

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ADITIVOS ACELERANTES PARA MEJORAR LAS
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL HORMIGÓN EN
CLIMAS DE BAJAS TEMPERATURAS**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

Bach. APAC MISAICO, JENNIFER YSABEL

Bach. ROJAS HUAMANÍ, VICTOR DANIEL

ASESOR: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis amados padres Flavia y Ramiro que no sólo me guiaron por buen camino dándome su mejor ejemplo sino también porque me dieron lo más valioso que son los estudios. A mi adorado hermano Cesar por apoyarme en los momentos más difíciles que hemos tenido que pasar como hijos dándome toda la fuerza para seguir adelante. Y a mis queridos amigos del colegio, universidad, trabajo por comprender cuando no podía verlos y apoyarme en este proceso.

Apac Misaico Jennifer Ysabel

Dedico la presente tesis ante todo a Dios por iluminar mi camino, a mis padres Víctor y Celia, a mis hermanas Angie, Claudia, a mi abuela Serafina y a mi familia que siempre me apoyan, y que son mi motivo por cumplir mis objetivos a futuro.

Victor Daniel Rojas Huamaní

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos tener salud para nosotros y nuestros seres queridos pese a los últimos acontecimientos, por darnos la oportunidad de completar esta etapa de nuestra vida; A nuestros familiares por estar presente y darnos su apoyo siempre; A nuestros queridos asesores Liliana J. Chavarría Reyes y Carlos M. Chavarry Vallejos los cuales sin su apoyo y conocimiento no hubiéramos culminado esta etapa de nuestras vidas, gracias ingenieros.

Jennifer Y. Apac y Victor D. Rojas

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Delimitación del problema.....	4
1.4.1 Geográfica.....	5
1.4.2 Temporal.....	5
1.4.3 Temática.....	5
1.4.4 Muestra.....	5
1.5 Justificación de la investigación.....	5
1.5.1 Conveniencia.....	5
1.5.2 Relevancia social.....	5
1.5.3 Aplicaciones prácticas.....	6
1.5.4 Utilidad metodológica.....	6
1.5.5 Valor teórico.....	6
1.6 Importancia del estudio.....	6
1.6.1 Conocimientos.....	6
1.6.2 Aporte.....	7
1.7 Limitaciones del estudio.....	7
1.7.1 Falta de estudios previos de investigación.....	7
1.7.2 Metodológicos o prácticos.....	7
1.7.3 Medidas para recolección de datos.....	7
1.7.4 Obstáculos en la investigación.....	7
1.8 Alcance.....	8
1.9 Viabilidad del Estudio.....	8

1.9.1	El tiempo	8
1.9.2	Espacio	8
1.9.3	Condiciones económicas	8
1.9.4	Las fuentes de información	8
1.9.5	Recolección de datos	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		10
2.1	Marco histórico	10
2.2	Investigaciones relacionadas con el tema	11
2.2.1	Antecedentes internacionales	11
2.2.2	Investigaciones nacionales	12
2.2.3	Artículos	13
2.3	Estructuras teóricas y científicas que sustenta el estudio.....	19
2.3.1	Propiedades del concreto.....	19
2.4	Definición de términos básicos	22
2.5	Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis.....	23
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....		25
3.1	Hipótesis.....	25
3.1.1	Hipótesis general	25
3.1.2	Hipótesis específicas	25
3.2	Variables	25
3.2.1	Variables independientes	25
3.2.2	Variables dependientes.....	25
3.3	Sistema de variables.....	26
3.3.1	Definición Conceptual de la Variable	26
3.3.2	Definición operacional	26
3.3.3	Operalización de variables	29
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		30
4.1	Método de investigación	30
4.2	Tipo de investigación	30
4.3	Nivel de investigación.....	30
4.4	Diseño de investigación	30
4.5	Población y muestra	30
4.5.1	Población.....	30
4.5.2	Muestra.....	31
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31

4.6.1	Instrumento de recolección de datos	31
4.6.2	Métodos y técnicas	31
4.7	Descripción de procedimiento y análisis	31
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		33
5.1	Análisis e interpretación de los resultados	33
5.1.1	Analizando la Temperatura de la mezcla con adición de acelerantes	33
5.1.2	Analizando la Consistencia de la mezcla con adición de aditivos acelerantes	41
5.1.3	Analizando la Resistencia a la Compresión	55
5.1.4	Análisis de la Resistencia a la Penetración	66
5.2	Contrastación de resultados	82
DISCUSIÓN.....		97
CONCLUSIONES.....		99
RECOMENDACIONES		101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		103
ANEXOS.....		112
Anexo 1 Matriz de consistencia		112
Anexo 2 Matriz de Temperatura del hormigón		114
Anexo 3 Matriz de Asentamiento y Consistencia del hormigón		115
Anexo 4 Matriz de Resistencia a la Compresión del hormigón		117
Anexo 5 Matriz de resistencia a la penetración del hormigón		119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Definición operacional.....	28
Tabla 2.	Operalización de variables.....	29
Tabla 3.	Resultados de temperatura de acuerdo a la cantidad de dosis de cenizas volantes y nanosílice.....	34
Tabla 4.	Resultados de las temperaturas de acuerdo a la cantidad de dosis de Sika Aer, Sika Rapid y Sika 306.....	35
Tabla 5.	Resultados de las temperaturas de acuerdo al porcentaje de aditivo Chema3.....	37
Tabla 6.	Resultados de las temperaturas de la mezcla de acuerdo a la dosis de los aditivos Nitrito y Nitrato de Calcio.....	38
Tabla 7.	Resultados de las temperaturas de la mezcla de acuerdo a la cantidad de dosis de la combinación de Nitrato y Nitrito de Calcio.....	40
Tabla 8.	Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.55$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.....	43
Tabla 9.	Resultados de Asentamiento y consistencia para $a/c=0.50$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.....	44
Tabla 10.	Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.45$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.....	45
Tabla 11.	Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.40$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.....	46
Tabla 12.	Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación inicial con CEM IIN.....	48
Tabla 13.	Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación después de 1 hora con CEM IIN.....	49
Tabla 14.	Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación inicial con CEM IIR.....	50
Tabla 15.	Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación después de 1 hora con CEM IIR.....	51
Tabla 16.	Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.55$	52
Tabla 17.	Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.45$ para los diferentes porcentajes de dosis.....	54
Tabla 18.	Resultados de Resistencia a la compresión a los 7 días para diferentes dosis de cenizas volantes y nanosílice.....	56
Tabla 19.	Resultados de Resistencia a la compresión a los 28 días para diferentes dosis de cenizas volantes y nanosílice.....	56
Tabla 20.	Resultados de Resistencia a la compresión a los 28 días para temperaturas de 5°C y 10°C con suspensión de nanosílice.....	58

Tabla 21.	Resultados de Resistencia a la compresión de diferentes dosis a los 7 días de urea y nitrato de calcio.	60
Tabla 22.	Resultados de Resistencia a la compresión de diferentes dosis a los 28 días de urea y nitrato de calcio.	61
Tabla 23.	Resultados de Resistencia a la compresión a los 7 días con diferentes aditivos de Sika3 y Chema3.	63
Tabla 24.	Resultados de Resistencia a la compresión a los 28 días con diferentes aditivos.	63
Tabla 25.	Resultados de Resistencia a la compresión con diferentes dosis a los 7 días de nitrato de sodio.	65
Tabla 26.	Resultados de Resistencia a la compresión con diferentes dosis a los 28 días de nitrato de sodio.	65
Tabla 27.	Resultados de Resistencia a la penetración para $a/c=0.40SA+S306$	67
Tabla 28.	Resultados de Resistencia a la penetración para $a/c=0.45SA+S360$	68
Tabla 29.	Resultados de Resistencia a la penetración para $a/c=0.50SA+S306+SR$..	69
Tabla 30.	Resultados de Resistencia a la Penetración para $a/c=0.55SA+S306+SR$..	70
Tabla 31.	Resultados de Resistencia a la penetración con $a/c=0.5$ para mezcla sin aditivo.	72
Tabla 32.	Resultados de Resistencia a la penetración con $a/c=0.5$ para 7% de aditivo nitrato y nitrito de calcio.....	73
Tabla 33.	Resultados de Resistencia a la penetración con $a/c=0.5$ para 9% de aditivo.	74
Tabla 34.	Resultados de Resistencia a la penetración con $a/c=0.5$ para 11% de aditivo	75
Tabla 35.	Resultados de resistencia a la penetración con $a/c=0.5$ para 13% de dosis.....	76
Tabla 36.	Resultados de resistencia a la penetración con 1.2% de aditivo acelerante chema3.....	78
Tabla 37.	Resultados de resistencia a la penetración con 2.6% de aditivo acelerante chema3.....	79
Tabla 38.	Resultados de resistencia a la penetración para diferentes dosis de aditivo acelerante nitrato de sodio.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura vs. Dosis de Aditivo de cenizas volantes y nanosílice	34
Figura 2. Temperatura vs Dosis de Sika AER, Sika Rapid y Sika 306 para una relación a/c de 0.4	36
Figura 3. Temperatura vs. Dosis de Aditivo Chema3	37
Figura 4. Temperatura VS. Dosis de Aditivo de Nitrato y Nitrito de Calcio.....	39
Figura 5. Temperatura VS Dosis de Aditivo de la combinación de Nitrato y Nitrito de Calcio	41
Figura 6. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para una a/c = 0.55	43
Figura 7. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para a/c = 0.5	44
Figura 8. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para a/c = 0.45	45
Figura 9. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para a/c = 0.4	46
Figura 10. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante inicial de nitrato de calcio para a/c = 0.24.	48
Figura 11. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante después de 1hra de nitrato de calcio para a/c = 0.24.....	49
Figura 12. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante inicial de nitrato de calcio para a/c = 0.24.	50
Figura 13. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante después de 1hra para a/c = 0.24.....	51
Figura 14. Asentamiento VS Dosis de aditivo de urea, nitrato y nitrito de calcio.....	53
Figura 15. Asentamiento VS Dosis de aditivo de nitrato de sodio.	55
Figura 16. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 7 días de cenizas volantes y nanosílice.....	57
Figura 17. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivo a los 28 días cenizas volantes y nanosílice.....	57
Figura 18. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivo de suspensión de nanosílice.....	59
Figura 19. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 7 días de urea y nitrato de calcio.	61
Figura 20. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 28 días de urea y nitrato de calcio.	62
Figura 21. Resistencia a la compresión VS. Dosis de Aditivos a los 7 y 28 días de Sika3 y Chema3.....	63

Figura 22. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 7 días de nitrato de sodio.....	65
Figura 23. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 28 días de nitrato de sodio.....	66
Figura 24. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.40SA+S306$	68
Figura 25. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.45SA+S306$	69
Figura 26. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.50SA+S306+SR$	70
Figura 27. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.55SA+S306+SR$	71
Figura 28. Resultados de Resistencia a la penetración sin aditivo acelerante	73
Figura 29. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 7% de nitrato y nitrito de calcio, $a/c = 0.5$	74
Figura 30. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 9% de nitrato y nitrito de calcio, $a/c = 0.5$	75
Figura 31. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 11% de nitrato y nitrito de calcio, $a/c = 0.5$	76
Figura 32. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 13% de nitrato y nitrito de calcio, $a/c = 0.5$	77
Figura 33. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante 1.2% chema3	79
Figura 34. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante 2.6% chema3	80
Figura 35. Resultado de resistencia a la penetración a diferentes dosis de nitrato de sodio.	82
Figura 36. Temperatura vs. Autores.....	85
Figura 37. Resultados de Asentamiento vs Autores	89
Figura 38. Resistencia a la compresión vs Autores	92
Figura 39. Resultado de la resistencia a la penetración vs Autores.	96

RESUMEN

La investigación hizo comparación de diferentes ensayos de diferentes autores donde se analizó diferentes propiedades físicas y mecánicas como la temperatura de mezcla, consistencia, resistencia a la compresión y penetración, recolectando investigaciones nacionales e internacionales con la finalidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón con adición de aditivos acelerantes, estos proporcionaron información experimental y teórica sobre dosis óptimas de aditivos acelerantes para los diferentes ensayos realizados. Mediante los estudios analizados utilizaron método deductivo, enfoque cuantitativo y orientación aplicada, nivel descriptivo, correlacional y explicativo, la investigación fue documental-bibliográfica. A lo desarrollado se observa que el uso de aditivo acelerante de 4% de Chema3 (solución acuosa de sales alcalinas) en condiciones de climas de bajas temperaturas se obtiene una temperatura de 28.7 °C superando la temperatura ambiente de 0°C, en la siguiente investigación se obtiene que con 1.1% nitrato de calcio obtiene un mejor asentamiento y una consistencia fluida, en el caso de la resistencia a la compresión, con 4% de nanosílice obtuvo 444 kg/cm² a los 7 días y con la misma cantidad de dosis 4% este obtuvo 557 kg/cm² a los 28 días como resistencia a la compresión. Para la resistencia a la penetración con 2.3% de la combinación de SA, S306, SR se obtiene la mayor resistencia a la penetración con 481 kg/cm². Por lo tanto, esta investigación concluye que el uso de aditivos acelerantes en cantidades de porcentajes óptimos aumenta y mejoran en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

Palabras claves: Aditivo acelerante, bajas temperaturas, consistencia del concreto, propiedades físico-mecánicas del concreto, resistencia a la penetración del concreto.

ABSTRACT

The research made a comparison of different tests by different authors where different physical and mechanical properties such as mixing temperature, consistency, resistance to compression and penetration were analyzed, collecting national and international research in order to improve the physical and mechanical properties of the work. with the addition of accelerating additives, these provided experimental and theoretical information on optimal doses of accelerating additives for the different tests carried out. Through the analyzed studies they used deductive method, quantitative approach and applied orientation, descriptive, correlational and explanatory level, the research was documentary-bibliographic. According to what has been developed, it is observed that the use of an accelerating additive of 4% of Chema3 (aqueous solution of alkaline salts) in low-temperature climates, a temperature of 28.7 °C is obtained, exceeding the ambient temperature of 0 ° C. obtains that with 1.1% calcium nitrate it obtains a better settlement and a fluid consistency, in the case of resistance to compression, with 4% of nanosilica it obtained 444 kg/cm² after 7 days and with the same quantity of doses 4% This obtained 557 kg/cm² at 28 days as compressive strength. For the resistance to penetration with 2.3% of the combination of SA, S306, SR the highest resistance to penetration is obtained with 481 kg/cm². Therefore, this research concludes that the use of accelerating additives in amounts of optimal percentages increases and improves the physical and mechanical properties of concrete.

Keywords: Accelerating admixture, low temperatures, concrete consistency, physical-mechanical properties of concrete, resistance to penetration of concrete.

INTRODUCCIÓN

El hormigón viene adquiriendo un puesto importante dentro de los materiales de construcción. Para países como el nuestro donde abunda una gran cantidad de demanda de infraestructura. Es por ello que se vuelve un material duradero y versátil.

Cuando se tiene condiciones como climas de bajas temperaturas, existe dificultades en las resistencias mecánicas y físicas, el hormigón tiende a tener una resistencia mucho menor a las que se realizan en condiciones normales y las físicas tienden a ser de difícil fraguado por el congelamiento del ambiente. Para ello se propone el uso de aditivos acelerantes lo cual ayudaría al hormigón a obtener mejores resistencias y mejor trabajabilidad de esta.

Sabiendo las alteraciones de las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido se podrá tomar decisiones más convenientes para el correcto uso final de los aditivos, para la obtención de una adecuada temperatura de mezcla, trabajabilidad o fluidez, resistencia a la compresión y resistencia a la penetración para mejorar la calidad.

La investigación corresponde a una investigación documental, teniendo como objetivo la búsqueda de información del problema, para lo cual se propone un sistema de trabajo, objetivos de estudio; se buscará información adecuada del tema y finalmente se analizará los resultados obtenidos de otros autores y se corrobora si se cumplen los objetivos, para poder enunciar las conclusiones.

Gracias a ello la población que cuente con este tipo de clima será beneficiada al contar con información de diferentes tipos de hormigón con adición de acelerantes en proporciones recomendados por los especialistas, permitiendo así una mejor aplicación de estos aditivos en las diversas construcciones que se realizan.

Esta investigación busca determinar los aditivos acelerantes que influyen en las propiedades físico-mecánicas del hormigón en climas de bajas temperaturas, determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumenten la temperatura, mejore la consistencia, aumentan la resistencia a la compresión y la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

En el Capítulo I presenta el planteamiento, descripción, formulación del problema, los objetivos, justificación, alcance, limitaciones, delimitaciones, alcance y viabilidad del estudio.

En el Capítulo II presenta el marco teórico, aspectos teóricos que contemplan información a base de aditivos acelerantes e investigaciones internacionales como nacionales.

En el Capítulo III muestra la hipótesis general y específica, sistema de variables y la operacionalización de variables.

En el Capítulo IV presenta método, tipo, nivel y diseño de investigación. Población y muestra, instrumentos de recolección, descripción de procedimiento y análisis.

En el Capítulo V presenta el análisis, interpretación y contrastación de los resultados.

Por último, se tendrá la discusión, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (2015). La construcción es considerada a nivel mundial dentro de las actividades económicas más demandantes de mano de obra y ejerce un efecto multiplicador en la economía, ya que es uno de los sectores productivos que más aporta al crecimiento de los países y regiones.

El hormigón es un material muy utilizado en la industria de la construcción, por su versatilidad puede llegar a obtener cualquier forma no obstante este también puede presentar diversos problemas como el diseño de mezcla bajo temperaturas ambiente muy bajas como también temperaturas muy altas, lo cual influye en las características del hormigón.

Es fundamental asegurar la resistencia de diseño en el hormigón realizado en obra, por lo que se hace cada vez más necesario verificar que los insumos puedan cumplir con las características adecuadas dependiendo del clima, esto lleva a analizar los insumos, la calidad del concreto y el proceso de elaboración del mismo.

En la actualidad contamos con una variedad de aditivos que son utilizados por sus elevadas propiedades que cuentan con un mejor rendimiento contra las incidencias del medio ambiente.

Al utilizar aditivos acelerantes conseguimos un menor tiempo de fraguado y resistencias iniciales tempranas. Gracias a los estudios es que se puede ver las mejoras gracias a estos aditivos.

Es entonces la temperatura un efecto importante para el hormigón en dichas zonas para ello tiene que ser controlada. A lo expuesto es que se realiza la búsqueda de aditivos acelerantes para lograr conseguir un menor tiempo de fragua con resistencia a edades tempranas, a fin de contar con un hormigón de calidad, mejorando los procesos constructivos durante el proyecto teniendo en cuenta las bajas temperaturas.

Es así que el clima influye notablemente en la elaboración del hormigón. Esta investigación tiene como finalidad investigar sobre diseños de mezclas utilizando aditivos acelerantes mejorando las propiedades físico-mecánicas, lo que hará que el

hormigón sea manejable y su fragua sea de manera rápida para climas muy bajos, logrando una mejor calidad y una alta resistencia.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera los aditivos acelerantes influyen en las propiedades físico-mecánicas del hormigón en climas de bajas temperaturas?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas?
- b) ¿Cuál es el porcentaje de aditivos acelerantes que mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas?
- c) ¿Cómo el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas?
- d) ¿Cómo el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar los aditivos acelerantes que influyen en las propiedades físico-mecánicas del hormigón en climas de bajas temperaturas, utilizando la Norma Técnica Peruana (NTP), Normas Internacionales de acuerdo a los autores.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.
- b) Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que mejoran la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas.
- c) Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas.
- d) Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Geográfica

La presente investigación tiene como fin el estudio del hormigón realizado en zonas con climas de bajas temperaturas.

1.4.2 Temporal

El proyecto de investigación durará los meses que se realizó la investigación desde mayo del 2021 hasta octubre del 2021.

1.4.3 Temática

Campo de investigación: Aditivos acelerantes en diseño de hormigón.

Área académica: Tecnología del concreto.

Línea de investigación: Diseño de mezcla de concreto.

Sub línea de investigación: Construcción

1.4.4 Muestra

La unidad de investigación será los resultados obtenidos de investigaciones pasadas, analizando la temperatura, consistencia y las resistencias utilizando las normas de acuerdo a los autores.

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1 Conveniencia

En varios tipos de obras de ingeniería se requiere que los componentes a usar incrementen la durabilidad en las construcciones, por eso mediante el uso de aditivos acelerantes en climas de bajas temperaturas se podrá identificar y conocer la influencia de los resultados de los ensayos para llevar un correcto control de calidad y de esta manera evitar preocupaciones y demoras en el proyecto, además de tener la convicción de construir de forma correcta diferentes tipos de edificaciones.

1.5.2 Relevancia social

En cuanto a la relevancia social, los beneficiarios son los estudiantes o alumnos de la Universidad Ricardo Palma, porque contribuirá al conocimiento de los aditivos acelerantes en climas de bajas temperaturas, generando nuevos temas de investigación.

Además, la población que cuente con este tipo de clima será beneficiada al contar con información de diferentes tipos de hormigón con adición de acelerantes en proporciones recomendados por los especialistas, permitiendo así una mejor aplicación de estos aditivos en las diversas construcciones que se están realizando.

1.5.3 Aplicaciones prácticas

Sabiendo la alteración de las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido mediante el uso de los aditivos acelerantes en climas de bajas temperaturas se podrá tomar decisiones más convenientes para el correcto uso final de los aditivos, para la obtención de una adecuada temperatura de mezcla, trabajabilidad o fluidez, resistencia a la compresión y resistencia a la penetración para mejorar la calidad.

1.5.4 Utilidad metodológica

La investigación corresponde a una investigación documental, teniendo como objetivo la búsqueda de información del problema, para lo cual se propone un sistema de trabajo, objetivos de estudio; se buscará información adecuada del tema y finalmente se analizará los resultados obtenidos de otros autores y se corrobora si se cumplen los objetivos, para poder enunciar las conclusiones.

1.5.5 Valor teórico

La investigación busca identificar la influencia de aditivos acelerantes sobre un hormigón en climas de baja temperatura con una fluidez adecuada, mejorando la trabajabilidad y así obtener la resistencia requerida del concreto. Por eso se hace empleo de aditivos, ya que cambian las propiedades del hormigón para obtener excelentes resultados.

1.6 Importancia del estudio

1.6.1 Conocimientos

La importancia de este estudio es conocer nuevos aditivos ampliando conocimientos físicos y mecánicos del hormigón para climas con bajas temperaturas.

1.6.2 Aporte

Concreto con mayor resistencia y con gran duración de tiempo de vida útil, con un vaciado fluido evitando daños estructurales a futuro, se utilizó variación y compuestos de sustancias formado aditivos acelerantes anticongelantes aptos para su uso en lugares con climas bajos extremos. Ayudando a la población para obtener mejores resultados en sus construcciones.

1.7 Limitaciones del estudio

1.7.1 Falta de estudios previos de investigación

Es necesario mencionar la dificultad para conseguir información de un aditivo acelerante que no está difundido en nuestro medio, de estudios locales, información en libros y base teórica por lo que se ha tenido que tomar muchas investigaciones internacionales expuestas a diferentes factores como el clima, las condiciones y características de los componentes del hormigón.

1.7.2 Metodológicos o prácticos

Debido a las diferentes normas de las bibliografías consultadas que no están estandarizadas, permite que exista un sesgo en los resultados, que podrían obtener efectos adversos, por la composición física y química de los componentes del hormigón.

1.7.3 Medidas para recolección de datos

Las investigaciones revisadas, consideran climas bajos, relaciones de agua cemento adecuadas para llegar a las resistencias requeridas, diferentes porcentajes de aditivos, que mejoran las propiedades del hormigón. Por lo anteriormente expuesto hacer comparaciones para llegar a conclusiones se debe tener información necesaria para obtener un porcentaje óptimo y que permite visualizar una tendencia de mejora en propiedades físicas – mecánicas del hormigón.

1.7.4 Obstáculos en la investigación

El equipo que han utilizado los investigadores no se conoce sus características, el nivel de precisión y lo más importante si tienen certificación de calibración.

La investigación presenta limitaciones, ya que es una investigación documental o bibliográfica, debido a la problemática en la que vivimos no podemos hacer la tesis experimental por la pandemia, se contó con todo lo primordial para su elaboración, tales como las recopilaciones de investigaciones pasadas, artículos, libros y revistas.

1.8 Alcance

El alcance en esta investigación es definir las propiedades de la resistencia a la compresión y resistencia a la penetración utilizando aditivos acelerantes en la mezcla de concreto en climas de bajas temperaturas.

1.9 Viabilidad del Estudio

1.9.1 El tiempo

La investigación cuenta con un tiempo de duración de 6 meses.

1.9.2 Espacio

Lugares con temperaturas muy bajas.

1.9.3 Condiciones económicas

El único costo realizado para la presente investigación es el monto del curso de titulación por las asesorías de nuestros especialistas de la rama de concreto.

1.9.4 Las fuentes de información

Información buscada dentro de tesis pasadas, revistas y artículos de investigación acerca del tema.

1.9.5 Recolección de datos

La presente investigación se hace viable debido a que existen varias fuentes entre revistas, artículos y sobre todo investigaciones pasadas de tipo experimental y teórico relacionadas al tema, entre otras fuentes a las cuales

tienen bases científicas aprobadas y revisadas, por consiguiente, al tener fuentes fidedignas, la presente investigación será viable.

Debido a las condiciones en las que se trabajó es que se pretende realizar pruebas que permitan alcanzar resultados comparativos sobre la temperatura de la mezcla, la consistencia, la resistencia a la compresión y resistencia a la penetración.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

El uso de aditivos en los hormigones es tan antiguo como el propio cemento u otros aglomerantes.

Pizon y Lazniewska-Piekarczyk (2019), los aditivos aceleradores en hormigón son utilizados para acortar el tiempo requerido para el desmoldeo y el uso repetido de encofrados en instalaciones de prefabricados. Este permite realizar trabajos durante temporadas de bajas temperaturas. La ventaja principal de los aditivos aceleradores es obtener la resistencia inicial del hormigón.

Godoy y Gándara (2018), describe las características que presenta el concreto cuando se utiliza ceniza volante y se varía su dosificación, destacando los beneficios que presentan ciertas propiedades del concreto cuando se utilizan aditivos. Los aditivos mejoran ciertas propiedades del concreto como aumentando la temperatura de la mezcla, trabajabilidad y resistencia, disminuyendo la segregación, sangrado y la relación A/C. Esto permite concluir que tanto los aditivos como la ceniza volante son beneficiosos para el hormigón cuando se utilizan en un correcto porcentaje de su dosificación.

Harmsen (2002), la historia del uso de aditivos químicos en los hormigones se inicia el siglo pasado, tiempo después que Joseph Aspdin patenta en Inglaterra el 21 de octubre de 1824, un producto que llamó Cemento Portland. En 1873 se registra la primera adición de cloruro de calcio como aditivo a en los hormigones, obteniéndose su patente en 1885. Al mismo tiempo que los aceleradores, los primeros aditivos utilizados fueron hidrófugos. Igualmente, a principios de siglo se ensayó la incorporación de silicato de sodio y de diversos jabones para mejorar la impermeabilidad. En ese entonces, se comenzaron a añadir polvos finos para colorear el hormigón.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Antecedentes internacionales

Zhengxiang et al (2020), investigó las propiedades de fractura del hormigón en ambientes secos con diferentes temperaturas de curado (5, 20, 40 y 60 ° C). Los resultados muestran que, en ambientes secos, la tenacidad y la energía de fractura efectiva del concreto expuesto a temperaturas elevadas aumentaron a una tasa de crecimiento relativamente alta a una edad temprana. Sin embargo, la velocidad de crecimiento de la tenacidad efectiva de la fractura y la energía de fractura disminuyó más rápidamente en niveles elevados.

Sotomayor y Arrey (2014), en su presente investigación: “Análisis de un Modelo Matemático Para Determinar el Tiempo de Fraguado del Hormigón” Concluye que la razón agua/cemento cambia según sea el grado del hormigón, lo que podría traducirse en un fraguado más rápido en hormigones de mayor resistencia, sin embargo, este factor no fue determinante en el inicio de fraguado, ya que, según los resultados obtenidos, no hay una clara tendencia que confirme lo anterior. Los hormigones elaborados con cemento grado corriente alcanzan el fraguado inicial en un tiempo mayor que los fabricados con cemento grado alta resistencia.

Castellón y De la Ossa (2013), en su tesis “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos Tipo I y Tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”. Se determinó el análisis de los efectos que tiene los aditivos en las resistencias a la compresión iniciales y finales.

Machado y Aular (2012), en su tesis “Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ utilizando Sikaset como acelerador de fraguado”. Analizó que “el aditivo realizó su propósito de acelerar el procedimiento de fraguado y aumentar la resistencia a la compresión de la mezcla inclusive a una temprana”

Romero (2011), esta investigación propone evaluar la evolución del deterioro del hormigón debido a los ciclos de hielo-deshielo mediante el incremento de la deformación superficial y la modificación de la velocidad de pulsos ultrasónicos. Se han sometido probetas de hormigones con diferente estructura porosa al ensayo de resistencia al hielo-deshielo y se han caracterizado las principales propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido, además se han realizado algunos ensayos de durabilidad, antes y después del ensayo, para conocer el efecto de los ciclos de hielo-deshielo en esas propiedades.

2.2.2 Investigaciones nacionales

Huamaní y Solón (2019), en su tesis se realiza un estudio general del comportamiento de los aditivos acelerantes con la finalidad de brindar la confianza suficiente para su aplicación. Los aditivos contribuyen a mejorar algunas de las propiedades del concreto, por lo que mejoran su calidad con un incremento en el costo por metro cúbico de mezcla. Sin embargo, este aumento se ve reflejado en la facilidad de manipulación y calidad que se obtiene al emplearlos. Debido a estos motivos es que se propone investigar detalladamente la resistencia a la compresión de los hormigones empleando diversas marcas de acelerantes para analizar los resultados.

Lezama (2013), en su tesis “Evaluación de la Resistencia a la Compresión del Concreto con Aditivo Sika Rapid 1”; se basó en elaborar tres especímenes de concreto normal y doce especímenes de concreto con diferentes porcentajes, tres con 0.5%, tres con 1%, tres con 1.5% y tres con 2%; mediante las cuales se aprobó la f_c siendo el más óptimo el 1%, de manera que se tomó esta proporción para ser evaluado del mismo modo pero con mayor número de probetas (elaborar 20 especímenes). Concluyendo que con la incorporación de un 1% aditivo SIKA RAPID 1 la resistencia a la compresión 30 axial fue satisfactoria alcanzado un valor promedio de 232.20kg/cm² (10.57%). Mayor a la resistencia especificada.

Arcos (2015), en su tesis de elaboración de diseños de mezcla de concreto por durabilidad en la sierra del Perú, con el propósito de mostrar y difundir información sobre los materiales, requerimientos mínimos, protección y

control de calidad para la producción de concretos óptimos que afronten las condiciones que se presenten en esta región de nuestro país.

Gómez y Villavicencio (2020), la presente investigación, Tiene como objetivo principal analizar el aditivo en el concreto a temperaturas extremas para controlar la pérdida de la consistencia a lo largo del tiempo. Se determinó el asentamiento del concreto en estado fresco a lo largo del tiempo, se evaluó de acuerdo a que el constructor dosifica la mezcla para transportarla y colocarla en obra antes de que empiece su proceso químico de endurecimiento, en este estudio también se analizó el tiempo de fraguado del concreto en estado fresco en climas cálidos y fríos.

López (2020), la finalidad del presente trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las zonas ubicadas en altitudes de 2600 a 3500 m.s.n.m., Ancash; las cuales fueron desarrolladas en el Laboratorio de Resistencias de Materiales y Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo.

Reyes y Terrel (2019), la presente investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto con diferente dosis de aditivo acelerante a una temperatura ambiente de 0°C, evaluando el tiempo de fraguado y la temperatura del concreto. Se realizó un diseño de mezcla $F^c=310\text{kg/cm}^2$, siendo la relación de agua y cemento de 0.45, y para un slump de 4", al patrón se incorporó un 0.15% de aditivo incorporador de aire (Chema Entrampaire), utilizando las dosificaciones mínima, media y máxima recomendadas por la ficha técnica del aditivo acelerante de fragua (Chema 3).

2.2.3 Artículos

Charuchandra et al (2021), este artículo explora la sustitución de diferentes cementos base (CEM II AL y CEM I (42 · 5 R)) por escorias de diferente finura en mezclas que contienen un nuevo aditivo acelerador a diferentes temperaturas de curado (20, 35, 45 y 55 ° C para 16 h); Los resultados también se comparan con morteros de cemento-escoria que contienen cal

(Ca (OH) 2; 6%) y sulfato de calcio (CaSO 4; 3%) para activar la fuerza en edades tempranas.

Yasien et al (2021), en su investigación del hormigón nano-modificado moldeado y curado bajo congelación cíclica / bajas temperaturas, incluida su aplicabilidad a la reparación de profundidad parcial, incorporan cenizas volantes y nano sílice con un sistema de aditivo para clima frío (anticongelante / acelerador).

Karagol et al (2014), las resistencias a la compresión tanto del hormigón de control como del aditivo anticongelante disminuyeron con la disminución de las temperaturas de ultracongelación. Sin embargo, las concentraciones de MCN y MUCN fueron más altas que las de las muestras de control para todas las temperaturas, excepto el curado con agua.

Yasien et al (2021), esta investigación se centró en obtener una comprensión fundamental del desempeño del concreto nano-modificado que fue mezclado, colado y curado a una temperatura de -5 ° C, sin ningún método de calentamiento o aislamiento. Este estudio adoptó el método de superficie de respuesta como un enfoque de modelado estadístico para evaluar el efecto de diferentes parámetros en el rendimiento de 28 mezclas. El rendimiento se evaluó en función de múltiples respuestas: tiempos de fraguado inicial y final, resistencias a la compresión en edades tempranas y tardías y resistencia a la congelación-ciclos de descongelación.

Yoneyama et al (2021), se determinó la composición de hidratos (mediante difracción de rayos X y resonancia magnética nuclear), las estructuras de los poros (mediante porosimetría de intrusión de mercurio) y la forma del cristal (mediante microscopía electrónica de barrido), y se realizaron investigaciones para dilucidar el efecto del nitrito/aceleradores a base de nitratos sobre el desarrollo de la resistencia inicial y la formación de hidratos del cemento.

Skripkiūnas et al (2021), con un contenido más alto de CN, el crecimiento de la viscosidad en las pastas de cemento de resistencia temprana normal (tipo N) es mucho más lento que en las pastas de cemento de alta resistencia temprana (tipo R). Para ambas pastas tipo cemento, acortar los tiempos de

fraguado inicial y final es más efectivo cuando se usa al 3% a +5 ° C y 0 ° C. A estas temperaturas, El uso de CN al 3% reduce el tiempo de fraguado inicial para la pasta de alta resistencia temprana en 7.4 y 5.4 veces y para la pasta de cemento de resistencia temprana normal en 3.5 y 3.4 veces en comparación con una pasta de cemento libre de CN.

Wang et al (2018), en este estudio, las muestras se prepararon mediante el reemplazo de cemento con 1% en peso, 2% en peso, 3% en peso, 4% en peso y 5% en peso de TiO₂ nanopartículas y curado a temperaturas de 0 ° C, 5 ° C, 10 ° C y 20 ° C para edades específicas. Las propiedades físicas y mecánicas de las probetas se evaluaron mediante la prueba de tiempo de fraguado, prueba de resistencia a la compresión, prueba de resistencia a la flexión, prueba de grado de hidratación, porosimetría de intrusión de mercurio (MIP), análisis de difracción de rayos X (XRD), análisis gravimétrico térmico (TGA), y microscopía electrónica de barrido (SEM).

Tomita et al (2020), en este estudio, se llevaron a cabo varios experimentos sobre la contracción, la iniciación de grietas y el desarrollo de morteros que contienen una cantidad considerable de un acelerador a base de nitrito. El resultado confirmó que, a medida que aumentaba la cantidad de acelerador a base de nitrito, aumentaba la contracción y era más probable que ocurriera el agrietamiento en edades tempranas, en comparación con los casos sin la adición de este acelerador.

Davidyuk et al (2020), el artículo describe ejemplos de uso de sales inorgánicas y sus mezclas para acelerar el endurecimiento de hormigones de cemento en la práctica de la construcción moderna. Se presentan los resultados de la investigación de un aditivo mixto complejo a base de fluoruros y nitritos inorgánicos, que aceleran el proceso de endurecimiento del hormigón de cemento. La composición del aditivo permite acelerar el proceso de endurecimiento de la piedra de cemento, debido a la formación de compuestos densos e insolubles en los poros de la piedra de cemento. La parte experimental incluyó el proceso de determinación de la cantidad óptima de fluoruros y nitritos en el aditivo.

Skoczylas y Rucińska (2019), este estudio presenta los resultados experimentales sobre los efectos de la temperatura de curado y la nanosílice, sobre la resistencia a la compresión y las propiedades absorbentes de los morteros de cemento. Una de las mezclas se modificó con un aditivo de nanosílice en un 3% del peso del cemento. Las probetas de mortero se curaron a 5°C ambientes de temperatura constante. Los resultados confirmaron que una temperatura de curado baja retrasa el desarrollo de la resistencia en los primeros días de hidratación y ralentiza la tasa de crecimiento de la resistencia de los morteros, con un aumento de la edad. La incorporación de nanosílice tiene un efecto positivo en la mejora de las propiedades mecánicas de los morteros de cemento curados a bajas temperaturas.

Choi et al (2019), recientemente se ha incrementado el uso de agentes anticongelantes que se componen principalmente de nitrito de calcio libre de sales y álcalis ($\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$) y nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) para promover la reacción de hidratación de hormigonado en climas fríos hormigonado. Los aceleradores a base de nitrito-nitrato aceleran la hidratación de C 3 A y C 3S en el cemento más rápidamente cuando se aumentan sus cantidades, lo que aumenta la resistencia inicial del hormigón y previene eficazmente el daño por congelación temprana.

Kothari et al (2020), esta revisión indica que el conocimiento actual permite la producción de hormigones a base de OPC a temperaturas tan bajas como -10°C , sin la necesidad de medidas adicionales como, por ejemplo, calefacción. Por el contrario, los cementos compuestos que contienen SCM o aglutinantes activados por álcalis (AAC) mostraron rendimientos mixtos, que van de inferior a superior en comparación con OPC. Esta revisión mostró que existe un conocimiento limitado sobre cómo funcionan los aditivos químicos en hormigones ecológicos a bajas temperaturas y cómo acelerar la tasa de hidratación de cementos compuestos que contienen altas cantidades de SCM o AAC, cuando estos se curan a temperaturas bajo cero.

Demirboğa et al (2014), se estudió el efecto de los aditivos anticongelantes sobre los cambios microestructurales y las propiedades físicas y mecánicas

del hormigón fresco sometido a ciclos de congelación-descongelación producidos por el clima frío. Para ello, se utilizaron aditivos anticongelantes, urea y nitrato de calcio, al nivel del 6% en peso de la dosis de cemento y se compararon con muestras de control. La resistencia a la compresión a 28 días de las mezclas de control, nitrato de calcio y urea sometidas a congelación-descongelación 28 veces se redujo en un 72,0%, 27,8% y 52,9% en comparación con las de las muestras de control curadas en agua saturada de cal a 23 ± 1 ° C durante 28 días.

Svintsov et al (2020), este artículo contiene datos del efecto de los aditivos nano modificados sobre las propiedades tecnológicas de las mezclas de hormigón para el hormigonado de invierno. El aditivo nano-modificado permite prevenir el fenómeno de segregación de mezclas de hormigón de grado C12 / 15. La aplicación de aditivo nano-modificado junto con nitrato de sodio (4% en peso de cemento) asegura condiciones normales para la hidratación de la pasta de cemento a temperaturas ambiente de +5 ° C a -5 ° C. Efecto de los aditivos nano modificados en las propiedades de las mezclas de hormigón durante la temporada de invierno.

Abayou (2019), esta investigación se centró en el desarrollo de mezclas de concreto nano-modificado que comprendan sistemas de aditivos para clima frío CWAS que fueron mezclados, colocado y curado a temperaturas cíclicas (-5 / 5 ° C) dirigidas a aplicaciones a principios de otoño y finales de primavera. Se consideraron tres parámetros en el modelo: incorporación de cenizas volantes (hasta un 25%) y nano-sílice (hasta un 4%) así como la combinación de dos tipos de aditivos anticongelantes (nitrato y nitrito de calcio). Las mezclas se evaluaron en función del tiempo de fraguado (colocación), la resistencia a la compresión (propiedades de endurecimiento) y la absorción (infiltración de fluidos).

Ryou y Lee (2011), se utilizan varios métodos en las primeras etapas para controlar el tiempo de fraguado y la resistencia del hormigón, cuando se utiliza hormigón de clima frío. Entre estos métodos hay uno que implica el uso de un acelerador. Aunque económicos, los aceleradores tienen dificultades para asegurar la trabajabilidad porque su hidratación temprana

los hace reaccionar rápidamente. Por lo tanto, en este estudio se discute cómo hacer una tableta para concreto de clima frío, al igual que con los medicamentos y alimentos existentes, que incluye los siguientes elementos: tiempo de fraguado del mortero, trabajabilidad por tiempo transcurrido, resistencia temprana para asegurar el desarrollo de un adecuado fuerza y resistencia a la congelación-descongelación. Como resultado, se encontró que los comprimidos al 0,5 y al 1,0% eran superiores. Por lo tanto, se puede asegurar la trabajabilidad, así como el desarrollo de una resistencia temprana para prevenir las heladas tempranas.

Naqash et al (2014), los problemas del hormigonado en climas fríos se deben a la acción de las heladas sobre el hormigón fresco. Si el mojado se permite que el concreto se congele, el agua de mezcla se convierte en hielo y hay un aumento en el volumen total de hormigón. Dado que ahora no hay agua disponible para las reacciones químicas, el fraguado y el endurecimiento del hormigón son demorado. En este artículo, el problema del fraguado y endurecimiento retrasados del hormigón se aborda mediante el uso de aditivo acelerador (nitrito de sodio) en hormigón. Se añadió nitrito de sodio como aditivo acelerador en cinco muestras con dosis de nitrito de sodio de 1%, 1,5%, 2%, 2,5% y 3% en peso de cemento.

Devi et al (2020), el hormigón autocompactante o el hormigón auto consolidado es un hormigón altamente fluido y no segregante que se esparce en el área de refuerzo congestionada y llena el encofrado sin el uso de vibradores. El hormigón autocompactante permite un refuerzo más denso, una sección y formas de hormigón optimizadas y un mayor grado de libertad. Tiene las ventajas de mantener la durabilidad y las características y cumplir con los requisitos de rendimiento esperados. Se ha utilizado idealmente en puentes, pozos perforados y estructuras de contención de tierra, columnas y áreas con alta concentración de armaduras y tuberías.

Oren et al (2014), este informe describe los métodos de reparación y el rendimiento de ganancia de resistencia temprana (medido por la resistencia a la penetración) de los materiales de fraguado rápido utilizados en pruebas de laboratorio para reparar cráteres pequeños a grandes a temperatura

ambiente (aproximadamente -10 a 0 ° C). Luego, un apéndice combina esta investigación y el conocimiento existente sobre el uso de aditivos a temperaturas superiores a 0 ° C para proporcionar instrucciones rápidas y no técnicas para la reparación táctica apresurada de carreteras de los soldados en una amplia gama de bajas temperaturas utilizando materiales de obtención local (en Afganistán).

Ghazy et al (2016), en este estudio, se hizo un esfuerzo para desarrollar hormigón de cenizas volantes nano modificado como material de reparación para pavimentos de hormigón. El rendimiento de las mezclas recientemente desarrolladas se comparó con el de dos productos cementosos comerciales. Los resultados indican que el hormigón de cenizas volantes nano-modificado tiene un rendimiento equilibrado en términos de tiempo de endurecimiento, desarrollo de resistencia, adherencia con el sustrato de hormigón y resistencia a la infiltración de fluidos y la formación de incrustaciones de escarcha y sal.

Rasheed et al (2018), este estudio se centra en los efectos de las dosis de superplastificante (Duraplast SP-400) en las propiedades del hormigón para la edad temprana. Se prepararon seis mezclas diferentes con diferentes dosis de SP. Viabilidad, El tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión del hormigón se determinaron a una edad temprana.

2.3 Estructuras teóricas y científicas que sustentan el estudio

2.3.1 Propiedades del concreto

Concreto: El concreto está compuesto por la mezcla de proporción de cemento, agua, agregados y en otros casos se adiciona aditivos como elementos activos, el cual esto permite una alteración en las propiedades del concreto, en la fase inicial se denota una estructura plástica y moldeable, llegando a la fase de endurecimiento adquiriendo propiedades aislantes y resistentes, el cual hace que sea un material adecuado para la construcción. Apolinario (2017).

Aditivos: Es un componente químico, que se emplea como ingrediente del concreto para mejorar las propiedades físicas, por lo que está dosificada por

debajo del 5% de la masa del cemento, distinta del agua y los agregados, adaptándose de una mejor forma a las características de la obra o las necesidades del constructor. Baca y Boy (2015).

Aditivos Acelerantes: Tienen la finalidad de aumentar el tiempo del proceso de fraguado disminuyendo la velocidad del endurecimiento de la mezcla, con la finalidad de modificar las propiedades de la mezcla de concreto, mejorando la resistencia en comparación con un concreto normal, produciéndose resistencias menores a los 28 días o más días. En el caso de climas calientes se desarrolla con mayor velocidad de calor de hidratación, incrementando la temperatura del concreto y la resistencia del concreto.

Los aditivos se clasifican en dos grandes grupos los que contienen cloruro y sin cloruro. El aditivo que contiene cloruro de calcio es el más económico y efectivo, pero que hasta cierto límite genera corrosión en la armadura. En el caso de libre de cloruro esto es más usado para concreto armado en elementos estructurales. El cual debe cumplir con los requerimientos de ASTM D 98. NRMCA (2015)

La generación de calor puede ser de manera indirecta entre el fraguado y el endurecimiento. La hidratación, proceso exotérmico, relacionado con la cantidad de hidratos nacidos.

Reacción química del aditivo en el concreto: Las reacciones del Clinker con el agua se denominan tasa de hidratación del cemento, estas pueden ser alteradas adicionando pequeñas cantidades de sustancia química en la mezcla aumentando la cantidad de hidratos dando un efecto de aceleramiento del proceso. El aditivo acelerante permite que el proceso de fraguado siga o disminuya, produciendo calor frente a una temperatura baja. Safranez (1970)

Los principales compuestos químicos de los acelerantes

Nitrato de calcio: Es un acelerador para mezclas de hormigón. Los nitratos (NO₃⁻) son acelerantes que no promueven la corrosión del acero, al contrario, son usados como inhibidores en Japón y EEUU. SIKA (2013)

Nitrito de calcio: Así mismo los nitritos (NO_2^-) son igualmente usados como inhibidores y acelerantes. Se trata así de aditivos multifuncionales. Estos son los acelerantes más populares en EEUU para grandes obras, aunque como se mencionó antes, tienen su efecto más notable sobre los tiempos de fraguado, aunque de acuerdo a la dosis y al sistema acelerante/cemento resultante, también logran incrementos importantes en las resistencias tempranas. SIKA (2013)

Sulfatos: Aditivos que combaten el ataque de sulfatos El concreto que está expuesto a sulfatos, usualmente en el suelo o en aguas freáticas, puede desintegrarse en sólo unos cuantos años debido a una reacción física o química, o a ambas. El concreto sometido a suelos secos que contienen sulfatos, no será atacado. The Aberdeen Group (2021)

Nanosílice: La Nanosílice debido a su alto contenido de Sílice (SiO_2), y a la finura de sus partículas incrementa la resistencia a la compresión del concreto, además de su fabricación amigable con el medio ambiente. Caballero et al (2021)

Cenizas Volantes: La adición de las cenizas al concreto reduce su costo, se utiliza menos cemento y se mejora algunas de sus propiedades como su trabajabilidad, durabilidad, densidad y sangrado, su impermeabilidad, su resistencia al ataque químico sobre todo de sulfatos y su resistencia a la compresión. Huaquisto y Belizario (2018).

Temperatura: Para realizar el estudio del concreto es necesario tomar en cuenta las condiciones climáticas, tales como la temperatura y la humedad relativa, ya que es uno de los factores importantes que influye en las propiedades del concreto. En caso de que la temperatura sea extremadamente alta, el concreto llega a un estado de acelerar la pérdida de asentamiento el cual tiene como consecuencia que la resistencia disminuya más de un 50% y consigo mismo afecte a la durabilidad de la estructura.

Es por ello que el National Ready Mixed Concrete Association dice que una alta temperatura del concreto tiene un menor ritmo de hidratación del cemento, lo que da como resultado un tiempo de fraguado y una resistencia más rápida. NRMCA (2015)

2.4 Definición de términos básicos

Concreto: El concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

Cemento Portland: En el sentido más amplio, la palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición no solo abarca los cementos propiamente dichos, sino una gran variedad de materiales de cementación tales como los cales, los asfaltos y los alquitranes.

En el medio de la construcción, y más específicamente en el de la fabricación de concreto para estructuras, es reconocido que al mencionar la palabra cemento, implícitamente esta se refiere a cemento portland, o cemento a base de portland, el cual tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua ya que con ella experimenta una reacción química. Este proceso se llama hidratación, por lo cual son también llamados cementos hidráulicos.

Agregados: Los agregados también llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón.

Como agregados para concreto se pueden considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia del grano), no perturba ni afectan las propiedades y características del concreto y garantizan una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás constituyentes del concreto, especialmente con el cemento; sin embargo, hay algunos cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas, colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica característica del concreto, tales como las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en que hay sílice activo, y el ladrillo triturado, entre otros. Pero

hay sílice activa, y el ladrillo triturado, entre otros. Pero hay algunos otros que presentan elementos nocivos o eventualmente inconvenientes que reaccionan afectando la estructura interna del concreto y su durabilidad, como por ejemplo los que presentan compuestos sulfurados, los que contienen partículas pulverulentas más finas o aquellos que se encuentran en descomposición latente como algunas pizarras. Perdomo y Hernández (2017).

Relación agua/cemento: Es uno de los parámetros más importantes de la tecnología del hormigón, pues influye considerablemente en la resistencia final del mismo.

Aditivos: Son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco.

Acelerante: Son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco.

Aditivo acelerador de fragua: Reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.

Curado: Tratamiento que se da al concreto recién colado, para asegurar la disponibilidad permanente de agua que permita el progreso de las reacciones químicas entre el cemento y el agua. Este importante proceso, nos permite obtener buena durabilidad en el concreto. Es la facilidad de colocación, compactación y acabado del concreto fresco. Ramírez (2017)

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

La presente investigación es un estudio documental, bibliográfico y descriptivo. Es documental/bibliográfica porque se apoya en un marco teórico-técnico a partir de artículos científicos, como:

De American Society for Testing and Materials (ASTM)

De la Norma E-060

De American Concrete Institute (ACI)

Del apoyo de tesis y artículos del aula virtual.

Del apoyo de páginas o tesis de Alicia concytec

Del apoyo de páginas de investigación de proquest

Investigaciones que involucran las variables en estudio, especificaciones técnicas, entre otros; basados en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del comportamiento del hormigón con aditivos y/o adiciones en el estado fresco y/o endurecido, obteniendo información relevante y fidedigna.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Al determinar los aditivos acelerantes este influye en las propiedades físico mecánicas, del hormigón en climas de bajas temperaturas.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al establecer el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.
- b) Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes se mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas.
- c) Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas.
- d) Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

3.2 Variables

3.2.1 Variables independientes

Aditivos acelerantes

Indicadores:

- Porcentaje de aditivos acelerantes

3.2.2 Variables dependientes

Propiedades Físico Mecánicas del concreto

Indicadores:

- Temperatura
- Consistencia
- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a la Penetración

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Definición Conceptual de la Variable

Los aditivos acelerantes: Tienen la finalidad de disminuir el tiempo del proceso de fraguado aumentando la velocidad del endurecimiento de la mezcla, con la finalidad de modificar las propiedades de la mezcla de concreto, mejorando la resistencia a una temprana edad en comparación con un concreto normal, produciéndose resistencias menores a los 28 días o más días. En el caso de climas fríos se desarrolla con mayor velocidad de calor de hidratación, incrementando la temperatura del concreto y la resistencia del concreto.

Los aditivos se clasifican en dos grandes grupos los que contienen cloruro y sin cloruro. El aditivo que contiene cloruro de calcio es el más económico y efectivo, pero que hasta cierto límite genera corrosión en la armadura. En el caso de libre de cloruro esto es más usado para concreto armado en elementos estructurales. El cual debe cumplir con los requerimientos de ASTM D 98. NRMCA (NRMCA, 2015)

Propiedades físicas: Las propiedades físicas del concreto abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C (2005)

Propiedades Mecánicas: Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él, a su vez las propiedades mecánicas son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C. (2005)

3.3.2 Definición operacional

Variable Independiente

Aditivos acelerantes: Son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento. La utilización del acelerante

de fraguado está principalmente indicada en aquellos hormigones donde es necesario tener resistencias elevadas a temprana edad.

Variable Dependiente

Propiedades físicas: Las propiedades físicas del concreto abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C. (2005)

Propiedades Mecánicas: Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él, a su vez las propiedades mecánicas son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C. (2005)

Tabla 1. Definición operacional

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDADES
Aditivos acelerantes	Son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado, esta principalmente indicada en aquellos hormigones donde es necesario tener resistencias elevadas a temprana edad.	Porcentaje de aditivo acelerante	%
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDADES
Propiedades Físicas	En estado fresco El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. El Comportamiento del concreto fresco depende de: La Trabajabilidad, Consistencia	Temperatura Consistencia	°C SLUMP
Propiedades Mecánicas	En estado endurecido sus propiedades son: impermeabilidad, durabilidad y resistencias	Resistencia a la compresión Resistencia a la penetración	Kg/cm ² Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Operalización de variables

Tabla 2. Operalización de variables

Variables Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Indices	Unidad de Medida	Escala	Instrumento	Herramienta	Items
Aditivos acelerantes	Los aditivos acelerantes tienen la finalidad de disminuir el tiempo del proceso de fraguado aumentando la velocidad del endurecimiento de la mezcla, con la finalidad de modificar las propiedades de la mezcla de concreto, mejorando la resistencia a una temprana edad en comparación con un concreto normal, produciéndose resistencias menores a los 28 días o más días. En el caso de climas fríos se desarrolla con mayor velocidad de calor de hidratación, incrementando la temperatura del concreto y la resistencia del concreto.	Son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento. La utilización del acelerante de fraguado está principalmente indicada en aquellos hormigones donde es necesario tener resistencias elevadas a temprana edad.	Porcentaje de Aditivos Acelerantes	Porcentaje óptimo de Aditivos Acelerantes	%	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	Norma E060 ACI	Indicado en los formatos
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Indices	Unidad de Medida	Escala	Instrumento	Herramienta	Items
Propiedades Físicas	Propiedades físicas: Las propiedades físicas del concreto abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella.	Propiedades físicas: Las propiedades físicas del concreto abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella.	Temperatura	Grado centigrado	°C	Cuantitativa continua			
Mecánicas	Mecánicas: Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él, a su vez las propiedades mecánicas son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto.	Propiedades Mecánicas: Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él, a su vez las propiedades mecánicas son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto.	Consistencia	Asentamiento	Slump	Cuantitativa continua	Normas nacionales e internacionales/investigaciones	Norma E060	Indicado en los formatos
			Resistencia	Compresion	Kg/cm ²	Cuantitativa continua			
				Penetracion	Kg/cm ²				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Método de investigación

El método de investigación es deductivo de orientación aplicada a base de recolección de datos retro electivo. Es retro electivo ya que ayuda a comparar nuestros resultados con resultados de anteriores tesis.

4.2 Tipo de investigación

La presente investigación es un estudio documental, bibliográfica y descriptiva. Es documental/bibliográfica porque se apoya en un marco teórico-técnico a partir de artículos científicos, investigaciones que involucran las variables en estudio, especificaciones técnicas, entre otros; basados en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del comportamiento del hormigón con aditivos y/o adiciones en el estado fresco y/o endurecido, obteniendo información relevante y fidedigna.

4.3 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo por lo que nos basamos en el porcentaje de aditivos acelerantes que fue usado en investigaciones relacionadas al tema.

4.4 Diseño de investigación

Según las bibliografías consultadas se realiza una serie de estudios, investigaciones descriptivas a base de obtener porcentajes óptimos de aditivos acelerantes para el concreto en lugares con climas de bajas temperaturas.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

La población de la presente investigación se basa en toda la publicación científica, Tesis de investigación, Normas sobre concretos relacionados a diferente temperatura ambiental. De acuerdo a lo descrito en la población en esta investigación se establece como muestra el análisis de resultados, la incorporación de aditivos acelerantes en concretos expuesto a diferente temperatura ambiental, que pueda mejorar la trabajabilidad del concreto en alta temperatura, de tal modo que no pierda la consistencia del concreto.

De las investigaciones referenciadas Nacionales como Internacionales se tomarán ensayos de diferentes edades. Establecidas de acuerdo a la Norma técnica peruana (TNP), A.C.I, E-060, ASTM.

4.5.2 Muestra

Se ha considerado ensayos de asentamiento o escurrimiento, ensayo de estabilidad de tamiz (segregación), ensayo de resistencia a la compresión, según se ha considerado en cada uno de investigación de los autores y con referencias a sus normas y reglamentos; en referencia a las normas NTP 334.088, ASTM C 494 y C 1017, se consideró 65 muestras de ensayo de flujo de asentamiento, 57 muestras de ensayo de estabilidad de tamiz y 49 muestras de ensayo de compresión de las otras investigaciones relacionados con el tema se podrá analizar el desarrollo del diseño de mezclas variando el porcentaje de aditivo utilizado de 2.8 hasta 3.8 litros, Slump (asentamiento de la mezcla en pulgadas) de $8 \frac{3}{4}$ " hasta $10 \frac{3}{4}$ ", Pérdida de asentamiento (Slump).

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1 Instrumento de recolección de datos

Los medios utilizados en la recolección de datos serán a través de tablas por lo que necesitaremos las siguientes herramientas:

- Manuales
- Normas
- Ensayos usados en artículos investigados de años anteriores.

4.6.2 Métodos y técnicas

En la técnica y método que se empleó en esta investigación fue la descriptiva optando por recolectar información de pasadas investigaciones.

4.7 Descripción de procedimiento y análisis

Podemos obtener resultados de ensayos o análisis se podrá utilizar porcentajes, tablas, gráficos y etc. que permitirá explicar de una manera objetiva los resultados.

Para el análisis y proceso de los resultados, se realizó los diferentes ensayos bajo las especificaciones de acuerdo a las normas como: Análisis granulométrico (Norma ASTM C33 – NTP 400.0011), Ensayo de resistencia a la compresión (Norma ASTM C293).

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la comparación de resultados de la presente tesis se realiza la comparación de investigaciones realizadas en lugares con una temperatura ambiente con climas fríos. Los aditivos acelerantes influyen en las propiedades físico-mecánicas del concreto en estado fresco (consistencia y temperatura) como endurecido (resistencia a la compresión y resistencia a la penetración), se seleccionó artículos y tesis por cada específico de los investigados, los cuales dentro de su investigación resaltan indicadores que están establecidos en la tesis.

5.1 Análisis e interpretación de los resultados

5.1.1 Analizando la Temperatura de la mezcla con adición de acelerantes

Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.

Yasien, A. M., Bassuoni, M. T., Abayou, A., y Ghazy, A. (2021)

El presente estudio experimental investigó al hormigón nano-modificado bajo congelación.

- Tipo de Aditivo: Sistema de aditivo de Nanosílice y Cenizas volantes.
- Total, de ensayos: 6
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

Diseño 1 (F25N2) = 25% de Cenizas Volantes con 2% de Nanosílice

Diseño 2 (F25N4) = 25% de Cenizas Volantes con 4% de Nanosílice

Diseño 2 (F15N2) = 15% de Cenizas Volantes con 2% de Nanosílice

Diseño 3 (F15N4) = 15% de Cenizas Volantes con 4% de Nanosílice

Diseño 4 (N2) = 2% de Nanosílice

Diseño 5 (N4) = 4% de Nanosílice

- Diseño de mezcla: Cemento Portland de uso general, 1.5% de grava, 2.53% de arena y a/c de 0.32.

La Tabla 3 en la adición de 4% de nanosílice en el hormigón mejora el desempeño del hormigón a bajas temperaturas sin contar con protección; por lo tanto, se presenta una opción factible para el empleo en climas fríos.

Tabla 3. Resultados de temperatura de acuerdo a la cantidad de dosis de cenizas volantes y nanosílice.

Dosis (%)	Nomenclatura	Temperatura (°C)
25%de cenizas volantes+2%nanosílice	F25N2	10
25%de cenizas volantes+4%nanosílice	F25N4	13
15%de cenizas volantes+2%nanosílice	F15N2	14
15%de cenizas volantes+4%nanosílice	F15N4	14.5
2%de nanosílice	N2	18
4% de nanosílice	N4	20

Fuente: Yasien et al (2021)

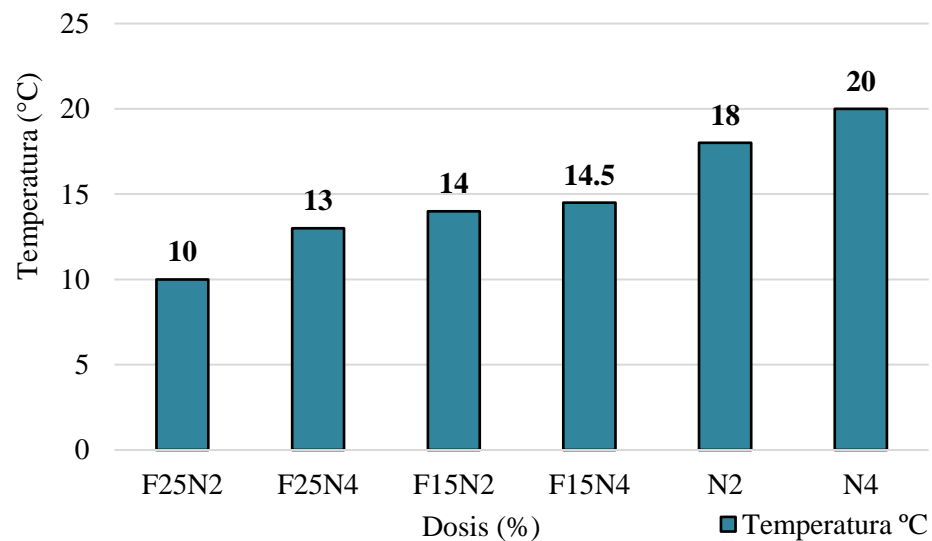


Figura 1. Temperatura vs. Dosis de Aditivo de cenizas volantes y nanosílice

Fuente: Elaboración Propia

Arcos Rodríguez, Josef Arturo (2015)

Esta tesis se realizó en la provincia de Espinar, departamento de Cusco situada a 3900 m.s.n.m., que, por tener las condiciones climáticas adecuadas para realizar un trabajo real, logrando transmitir resultados que muestren el comportamiento del concreto. Los trabajos se desarrollaron en los laboratorios del área de Control de Calidad de la empresa Yura S.A. con agregados y agua de la zona, con relación agua cemento de 0.4 y utilizando los aditivos.

- Tipo de Aditivo: Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid1.
- Total, de ensayos: 2
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

Diseño 1 = 0.4SA (Sika Aer=0.038%) + S306 (Sika306=0.80%) + SR (Sika Rapid=1.5%)

Diseño 2 = 0.4SA (Sika Aer=0.038%) + S306 (Sika306=0.80%)
- Diseño de mezcla: Cemento Tipo IP (YURA SA), 1.07% de grava, 1.61% de arena y a/c de 0.4.

Tabla 4. Resultados de las temperaturas de acuerdo a la cantidad de dosis de Sika Aer, Sika Rapid y Sika 306

Dosis (%)	Nomenclatura	Temperatura (°C)
0.4SA (Sika Aer=0.038%) + S306 (Sika 306=0.80%) + SR (Sika Rapid=1.5%)	0.40SA+S306 +SR	18
0.4SA (Sika Aer=0.038%) + S306 (Sika306=0.80%)	0.40SA+S306	22

Fuente: Arcos (2015)

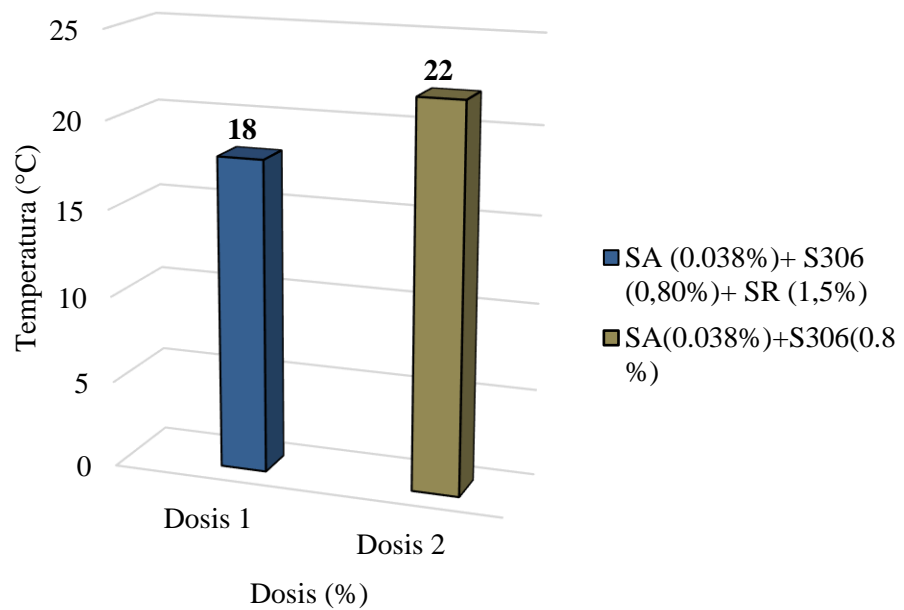


Figura 2. Temperatura vs Dosis de Sika AER, Sika Rapid y Sika 306 para una relación a/c de 0.4

Fuente: Elaboración Propia.

Reyes Pomacanchari, Deysi Dina y Terrel Cueva, Tania Isabel (2019)

La presente investigación determina las resistencias físicas y mecánicas del hormigón a una temperatura ambiente de 0°C, evaluando la temperatura del hormigón.

- Tipo de Aditivo: Chema3 en diferentes porcentajes(accelerante) y Chema entrampaire: 0.15% por peso de cemento (incorporador de aire).
- Total, de ensayos: 4 incluyendo el patrón.
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

Patrón 0 = 0%

Diseño 1 = 1.2% de Chema3

Diseño 2 = 2.6% de Chema3

Diseño 4 = 4% de Chema3

- Cemento: Portland Tipo I “ANDINO”

- $a/c = 0.45$
- Proporciones de diseño: 1:1.55:1.66

Tabla 5. Resultados de las temperaturas de acuerdo al porcentaje de aditivo Chema3

Dosis (%)	Temperatura (°C)
0	23.6
1.2	24.7
2.6	26.1
4	28.7

Fuente: Reyes y Terrel (2019)

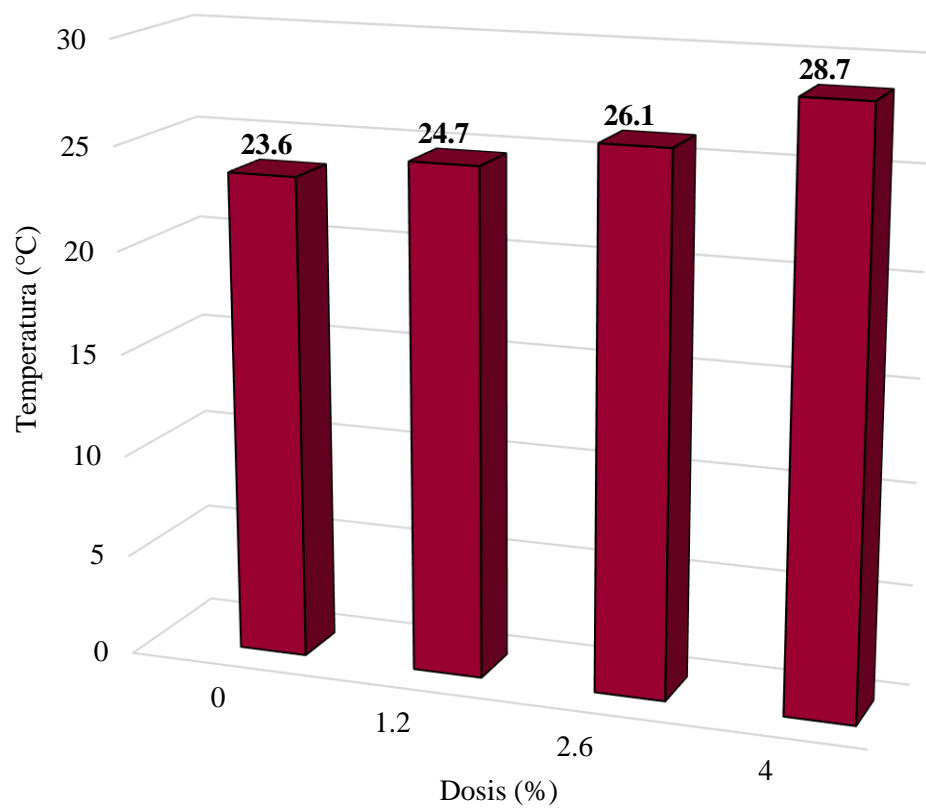


Figura 3. Temperatura vs. Dosis de Aditivo Chema3

Fuente: Elaboración Propia

Yusuke Tomita, Akira Yoneyama, Heesup Choi, Masumi Inoue, Jihoon Kim, Hyeonggil Choi y Yuhji Sudoh. (2020)

Esta investigación analiza el nitrito de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$) y nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) como componentes esenciales de agentes anticongelantes libres de sales y álcalis, para mejorar el desempeño del hormigón bajo un clima frío.

- Tipo de Aditivo: Nitrato y Nitrito de Calcio.
- Total, de ensayos: 4 incluyendo el patrón.
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:
Patrón 0 = 0%
Diseño 1 (CN7) = 7% de Nitrato y Nitrito de Calcio
Diseño 2 (CN9) = 9% de Nitrato y Nitrito de Calcio
Diseño 3 (CN11) = 11% de Nitrato y Nitrito de Calcio
- Diseño de mezcla: Cemento Portland normal, arena 2.5 % y a/c de 0.5.

Tabla 6. Resultados de las temperaturas de la mezcla de acuerdo a la dosis de los aditivos Nitrito y Nitrato de Calcio

Dosis (%)	Nomenclatura	Temperatura (°C)
Sin aditivo	CN0	15.2
7% de nitrato y nitrito de calcio	CN7	17.1
9% de nitrato y nitrito de calcio	CN9	18.6
11% de nitrato y nitrito de calcio	CN11	22

Fuente: Tomita et al (2020)

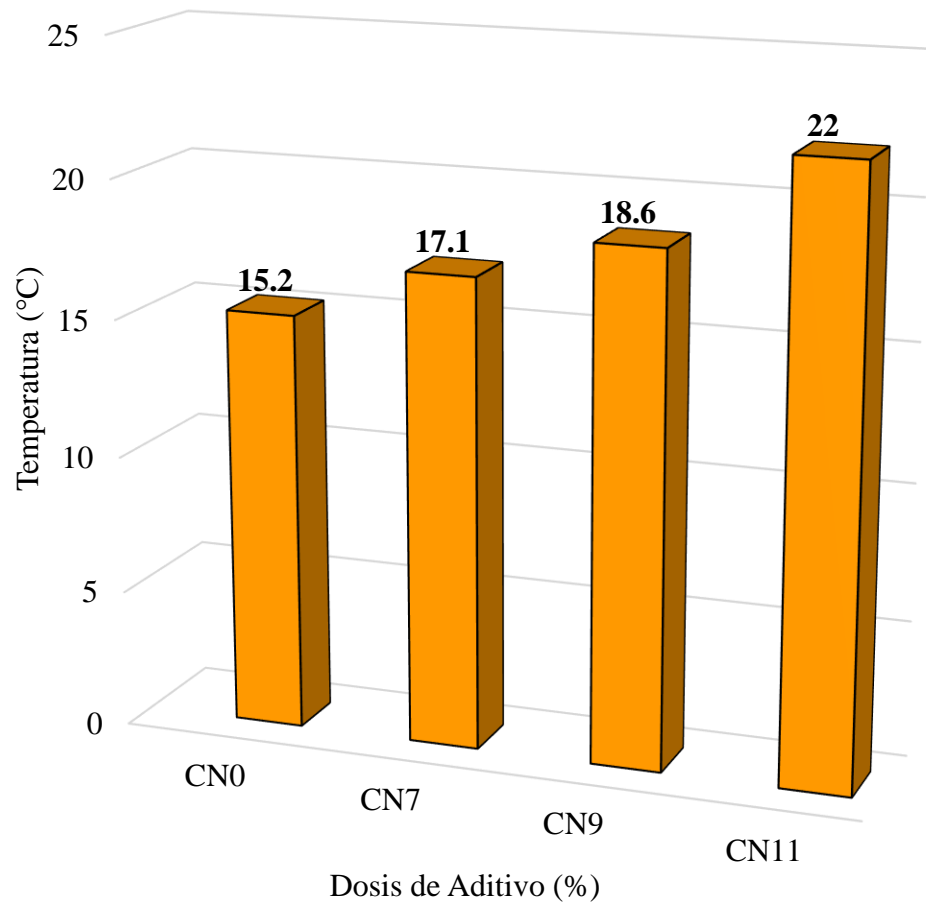


Figura 4. Temperatura VS. Dosis de Aditivo de Nitrato y Nitrito de Calcio

Fuente: Elaboración propia

Choi, H; Inoue, M; Choi, H; Kim, J; Sudoh, Y; Kwon, S; Lee, B;
Yoneyama, A. (2019)

Actualmente ha habido un mayor empleo de agentes anticongelantes compuestos principalmente de nitrito de calcio libre de sales y álcalis ($\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$) y nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) para fomentar el uso en clima frío. Específicamente, se llevó a cabo un experimento físico en una mezcla de concreto donde la cantidad del acelerador a base de nitrito-nitrato analizando los cambios en la temperatura interna a lo largo del tiempo.

- Tipo de Aditivo: Nitrato y Nitrito de Calcio.
- Total, de ensayos: 5 incluyendo el patrón.

- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:
 - Patrón 0 = 0%
 - Diseño 1 (CN7) = 7% de Nitrato y Nitrito de Calcio
 - Diseño 2 (CN9) = 9% de Nitrato y Nitrito de Calcio
 - Diseño 3 (CN11) = 11% de Nitrato y Nitrito de Calcio
 - Diseño 4 (CN13) = 13% de Nitrato y Nitrito de Calcio
- Diseño de mezcla: Cemento Portland, arena 2% y a/c de 0.5.
- Temperatura Ambiente: Oscila entre -4 a -8 °C

Tabla 7. Resultados de las temperaturas de la mezcla de acuerdo a la cantidad de dosis de la combinación de Nitrato y Nitrito de Calcio

Dosis (%)	Nomenclatura	Temperatura (°C)
Sin aditivo	CN0	16.1
7% de nitrato y nitrito de calcio	CN7	19.8
9% de nitrato y nitrito de calcio	CN9	21.4
11% de nitrato y nitrito de calcio	CN11	23.8
13% de nitrato y nitrito de calcio	CN13	25.7

Fuente: Choi et al (2019)

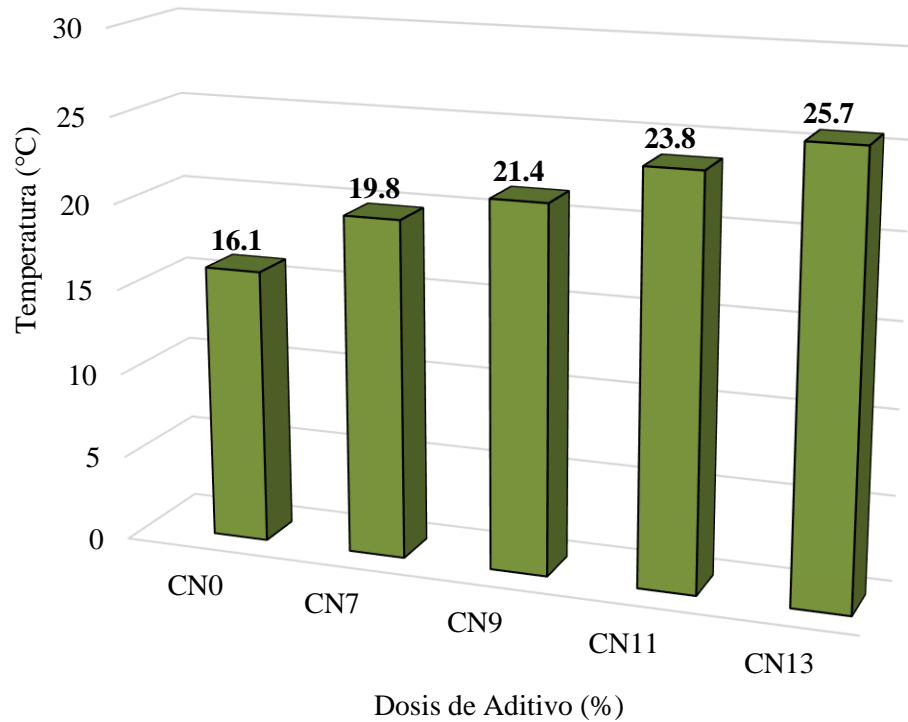


Figura 5. Temperatura VS Dosis de Aditivo de la combinación de Nitrato y Nitrito de Calcio

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Analizando la Consistencia de la mezcla con adición de aditivos acelerantes

Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes para mejorar la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas

Arcos Rodríguez, Josef Arturo (2015)

- Tipo de aditivo: incorporador de aire Sika AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1
- Total, de ensayos con relación a/c 0.55 y aditivo acelerante: Patrón, SA, SA+S306, SA+ S306 + SR
- Total, de ensayos con relación a/c 0.50 y aditivo acelerante: Patrón, SA, SA+S306, SA+ S306 + SR
- Total, de ensayos con relación a/c 0.45 y aditivo acelerante: Patrón, SA, SA+S306, SA+ S306 + SR
- Total, de ensayos con relación a/c 0.40 y aditivo acelerante: Patrón, SA, SA+S306, SA+ S306 + SR

- Porcentaje de aditivo acelerante Sika en los ensayos:
 - Patrón= 0%
 - SA = 0%
 - SA+S306 = 0.8%
 - SA+S306+SR = 2.3%
 - SA = 0.1%
 - SA+S306 = 0.9%
 - SA+S306+SR = 2.4%
 - SA = 0.1%
 - SA+S306 = 1.1%
 - SA+S306+SR = 2.9%

- En esta investigación se realizaron 4 ensayos. En el primer ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Sika como aditivo acelerante Patrón = 0%, SA = 0%, SA+S306 = 0.8%, SA+S306+SR = 2.3%. En el segundo ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Sika como aditivo acelerante Patrón = 0%, SA = 0.1%, SA+S306 = 0.9%, SA+S306+SR = 2.4%. En el tercer ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Sika como aditivo acelerante Patrón = 0%, SA = 0.1%, SA+S306 = 1.1%, SA+S306+SR = 2.9%. En el cuarto ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Sika como aditivo acelerante Patrón = 0%, SA = 0.1%, SA+S306 = 1.1%, SA+S306+SR = 2.9%. en los diferentes ensayos se utilizaron 4 muestras, pero con distintas proporciones de agregados, agua, aglutinantes y cal.

- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de las 4 mezclas de cemento YURA SA Tipo IP con relaciones de a/c de (0.55, 0.50, 0.45, 0.40) con adición del incorporador de aire Sika Aer, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1 en dosificación de 0.1%, 0.8 %, 0.9%, 1.1%, 2.3%, 2.4% y 2.9% con respecto a las diferentes mezclas que se realizaron.

- El ensayo de asentamiento del concreto o prueba de cono de Abrams (Slump) se utilizó según la norma NTP 339.035 ASTM C-14, se utiliza este ensayo para medirla consistencia del concreto

- Resultados de ensayos experimentales:

Tabla 8. Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.55$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.

$a/c=0.55$			
Material	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Patrón	0	12.7	Fluida
SA	0.4	12.7	Fluida
SA+S306	0.8	12.7	Fluida
SA+S306+SR	2.3	12.7	Fluida

Fuente: Arcos (2015)

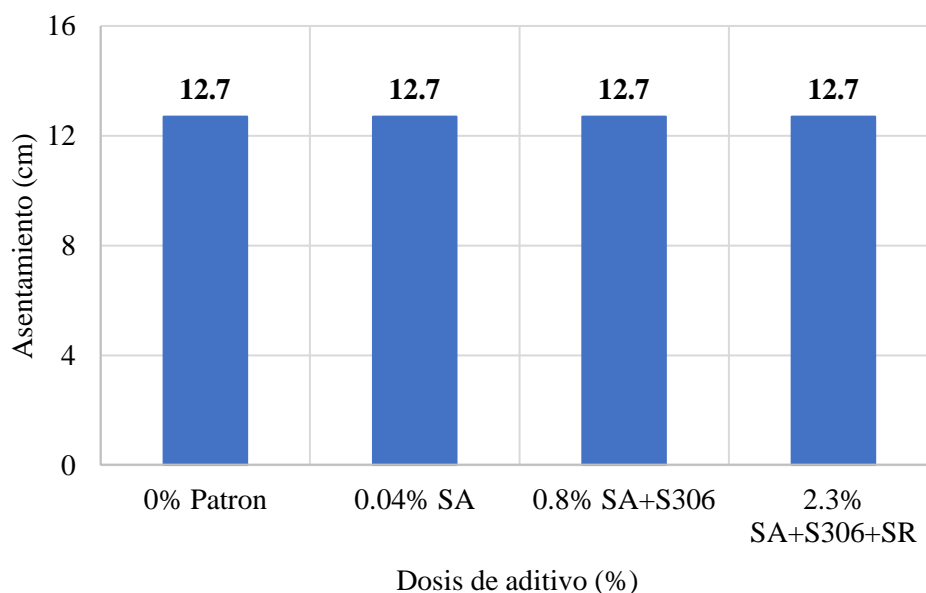


Figura 6. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para una $a/c = 0.55$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Resultados de Asentamiento y consistencia para $a/c=0.50$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.

$a/c=0.50$				
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia	
Patrón	0	12.7	Fluida	
SA	0.1	12.7	Fluida	
SA+S306	0.9	12.7	Fluida	
SA+S306+SR	2.4	12.7	Fluida	

Fuente: Arcos (2015)

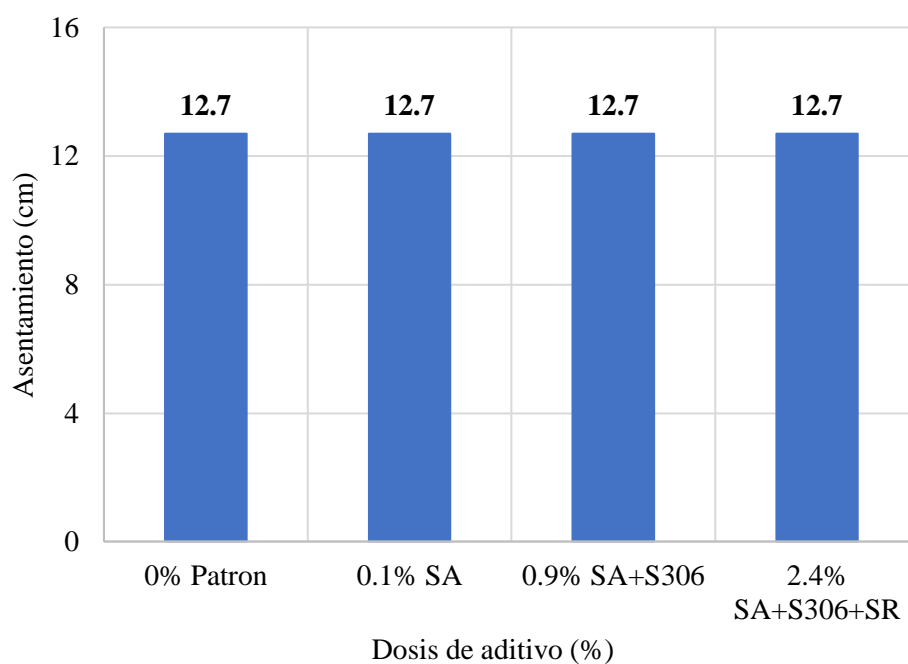


Figura 7. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para $a/c = 0.5$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.45$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.

$a/c=0.45$			
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Patrón	0	12.7	Fluida
SA	0.1	12.7	Fluida
SA+S306	1.1	12.7	Fluida
SA+S306+SR	2.9	12.7	Fluida

Fuente: Arcos (2015)

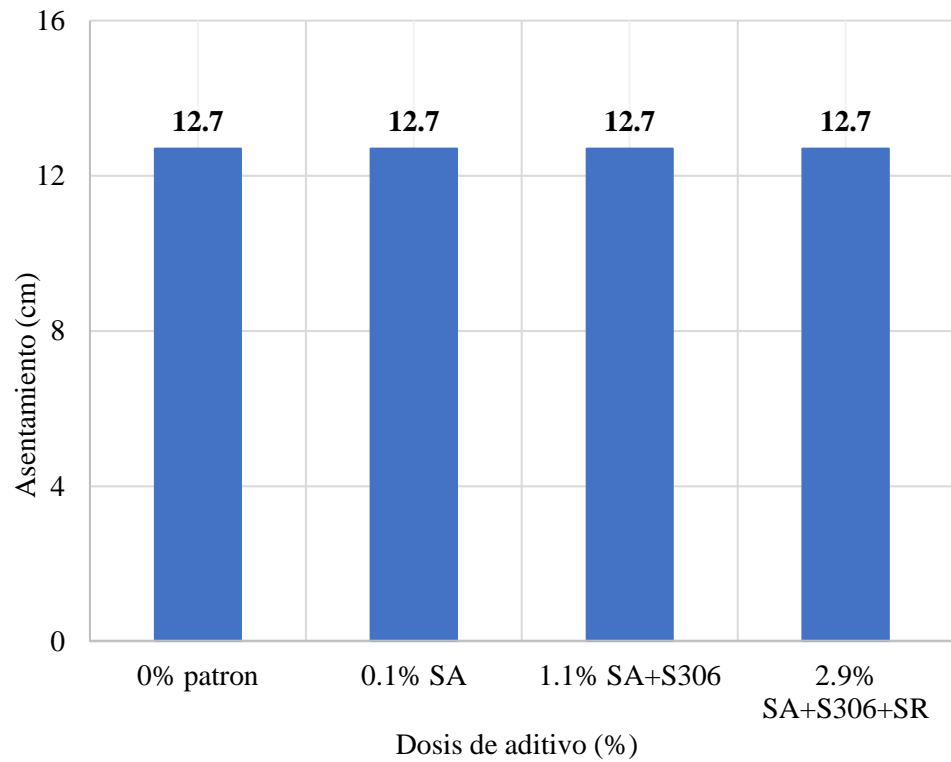


Figura 8. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para $a/c = 0.45$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Resultados de Asentamiento y Consistencia para $a/c=0.40$ para diferente dosificación de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid.

$a/c=0.40$				
	Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Patrón		0	0	Seca
SA		0	0	Seca
SA+S306		1.1	11.43	Fluida
SA+S306+SR		2.9	12.7	Fluida

Fuente: Arcos (2015)

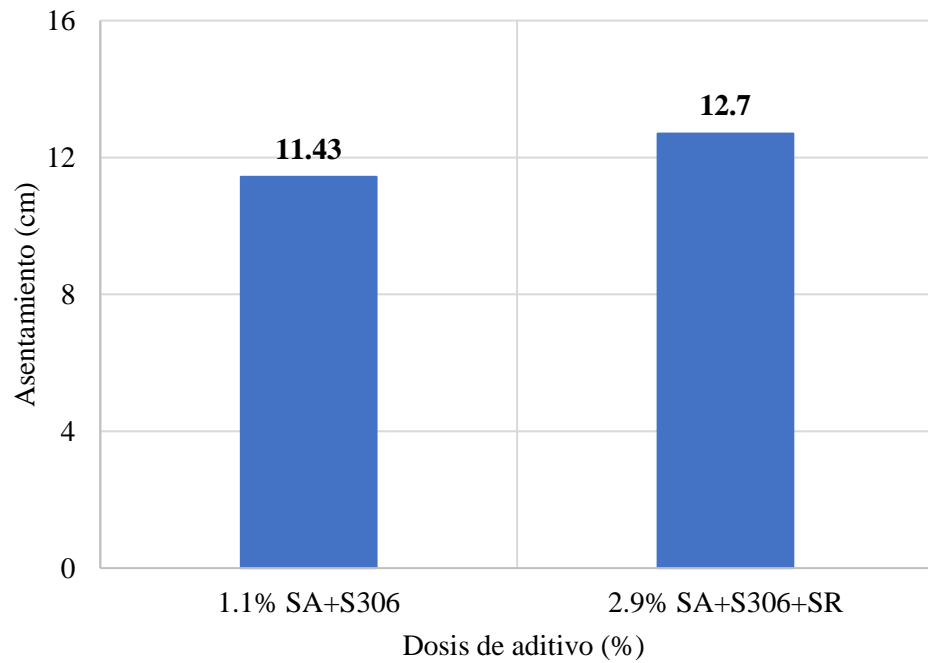


Figura 9. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante de Sika AER, Sika 306 y Sika Rapid para $a/c = 0.4$

Fuente: Elaboración propia

- Tipo de aditivo acelerante: Nitrato de calcio
- Total, de ensayos con aditivo acelerante: Cemento tipo CEM IIN INICIAL con Dosis de (CN), Cemento tipo CEM IIN DESPUÉS DE 1H con Dosis De (CN), Cemento tipo CEM IIR INICIAL, Nitrato de Calcio (CN), Cemento tipo CEM IIR DESPUÉS DE 1H
- Porcentaje de aditivo acelerante nitrato de calcio en los ensayos:
Cemento tipo CEM IIN INICIAL con Dosis de (CN) =
0%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%
Cemento tipo CEM IIN DESPUÉS DE 1H con Dosis De (CN) =
0%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%
Cemento tipo CEM IIR INICIAL = 0%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%
Cemento tipo CEM IIR DESPUÉS DE 1H = 0%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%
- Cantidad de ensayos: En esta investigación se realizaron 4 ensayos. En el primer ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de nitrato de calcio como aditivo acelerante No = 0%, N1 = 0.5%, N2 = 1%, N3 = 2%, N3 = 3%. En el segundo ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de nitrato de calcio como aditivo acelerante No = 0%, N1 = 0.1%, N2 = 0.9%, N3 = 2.4%. En el tercer ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Sika como aditivo acelerante No = 0%, N1 = 0.1%, N2 = 1.1%, N3 = 2.9%. En el cuarto ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Sika como aditivo acelerante No = 0%, N1 = 0.1%, N2 = 1.1%, N3 = 2.9%. en los diferentes ensayos se utilizaron 5 probetas, pero con distintas proporciones de agregados, agua, aglutinantes y cal.
- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de las 4 mezclas de cemento de piedra caliza portland Tipo I con relación de a/c de (0.24) con adición de Nitrato de calcio (CN) en dosificación de 0.0%, 0.5 %, 1.0%, 2%, 3% con respecto a las diferentes mezclas que se realizaron.
- El contenido de diseño para el hormigón se realizó con cemento de piedra caliza portland tipo I con 311.0 kg/m^3 , agua 100.0 kg/m^3 , aditivo reductor de agua 117.0 kg/cm^3 , agregado grueso 262.8 kg/m^3 , agregado fino 264.3 kg/cm^3 , con una relación agua cemento 0.56, módulo de fineza 3.53 y tamaño máximo 1''

- El ensayo de asentamiento del concreto o prueba de cono de Abrams se utilizó según la norma NTP 339.035 ASTM C-14, se utiliza este ensayo para medir la consistencia del concreto
- Resultados de ensayos experimentales:

Tabla 12. Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación inicial con CEM IIN.

a/c=0.24			
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Nitrato de Calcio (CN)	0	14.49	Fluida
Cemento tipo CEM IIN INICIAL con Dosis de (CN)	0.5	18	Súper Fluida
	1	18.5	Súper Fluida
	2	18	Súper Fluida
	3	16	Súper Fluida

Fuente: Skripkiūnas et al (2021)

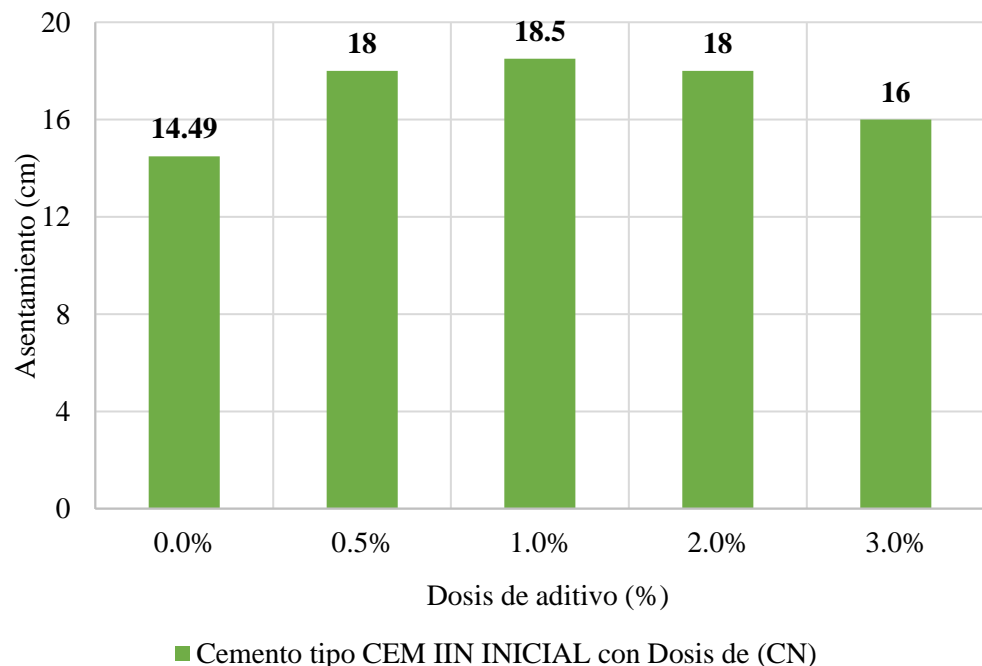


Figura 10. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante inicial de nitrato de calcio para $a/c = 0.24$.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación después de 1 hora con CEM IIN.

a/c=0.24			
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Nitrato de Calcio (CN)	0	5.1	Blanda
Cemento tipo CEM IIN	0.5	7	Blanda
Después de 1H con Dosis De (CN)	1	6.8	Blanda
	2	6	Blanda
	3	4.9	Plástica

Fuente: Skripkiūnas et al (2021)

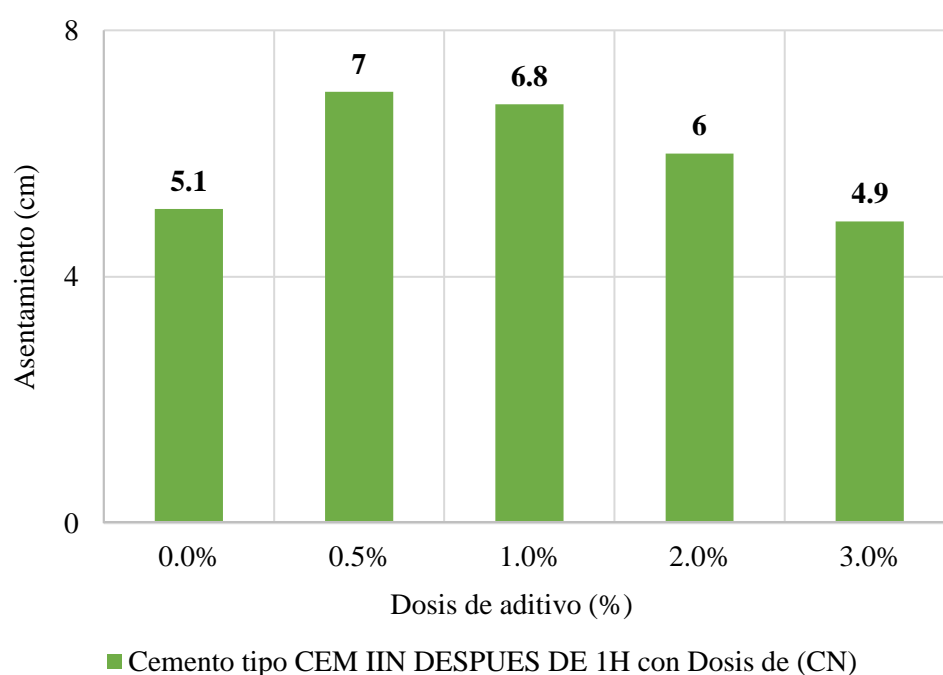


Figura 11. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante después de 1 hora de nitrato de calcio para $a/c = 0.24$.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación inicial con CEM IIR.

a/c=0.24			
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Nitrato de Calcio (CN), Cemento tipo CEM IIR Inicial	0	16	Súper Fluida
	0.5	18	Súper Fluida
	1	20	Súper Fluida
	2	19	Súper Fluida
	3	15	Fluida

Fuente: Skriпкиūnas et al (2021)

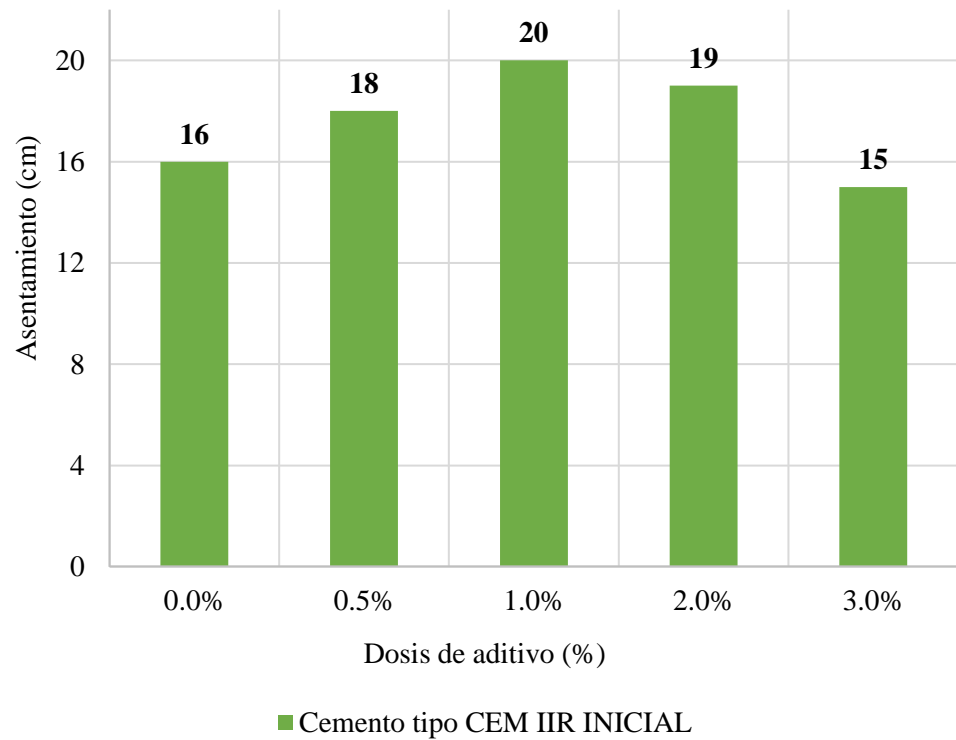


Figura 12. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante inicial de nitrato de calcio para $a/c = 0.24$.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultados de Asentamiento y Consistencia con $a/c=0.24$ a diferente dosificación después de 1 hora con CEM IIR.

$a/c = 0.24$			
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Nitrato de Calcio (CN)	0	7.2	Blanda
Cemento tipo CEM IIR	0.5	7.5	Blanda
Después de 1H	1	8	Blanda
	2	6.5	Blanda
	3	7	Blanda

Fuente: Skripkiūnas et al (2021)

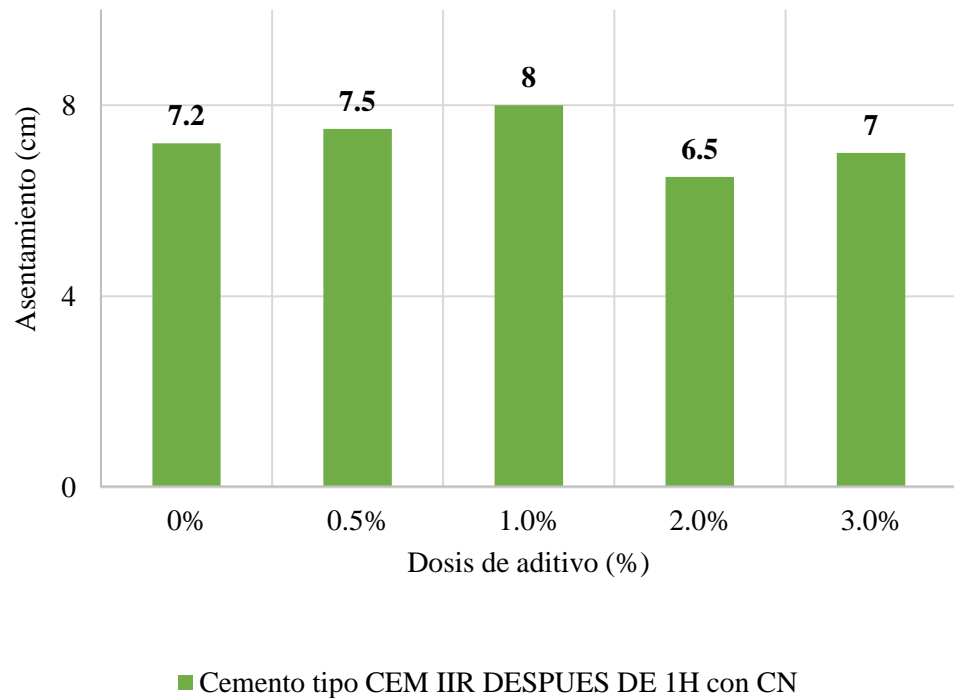


Figura 13. Asentamiento VS. Dosis de Aditivo acelerante después de 1hra para $a/c = 0.24$.

Fuente: Elaboración propia

Ramazan Demirboğa B, Fatma Karagöl, Rıza Polat, Mehmet Akif Kaygusuz
C. (2014)

- Tipo de aditivo: base de Urea y nitrato de calcio
- Total, de ensayos con aditivo acelerante: Mezcla control sin aditivo, Mezcla anticongelante
- Porcentaje de aditivo acelerante Urea y nitrato de calcio en los ensayos:
 - Mezcla control sin aditivo = 0.0%
 - Mezcla anticongelante = 6.0%
- En esta investigación se realizó 1 ensayo. En este primer ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de Urea y nitrato de calcio como aditivo acelerante, Mezcla control sin aditivo = 0.0 %, Mezcla anticongelante = 6.0%, en este ensayo se utilizó 1 probeta, pero con distintas proporciones de agregados, agua, aglutinantes y cal.
- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de 1 mezcla de cemento Portland normal Tipo I ANDINO con relación de a/c de (0.40) con adición de Base de Urea y nitrato de Calcio en dosificación de 0.0%, 6.0 % con respecto a las diferentes mezclas que se realizaron.
- El contenido de diseño para el hormigón se realizó con cemento YURA SA tipo IP con 311.0 kg/m³, agua 100.0 kg/m³, aditivo reductor de agua 117.0 kg/cm³, agregado grueso 262.8 kg/m³, agregado fino 264.3 kg/cm³, con una relación agua cemento 0.56, módulo de fineza 3.53 y tamaño máximo 1''
- El ensayo de asentamiento del concreto o prueba de cono de Abrams se utilizó según la norma NTP 339.035 ASTM C-14, se utiliza este ensayo para medirla consistencia del concreto
- Resultados de ensayos:

Tabla 16. Resultados de Asentamiento y Consistencia para a/c=0.55.

a/c=0.55			
Urea, Nitrato de Calcio y Nitrito de calcio	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Mezcla control sin aditivo	0	4	Plástica
Mezcla anticongelante	6	12	Fluida

Fuente: Demirboğa et al (2014)

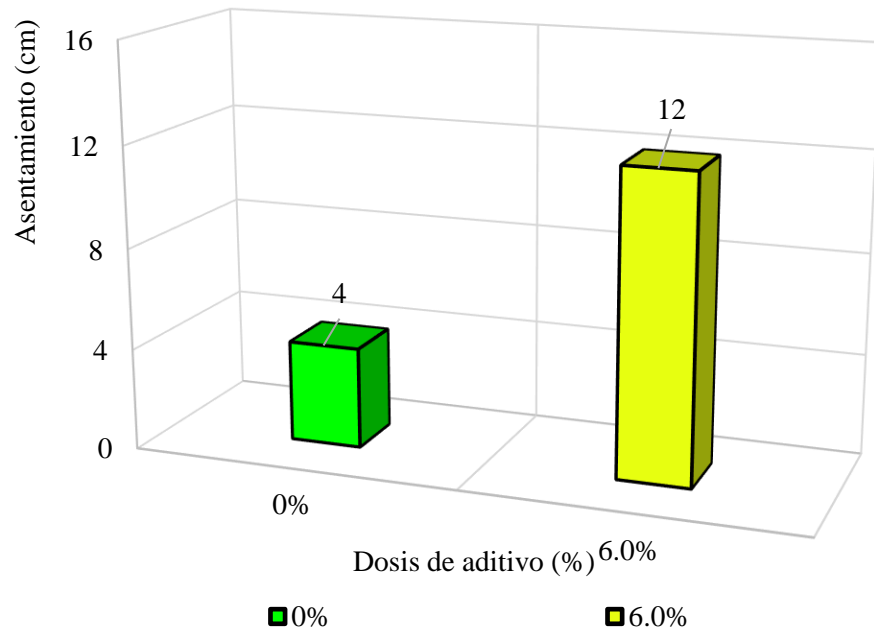


Figura 14. Asentamiento VS Dosis de aditivo de urea, nitrato y nitrito de calcio.

Fuente: Elaboración propia

Naqash, Zahid Bashir Bhat, Mohammad Iqbal Malik, Subzar Ahmad,
Dharvinder Kumar (2014)

- Tipo de aditivo: Nitrito de sodio
- Total, de ensayos con aditivo acelerante: Patrón N0, N1, N2, N3, N4, N5.
- Porcentaje de aditivo acelerante Nitrito de sodio en los ensayos:
 - Patrón N0 = 0.0%
 - N1 = 1.0%
 - N2 = 1.5%
 - N3 = 2.0%
 - N4 = 2.5%
 - N5 = 3.0%
- En esta investigación se realizaron 5 muestras con diferentes porcentajes de nitrito de sodio. En el primer ensayo se buscó conseguir la consistencia del hormigón con muestras de diferentes porcentajes de nitrito de sodio como aditivo acelerante No = 0%, N1 = 1.5%, N2 = 2.0%, N3 = 2.5%, N3 = 3%,

en los diferentes ensayos se utilizaron 4 probetas, pero con distintas proporciones de agregados, agua, aglutinantes y cal.

- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de una mezcla de cemento portland ordinario khyber de grado 43 confinado Tipo I con una relación de a/c de 0.45 con adición de nitrito de sodio en dosificación de 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0% con respecto a las diferentes mezclas que se realizaron.
- El contenido de diseño para el hormigón se realizó con cemento portland ordinario khyber de grado 43 confinado tipo I con 311.0 kg/m³, agua 100.0 kg/m³, aditivo reductor de agua 117.0 kg/cm³, agregado grueso 262.8 kg/m³, agregado fino 264.3 kg/cm³, con una relación agua cemento 0.56, módulo de fineza 3.53 y tamaño máximo 1''
- El ensayo de asentamiento del concreto o prueba de cono de Abrams se utilizó según la norma NTP 339.035 ASTM C-14, se utiliza este ensayo para medirla consistencia del concreto
- Resultados de ensayos:

Tabla 17. Resultados de Asentamiento y Consistencia para a/c 0.45 para los diferentes porcentajes de dosis.

a/c=0.45			
Materiales	Dosis (%)	Asentamiento (cm)	Consistencia
	0	1.55	Plástica
	1	1.5	Plástica
Nitrito de Sodio cemento portland ordinario khyber de grado 43 confinado	1.5	1.52	Plástica
	2	1.6	Plástica
	2.5	1.58	Plástica
	3	1.45	Plástica

Fuente: Naqash et al (2014)

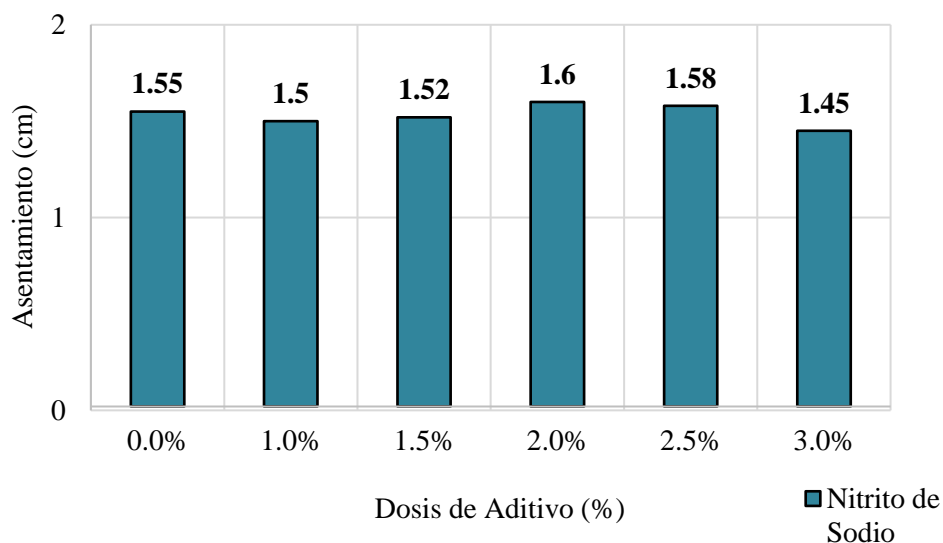


Figura 15. Asentamiento VS Dosis de aditivo de nitrato de sodio.

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Analizando la Resistencia a la Compresión

Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas.

Yasien, A. M., Bassuoni, M. T., Abayou, A., y Ghazy, A. (2021)

El presente estudio experimental investigó al hormigón nano-modificado bajo congelación.

- Tipo de Aditivo: Sistema de aditivo de Nanosílice y Cenizas volantes.
- Total, de ensayos: 7 incluyendo el patrón.
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:
 - Diseño 1 (F25N2) = 25% de Cenizas Volantes con 2% de Nanosílice
 - Diseño 2 (F25N4) = 25% de Cenizas Volantes con 4% de Nanosílice
 - Diseño 2 (F15N2) = 15% de Cenizas Volantes con 2% de Nanosílice
 - Diseño 3 (F15N4) = 15% de Cenizas Volantes con 4% de Nanosílice
 - Diseño 4 (N2) = 2% de Nanosílice
 - Diseño 5 (N4) = 4% de Nanosílice
- Diseño de mezcla: Cemento Portland de uso general, 1.5% de grava, 2.53% de arena y a/c de 0.32.

La resistencia a la compresión se evaluó a edades tempranas 7 días y tardías 28 días (Figuras 11 y 12). ACI 306R6 determina que la resistencia del hormigón colocado en clima frío debe alcanzar al menos 35.7 y 249,8 kg/cm² antes de ser expuesto a congelación y descongelación, respectivamente. La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto nano-modificado, que fueron colocadas y curadas bajo congelación y frío sin aislamiento, cumplieron con los límites después de un día. Además, todas las mezclas lograron una resistencia a la compresión en el rango de 343 a 557 kg/cm² a los 28 días, lo que las califica para diversas aplicaciones de concreto.

Tabla 18. Resultados de Resistencia a la compresión a los 7 días para diferentes dosis de cenizas volantes y nanosílice.

Día 7		
Nomenclatura	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
25% de cenizas volantes y 2% de nanosílice	F25N2	274
25% de cenizas volantes y 4% de nanosílice	F25N4	300
15% de cenizas volantes y 2% de nanosílice	F15N2	318
15% de cenizas volantes y 4% de nanosílice	F15N4	343
2% nanosílice	N2	399
4% nanosílice	N4	444

Fuente: Yasien et al (2021)

Tabla 19. Resultados de Resistencia a la compresión a los 28 días para diferentes dosis de cenizas volantes y nanosílice.

Día 28		
Nomenclatura	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
25% de cenizas volantes y 2% de nanosílice	F25N2	343
25% de cenizas volantes y 4% de nanosílice	F25N4	384
15% de cenizas volantes y 2% de nanosílice	F15N2	408
15% de cenizas volantes y 4% de nanosílice	F15N4	456
2% nanosílice	N2	510
4% nanosílice	N4	557

Fuente: Yasien et al (2021)

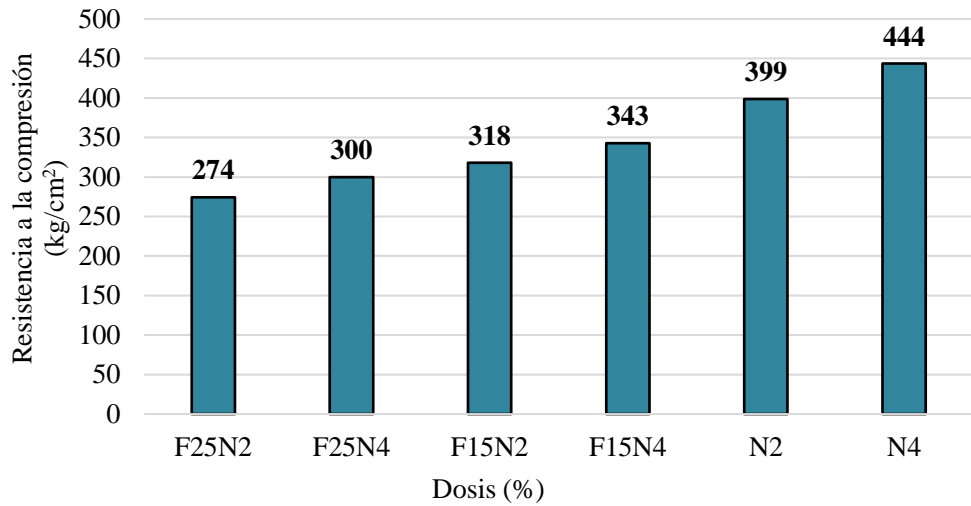


Figura 16. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 7 días de cenizas volantes y nanosílice.

Fuente: Elaboración propia.

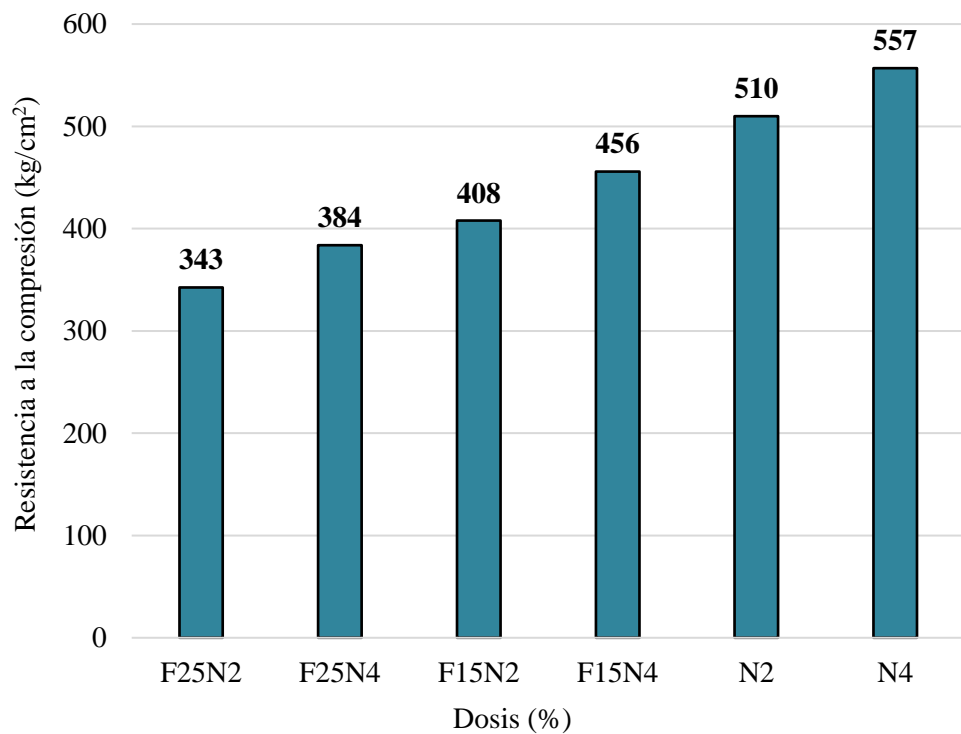


Figura 17. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivo a los 28 días cenizas volantes y nanosílice.

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Aditivo: Suspensión de nanosílice.
- Total, de ensayos: 4 de los cuales, dos se evalúan a 5°C y dos a 10°C. siendo C la muestra sin aditivo y las NS con aditivo.
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

Para 5°C

Diseño 1 (C) = 0%

Diseño 2 (NS) = 3%

Para 10°C

Diseño 3 (C) = 0%

Diseño 4 (NS) = 3%
- Diseño de mezcla: Cemento Portland de endurecimiento rápido CEM I 42.5R, a/c= 0.5.

Tabla 20. Resultados de Resistencia a la compresión a los 28 días para temperaturas de 5°C y 10 °C con suspensión de nanosílice.

DÍA 28		
Temperatura (°C)	Dosis (%)	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)
5	C	153
	NS	166
10	C	229
	NS	255

Fuente: Katarzyna (2019)

La figura 18 muestra la resistencia a la compresión a los 28 días de curado. El crecimiento de la resistencia de los morteros se detuvo con el aumento de la edad, debido al descenso de la temperatura de curado. Se observó un favorecimiento comparable con las muestras NS. Se puede observar que los especímenes que contienen NS exponen una resistencia a la compresión mayor a diferencia de los especímenes que no lo contienen.

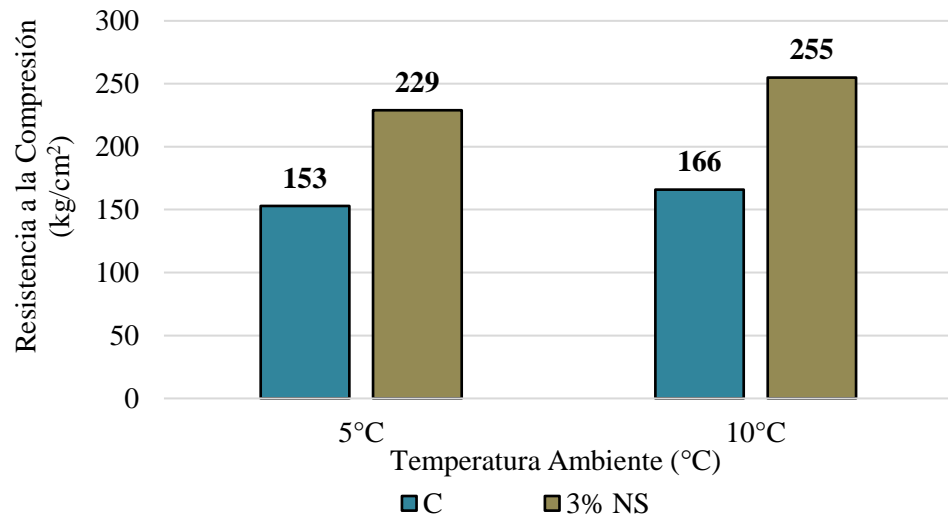


Figura 18. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivo de suspensión de nanosílice.

Fuente: Elaboración propia.

Fatma Karagol, Ramazan Demirboga, Waleed H. Khushefatib. (2014)

Esta investigación examina las propiedades del hormigón preparado con adición de aditivos anticongelantes de urea y nitrato de calcio en el hormigón, curado en diferentes temperaturas bajas en condiciones exteriores invernales en Erzurum, Turquía.

- Tipo de Aditivo: Urea y Nitrato de Calcio
- Total, de ensayos: 12 ensayos
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

W = Agua Saturada

Diseño 1 (MCW) = 0%

Diseño 2 (MUW) = 9% de Úrea

Diseño 3 (MUCNW) = 4.5% de Úrea + 4.5% de Nitrato de Calcio

Diseño 4 (MCNW) = 9% de Nitrato de Calcio

Ensayos bajo temperatura ambiente de 5°C

Diseño 5 (MC5) = 0%

Diseño 6 (MU5) = 9% de Úrea

Diseño 7 (MUCN5) = 4.5% de Úrea + 4.5% de Nitrato de Calcio

Diseño 8 (MCN5) = 9% de Nitrato de Calcio

Ensayos bajo temperatura ambiente de 10°C

Diseño 9 (MC10) = 0%

Diseño 10 (MU10) = 9% de Úrea

Diseño 11 (MUCN10) = 4.5% de Úrea + 4.5% de Nitrato de Calcio

Diseño 12 (MCN10) = 9% de Nitrato de Calcio

- Diseño de mezcla: Cemento Portland Ordinario Tipo I, a/c = 0.4

Tabla 21. Resultados de Resistencia a la compresión de diferentes dosis a los 7 días de urea y nitrato de calcio.

DÍA 7	
Dosis (%)	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)
MCW	387
MUW	352
MUCNW	420
MCNW	401
MC5	81
MU5	173
MUCN5	396
MCN5	319
MC10	80
MU10	82
MUCN10	356
MCN10	196

Fuente: Karagol et al (2014)

Tabla 22. Resultados de Resistencia a la compresión de diferentes dosis a los 28 días de urea y nitrato de calcio.

DÍA 28	
Dosis (%)	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)
MCW	524
MUW	377
MUCNW	422
MCNW	519
MC5	32
MU5	295
MUCN5	427
MCN5	351
MC10	13
MU10	104
MUCN10	248
MCN10	59

Fuente: Karagol et al (2014)

En la figura 19 muestra la resistencia a la compresión a los 7 días se ve la comparación en las primeras 4 barras tratadas con agua saturada y a una temperatura ambiente cálida normal, las siguientes barras muestran el incremento de la resistencia tratadas bajo una temperatura ambiente de 5°C y 10°C respectivamente.

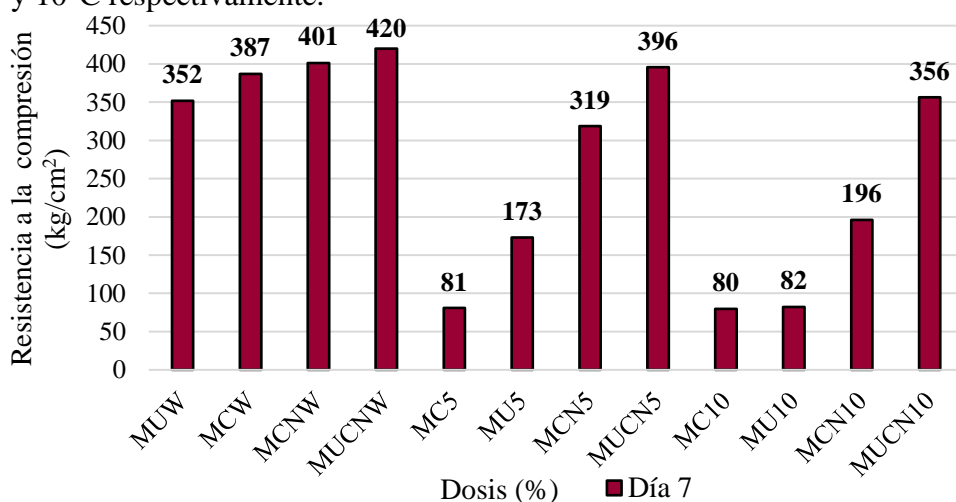


Figura 19. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 7 días de urea y nitrato de calcio.

Fuente: Elaboración propia

La figura 20 muestra la resistencia a la compresión a los 28 días, siendo las primeras 4 barras tratadas bajo una temperatura ambiente cálido normal y las siguientes a temperaturas de 5°C y 10°C respectivamente.

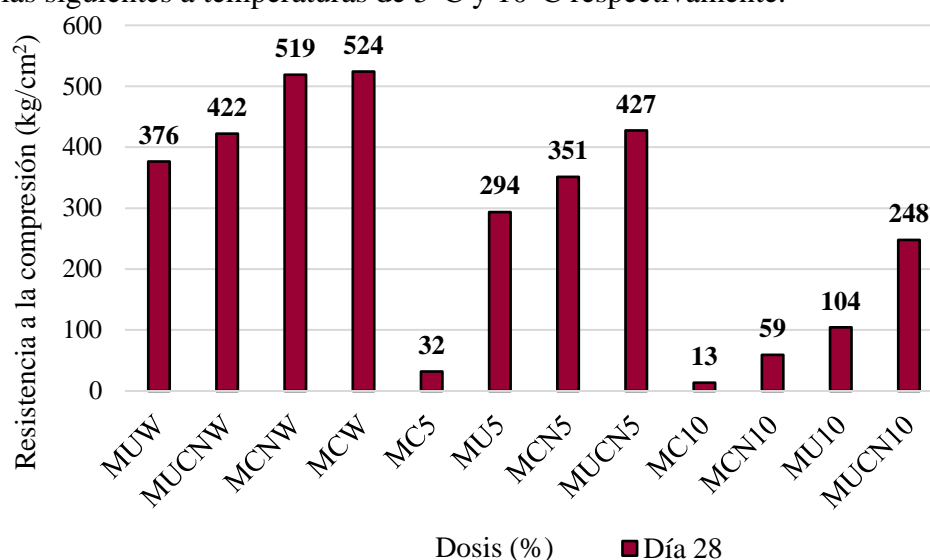


Figura 20. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 28 días de urea y nitrato de calcio.

Fuente: Elaboración propia

Laura Ysabel López Macedo. (2020)

La finalidad de la presente tesis fue determinar el efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto en las zonas ubicadas en altitudes de 2600 a 3500 m.s.n.m. de Ancash; las que fueron desarrolladas en el Laboratorio de Resistencias de Materiales y Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo.

- Tipo de Aditivo: Sika3 y Chema3
- Total, de ensayos: 3 ensayos incluyendo 1 sin aditivo.
- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

Diseño 1 (Testigo) = 0%

Diseño 2 (Sika3) = 4%

Diseño 3 (Chema3) = 4%

- Diseño de mezcla: Los agregados fueron obtenidos de la Cantera Orión, Pariahuanca, las cuales en las proporciones requeridas cumplen con las normas ASTM y NTP. Para la elaboración del diseño de mezcla, se desarrolló se utilizó el Método del Comité 211 del ACI. Se utilizó cemento Portland tipo I

Tabla 23. Resultados de Resistencia a la compresión a los 7 días con diferentes aditivos de Sika3 y Chema3.

DÍA 7	
Dosis (%)	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)
Testigo	166
Sika3	176
Chema3	177

Fuente: López (2020)

Tabla 24. Resultados de Resistencia a la compresión a los 28 días con diferentes aditivos.

DÍA 28	
Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Testigo	253
Sika3	271
Chema3	260

Fuente: López (2020)

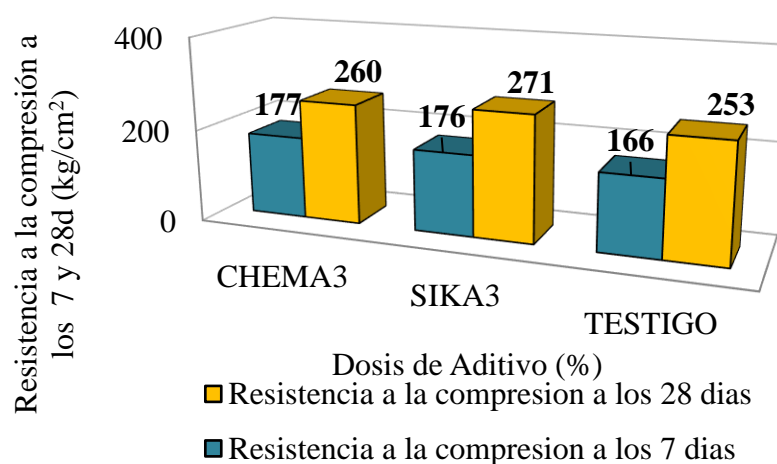


Figura 21. Resistencia a la compresión VS. Dosis de Aditivos a los 7 y 28 días de Sika3 y Chema3.

Fuente: Elaboración propia

Naqash, Zahid Bashir Bhat, Mohammad Iqbal Malik, Subzar Ahmad,
Dharvinder Kumar. (2014)

En este artículo, el problema del fraguado retardado y el endurecimiento del hormigón se abordan mediante el uso de un aditivo acelerador (nitrito de sodio) en el hormigón. Se añadió nitrito de sodio como aditivo acelerador en 4 muestras que tenían una dosis de nitrito de sodio de 1%, 1,5%, 2% y 3% en peso de cemento. Las probetas de hormigón se ensayaron durante a los 7 días y 28 días de resistencia a la compresión.

- Tipo de Aditivo: Nitrito de Sodio como aditivo. El nitrito de sodio estaba en forma de polvo fino, por lo que fue fácil agregarlo en la mezcla.

- Total, de ensayos: 4

- Porcentaje de aditivo acelerante en los ensayos:

Diseño 1 (Patrón) = 0%

Diseño 2 = 1%

Diseño 3 = 1.5%

Diseño 4 = 2%

- Diseño de mezcla: Se utilizó cemento Portland ordinario Khyber de grado 43 confinado a IS 8112. Agregados finos compuestos por arena de río limpia con un tamaño máximo de 4,75 mm conforme a la zona II según IS383-1970 [10] con un peso específico de 2,6. Los agregados gruesos utilizados consistieron en piedra triturada a máquina de forma angular que pasa a través de un tamiz IS de 20 mm y se retiene en un tamiz IS de 4,75 mm con un peso específico de 2,7.

Tabla 25. Resultados de Resistencia a la compresión con diferentes dosis a los 7 días de nitrato de sodio.

Día 7	
Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
0	133
1	152
1.50	162
2	190
3	115

Fuente: Naqash et al (2014)

Tabla 26. Resultados de Resistencia a la compresión con diferentes dosis a los 28 días de nitrato de sodio.

Día 28	
Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
0	212
1	221
1.50	221
2	216
3	204

Fuente: Naqash et al (2014)

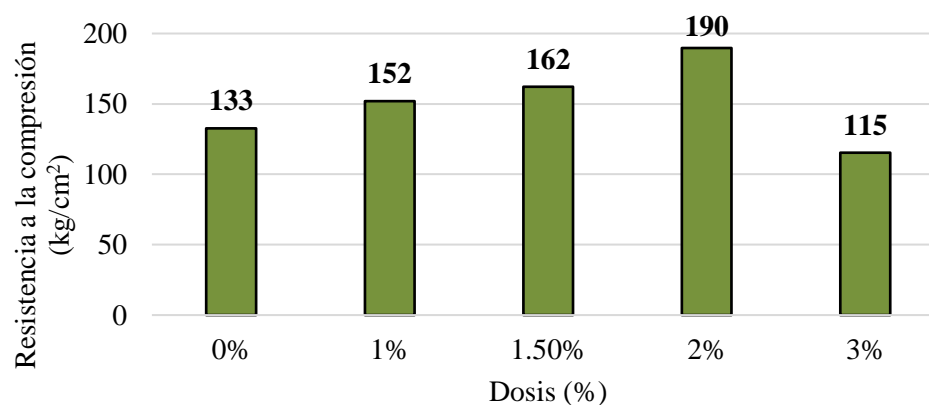


Figura 22. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 7 días de nitrato de sodio.

Fuente: Elaboración propia

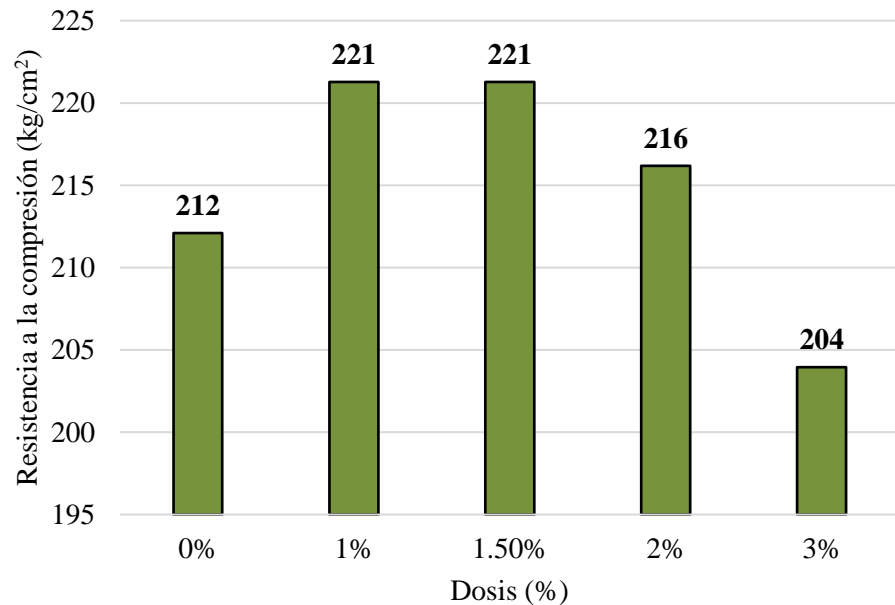


Figura 23. Resistencia a la compresión VS. Dosis de aditivos a los 28 días de nitrato de sodio.

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Análisis de la Resistencia a la Penetración

Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

Arcos Rodríguez, Josef Arturo (2015)

- Tipo de aditivo: incorporador de aire Sika AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1
- Total, de ensayos con una relación a/c 0.4 y aditivo acelerante: SA+S306 1, SA+S306 2, SA+S306 3, SA+S306 4, SA+S306 5, SA+S306 6
- Total, de ensayos con una relación a/c 0.45 y aditivo acelerante: SA+S306 1, SA+S306 2, SA+S306 3, SA+S306 4, SA+S306 5, SA+S306 6
- Total, de ensayos con una relación a/c 0.50 y aditivo acelerante: SA+S306+SR 1, SA+S306+SR 2, SA+S306+SR 3, SA+S306+SR 4, SA+S306+SR 5
- Total, de ensayos con una relación a/c 0.55 y aditivo acelerante: SA+S306+SR 1, SA+S306+SR 2, SA+S306+SR 3, SA+S306+SR 4, SA+S306+SR 5
- Porcentaje de aditivo acelerante Sika en los ensayos:
 - a/c 0.4 SA+S306 1,2,3,4,5,6 = 1%

- a/c 0.45 SA+S306 1,2,3,4,5,6 = 1%
- a/c 0.50 SA+S306+SR 1,2,3,4,5 = 2.4%
- a/c 0.55 SA+S306+SR 1,2,3,4,5 = 2.3%

En esta investigación se realizaron 4 ensayos. En el primer ensayo con una relación a/c 0.4 se buscó conseguir la resistencia a la penetración máxima de 407 kg/cm², en el segundo ensayo con una relación de a/c 0.45 se buscó conseguir la resistencia a la penetración máxima, de valor de 385 kg/cm², en el tercer ensayo con una relación de a/c 0.5 se obtuvo la resistencia a la penetración máxima de 367 kg/cm², y para el cuarto ensayo con una relación de a/c 0.55 se buscó obtener la resistencia a la penetración máxima de valor de 481 kg/cm². En cada ensayo se utilizaron probetas, pero con distintas proporciones agregados, agua, aglutinantes, y cal.

- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de 4 mezclas de cemento YURA SA Tipo IP con relaciones de a/c de (0.55, 0.50, 0.45, 0.40) con adición del incorporador de aire Sika AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1 en dosificación de 0.1%, 0.8 %, 0.9%, 1.1%, 2.3%, 2.4% y 2.9% con respecto a las diferentes mezclas que se realizaron.
- Método de Ensayo: Método de Resistencia a la Penetración (ASTM C803) o la Prueba de Windsor, se utiliza este ensayo para medir la fuerza de penetración del hormigón
- Resultados de ensayos:

Tabla 27. Resultados de Resistencia a la penetración para
a/c=0.40SA+S306

a/c=0.40 SA + S306		
Nomenclatura	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
SA+S306 1	1.0	14
SA+S306 2	1.0	27
SA+S306 3	1.0	57
SA+S306 4	1.0	168
SA+S306 5	1.0	233
SA+S306 6	1.0	407

Fuente: Arcos (2015)

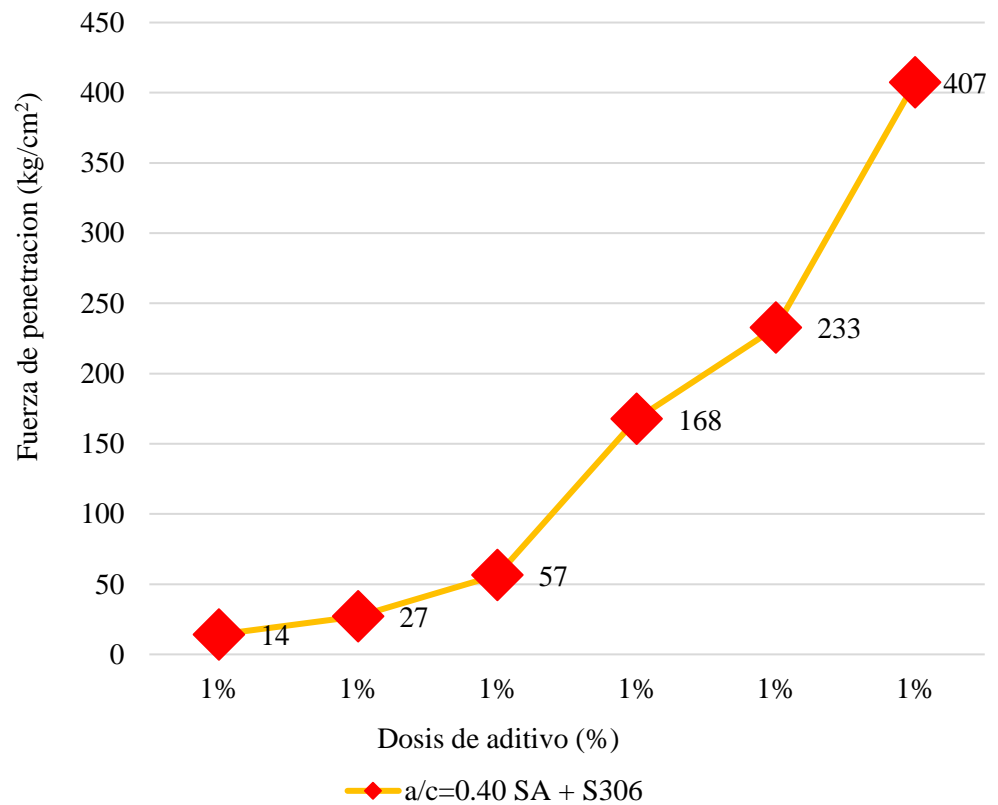


Figura 24. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.40SA+S306$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resultados de Resistencia a la penetración para $a/c=0.45SA+S360$

$a/c=0.45 SA + S306$		
Nomenclatura	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
SA+S306 1	1.0	12
SA+S306 2	1.0	25
SA+S306 3	1.0	51
SA+S306 4	1.0	117
SA+S306 5	1.0	162
SA+S306 6	1.0	385

Fuente: Arcos (2015)

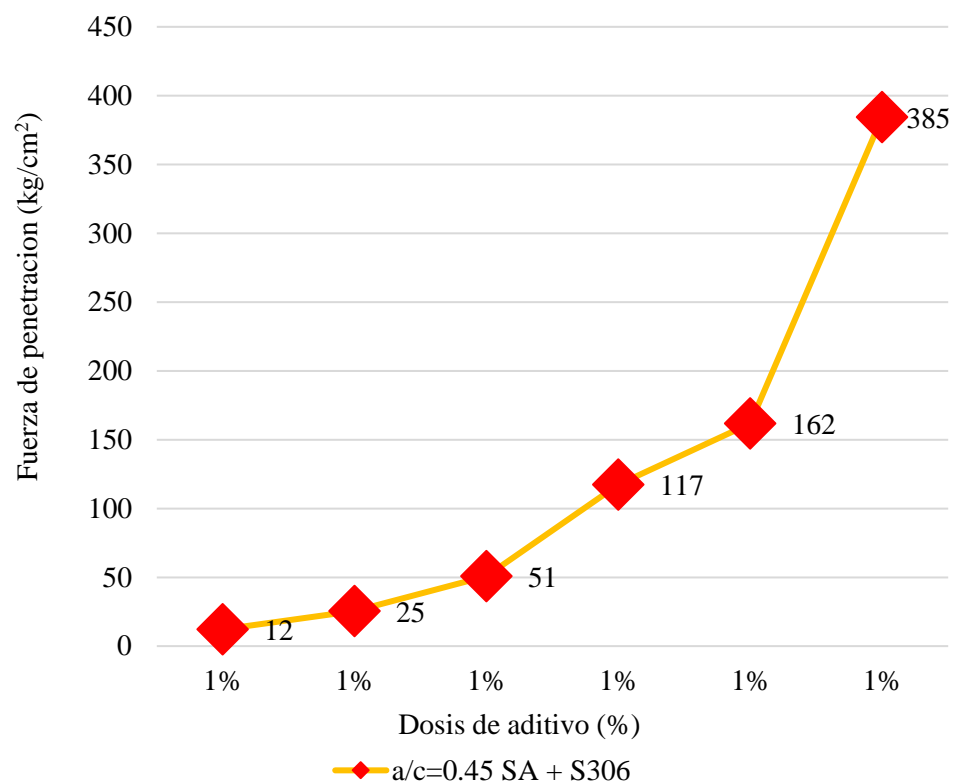


Figura 25. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.45SA+S306$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resultados de Resistencia a la penetración para $a/c=0.50SA+S306+SR$

$a/c=0.50 SA + S306+ SR$		
Nomenclatura	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
SA+S306+SR 1	2.4	9
SA+S306+SR 2	2.4	21
SA+S306+SR 3	2.4	36
SA+S306+SR 4	2.4	111
SA+S306+SR 5	2.4	196
SA+S306+SR 6	2.4	367

Fuente: Arcos (2015)

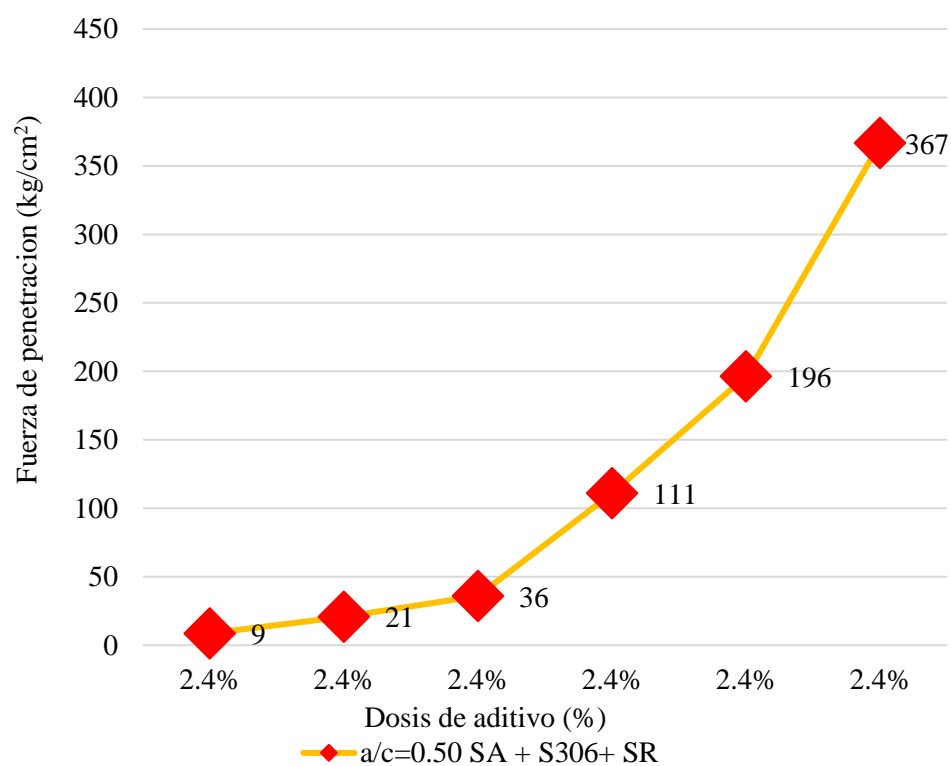


Figura 26. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.50SA+S306+SR$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resultados de Resistencia a la Penetración para $a/c=0.55SA+S306+SR$

$a/c=0.55 SA + S306+ SR$		
Nomenclatura	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
SA+S306+SR 1	2.3	8
SA+S306+SR 2	2.3	26
SA+S306+SR 3	2.3	49
SA+S306+SR 4	2.3	183
SA+S306+SR 5	2.3	286
SA+S306+SR 6	2.3	481

Fuente: Arcos (2015)

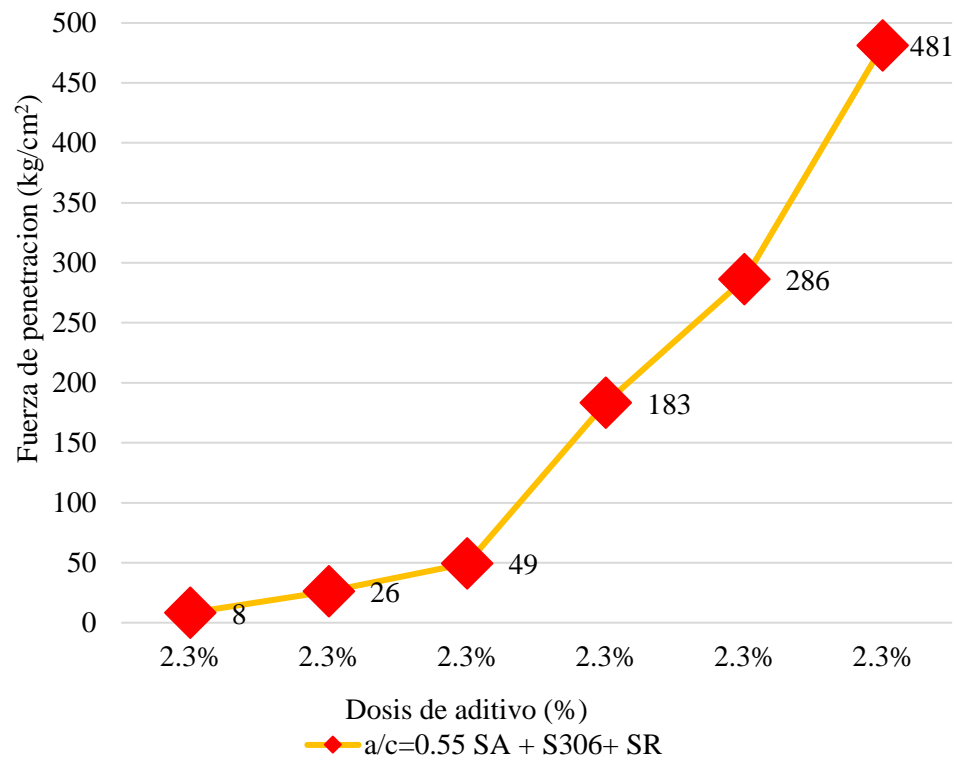


Figura 27. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante $a/c = 0.55SA+S306+SR$

Fuente: Elaboración propia

Akira Yoneyama, Heesup Choi, Masumi Inoue, Jihoon Kim, Myungkwan Lim y Yuhji Sudoh (2021)

- Tipo de aditivo: Base de nitrito / nitrato de calcio
- Total, de ensayos con aditivo acelerante: Patrón CN0, CN7, CN9, CN11, CN13
- Porcentaje de aditivo acelerante Sika en los ensayos:
 - CN0 = 0.0%
 - CN7 = 7.0%
 - CN9 = 9.0%
 - CN11 = 11.0%
 - CN13 = 13.0%
- En esta investigación se realizaron 5 ensayos. En el primer ensayo se buscó conseguir con una relación a/c 0.5 la resistencia a la penetración máxima del

hormigón siendo los valores CN0 = 36.0 kg/cm², CN0 = 121 kg/cm², CN0 = 240 kg/cm², CN0 = 255 kg/cm², CN0 = 291 kg/cm². En el segundo ensayo se buscó conseguir la resistencia a la penetración máxima del hormigón siendo los valores CN7 = 46 kg/cm², CN7 = 72 kg/cm², CN7 = 131 kg/cm², CN7 = 148 kg/cm², CN7 = 174 kg/cm². En el tercer ensayo se buscó

- conseguir la resistencia a la penetración máxima del hormigón siendo los valores CN9 = 36 kg/cm², CN9 = 70 kg/cm², CN9 = 104 kg/cm², CN9 = 173 kg/cm², CN9 = 244 kg/cm². En el cuarto ensayo se buscó conseguir la resistencia a la penetración máxima del hormigón siendo los valores CN11 = 36 kg/cm², CN11 = 50 kg/cm², CN11 = 76 kg/cm², CN11 = 121 kg/cm², CN11 = 224 kg/cm². En el quinto ensayo se buscó conseguir la resistencia a la penetración máxima del hormigón siendo los valores CN13 = 36 kg/cm², CN13 = 77 kg/cm², CN13 = 106 kg/cm², CN13 = 168 kg/cm², CN13 = 206 kg/cm² en los diferentes ensayos se utilizaron probetas, pero con distintas proporciones de agregados, agua, aglutinantes y cal.
- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de 1 mezcla de cemento Portland Tipo I ANDINO con relación de a/c de (0.50) con adición de base de nitrito / nitrato de calcio en dosificación de 7.0%, 9.0 %, 11.0%, 13% con respecto a los diferentes ensayos que se realizaron.
- El contenido de diseño para el hormigón se realizó con cemento YURA SA tipo IP con 311.0 kg/m³, agua 100.0 kg/m³, aditivo reductor de agua 117.0 kg/cm³, agregado grueso 262.8 kg/m³, agregado fino 264.3 kg/cm³, con una relación agua cemento 0.56, módulo de fineza 3.53 y tamaño máximo 1''
- Método de Ensayo: Método de Resistencia a la Penetración (ASTM C803) o la Prueba de Windsor, se utiliza este ensayo para medir la fuerza de penetración del hormigón
- Resultados de ensayos:

Tabla 31. Resultados de Resistencia a la penetración con a/c=0.5 para mezcla sin aditivo.

a/c = 0.50		
Nomenclatura	Dosis %	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
CN0	0.0	36
CN0	0.0	121
CN0	0.0	240
CN0	0.0	255
CN0	0.0	291

Fuente: Yoneyama et al (2021)

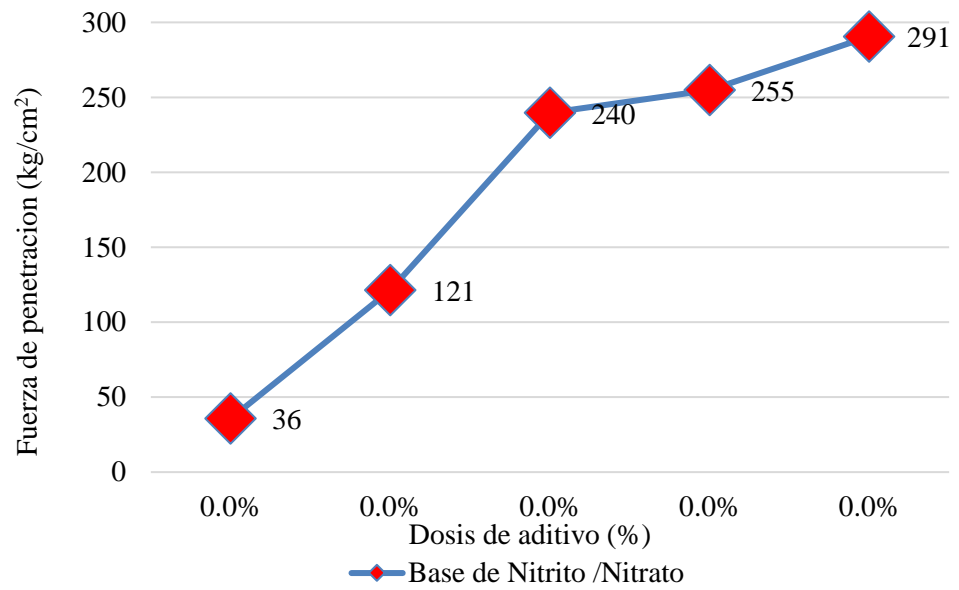


Figura 28. Resultados de Resistencia a la penetración sin aditivo acelerante

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resultados de Resistencia a la penetración con a/c=0.5 para 7% de aditivo nitrato y nitrito de calcio.

a/c = 0.50		
Nomenclatura	Dosis %	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
CN7	7.0	46
CN7	7.0	71
CN7	7.0	131
CN7	7.0	148
CN7	7.0	173

Fuente: Yoneyama et al (2021)

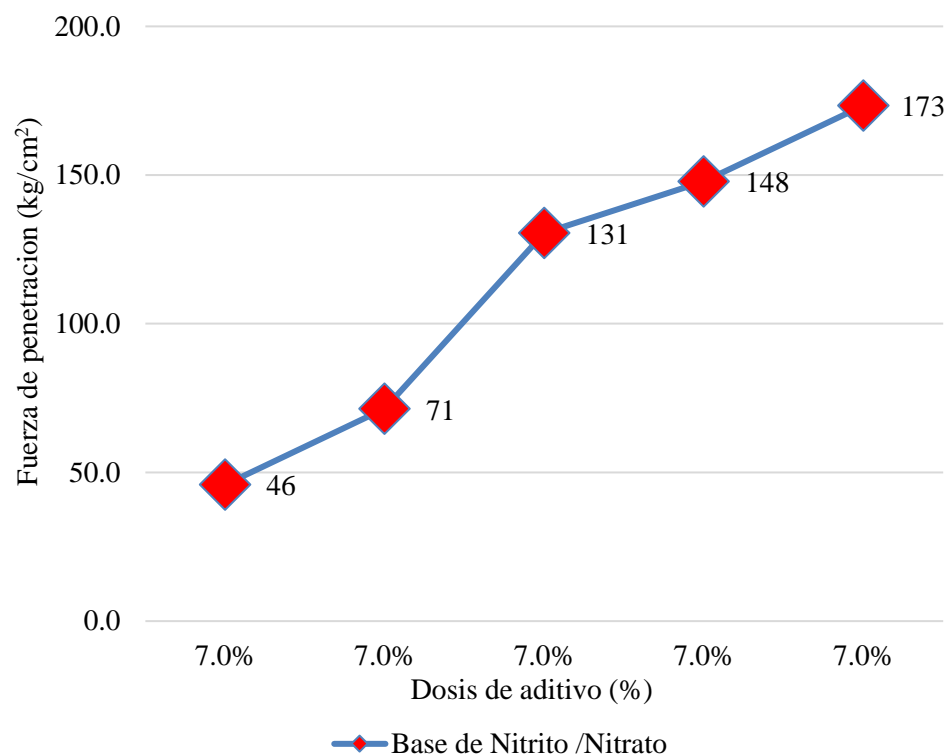


Figura 29. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 7% de nitrato y nitrito de calcio, a/c = 0.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Resultados de Resistencia a la penetración con a/c=0.5 para 9% de aditivo.

a/c = 0.50		
Nomenclatura	Dosis %	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
CN9	9.0	36
CN9	9.0	69
CN9	9.0	104
CN9	9.0	173
CN9	9.0	244

Fuente: Yoneyama et al (2021)

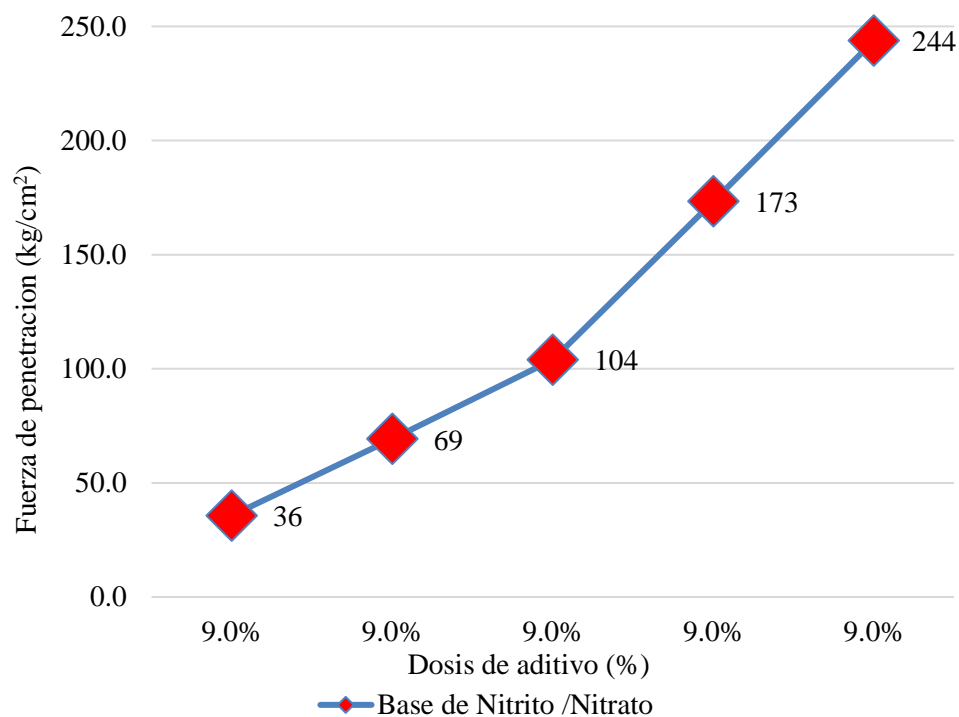


Figura 30. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 9% de nitrato y nitrito de calcio, a/c = 0.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultados de Resistencia a la penetración con a/c=0.5 para 11% de aditivo

a/c = 0.50		
Nomenclatura	Dosis %	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
CN11	11.0	36
CN11	11.0	50
CN11	11.0	75
CN11	11.0	121
CN11	11.0	224

Fuente: Yoneyama et al (2021)

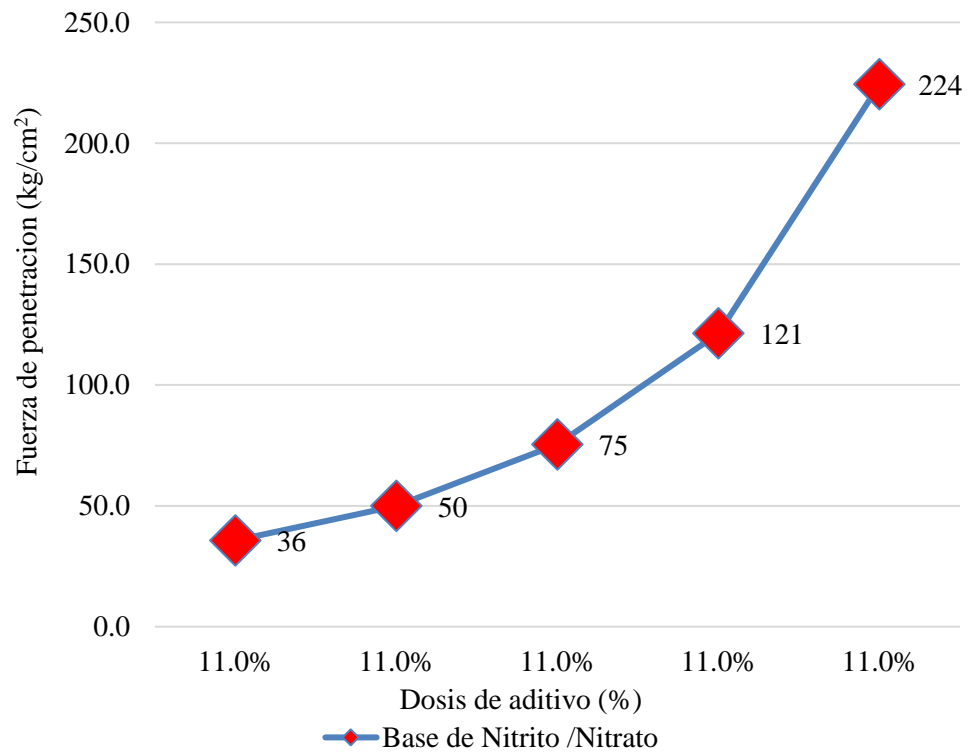


Figura 31. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 11% de nitrato y nitrito de calcio, a/c = 0.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Resultados de resistencia a la penetración con a/c=0.5 para 13% de dosis

a/c = 0.50		
Nomenclatura	Dosis %	Resistencia a la penetración(kg/cm²)
CN13	13.0	36
CN13	13.0	76
CN13	13.0	106
CN13	13.0	168
CN13	13.0	206

Fuente: Yoneyama et al (2021)

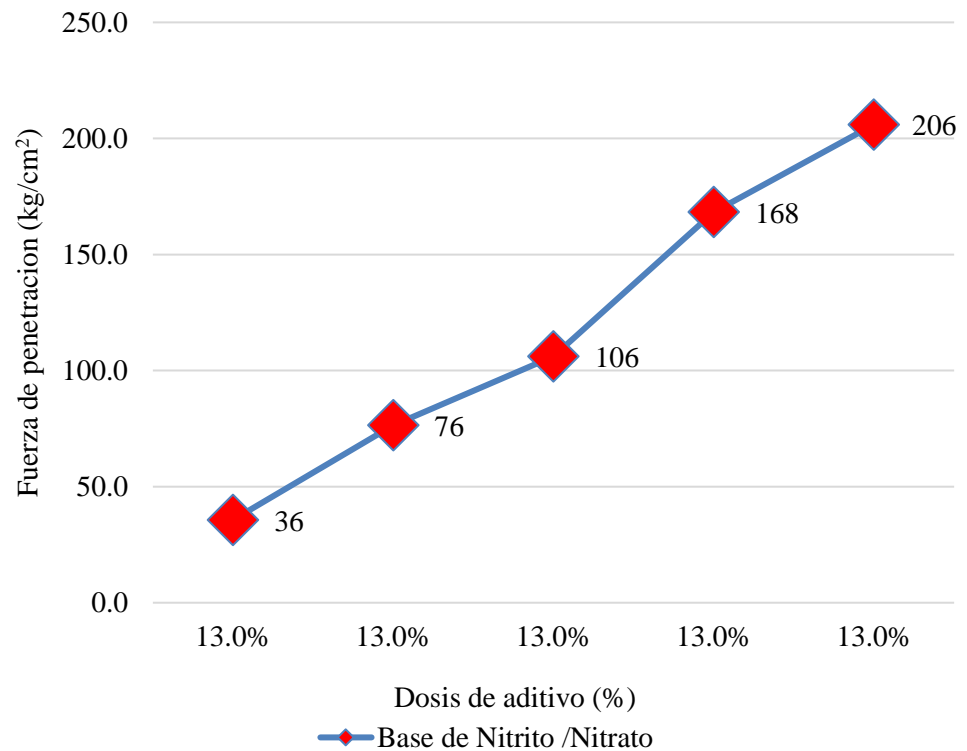


Figura 32. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante con 13% de nitrato y nitrito de calcio, a/c = 0.5

Fuente: Elaboración propia

Reyes Pomacanchari, Deysi Dina, Terrel Cueva y Tania Isabel. (2019)

- Tipo de aditivo: El acelerante de fragua Chema 3
- Total, de ensayos con aditivo acelerante: Acelerante 1 Chema 3, Acelerante 2 Chema 3.
- Porcentaje de aditivo acelerante Chema en los ensayos:
 - Acelerante 1 Chema 3 = 1.2% (6 ensayos)
 - Acelerante 2 Chema 3 = 2.6% (6 ensayos)
- En esta investigación se realizaron 2 ensayos. En el primer ensayo con una relación de a/c 0.45 se buscó conseguir la resistencia a la penetración máxima, de valor de 50 kg/cm², en el segundo ensayo con una relación de a/c 0.45 se buscó obtener la resistencia a la penetración máxima de valor de 58 kg/cm². En todos los ensayos se utilizaron 6 probetas, pero con distintas proporciones agregados, agua, aglutinantes, y cal.

- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de 1 mezcla de cemento Portland Tipo I ANDINO con relación de a/c de (0.45) con adición de aditivo acelerante Chema3 en dosificación de 1.2 %, 2.6% con respecto a los diferentes ensayos que se realizaron.
- El contenido de diseño para el hormigón se realizó con cemento Portland Tipo I ANDINO con 311.0 kg/m³, agua 100.0 kg/m³, aditivo reductor de agua 117.0 kg/cm³, agregado grueso 262.8 kg/m³, agregado fino 264.3 kg/cm³, con una relación agua cemento 0.56, módulo de fineza 3.53 y tamaño máximo 1''
- Método de Ensayo: Método de Resistencia a la Penetración (ASTM C803) o la Prueba de Windsor, se utiliza este ensayo para medir la fuerza de penetración del hormigón
- Resultados de ensayos:

Tabla 36. Resultados de resistencia a la penetración con 1.2% de aditivo acelerante chema3

a/c = 0.45		
a/c 0.45 con Aditivo acelerante de 1.2%	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
	1.2	1
	1.2	4
	1.2	6
	1.2	32
	1.2	50

Fuente: Fuente: Reyes y Terrel (2019)

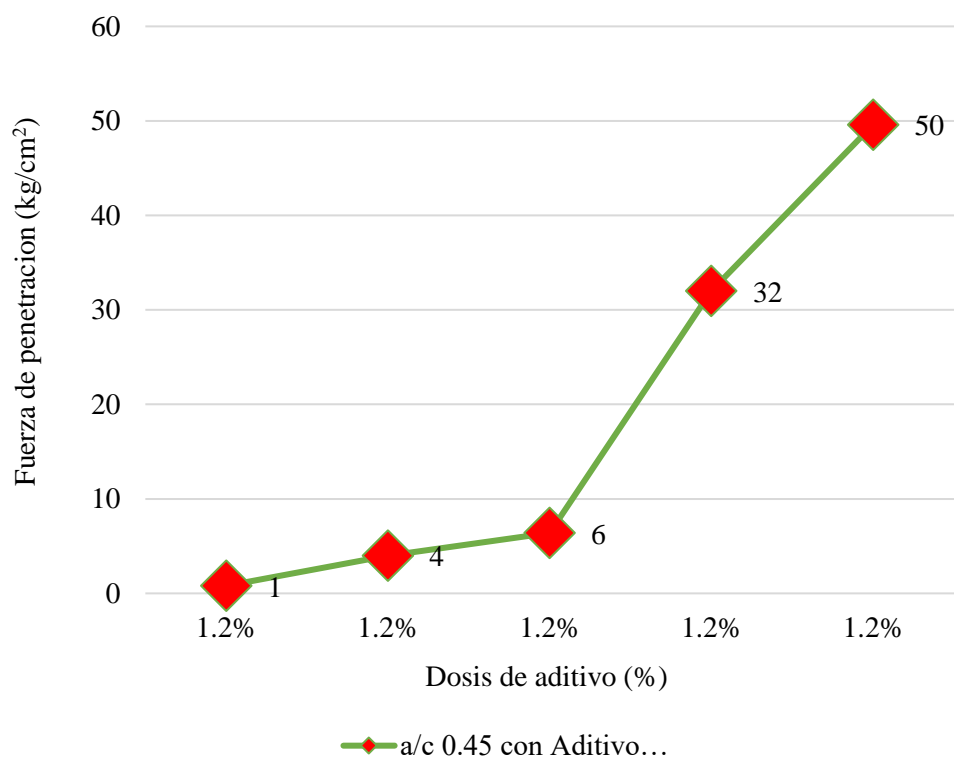


Figura 33. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante 1.2% chema3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resultados de resistencia a la penetración con 2.6% de aditivo acelerante chema3

a/c = 0.45		
a/c 0.45 con Aditivo acelerante de 2.6%	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm²)
	2.6	2
	2.6	8
	2.6	16
	2.6	38
	2.6	578

Fuente: Fuente: Reyes y Terrel (2019)

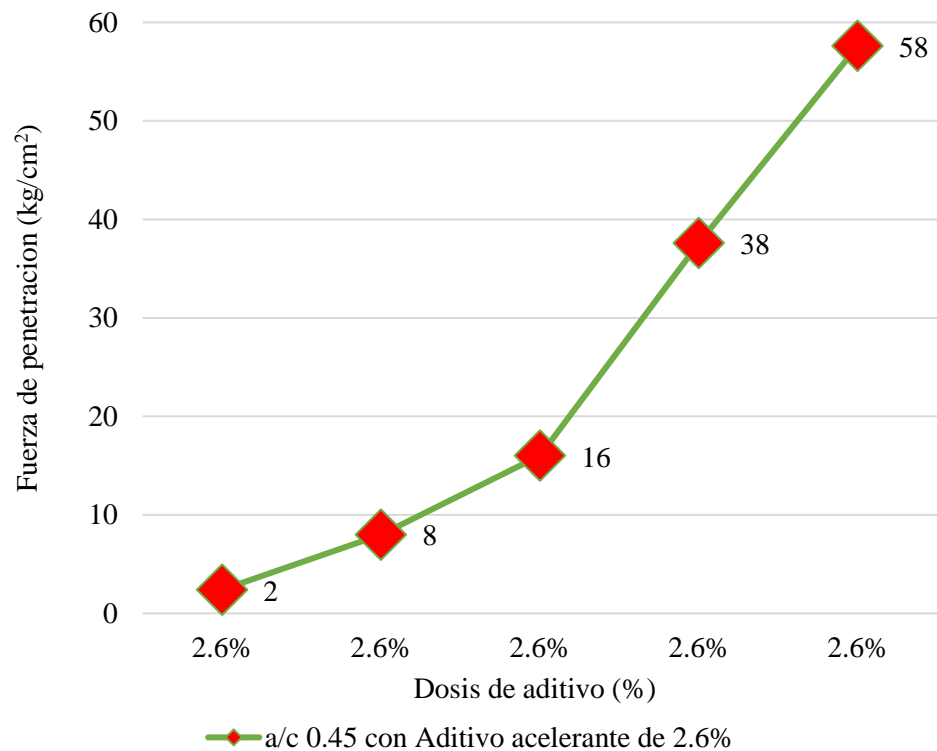


Figura 34. Resultados de Resistencia a la penetración ante diferentes dosis de aditivo acelerante 2.6% chema3

Fuente: Elaboración propia

Jae-Suk Ryou y Yong-Soo Lee. (2011)

- Tipo de aditivo: Tabletas aceleradoras, aditivos en polvo de aluminio
- Total, de ensayos con aditivo acelerante: Patrón, N1, N2, N3, N4, N5.
- Porcentaje de aditivo acelerante Nitrito de Sodio en los ensayos:
 - Patrón = 0.0%
 - N1 = 0.5%
 - N2 = 0.8%
 - N3 = 1.0%
 - N4 = 1.5%
 - N5 = 2.0%
- En esta investigación se realizó 1 ensayo de 6 resistencias a la penetración. Para las seis resistencias se utilizaron cal, arcilla, cemento portland tipo 1,

grava, arena, 0.9 litros de agua. Las resistencias fueron las siguientes: Patrón = 36 kg/cm², N1 = 100 kg/cm², N2 = 228 kg/cm², N3= 250 kg/cm², N4 = 262 kg/cm², N5 = 307 kg/cm². En estos ensayos con una relación de a/c 0.50 se buscó obtener la resistencia a la penetración máxima de valor de 307 kg/cm².

- Diseño de mezcla: Se llevó a cabo la preparación de 1 mezcla de cemento Portland ordinario Tipo I con relación de a/c de (0.50) con adición de Tabletas aceleradoras de aluminio en polvo en dosificación de 0.5%, 0.8 %, 1.0%, 1.5%, 2.0% con respecto a los diferentes ensayos que se realizaron.
- El contenido de diseño para el hormigón se realizó con cemento Portland ordinario con 311.0 kg/m³, agua 100.0 kg/m³, aditivo reductor de agua 117.0 kg/cm³, agregado grueso 262.8 kg/m³, agregado fino 264.3 kg/cm³, con una relación agua cemento 0.50, módulo de fineza 3.53 y tamaño máximo 1''
- Método de Ensayo: Método de Resistencia a la Penetración (ASTM C803) o la Prueba de Windsor, se utiliza este ensayo para medir la fuerza de penetración del hormigón
- Resultados de ensayos:

Tabla 38. Resultados de resistencia a la penetración para diferentes dosis de aditivo acelerante nitrato de sodio.

a/c = 0.5		
a/c 0.50 con aditivos en tabletas (aditivos en polvo)	Dosis (%)	Resistencia a la penetración(kg/cm ²)
	0.0	36
	0.5	100
	0.5	228
	1.0	250
	1.5	262
	2.0	307

Fuente: Ryou y Lee (2011)

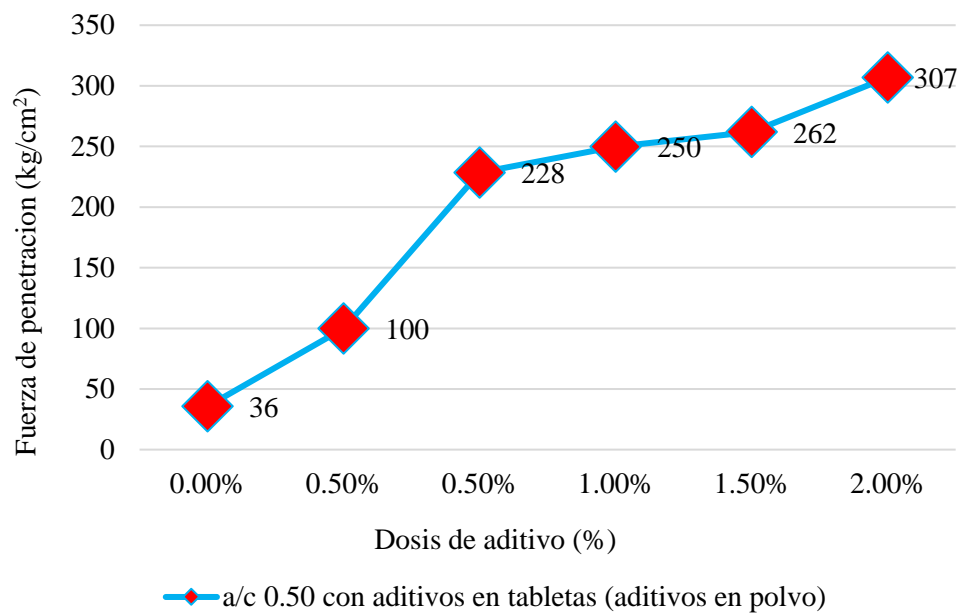


Figura 35. Resultado de resistencia a la penetración a diferentes dosis de nitrato de sodio.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Contratación de resultados

1. Contratación de la 1er Hipótesis

Hipótesis 1: Al establecer el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Hipótesis Auxiliar

H0: Al establecer el porcentaje de aditivos acelerantes este no aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.

H1: Al establecer el porcentaje de aditivos acelerantes este si aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Observación

Al observar la figura 36:

El artículo de los autores Yasien, Bassuoni, Abayou y Ghazy “Hormigón nano modificado como material de reparación en climas fríos”, donde se utiliza cenizas volantes y nanosílice como acelerantes y cemento portland, se observa que mientras aumenta la dosis de aditivo acelerantes a la vez aumenta la temperatura a comparación de la temperatura ambiente que es

de -5°C , obteniendo 20°C como temperatura de mezcla con adición de 4% de nanosílice.

La tesis del autor Arcos “Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua”, donde se utiliza cemento tipo IP (YURA). Se observa que para una mezcla de concreto con $a/c= 0.4$ a una temperatura ambiente de 10°C , utilizando los aditivos Sika AER y Sika 306 al ser añadidas a la mezcla aumentan en la temperatura. La dosis 0.4SA+S306 logra obtener 22°C .

La tesis de los autores Reyes y Terrel “Estudio del Efecto del Aditivo Acelerante sobre el Concreto, Relacionado a su Resistencia a Compresión, Temperatura Ambiente de 0° donde se utiliza CHEMA3 como acelerante, cemento andino tipo I y temperatura ambiente de 0°C podemos obtener que para 4% de aditivo, la temperatura es 28.7°C , se observa que al añadir un porcentaje de aditivo acelerante aumenta la temperatura de la mezcla. Resultando que la mejor temperatura con 4% de aditivo.

El artículo de los autores Tomita, Yoneyama, Choi, Inoue, Kim, Choi y Sudoh “Evaluación del comportamiento mecánico y de contracción de temperaturas bajas, morteros cementosos mezclados con acelerador a base de nitrito-nitrato” se encuentra a una temperatura ambiente de 10°C utilizando cemento portland normal y nitrito-nitrato de calcio a la mezcla. Se muestra que, al aumentar la dosis de nitrito y nitrato de calcio al 11% de aditivo, la temperatura es de 22°C , resultando la mejor dosis 11% obteniendo 22°C del artículo mostrado.

El artículo de los autores Choi, Inoue, Choi, Kim, Sudoh, Kwon, Lee y Yoneyama “Estudio fisicoquímico sobre las características de desarrollo de resistencia del concreto de clima frío utilizando un acelerador a base de nitrito-nitrato” en una temperatura ambiente de 10°C con acelerante de nitrato-nitrito de calcio y cemento portland normal. Muestra que, para 13%

de dosis se obtiene 25.7°C respectivamente. Obteniendo la temperatura más alta de 25.7°C con 13% de aditivo para el artículo expuesto.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que se demuestra según las investigaciones realizadas, que el uso de aditivos acelerantes aumenta la temperatura de la mezcla de hormigón.

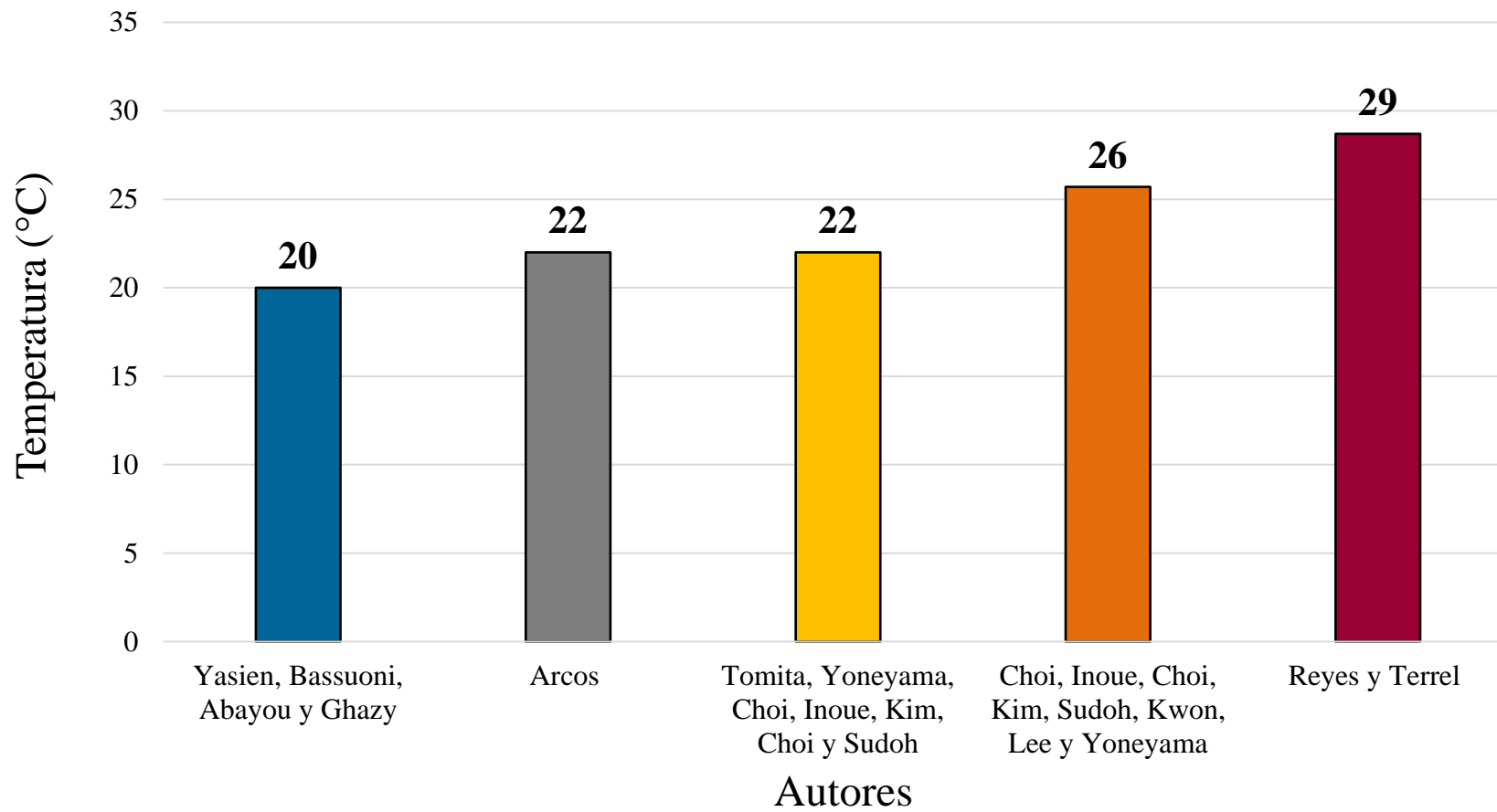


Figura 36. Temperatura vs. Autores

Fuente: Elaboración propia

2. Contrastación de la 2da Hipótesis

Hipótesis 2: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, se mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas.

Para analizar el porcentaje de aditivos acelerantes es necesario realizar ensayos para la comparación de resultados.

- Hipótesis Auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes no se mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas.

H1: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes si se mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Observación

Se muestra en la figura 37, según los autores Rodríguez, Arturo “Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua” que para relaciones a/c (0.55, 0.5, 0.45) y adición de Sika AER, Sikament306 y SR para combatir los ciclos de congelamiento, deshielo y para optimizar los diseños de mezcla, así el asentamiento se mantiene en 12.7cm con una consistencia fluida, mientras que con relación a/c = 0.4 utilizando los mismos aditivos el asentamiento disminuye para la dosis 1.1% con un valor de 11.43cm y una consistencia fluida ya que el agua calculada no es la suficiente para amasar el cemento y los agregados.

El artículo de los autores Skripkiūnas, Kičaitė, Justnes, Pundienė “Efecto del nitrato de calcio en las propiedades del concreto a base de cemento Portland-Limestone curado a baja temperatura” con a/c= 0.24 utilizando la adición de nitrato de calcio a la mezcla y cementos CEM IIN Y CEM IIR se muestra que, hay un mayor aumento de asentamiento cuando se agrega 1.0% de dosis de acelerante. Obteniendo CEM IIN inicial = 18.5cm con una consistencia súper fluida; CEM IIR inicial = 20 cm con una consistencia súper fluida; CEM IIN después de 1Hra= 6.8 cm con una

consistencia blanda; CEM IIR después de 1Hra=8cm y una consistencia blanda.

En el artículo según los autores Demirboğa, Karagöl, Polat, Kaygusuz “Los efectos de la urea en la obtención de resistencia del hormigón fresco en condiciones de clima frío.” muestra que al usar urea, nitrato y nitrito de calcio para una mezcla con cemento portland ordinario y una relación a/c= 0.55 el asentamiento mejora al añadir 6% de dosis a la mezcla obteniendo 12 cm y una consistencia fluida.

El artículo de los autores Naqash, Bashir, Malik, Ahmad, Kumar “Efecto del aditivo acelerador sobre las propiedades del hormigón” para una a/c=0.45 con cemento portland ordinario y con la adición de nitrito de sodio se obtiene para las dosis 0, 1, 1.5, 2, 2.5, 3% el asentamiento es de 1.55, 1.5, 1.52, 1.6, 1.58, 1.45cm respectivamente. Se obtiene que al añadir el 2% de dosis obtiene un mayor asentamiento de 1.6cm y una consistencia seca a comparación de los demás porcentajes.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna donde al aumentar la dosis de aditivo acelerante esta mejora el asentamiento en climas de bajas temperaturas.

Para los resultados obtenidos de los diferentes autores que se muestran en la figura 37, se muestra los diferentes valores de asentamiento y la cantidad de 1.0 % de dosis de nitrato de calcio (CN), adicionado al cemento tipo CEM IIR DESPUES DE 1H se obtienen los mejores valores de Asentamiento (cm) y de una consistencia Blanda en la mezcla preparada para que fluya fácilmente, por lo que las mezclas con este porcentaje de aditivo acelerante son las que tienen un mejor Asentamiento (cm) en climas de bajas temperaturas. El autor 22 muestra información sobre el uso de aditivo acelerante con la adición de Nitrito de sodio, por lo que se logra obtener un asentamiento de 1.6 cm con una cantidad de 2% dando una consistencia plástica para el hormigón siendo el valor más óptimo para climas de baja temperatura. El autor 13 hace uso de aditivos acelerantes a base de urea, nitrato de calcio y nitrito de calcio con una cantidad de 6.0% adicionando al cemento patrón por lo que se obtuvo un valor de

asentamiento (cm) de 12 cm y de una consistencia fluida en la mezcla para que fluya fácilmente, y sea trabajable en climas de baja temperaturas. El autor 4 muestra información sobre el uso de incorporador de aire Sika AER, El Superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1, para combatir los ciclos de congelamiento, deshielo y para optimizar los diseños de mezcla así se obtuvo un valor de asentamiento (cm) de 12.7 cm y una consistencia fluida para el hormigón, mientras que para una relación a/c 0.4 adicionando el incorporador de aire Sika AER, El Superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1 con una dosis de 1.1% se obtuvo un asentamiento (cm) de 11.43 y de una consistencia fluida siendo el más óptimo para los ciclos de congelamiento, deshielo

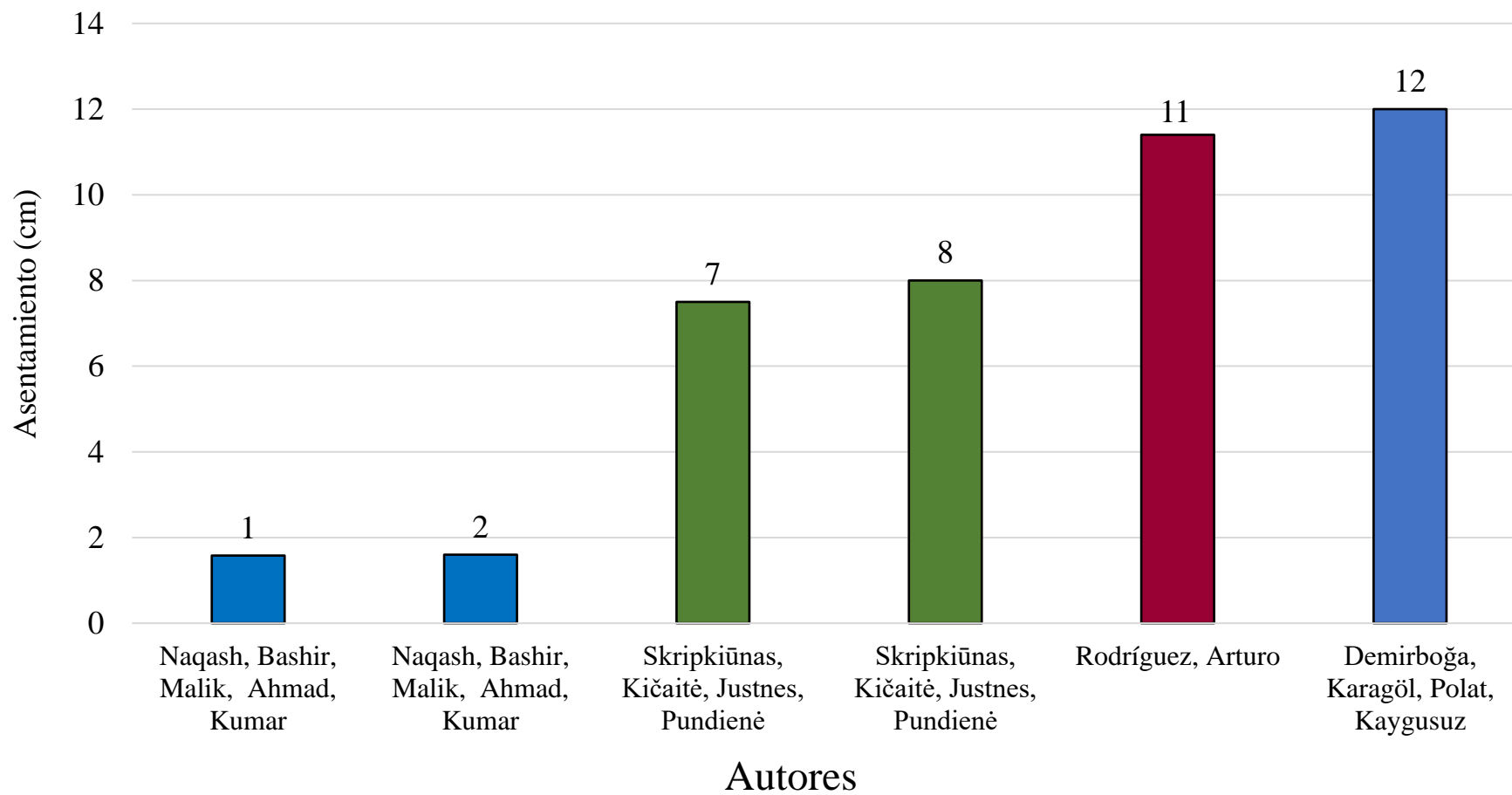


Figura 37. Resultados de Asentamiento vs Autores

Fuente: Elaboración propia

3. Contrastación de la 3era Hipótesis

Hipótesis 3: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Hipótesis Auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, no aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas.

H1: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes si aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Observación

Se muestra en la figura 38, en el artículo según los autores Yasien, Bassuoni, Abayou y Ghazy “Hormigón nano modificado como material de reparación en climas fríos” que a diferencia de la muestra patrón al utilizar nanosílice y cenizas volantes este aumenta la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días. La adición más favorable es la de 4% de nanosílice con 444 kg/cm² a los 7 días y 557kg/cm² a los 28 días.

Se puede observar en el artículo según los autores Skoczylas, Rucińska “Los efectos de la baja temperatura de curado en las propiedades de morteros de cemento que contienen nanosílice” que a los 28 días las dosis con nanosílice obtienen una mejor resistencia a la compresión, para temperaturas ambiente de 5°C se tiene 166kg/cm² y para 10°C se tiene 255kg/cm².

En el artículo según los autores Karagol, Demirboga, Khushefati “Comportamiento de hormigones frescos y endurecidos con aditivos anticongelantes en bajas temperaturas de congelación profunda y condiciones exteriores invernales” se obtienen resultados para los 7 y 28 días la dosis de MUCNW obtiene 420kg/cm² y MCW obtiene 524 kg/cm² respectivamente.

En la tesis según el autor López Macedo “Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las altitudes 2600 a 3500 M.S.N.M, Áncash” para los 7 y 28 días los aditivos con sika3 y Chema 3

obtienen una mayor resistencia a la compresión a comparación de la muestra sin aditivo. A los 7 días Chema 3 obtiene una mayor resistencia de 176kg/cm^2 y a los 28 días Sika 3 obtiene una mayor resistencia de 271kg/cm^2 .

En el artículo según los autores Naqash, Bhat, Malik, Ahmad, Kumar “Efecto del aditivo acelerador sobre las propiedades del hormigón” a los 7 días la dosis de 2.5% de aditivo acelerante obtiene 191kg/cm^2 y a los 28 días la dosis de 1 y 1.5% obtienen ambos 221kg/cm^2

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna donde al aumentar la dosis de aditivo acelerante este aumenta en la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.

La Figura 38 muestra las diferentes resistencias a la compresión a los 28 días de los 5 diferentes autores analizados. Donde los autores Yasie, Bassuoni, Abayou y Ghazy obtuvieron 557kg/cm^2 con 4% de aditivo de Nanosílice siendo el más alto a l analizarlos con los demás autores que obtienen 221kg/cm^2 , 255kg/cm^2 , 271kg/cm^2 y 524kg/cm^2 .

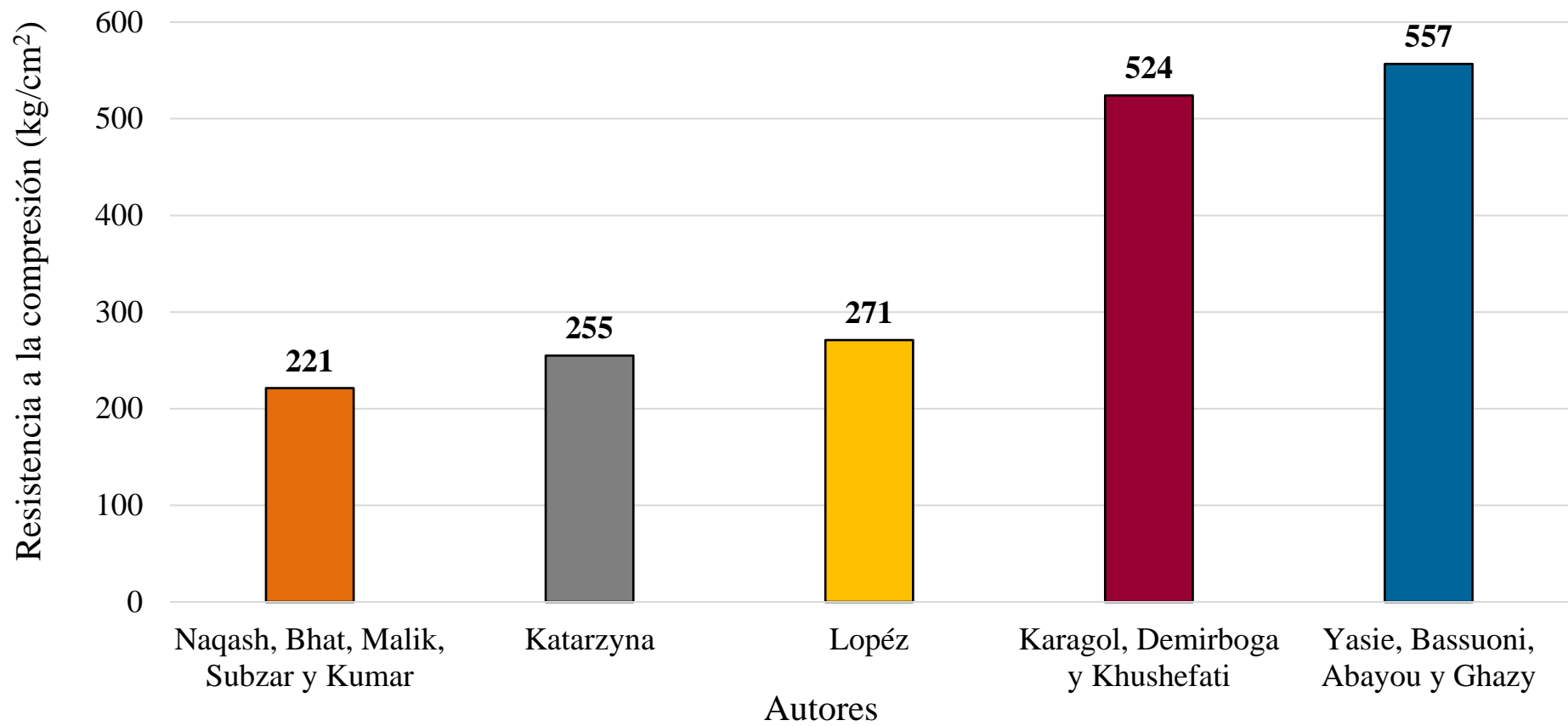


Figura 38. Resistencia a la compresión vs Autores

Fuente: Elaboración propia.

4. Contrastación de la 4ta Hipótesis

Hipótesis 4: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Hipótesis Auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, no aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

H1: Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, si aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas.

- Observación

Se muestra en la figura 39, en la tesis según los autores Rodríguez, Arturo “Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua” que para relaciones a/c (0.55, 0.5, 0.45) con adición de incorporador de aire Sika AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1, al analizar la relación a/c 0.55 se obtuvo una fuerza de penetración en el sexto análisis de 481 kg/cm² con dosis de 2.3% y diámetro de aguja de 3/16” (pulg). Por lo que se deduce que con una relación de a/c 0.55 mayor y con dosis de aditivo acelerante mayor se obtuvo mejores resistencias a la penetración después de 6 ensayos de resistencia.

En el artículo según los autores Yoneyama, Choi, Inoue, Kim, Lim y Sudoh “Efecto de un acelerador a base de nitrito / nitrato sobre el desarrollo de resistencia y la formación de hidratos en materiales cementosos de clima frío” donde se utiliza el nitrato y nitrito de calcio como acelerante, cemento portland ordinario y temperatura ambiente de 10°C podemos obtener que al analizar la relación a/c=0.5 se obtuvo que la fuerza de penetración adicionando dosis de CN0 CN7 CN9 CN11 CN13 se obtuvieron valores de resistencia siendo con la CN0 con dosis de 0% una fuerza de penetración de 290kg/cm² como mayor resistencia después de 6 ensayos , y que la dosis aplicada con CN9 de 9% dio una fuerza de penetración de 243kg/cm². De acuerdo a estos resultados se puede deducir

que a medida que se aumente la dosis de nitrito/nitrato como acelerador con 9% se aumenta la fuerza de penetración luego de 6 ensayos de resistencia.

En la tesis según los autores Reyes, Terrel “Estudio del Efecto del Aditivo Acelerante sobre el Concreto, Relacionado a su Resistencia a Compresión, Temperatura Ambiente de 0°C” Al analizar la relación $a/c=0.45$ para concreto patrón incluido incorporador de aire a 0.15% se obtuvo que la fuerza de penetración fue de 74 kg/cm^2 después de 6 ensayos de resistencia, y para un aditivo acelerante con una dosis de 1.2% su fuerza de penetración fue de 50 kg/cm^2 con a/c 0.45 y con un análisis de a/c 0.45 y adición de aditivo acelerante a 2.6% su fuerza de penetración fue de 58 kg/cm^2 después de 6 ensayos de resistencia por lo que se deduce que a mayor porcentaje de dosis de aditivo acelerante y con 6 ensayos de fuerza de penetración fue la más resistente.

En el artículo según los autores Ryou, Lee “Propiedades del hormigón de etapa inicial con tableta aceleradora de fraguado en clima frío” Al analizar la relación $a/c=0.50$ se obtuvo que la fuerza de penetración fue de 307 kg/cm^2 como mayor resistencia luego de 6 ensayo, con incorporación de aditivos en tabletas basado en polvo de aluminio acelerador de fragua de 2.0%, que fue mayor al de 1.5% de adición de tableta de polvo de aluminio que obtuvo una fuerza de penetración de 262 kg/cm^2 .

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 en donde en los cuadros comparativos se demuestran que según los resultados obtenidos se pudo obtener que con una relación de a/c de 0.55 se obtuvo la mayor fuerza de penetración cuyo valor es de 481 kg/cm^2 , con el incorporador de aire Sika Aer, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid 1 de 2.3% de dosis con respecto al peso el cemento.

Para los resultados obtenidos de los diferentes autores que se muestran en la figura 39, la cantidad de 2.30 % de dosis de incorporador de aire Sika

AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1, adicionado al cemento portland (OPC) CEM I, se obtienen los mejores valores de Resistencia a la penetración (kg/cm^2), por lo que las mezclas con este porcentaje de aditivo acelerante son las que tienen una mejor Resistencia a la penetración en climas de bajas temperaturas. El autor 5 hace uso del aditivo acelerante con adición de nitrato y nitrito de calcio como acelerante, cemento portland ordinario y temperatura ambiente de 10°C podemos obtener que al analizar la relación $a/c=0.5$ se obtuvo que la fuerza de penetración adicionando dosis de CN0 CN7 CN9 CN11 CN13 se obtuvieron valores de resistencia siendo con la CN0 con dosis de 0% una fuerza de penetración de $290\text{kg}/\text{cm}^2$ como mayor resistencia después de 6 ensayos , y que la dosis aplicada con CN9 de 9% dio una fuerza de penetración de $243\text{kg}/\text{cm}^2$. De acuerdo a estos resultados se puede deducir que a medida que se aumente la dosis de nitrito/nitrato como acelerador con 9% se aumenta la fuerza de penetración luego de 6 ensayos de resistencia.

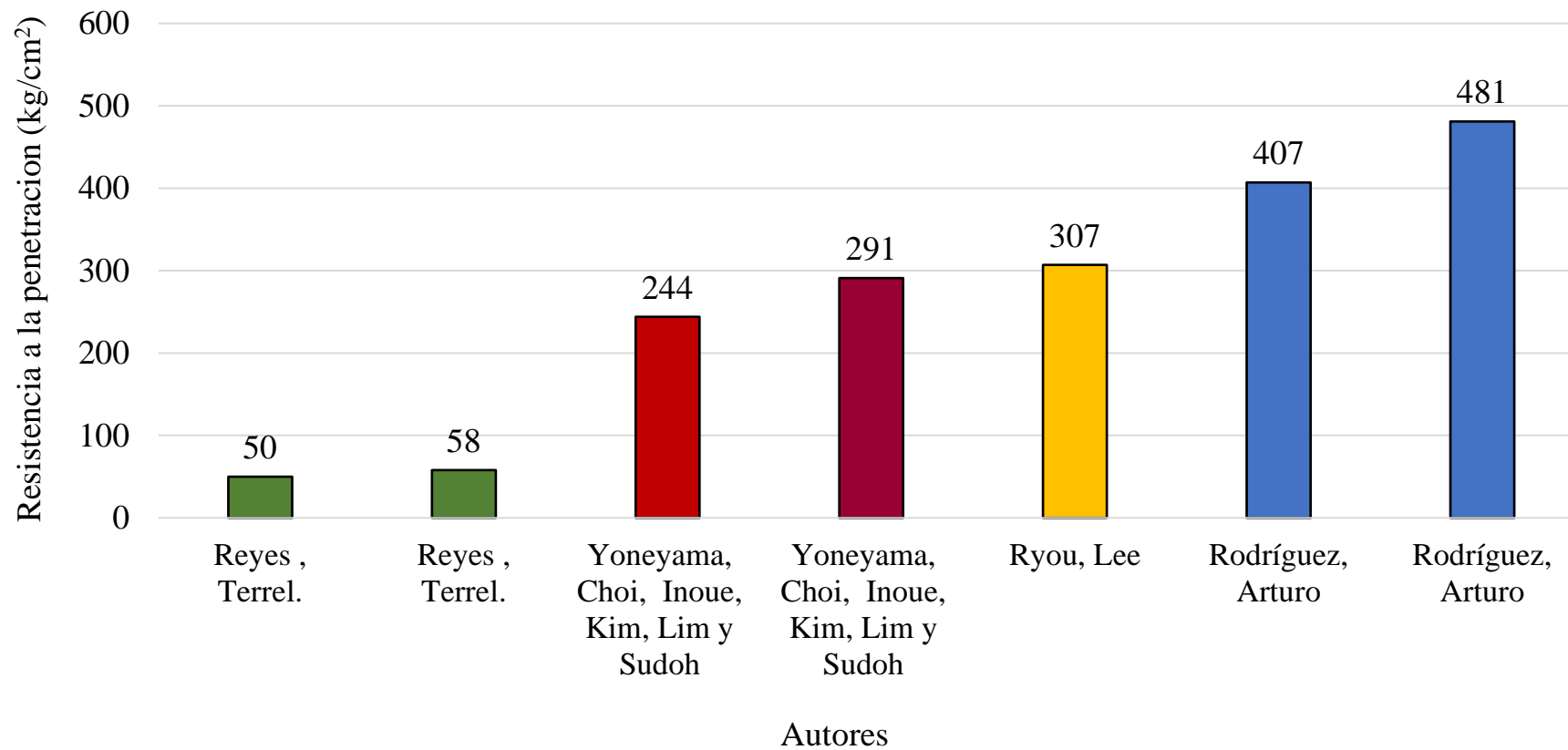


Figura 39. Resultado de la resistencia a la penetración vs Autores.

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

La presente investigación recabó diferentes resultados acerca de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón tratado con aditivos acelerantes en climas de bajas temperaturas. Se obtuvo información acerca del tema de investigaciones relacionados a los indicadores, se presentan las informaciones relacionadas a las temperaturas de mezcla, al flujo de asentamiento y consistencia, resistencia a la compresión y resistencia a la penetración. El hormigón al encontrarse en zonas con bajas temperaturas excesivas hace que no adquiera las condiciones adecuadas debido a las heladas, retardando así los tiempos de fraguado como endurecimiento y resistencias del mismo.

Se recabó información sobre los diferentes resultados que determinan el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas que tienen como autores Yasien, Bassuoni, Abayou y Ghazy (2021), Arcos, Arturo (2015), Reyes y Terrel (2019), Tomita, Yoneyama, Choi, Inoue, Kim, Choi y Sudoh (2020), Choi, Inoue, Choi, Kim, Sudoh, Kwon, Lee y Yoneyama (2019), de las tesis y artículos que contrastaron la hipótesis 1, de ensayos donde al hormigón se le añade aditivos acelerantes lo cual tiene una variación de temperatura, pese a tener temperaturas ambiente excesivamente bajas se logra obtener un aumento en la temperatura como se puede apreciar en la Figura 36 se hace una comparación donde la óptima dosis de los autores Reyes y Terrel por ser la más alta a comparación de los demás autores es la de 4% de aditivo CHEMA3 con 28.7°C de temperatura en la mezcla.

Sobre los diferentes resultados que determina el porcentaje de aditivos acelerantes que mejoran la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas que tienen como autores Naqash, Bashir, Malik, Ahmad, Kumar (2014), Skripkiūnas, Kičaitė, Justnes, Pundienė (2021), Arcos, Arturo (2015), Demirboğa, Karagöl, Polat, Kaygusuz (2014), de los artículos y tesis que contrastaron la hipótesis 2, en cuanto a la consistencia al ser añadida a la mezcla el aditivo acelerante, se refleja una mejora como se muestra en la figura 3711, se obtuvo el óptimo porcentaje con una cantidad de 1.0 % de dosis de nitrato de calcio (CN), adicionado al cemento tipo CEM IIR después de 1h se obtienen los mejores valores de Asentamiento con 8.0 cm y una consistencia Blanda siendo trabajable para climas de bajas temperaturas aumentando la manejabilidad del concreto fresco.

Según los diferentes resultados que determina el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas de

los artículos y tesis que tienen como autores Yasien, Bassuoni, Abayou y Ghazy (2021), Skoczylas, Rucińska (2019), Karagol, Demirboga, Khushefatib (2014), Naqash, Bashir, Malik, Ahmad, Kumar (2014), López (2020), de los artículos y tesis que contrastaron la hipótesis 3, que en las propiedades mecánicas el aditivo acelerante también influye mucho en las resistencias del hormigón, es así que al añadir la cantidad de 4.0 % de dosis de nanosílice (N) como muestra la Figura 38, adicionado al cemento portland se obtienen los mejores valores de la resistencia a la compresión a los 28 días de 557 kg/cm²

Según los diferentes resultados del porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas de las tesis y artículos que tienen como autores Reyes y Terrel (2019), Yoneyama, Choi, Inoue, Kim, Lim y Sudoh (2021), Ryou, Lee (2011), Arcos, Arturo (2015), se pudo contrastar la ya aceptada hipótesis 4, ya que se reportan mejoras en la resistencia a la penetración del hormigón con el uso de un porcentaje de aditivos acelerantes, la Figura N.º 22 se evidencia el incremento de la resistencia a la penetración de las diferentes mezclas, obteniendo porcentajes óptimos en un rango de 2% a 3%, la mayor resistencia a la penetración fue de 481 kg/cm² con un 2.3% de adición de incorporador de aire Sika AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1de y la menor resistencia a la penetración fue de 26 kg/cm² con un 2.3% de adición de los 6 ensayos de penetración.

Finalmente podemos apreciar que los Aditivos Acelerantes por sus propiedades químicas tienen un efecto favorecedor en las propiedades del hormigón tanto físicas como mecánicas.

CONCLUSIONES

Se concluye que el uso de aditivo acelerante de 4% de Chema3 (solución acuosa de sales alcalinas) en condiciones de climas de bajas temperaturas se obtiene una temperatura de 28.7 °C superando la temperatura ambiente de 0°C, en la siguiente investigación se obtiene que con 1.1% nitrato de calcio obtiene un mejor asentamiento y una consistencia fluida, en el caso de la resistencia a la compresión, con 4% de nanosílice obtuvo 444 kg/cm² a los 7 días y con la misma cantidad de dosis 4% se obtuvo 557 kg/cm² a los 28 días como resistencia a la compresión. Para la resistencia a la penetración con 2.3% de la combinación de SA, S306, SR se obtiene la mayor resistencia a la penetración con 481 kg/cm². Por lo tanto, esta investigación concluye que el uso de aditivos acelerantes en cantidades de porcentajes óptimos aumenta y mejoran en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

1. Al alcanzar el óptimo porcentaje de aditivo a base del aditivo Chema3 con 4% mostrado en la Figura 3, obteniendo un aumento en la temperatura a 28.7 °C de la mezcla de concreto a comparación de la mezcla patrón.
2. Como se muestra en la figura N° 13, se demuestra que el mejor asentamiento y de consistencia tuvo el valor de 8.0 cm, con la inclusión de 1.0% de aditivo con nitrato de calcio (CN) a la mezcla y al tipo de cemento CEM IIR después de 1Hra. y una relación de a/c de 0.24; dando una consistencia Blanda ideal para climas de bajas temperaturas, siendo este aditivo el más recomendable para su uso en climas de bajas temperaturas y condiciones de congelación.
3. Como se muestra en la Figura 16 y Figura 17, el uso de aditivo acelerante + nanosílice (N), en una dosificación 4,0% adicionado al cemento portland respectivamente, con relación a/c de 0,40, se obtiene los mejores valores de la resistencia a la compresión siendo la más alta de 444 kg/cm² a la edad de 7 días y 557 kg/cm² a la edad de 28 días, siendo este el aditivo más recomendable que garantiza las resistencias finales del hormigón, en temperatura de -5°C, considerada baja y/o condiciones ambientales frías.
4. Como se muestra en la Figura 27, el uso de incorporador de aire Sika AER, El superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid1, adicionado al cemento portland (OPC) CEM I + Agregado de nanosílice (N), en una

dosificación 2,3% adicionado al cemento portland respectivamente, con relación a/c de 0,55, se obtiene los mejores valores de fuerza a la penetración siendo la más alta esta de 481 kg/cm². Luego de 6 ensayos de resistencia, Siendo este el aditivo más recomendable que garantiza las resistencias finales del hormigón, en temperatura de 0°C, las que tienen una mejor resistencia a la penetración en climas de bajas temperaturas.

RECOMENDACIONES

Para la elaboración del hormigón en climas de bajas temperaturas es fundamental el empleo de aditivos acelerantes de última generación para asegurar y mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, y siendo además de uso común en los actuales proyectos de edificación, pero su mala dosificación puede generar pérdidas económicas como también afecta en su durabilidad o el acabado, es por ello se recomienda una correcta dosificación, así mismo, resultaría idóneo la implementación de sesiones de prácticas para la adecuada aplicación de aditivos en los diseños a elaborar en el laboratorio con adecuados controles de calidad para llegar a la mezcla óptima.

Se recomienda a futuras investigaciones un desarrollo más específico y operativo, con respecto a las nuevas generaciones de aditivos acelerantes, en uso para hormigón en climas de bajas temperaturas, de tal forma permitan la capacitación e información del entorno ligado a la industria de la construcción.

1. Es importante el uso de la dosis óptima de aditivo acelerante ya que aumenta la temperatura de la mezcla de hormigón obteniendo así una mejor trabajabilidad ya que en caso de aumentar la cantidad o disminuir este genera un impacto negativo disminuyendo la temperatura de la mezcla. Es por ello que es necesario realizar ensayos previos para encontrar la dosis óptima.
2. Para el asentamiento del hormigón se recomienda usar los aditivos acelerantes para que sea consistente y blanda para climas de bajas temperaturas, como la adición de Nitrato de Calcio (CN) que es más trabajable para el hormigón, en tanto a las variaciones de porcentajes depende para que estructura emplear además de tener un correcto control de calidad para no presentar pérdidas económicas.
3. Para obtener una resistencia a la compresión alta, se debe aplicar el uso de nanosílice como aditivo acelerador y abstener el uso de cenizas volantes como adición a la mezcla ya que valores menores al recomendado ocasionan problemas en el hormigón como, por ejemplo: rápida evaporación, cangrejeras, pérdida de aire incorporado, etc.
4. Para la resistencia a la penetración se recomienda mantener una dosis de aditivo acelerante no mayor a 2,3%, y una relación de agua/cemento menor a 0.55,

además del mínimo de 6 ensayos para un buen análisis para que de esta manera se llegue a la máxima resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAYOU, A. (2019). *Propiedades del hormigón de cenizas volantes nano-modificado colado y curado bajo temperaturas cíclicas bajas / de congelación*. Obtenido de University of Manitoba: <http://hdl.handle.net/1993/33903>
- Abdelatif, Y., Abdel-Aal, G., Fouda, A., & Alsoukarry, T. (2020). *Evaluación de nanopartículas de óxido de calcio de residuos industriales sobre el rendimiento de pastas de cemento endurecido: estudio fisicoquímico*.
- Abril, M., & Ramos, A. (2017). *Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15280/1/IDENTIFICACION%20DE%20LA%20VARIACION%20EN%20LA%20RESISTENCIA%20DEL%20CONCRETO%20DEBIDO%20AL%20ORIGEN%20DEL%20AGREGADO%20GRUESO.pdf>
- Akira Yoneyama 1, H. C. (2021). *Efecto de un acelerador a base de nitrito / nitrato sobre el desarrollo de resistencia y la formación de hidratos en materiales cementosos de clima frío*. Obtenido de Instituto de Tecnología de Kitami: <https://doi.org/10.3390/ma14041006>
- Albiluz, E. (2020). *Aplicación del óxido de calcio como propuesta de control de la saturación en el material de afirmado*. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7840>
- Alexander P. Svintsov, E. L. (2020). *Conjunto de datos sobre el efecto de los aditivos nanomodificados de las mezclas de hormigón propiedades tecnológicas para el hormigonado de invierno*. Obtenido de Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105756>
- Altamirano, G., & Díaz, A. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf>
- Apolinario Fabian, F. (2017). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con aditivos acelerante de fragua en zonas alto andinas*

- en Huánuco*. Obtenido de Universidad Nacional Hermilio Valdizán: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1545>
- Artem Davidyuk, D. R. (2020). *Evaluación del efecto de los nitritos y fluoruros sobre el cambio de resistencia del hormigón*. Obtenido de Universidad Estatal de Ingeniería Civil de Moscú: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/3/032037>
- Bassuoni, A. M. (2021). *Hormigón nano modificado a temperaturas bajo cero: modelado experimental y estadístico*. Obtenido de Biblioteca Virtual de ICE: <https://doi.org/10.1680/jmacr.19.00437>
- Caballero Arredondo, C. D. (2021). *Optimización del hormigón mediante la adición de nano-silicona, utilizando áridos de la cantera de Añashuayco de Arequipa*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Chile: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732021000100071>
- Calabuig, R. (2015). *Efecto de la adicción de cal en las propiedades mecánicas y durabilidad de hormigones con alto contenidos en cenizas volantes silíceas*. Obtenido de Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Escola Tècnica Superior d'Arquitectura: doi: 10.4995/Thesis/10251/59468
- Camilo, P. M. (2017). *Concreto hidráulico y mortero modificado con harina de maíz*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5613>
- Chaaruchandra, K., & Cruickshank Matthew y West, T. R. (2021). *Losa alveolar con materiales cementosos alternativos para condiciones invernales*. Obtenido de Publicaciones ICE: <http://dx.doi.org/10.1680/jmacr.19.00378>
- Choi, I. C. (2019). *Estudio fisicoquímico sobre las características de desarrollo de resistencia del concreto de clima frío utilizando un acelerador a base de nitrito-nitrato*. Obtenido de Universidad Nacional de Kyungpook: <https://doi.org/10.3390/ma12172706>
- Construcción, F. I. (2015). *Tendencias de mercado para el sector Construcción en países de Latinoamérica. El sector construcción en los países de Latinoamérica*.

Obtenido de <https://es.slideshare.net/PromperReginCentro/tendencias-de-mercado-para-el-sector-construccion-en-pases-de-latinoamerica-vf>

CORREDOR, L. E. (2016). *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cañamo*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS-AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA%20DE%20C%C3%81%C3%91A.pdf>

Dr. JA Naqash, Z. B. (2014). *Efecto del aditivo acelerador sobre las propiedades del hormigón*. Obtenido de Revista de Ingeniería IOSR: https://www.academia.edu/6690843/IOSR_Journal_of_Engineering_IOSR_JEN_Volume_4_Issue_3_Version_1?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

Duran, J. C., & Mendoza, R. (2017). *Influencia de sílice en el proceso de calcinación para reducir el contenido de quemado en el óxido de calcio*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4615/IQdualjc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Durand, C. A. (2017). *Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12743/Durand%20Ciudad%20c%20Adriana%20Jes%20c3%20bas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fatma Karagol, R. D. (2014). *Comportamiento de hormigones frescos y endurecidos con aditivos anticongelantes en bajas temperaturas de congelación profunda y condiciones exteriores invernales*. Obtenido de Universidad Ataturk, Erzurum, Turquía: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.011>

García, J. (2017). *Elaboración de morteros de cal y bastardos para albañilería fabricados con áridos siderúrgicos*. Obtenido de Universidad de Burgos: doi: 10.36443/10259/5174

- Ghazy A, B. M. (2016). *Hormigón de cenizas volantes nano-modificado: una opción de reparación para pavimentos de hormigón*. Obtenido de Revista de materiales de ACI: <http://dx.doi.org/10.14359/51688642>
- Gintautas Skripkiūnas, A. K. (2021). *Efecto del nitrato de calcio en las propiedades del concreto a base de cemento Portland-Limestone curado a baja temperatura*. Obtenido de Universidad Técnica de Vilnius Gediminas, Lituania: <https://doi.org/10.3390/ma14071611>
- Gomez Tamariz, W. J. (2020). *Temperaturas extremas y su relación con la consistencia del concreto a lo largo del tiempo*. Obtenido de UNIVERSIDAD RICARDO PALMA: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3726>
- GONZALES SACSI, S., & TICONA CANSAYA, K. A. (2016). “*EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE PIEDRA CALIZA, CONCENTRACIÓN DE CARBONATO DE CALCIO TIEMPO DE RESIDENCIA Y TEMPERATURA DE CALCINACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO*”. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2403/IQticaka.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales, d. I. (2016). *Estudio del mortero de pega usado en el cantón Cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal*. Obtenido de Universidad de cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23664>
- Group, T. A. (2021). *El empleo de aditivos para mejorar la resistencia química del concreto*. Obtenido de Concrete Construction: <http://www.imcyc.com/revista/1999/julio/aditivos1.htm>
- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Obtenido de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU: <https://www.udocz.com/pe/apuntes/47462/disenio-de-estructuras-de-concreto-armado-3ra-edicion-teodoro-e-harmsen>
- Huamaní Alcalde, D. M. (2019). *Influencia de los aditivos acelerantes de fragua sobre la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de un concreto realizado bajo*

clima cálido Trujillo, 2019. Obtenido de UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE: <https://hdl.handle.net/11537/23228>

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. (2005). *Concreto en el SURESTE.* Obtenido de Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto: <http://www.revistacyt.com.mx/images/portada/2005/pdf/NOVIEMBRE.pdf>

Internacional, A. (2021). Obtenido de https://www.astm.org/MEETINGS/future_dates.html

José, L. L. (2013). *Evaluación de la resistencia a la comprensión del concreto coaditivo Sika Rapid I.* Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/426>

JOSEF, A. R. (2015). *DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD EN LA SIERRA PERUANA UTILIZANDO CEMENTO IP Y ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE, PLASTIFICANTE Y ACELERANTE DE FRAGUA.* Obtenido de Universidad Católica de Santa María: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/2127>

Karen, C. C. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la comprensión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo II, modificados con aditivos acelerantes y retardantes.* Obtenido de Universidad de Cartagena: <http://hdl.handle.net/11227/537>

Kiran Devi, P. A. (2020). *Aditivos utilizados en hormigón autocompactante: una revisión.* Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología, Kurukshetra, Haryana, India: <https://doi.org/10.1007/s40996-019-00244-4>

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., William, P., & Tanes, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Obtenido de Porlant Cement Association: https://www.academia.edu/29059360/PCA_Dise%C3%B1o_y_Control_de_Mezclas_de_Concreto

Kothari, H.-C. H. (2020). *Una revisión de las propiedades mecánicas y la durabilidad de los hormigones ecológicos en un clima frío en comparación con el hormigón ordinario a base de cemento Portland estándar.* Obtenido de Skanska Teknik AB, Skanska Sverige AB, Göteborg, Suecia: <https://doi.org/10.3390/ma13163467>

- Lazniewska-Piekarczyk, J. P. (2019). *Evaluación de la eficiencia de las mezclas de aceleración y el polvo de los hornos de cemento en cooperación con los cementos mezclados con escoria de composición de diferentes fases*. Obtenido de Universidad Tecnológica de Silesia: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/3/032088>
- Li Wang, H. Z. (2018). *Efecto de las nanopartículas de TiO₂ sobre las propiedades físicas y mecánicas del cemento a bajas temperaturas*. Obtenido de Universidad de Chang'an, Xi'an, Shaanxi, China: <https://doi.org/10.1155/2018/8934689>
- Llatas, E. I. (2015). *Resistencia a la compresión axial del concreto utilizando agregado de piedra caliza triturada lavada*. Obtenido de Universidad privada del norte: <https://hdl.handle.net/11537/6816>
- López Macedo, L. Y. (2020). *Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las altitudes 2600 a 3500 M.S.N.M., Ancash*. Obtenido de Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Machado, J. &. (2012). *Evaluación de la resistencia a la compresión de un*. Obtenido de Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela.
- Mendoza, H. L. (2011). *Deterioro del hormigón sometido a ensayos acelerados de hielo-deshielo en presencia de cloruros*. Obtenido de <https://oa.upm.es/8821/>
- Mi, Z. L. (2020). *Fracture Properties of Concrete in Dry Environments with Different Curing Temperatures*. Obtenido de MDPI: https://mdpi-res.com/d_attachment/applsci/applsci-10-04734/article_deploy/applsci-10-04734.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). *Norma E060*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/destacados/producto.aspx>
- Montoya, C. M. (2017). *Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto*. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193955500001.pdf>

- NRMCA. (2015). *ANNUAL CONVENTION*. Obtenido de NRMC: <http://cdnassets.hw.net/4b/73/f4de6ffb445f82acacd0ae89ebad/ambrochure2015.pdf>
- Oren Jared I, C. E. (2014). *Evaluación de laboratorio de aditivos de hormigón de baja temperatura convenientes para la reparación de barrenos en climas fríos*. Obtenido de Laboratorio de investigación e ingeniería de Cold Regions: <http://hdl.handle.net/11681/5474>
- Pacheco, L. (2017). *Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido*. Obtenido de <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/226>
- Padua, C. (2019). *Uso del óxido de calcio en el proceso del concreto para elementos estructurales, en la provincia de Huaura*. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2930>
- Pajuelo, L. (2018). *Resistencia del concreto con cemento sustituido por la combinación de cal (en 0%, 10 % y 12%) y arcilla (en 0%, 7% y 9%)*. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10409>
- Pochwala, S., Makiola, D., Anweiler, S., & Bohm, M. (2020). *Las propiedades de conductividad térmica del material compuesto cáñamo - cal utilizado en edificios unifamiliares*. Obtenido de Universidad tecnológica de Opole: <https://doi.org/10.3390/ma13041011>
- Quispe, S. H. (2018). *Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Ramazan Demirboğa, F. K. (2014). *Los efectos de la urea en la obtención de resistencia del hormigón fresco en condiciones de clima frío*. Obtenido de Universidad King Abdulaziz: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.008>
- Ramirez, M. (2017). *Determinación de la manejabilidad de mezclas de concreto de bajo asentamiento utilizando el método de ensayo del consistómetro vebe*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjr/2017/02/09/Ram%C3%ADrez-Maria.pdf>
- Rasheed A, U. M. (2018). *Efecto de las dosis de superplastificante sobre las propiedades en estado fresco y la resistencia temprana del concreto*. Obtenido de School of

Civil & Environmental Engineering, National University of Science & Technology, Sector H-12, Islamabad Pakistan: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/431/6/062010>

Reyes Pomacanchari, D. D. (2019). *Estudio del efecto del aditivo acelerante sobre el concreto, relacionado a su resistencia a compresión, temperatura ambiente de 0°C*. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47849>

Reynerio, B. P. (2015). *Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rapido fraguado*. Obtenido de Universidad Nacional de Trujillo: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2549>

Rocha, F. J. (2016). *Uso de carbonato, óxido y sulfato de calcio, en alta concentración en tubos de goteo*.

Rosell Amigó, J. R., Ramírez-Casas, J., & Bedini, S. y. (2018). *Hormigón de cal para la restauración de la Iglesia del Rosselló*. Obtenido de REHABEND: <http://hdl.handle.net/2117/118948>

Ruben, L. C. (2018). *Resistencia del concreto con cemento sustituido por la combinación de cal (en 0%, 10% y 12%) y arcilla (en 0%, 7% y 9%)*. Obtenido de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10409/Tesis_59558.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rucińska, K. S. (2019). *Los efectos de la baja temperatura de curado sobre las propiedades de los morteros de cemento que contienen nanosílice*. Obtenido de Russian Federation, Moscow: <http://dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544>

Safránez, C. (1970). *Características de los principales aditivos químicos para hormigones y morteros y su empleo en la construcción*. Obtenido de Informes de la Construcción: <https://doi.org/10.3989/ic.1970.v23.i224.3527>

SIKA. (2013). *SIKA INFORMACIONES TÉCNICAS*. Obtenido de SIKA: https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/4/Aditivos%20para%20Concreto_Brochure.pdf

- Sotomayor Bahamonde, N. G. (2014). *Análisis de un modelo matemático para determinar el tiempo de fraguado del hormigón*. Obtenido de Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcis7181a/doc/bmfcis7181a.pdf>
- Terreros, R. L., & Carvajal, C. I. (2016). Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS-AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA%20DE%20C%C3%81%C3%91A.pdf>
- Vasquez, C. J. (2017). *Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz - Ancash*. Obtenido de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1526/Tesis_50979.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vivar, M. E. (2018). *El uso de ceniza volante y aditivos en la elaboración del concreto como solución ecológica*. Obtenido de Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador: <https://www.eumed.net/rev/delos/31/maria-godoy2.html/hdl.handle.net/20.500.11763/delos31maria-godoy2>
- Wu-Jian, Tao-Hua, Y., Li-Xiao, L., & Gan-Lin, F. (2020). *Mecanismo de inhibición y caracterización electroquímica de la lixiviación de calcio de compuestos de cemento reforzado con óxido de grafeno*.
- Yasien, A. M., Bassuoni, M. T., & Ghazy, A. (2021). *Hormigón nanomodificado como material de reparación en climas fríos*. Obtenido de American Concrete Institute: <http://dx.doi.org/10.14359/51729331>
- Yong-SooLee, J.-S. R. (2011). *Propiedades del hormigón en etapa inicial con tableta aceleradora de fraguado en climas fríos*. Obtenido de Universidad de Hanyang: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.10.066>
- Yusuke Tomita, A. Y. (2020). *Evaluación del comportamiento mecánico y de contracción de temperaturas bajas Morteros cementosos mezclados con acelerador a base de nitrito-nitrato*. Obtenido de Universidad Nacional de Kyungpook: <https://doi.org/10.3390/ma13173686>

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO
	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	
<p>ADITIVOS ACELERANTES PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL HORMIGÓN EN CLIMAS DE BAJAS TEMPERATURAS</p>	<p>¿De qué manera los aditivos acelerantes influyen en las propiedades físico-mecánicas, del hormigón en climas de bajas temperaturas?</p>	<p>Determinar los aditivos acelerantes que influyen en las propiedades físico-mecánicas, del hormigón en climas de bajas temperaturas, utilizando la Norma Técnica Peruana (NTP), Normas Internacionales de acuerdo a los autores</p>	<p>Al determinar los aditivos acelerantes, este influye en las propiedades físico-mecánicas, del hormigón en climas de bajas temperaturas</p>	<p>Aditivos Acelerantes</p>	<p>Porcentaje de aditivos acelerantes</p>	<p>El método de investigación es cuantitativo ya que recopila información de tablas y gráficos</p>
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE		

a. ¿Como el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas?	a. Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.	a. Al establecer el porcentaje de aditivos acelerantes, este aumenta la temperatura del hormigón en climas de bajas temperaturas.	Temperatura	
b. ¿Cuál es el porcentaje de aditivos acelerantes que mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas?	b. Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes para mejorar la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas	b. Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, se mejora la consistencia del hormigón en climas de bajas temperaturas.	Consistencia	
c. ¿Cómo el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas?	c. Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas	c. Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, este aumenta la resistencia a la compresión del hormigón en climas de bajas temperaturas	Resistencia a la Compresión	El tipo de investigación es descriptiva ya que explica la trabajabilidad al agregar aditivos acelerantes en el concreto
d. ¿Como el porcentaje de aditivos acelerantes aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas?	d. Determinar el porcentaje de aditivos acelerantes que aumentan la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas	d. Al determinar el porcentaje de aditivos acelerantes, este aumenta la resistencia a la penetración del hormigón en climas de bajas temperaturas	Resistencia a la Penetración	

Propiedades Físico-Mecánicas

Anexo 2 Matriz de Temperatura del hormigón

N°	Nombre del artículo	Autor	Tipo de acelerante	a/c	aglutinante	agregados	dosis	Resultado
1	Hormigón nanomodificado como material de reparación en climas fríos.	Yasien, A. M., Bassuoni, M. T., Abayou, A., & Ghazy, A.	Cenizas volantes y nanosílice	0.4	cemento portland	grava 1.5%, arena 2.53%	4% de nano sílice	19°C
4	Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua	Arcos Rodríguez, Josef Arturo	Sika AER-Sika 306	0.4	cemento tipo IP (YURA SA)	arena 1.07, piedra 1.61	SA 0.038%, S306 0,80% SR 1,5%	23.90°C
5	Estudio del Efecto del Aditivo Acelerante sobre el Concreto, Relacionado a su Resistencia a Compresión, Temperatura Ambiente de 0°C	Reyes Pomacanchari, Deysi Dina y Terrel Cueva, Tania Isabel	chema 3 y chema entrampaire	0.45	Portland tipo I "Andino"	arena 1.5; grava 1.66	1.2, 2.6, 4 dosis de chema 3	28.7°C
8	Evaluación del comportamiento mecánico y de contracción de temperaturas bajas Morteros cementosos mezclados con acelerador a base de nitrito-nitrato	Yusuke Tomita, Akira Yoneyama, Heesup Choi, Masumi Inoue, Jihoon Kim, Hyeonggil Choi y Yuhji Sudoh	Nitrito y nitrato de calcio	0.5	cemento portland normal, peso específico 3,16	arena-cement 2.5	CN 11%	22°C
11	Estudio fisicoquímico sobre las características de desarrollo de resistencia del concreto de clima frío utilizando un acelerador a base de nitrito-nitrato	Choi, H .; Inoue, M .; Choi, H .; Kim, J .; Sudoh, Y .; Kwon, S .; Lee, B .; Yoneyama, A.	<u>Nitrito y nitrato de calcio</u>	0.5	cemento portland, peso específico 3,16	arena 2.0	CN 13%	25.7°C

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3 Matriz de Asentamiento y Consistencia del hormigón

ITEM	Nombre del artículo	Autor	Tipo de acelerante	a/c	aglutinante	agregados	dosis	Método de ensayo (como funciona o instrumento para que sirve)	Resultado(cm)
4	Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua	Arcos Rodríguez, Josef Arturo	Sika AER-Sika 306	0.55			SA 0.038%, S306 0,80% SR 1,5%	Ensayo de cono de Abrams	D1=11.43cm, D2=12.065, D3=12.065, D4=10.16, D5=11.43, D6=12.065, D7=11.43, D8=12.065, D9=12.065
			sika 306	0.5					
			sika rapid	0.45	cemento tipo IP (YURA SA)	arena 3,8, piedra 6,2	sika aer + sikament306(0.55SA+S306)		
				0.4			sika aer + sikament306+sika rapid(0.55SA+S306+SR) = 2.9 %		
6	Efecto del nitrato de calcio en las propiedades del concreto a base de cemento Portland-Limestone curado a baja temperatura.	Skriпкиūnas, G.; Kičaitė, A.; Justnes, H.; Pundienė	Nitrato de calcio	0.24	cemento de piedra caliza portland	arena 4.1, piedra 5,2		ENSAYO DE CONO DE ABRAMS	0.5%CN=1-3cm; 1%CN=4-6cm
13	Los efectos de la urea en la obtención de resistencia del hormigón fresco en condiciones de clima frío.	Ramazan Demirboğa a,B, Fatma Karagöl a, Rıza Polat a, Mehmet Akif Kaygusuz C	base de urea y nitrato de calcio	0.55	cemento portland normal tipo I andino	arena natural 3,8, piedra caliza 6,4	6% urea (CO (NH ₂) ₂).	ENSAYO DE CONO DE ABRAMS	Patrón promedio= 4 cm; 6%=12 cm;

15	Estudio del Efecto del Aditivo Acelerante sobre el Concreto, Relacionado a su Resistencia a Compresión, Temperatura Ambiente de 0°C	Reyes Pomacanchari, Deysi Dina, Terrel Cueva, Tania Isabel.	CHEMA 3	0.45	cemento portland tipo I andino	arena 4,2, piedra 6,5	Chema 3 0.0%, 1%, 2%,3%	ENSAYO DE CONO DE ABRAMS	Patrón= 10.16; 1.2%= 10.16; 2.6%=7.62; 4%=7.62
22	Efecto del aditivo acelerador sobre las propiedades del hormigón	Dr. J.A. Naqash1, Zahid Bashir Bhat2, Mohammad Iqbal Malik3, Subzar Ahmad4, Dharvinder Kumar5	NITRITO DE SODIO	0.45	cemento portland ordinario khyber de grado 43 confinado	arena 3,8, piedra 6,2	Nitrito de sodio 0.0%, 1%,2%, 2.5 3%	ENSAYO DE CONO DE ABRAMS	Patrón= 1.55cm; 1%=1.5; 1.5%= 15.2; 2%=1.6; 2.5%=1.58

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4 Matriz de Resistencia a la Compresión del hormigón

N°	AUTOR	TITULO	INTERVALO DE TEMPERATURA	TIPO DE CEMENTO	TIPO DE ADITIVO Y ADICIONES	W/C	Nomenc.	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
								7 d	28 d
1	Fatma Karagol, Ramazan Demirboga, Waleed H. Khushefati	Comportamiento de hormigones frescos y endurecidos con aditivos anticongelantes en bajas temperaturas de congelación profunda y condiciones exteriores invernales	-5°C	cemento portland	cenizas volantes y nitrato de calcio	0.4	GU	373	444
							N2	399	510
							N4	444	557
							F15N2	318	408
							F15N4	343	456
							F25N2	274	343
							F25N4	300	384
10	Katarzyna Skoczylas, Teresa Rucińska	Los efectos de la baja temperatura de curado en las propiedades de morteros de cemento que contienen nanosílice	5°C	cemento portland de endurecimiento rapido CEM I 42.5 R	suspensión de nanosílice	0.5	C	-	153
							NS	-	166
							C	-	229
								-	255
							NS		
2	Fatma Karagol, Ramazan Demirboga, Waleed H. Khushefati	Comportamiento de hormigones frescos y endurecidos con aditivos anticongelantes en bajas temperaturas de congelación profunda	0°C	cemento Portland ordinario ASTM Tipo I	MC=PATRON, MU=9%UREA, MCN=9%NITRATO DE CALCIO, MUCN=4.5%UREA+4.5%NITRATO DE CALCIO (TODO TIENE SPA=0.5% DE SUPERPLASTIFICANTE)	0.4	MCW	287	524
							MUW	352	377
							MUCNW	420	422
							MCNW	401	519
			5°C				MC5	81	32

		y condiciones exteriores invernales				MU5	173	295
						MUCN5	396	427
						MCN5	319	351
						MC10	80	13
						MU10	82	104
						MUCN10	356	248
			10°C			MCN10	196	59
		Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las altitudes 2600 a 3500 m.s.n.m, áncash			cenizas volantes	TESTIGO	166	253
19	Laura Ysabel López Macedo		11 a 16°C	cemento portland tipo 1	nitrate de calcio	SIKA3	176	271
							0.557	
					nitrite de calcio	CHEMA 3	177	260
							0.00%	133 212
							1.00%	152 221
22	Dr. J.A. Naqash1, Zahid Bashir Bhat2, Mohammad Iqbal Malik3, Subzar Ahmad4, Dharvinder Kumar5	Efecto del aditivo acelerador sobre las propiedades del hormigón	10°C	porland ordinario khyber de grado 43	nitrite de sodio		0.5	162 221
							1.50%	190 216
							2.00%	115 204
							3.00%	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5 Matriz de resistencia a la penetración del hormigón

N°	AUTOR	TITULO	TIPO DE CEMENTO	AGREGADO		TIPO DE ADITIVO Y ADICIONES	MEDIO DE CURADO	MUESTRA	DOSIS %	A/C	A/C	A/C	A/C
				FINO	GRUESO					0.55	0.50	0.45	0.40
									kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
4	Arcos Rodríguez, Josef Arturo	DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD EN LA SIERRA PERUANA UTILIZANDO CEMENTO IP Y ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE, PLASTIFICANTE Y ACELERANTE DE FRAGUA	Cemento Porlant (OPC) CEM I 52.2 N	Arena silícea natural que cumple con ASTM C-33	Dolomita natural con un tamaño máximo de 10 mm	sika AER, sika 306, sika rapid 1	Temperatura de los agregados de mezcla	(a/c)SA + S306 + SR	2.9% A/C	8	9	6	6
									0.4 / 0.45	26	21	15	16
									2.4% A/C	49	36	38	38
									0.50	183	111	109	108
									2.3% A/C	286	196	185	211
									0.55	481	367	332	298
									1.1% A/C	10	9	12	14
									0.4 / 0.45	19	15	25	27
									0.9% A/C	31	28	51	57
									0.50	82	62	117	168
									0.8% A/C	135	140	162	233
									0.55	316	312	385	407
									0% A/C	6	11	14	
									0.4 / 0.55	14	21	27	
(a/c)SA	57	35	57										
	112	86	150										
	0.1% A/C	203	159	221									
	0.5 / 0.45	311	295	362									
a/c=0.55/0.50 / 0.45 / 0.4	6	14	14										
	0%	22	25	27									
		57	53	57									

									183	127	165
									239	189	262
									316	326	382
										36	
										121	
							CN0	0%		240	
										255	
										291	
										46	
										71	
							CN7	7%		131	
										148	
										173	
										36	
										69	
5	Akira Yoneyama, Heesup Choi, Masumi Inoue, Jihoon Kim, Myungkwan Lim y Yuhji Sudoh	Efecto de un acelerador a base de nitrito / nitrato sobre el desarrollo de resistencia y la formación de hidratos en materiales cementosos de clima frío	Cemento Porlant (OPC) CEM I 52.2 N	Arena silícea natural que cumple con ASTM C-34	Dolomita natural con un tamaño máximo de 10 mm	Acelerador a base de nitrito nitrato	Temperatura de los agregados de mezcla	CN9	9%	104	
										173	
										244	
										36	
										50	
										75	
										121	
										224	
										36	
										76	
										106	
										168	
										206	
							CN13	13%			

												3.2
												5.6
												10.4
											0.15%	35.2
												52.8
												73.6
												0.8
15	Reyes Pomacanchari, Deysi Dina , Terrel Cueva, Tania Isabel.	Estudio del Efecto del Aditivo Acelerante sobre el Concreto, Relacionado a su Resistencia a Compresión, Temperatura Ambiente de 0°C	Cemento Porlant (OPC) CEM I 52.2 N	Arena silícea natural que cumple con ASTM C-35	Dolomita natural con un tamaño máximo de 10 mm	Aditivo acelerador con inopordador deaire	Temperatura de los agregados de mezcla	Aditivo acelerante de 1.2%	Aditivo acelerante de 1.20%			4
												6.4
												32
												49.6
												2.4
												8.0
												16.0
												37.6
												57.6
												0%
												36
21	Jae-Suk Ryou, Yong-Soo Lee*	Propiedades del hormigón de etapa inicial con tableta aceleradora de fraguado en clima frío	Cemento Porlant (OPC) CEM I 52.2 N	Arena silícea natural que cumple con ASTM C-35	Dolomita natural con un tamaño máximo de 10 mm	tableta aceleradora en polvo	Temperatura de los agregados de mezcla	aditivos en tabletas (aditivos en polvo)	0.15			100
									0.15			228
									1%			250
									1.50%			262

19	LAURA YSABEL LÓPEZ MACEDO	EFECTO DE LA INCORPOR CIÓN DE ADITIVOS ACELERAN TES DE FRAGUA, SOBRE LA RESISTENCI A A LA COMPRESI ÓN DEL CONCRETO, APLICABLE S A OBRAS HIDRÁULIC AS PARA LAS ALTITUDES 2600 A 3500 M.S.N.M, ÁNCASH	Cemento Porlant (OPC) CEM I 52.2 N	Arena sílicea natural que cumple con ASTM C-35	Dolomita natural con un tamaño máximo de 10 mm	Temperatu ra de los agregados de mezcla	aditivos en tabletas (aditivos en polvo)	2%	307
								1.30%	36
								0.30%	100
								1.24%	228
								2.51%	250
								3.79%	262
								5.06%	307

Fuente: Elaboración propia