resistencia optima establecida en la norma.

4. Discusión

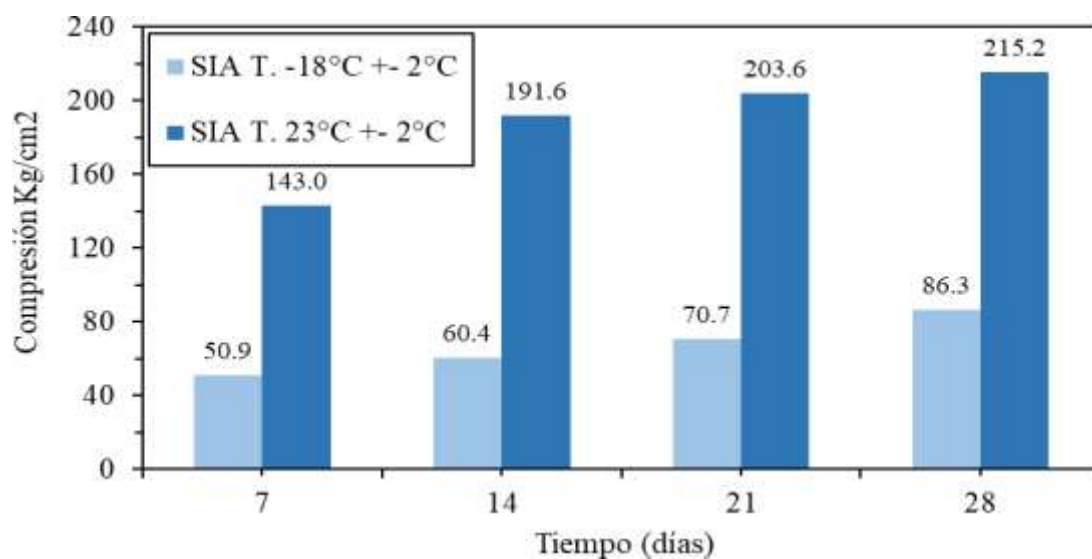
Los resultados mostrados anteriormente, demuestran la diferencia del uso de aditivo incorporador de aire y la interferencia del clima a temperatura estándar y temperaturas bajo cero. Por lo cual analizaremos estos dos datos.

4.1. Interacción del clima en temperatura bajo cero y temperatura estándar.

En la figura 9 podemos apreciar la gran diferencia de resultados, y lo que implica el clima en el aguante al aplastamiento, ya que cuando el concreto llega a un sistema de congelación, esto conlleva a generar pequeños poros de espacios interiormente, y en su momento de su descongelación quedan espacios vacíos lo que genera perder su resistencia y su vida útil del concreto, por lo cual en esta investigación buscamos mejorar la resistencia al aplastamiento en climas fríos.

Figura 11

Comparación de aguante al aplastamiento del concreto (SIA) curada a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) y curada a temperatura estándar ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$).

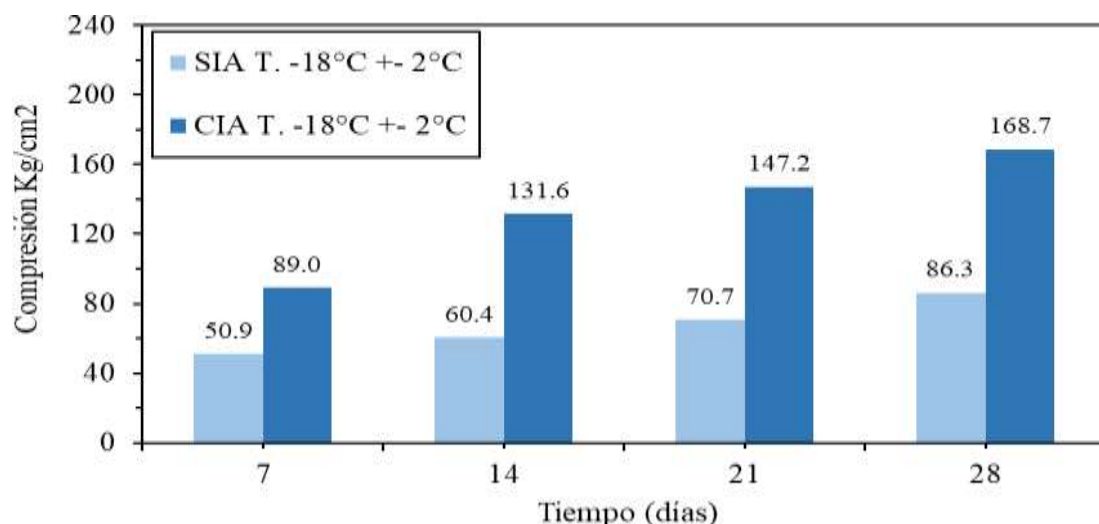


4.2. Interacción del uso de aditivo incorporador de aire (IA) en el concreto.

En la figura 10 podemos apreciar el aumento de aguante al aplastamiento a los 7, 14, 21 y 28 días, con tan solo agregar un 2,5% de aditivo incorporador de aire (IA) de acuerdo al peso del cemento a nuestro diseño. Ya que ambas muestras fueron curadas a una temperatura de -18 ± 2 °C bajo cero. Por lo cual es notable la importancia y el uso obligatorio de aditivos en climas fríos. Según investigaciones el aditivo superplastificante e incorporador de aire, se cree que las dos mezclas pueden facilitar el efecto mutuo de forma interactiva. Esto puede explicarse porque, debido a las burbujas de aire generadas por el incorporador de aire, se reduce la fricción entre los agregados, lo que mejora la trabajabilidad del concreto. En cuanto al superplastificante, puede distribuir el incorporador de aire de manera uniforme, lo que aumenta la eficiencia del incorporador de aire.

Figura 12

Comparación de aguante al aplastamiento del concreto (SIA) y concreto (CIA) curadas a temperatura crítica (-18 °C \pm 2 °C).



5. Análisis e interpretación de datos

De la figura 5 y 6 deducimos que las probetas cilíndricas del concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a los 7 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 50.90 kg/cm^2 que representa un 24.24% de su aguante óptima, a los 14 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 60.40 kg/cm^2 que representa un 28.76% de su aguante óptima, a los 21 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 70.69 kg/cm^2 que representa 33.66% de su aguante óptima y a los 28 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 86.31 kg/cm^2 que representa un 41.10% de su aguante óptima. afirmamos que su aguante al aplastamiento es muy bajo y no cumple con lo estipulado en la norma (ASTM C31, s. f.) ya que lo establecido debería llegar a los 7 días a 65 %, 14 días a 90%, 21 días a 95% y a los 28 días a 99% de su aguante óptima. En este caso se tiene una diferencia de 40.76%, 61.24%, 61,34% y 57.90% a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente por debajo de su aguante óptima. Podemos deducir que el curado en temperaturas bajas ($-18 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) congelación y deshielo es el tipo de deterioro más extendido de las estructuras de hormigón en las regiones de clima frío. Según Y. Wang et al., (2023) menciona que los autores Yuan et al., (2015), Zhang et al., (2022), Zhang y Taylor, (2015) afirman que bajo ciclos repetidos de congelación y descongelación, las estructuras de hormigón quedan dañadas permanentemente. Según Ren et al., (2023) menciona que Xu et al., (2022) menciono que durante la congelación, el agua en el hormigón aumenta un 9% en volumen, lo que posiblemente provoque heladas. Por lo cual, si no tomamos medidas de precaución en el curado del concreto en climas fríos, se tendrán estos resultados que se presentaron, y la vida útil de nuestras construcciones serán menores y menos resistentes.

De la figura 7 y 8 deducimos que las probetas cilíndricas del concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a los 7 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 89.00 kg/cm^2 que representa un 42.4% de su aguante óptima, a los 14 días de curado llegó

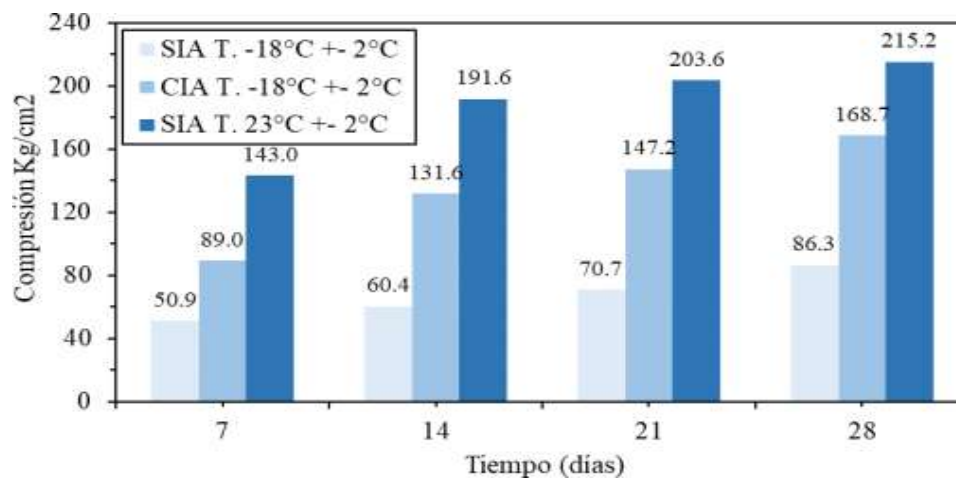
a un aguante al aplastamiento de 131.6 kg/cm² que representa un 62.7% de su aguante óptima, a los 21 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 147.2 kg/cm² que representa 70.1% de su aguante óptima y a los 28 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 168.7 kg/cm² que representa un 80.3% de su aguante óptima. podemos afirmar que su aguante al aplastamiento aumentó a diferencia del concreto (SIA) en 18.13%, 33.90%, 36.45 y 39.24% a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente, pero no cumple con lo estipulado en la norma (ASTM C31, s. f.) ya que lo establecido debería llegar a los 7 días a 65 %, 14 días a 90%, 21 días a 95% y a los 28 días a 99% de su aguante óptima. En este caso se tiene una diferencia de 22.63%, 27.34%, 24.88% y 18.66% a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente por debajo de su aguante óptima. Afirmamos que el uso de aditivos climas fríos es fundamental, ya que si hacemos un excelente control de curado más el uso de aditivos podemos llegar a tener mejores resultados de los que se obtuvimos. Según Richardson *et al.*, (2012) citado por Ren *et al.*, (2023) mencionan que el uso de un agente inclusor de aire (AEA) puede mejorar su aguante a las heladas del concreto al reducir el espacio entre los poros del concreto. Por lo cual se afirma que el uso de un Incorporador de aire en el concreto ayuda a mejorar su aguante al aplastamiento en climas fríos.

De la figura 9 y 10 deducimos que las probetas cilíndricas de concreto (SIA) curado a temperatura estándar (23 °C ± 2 °C) a los 7 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 143.0 kg/cm² que representa un 68.2% de su aguante óptima, a los 14 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 191.6 kg/cm² que representa un 91.3% de su aguante óptima, a los 21 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 203.6 kg/cm² que representa 97.0% de su aguante óptima y a los 28 días de curado llegó a un aguante al aplastamiento de 215.2 kg/cm² que representa un 102.5% de su aguante óptima. Verificamos que los aguantes de las probetas cilíndricas de concreto (SIA) y curadas a temperatura estándar según la norma (ASTM C31, s. f.) si cumple y llega a su aguante óptima. En la figura 10 observamos las

diferencias con respecto a su aguante al aplastamiento de las probetas cilíndricas de concreto debido a su diseño y las diferentes condiciones de curado. Afirmamos que la temperatura en el proceso de curado influye directamente en el aguante del concreto.

Figura 13

Comparación de aguantes del concreto (SIA) curada a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), concreto (CIA) curada a temperatura crítica ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) y concreto (SIA) curada a temperatura estándar ($+23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$).



6. Análisis estadístico de los aguantes de los especímenes de concreto.

Se evaluó una serie de correlaciones para obtener nuestro análisis estadístico correcto, por lo cual se mostrarán en los cuadros las variables con los cuales se trabajarán en distintos tiempos de ensayo y en dos temperaturas evaluadas.

Para nuestro análisis estadístico trabajaremos con el método Tukey.

Tabla 4

Variación de los aguantes del concreto curado a 7 días.

Muestra	Und	Concreto (SIA) (- 18°C ± 2°C)	Concreto (CIA) (- 18°C ± 2°C)	Concreto (SIA) (23°C ± 2°C)
M - 1	Kg/cm ²	51.99	85.42	146.00
M - 2	Kg/cm ²	53.08	87.15	144.00
M - 3	Kg/cm ²	48.25	95.85	139.00
M - 4	Kg/cm ²	53.66	85.07	144.00
M - 5	Kg/cm ²	47.55	91.44	142.00

Planteamiento de la hipótesis:

H₀ = hipótesis nula, las medias son iguales

H₁ = hipótesis alterna; no todas las medias

serán iguales A = 0.05, que viene a ser el

nivel de significancia.

Tabla 5

Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 7 días

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p	Valor critico
Factor	2	21415.70	10707.80	889.72	0.000	3.86
Error	12	144.40	12.00			
Total	14	21560.10				

Como la probabilidad $p = 0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y aprobamos la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales es decir que las resistencias son diferentes debido a que su curación fue sometida a diferentes condiciones de temperatura y también se realizó en diferentes diseños de concreto.

Como se aprueba la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey. Agrupamos utilizando el procedimiento de Tukey con una confianza de 95%.

Tabla 6

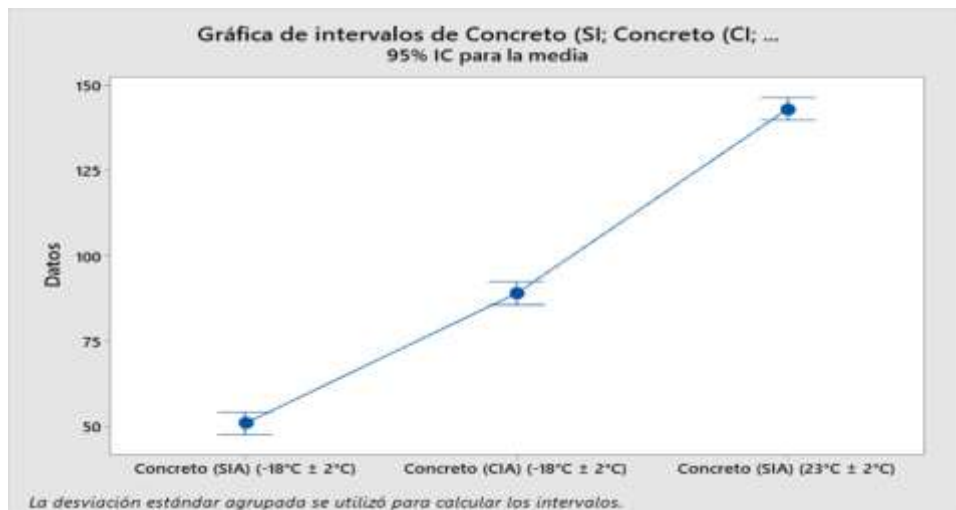
Valores medios de los aguantes del concreto curado a 7 días.

Factor	N	Media	Agrupación
Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	143.00	A
Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	88.99	B
Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	50.90	C

La media del concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) es significativamente diferente a la media del concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y a la media delconcreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) debido a que se curó de acuerdo a lo que indica la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Figura 14

Valores medios del aguante de los concreto curado a 7 días.



El punto más bajo tuvo el concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 50.90 kg/cm^2 esto debido a que en el curado no se cumplió con la temperatura que la norma (*ASTM C31*, s. f.) nos pide. El punto medio es el concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 88.99 kg/cm^2 lo cual es mayor que el concreto mencionado anteriormente, esto debido a que mejoramos el concreto con aditivo incorporador de aire en un 2.5%. El punto más alto es el concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 143.00 kg/cm^2 debido a que cumplimos con las especificaciones de la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Tabla 7

Variación de los aguantes del concreto curado a 14 días.

Muestra	Und	Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)
M - 1	Kg/cm^2	56.90	136.36	192.00
M - 2	Kg/cm^2	62.54	137.55	195.00
M - 3	Kg/cm^2	55.97	136.18	187.00
M - 4	Kg/cm^2	60.49	120.06	191.00
M - 5	Kg/cm^2	66.07	127.81	193.00

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula, las medias son iguales

H_1 = hipótesis alterna; no todas las medias serán iguales $\alpha = 0.05$, que viene a ser el nivel de significancia.

Tabla 8

Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 14 días

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p	Valor crítico
Factor	2	43141.10	21570.60	783.51	0.000	3.86
Error	12	330.40	27.5			
Total	14	43471.50				

Como la probabilidad $p = 0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y aprobamos la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales es decir que los aguantes son diferentes debido a que su curación fue sometida a diferentes condiciones de temperatura y también se realizó en diferentes diseños de concreto.

Como se aprueba la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey. Agrupamos utilizando el procedimiento de Tukey con una confianza de 95%.

Tabla 9

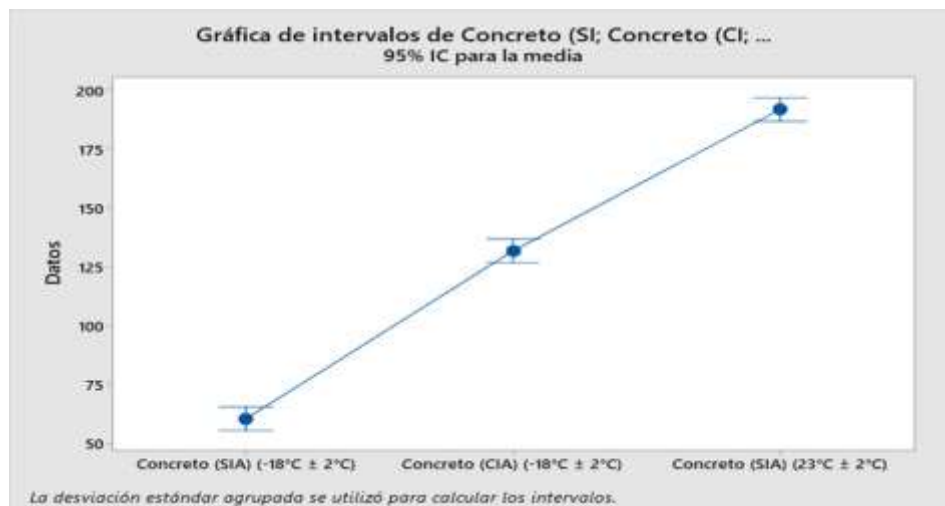
Valores medios de los aguantes del concreto curado a 14 días.

Factor	N	Media	Agrupación
Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	191.60	A
Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	131.59	B
Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	60.40	C

La media del concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) es significativamente diferente a la media del concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y a la media del concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) debido a que se curó de acuerdo a lo que indica la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Figura 15

Valores medios del aguante de los concretos curado a 14 días.



El punto más bajo tuvo el concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 60.40 kg/cm^2 esto debido a que en el curado no se cumplió con la temperatura que la norma (*ASTM C31*, s. f.) nos pide. El punto medio es el concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 131.59 kg/cm^2 lo cual es mayor que el concreto mencionado anteriormente, esto debido a que mejoramos el concreto con aditivo incorporador de aire en un 2.5%. El punto más alto es el concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 191.60 kg/cm^2 debido a que cumplimos con las especificaciones de la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Tabla 10

Variación de los aguantes del concreto curado a 21 días.

Muestra	Und	Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)
M - 1	Kg/cm ²	56.90	136.36	192.00
M - 2	Kg/cm ²	62.54	137.55	195.00
M - 3	Kg/cm ²	55.97	136.18	187.00
M - 4	Kg/cm ²	60.49	120.06	191.00
M - 5	Kg/cm ²	66.07	127.81	193.00

Planteamiento de la hipótesis:

H₀ = hipótesis nula, las medias son iguales

H₁ = hipótesis alterna; no todas las medias serán iguales $\alpha = 0.05$, que viene a ser el nivel de significancia.

Tabla 11

Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 21 días

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p	Valor critico
Factor	2	44528.60	22264.30	845.34	0.000	3.86
Error	12	316.10	26.30			
Total	14	44844.70				

Como la probabilidad $p = 0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y aprobamos la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales es decir que los aguantes son diferentes debido a que su curación fue sometida a diferentes condiciones de temperatura y también se realizó en diferentes diseños de concreto.

Como se aprueba la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey. Agrupamos utilizando el procedimiento de Tukey con una confianza de 95%.

Tabla 12

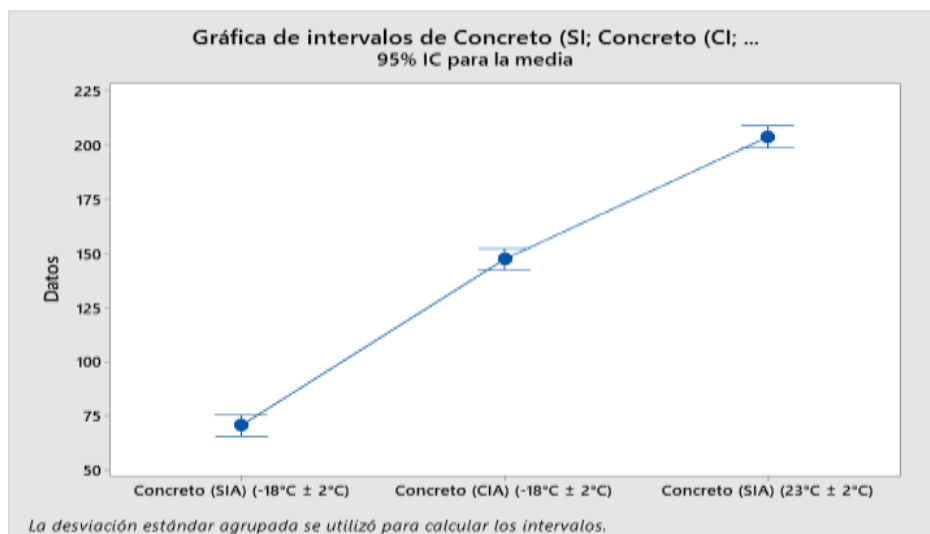
Valores medios de los aguantes del concreto curado a 21 días.

Factor	N	Media	Agrupación
Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	203.64	A
Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	147.24	B
Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	70.69	C

La media del concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) es significativamente diferente a la media del concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y a la media del concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) debido a que se curó de acuerdo a lo que indica la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Figura 16

Valores medios de aguante de los concreto curado a 21 días.



El punto más bajo tuvo el concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 70.69 kg/cm^2 esto debido a que en el curado no se cumplió con la temperatura que la norma (*ASTM C31*, s. f.) nos pide. El punto medio es el concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 147.24 kg/cm^2 lo cual es mayor que el concreto mencionado anteriormente, esto debido a que mejoramos el concreto con aditivo incorporador de aire en un 2.5%. El punto más alto es el concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 203.64 kg/cm^2 debido a que cumplimos con las especificaciones de la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Tabla 13

Variación de los aguantes del concreto curado a 28 días.

Muestra	Und	Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)
M - 1	Kg/cm ²	81.87	152.82	212.54
M - 2	Kg/cm ²	92.46	153.98	216.76
M - 3	Kg/cm ²	80.89	184.77	214.18
M - 4	Kg/cm ²	81.98	182.57	217.77
M - 5	Kg/cm ²	94.33	169.39	214.68

Planteamiento de la hipótesis:

H₀ = hipótesis nula, las medias son iguales

H₁ = hipótesis alterna; no todas las medias serán iguales

A = 0.05, que viene a ser el nivel de significancia.

Tabla 14

Estudio de varianza de los aguantes del concreto curado a 28 días

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p	Valor crítico
Factor	2	42599.00	21299.40	230.85	0.000	3.86
Error	12	1107.00	92.30			
Total	14	43706.00				

Como la probabilidad $p = 0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y aprobamos la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales es decir que los aguantes son diferentes debido a que su curación fue sometida a diferentes condiciones de temperatura y también se realizó en diferentes diseños de concreto.

Como se aprueba la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey. Agrupamos utilizando el procedimiento de Tukey con una confianza de 95%.

Tabla 15

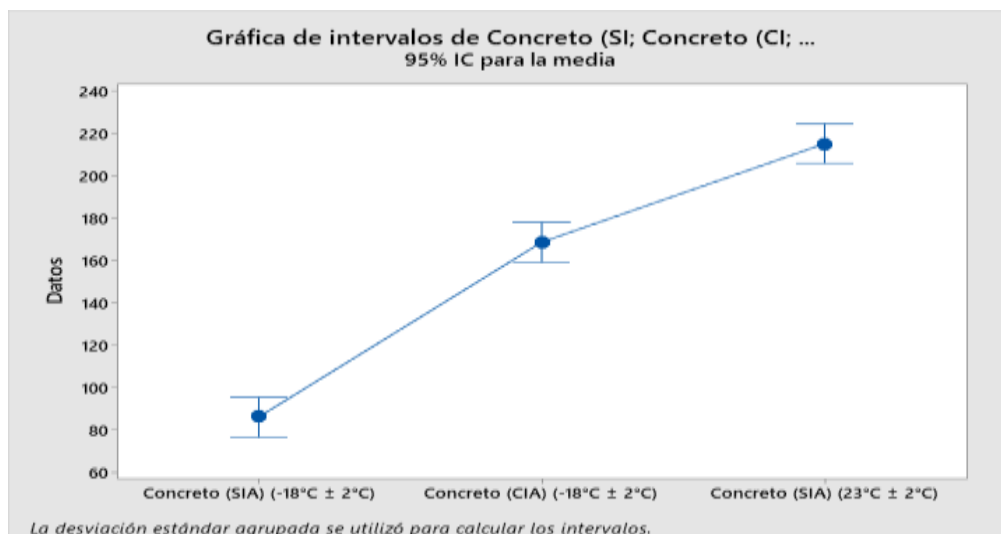
Valores medios de los aguantes del concreto curado a 28 días.

Factor	N	Media	Agrupación	
Concreto (SIA) ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	215.19	A	
Concreto (CIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	168.71		B
Concreto (SIA) ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	5	86.31		C

La media del concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) es significativamente diferente a la media del concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y a la media del concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) debido a que se curó de acuerdo a lo que indica la norma (*ASTM C31*, s. f.).

Figura 17

Valores medios del aguante de los concreto curado a 28 días.



El punto más bajo tuvo el concreto (SIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 86.31 kg/cm^2 esto debido a que en el curado no se cumplió con la temperatura que la norma (*ASTM C31*, s. f.) nos pide. El punto medio es el concreto (CIA) curado a temperatura crítica ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 168.71 kg/cm^2 lo cual es mayor que el concreto mencionado anteriormente, esto debido a que mejoramos el concreto con aditivo incorporador de aire en un 2.5%. El punto más alto es el concreto (SIA) curado a temperatura estándar ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con un aguante de 215.19 kg/cm^2 debido a que cumplimos con las especificaciones de la norma (*ASTM C31*, s. f.).

6.1. Resumen de análisis de datos por el método Tukey

En el siguiente cuadro mostraremos el resumen general de los análisis de varianza y resultados según el método de tukey.

Tabla 16

Análisis de varianza

Días	P-valor	Valor F	Valor crítico para F
7 días	0.00	889.72	3.89
14 días	0.00	783.51	3.89
21 días	0.00	845.34	3.89
28 días	0.00	230.85	3.89

Tabla 17. Resumen de datos hallados por el método Tukey

T_{α}	Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
5.85	$\mu_A - \mu_B$	38.08	Significativa
	$\mu_A - \mu_C$	92.10	Significativa
	$\mu_B - \mu_C$	54.01	Significativa
8.85	$\mu_A - \mu_B$	71.20	Significativa
	$\mu_A - \mu_C$	131.20	Significativa
	$\mu_B - \mu_C$	60.01	Significativa
8.65	$\mu_A - \mu_B$	76.55	Significativa
	$\mu_A - \mu_C$	132.95	Significativa
	$\mu_B - \mu_C$	56.40	Significativa
16.19	$\mu_A - \mu_B$	82.40	Significativa
	$\mu_A - \mu_C$	128.88	Significativa
	$\mu_B - \mu_C$	46.48	Significativa

7. Conclusión

Se evaluaron la influencia del gradiente térmico en el proceso del curado en la resistencia a compresión del concreto ($f'_c=210\text{kg/cm}^2$), lo cual podemos definir de la figura 13, El punto más bajo tuvo el concreto (SIA) curado a temperatura ambiente crítico ($-18^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) con un aguante de 50.9, 60.4, 70.7 y 86.31 kg/cm^2 esto debido a que en el curado no se cumplió con la temperatura que la norma (*ASTM C31*, s. f.) que se nos pide. El punto medio es el concreto (CIA) curado a temperatura ambiente crítico ($-18^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) con un aguante de 89.0, 131.6, 147.2 y 168.71 kg/cm^2 lo cual es mayor que el concreto mencionado anteriormente, esto debido a que mejoramos el concreto con aditivo incorporador de aire en un 2.5%. El punto más alto es el concreto (SIA) curado a temperatura estándar sumergida ($23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) con un aguante de 143.0, 191.6, 203,6 y 215.19 kg/cm^2 debido a que cumplimos con las especificaciones de la norma (*ASTM C31*, s. f.). Como también recalcar para nuestro análisis estadístico de correlación utilizamos el método de Tukey, el cual fue el más adecuado para la interpretación de nuestros resultados; ya que es uno de los métodos que trabaja de 2 variables a más, nos indica que cuanto más crítico sea la temperatura bajo 0°C . la resistencia del concreto disminuirá significativamente, y cuanto mayor sea la diferencia del valor media, las variables del rango de valor de aceptación se alejara significativamente, por lo cual se recomienda el uso de aditivos para mejorar la resistencia del concreto en climas fríos, para así tener resultados positivos, entre las diferencias de valores medios.

Se determinaron las pruebas de resistencia del concreto a compresión, expuestos al gradiente térmico curadas en temperaturas críticas ($-18^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) temperatura ambiente. Las probetas de concreto (SIA) a los 7 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 24.2%, a los 14 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 28.8%, a los 21 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 33.7% y a los 28 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 41.1%. Afirmamos que no alcanzó a su optima aguante

debido a las condiciones del curado, se recomienda tener un buen control de temperatura en el proceso de curado debido a que influye directamente en su aguante.

Se determinaron las pruebas de resistencia del concreto a compresión, expuestos a condiciones óptimas del gradiente térmico ($23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) curadas en temperatura sumergible como indica la norma (ASTM C31, s. f.). Las probetas de concreto (SIA) a los 7 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento 68.2%, a los 14 días de curado se obtuvo aguante al aplastamiento de 91.3%, a los 21 días de curado se obtuvo aguante al aplastamiento de 97.0% y a los 28 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 102.5%. Afirmamos que alcanzó a su aguante óptima de su resistencia a la compresión.

Finalmente, las probetas de concreto con aditivo incorporador de aire (CIA) de (2.5%) curadas a temperatura crítica ($-18 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) temperatura ambiente, a los 7 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 42.4%, a los 14 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 62.7%, a los 21 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 70.1% y a los 28 días de curado se obtuvo un aguante al aplastamiento de 80.3%. se afirma que es fundamental el uso de aditivo incorporador de aire en el concreto para climas fríos o fríos extremos debido a que se tuvo un incremento considerable en el aguante de 18.13%, 33.90%, 36.45% y 39.24% a los 7, 14, 21 y 28 días de curado, respectivamente en comparación al concreto (SIA), los cuales se puede apreciar la importancia del uso de aditivo incorporador de aire en climas fríos.

8. Expresiones de gratitud

Agradezco a Dios por sus bendiciones en sabiduría, inteligencia, salud y paciencia a lo largo de esta investigación. También un agradecimiento profundo a mis padres por ser el sustento anímico y emocional en los momentos complicados que pase. Como olvidarme de agradecer a mis hermanos por sus palabras de aliento y motivación para culminar esta investigación.

Expreso mi más sincera correspondencia a nuestro asesor Mg. José Pacori Pacori quien nos ha orientado y apoyado a lo largo de nuestra investigación. nos proporciona las herramientas y conocimientos urgentes para perfeccionar nuestras destrezas como ingeniero civil y que siempre estuvo favorable cuando necesitamos de su ayuda. Su profesionalidad entusiasmo y dedicación han sido esenciales para el éxito de nuestro trabajo de investigación.

9. Referencias

- ASTM C31 *Standard Practice for Preparation and Curing of Concrete Test Specimens on Site*. Recuperado 11 de abril de 2023, de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-ambato/ingenieria-vial/astm-c31-normas-astm/10103395>
- ASTM C39. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Recuperado 23 de marzo de 2024, de https://www.astm.org/c0039_c0039m-21.html
- Chen, H., Cao, Y., Liu, Y., Qin, Y., & Xia, L. (2023). Enhancing the durability of concrete in severely cold regions: Mix proportion optimization based on machine learning. *Construction and Building Materials*, 371, 130644. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130644>
- Husem, M., & Gozutok, S. (2005). The effects of low temperature curing on the compressive strength of ordinary and high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 19(1), 49-53. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.04.033>
- Li, Q., Xu, F., Zheng, H., Shi, J., & Zhang, J. (2022). Experimental Study on Freeze-Thaw Effects on Creep Characteristics of Rubber Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022, e9182729. <https://doi.org/10.1155/2022/9182729>
- Ren, J., Lai, Y., Zhang, J., & Pei, W. (2023). Whether mixed using polypropylene fiber and air-entraining agent can further improve the macro and micro durability of concrete in cold and sulfate regions. *Cold Regions Science and Technology*, 212, 103891. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2023.103891>
- Wang, J., Long, G., Xiang, Y., Dong, R., Tang, Z., Xiao, Q., Yang, Z., & Ma, K. (2022). Influence of rapid curing methods on concrete microstructure and properties: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01600.

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01600>

- Wang, Y., Xiao, R., Lu, H., Hu, W., Jiang, X., & Huang, B. (2023). Effect of curing conditions on the strength and durability of air entrained concrete with and without fly ash. *Cleaner Materials*, 7, 100170. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100170>
- Xin, J., Zhang, G., Liu, Y., Wang, Z., Yang, N., Wang, Y., Mou, R., Qiao, Y., Wang, J., & Wu, Z. (2020). Environmental impact and thermal cracking resistance of low heat cement (LHC) and moderate heat cement (MHC) concrete at early ages. *Journal of Building Engineering*, 32, 101668. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101668>
- Zhang, L., Ma, R., Lai, J., Ruan, S., Qian, X., Yan, D., Qian, K., & Wang, S. (2022). Performance buildup of concrete cured under low-temperatures: Use of a new nanocomposite accelerator and its application. *Construction and Building Materials*, 335, 127529. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127529>

Anexos

Anexo 1. Evidencia de sumisión

Editores electrónicos de revistas de SPbPU: nuevo comentario / Envío electrónico de revistas de SPbSPU: nuevo comentario



journals@spbpu.ru
para mí

====PARA LEER ESTE MENSAJE EN INGLÉS, DESPLÁCESE HACIA ABAJO=====

Hola, estimación,

El editor ha añadido un nuevo comentario a tu artículo "Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm² en Julaca - 2023".
El artículo del portal "Oficina editorial electrónica de las revistas de la SPbPU" se encuentra en <https://journals.spbstu.ru/art/ide/17479/>

Puede optar por no recibir notificaciones de nuevos comentarios editando su perfil.

Este correo electrónico se generó automáticamente y no es necesario responderlo.

Atentamente,

los editores de la revista "Revista Ingeniería y Construcción".

====ESPAÑOL====

Estimado Cínicca Tórré Huancó,

Editor agregó un nuevo comentario a su artículo "Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm² en Julaca - 2023".
La página del artículo en el sitio "Envío electrónico para revistas de SPbSPU" es <https://journals.spbstu.ru/art/ide/17479/>

Puedes darte de baja de las notificaciones de nuevos comentarios editando tu perfil.

Este mensaje de correo electrónico se generó automáticamente. Por favor no responda.

Atentamente,

Comité editorial de la Revista de Ingeniería Civil



Página del artículo

Título: Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Juliaca - 2023

Enviado por: [ToCre Huanca Climaco](#)

Estado del artículo: nuevo

Idioma del artículo: Inglés

Orden de nombramiento del autor: [ToCre Huanca Climaco](#)

Recibió: 26 de octubre de 2024, 5:17 am

Solicitudes de autores

Diario: Revista de Ingeniería Civil

Asunto: MCE/2024 #ir-2

Asignado por el editor

Diario: Revista de Ingeniería Civil

Asunto: MCE/#no asignado

Haga clic en "Versión actual (editar)" para editar el artículo. Luego, haga clic en el botón "Enviar para revisión" para enviar el artículo.

Artículo		Deisystvia			
Versión	Archivo	Versión	Reseñado	Archivo	Conclusión
Versión actual (editar) (vista previa)					
#1 del 26/10/2024 05:13					

Información del autor en la revista

Panel de acciones del autor

Enviar

Retirar manuscrito

Discusión

6 de noviembre de 2024, 12:25 p. m.	Editor	¡Статья возвращена редактором на доработку! ¡El artículo fue devuelto para su modificación!
6 de noviembre de 2024, 12:24 p. m.	Editor	Estimado autor, muchas gracias por enviar su artículo. Le advertimos que debido a la gran cantidad de artículos enviados a la revista, existe una larga cola de publicación (aproximadamente seis meses desde el momento del envío hasta el momento de la publicación). Si no está satisfecho con los términos, puede retirar el artículo.

Perfil personal

Mis artículos (1/0)

Mis reseñas

Mis primeros pasos (0/0)

Mis coautores

Información de contacto d

Ayuda

Soporte técnico

Salida

Anexo 2. Resolución de expedito.



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0227-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 16 de mayo de 2023

VISTO:

El expediente de Jose Luis Turpo Mamani, identificado(a) con Código Universitario N° 201322717 y Climaco Tocre Huanca, identificado(a) con Código Universitario N° 201322713, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que Jose Luis Turpo Mamani y Climaco Tocre Huanca, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm² en Juliaca - 2023" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;


Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 16 de mayo de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Influencia del gradiente térmico en el proceso de curado para la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm² en Juliaca - 2023" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a Mg. Jose Pacori Pacori como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: Mg. Alder Josue Quispe Panca y Mg. Ingrid Angela Villafuerte Lujano, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salmas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:

- Interesado
- Asesor
- Dirección General de Investigación
- Archivo

Anexo 3. Constancia de ensayo de laboratorio



ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Leonel Chauares Paucar; Coordinador de la escuela profesional de Ingeniería Civil y el jefe de laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

HACE CONSTAR:

Que los bachilleres de Jose Luis Turpo Mamani y Climaco Toca Huanca en Ingeniería Civil:

Con Códigos Universitarios N°201322717, 201322713

Ha realizado ensayos en el laboratorio de Tecnología de Concreto y ensayos de los materiales, Laboratorio de Estructuras para completar su trabajo de tesis denominado: "Influencia del gradiente térmico en el proceso del curado para la resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Juliaca - 2023" con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Los trabajos se realizaron entre: 10/07/23 al 15/12/23.

Los ensayos efectuados por los tesisistas fueron los siguientes:

- ✓ 01 contenido de humedad
- ✓ 01 granulometría del agregado grueso
- ✓ 01 granulometría del agregado fino
- ✓ 01 material que pasa la malla N°200 del agregado fino
- ✓ 01 peso unitario suelto del agregado fino
- ✓ 01 peso unitario compactado del agregado fino
- ✓ 01 peso unitario suelto del agregado grueso
- ✓ 01 peso unitario compactado del agregado grueso
- ✓ 01 peso específico y absorción del agregado fino
- ✓ 01 peso específico y absorción del agregado grueso
- ✓ 40 ensayos a compresión del concreto ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$)
- ✓ 20 und. de curado de especímenes de concreto en refrigeradora (28 días)
- ✓ 20 und. de curado de especímenes de concreto en Refrigeradora (28 días)

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiari, 14 de agosto de 2024


Ing. Leonel Chauares Paucar
Coordinador E.P de Ingeniería Civil


Bachiller Yheyson
Salas Pampa
Jefe de Laboratorio
de Concreto



ENSAYO: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO				GC 0057/09-030
NORMA: ASTM C39/C39M 2E				Revisión: 03
Fecha: 15/09/2022				Fecha: 04/05/2023
Elaborado Por: GAP	Revisado Por: EFC	Aprobado Por: CAC	Fecha: 15/09/2022	Página: 1 de 1

CERTIFICADO I : GC-LAB-102/2023

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN EL PROCESO DE CURADO PARA LA RESISTENCIA DEL CONCRETO f'c = 210 kg/cm² EN JULIACA 2023"

SOLICITANTE : BACH. JOSE LUIS TURPO MAMANI y CLIMACO TOCRO HUANCAN

FECHA DE RECEPCIÓN: 2023-10-18

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO.

FECHA DE ENSAYO: 2023-10-24

MUESTRA : ESPECÍMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO

ESTRUCTURA : ---

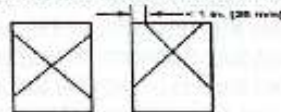
N°	DESCRIPCIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA		EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ALTIMA (mm)	ÁREA (cm ²)	MASA DEL ESPECÍMEN (kg)	CARGA (kg)	CONCRETO (kg/cm ²)	MÓDULO E (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		MEZCLA	ROTURA										
1	MUESTRA 01	2023-10-17	2023-10-24	7	16.11	25.73	170.3	12.090	26282	146	210	69.7	TIPO 3
2	MUESTRA 02	2023-10-17	2023-10-24	7	14.84	28.88	175.3	12.303	25311	144	210	68.8	TIPO 3
3	MUESTRA 03	2023-10-17	2023-10-24	7	15.01	29.88	177.0	12.062	24872	139	210	66.4	TIPO 5
4	MUESTRA 04	2023-10-17	2023-10-24	7	15.26	30.55	182.0	12.633	26412	144	210	68.8	TIPO 5
5	MUESTRA 05	2023-10-17	2023-10-24	7	15.05	29.97	177.0	12.048	25201	142	210	67.5	TIPO 5

Las muestras fueron elaboradas por el Soldador y Curadas a 23 ± 2°C en Laboratorio de GRUPO COLQUE E.I.R.L.

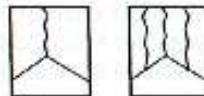
Los resultados presentados son válidos un comento para los muestros de ensayo

Las muestras se ensayaron utilizando almidón de Maíz como material de obturación.

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI 0004/1993)



Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



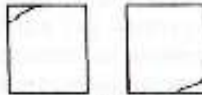
Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales desalineadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior e inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C08

GRUPO "COLQUE" E.I.R.L.
Américo Consuegra Pumaque
Ingeniero Civil
M. I. N. 285784

GRUPO "COLQUE" E.I.R.L.
Bruno Froilan Colque Poma
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285784



**ENSAYO: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE ESPECÍMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO
NORMA: ASTM C39/C39M-21**

Elaborado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:	Fecha:
BCP	BCP	CAP	16/05/2022

BO-00247-POM-023
Revisión: 00
Fecha: 04/05/2021
Página
1 de 1

CERTIFICADO N°: GC-LAB-103/2023

PROYECTO : INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN EL PROCESO DE CURADO PARA LA RESISTENCIA DEL CONCRETO (f_c = 210 kg/cm²) EN JULIACA - 2023.

SOLICITANTE : BACH. JOSE LUIS TURPO MAMANI y CLIMACO TOCRO HUANDA

FECHA DE RECEPCIÓN: 2023-10-15

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

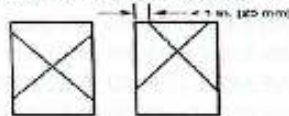
FECHA DE ENSAYO: 2023-10-31

MUESTRA : ESPECÍMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO.

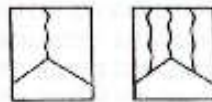
ESTRUCTURA : ---

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA		EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm, inch)	ALTURA (mm, inch)	ÁREA (cm ²)	MASA DEL ESPECÍMEN (kg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DESEÑO (f _c) (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		VOLLEDO	ROTURA										
1	MUESTRA 06	2023-10-17	2023-10-31	14	15.02	29.90	177.2	11.978	32644	192	210	91.2	TIPO 2
2	MUESTRA 07	2023-10-17	2023-10-31	14	15.03	28.80	177.4	12.027	34826	196	210	92.9	TIPO 3
3	MUESTRA 08	2023-10-17	2023-10-31	14	15.02	30.42	177.2	12.233	33192	187	210	89.2	TIPO 5
4	MUESTRA 09	2023-10-17	2023-10-31	14	15.02	29.58	176.8	11.889	34229	191	210	91.2	TIPO 2
5	MUESTRA 10	2023-10-17	2023-10-31	14	14.98	30.11	176.2	12.079	34033	193	210	92.0	TIPO 3

- Las muestras fueron elaboradas por el Boficial y Curadas a 23 ± 2°C en Laboratorio de GRUPO COLQUE E.I.R.L.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras de ensayo.
- Las muestras de Ensayo se utilizaron utilizando almidón de Maíz como material de saturación.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del Laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERLUVA INSPECTIVA COM-1980)



Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



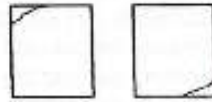
Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales sincronizadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4
Fractura diagonal sin conos a través de los extremos, golpe suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior e inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Tipos

Fuente: ASTM C39

GRUPO COLQUE E.I.R.L.
Avelino Cansuyo Pumaleque
INGENIERO DE LA ESPECIALIDAD DE
CIVIL Y FUNDAMENTOS

GRUPO COLQUE E.I.R.L.
Bruno Froilan Colque Poma
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 386594



ENSAYO: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO
NORMA: ASTM C39/C39M-21

DC-0097-FCB-020

Revisión: 00

Fecha: 04/06/2021

Elaborado Por:
JPCP

Revisado Por:
MCP

Aprobado Por:
CNP

Fecha:
10/02/2023

Página:
1 de 1

CERTIFICADO N°: GC-LAB-134/2023

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN EL PROCESO DE CURADO PARA LA RESISTENCIA DEL CONCRETO (f_c = 210 kg/cm²) EN JULIACA - 2023"

SOLICITANTE : BACH. JOSE LUIS TURPO MAMANI y OLIMACO TOCDE HUANCA

FECHA DE RECEPCIÓN: 2023-10-10

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMÁN - PUÑO.

FECHA DE ENSAYO: 2023-11-07

MUESTRA : ESPECIMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO.

ESTRUCTURA : ----

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA		EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm, [cm])	ALTURA (mm, [cm])	ÁREA (cm ²)	MASA DEL ESPECIMEN (kg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA (N)	TIPO DE FALLA
		MOLEDO	ROTURA										
1	MUESTRA 11	2023-10-17	2023-11-07	21	15.00	29.77	176.7	12.001	35236	205	210	97.7	TIPO 2
2	MUESTRA 12	2023-10-17	2023-11-07	21	14.91	29.83	174.8	11.887	35211	202	210	96.0	TIPO 6
3	MUESTRA 13	2023-10-17	2023-11-07	21	15.03	29.97	178.1	12.029	35453	205	210	97.8	TIPO 2
4	MUESTRA 14	2023-10-17	2023-11-07	21	15.05	29.55	177.8	11.801	35374	203	210	98.6	TIPO 2
5	MUESTRA 15	2023-10-17	2023-11-07	21	15.13	30.55	181.0	12.690	36931	204	210	97.2	TIPO 2

- Las muestras fueron elaboradas por el Solicitudante y Donante a 23 ± 2°C en Laboratorio de GRUPO COLQUE EIRL.
- Los resultados presentados son valores únicamente para las muestras de ensayo.
- Las muestras se Ensayaron utilizando máquinas de tipo compresor con material de abstracción.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (BUA PERUANA INDECOPI 0004:1998)

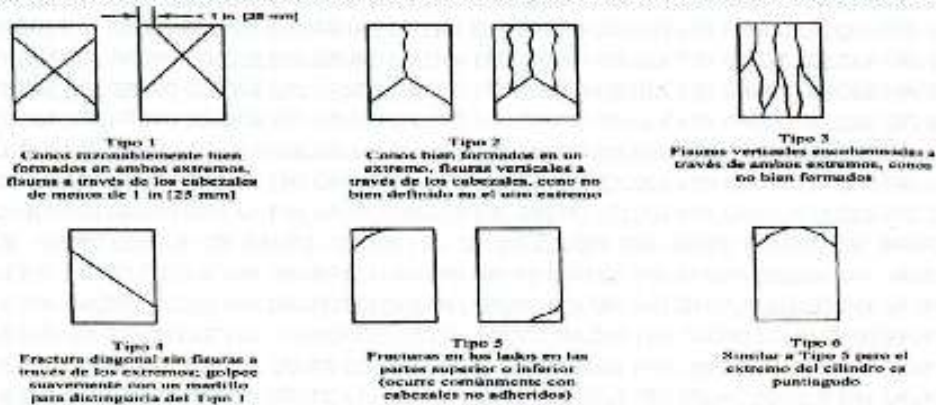



FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Típicos
Fuente: ASTM C39



	ENSAYO: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICAS DE CONCRETO NORMA: ASTM C39/C39M-21				GC-0069-202-020
					Revisión: 01
					Fecha: 04/03/2023
	Clasificación Por:	Revisión Por:	Aprobado Por:	Fecha:	Página:
MCP	BPC	CAP	16/NOV/2022	1 de 1	

CERTIFICADO N°: GC-LAB-135/2023

PROYECTO : INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN EL PROCESO DE DURADO PARA LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ EN JULIACA 2023.

SOLICITANTE : RACH JOSE LUIS TURPO MAMANI y OLMAGO TOCOP HUANGA

FECHA DE RECEPCIÓN: 2023-10-18

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO.

FECHA DE ENSAYO: 2023-11-14

MUESTRA : ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

ESTRUCTURA : ---

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA		EDAD (Días)	DIÁMETRO prom. (cm)	ALTIMA prom. (cm)	ÁREA (cm ²)	MASA DEL ESPECIMEN (kg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	MÓDULO Fc (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		VOLEO	ROTURA										
1	MUESTRA 16	2023-10-17	2023-11-14	28	15.22	30.03	181.9	12.721	33088	213	210	101.2	TIPO 5
2	MUESTRA 17	2023-10-17	2023-11-14	28	14.97	29.93	178.0	11.981	38151	217	210	103.2	TIPO 5
3	MUESTRA 18	2023-10-17	2023-11-14	28	14.85	29.75	176.1	11.997	37497	214	210	102.0	TIPO 5
4	MUESTRA 19	2023-10-17	2023-11-14	28	15.05	29.85	177.9	12.091	38740	218	210	103.7	TIPO 2
5	MUESTRA 20	2023-10-17	2023-11-14	28	15.05	29.95	178.1	12.122	36241	215	210	102.2	TIPO 2

Las muestras fueron elaboradas por el Sr. Esteban y Karla a 35 ± 1°C en Laboratorio de GRUPO COLOQUE E.I.R.L.

Los resultados presentados son válidos un comento para las muestras en ensayo.

Las muestras se Ensayaron utilizando el método de Neuenhofer como método de obtención.

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PUNOANA (BUBUCOP) 2004-19/03)

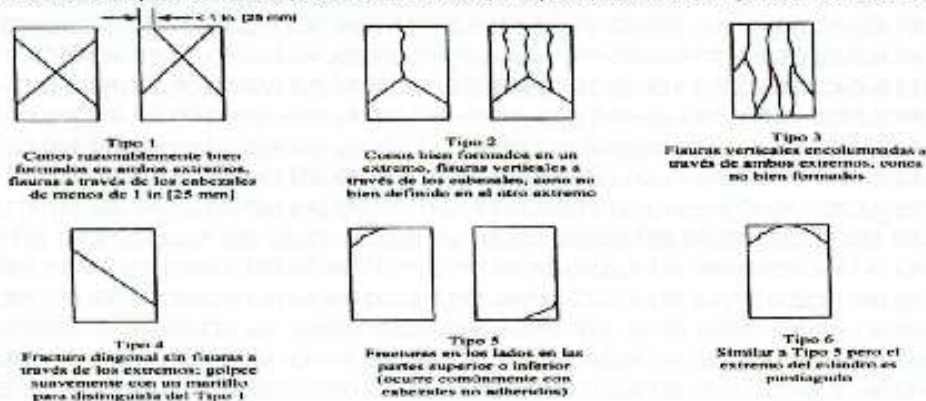


FIG. 3 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

GRUPO COLOQUE E.I.R.L.
 Anello Cansapa Punaque
 TÉCNICO LABORATORIOS
 SUELOS Y FUNDACIONES

GRUPO COLOQUE E.I.R.L.
 Bruno Frisler Colque Poma
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 286584