

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C DE LOS CONCRETOS FLUIDOS CON
ADITIVOS ESTABILIZADORES DE TEMPERATURA PARA CLIMAS CÁLIDOS**

**GABRIELA BARRIOS URQUIJO
ANA GABRIEL GUTIERREZ MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT- CUNDINAMARCA
2021**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C DE LOS CONCRETOS FLUIDOS CON
ADITIVOS ESTABILIZADORES DE TEMPERATURA PARA CLIMAS CÁLIDOS**

**GABRIELA BARRIOS URQUIJO
ANA GABRIEL GUTIERREZ MARTINEZ**

Trabajo realizado para optar al título de
Ingeniero Civil

Tutora

**LILIANA CAROLINA HERNÁNDEZ GARCÍA
Ing. Civil, Msc. Infraestructura Vial
Esp. Diseño y Construcción de Vías y Aeropistas**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT- CUNDINAMARCA**

2021

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 2021

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por cada bendición recibida, a mis padres Carlos Javier Barrios Y Claudia Patricia Urquijo por ser parte de todo mi proceso universitario y por estar siempre para mí, por su apoyo incondicional día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria, a mis compañeros y amigos quienes de alguna manera formaron parte de este lindo proceso.

Gabriela

A Dios, por iluminarme el camino de la verdad y por llenarme de sabiduría para hacer siempre lo correcto, a mi padre Gabriel Hernando Gutiérrez Pardo que está en el cielo, por el apoyo incondicional que tuvo, a mi madre Janeth Martínez Rubiano, por su apoyo moral durante todos estos años. A mis compañeros de estudio y amigos, quienes me acompañaron durante esta hermosa travesía. A todos ustedes, quienes de alguna manera fueron motivo de superación.

Ana Gabriel

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	9
1PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	11
1.3 JUSTIFICACIÓN	11
2OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3MARCO DE REFERENCIA	14
3.1 MARCO DE ANTECEDENTES	14
3.2 MARCO TEÓRICO	20
3.3 MARCO CONCEPTUAL	24
3.4 MARCO CONTEXTUAL	30
3.5 MARCO LEGAL	36
4DISEÑO METODOLÓGICO	42
4.1 INSTRUMENTOS	43
4.2 PROCEDIMIENTO	45
4.3 CRONOGRAMA	47
5DESARROLLO DEL PROYECTO	49
5.1 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	49
5.2 MONITOREO DE TEMPERATURAS	52
5.3 FLUIDEZ DE LA MEZCLA	54
5.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	56
6CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diseño metodológico.....	10
Tabla 2. Efecto de la temperatura de la pasta de cemento en el límite de Elasticidad.....	18
Tabla 3. Cuantías mínimas longitudinales y transversales en pilotes y cajones de cimentación vaciados en sitio	25
Tabla 4. Procedimiento de asentamiento	36
Tabla 5. Recomendaciones de la norma I.N.V.E. 404-07	37
Tabla 6. PROCEDIMIENTO CON MARTILLO	38
Tabla 7. Diseño metodológico.....	42
Tabla 9. Cronograma de actividades	47
Tabla 10. Dosificación del concreto	49
Tabla 11. Dosificación del concreto	49
Tabla 12. Muestras de temperatura del concreto.....	52
Tabla 13. Muestra de Asentamiento	54
Tabla 14. Asentamiento promediado	55
Tabla 15. Resultados de las muestras	56
Tabla 16. Muestra de los Cilindros.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variables de una investigación	25
Figura 2. Mapa de Colombia	32
Figura 4. Planta de producción de concreto Argos (Flandes-Tolima)	33
Figura 5. Recorrido de la planta de producción de concreta floresta	34
Figura 6. Concretos de Ibagué S.A.S.	35
Figura 7. Concreto Cemex Ibagué	35
Figura 8. Asentamiento 1	36
Figura 9. Asentamiento 2 Fuente:	36
Figura 10. Asentamiento 3 Fuente:	36
Figura 11. Asentamiento 4 Fuente:	36
Figura 12. Cilindros de concreto 1	38
Figura 13. Cilindros de concreto 2 Fuente:	38
Figura 14. Cilindros de concreto 3	38
Figura 15. Cilindros de concreto 4	38
Figura 16. Mezcladora eléctrica para concreto P.C	43
Figura 17. Prensa para fallar cilindros de concretos	43
Figura 18. Camisas de prueba	44
Figura 19. Procedimiento de la investigación	47
Figura 20. Proceso experimental	50

Figura 21. Monitoreo de temperaturas y asentamientos en estado fresco.....	51
Figura 22. Evolución de temperaturas por horas	53
Figura 23. Evolución de temperaturas en el tiempo	53
Figura 24. Grafica N° 1 de Evolución de Asentamiento por horas	55
Figura 25. Grafica N° 2 Evolución de asentamiento en el tiempo.	55
Figura 26. Resistencias a la compresión de cilindros de concreto.....	60
Figura 27. Resistencias a la compresión de cilindros de concreto.....	60

INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como fin evaluar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico utilizando aditivos retardadores de fraguado para garantizar las funcionalidades físico-químicas del cemento, en climas cálidos. Es decir que, mediante un diseño de mezcla para un concreto fluido autocompactante, evaluamos la fluidez mediante la prueba de asentamiento con el Cono Slump, registrado cada quince minutos hasta cuando la mezcla logra un asentamiento de 3 pulgadas. Esta mezcla fue modificada con el aditivo estabilizador de temperatura Sika Tard -935, cuya función es bloquear la hidratación del cemento, prologando su fluidez incluso en altas temperaturas. Por esta razón la prueba se realiza en los municipios de Girardot y el Espinal, donde la temperatura ambiente es cercana a 38°C.

Teniendo en cuenta las variables de investigación, la primera que se utilizó en este trabajo es la dependiente, que consisten en la resistencia a compresión, la fluidez y el desarrollo de temperaturas. La segunda es la variable independiente, es el porcentaje en peso de aditivo Sika Tard 935 que se le adiciona a la mezcla. La tercera y última variable es la interviniente, que para este caso es la temperatura ambiente registrada entre 38 °C y 42°C.

Como resultado se identificó que los aditivos tienen como objeto modificar las propiedades mecánicas del concreto hidráulico. Si no se le agrega aditivo en la mezcla del concreto, tendrá una resistencia mayor. Como muestra en la ilustración 19, su resistencia es de 25 Mpa si su porcentaje de aditivo es cero por ciento (0%), pero si se le agrega un tres por ciento (3.0%), su resistencia estará entre los 21 Mpa, Esto quiere decir que entre mayor sea el porcentaje de aditivo, menor será la resistencia a compresión del concreto.

Teniendo en cuenta que con esta investigación se participó en el V encuentro de semilleros de Investigación, organizada por Teinco "Corporación Tecnológica Industrial Colombia" mediante una ponencia publicada en el canal YouTube (<https://youtu.be/x7BvaVUrwRc>), con su respectivo poster y el artículo científico. Como aporte al Semilleros SEUS, en el macroproyecto 'Prefabricado de nueva generación para obras de Infraestructura vial' con el propósito de establecer factores de seguridad en el diseño de mezclas de concretos autocompactantes con aditivos estabilizadores de temperatura.

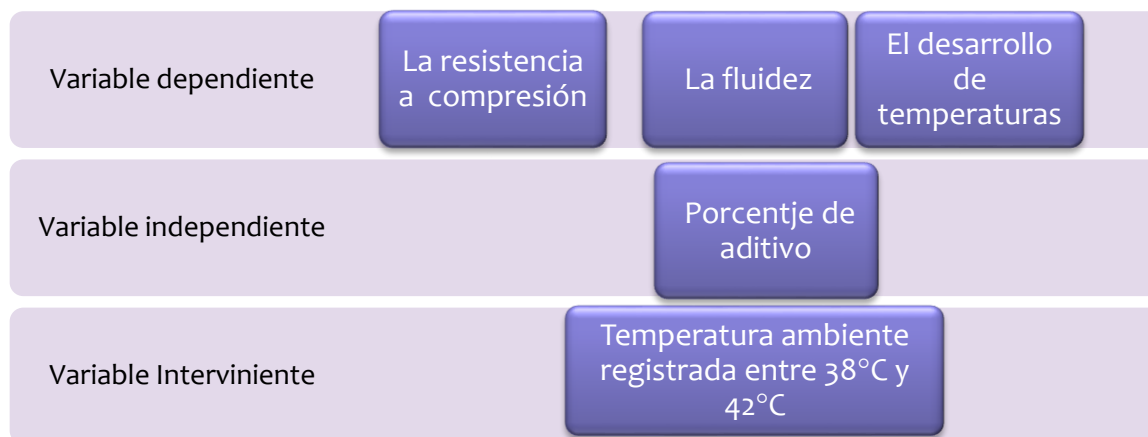
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En diferentes ciudades encontramos climas cálidos, donde se tiene en cuenta combinaciones que intentan deteriorar la calidad de los concretos, es decir que cuando la temperatura ambiente varía entre 5°C A 30°C, nos exponemos a mayor rapidez de fraguado, implicando a que el manejo de la mezcla sea complicado, la compactación no es la misma y a la hora del terminado se visualice contenido de aire y esto cause una mayor tendencia de asentamientos.

Con esta investigación queremos resolver las altas temperaturas del concreto, las temperaturas del aire, la velocidad del tiempo y la baja humedad. Utilizando productos que con frecuencia se encuentran en el mercado, conociéndose como la mayor producción de concretos premezclados, nombrados como aditivos retardadores de fraguado o mejor llamados estabilizadores de temperatura. Aparte de su buen funcionamiento también pueden ocurrir imprevistos los cuales a la hora de realizar la dosificación es todo un escenario de incertidumbre, ya que un ligero exceso en la proporción puede dormir la resistencia haciendo que el concreto se pierda por completo, ya que su resistencia de diseño no se logra obtener a los 28 días de edad.

1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Diseño metodológico



Fuente: elaborado por los autores

El impacto que tiene esta investigación es demostrar que la mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en algunos casos aditivos, ayudan a que los proyectos en

la industria de construcción, sea viables en cuanto a resistencia, duración, impermeabilidad, facilidad de producción y economía.

Durante nuestra investigación nos enfocamos en realizar un trabajo exhaustivo empleando materiales como, la grava, la arena, el cemento, agua y aditivos estabilizadores de temperatura, encontrándose en ferreterías aledañas a la zona urbana, en cuanto a los utensilios de uso exclusivo del laboratorio hacen parte del semillero SEUS, en el cual hacemos parte de un macro proyecto de investigación.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto con diferente dosis de aditivos a una temperatura ambiente, teniendo en cuenta los climas cálidos presentados en Colombia.

Por esta razón se hace necesario formular la siguiente pregunta de investigación:

¿Hasta qué punto los aditivos estabilizadores de temperatura pueden afectar la resistencia de los concretos?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocará en evaluar la afectación de la resistencia en un concreto fluido usando Aditivos estabilizadores de temperatura, en ambientes cálidos que están entre 38°C y 42°C. A partir de un diseño de mezcla para un concreto que debe mantener por más tiempo su consistencia plástica.

Estas tecnologías se usan en climas cálidos para evitar el fraguado por evaporación del agua, aunque los proveedores indican que no afectan la resistencia del concreto, es más común de lo que parece, que los concretos se duermen perdiendo su resistencia, por eso es necesario comparar las diferentes dosis de aditivo en la mezcla con la afectación en la resistencia, haciendo ensayos comparativos de asentamiento y compresión en laboratorio.

Teniendo en cuenta los objetivos del milenio de las naciones unidas desarrollamos una propuesta investigativa con el fin de ayudar a comunidades sostenibles, apuntando los resultados de la investigación para garantizar la estabilización de la temperatura en los concretos, de manera en que se pueda reducir su desperdicio.

La investigación de este trabajo está claramente basada en la práctica a la cual asistimos en la planta de concretos floresta, donde observamos todo el proceso de la preparación de la mezcla, incluyendo la extracción y trituración de los materiales donde

los transporta una banda analizada por un equipo de rayos gamma para luego almacenar, y después dosificar dependiendo de qué tipo de cemento se necesita, para cargar en la mixer y enviar el concreto a la ciudad solicitada, pero antes de eso se realizan las pruebas de los cilindros para verificar la resistencia.

Con esta investigación se busca mejorar muchos aspectos en cuanto a economía, tiempo y avanzar en desarrollos tecnológicos, pues el proyecto de investigación no genera mayores gastos, es viable y factible a la hora de pensar en ejecutar cualquier tipo de construcción. Es importante desarrollar un proyecto de resistencia a la compresión de concretos con aditivos porque también es una gran solución a una producción que es afectada por el tema de los climas cálidos.

Es por esto la importancia de invertir en este proyecto porque en diferentes zonas se encuentran plantas que distribuyen el concreto a diferentes ciudades y muchas veces la mezcla se deshidrata, es decir que sube la temperatura de reacción y así fragua más rápido, lo recomendable es que se mantenga por más tiempo su consistencia plástica, es por esto que los aditivos estabilizadores de temperatura ayudan a controlar la evaporación del agua dominando este proceso para que no ocurra de manera rápida y dando los mismos resultados en cuanto a la resistencia del concreto.

Figura 1. Visita A la planta de concreto Floresta



2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto hidráulico autocompactante bajo el efecto de diferentes porcentajes de dosificación de aditivos estabilizadores de temperatura, para compararlo con su fluidez y evolución de temperaturas durante las primeras horas de edad.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la fluidez del concreto hidráulico convencional bajo los efectos de aditivos retardantes a diferentes edades de fraguado, producido a una temperatura ambiente de entre 38°C y 42°C, mediante pruebas de asentamiento en laboratorio.
- Determinar la proporcionalidad optima a base de aditivos retardantes para un concreto fluido de baja relación a/c, por medio de dosificaciones mínimas medias y máximas con mezclas de prueba según la (NTC 1377 Y 4023), además de analizar y evaluar los ensayos de revenimiento a diferentes tiempos de fraguado a una temperatura ambiente de entre 38°C y 42°C.
- Medir y comparar la resistencia a la compresión de las muestras sin y con aditivos estabilizadores de temperatura, para determinar las diferencias y la afectación del aditivo en la madurez de la mezcla.

3 MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Según el proyecto de grado de los estudiantes González, Guerreiro, quienes analizaron una metodología similar al mismo propósito de investigación solo que analizaron la viabilidad que tiene a la hora de utilizar un aditivo estabilizador de hidratación, en este caso es para obtener el reciclaje del hormigón en estado fresco:

“El objeto de este trabajo es evaluar la viabilidad técnica y económica de utilización del aditivo estabilizador de hidratación (AEH) para la reutilización del hormigón retornado. La viabilidad técnica se evaluó midiendo el tiempo de fraguado en muestras de hormigón con diversas concentraciones de AEH añadidas en el momento de la mezcla y también la medición del tiempo de fraguado cuando se añadió AEH a intervalos de tiempo de 1h y 3h después de mezclar con una misma tasa de AEH/cemento (0.30% en masa).” (Santiago, 2012)

De otro lado, el trabajo realizado por Cerón Velásquez y otros, quien analizó una metodología parecida en cuanto a estabilizadores, en este caso se quiere observar la hidratación para el vaciado en tiempo de tardío del concreto:

“Es evaluar la viabilidad técnica de utilización del aditivo estabilizador de hidratación (AEH) para controlar ciertas características inherentes a una mezcla de concreto original. La viabilidad técnica se evaluó midiendo el tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y trabajabilidad en muestras de concreto premezclado con diversas concentraciones de AEH añadidas en el momento de la mezcla” (Cerón Velásquez, y otros, 2020)

Sumado a esto el trabajo realizado por los estudiantes Santoyo Gutiérrez, quien analizó una metodología parecida en cuanto a aditivos polímeros para fluidos de perforación de pozos geotérmicos:

“Se presenta una revisión de los materiales poliméricos desarrollados y aplicados a los fluidos de perforación para pozos geotérmicos, y los resultados obtenidos en la evaluación de cuatro sistemas de fluidos de perforación formulados con diferentes materiales poliméricos. La metodología de selección y evaluación de un polímero debe considerar

la estabilidad que proporcione al fluido de perforación a altas temperaturas, a contaminaciones provocadas por electrólitos presentes en el pozo u al excesivo contenido de recortes de perforación. A partir de esta metodología se encontró que los sistemas de fluidos de perforación estabilizados con materiales copoliméricos derivados del anhídrido maleíco mostraron un comportamiento estable a alta temperatura, a tiempos de exposición de hasta 96 horas y a una elevada contaminación de materiales arcillosos inertes” (Santoyo Gutiérrez, 2020).

Otro trabajo referente, es el realizado por el estudiante Francisco Javier Jaramillo, quien analizó una metodología parecida en cuanto a aditivos, químicos e inmunizantes para el mantenimiento de partes y elementos, donde deduce que :

“El empleo de aditivos, químicos e inmunizantes, en todas las áreas de la industria es amplio; el campo de la construcción, es uno de los más extensos y cada día requiere de innovaciones y nuevas aplicaciones, debido a los retos que la industria ingenieril asume diariamente, de la mano con profesionales especialistas en diferentes áreas aportando y participando activamente en los diseños y construcciones de vanguardia.” (Jaramillo, 2020)

Miranda y otros, analizaron una metodología parecida en cuanto a los usos de evaluación de aditivos químicos como agentes estabilizadores de materiales granulares y suelos en subrasantes para su utilización como superficies de rodamiento en carreteras de bajo volumen vehicular:

“Existen diferentes métodos de estabilización según el aspecto que se desee mejorar. Los hay mecánicos como la compactación, y la estabilización físico-química, para la cual se usan técnicas como la estabilización con cemento, cal, aceites o agentes químicos. Entre las ventajas que se reconocen de utilizar aditivos para mejorar o estabilizar las propiedades de los materiales granulares y suelos, se menciona la reducción del impacto ambiental” (Miranda, y otros, 2020)

Por otro lado, Rojas y otros, analizaron una metodología parecida en cuanto a estabilizadores, en este caso se quiere observar la influencia del aditivo Superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo:

“La presente tesis tiene como objetivo analizar el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido (trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia mecánica), debido a la incorporación del aditivo Superplastificante en las mezclas de concreto. Para esto primeramente se prepararon Jos diseños mezclas patrones (sin el aditivo mencionado) de relaciones a/c=0.40, 0.50 y 0.60, según el método de agregado global y para un asentamiento de cono de 4"; luego sin variar Jos componentes iniciales del concreto patrón, se incorporaron diferentes dosis de aditivo Superplastificante (250, 450, 650 ,850 y 1050 mil por cada 100 kg de cemento), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales. Todas las variantes hacen un total de 18 diseños de mezcla.” (Rojas, y otros, 2014)

Del mismo modo, Dina y otros analizaron una metodología parecida en cuanto a estabilizadores, en este caso se quiere observar el estudio del efecto del aditivo acelerante sobre el concreto, relacionado a su resistencia a compresión, temperatura ambiente de 0°C.

“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). Haciendo un total de 36 briquetas. Realizándose la simulación de temperatura ambiente de 0°C mediante una congeladora. Para cada mezcla (patrón y con dosis de aditivo acelerante) se efectuaron ensayos de tiempo de fraguado, temperatura del concreto y resistencia a la compresión a las edades de 3, 7 y 28 días.” (Dina, y otros, 2016)

Según el proyecto de grado realizado por Tania Isabel y otros, lo cual analizaron una metodología parecida en cuanto a estabilizadores, en este caso se quiere observar la influencia del aditivo retardante sika retardante Pe y su dosificación sobre la resistencia a la compresión y fraguado en concreto.

“La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del aditivo retardante SIKA RETARDER PE a porcentajes del 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1% cuantificando su resistencia a la compresión y su tiempo de fraguado, para ello se realizó un diseño de mezcla para un concreto =210 kg/cm². Previo al diseño fue necesario la caracterización de agregado grueso y agregado fino con la finalidad de que sea óptimo para ser usado en un concreto para construcción. Para ello se obtuvo resultados de peso específico, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario suelto seco, peso unitario compactado seco y granulometría del agregado.” (Tania, y otros, 2016)

Según el proyecto de grado realizado por Tania Isabel y otros, lo cual analizaron una metodología parecida en cuanto a estabilizadores, en este caso se quiere observar el Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos.

“Los dos aditivos de marca Chema y Sika son para la resistencia a la compresión y diferencia de costos del concreto, utilizando una proporción mínima, media y máxima de aditivo acelerante recomendado por cada fabricante. Cuando la temperatura ambiente desciende bajo los 5°C, el concreto puede sufrir daño considerable, esto ocurre cuando la temperatura decrece al punto que el agua contenida en mezclas frescas o en concretos jóvenes se congela, es por esta razón que se recomienda el uso de aditivos acelerantes de fragua comercializados en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos. “ (Tania, 2016)

Comercialmente, los aditivos estabilizadores de temperatura se conocen como un polímero líquido retardante a base de química orgánica de última generación que controla la hidratación del cemento y retarda el tiempo de fraguado del concreto de manera controlada y predecible. Los beneficios que ofrece a la mezcla, es evitar que se pierda significativamente su plasticidad durante el tiempo. Así mismo, reduce la segregación al evitar adicionar una mayor cantidad de agua como consecuencia de la pérdida excesiva de trabajabilidad. (2020).

Patentes sobre aditivos

El grupo de investigación en materiales inorgánicos y medio ambiente (MIMED) de la universidad de navarra ha detectado un aditivo biodegradable que mejora las propiedades del cemento para construcción. Según el profesor José Ignacio Álvarez la eficacia de esta nueva patente radica en que:

“...en los sistemas con cemento (mortero y hormigones), el aditivo aumenta la viscosidad de la mezcla y acelera el fraguado. Lo que hace es evitar la segregación de los componentes de morteros y hormigones y facilitar su aplicación al reducir el tiempo en el que endurece” (Santiago, 2013)

Patentes asignadas a aditivos y métodos que retardan la hidratación del cemento

A continuación, se relacionan algunas patentes de productos y métodos diseñados para prolongar el estado coloide del cemento, impidiendo su normal hidratación y estabilizando la temperatura del fraguado.

La Patente No. 4997487, hace referencia a las proporciones y composiciones del cemento que normalmente no diluyen en altas temperaturas, es decir que por causa de esto se ha venido tratando con un agente conocido por hidrofugante, por lo que la velocidad de hidratación de la pasta se retarda a temperaturas por debajo de aproximadamente 120°F y a niveles de PH por encima de aproximadamente 10. (Vindson , y otros, 1991)

Tabla 2. Efecto de la temperatura de la pasta de cemento en el límite de Elasticidad

TABLE III					
Effect of Temperature on Cement Slurry					
Temp (*F.)	Fann Data				Yield Point (lb/100 ft²)
	600 rpm	300 rpm	200 rpm	100 rpm	
80	396	234	148	78	72
100	380	214	150	80	48
120	584	332	240	132	80
140	406	234	170	96	62
160	236	140	108	64	44
190	244	148	110	62	52

Fuente: (Vindson , y otros, 1991 pág. 6)

De otro lado, la invención US7244303B2 trata sobre un aditivo de a base de ácido etilendiaminotetraacético, ácido nitrilotriacético o una combinación de los mismos, que permite retardar el tiempo de fraguado en una mezcla de cemento hidráulico. Este método se utiliza en la construcción de obras de cimentación profunda, en la construcción de pilotes, y pozos profundos donde se requiere un estado bombeable en un mayor tiempo. (Chatterji, y otros, 2007).

El francés Michel Michaux en su invención No. WO1999033763A1 de 1998, establece que los cementos por tener un componente de alto contenido de alúmina, en uso normal contienen al menos aproximadamente un 40% de aluminato mono cálcico; con una fase mineral secundaria constituida principalmente por ferritas, por lo que su fraguado y endurecimiento, resulta principalmente de la hidratación del aluminato mono cálcico. Sin embargo, después de mezclar el polvo de cemento con agua, hay un período de latencia de varios minutos a varias horas, que dependen de las condiciones de la reacción, durante el cual se forma una solución sobresaturada de productos de hidratación de la etringita.

Solo al final de ese período, se observa un período de transición durante el cual ocurre una precipitación masiva de los productos de hidratación, junto con la aceleración de la reacción de hidratación, lo que resulta en el fraguado del cemento. Así mismo se deduce que “la cohesión y resistencia del cemento se deben esencialmente al entrelazamiento de los cristales de aluminato de calcio hidratados hexagonales CAH₁₀ y C₇AH₃ y la formación rápida de tales productos provoca una alta resistencia inicial” (Michaux, 1998).

No obstante, se conoce que el compuesto principal del cemento Portland es el Clinker, puzolana y yeso, que actúa como aglutinante hidráulico que fragua cuando entra en contacto con el agua, mediante una serie de reacciones químicas. Ushijima y Márquez desarrollaron una invención sobre un aditivo de azúcar concentrado refinado a base de ácido cítrico y jarabe de glucosa, que tiene la capacidad de retrasar el tiempo de fraguado de cualquier preparación de cemento. Los resultados indican que esa invención tiene un tiempo de 60 minutos para retrasar el fraguado del cemento en comparación con el cemento sin aditivo (Ushijima, 2014).

De esa manera, en el mercado se encuentran aditivos retardadores de fraguado mejorados, que prolongan el estado blando incluso cuando el concreto está sometido a altas temperaturas. Rodríguez (1995) patentó en los Estados Unidos un aditivo retardador de fraguado compuesto por copolímeros que contienen unidades de monómero formadas a partir de un primer monómero seleccionado, del grupo que consiste en ácido acrílico y ácido metacrílico y un segundo monómero seleccionado del grupo que consiste en acrilamida, metacrilamida, N, N-dimetilacrilamida, N-metilacrilamida, N-isopropilacrilamida y N- (hidroximetil) acrilamida. Con resultados medidos a 200°F, con un tiempo de fluidez de 6 horas y 14 minutos (Rodríguez, 1995).

Aditivos superplastificantes basados en Policarboxilatos

En los últimos años el empleo de aditivos basados en policarboxilato (PCs) y poliéteres (PEs) se ha convertido en una práctica indispensable en la preparación de hormigones autocompactantes y de elevadas prestaciones.

Las propiedades fluidificantes de los aditivos PCs y PEs dependen de la estructura y composición de dichos aditivos, siendo determinante el porcentaje de grupos carboxilato que contienen. Las propiedades dispersantes de los aditivos también dependen de las características del cemento, de forma que en cementos con una composición química y mineralógica similar, el efecto fluidificante de los aditivos PCs y PEs disminuye al incrementarse la finura del cemento. (Francisca puertas).

3.2 MARCO TEÓRICO

El aditivo es un componente del concreto, que además del cemento, el agua y los agregados, se adicionan antes o durante el proceso de la mezcla. Un factor importante que se debe de tener en cuenta en todas las obras es el clima. “pues este va tener influencia en la mezcla, durante el proceso de fraguado.” (2020).

Así como los aditivos son sustancias químicas que ayudan a los concretos y morteros a mejorar sus propiedades, como lo es la dureza, la impermeabilidad, la plasticidad, la fluidez, entre otros. “el aditivo, según el representante de sika acorde a lo señalado por el aci, es una sustancia que se incluye en el concreto en un volumen inferior al 5 % del peso del cementante. Este, siempre y cuando sea usado de manera prudente, siguiendo los lineamientos técnicos y pruebas requeridas, ofrece ventajas durante y después de la obra.” (2020).

Estudios indican que existen diferentes tipos de climas, teniendo en cuenta temperaturas cálidas, temperaturas frías, fraguado falso e inicial.

“Temperaturas cálidas: Las temperaturas localizan diferentes bandas, las cuales son ecuatoriales, tropicales y subtropicales, teniendo en cuenta el sol, dónde se manejan índices de 25°C a 40°C. Se entiende por clima cálido para estos efectos no solo cuando existe altas temperaturas por encima de los 30°C, sino también la humedad relativa del medio ambiente, velocidad del viento y la combinación de ambos” (Abat, 2020).

Temperaturas frías

En las temperaturas frías, “el concreto no llegará a tener la resistencia adecuada. Además, indica que bajo climas menores a los 10 °c otras el empleo de agua muy fría o congelada, el tiempo de fraguado demorará con altos costos en retrasos.” Para prevenir este tipo de situaciones, se recomienda “mantener los agregados y el cemento en lugares o ambientes calientes, usar agua caliente en la mezcla, cubrir el encofrado, la sub-base y el fierro de refuerzo para que estén libres de escarcha o hielo.” En estos casos se pueden usar el aditivo acelerante de fraguado. (2020).

Fraguado del concreto

El fraguado del concreto es un proceso de endurecimiento. “es muy importante la determinación de los tiempos para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad de secado, ya que factores como la temperatura afectan la velocidad con que se hidrata el cemento, implicando retrasos en los tiempos de fraguado y el posterior endurecimiento y desarrollo de resistencia del concreto.” (2020).

Tiempo de fraguado inicial

El tiempo que transcurre a partir del momento del contacto inicial del cemento con el agua, se refiere a la primera rigidización. Ocurre entre dos y cuatro horas después del hormigonado, y nos define el límite de manejo, o sea el tiempo por el cual el hormigón fresco ya no puede ser mezclado adecuadamente, colocado y compactado. (Bautista, 2016).

Tiempo de fraguado final

Es el tiempo que transcurre, a partir del momento que el cemento entra en contacto con el agua, hasta que el mortero obtenido por el cribado del concreto. Ocurre entre cuatro y ocho horas después del hormigonado y está definido por el desarrollo de la resistencia, que se genera a gran velocidad. (Bautista, 2016).

Trabajabilidad

Se refiere a la capacidad del concreto de mantener su fluidez, cohesión, adherencia, entre otros. También mejora cuando se tienen altas concentraciones de cemento y elevadas proporciones de arenas. (Torres Serrano, 2012)

Fraguado falso

Con este nombre se conoce el endurecimiento prematuro y anormal del cemento, que se presenta dentro de los primeros minutos que sigue la adición de agua y difiere el fraguado relámpago por que no presenta desprendimiento de calor; además, al volver a mezclar la pasta sin agregarle agua se restablece la plasticidad y fragua normalmente sin pérdida de resistencia. (Bautista, 2016).

Efecto de la forma de los agregados en el concreto

Las características de los agregados tienen un efecto significativo en el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido. Las principales características de los agregados que afectan las propiedades del concreto son forma y textura, gradación, absorción, mineralogía, resistencia y módulo de elasticidad, tamaño máximo, gravedad específica, resistencia al ataque de sulfatos y dureza. En la medida en que se determine la influencia de cada una de estas propiedades en el comportamiento del concreto, será posible realizar diseños de mezclas más económicos. (León , y otros, 2010).

Influencia de la relación agua / cemento y tipo y concentración de producto químico.

La influencia que tiene la relación de agua cemento en el producto químico es debido al material viscoplástico denominado tixotrópico, como es el caso con pastas de cemento fresco, es posible observar dos diferentes valores de tensión de influencia, tensiones de fluencia estáticas y dinámicas. Teniendo en cuenta los resultados sabemos que potencia y que cantidad de aditivos se puede agregar y combinar. (Influencia de la relacion agua/ cemento y tipo de concentracion de producto quimico, 2009).

Mecanismos de hidratación del cemento

Son varios mecanismos de hidratación donde se visualiza el estado actual de cada uno, incluyendo el origen del periodo que tiene la reacción de la alita y el cemento, que

por naturaleza el periodo mantiene un constante estado de aceleración, el papel que cumple el sulfato de calcio es modificar la velocidad de reacción del aluminio tricálcico, las interacciones de los silicatos y aluminatos. (Mecanismos de hidratación del cemento, 2010).

Hidratación temprana del cemento en la presencia de ceniza mosca activada químicamente

La investigación describe la activación química de cenizas volantes, utilizando métodos como calorimetría y absorción infrarroja para el proceso que lleva los periodos tempranos de hidratación del cemento, en esa oportunidad se hicieron ensayos con adición de cenizas volantes y aditivos de activadores químicos, CaCl_2 , Na_2SO_4 Y NaOH , mientras que otras muestras se hicieron sin adición de aditivos ni cenizas, para tener como resultado la combinación de métodos calorímetros y de absorción para comprobar que la hidratación del cemento fue útil. (Hidratación temprana del cemento en la presencia de ceniza mosca activada químicamente , 2008).

Hidratación del cemento en presencia de altos contenidos de relleno.

Para realizar un hormigón autocompactante, dos propiedades aparentemente incompatibles deben combinarse en un hormigón: alta fluidez y alta segregación resistencia. Esto es posible gracias al uso de superplastificantes y agentes mejoradores de la viscosidad combinados con

altas concentraciones de partículas finas Como consecuencia, el alto contenido de materiales en polvo (cemento y rellenos) puede conducir al desarrollo de un alto calor de hidratación, con tensiones térmicas bastante grandes en el endurecimiento el hormigón y el agrietamiento térmico a temprana edad como posible consecuencia. (Hidratación del cemento en presencia de altos contenidos de relleno, 2005).

Modelado y simulación de la cinética de hidratación del cemento y desarrollo de la microestructura

Los esfuerzos para modelar y simular el proceso de hidratación del cemento altamente complejo durante los últimos 40 años. El progreso hacia el desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones para comprender y predecir la hidratación del cemento cinética y desarrollo de microestructuras. Una completa y precisa La simulación de hidratación permitiría a los ingenieros de materiales no solo predecir el rendimiento del

hormigón en el campo, sino también para solucionar problemas de rendimiento e incluso ayudar a diseñar nuevos materiales cementosos. A pesar de los importantes esfuerzos y avances, La capacidad para realizar una simulación tan completa aún no ha sido desarrollado, principalmente porque la hidratación del cemento es uno de los más fenómenos complejos en la ciencia de la ingeniería. (Modelado y simulación de la cinética de hidratación del cemento y desarrollo de la microestructura, 2010).

Hidratación del cemento en presencia de madera extractivos y aditivos minerales pozzolan

En el artículo de investigación mencionan la capacidad de reducir la influencia nociva de los extractos de madera utilizando el aditivo mineral puzolánico, opoca carbonatada. La influencia de los extractos de diversas especies de madera sobre el tiempo de fraguado y el endurecimiento de dos tipos de cemento Portland. Se ha encontrado que la hidratación, fraguado y El endurecimiento dependen de la concentración de extracto de madera y no depende de la especie de madera ni del método de preparación. (Hidratación del cemento en presencia de madera extractivos y aditivos minerales pozzolan, 2006).

3.3 MARCO CONCEPTUAL

Resistencia a la Compresión del concreto hidráulico

El cemento es una mezcla elaborado por de compuestos especializados, El agua es el ingrediente que convierte a esta mezcla en concreto, por medio de un proceso llamado hidratación. “La hidratación del cemento es el proceso mediante el cual este material, al mezclarse con agua, reacciona y empieza a generar enlaces o estructuras cristalinas”. (Bernal Calel, 2020)

Se determinaron dos razones por la cual el cemento pega. El primero es una reacción química, es decir; “Cuando el cemento se le agrega agua lo que sucede es que las partículas empiezan a generar pequeños cristales que van formando otros cristales y se van multiplicando.” Quiere decir que la mezcla es muy adherente debido a su proceso químico. La segunda reacción es física, que es cuando “todo lo que queda en el medio de la mezcla queda atrapado, como la piedra entre los alambres de las virulanas a través de este proceso físico”. ()

Teniendo en cuenta las norma NSR-10, La resistencia a compresión del concreto simple estructural no debe ser inferior a 17 MPa. Según lo estipulado en C.1.1.1.

Tabla 3. Cuantías mínimas longitudinales y transversales en pilotes y cajones de cimentación vaciados en sitio

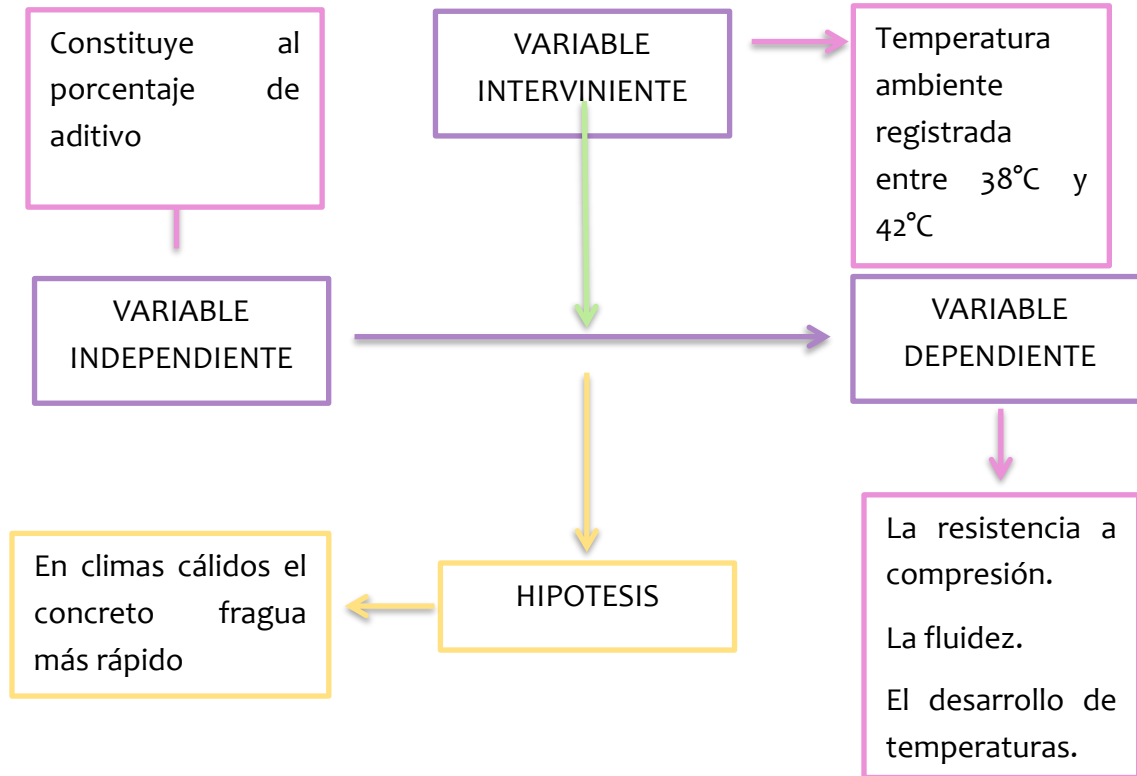
Requisitos	Estructuras con capacidad mínima (DMI) de disipación de energía	Estructuras con capacidad especial (DES) y moderna (DMO) de disipación de energía (véase la Nota)
Resistencia mínima del concreto, f_c'	17,5 MPa	17,5 MPa
Cuantía longitudinal mínima	0,0025	0,005
Número mínimo de barras longitudinales	4	4
Longitud del refuerzo longitudinal, a menos que el estudio geotécnico indique que se debe utilizar una longitud mayor	tercio superior de la longitud del pilote, pero no menos de 4 m.	mitad superior de la longitud del pilote, pero no menos de 6m.
Diámetro de la barra de los estribos	N° 2 (1/4") ó 6M (6mm) para pilotes hasta de 500 mm de diámetro y N° 3 (3/8") ó 10M (10mm) para pilotes de más de 500mm de diámetro.	N° 3 (3/8) o 10M (10mm) para pilotes hasta de 750 mm de diámetro y N° 4 (1/2") ó 12M (12mm) para pilotes de más de 750 mm de diámetro.
Separación máximo de los estribos	100 mm en los 600 mm superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.	75mm en los 1,20m superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, lo largo de la una armada longitudinalmente.

Fuente: elaborado por (1997)

La variable independiente es cuando se pone a prueba a nivel experimental, siendo manipulada por investigadores con el fin de probar una hipótesis. Es una propiedad, cualidad, característica o aptitud con poder para afectar al resto de variables, pudiendo alterar o marcar el comportamiento del resto de variables. Funcionan por medio de las interpretaciones y el diseño. (Castillero Mimenza, 2020)

La variable dependiente “se trata de las variables que se miden con el fin de poder interpretar los resultados”. En conclusión, es lo que se está observando para ver si tiene algún cambio o para determinar cómo cambia. (Castillero Mimenza, 2020)

Figura 2. Variables de una investigación



Fuente: elaborado por autores

Temperatura de fraguado

La evolución de la resistencia del concreto depende de la temperatura, Cuanto mayor sea la temperatura, esta actuara como catalizador de las reacciones de hidratación del cemento. (2020)

La temperatura del concreto tiene como consecuencia la disminución en el asentamiento si su nivel es de 10°C inicial de aproximadamente 25 mm; es decir por cada 10°C de aumento en la temperatura del concreto, se necesita de 4 a 6 kg/m³ de agua para mantener un mismo asentamiento. (Mena Octavio, 2012). Los efectos que tienen la temperatura en la resistencia de concreto influyen en la velocidad de hidratación, en la evaporación y en el secado del concreto. Si la resistencia de la mezcla es mantenida por medio de adición de agua, se tendrá una reducción en la resistencia.

“El efecto del aumento de la temperatura sobre la resistencia del concreto es insignificante a menos de 300 °C, pero después de los 400 °C puede ocurrir una pérdida muy importante de resistencia, llegando a valores inferiores al 45% de f’c”. (Claros, 2020)

Para la medición de temperatura del concreto se realiza por medio del procedimiento de la norma NTC 3357 y ASTM C1064-17. Se mide con un dispositivo de medición de temperatura, este tiene que tener una precisión más o menos de 0.5°C en un rango de 0°C a 50°C, el medidor debe de permitir mínimo 75mm para garantizar la longitud de inmersión. Primeramente, se toma el concreto en estado fresco y se deja en un recipiente para tomar la medida correspondiente. (2020) cabe resaltar que: “la temperaturas medida para determinar la conformidad con los límites de temperatura en una especificación y también es una prueba para preparar los especímenes”. (Ronald, 2020) Es importante la medición de temperatura en los concretos para el control de calidad del proceso de hormigón.

La madurez del concreto está relacionada con la edad y el desarrollo de su temperatura. “Los métodos que tiene son relativos a estimar de manera confiable la resistencia a compresión (y flexión) del concreto a edades tempranas”. también estos métodos son usados como indicadores más confiables de la resistencia del concreto.

“Para medir la resistencia de los cilindros, es usada para programar actividades de construcción como: el retiro de las formaletas, el relleno de muros de contención, programar operaciones de pretensado y postensado, determinar el tiempo para abrir el tránsito en pavimento o puentes, y para establecer cuando deben concluir las medidas de protección en climas fríos”. (2020)

Cuidados del concreto en climas cálidos:

Se sabe que el concreto de acuerdo con sus agregados y la temperatura tienen un secado rápido en cuanto a climas, por lo que se busca utilizando los aditivos, siendo parte fundamental para nivelar el interior de la mezcla para que dure más en el ambiente.

Disminuir la temperatura de los agregados mediante el rocío de agua sobre este para mantener el estado saturado superficialmente seco, ayudando de esta forma a que ingresen con una baja temperatura a la mezcla y por lo tanto no resten agua de mezclado, y nivelen la temperatura interior de la mezcla. (Moreno, 2020)

La normatividad para realizar este tipo de ensayos es muy formal y relativa en cuanto a que se preocupa por el estado de la mezcla, la duración, el proceso constructivo y por supuesto los costos. “La utilización de cementos como los mencionados en la normativa NTC 121, de tipo MCH y BCH, también son una opción relevante, sin embargo, su decisión debe estar ligada al tipo de elemento a construir y los costos que tendrá.” (Moreno, 2020).

Existen diferentes aditivos que controlan situaciones que se generan en una construcción, uno de los más visualizados y los que más se requieren son los retardantes de evaporación, ya que el cemento o la mezcla pasa por el proceso de fraguado.

El uso de aditivos que controlen la generación de calor desarrollada por el cemento, como retardantes de fraguado, los cuales ayudan y representan un constituyente importante que no debería faltar en el diseño de la mezcla para esta condición. Otros compuestos que se pueden emplear son los retardantes de evaporación. (Moreno, 2020).

El curado del concreto es el procedimiento en el cual el concreto se mantiene húmedo por varios días consecutivos, es decir que consiste en evitar que el agua de amasado se evapore para obtener la resistencia máxima (f'c). (2020)

Aditivo retardante

Los aditivos retardantes son aquellos cuya función principal es retrasar el tiempo de fraguado del cemento (inicio y final) y por lo tanto, afectan su resistencia a edades tempranas. Se usan para prologar la tasa de fraguado del concreto, se dice que son muy útiles para disminuir la pérdida del asentamiento y extender la trabajabilidad, especialmente en ambientes con altas temperaturas teniendo en cuenta antes la colocación de la mezcla. Básicamente se emplean estos aditivos en el proceso de elaboración del concreto en épocas de calor. (Silva, 2020)

Este aditivo es “una solución acuosa de sales modificadas de ácidos carboxílicos hidroxilos, que viene lista para ser utilizada. Los ingredientes son premezclados en proporciones exactas en la fábrica para así minimizar la manipulación, eliminar errores y conjeturas.” (2020)

La reacción química que ejerce en el concreto que hace retardar la hidratación se atribuye a que los aditivos son absorbidos por las partículas de cemento dilatando el contacto con el agua con el cemento (Calsin Condori, 2019)

Aditivos Acelerantes

“Los aditivos acelerantes son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento”. (2020) El uso que se tiene de “los acelerantes a base de cloruro de calcio ha proporcionado muchos datos y experiencia sobre su efecto en las propiedades del concreto, por lo que se debe tener especial cuidado al emplearlo”. (Silva, 2020)

CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS SEGÚN LA NTC 1299

Conociendo el mercado y lo que rige la normativa NTC 1299, se encuentran 8 categorías de aditivos, tanto retardantes como acelerantes, ayudando a la mezcla a contraer el proceso de fraguado y siendo parte de acomodo, puesto que en los diferentes proyectos se presentan imprevisto.

Tipo A: Plastificante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del concreto.

Tipo B: Retardante. Demora el tiempo de fraguado del concreto.

Tipo C: Acelerante. Acelera tanto el fraguado como la ganancia de resistencia a edad temprana del concreto.

Tipo D: Plastificante retardante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y retardar su fraguado

Tipo E: Plastificante acelerante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a edad temprana.

Tipo F: Superplastificante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto.

Tipo G: Superplastificante retardante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y además retardar su fraguado.

Tipo H: Superplastificante acelerante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a edad temprana. (Silva, 2020).

3.4 MARCO CONTEXTUAL

“Las condiciones del clima cálido pueden producir una alta tasa de evaporación de la humedad en la superficie del concreto y un tiempo de manejabilidad corto.” Es importante tener en cuenta cuando se planifican los proyectos de vaciado (Colado), debido a los efectos potenciales sobre la mezcla fresca y recién colocada. (2011)

Algunas desventajas del concreto en climas cálidos son: “la demandan de agua, Velocidad de pérdida de asentamiento, Tendencia a re mezclar, Velocidad de fraguado, Dificultad en el manejo vaciado, compactación y acabado, Presencia de agrietamiento por retracciones en estado plástico, Cantidad de aditivo inclusor de aire requerido, Necesidad de curado temprano”. (2006)

Este proyecto tiene como fin evaluar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico utilizando aditivos retardadores de fraguado para garantizar las funcionalidades físico-químicas del cemento, en climas cálidos. Es decir que, mediante un diseño de mezcla para un concreto fluido autocompactante, evaluamos la fluidez mediante la prueba de asentamiento con el Cono Slump, prologando su fluidez incluso en altas temperaturas. Por esta razón la prueba se realiza en los municipios de Girardot y el Espinal.

En el municipio de Girardot- Cundinamarca ubicado en la provincia del alto magdalena, Limita al norte con los municipios de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flanes y el río magdalena y el municipio de Coello y al este con municipio de Ricaurte y el río Bogotá. Está ubicado a 134 km al suroeste de Bogotá. La temperatura media anual es de 28°C. Es una de las ciudades más importantes de Cundinamarca por su población, centros de educación superior, economía y extensión urbana. También es una de las ciudades con más afluencia de turistas y población flotante del país. Girardot conforma una conurbación junto con los municipios de Flandes y Ricaurte, que suman una población de 144.248 habitantes. (2020). Las tierras de Girardot son aptas para cultivos de maíz, sorgo, ajonjolí, algodón y arroz, los cuales se han tecnificado dadas las facilidades que las tierras planas ofrecen para el uso de maquinaria agrícola, también hay diversidad de frutales, especialmente de mango, limón y naranja. La actividad turística es sin lugar a dudas el único sector que está dinamizando la economía ya que ofrece gran cantidad de beneficios directos e indirectos derivados de su desarrollo. (2020).

Otra zona en la que se aplicara este proyecto como se había dicho es en el municipio de El Espinal-Tolima, Conocido como la capital arrocera del centro del país, es famoso

en parte por su gastronomía, la lechona y el tamal, que han tomado tal prestigio que resulta casi inevitable visitar el municipio y no ceder frente a sus sabores. (Pulido, 2016). cuenta con vías de acceso en buen estado, una del municipio del Espinal que conduce a Ibagué, otra Espinal – Guamo – Neiva, Espinal – Coello y la última Espinal – Bogotá. También encontramos como atractivo principal los ríos Magdalena, Luisa y Coello. La ciudad es famosa por las fiestas de San Pedro, que se celebran en el mes de junio y atrae a cientos de turistas cada año para disfrutar de esta fiesta. (2020)

Temperatura de Girardot – Cundinamarca

En Girardot, los veranos son cortos, tórridos y bochornosos; los inviernos son cortos, calientes, opresivos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 36 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 38 °C. (2020)

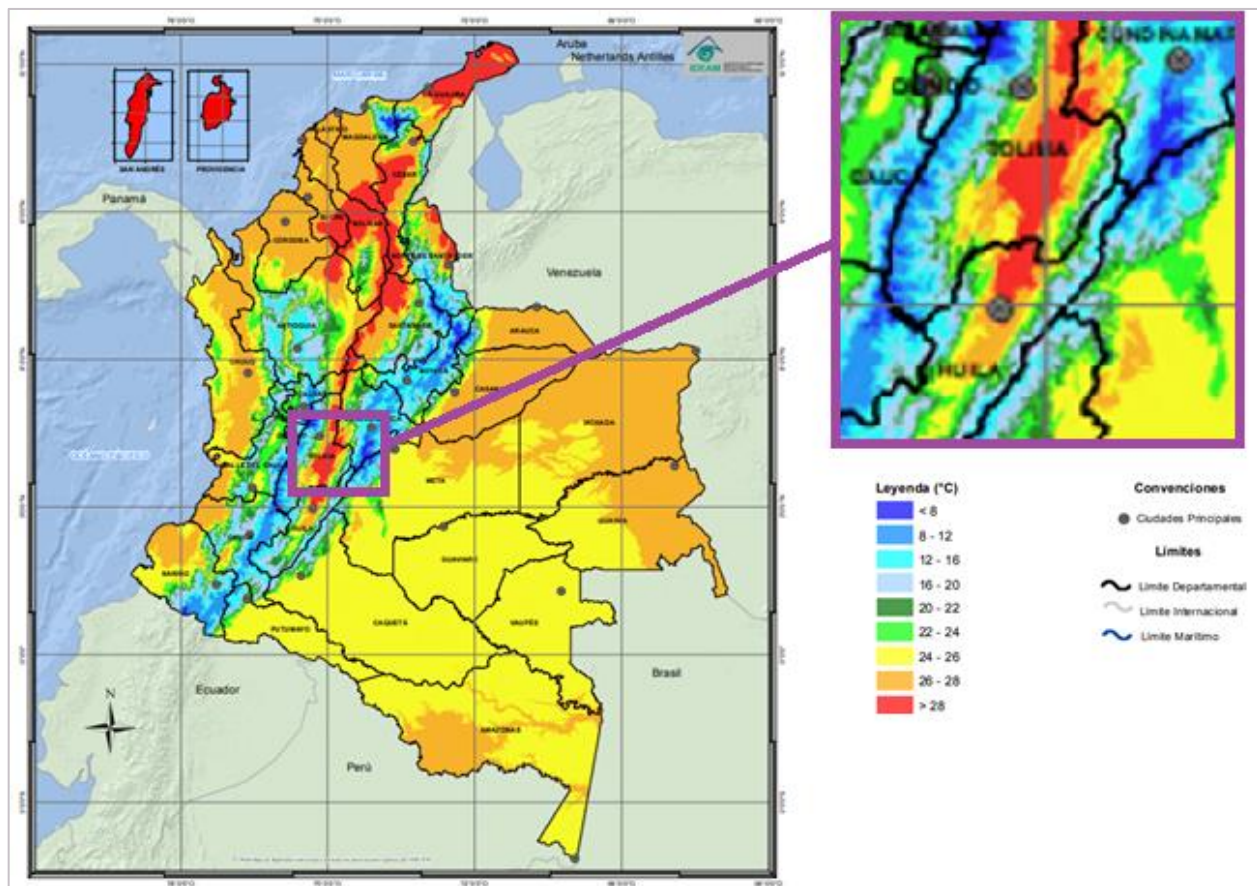
Temperatura Espinal – Tolima

La temperatura promedio es de 27.5 °C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 32 y 35°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 22 y 23°C. El sol brilla cerca de 5 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos, la insolación llega a 6 horas diarias/día. (2020)

Temperatura de Flandes – Tolima

La temperatura promedio es de 28.2 °C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 33 y 35°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 22 y 23°C. El sol brilla cerca de 6 horas diarias durante la mayor parte del año, pero en los meses lluviosos del primer semestre, la insolación puede bajar a 5 horas diarias/día. (2020)

Figura 3. Mapa de Colombia



Fuente: elaborada por IDEAM (2020)

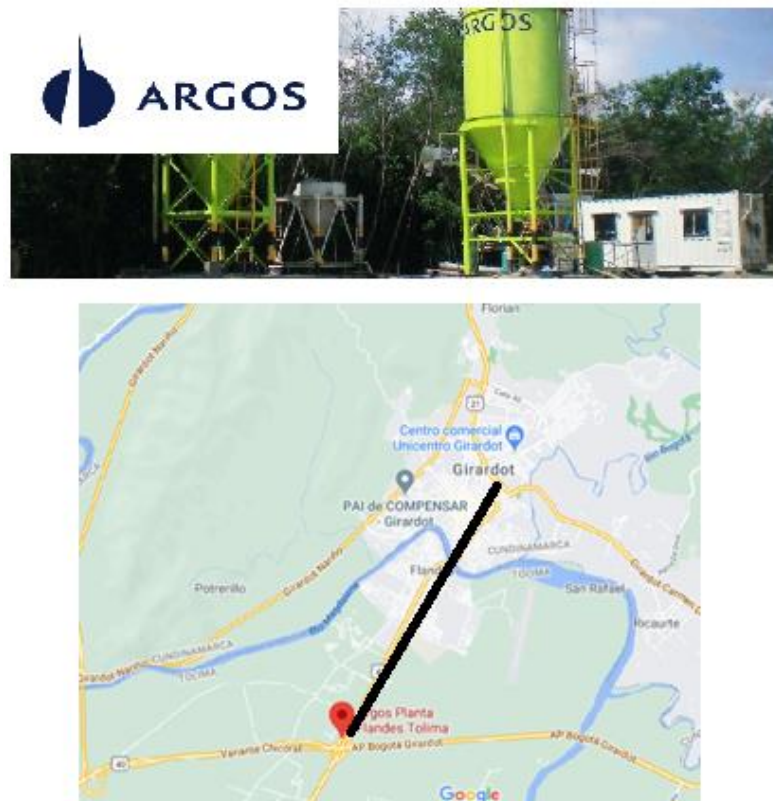
Se puede observar en la figura 3, el mapa del IDEAM el nivel de temperaturas que tienen cada departamento de Colombia. Son 9 colores que se determinaron. El primero es el color azul rey que pertenece a un nivel menos de los 8°C, El segundo es el azul claro que esta entre los 8°C a los 12°C, El tercero es el color aguamarina que está entre los 12°C a los 16°C, El cuarto es un azul claro que esta entre los 16°C a los 10°C. Estos Cuatro colores corresponden a los municipios de Bogotá-Cundinamarca, Tunja-Boyacá, Pasto-Nariño, Armenia-Quindío, Popayán-Cauca, Medellín-Antioquia, Manizales-Caldas, Pereira-Risaralda, Cali-Valle. El quinto color corresponde al Verde oscuro con un nivel de temperatura de 20°C a 22°C, El sexto es el verde claro con un nivel de 22°C a 24°C, El séptimo es el Amarillo que está entre los 24°C a los 26°. El amarillo Corresponde los municipios de Mocoa-Putumayo, Florencia-Caquetá, Mitú-Vaupés, San José del Guaviare-Guaviare, Villavicencio-meta, Buenaventura-Valle del cauca. El Octavo es el Naranja con un nivel de 26°C a los 28°C. Donde el color Amarillo y naranja pertenecen a los municipios de Leticia-Amazonas, Inírida-Guainía, Puerto Carreño-

Vichada, Yopal-Casanare, Arauca-Arauca, Pasto-Nariño, Quibdó-Choco, Montería-Córdoba. y por ultimo está el noveno que es de color Rojo a un nivel mayor a los 28°C. Los colores Naranja y rojo predominan de los municipios de Riohacha-La Guajira, Valledupar-Cesar, Cartagena-Bolívar, Coroza-Sucre, Cúcuta-Norte de Santander, Ibagué-Tolima, Girardot-Cundinamarca, Espinal-Tolima, Flandes-Tolima, Neiva-Huila, Santa Marta-Magdalena, Soledad-Atlántico.

Se identificaron cuatro (4) Plantas de producción de concreto premezclado cerca de la región del Alto Magdalena. La primera Es la planta de concreto de Flandes (Argos), La segunda es La planta de concreto la floresta que se encuentra a 20,58 km de Girardot y se encontraron dos en la ciudad de Ibagué, una llamada Concretos de Ibagué S.A.S y su distancia es de **63.5 km** de Girardot y la otra Cemex Ibagué, con una distancia de 62,9 km de Girardot.

La primera planta de producción más cercana a la ciudad de Girardot – Cundinamarca es la planta de concreto Flandes - Tolima (Argos), como lo muestra la Figura N° 4, tiene una ubicación estratégica en el corredor que conecta con el sur de Bogotá con Tolima.

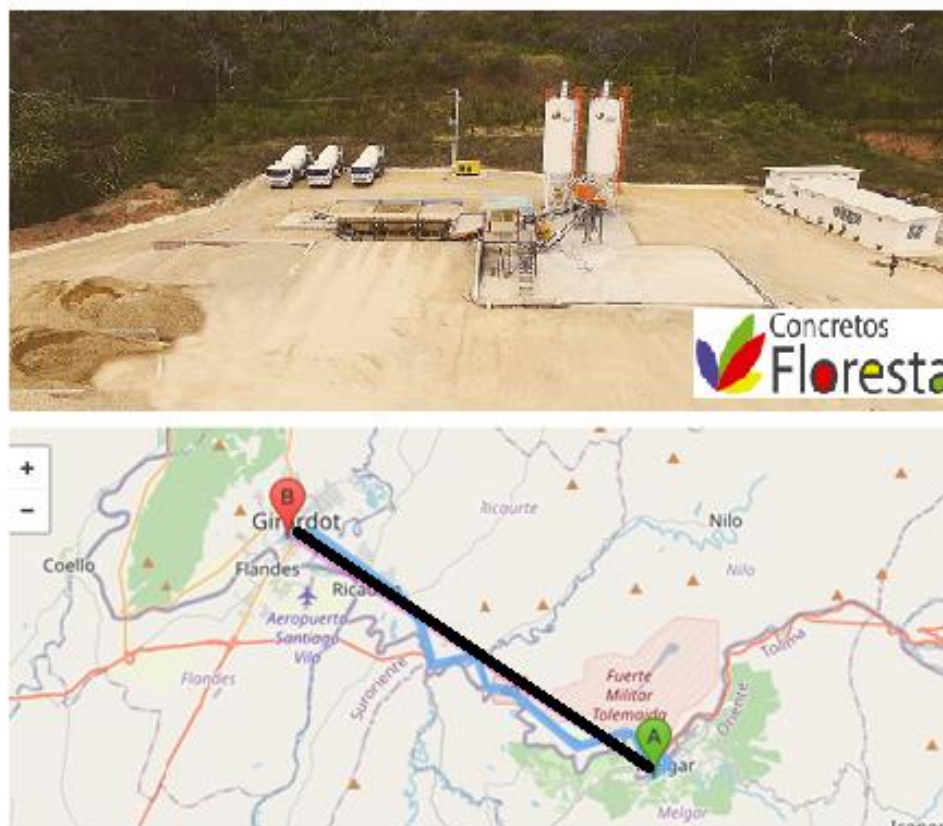
Figura 4. Planta de producción de concreto Argos (Flandes-Tolima)



Fuente: elaborada por (2020)

Otra Planta de producción de concreto premezclado es el de la floresta, La distancia en línea recta entre Melgar (Tolima) y Girardot (Cundinamarca) es de 20,58 km, pero la distancia en ruta es de 279 kilómetros. Se tardan **40 min** en ir de Melgar a Girardot en auto, lo que requeriría un consumo de **17 litros** de combustible. Como lo muestra la figura N° 5, El gasto de este viaje sería de unos **53.287,84 pesos**. Se emitirían **42 kilos de CO2** si viajas de Melgar a Girardot con un auto medio que emita 150 gCO2/km. (2020)

Figura 5. Recorrido de la planta de producción de concreta floresta



Fuente: elaborada por (2020)

Concretos de Ibagué S.A.S, una empresa constituida como SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA y se dedica a Fabricación de artículos de hormigón cemento y yeso. La distancia entre Girardot (Cundinamarca) y Ibagué (Tolima) es de **63.5 km**. Se tardan **1h 9min** en ir de Girardot a Ibagué en auto como lo muestra la figura N° 6. (2020)

Figura 6. Concretos de Ibagué S.A.S



Fuente: elaborada por (2020)

Cemex como lo muestra la figura N° 7, es una empresa multinacional con excelente cultura organizacional. La distancia entre Girardot (Cundinamarca) y Ibagué (Tolima) es de 62.9 km. Se tardan 1h 8min en ir de Girardot a Ibagué en auto. (2020)

Figura 7. Concreto Cemex Ibagué



Fuente: elaborada por (2020)

3.5 MARCO LEGAL

Norma técnica NTC asentamientos:

Tabla 4. Procedimiento de asentamiento

Figura 8. Asentamiento 1 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo	Figura 9. Asentamiento 2 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo	Figura 10. Asentamiento 3 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo	Figura 11. Asentamiento 4 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo
*La superficie debe ser lisa, horizontal, no absorbente y húmeda. *Se sujeta con los pies firmemente y se llenan tres capas (1/3 del molde c/u) con la muestra de concreto.	*Con la varilla se compacta cada capa con 25 golpes uniformes por toda la sección transversal. *La capa del fono se compacta en todo su espesor (inclinando la varilla).	* Antes de compactar la última capa se debe apilar concreto sobre el borde superior; si al compactarla se asienta, se debe repetir el mismo paso. *Se alisa la superficie con la misma varilla. *Se remueve del suelo el concreto sobrante.	*El molde debe ser retirado alzándolo de forma vertical en un tiempo de 5+/-2 segundos. *Se mide el asentamiento que es la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen.

Fuente: asentamiento del concreto o slump test (NTC 396 / I.N.V.E404-07/ ASTM C143) (Castillo Torres, 2018)

Tabla 5. Recomendaciones de la norma I.N.V.E. 404-07

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibraciones de formaleta; concreto de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibraciones extrema, puede requerirse presión.
Seca	20-35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibraciones
Media (Plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibraciones
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibraciones
Muy húmedas	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ".	Tubo embudo tremie.	Secciones altamente reforzadas sin vibraciones

Súper fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibraciones y normalmente no adecuados para vibrarse.
---------------------	------------	-------------------------	---------------------------------	--

Fuente: *Asentamientos recomendados* (CASTILLO TORRES , 2018).

Tabla 6. PROCEDIMIENTO CON MARTILLO

			
Figura 12. Cilindros de concreto 1 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo	Figura 13. Cilindros de concreto 2 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo	Figura 14. Cilindros de concreto 3 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo	Figura 15. Cilindros de concreto 4 Fuente: imagen tomada por Paula Castillo
*El sitio de elaboración debe estar nivelado, rígido, libre de vibración y cerca donde van a ser almacenados	*La muestra se aplica en capas iguales y estas depende del método de compactación, para varillado son 3 capas y para vibrado son dos capas. *Se apisona cada capa 25 veces con	*Se le deben dar 25 golpes en cada capa con el martillo sin producir movimientos bruscos en el molde. * Antes de compactar la última capa se debe apilar concreto sobre el borde superior; si al compactarla se	*Se alisa la superficie con la misma varilla. Si es necesario se pasa un palustre para un mejor acabado. *Se remueve del suelo el concreto sobrante. *Se realizan generalmente, 8 cilindros para fallar 2 a 7 días, 2 a 14

la varilla compactadora.	asienta, se debe repetir el mismo paso.	días, 2 a 28 días y otros 2 que se fallan como prueba por si las resistencias no son las adecuadas y reciben el nombre de “testigos”.
*La capa del fondo se compacta en toda su profundidad mientras que en las otras dos la varilla solo penetra 2.5 cm.		

Fuente: Procedimiento con martillo (CASTILLO TORRES , 2018).

Toma de muestra (cilindros)

La toma de muestras es nuestra base aparte de saber realizar nuestra mezcla, pues en este proceso sabemos si el concreto con la adición del aditivo funciona y la resistencia no varíe o no afecte cualquier situación en el proyecto.

Los controles de calidad se hacen durante la fase de construcción con base en normas técnicas previamente establecidas acorde al país en el que se ejecute el proyecto. En el caso de Colombia, se rigen bajo las Normas Técnicas Colombianas (NTC). Para la toma de muestras de concreto, la norma es la NTC 454 – Ingeniería Civil y Arquitectura. Concretos. Concreto Fresco. Toma de Muestras, y para los agregados es la NTC 129 – Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados.

Temperatura del concreto

Existe una temperatura ideal que se maneja a 15°C, cuestión que no es muy fácil de que se presente en climas cálidos, por lo que se utiliza estabilizadores de temperatura para lograr una temperatura menor a 30°C.

La temperatura ideal para la colocación del concreto es de 15 °C que es imposible conseguir en climas cálidos, siendo la tendencia de temperaturas de los concretos mayores por lo que se debe hacer el máximo esfuerzo para bajar la temperatura de colocación debajo de los 30°C. (Abat, 2020).

Aditivos estabilizadores de fraguado

Este se utiliza principalmente para la estabilización del concreto, donde alarga su tiempo de manejabilidad. Un ejemplo es, para los trabajadores de aplicaciones en túneles. También se usan para concretos reforzados convencionales, pretensado de peso ligero y normal.

INFORMACION DEL PRODUCTO	
Empaques	Tambor de 230 kg y granel
Apariencia / Color	Líquido, Color ámbar
Vida en el recipiente	24 meses desde su fecha de fabricación
Condiciones de almacenamiento	Almacenar en sus envases de origen, herméticamente cerrado y no deteriorado. A temperaturas entre * 1°C y * 35°C protegido del sol y de las heladas
Densidad	1.10 kg/l +/- 0.03
pH	Mínimo 4.0

Fuente: *Ficha Técnica Aditivos* (Sika Tard - 935 , 2017). Aditivo estabilizador de fraguado

ADITIVO REDUCTORES DE AGUA ULTRA ALTO PODER	
Descripción	SikaViscocrete 3100 es un aditivo líquido, reductor de agua de ultra rango y súper plastificante basado en policarboxilatos. No contiene cloruros.
Usos	SikaViscoCrete 3100 puede ser usado tanto para concreto premezclados como prefabricación. Al agregar el aditivo en las plantas brinda una excelente plasticidad. Los tiempos de fraguado controlados hacen del SikaViscoCrete 3100 ideal para aplicaciones horizontales y verticales

	Reducción de agua: SikaViscoCrete 3100 puede ser dosificación en pequeñas cantidades para obtener una reducción de agua de 10% al 15% y se logran reducciones de agua por encima del 45% para dosis altas.
Ventajas	SikaViscoCrete 3100 es adecuado para todos los niveles de reducción de agua. Alta plasticidad: La acción súper plastificante del SikaViscoCrete 3100 brinda un alto asentamiento, se obtiene concretos fluidos que mantienen una excelente manejabilidad y pueden ser colocados con un mínimo de vibración incluso con unas relaciones a/c de hasta 0.25. El concreto plastificado con SikaViscoCrete 3100 es altamente fluido y mantiene completamente la cohesión de la matriz de cemento eliminando la excesiva exudación y segregación. Manejabilidad con fraguado controlado: SikaViscoCrete 3100 ha sido formulado para proveer tiempos de manejabilidad extendidos de una forma controlada y predecible sin afectar los tiempos de fraguados. La combinación de la reducción de agua y la acción plastificante del SikaViscoCrete 3100 brinda los siguientes beneficios al concreto endurecido.
	Fuente: Ficha técnica. (Sika Tard - 935 , 2017). Aditivo reductor de agua ultra alto poder

4 DISEÑO METODOLÓGICO

El método que se utilizara para el desarrollo de este proyecto es de tipo experimental ya que se elaborara mediante ensayos de laboratorio con mezclas de sustancias y pruebas mecánicas, siguiendo los parámetros de la Normatividad Técnica Colombiana NTC, haciendo uso de los equipos y herramientas requeridos para cada tipo de ensayo. Y también es mixto con mediciones cualitativas y cualitativas, porque por medio de este trabajo se evaluará la afectación a la resistencia a la compresión de concreto autocompactantes analizando datos y resultados experimentales donde se arrojarán muestras estadísticas verificables.

Esta investigación se realizará bajo las condiciones espaciales medio ambientales de Girardot Ciudad Región, en la sede de la Unidad de Ensayos e investigación del semillero de Investigación SEUS.

Tabla 7. Diseño metodológico

Actividad	Norma	Instrumento
Ensayos de asentamientos en concreto hidráulico convencional	NTC 396	Mezclador para concreto.
		Cono metálico de asentamiento slump.
		Varilla de apisonar.
		Cuchara.
		Placa base para cono de asentamiento.
Ensayo y comparación de revenimiento en concreto fluido y muestra de control	ASTM C 143-00	Mezclador para concreto.
		Cono metálico de asentamiento slump.
		Varilla de apisonar.
		Cuchara.
		Placa base para cono de asentamiento.
Ensayos de resistencia a la compresión del concreto.	INV E-410-07	Excel.
		Prensa hidráulica de carga axial para cilindros de concreto.
		Excel.

Fuente: elaborada por los autores

4.1 INSTRUMENTOS

Este proyecto se empleó el método de medición de temperatura:

Para la medición de temperatura se tuvo en cuenta la norma NTC 3357, debido a que esto indica los límites de la temperatura del concreto fresco. Esta medición se realizó por medio de termómetros digitales de precisión. Donde se introdujo dentro de la muestra representativa desde el tiempo cero (0), tomándolo cada 15 min para así registrar y analizar la trabajabilidad o manejabilidad que representa el grado de compatibilidad, de cohesión y la consistencia del concreto. (2020)

Instrumentos utilizados:

- **Mezcladora de concreto**

La mezcladora está diseñada para agilizar el proceso de ejecución de grandes cantidades de concreto, estas utilizan sistema de impulsión eléctrico, su capacidad oscila entre 42 y 84 litros.

Figura 16. Mezcladora eléctrica para concreto P.C



Fuente: elaborada por los autores

- **Prensa**

Equipo requerido para la falla a flexión de viguetas de concreto, con el fin de obtener datos precisos en unidades de KN.

Figura 17. Prensa para fallar cilindros de concretos



Fuente: elaborada por los autores

- **Camisas de cilindros sometidos a compresión**

Para la realización del ensayo a compresión se utilizaron camisas ya existentes en el laboratorio con una medida estándar especificada por la norma ASTM C-39, C, 192, para el ensayo a compresión de cilindros de concreto.

Figura 18. Camisas de prueba



Fuente: elaborada por los autores

4.2 PROCEDIMIENTO

Para el procedimiento de la investigación se tuvo en cuenta los ingredientes para la fabricación de los cilindros en concreto (la arena, el cemento, la gravilla, el agua y los aditivos) en este proyecto para el diseño de mezcla se utilizaron dos tipos de aditivos, el primero fue el súper plastificante y segundo el estabilizador de temperatura.

Para el control de mezcla húmeda se incluye el asentamiento, la temperatura y la toma de muestra. Donde primero se miden el asentamiento y la temperatura cada 15 min con el cono de slump, el procedimiento del asentamiento es:

- Mojar el cono y la placa de apoyo, colocar la placa sobre una superficie rígida nivelada y plana.
- Colocar el cono sobre la placa de apoyo, pisar firmemente de las orejas del cono.
- Llenar el cono en tres capas. Cada capa tendrá aproximadamente el mismo volumen de concreto.
- Compactar cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente en la superficie de cada capa en forma de espiral, desde afuera hacia adentro.
- Para las zonas externas de cada capa se tendrá que inclinar la barra compactadora y en la zona central la caída será vertical.
- Al terminar de llenar y compactar la última capa se procederá a enrasar.
- Retirar el cono cuidadosamente en forma vertical, sin alterar el asentamiento del concreto.
- Medir la altura de la muestra asentada en pulgadas o centímetros.

El procedimiento de la toma de muestra es:

- engrasar la superficie interna del encofrado cilíndrico.
- Llenar en la camisa de fuerza el concreto fresco.

- compactar con la barra mediante 25 golpes uniformemente distribuidos, tratando de abarcar toda la sección transversal y golpearlo en la misma dirección al eje del molde.
- Se repite el procedimiento para las dos capas restantes.
- En cada capa se aplican golpes en toda la superficie externa del molde con el martillo de goma para expulsar el aire atrapado en la mezcla, sin exagerar en la fuerza ni la cantidad para evitar la segregación.
- En la última capa se coloca material en exceso de manera tal que después de la compactación de la misma pueda enrasarse a tope con el borde superior del molde.
- Se dejan las probetas en el molde veinticuatro (24) horas hasta su desencofrado.
- Y por último se sumerge en un tanque con agua para su curado y para que se mantenga allí hasta los 28 días.

Ya para finalizar se realizó la resistencia a compresión con los cilindros. El procedimiento que tuvo fue:

- Extraer los cilindros del tanque de curado y se secan su superficie totalmente.
- Colocar la cara superior del cilindro una goma de neopreno para asegurar una distribución uniforme de las tensiones sobre la misma.
- Se tomó medidas de diámetros y alturas de los cilindros, 3 veces cada una y se tomó el promedio de estas medidas.
- Los cilindros se colocaron en la máquina de compresión, centrados cuidadosamente a fin de evitar dispersión en los resultados
- Y por último se comprimieron hasta su ruptura y se tomó nota de los resultados obtenidos.

Figura 19. Procedimiento de la investigación



Fuente: elaborada por los autores

4.3 CRONOGRAMA

Para el desarrollo este proyecto se programó el siguiente cronograma de trabajo, aunque su desarrollo se vio alterado por las consecuencias de la Pandemia.

Tabla 8. Cronograma de actividades

Etapas y sus actividades	Responsables	Fechas de ejecución	Recursos a utilizar
Formulación	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel ing. Liliana carolina Hernández	09-03-20	Biblioteca
Caracterización de materiales	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel ing. Liliana carolina Hernández	27-04-20	Laboratorio
Diseño de mezcla para un concreto convencional	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel	06-05-20	Laboratorio

	Ing. Liliana Carolina Hernández		
Medición y comparación del asentamiento inicial con diferentes dosificaciones de aditivo	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel Ing. Liliana Carolina Hernández	15-05-20	Laboratorio
Evaluación de la fluidez en un periodo de 6 horas	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel Ing. Liliana Carolina Hernández	12-06-20	Laboratorio
Medición de la resistencia de las muestras con diferentes dosificaciones de aditivo	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel Ing. Liliana Carolina Hernández	10-07-20	Laboratorio
Elaboración de documento	Barrios Urquijo Gabriela Gutiérrez Martínez Ana Gabriel Ing. Liliana Carolina Hernández	04-12-20	Biblioteca

Fuente: elaborada por los autores.

5 DESARROLLO DEL PROYECTO

En esta parte van todos los resultados de la investigación, se pueden clasificar por capítulos según corresponda.

5.1 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

El diseño de mezclas de concreto es un proceso que consiste en la selección detallada de los ingredientes disponibles para su fabricación (cemento, agregados, agua y aditivos), con el fin de determinar sus cantidades relativas para producir de manera óptima una mezcla adecuada evitando así pérdidas económicas, en este caso se decidió utilizar esta dosificación como lo muestra la tabla 8 y 9:

Tabla 9. Dosificación del concreto

Prueba	3-08	6-08	7-08	8-08	9-08
Cemento	13,5 kg	13,5 kg	13,5 kg	13,5 kg	13,5 kg
Agua	6,0 kg	6,0 kg	6,0 kg	6,0 kg	6,0 kg
Grava 1/2"	22,0 kg	22,0 kg	22,0 kg	22,0 kg	22,0 kg
Arena	18,5 kg	18,5 kg	18,5 kg	18,5 kg	18,5 kg
Aditivo superplastificante	67,5 cm ³	67,5 cm ³	67,5 cm ³	67,5 cm ³	67,5 cm ³
Aditivo estabilizador de temperatura	67,5cm ³	47,3 cm ³	60,8 cm ³	74,3 cm ³	101,3 cm ³

Fuente: Base de datos Semillero SEUS

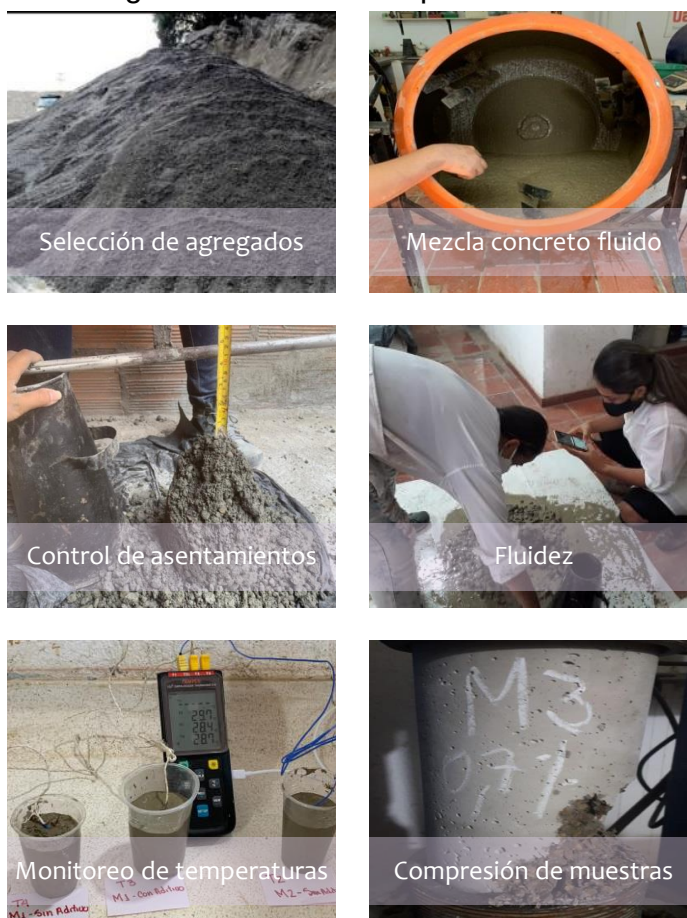
Tabla 10. Dosificación del concreto

Prueba	3-08
Cemento	4147 g
Agua	2287 g
Grava 1/2"	11413 g
Arena	9628 g
Aditivo superplastificante	20,7 cm ³

Fuente: Base de datos Semillero SEUS

Como podemos observar las tablas, se encuentra la Dosificación del concreto que se ha venido utilizando en las muestras del laboratorio, teniendo en cuenta todos los materiales y variando la cantidad de los aditivos. Se utilizaron dos tipos de aditivos; uno es el aditivo de color rosado que es el acelerante de marca sika, que ayuda a reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento y el otro es el aditivo de color café que es el retardante de marca sika, donde este se emplea para retrasar el tiempo de fraguado del concreto. Teniendo en cuenta la diferencia de cada aditivo se visualizará el cambio que genera cada uno de ellos teniendo en cuenta el porcentaje que se le adiciona a la mezcla.

Figura 20. Proceso experimental



Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Mezcla

Primero le agregan el 50% del agua (con el trompo apagado)

Luego adicionan la grava (con el trompo apagado)

Luego la arena (con el trompo apagado)

Y el cemento (encienden el trompo tapado con una bolsa plástica por 2 minutos)

Apagan el trompo y le adicionan el agua restante (encienden de nuevo el trompo por 3 minutos más)

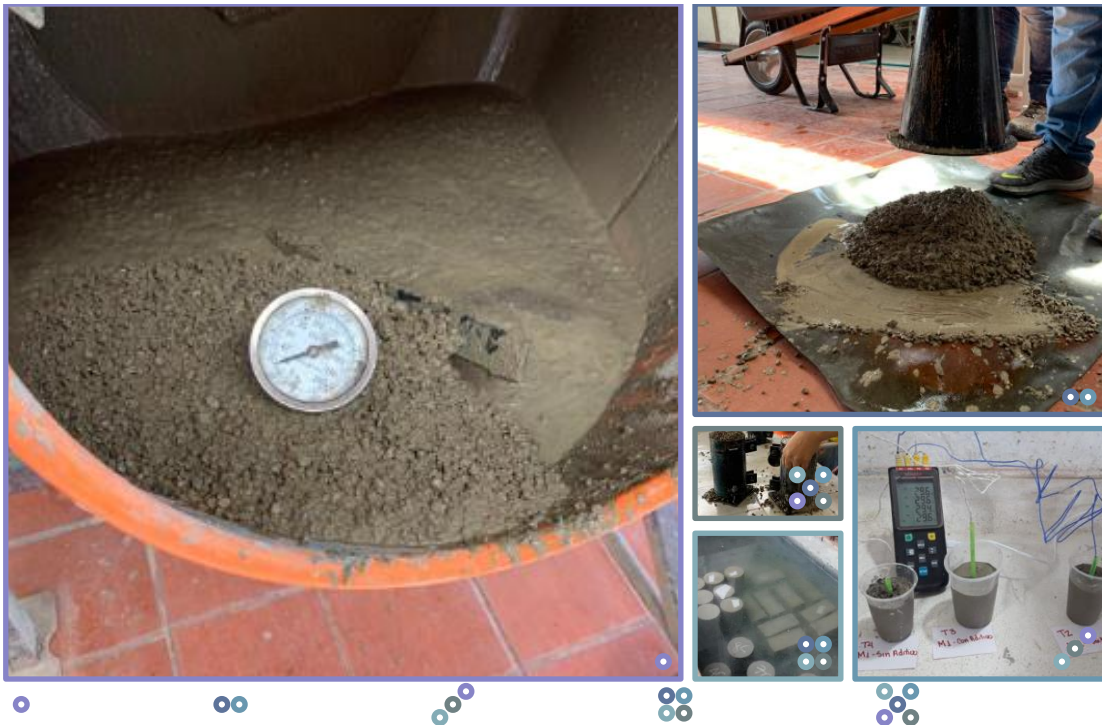
Se registra la temperatura en tiempo 0

Se mide el asentamiento con el cono Slump

Se mide la temperatura y el asentamiento cada 15 minutos

Al terminar de tomar los asentamientos y la temperatura se funden los cilindros y se dejan en agua durante 28 días

Figura 21. Monitoreo de temperaturas y asentamientos en estado fresco



Fuente: elaborado por los autores

5.2 MONITOREO DE TEMPERATURAS

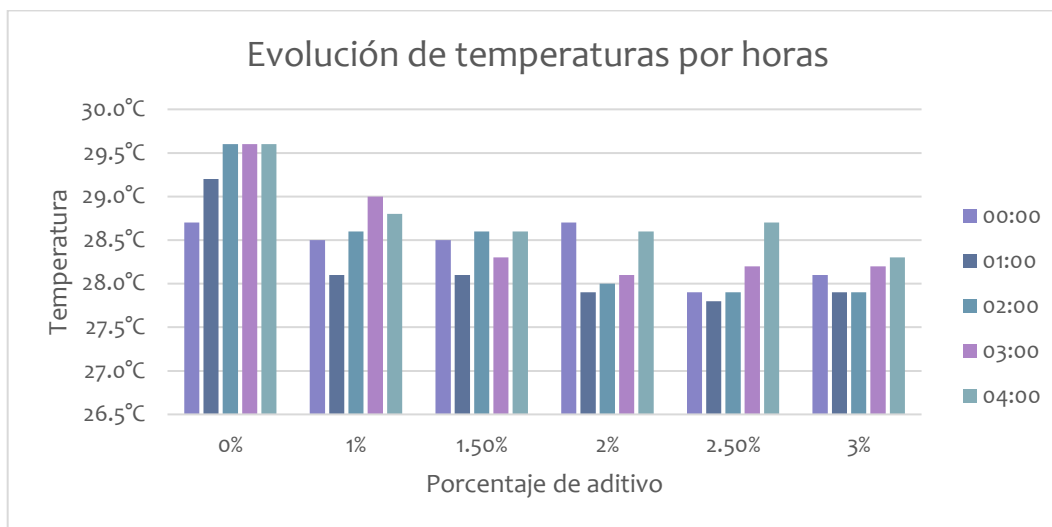
En la tabla N° 12, se observan los resultados de temperatura que se realizó en la ciudad de Girardot y que se tomó durante 4 horas y 15 minutos, teniendo en cuenta la dosificación de la tabla N° 10 y 11.

Tabla 11. Muestras de temperatura del concreto

Muestra	M-1	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Tiempo	0%	1%	1.50%	2%	2.50%	3%
00:00	28.7°C	28.5°C	28.5°C	28.7°C	27.9°C	28.1°C
00:15	28.6°C	26.4°C	26.4°C	28.2°C	28.2°C	28.1°C
00:30	28.2°C	27.4°C	27.4°C	28.1°C	27.9°C	27.9°C
00:45	28.9°C	27.8°C	27.8°C	28.0°C	27.9°C	27.9°C
01:00	29.2°C	28.1°C	28.1°C	27.9°C	27.8°C	27.9°C
01:15	29.2°C	28.2°C	28.2°C	28.0°C	27.7°C	27.9°C
01:30	29.2°C	28.4°C	28.4°C	28.0°C	27.8°C	27.9°C
01:45	29.2°C	28.5°C	28.5°C	28.0°C	27.9°C	27.9°C
02:00	29.6°C	28.6°C	28.6°C	28.0°C	27.9°C	27.9°C
02:15	29.3°C	28.6°C	28.6°C	28.0°C	28.3°C	27.9°C
02:30	29.4°C	28.8°C	28.8°C	28.0°C	28.4°C	28.0°C
02:45	29.4°C	28.9°C	28.9°C	28.0°C	28.4°C	28.0°C
03:00	29.6°C	29.0°C	28.3°C	28.1°C	28.2°C	28.2°C
03:15	29.8°C	29.1°C	28.3°C	28.2°C	28.2°C	28.0°C
03:30	29.7°C	29.3°C	28.4°C	28.3°C	28.3°C	28.1°C
03:45	29.7°C	29.3°C	28.5°C	28.3°C	28.4°C	28.3°C
04:00	29.6°C	28.8°C	28.6°C	28.6°C	28.7°C	28.3°C
04:15	29.5°C	28.8°C	28.9°C	28.6°C	28.8°C	28.3°C
04:30	29.5°C	28.7°C	29.0°C	28.6°C	28.8°C	28.3°C

Fuente: elaborado por los autores

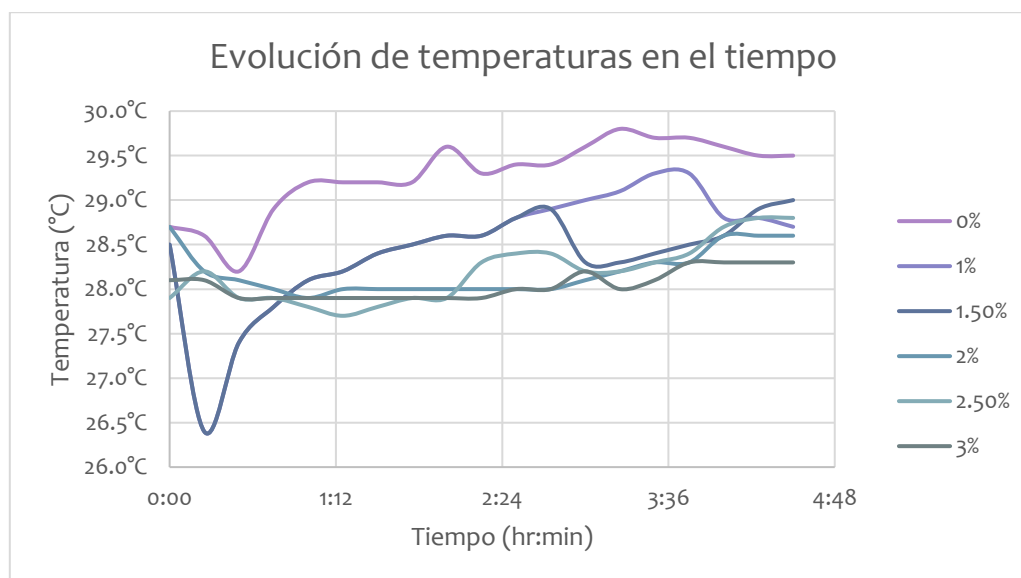
Figura 22. Evolución de temperaturas por horas



Fuente: elaborado por los autores

En la Figura N° 22, se observa la gráfica de la evolución de temperaturas por horas de las muestras M-1, M-6, M-7, M-8, M-9 y M-10, teniendo en cuenta el porcentaje de aditivos e identificamos que, a mayor dosificación de aditivo, mayor será la estabilización de temperatura de la mezcla.

Figura 23. Evolución de temperaturas en el tiempo



Fuente: elaborado por los autores

5.3 FLUIDEZ DE LA MEZCLA

En la Figura N° 23, se observa la gráfica de evolución de temperaturas en el tiempo de las muestras M-1, M-6, M-7, M-8, M-9 y M-10, durante 4 horas y 15 min.

Tabla 12. Muestra de Asentamiento

Muestra	M-2	M-3	M-4	M-5
Tiempo	0.00%	0.50%	0.50%	0.70%
00:00	28.5	48.0	47.0	26.0
		54.0	43.0	20.0
			24.0	10.0
00:15	52.0	42.0	16.0	12.0
	53.0	44.0	15.0	11.0
			7.0	3.0
00:30	62.0	35.0	10.0	10.0
	66.0	35.0	10.0	9.0
			3.0	5.0
00:45	54.0	32.0	12.0	27.0
	59.0	32.0	11.0	30.0
			12.0	11.0
01:00	45.0	29.0	14.0	
	46.0	31.0	13.0	
		21.0	12.0	
01:15	38.0			
	39.0			
01:30	39.0			
	41.0			
01:45	30.0			
	32.0			
02:00	31.0			
	33.0			
	22.0			

Fuente: elaborado por los autores

En la tabla N° 13, se observan los diámetros de las muestras 2 – 3 – 4 – 5, durante 2 horas y 15 min para determinar el asentamiento de cada una de ellas.

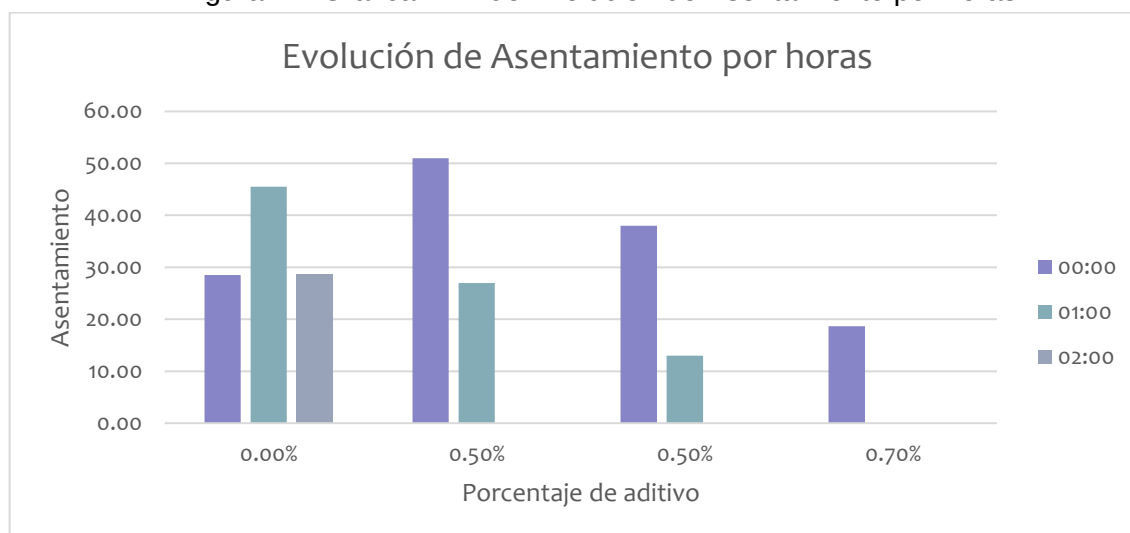
Tabla 13. Asentamiento promediado

Muestra	M-2	M-3	M-4	M-5
Tiempo	0.00%	0.50%	0.50%	0.70%
00:00	28.50	51.00	38.00	18.67
00:15	52.50	43.00	12.67	8.67
00:30	64.00	35.00	7.67	8.00
00:45	56.50	32.00	11.67	22.67
01:00	45.50	27.00	13.00	
01:15	38.50			
01:30	40.00			
01:45	31.00			
02:00	28.67			

Fuente: elaborado por los autores

En la tabla N° 14, se observan los asentamientos promediando cada diámetro de las muestras 2 – 3 – 4 – 5 durante 2 horas y 15 min.

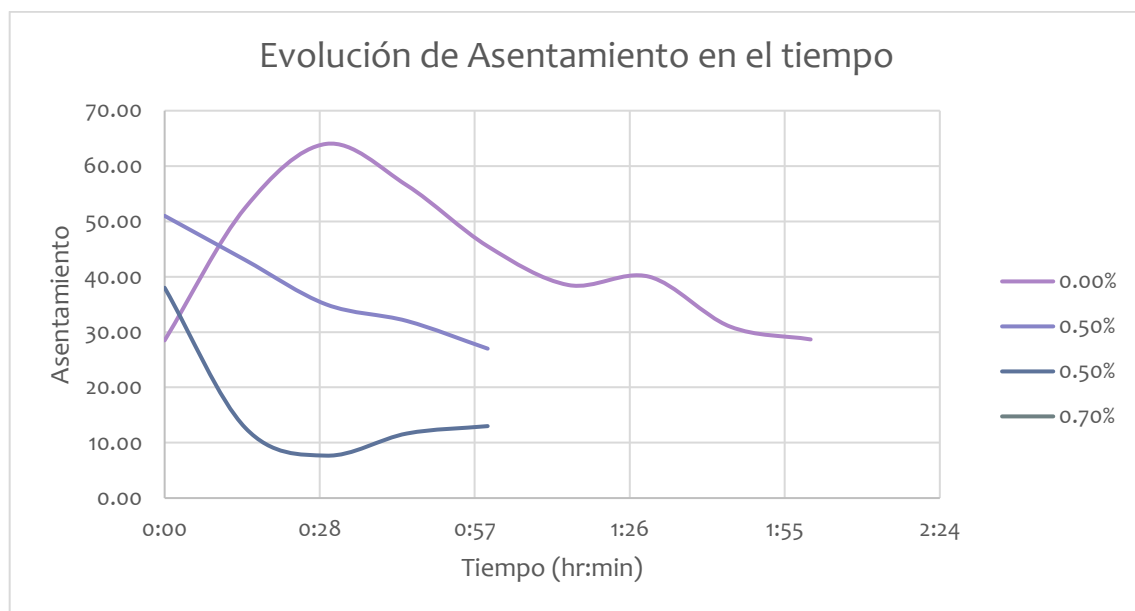
Figura 24. Grafica N° 1 de Evolución de Asentamiento por horas



Fuente: elaborado por los autores

En la Figura N° 24, se observa la gráfica N° 1 De asentamiento durante 2 horas, de las muestras 2 – 3 – 4 – 5

Figura 25. Grafica N° 2 Evolución de asentamiento en el tiempo.



Fuente: elaborado por los autores

En la Figura N° 25, se observa la gráfica N° 2 se determina que, a mayor dosificación de aditivo, menor reducción de asentamiento será.

5.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 14. Resultados de las muestras

Código	Descripción	Fecha Toma	Fecha Rotura	Edad	Carga Máxima	Resistencia	
M- 1	Sin aditivo	04-oct	07-oct	3 días	148.5 kN	18.32 MPa	18.24 MPa
M- 1	Sin aditivo	04-oct	07-oct	3 días	147.3 kN	18.17 MPa	
M- 1	0%	Sin aditivo	04-oct	11-oct	182.5 kN	22.51 MPa	22.74 MPa
M- 1		Sin aditivo	04-oct	11-oct	186.3 kN	22.98 MPa	
M- 1	Sin aditivo	04-oct	01-nov	28 días	280.8 kN	34.64 MPa	34.56 MPa
M- 1	Sin aditivo	04-oct	01-nov	28 días	279.6 kN	34.49 MPa	
M- 2	Sin Aditivo	03-ago	03-sep	3 días	138.7 kN	17.11 MPa	16.61 MPa
M- 2	0%	Sin Aditivo	03-ago	03-sep	130.7 kN	16.12 MPa	
M- 2		Sin Aditivo	03-ago	03-sep	178.3 kN	21.99 MPa	22.05 MPa

M- 2		Sin Aditivo	03-ago	03-sep	7 días	179.2 kN	22.10 MPa	
M- 2		Sin Aditivo	03-ago	03-sep	28 días	627.6 kN	34.41 MPa	
M- 2		Sin Aditivo	03-ago	03-sep	28 días	615.7 kN	33.75 MPa	34.06 MPa
M- 2		Sin Aditivo	03-ago	31-ago	28 días	639.1 kN	35.04 MPa	
M- 2		Sin Aditivo	03-ago	31-ago	28 días	602.6 kN	33.03 MPa	
M- 3		Con Aditivo	15-ago	18-ago	3 días	138.5 kN	17.08 MPa	
M- 3		Con Aditivo	15-ago	18-ago	3 días	135.2 kN	16.68 MPa	16.64 MPa
M- 3		Con Aditivo	15-ago	18-ago	3 días	131.1 kN	16.17 MPa	
M- 3		Con Aditivo	15-ago	22-ago	7 días	197.4 kN	24.35 MPa	
M- 3	0.50 %	Con Aditivo	15-ago	22-ago	7 días	196.5 kN	24.24 MPa	24.71 MPa
M- 3		Con Aditivo	15-ago	22-ago	7 días	207.0 kN	25.53 MPa	
M- 3		Con Aditivo	15-ago	12-sep	28 días	251.6 kN	31.03 MPa	
M- 3		Con Aditivo	15-ago	12-sep	28 días	265.2 kN	32.71 MPa	32.47 MPa
M- 3		Con Aditivo	15-ago	12-sep	28 días	272.9 kN	33.66 MPa	
M- 4		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	140.3 kN	17.31 MPa	
M- 4		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	138.3 kN	17.06 MPa	17.18 MPa
M- 4	0.5%	Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	204.2 kN	25.19 MPa	25.37 MPa
M- 4		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	207.2 kN	25.56 MPa	
M- 4		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	279.9 kN	34.52 MPa	
M- 4		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	274.0 kN	33.80 MPa	34.16 MPa
M- 5		Con Aditivo	15-ago	18-ago	3 días	130.7 kN	16.12 MPa	
M- 5	0.70 %	Con Aditivo	15-ago	18-ago	3 días	137.1 kN	16.91 MPa	16.52 MPa
M- 5		Con Aditivo	15-ago	22-ago	7 días	196.1	24.19 MPa	24.42 MPa
M- 5		Con Aditivo	15-ago	22-ago	7 días	199.9	24.66 MPa	

M- 5		Con Aditivo	15-ago	12-sep	28 días	252.4	31.13 MPa	32.40 MPa
M- 5		Con Aditivo	15-ago	12-sep	28 días	272.9	33.66 MPa	
M- 6	1.0%	Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	131.2 kN	16.18 MPa	16.47 MPa
M- 6		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	135.8 kN	16.75 MPa	
M- 6		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	202.1 kN	24.93 MPa	25.03 MPa
M- 6		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	203.7 kN	25.13 MPa	
M- 6		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	278.1 kN	34.30 MPa	33.51 MPa
M- 6		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	265.2 kN	32.71 MPa	
M- 6		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	279.4 kN	34.46 MPa	
M- 7		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	109.3 kN	13.48 MPa	13.94 MPa
M- 7	1.5%	Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	116.8 kN	14.41 MPa	
M- 7		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	168.7 kN	20.81 MPa	21.81 MPa
M- 7		Con Aditivo	08-oct	03-sep	7 días	185.4 kN	22.87 MPa	
M- 7		Con Aditivo	08-oct	03-sep	7 días	176.4 kN	21.76 MPa	31.51 MPa
M- 7		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	614.4 kN	33.68 MPa	
M- 7		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	591.3 kN	32.42 MPa	
M- 7		Con Aditivo	06-ago	03-sep	28 días	527.6 kN	28.92 MPa	
M- 7		Con Aditivo	06-ago	03-sep	28 días	565.7 kN	31.01 MPa	12.51 MPa
M- 8	2%	Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	94.5 kN	11.66 MPa	
M- 8		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	108.3 kN	13.36 MPa	21.49 MPa
M- 8		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	172.1 kN	21.23 MPa	
M- 8		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	176.3 kN	21.75 MPa	29.63 MPa
M- 8		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	240.8 kN	29.70 MPa	
M- 8		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	239.6 kN	29.55 MPa	

M- 9	2.5%	Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	82.8 kN	10.21 MPa	10.32 MPa
M- 9		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	84.5 kN	10.42 MPa	
M- 9		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	123.5 kN	15.23 MPa	15.31 MPa
M- 9		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	124.7 kN	15.38 MPa	
M- 9		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	168.8 kN	20.82 MPa	19.82 MPa
M- 9		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	152.6 kN	18.82 MPa	
M- 10	3.0%	Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	60.9 kN	7.51 MPa	7.47 MPa
M- 10		Con Aditivo	08-oct	11-oct	3 días	60.2 kN	7.43 MPa	
M- 10		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	90.9 kN	11.21 MPa	11.79 MPa
M- 10		Con Aditivo	08-oct	15-oct	7 días	100.3 kN	12.37 MPa	
M- 10		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	110.2 kN	13.59 MPa	14.86 MPa
M- 10		Con Aditivo	08-oct	05-nov	28 días	130.8 kN	16.13 MPa	

Fuente: elaborado por los autores

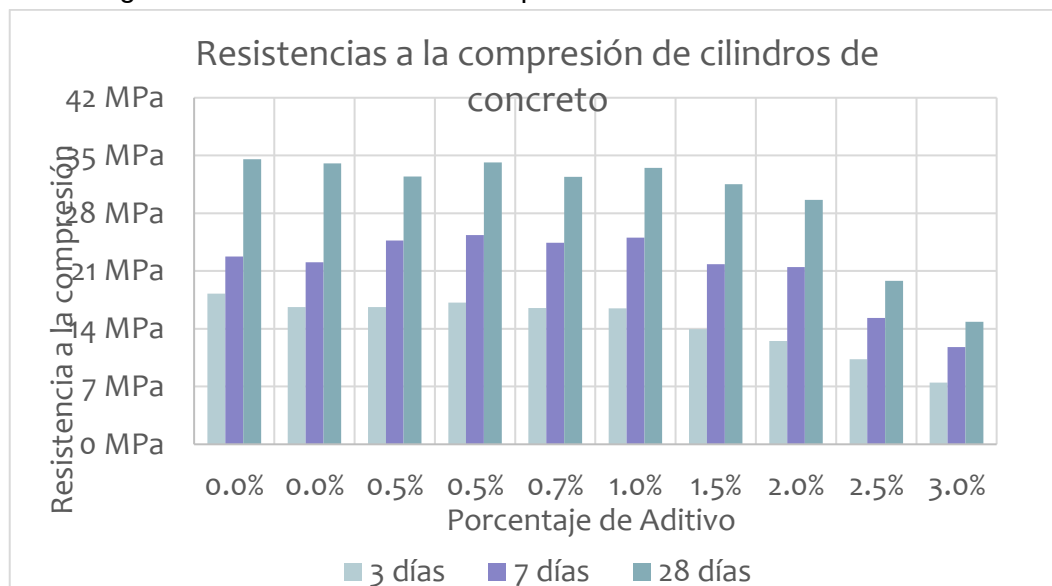
Tabla 15. Muestra de los Cilindros

	Aditivo	3 días	7 días	28 días
1 días	0 días	18 días	23 días	35 días
2 días	0 días	17 días	22 días	34 días
3 días	0 días	17 días	25 días	32 días
4 días	0 días	17 días	25 días	34 días
5 días	0 días	17 días	24 días	32 días
6 días	0 días	16 días	25 días	34 días
7 días	0 días	14 días	22 días	32 días
8 días	0 días	13 días	21 días	30 días
9 días	0 días	10 días	15 días	20 días
10 días	0 días	7 días	12 días	15 días

Fuente: elaborado por los autores

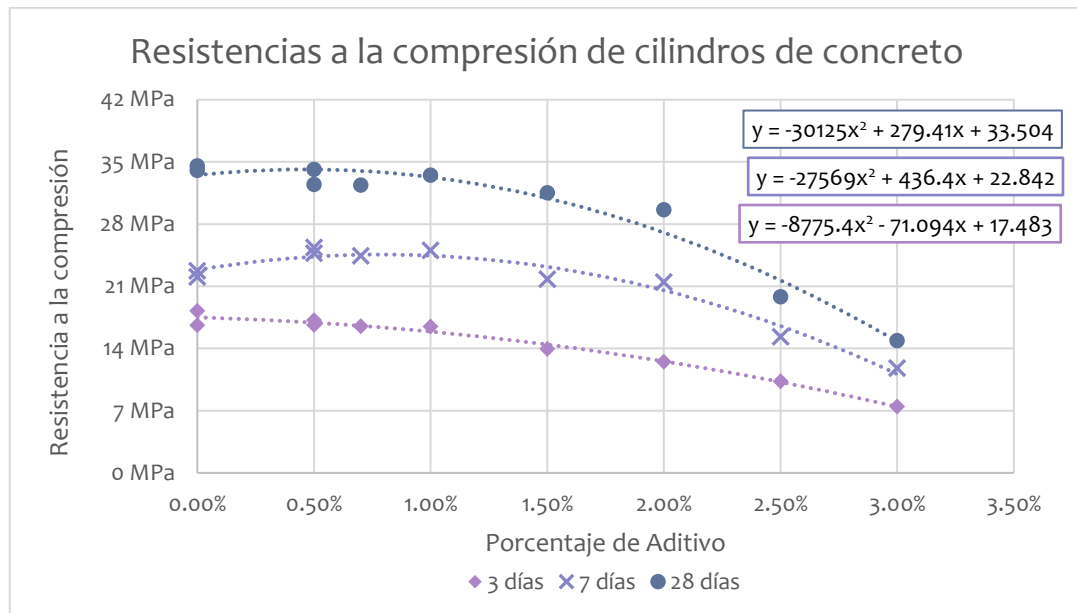
En la tabla N° 16, se observan las muestras de los cilindros en concreto, Donde se determina la resistencia a compresión, teniendo en cuenta las edades de los concretos que van de los días (3, 7 y 28), con su respectivo porcentaje de aditivo.

Figura 26. Resistencias a la compresión de cilindros de concreto.



Fuente: elaborado por los autores

Figura 27. Resistencias a la compresión de cilindros de concreto



Fuente: elaborado por los autores

En la figura N° 26 y 27 podemos observar que, a mayor dosificación de aditivo, menor será la resistencia a la compresión.

6 CONCLUSIONES

Mediante el diseño de mezcla para un concreto hidráulico, con una temperatura registrada entre los 38°C y 42°C, se determinó por medio de la prueba de asentamiento con ayuda del cono Slump, que entre más tiempo pase, la mezcla va estar mucho más seca y tendrá un asentamiento aproximado a las 3", pero si se deja en un tiempo menor la muestra tendrá una mejor fluidez y su asentamiento será más pequeño.

En cuanto a la proporcionalidad de aditivos retardadores, por medio de las dosificaciones mínimas medias y máximas con mezclas de prueba según la (NTC 1377 Y 4023), se analizó que entre mayor sea el porcentaje de aditivo, menor será su resistencia a compresión y tendrá una reducción de asentamiento, para temperaturas ambiente entre 38°C y 42°C.

En el proceso de verificar la temperatura descubrimos que estos datos no varían, mantiene el rango de 26°C y 29°C, concluyendo que, entre más dosificación de aditivo, mayor será la estabilización de temperatura de la muestra, siendo favorable a la hora de controlar cualquier municipio o ciudad que manejen climas cálidos.

Teniendo en cuenta los resultados de la resistencia se pudo observar que, si la muestra no se le adiciona el aditivo estabilizador de temperatura con una edad de 28 días, su resistencia a compresión será mayor. Esto quiere decir que entre mayor sea la dosificación de aditivo con una edad de 3 días, menor será la resistencia a compresión.

Al final de cada procedimiento, analizamos, verificamos y descubrimos que la mayoría de muestras las cuales llevan el porcentaje asignado de aditivo, se obtienen diferentes resultados en cuanto a la resistencia que puede tener el concreto, es decir que a mayor dosificación de aditivo, menor será la resistencia a la compresión, es por esto que se llegó a la conclusión de que a la hora de realizar un proyecto sea favorable y apto para que cumpla con los parámetros establecidos, se recomienda trabajar con el 1% en cuanto a cantidad de aditivo, para tener un buen comportamiento y buenos resultados.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda analizar diferentes porcentajes de dosificaciones de aditivos teniendo en cuenta un clima frío, en este caso se utilizó un porcentaje adecuado para climas cálidos. Donde se determinó el asentamiento en concretos hidráulicos convencionales, la comparación de revenimiento en concreto fluido y muestra de control y la resistencia a la compresión del concreto.

Se recomienda seguir las proporciones adecuadas, teniendo en cuenta las normas y las especificaciones requeridas para poder obtener un buen diseño de muestra y que esta no se llegue a perder.

Se aconseja dar continuidad a la investigación dado a que algunas variables que surgieron durante el desarrollo de la investigación y que no estaban previstas, se deben resolver con mayor profundidad.

Por otro lado, se sugiere golpear con un martillo de goma los lados del encofrado por ambas caras, al momento de vaciado de las camisas, a fin de evitar que se acumule el aire en las zonas aisladas. El objetivo de este procedimiento es que el concreto no pierda su fluidez y que de manera uniforme fluya en el encofrado.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo Torres, Paula Isabel. 2018. Instructivo de la producción colocación y manejo del concreto elaborado en obra. *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. [En línea] 2018. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14212/2/CastilloTorresPaulaIsabel2018Anexo.pdf>.

Moreno Anselmi, Luis Angel, Reyes Ortiz, Óscar Javier y Ruíz Acero, Johana Carolina. 2016. Revista de investigación Desarrollo e innovacion. [En línea] 2016. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_uitama/article/view/3115.

Abat, Cristian. 2020. Monografias. com. [En línea] 2020. <https://www.monografias.com/trabajos94/concreto-ii-primera-parte/concreto-ii-primera-parte2.shtml#:~:text=La%20temperatura%20ideal%20para%20la,debajo%20de%20los%2030C%C2%B0..>

Abat, Cristihan. 2020. Monografia. [En línea] 03 de 09 de 2020. <https://www.monografias.com/trabajos94/concreto-ii-primera-parte/concreto-ii-primera-parte2.shtml#:~:text=La%20temperatura%20ideal%20para%20la,debajo%20de%20los%2030C%C2%B0..>

2020. Acelerantes de fraguado. [En línea] 2020. <https://anfah.org/aditivos/acelerantes-de-fraguado/#:~:text=Los%20aditivos%20acelerantes%20son%20aquellos,tiempo%20de%20fraguado%20del%20cemento.&text=Las%20aplicaciones%20principales%20de%20un,Necesitan%20un%20desencofrado%20r%C3%A1pido..>

ACI Commitee 308 R. 2001. *Guide to Curing Concrete*. Detroit : American Concrete Institute, 2001.

2020. Aditivos para concreto: uso en temperaturas extremas. [En línea] 25 de 08 de 2020. <http://www.noticias.costosperu.com/articulos/seccion-materiales-y-soluciones/aditivos-para-concreto-uso-en-temperaturas-extremas/>.

2020. Alcaldia de Girardot. [En línea] 2020. <http://girardot-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>.

Alicia. 2014. CONCYTEC. *Oficina de Tecnología de Información*. [En línea] 2014. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_e69ef2684d4e47be4d57f5927cfce865.

2010. Apuntes de ingeniería civil. [En línea] 13 de octubre de 2010. <https://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/10/fluidez-del-cemento.html#:~:text=La%20fluidez%20es%20una%20medida,un%20n%C3%BAmero%20específico%20de%20veces..>

Arenas y Otros. 2020. Efecto de los aditivos en la formación y estabilidad térmica. [En línea] 2020. <http://boletines.secv.es/upload/20090514111307.200039699.pdf>.

Artículos regulares. **Arraez, Francisco , y otros. 2018.** 2018, Revista Latinoamericana de metalurgia y materiales.

ASOCRETO. 2010. Tipos de concretos y morteros. [aut. libro] ASOCRETO asociacion colombiana de productores de concreto. *Teconologia de Concreto*. Colombia : COLECCION DEL CONCRETO, 2010, págs. 17-56.

—. **2010.** Tipos de concretos y morteros . [aut. libro] ASOCRETO Asociacion colombiana de productores Concreto. *Tecnologia de concreto* . Colombia : Coleccion del concreto , 2010, págs. 17-56.

Bautista, Elieth Lopez. 2016. [En línea] 18 de 06 de 2016. <https://es.slideshare.net/eliethlopezbautista/el-fraguado>.

Bernal Calel, Josue. 2020. *Hidratación del cemento*. s.l. : <https://es.scribd.com/document/398797371/Hidratacion-Del-Cemento>, 2020.

Bolivia. 2019. [En línea] 7 de Enero de 2019. <https://markainvestigacion.wordpress.com/2019/01/07/que-son-las-variables-independientesdependientes-e-intervinientes/>.

Calsin Condori, Alexander Edison. 2019. Aditivos retardadores de fraguado. *Tecnología de los Materiales aditivos tipo B* *Tecnología de los Materiales aditivos tipo B*. [En línea] 18 de junio de 2019. [https://es.slideshare.net/AlexCalsinCondori/tecnologia-de-los-materiales-aditivos-tipo-b#:~:text=ADITIVOS%20RETARDADORES%20DE%20FRAGUADO%20%E2%80%93%20\(ADITIVOS,POSIBLE%20EL%20TIEMPO%20DE%20FRAGUADO..](https://es.slideshare.net/AlexCalsinCondori/tecnologia-de-los-materiales-aditivos-tipo-b#:~:text=ADITIVOS%20RETARDADORES%20DE%20FRAGUADO%20%E2%80%93%20(ADITIVOS,POSIBLE%20EL%20TIEMPO%20DE%20FRAGUADO..)

Castillero Mimenza, Oscar. 2020. Variables. [En línea] 2020. <https://psicologiaymente.com/miscelanea/variable-dependiente-independiente>.

CASTILLO TORRES , PAULA ISABEL. 2018. Instructivo del concreto. *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. [En línea] 2018. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14212/2/CastilloTorresPaulaIsabel2018Anexo.pdf>.

2020. Cemex. [En línea] 2020. <https://www.bing.com/videos/search?q=como+medir+la+temperatura++para+un+concreto&docid=607997147121190617&mid=25961E9B0CC4FE2D3C1725961E9B0CC4FE2D3C17&view=detail&FORM=VIRE>.

2020. Cemex. [En línea] 2020. <https://www.cemexcolombia.com/>.

2020. CEMEX. [En línea] 2020. <https://www.cemexpanama.com/productos/aditivos/estabilizadores-de-fraguado-isoretard>.

Cerón Velásquez y Otros. 2020. Viabilidad técnica de la aplicación del aditivo estabilizador de hidratación para vaciado en tiempo tardío del concreto $f'c=210$ kg/cm² Lima 2019. [En línea] 2020. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23461>.

Chatterji, Jiten, y otros. 2007. *Set Retarder Compositions, Cement Compositions and Associated Methods*. 7244303 Estados Unidos, 17 de 07 de 2007. B2.

2020. CIP 39 - Madurez del concreto . [En línea] 2020. <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP39es.pdf>.

Claros, Eduardo. 2020. Propiedades de la resistencia. [En línea] 2020. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-del-concreto-frente-al-fuego#:~:text=%22El%20efecto%20del%20aumento%20de%20la%20temperatura%20sobrellegando%20a%20valores%20inferiores%20al%2045%25%20de%20f%20E2%80%999c%22..>

2015. Concreto al día . [En línea] 06 de 2015. https://www.concrete.org/portals/0/files/PDF/CI_2015-05_SkysTheLimit_Spanish.pdf.

2020. Concretos Ibagué. [En línea] 2020. <http://www.concretosibague.com/web/>.

2020. *Control de calidad del concreto* . s.l. : Argos, 2020.

Curado del concreto. **SIKA. 2009.** s.l. : Sika, 2009, Sika Informaciones Técnicas, pág. 16. ISSN-0122-0594.

Dina, Deysi y Otros. 2016. [En línea] 2016. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47849>.

2020. Distancia entre ciudades. [En línea] 2020. <http://co.lasdistancias.net/distancia-de-melgar-a-girardot#:~:text=La%20distancia%20en%20l%C3%ADnea%20recta,de%2017%20litros%20de%20combustible..>

2020. En Colombia. [En línea] 2020. <https://encolombia.com/turismo/destinos-turisticos/destinos-colombianos/tolima/el-espinal/>.

2020. Evolución de la resistencia . [En línea] 2020. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12793/Evoluci%c3%b3n%20resistencia%20hormig%c3%b3n.pdf>.

Francisca puertas, alonso, palacios. Dialnet. [En línea] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2515920>.

2020. gcp applied technologies. [En línea] 2020. https://0373aa91-474a-400f-aab5-46d732953c25.filesusr.com/ugd/060e66_8d364bf612dc4dacbabf1dabdf4b5ca3.pdf.

2020. Girardot-Cundinamarca. [En línea] 2020. <https://www.facilguia.com.co/pst/girardot-cundinamarca/>.

2020. Google Maps. [En línea] 2020. <https://www.google.com.co/maps/place/Argos+Planta+Flandes+Tolima/@4.2954016,-74.840849,13z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f29cd22debbfb:0x6afc4f346aafa4c0!8m2!3d4.2569067!4d-74.8284894?hl=es>.

Guzmán, Diego Sánchez de. 2001. TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y EL MORTERO. s.l. : BIBLIOTECA DE LA CONSTRUCCION, 2001.

Hidratación del cemento en presencia de altos contenidos de relleno. **Mieke, Anne -.** **2005.** 2005, El servier , pág. 10.

Hidratación del cemento en presencia de madera extractivos y aditivos minerales pozzolan. **Valckelioniene, Rita. 2006.** 2006, pág. 8.

Hidratación temprana del cemento en la presencia de ceniza mosca activada químicamente . **Paceska, Barbara. 2008.** 2008, pág. 8.

Holcim. [En línea] <https://www.altamezcla.com.ar/notas/156/por-qu-pega-el-cemento>.

2020. Ideam. *El clima promedio en Espinal.* [En línea] 2020. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>.

2020. Ideam. [En línea] 2020. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>.

Influencia de la relacion agua/ cemento y tipo de concentracion de producto quimico. **Hernandez, Rubio. 2009.** 2009, El servier, pág. 10.

2020. Ingeniería Real . [En línea] 2020. <https://ingenieriareal.com/curado-concreto/#:~:text=%20El%20ACI%20308%20R%2C%20define%20varias%20fases,apli%20car%20agua%20de%20manera%20directa%2C%20y...%20More%20>.

Jaramillo, Javier. 2020. Aplicacion de aditivos, quimicos e inmunizantes para el mantenimiento de partes y elementos. [En línea] 2020. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/1146/aplicacion_aditivos.pdf;jsessionid=A2A18E5A17CE395BE881F471A1A6326F?sequence=1.

León , Maria Patricia y Otros. 2010. Revista de ingeniería . [En línea] Agosto de 2010. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003#:~:text=Las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20de%20los,ataque%20de%20sulfatos%20y%20dureza..

2020. Maps. [En línea] 2020. <https://www.google.com.co/maps/dir/CEMEX+IBAGUE,+Cl.+60,+Ibague%C3%A9,+Tolima/Girardot,+Cundinamarca/@4.2239996,-75.1339707,9z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x8e38c520f383f609:0xed797b0849bb444c!2m2!1d-75.1995652!2d4.4288046!1m5!1m1!1s0x8e3f28ec54308e5f:0xad9e>.

Marquez, Silvana. 2014. Google Patentes. [En línea] 06 de 03 de 2014. <https://patentimages.storage.googleapis.com/85/f8/2d/6e06d9322d9d50/WO2014032132A1.pdf>.

Mecanismos de hidratación del cemento. **Nonat, Andre. 2010.** 2010, El servier , pág. 16.

Mena Octavio, Juan Luis. 2012. influencia de la temperatura ambiental. [En línea] 2012. <https://newparadigmas.files.wordpress.com/2012/04/influencia-de-la-temperatura-ambiental-en-el-hormigc3b3n.pdf>.

Michaux, Michael. 1999. Google patentes . [En línea] 08 de 07 de 1999. <https://patentimages.storage.googleapis.com/6e/26/32/fc90f713d51367/WO1999033763A1.pdf>.

Michaux, Michel. 1998. *Control de fraguado en un cemento con alto contenido de alúmina.* WO1999033763A1 Francia, 1998.

Miranda y otros. 2020. *Alfresco.* 2020.

Modelado y simulación de la cinética de hidratación del cemento y desarrollo de la microestructura. **Dolado, Jorge. 2010.** 2010, El servier, pág. 22.

Moreno, Alejandro. 2020. Recomendaciones para la colocación de concreto en ambientes fríos y cálidos. *Argos*. [En línea] 03 de 08 de 2020. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/recomendaciones-para-la-colocacion-de-concreto-en-ambientes-frios-y-calidos-1>.

Naider, Ateneo. 2020. Grupo Spritaldea. [En línea] 2020. <https://www.spri.eus/euskadinnova/es/innovacion-tecnologica/noticias/generada-patente-para-detectar-aditivo-biodegradable-mejora-propiedades-cemento/9820.aspx>.

1997. NSR-10. [En línea] 1997. <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>.

Ocampo, Francisco Javier Marulanda. 2012. *Modelación con elementos finitos de muros de mampostería estructural ortogonales*. Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia : Universidad Nacional De Colombia, 2012.

2020. Protección y curado del concreto. *ARGOS*. [En línea] 03 de 09 de 2020. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/proteccion-y-curado-del-concreto>.

Pulido, Juan Ricardo. 2016. Historia Espinal. [En línea] 2 de Mayo de 2016. <https://www.radionacional.co/noticia/cultura/historia-del-espinal-esther-abi-saab>.

R, José Alejandro. 2008. Republica. [En línea] 21 de Agosto de 2008. [http://vivirhogar.republica.com/general/american-concrete-institute-aci.html#:~:text=La%20American%20Concrete%20Institute%20\(ACI,manejo%20y%20pr%C3%A1ctica%20del%20concreto..](http://vivirhogar.republica.com/general/american-concrete-institute-aci.html#:~:text=La%20American%20Concrete%20Institute%20(ACI,manejo%20y%20pr%C3%A1ctica%20del%20concreto..)

Rodríguez, Klein A. 1995. *Aditivos, composiciones y métodos retardadores del fraguado del cemento*. 5421879 Estados Unidos , 1995.

Rodriguez, Klein. 1995. Google Patentes . [En línea] 06 de 06 de 1995. <https://patentimages.storage.googleapis.com/a1/31/03/00f155a38412a6/US5421879.pdf>.

Rojas, Mayta y Otros. 2014. [En línea] 2014. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/403>.

Ronald , Kevin. 2020. Temperatura del concreto. [En línea] 2020. <https://es.scribd.com/document/417023978/Temperatura-del-concreto-fresco>.

Santiago. 2013. [En línea] 11 de febrero de 2013. <http://www.cando.es/ES/noticia-detalle/Patente-de-un-aditivo-biodegradable-que-mejora-las-propiedades-del-cemento>.

—. **2012.** Revista de la Construcción. [En línea] 2012.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2012000300009&script=sci_arttext&lng=en.

Santoyo Gutiérrez, S. 2020. Aditivos poliméricos para fluidos de perforación de pozos geotérmicos. [En línea] 2020.
<http://revistas.unam.mx/index.php/geofisica/article/view/39522>.

Sika Tard - 935 . **2017.** 2017, Sika.

Silva, Omar Javier. 2020. [En línea] 2020.
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto#:~:text=Los%20aditivos%20seg%C3%BAAn%20la%20NTC,Tipo%20B%3A%20Retardante..>

Silva, Omar Javier. 2020. ARGOS. 360 EN CONCRETO. [En línea] 2020.
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto#:~:text=Los%20aditivos%20seg%C3%BAAn%20la%20NTC,Tipo%20B%3A%20Retardante..>

Tania Isabel. 2016. [En línea] 13 de Diciembre de 2016.
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/724>.

Tania y Otros. 2016. [En línea] 2016.
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23974>.

Tecnología del concreto . [En línea]
<https://tecnologadelconcreto.weebly.com/concepto-de-concreto-hidraaacuteulico.html>.

Torres Serrano, Guiselle. 2012. Concreto Hidraulico. [En línea] 2012.
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4295/1/34247.pdf>.

Ushijima, Helio H. 2014. *Concentrated sugar additive as set retarder for cement preparations.* WO2014032132A1 Estados Unidos, 6 de March de 2014.

2011. Uso de conceto. [En línea] 17 de Marzo de 2011.
<https://civilgeeks.com/2011/03/17/uso-de-concreto-en-climas-calidos/>.

2006. Vaciado de concreto en climas cálidos. [En línea] 2006.
<http://www.ryasapanama.com/web/uploads/pdf/boletines-tecnicos/vaciadodeconcretoenclimascalidos.pdf>.

Vindson , Edward F., Brothers, Lance E. y Duncan, Daniel L. 1991. *Google Patentes.* 4997487 Estados Unidos, 03 de 05 de 1991.

2020. Weather Spark. *El clima promedio en Girardot* . [En línea] 2020.
<https://es.weatherspark.com/y/23366/Clima-promedio-en-Girardot-City-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Girardot%20City%2C%20los%20veranos,m%C3%A1s%20de%2038%20%C2%B0C..>

Weatherspark. [En línea] <https://es.weatherspark.com/y/23371/Clima-promedio-en-Espinal-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>.