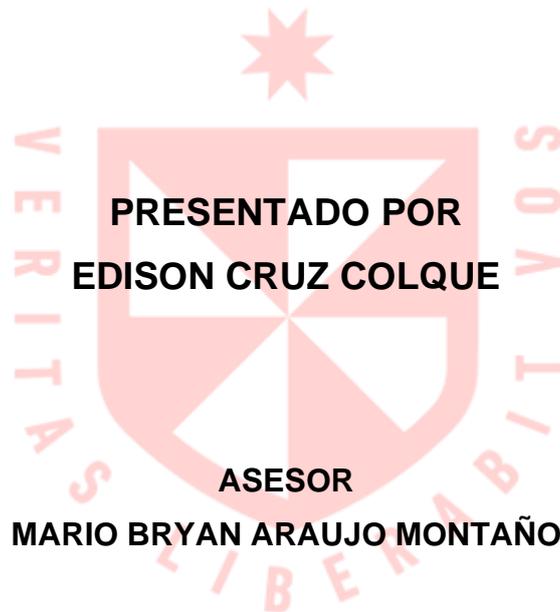




**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS
PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO
F´c=210 Kg/cm² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**



**PRESENTADO POR
EDISON CRUZ COLQUE**

**ASESOR
MARIO BRYAN ARAUJO MONTAÑO**

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

**AREQUIPA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS
PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'_c=$
210 Kg/cm² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**

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

**PRESENTADA POR
EDISON CRUZ COLQUE**

**ASESOR
MG. MARIO BRYAN ARAUJO MONTAÑO**

AREQUIPA, PERÚ

2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta Tesis primeramente a Dios y también a la Virgen María, por su bendición y gracia en cada etapa de mi vida. A mi padre, quien fue mi mentor desde muy pequeño y aunque no esté físicamente en la actualidad, siempre vivirá en mi mente y corazón. A mi madre, mis hermanos, a mi abuelita, a mis tíos quienes siempre estuvieron ahí para exigirme y apoyarme incondicionalmente para culminar mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor por brindarme su apoyo y por compartir sus conocimientos en todo el desarrollo de este estudio.

Agradecimiento a los ingenieros civiles encuestados por su apoyo y colaboración en todo momento de consulta.

A mi círculo de amigos más cercano que fueron parte de este estudio y apoyaron incondicionalmente.

A la USMP y al conjunto de profesionales que formaron parte de mi formación académica.

ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN | xiii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. Situación problemática | 1 |
| 1.2. Definición del problema | 9 |
| 1.3. Formulación del problema | 10 |
| 1.3.1. Problema general..... | 10 |
| 1.3.2. Problemas específicos | 11 |
| 1.4. Objetivos | 11 |
| 1.4.1. Objetivo General | 11 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 11 |
| 1.5. Justificación..... | 12 |
| 1.6. Viabilidad..... | 14 |
| 1.7. Limitaciones | 16 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 18 |
| 2.1. Antecedentes de investigación | 18 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales | 18 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... | 24 |
| 2.2. Bases teóricas | 29 |
| 2.2.1. Concreto..... | 29 |
| 2.2.2. Concreto en climas fríos..... | 33 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 2.2.3. | Aditivos acelerantes | 34 |
| 2.2.4. | Nitrato de Calcio..... | 35 |
| 2.2.5. | Tiempo de fraguado | 36 |
| 2.2.6. | Propiedades del concreto en estado fresco | 38 |
| 2.2.7. | Propiedades en estado endurecido..... | 40 |
| 2.3. | Definición de términos básicos..... | 42 |
| | CAPÍTULO III: METODOLOGÍA | 45 |
| 3.1. | Diseño metodológico | 45 |
| 3.1.1. | Método de la investigación..... | 45 |
| 3.1.2. | Enfoque de la investigación | 46 |
| 3.1.3. | Tipo de investigación..... | 46 |
| 3.1.4. | Nivel de investigación..... | 46 |
| 3.1.5. | Diseño de investigación | 47 |
| 3.1.6. | Población y muestra..... | 47 |
| 3.1.7. | Operacionalización de variables | 51 |
| 3.1.8. | Técnicas de recojo de información..... | 53 |
| 3.1.9. | Instrumentos de investigación..... | 53 |
| | CAPITULO IV: DESARROLLO | 55 |
| 4.1. | Ubicación..... | 55 |
| 4.2. | Mapa de procesos..... | 58 |
| 4.3. | Obtención de Nitrato de Calcio..... | 60 |
| 4.4. | Trabajo de laboratorio | 60 |
| 4.5. | Ejecución de ensayos de laboratorio..... | 76 |
| 4.5.1. | Agregado fino..... | 76 |
| 4.5.2. | Agregado grueso..... | 80 |
| 4.5.3. | Diseño de mezcla..... | 84 |
| | CAPÍTULO V: RESULTADOS | 92 |

| | |
|---|------------|
| 5.1. Trabajabilidad del concreto | 92 |
| 5.2. Tiempo de fraguado del concreto | 93 |
| 5.3. Resistencia a la compresión del concreto | 98 |
| 5.4. Análisis de costos | 106 |
| CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN | 112 |
| CONCLUSIONES | 117 |
| RECOMENDACIONES..... | 119 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN..... | 121 |
| ANEXOS..... | 132 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Temperatura mínima del concreto | 2 |
| Tabla 2 | Resumen encuesta a expertos | 9 |
| Tabla 3 | Valores de consistencia y asentamiento del concreto | 39 |
| Tabla 4 | Clasificación de concreto según su resistencia | 41 |
| Tabla 5 | Población de probetas para el estudio..... | 48 |
| Tabla 6 | Cantidad de testigos para prueba piloto | 48 |
| Tabla 7 | Resistencia de prueba piloto en condiciones de congelación y descongelación | 49 |
| Tabla 8 | Promedio de resistencia de prueba piloto..... | 49 |
| Tabla 9 | Cantidad de muestra por cada dosificación de concreto | 51 |
| Tabla 10 | Operacionalización variable independiente | 52 |
| Tabla 11 | Operacionalización variable dependiente | 52 |
| Tabla 12 | Resultados de granulometría agregado fino..... | 77 |
| Tabla 13 | Resultados de peso unitario agregado fino | 78 |
| Tabla 14 | Resultados de gravedad específica y absorción agregado fino.... | 79 |
| Tabla 15 | Resultados de contenido de humedad agregado fino | 80 |
| Tabla 16 | Resultados de granulometría agregado grueso..... | 80 |
| Tabla 17 | Resultados de peso unitario agregado grueso | 82 |
| Tabla 18 | Resultados de gravedad específica y absorción agregado grueso | 82 |
| Tabla 19 | Resultados de contenido de humedad agregado fino | 83 |
| Tabla 20 | Resultados de trabajabilidad | 92 |
| Tabla 21 | Fraguado de concreto patrón | 93 |
| Tabla 22 | Fraguado de concreto 2% nitrato de calcio | 94 |
| Tabla 23 | Fraguado de concreto 2.5% nitrato de calcio | 95 |
| Tabla 24 | Fraguado de concreto 3% nitrato de calcio | 96 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 25 Resumen del tiempo de fraguado de concreto | 97 |
| Tabla 26 Resumen proporción en peso..... | 99 |
| Tabla 27 Resistencia del concreto patrón a los 3, 7, 14 y 28 días | 99 |
| Tabla 28 Resistencia del concreto 2% nitrato a los 3, 7, 14 y 28 días..... | 101 |
| Tabla 29 Resistencia del concreto 2.5% nitrato a los 3, 7, 14 y 28 días.... | 102 |
| Tabla 30 Resistencia del concreto 3% nitrato a los 3, 7, 14 y 28 días..... | 104 |
| Tabla 31 Análisis de precios unitarios (APU) de concreto patrón..... | 107 |
| Tabla 32 APU de concreto + Sikarapid-3PE..... | 108 |
| Tabla 33 APU de concreto + 2% de nitrato de calcio | 109 |
| Tabla 34 APU de concreto + 2.5% de nitrato de calcio | 109 |
| Tabla 35 APU de concreto + 3% de nitrato de calcio | 110 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 1 | Registro mensual de emergencias por heladas Arequipa..... | 5 |
| Figura 2 | Registro clima de heladas y ubicación en el Distrito de Tuti | 8 |
| Figura 3 | Diagrama Ishikawa | 10 |
| Figura 4 | Ensayo de slump | 39 |
| Figura 5 | Localización de la zona de estudio | 56 |
| Figura 6 | Temperaturas de la zona de estudio..... | 56 |
| Figura 7 | Ubicación de la cantera..... | 57 |
| Figura 8 | Diagrama de procedimiento ensayos..... | 59 |
| Figura 9 | Proceso de obtención de los agregados | 60 |
| Figura 10 | Equipos y herramientas para recolección de agregados | 62 |
| Figura 11 | Granulometría del agregado fino | 64 |
| Figura 12 | Peso unitario del agregado fino | 65 |
| Figura 13 | Gravedad específica y absorción del agregado fino | 67 |
| Figura 14 | Granulometría del agregado grueso | 68 |
| Figura 15 | Peso unitario del agregado grueso | 70 |
| Figura 16 | Gravedad específica y absorción del agregado grueso | 72 |
| Figura 17 | Procedimiento del tiempo de fraguado..... | 76 |
| Figura 18 | Curva granulométrica del agregado fino | 77 |
| Figura 19 | Curva granulométrica del agregado grueso | 81 |
| Figura 20 | Diseño de mezcla según ACI..... | 84 |
| Figura 21 | Curva de fraguado de los diseños de mezcla | 97 |
| Figura 22 | Resumen resistencia promedio de concreto patrón | 100 |
| Figura 23 | Resumen resistencia promedio de concreto 2% nitrato | 101 |
| Figura 24 | Resumen resistencia promedio de concreto 2.5% nitrato | 103 |
| Figura 25 | Resumen resistencia promedio de concreto 3% nitrato | 104 |
| Figura 26 | Resumen resistencia promedio de diseños de concreto..... | 105 |
| Figura 27 | Resumen de costos del concreto por metro cúbico | 110 |

RESUMEN

En regiones de climas fríos, el concreto enfrenta desafíos considerables debido a las condiciones climáticas adversas. Entre estas dificultades se incluyen la resistencia del material a fraguar con rapidez, las complicaciones para manipularlo durante la mezcla y su propensión a mostrar una resistencia a la compresión (RC) disminuida. Estas limitaciones, intrínsecas a los climas fríos, inciden directamente en la calidad y la durabilidad de las estructuras de concreto. En vista de esta problemática, el fin primordial del estudio radica en evaluar cómo la incorporación de Nitrato de Calcio podría incidir de manera positiva en las propiedades del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en entornos climáticos fríos. Para ello se ha adoptado un enfoque cuantitativo, uso del método hipotético-inductivo, y con un diseño experimental. A través de la observación documentada se recopilieron datos provenientes de fuentes secundarias. Asimismo, en el laboratorio especializado se emplearon fichas de observación como instrumentos para capturar detalles precisos sobre las propiedades de tanto los agregados como el concreto. Los hallazgos obtenidos han demostrado de manera concluyente que la incorporación de diversas proporciones de nitrato de calcio mejora de manera efectiva las propiedades del material, con indicadores superiores en comparación al concreto patrón. En conclusión, al optimizar las propiedades del material en climas fríos, se fomenta la creación de estructuras más duraderas y resilientes, contribuyendo a un panorama de construcción más efectivo y confiable en condiciones adversas.

Palabras clave: Concreto, Clima Frío, Fraguado, Nitrato de Calcio, Resistencia.

ABSTRACT

In cold climate regions, concrete faces considerable challenges due to adverse weather conditions. These difficulties include the material's resistance to set quickly, the complications of handling it during mixing, and its propensity to exhibit decreased compressive strength (CR). These limitations, intrinsic to cold climates, directly impact the quality and durability of concrete structures. In view of this problem, the main purpose of the study is to evaluate how the incorporation of calcium nitrate could positively affect the properties of concrete $f'_c=210$ kg/cm² in cold climatic environments. A quantitative approach, using the hypothetico-inductive method, and an experimental design has been adopted for this purpose. Data from secondary sources were collected through documented observation. Likewise, in the specialized laboratory, observation sheets were used as instruments to capture precise details about the properties of both aggregates and concrete. The findings have conclusively demonstrated that the incorporation of various proportions of calcium nitrate effectively improves the properties of the material, with superior indicators compared to the standard concrete. In conclusion, optimizing material properties in cold climates promotes the creation of more durable and resilient structures, contributing to a more effective and reliable construction landscape in adverse conditions.

Keywords: Concrete, Freezing Weather, Setting, Calcium Nitrate, Strength.

NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c= 210 \text{ Kg}_\text{cm}^2$

AUTOR

EDISON CRUZ COLQUE

RECuento DE PALABRAS

24310 Words

RECuento DE CARACTERES

135283 Characters

RECuento DE PÁGINAS

195 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.8MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 15, 2023 10:59 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 15, 2023 11:01 AM GMT-5

● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

INTRODUCCIÓN

El concreto, con su amplia utilización en construcciones debido a su disponibilidad de materias primas, bajo costo, durabilidad, y capacidad de RC, es un recurso esencial dentro de la ingeniería civil. A pesar de ello, este material enfrenta desafíos sustanciales en climas fríos, donde su desarrollo temprano de resistencia se ve severamente limitado, y la exposición a tiempos de congelación y su descongelación puede acarrear daños irreparables (Yu et al., 2023). En este contexto, la importancia de un adecuado proceso de curado se vuelve fundamental para prevenir gradientes térmicos, siguiendo las recomendaciones del ACI (2001) en su guía 308, que subrayan la influencia directa de las condiciones climáticas en las propiedades del material. Estos gradientes térmicos pueden ocasionar tensiones internas y fisuras, lo cual compromete significativamente tanto la resistencia como la durabilidad del material. En entornos de climas fríos, que el material gane resistencia es mediante un desarrollo a un ritmo más pausado, lo que impacta negativamente en la fase de retirada de encofrados, retrasa las etapas subsiguientes y conlleva un incremento en el tiempo y los costos totales del proyecto. En el contexto canadiense, se constata un aumento adicional que oscila entre un 5% y un 10% en los costos de construcción. Un ejemplo concreto proveniente de Estados Unidos ilustra de manera vívida cómo las medidas de protección invernal pueden desencadenar un aumento substancial de 750.000 dólares en los gastos (Chen et al., 2020). Estas implicaciones subrayan la imperiosa necesidad de explorar soluciones orientadas a optimizar el desempeño del material en climas fríos, con el fin de

mejorar la gestión y la economía de los proyectos constructivos en estas condiciones desafiantes.

En Arequipa debido al clima frío, los aditivos aceleradores de fragua son muy requeridos para su utilización en la elaboración de mezclas, ya que este ayuda a fraguar más rápido el elemento y acelerar su endurecimiento al ser colocado en obra, logrando así una mayor resistencia en una etapa temprana. Es por todo ello que el presente estudio tuvo como principal fin de diseñar un concreto con la adición del aditivo de nitrato de calcio y evaluar sus principales propiedades en su estado tanto fresco como endurecido expuesto a climas fríos en Arequipa.

La estructura del estudio está dividida por seis capítulos, los cuales son descritos a continuación:

En el primer capítulo, se introduce la problemática a nivel internacional, nacional y local. Este análisis contextual permite destacar los problemas tanto específicos como generales que se pretenden abordar en la investigación. Adicionalmente, se establecen los propósitos que guiarán el estudio, se presenta la justificación que respalda la necesidad de la investigación, y se esclarecen las limitaciones que marcarán los alcances del trabajo.

El segundo capítulo ahonda en los antecedentes encontrados a nivel global en relación con el tema de investigación. Estos antecedentes brindan un contexto histórico y una visión más completa del tema. Además, se exponen las bases teóricas proporcionando un marco conceptual sólido.

En el siguiente capítulo se detalla minuciosamente la metodología empleada, se describe cómo se llevó a cabo la investigación de manera general, y se detallan las técnicas e instrumentos utilizados para recolectar los datos de campo. Estos datos son esenciales para respaldar los análisis y conclusiones posteriores.

En el cuarto capítulo, se expone minuciosamente el desarrollo de la investigación, desglosando cada etapa seguida durante la experimentación en el laboratorio especializado. En el quinto capítulo, se expone detalladamente los resultados obtenidos, ofreciendo una visión completa de los hallazgos provenientes del análisis de data recolectada.

El sexto y último capítulo culmina con la discusión en profundidad de los resultados obtenidos. Se contrastan los hallazgos con las hipótesis, evaluando su validez y coherencia. Además, se presentan las conclusiones de la interpretación de los datos y se ofrecen recomendaciones basadas en los resultados obtenidos. El último apartado cierra con las referencias bibliográficas y los anexos que respaldan y complementan el contenido expuesto en los capítulos anteriores.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

En el mundo, el concreto es reconocido como un material ampliamente empleado en construcción, enfrentando constantes exposiciones a las cambiantes condiciones climáticas de nuestro planeta. Las fluctuaciones en la temperatura en diferentes regiones geográficas generan una dinámica diaria. Estas variaciones impactan en las propiedades del material, lo que podría plantear una amenaza potencial para el desarrollo óptimo de sus características tanto en su fase fresca como endurecida, afectando su calidad (Qaidi et al., 2022).

Dentro del ámbito profesional de la ingeniería civil, se encuentran desafíos multidimensionales que abarcan no solo la etapa de diseño y construcción, sino también la selección y empleo de materiales en proyectos e infraestructuras civiles. En particular, en lo que respecta al concreto, es esencial destacar que sus propiedades intrínsecas de resistencia, tanto en compresión como en flexión, junto con su durabilidad y cohesión, están intrínsecamente vinculadas a la finalidad de su uso y al contexto ambiental al que estará expuesto. Surge una consideración clave: la calidad del concreto

está inextricablemente ligada a la composición de sus elementos constituyentes, y es conocido que, en ocasiones, debido a limitaciones presupuestarias, se opta por elementos que no exhiben las propiedades y atributos ideales (Angst, 2018). Además, se suma el impacto de variables de otras características como la temperatura y las condiciones climáticas propias de la región donde se ejecutan las obras, lo que agrega un nivel adicional de complejidad a la ecuación.

Por ejemplo, las estructuras formadas de concreto para infraestructuras viarias se enfrentan no sólo a diversos estados de carga (como cargas estáticas, de impacto y de explosión), sino también a cargas ambientales (como congelación-descongelación, húmedo-seco, sal de deshielo en regiones frías). Algunas regiones experimentan temperaturas invernales bajo cero como en la India. En estas regiones, los elementos de concreto sufren ciclos de congelación y descongelación y la durabilidad también son afectadas por la acción de las heladas.

Tabla 1

Temperatura mínima del concreto

| Línea | Temperatura del Aire | Dimensiones de la sección, dimensión mínima (mm.) | | | |
|---|----------------------|---|---------|----------|------|
| | | 300 | 300-900 | 900-1800 | 1800 |
| Temperatura mínima del concreto colocado y para mantenimiento | | | | | |
| 1 | - | 13°C | 10°C | 7°C | 5°C |
| Temperatura mínima del concreto para la mezcla de acuerdo a la temperatura del aire | | | | | |
| 2 | -1°C | 16°C | 13°C | 10°C | 7°C |
| 3 | -18°C a -1°C | 18°C | 16°C | 13°C | 10°C |
| 4 | -18°C | 21°C | 18°C | 16°C | 13°C |
| Máxima temperatura permitida en las primeras 24 hrs. al final del período de protección | | | | | |
| 5 | - | 28°C | 22°C | 17°C | 11°C |

Nota. Tomado del ACI Comité 306 (2001)

En Turquía, de acuerdo con investigaciones realizadas, el volumen de agua experimenta un aumento de aproximadamente 9% al congelarse. Sin embargo, a temperaturas por debajo de +5 °C, se produce una marcada disminución en las reacciones químicas entre el agua y cemento. Esta ralentización en la hidratación del cemento en condiciones de baja temperatura resulta en un retardo en el proceso de fraguado. No obstante, es fundamental destacar que si el concreto no logra adquirir suficiente resistencia durante su fraguado y posterior congelación, se corre el riesgo de obtener un concreto con fisuras y baja resistencia, ya que el agua en los poros capilares se llega a congelar y expandir, dando lugar a estas problemáticas (Çullu & Arslan, 2013).

Por otro lado, en Suecia estudios identificaron una problemática crucial en relación con el rendimiento del concreto convencional (diseño con el uso del cemento Portland) en condiciones de temperaturas bajas. Las propiedades del ligante cementoso y las condiciones de exposición ejercen un impacto significativo, especialmente en lo que respecta a la velocidad de hidratación y, por ende, al desarrollo de la RC de este importante material. A temperaturas reducidas, se observa una disminución de la intensidad de la hidratación, lo que resulta en un alargamiento del tiempo de fraguado y una disminución de hasta un 20-40% en la ganancia de resistencia. La congelación exacerba la situación al inducir migración de humedad hacia la matriz del ligante, promoviendo la formación de hielo que interfiere con los procesos de hidratación y transformación de fase. Este fenómeno se traduce en la expansión del hielo en un 9% dentro del concreto solidificado, generando tensiones y deformaciones en los poros del material, lo que puede resultar en

daños permanentes si la resistencia a la tracción de la matriz del ligante no es adecuada. (Kothari et al., 2020).

Del mismo modo, en América Latina, el uso de este material en la construcción sigue siendo significativo y no se limita a la construcción de estructuras de edificios; también se utiliza ampliamente en la ingeniería y mantenimiento de carreteras, proyectos de ingeniería hidráulica y puentes, entre otros. Ejemplo de ello, se señala que Chile es de los principales centros de estudio del concreto, puesto que sus edificaciones de gran altura requieren de materiales de alta resistencia y durabilidad bajo condiciones sísmicas y meteorológicas extremas (Holmberg, 2020).

Es de suma relevancia considerar que el factor climático es fundamental en el proceso de diseño, vertido y colocación de las mezclas del concreto, adquiriendo una significancia aún mayor en entornos de condiciones climáticas frías extremas. En este contexto, se desencadenan ciclos repetitivos de humedecimiento, congelación y descongelación, lo que resulta en un fenómeno de saturación, fraguado deficiente en sus etapas iniciales, formación de grietas y una disminución en la RC del concreto. Esta compleja coyuntura presenta un desafío substancial para la ingeniería civil, ya que el objetivo es garantizar que el concreto, independientemente de las condiciones climáticas, exhiba tanto la adecuada resistencia como la durabilidad necesaria en estricta conformidad con las normativas establecidas (Sassani et al., 2018).

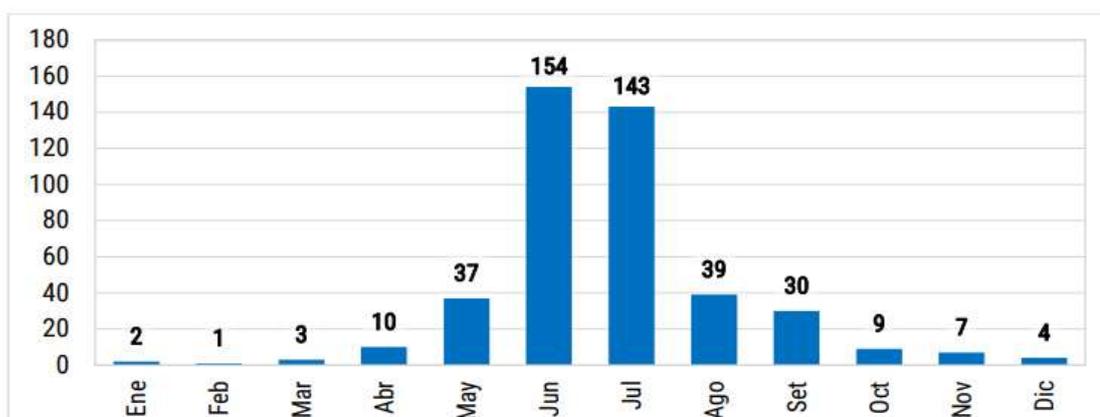
En el Perú, las características climáticas son muy específicas debido a su variada extensión territorial. La altitud del altiplano varía entre 500 y 4000 msnm y cubre un área de 364 716 km², que es el 28% del territorio del país

(Ministerio de Agricultura y Riego, 2020). Esta situación tiene un impacto significativo en el empleo del concreto, pero a pesar de ello los diseños de mezcla no suelen tener especialmente en cuenta las condiciones climáticas y no se realizan las mediciones permanentes necesarias para ello.

Este tipo de condiciones térmicas se experimentan en diversas zonas, principalmente en la región de la sierra sur del país, así como en localidades como “Huancavelica, Moquegua, Arequipa, Tacna, Cusco, Puno, Apurímac, Ayacucho” y otras regiones como Pasco y Junín. Estas fluctuaciones abruptas de temperatura tienen lugar a altitudes superiores a los 3000 m.s.n.m. y pueden manifestarse en lapsos cortos o incluso de un día a otro. Las heladas son comunes entre los meses de abril y setiembre, alcanzando su punto más bajo en junio, julio y agosto. De acuerdo al INDECI, entre los años 2003 y 2022 se registraron 439 incidentes de heladas, siendo más frecuentes durante los meses invernales, con el pico más alto en junio (154 heladas).

Figura 1

Registro mensual de emergencias por heladas. Arequipa – periodo 2003 - 2022



Nota. Tomado de CENEPRED (2022)

La "Norma E060: Concreto Armado", establece la necesidad de demostrar la capacidad de los aditivos empleados en la construcción para mantener una composición y rendimiento esencialmente equivalente a los productos convencionales. Sin embargo, es crucial reconocer que la introducción de aditivos, a pesar de sus beneficios, puede generar modificaciones tanto directas como indirectas en las propiedades del material. La consideración meticulosa de estos efectos se vuelve imperativa para asegurar la calidad predeterminada del producto final. En este escenario, se destaca una carencia inquietante de investigaciones exhaustivas sobre diversos aditivos no convencionales, una problemática que permea toda la industria de la construcción e ingeniería. Esta falta de análisis detallados plantea interrogantes sobre su impacto en la calidad superior y la durabilidad de las diversas estructuras edificadas en todo el mundo, resaltando la necesidad urgente de abordar esta falta de conocimiento (Narvaez, 2020).

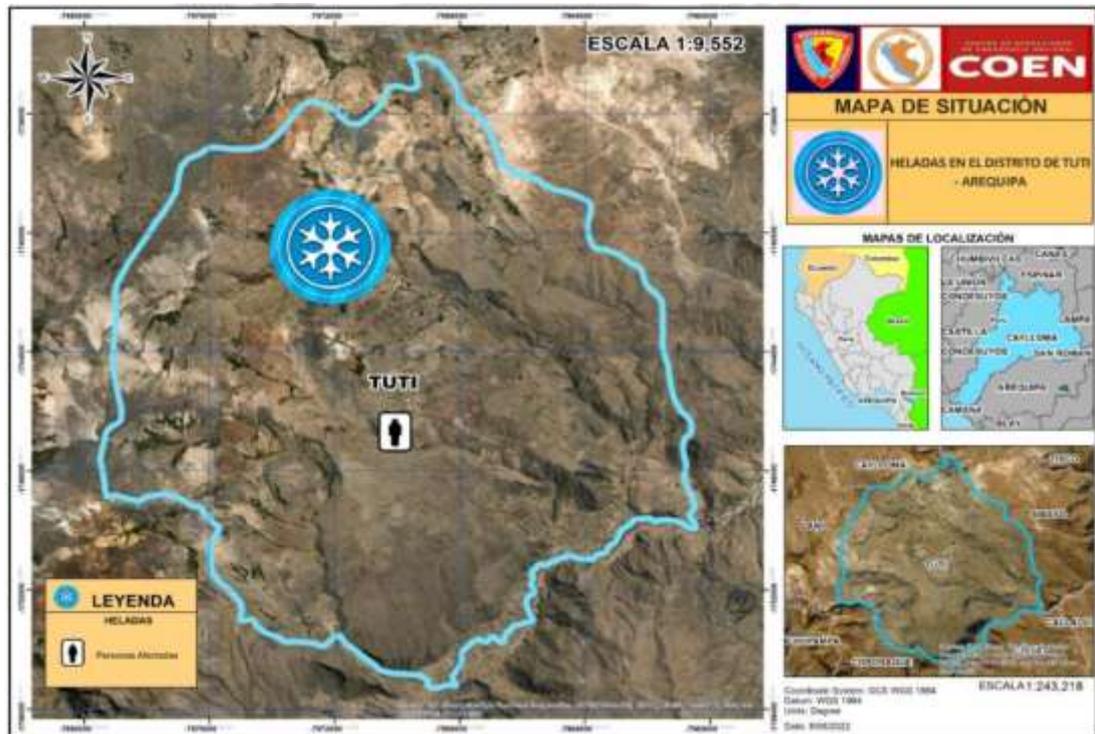
Actualmente los aditivos pueden hacer que las características de producción del concreto sean diferentes al concreto convencional. En Arequipa, los aditivos aceleradores de fragua son muy utilizados en la elaboración del material constructivo, ya que ayuda a fraguar más rápido el elemento y acelerar el endurecimiento del concreto colocado en obra, logrando así una mayor resistencia en una etapa temprana. Partiendo de esa premisa, el uso del nitrato de calcio como un aditivo se vislumbra como un potencial acelerador del fraguado ya que también es un producto de fácil acceso porque es muy empleado como fertilizante en la agricultura de la localidad (Zamora, 2021).

En entornos de bajas temperaturas, donde el termómetro desciende a menos de 4 °C durante más de tres días, el proceso de hidratación del cemento Portland se ve amenazado, incrementando considerablemente el riesgo de congelación y generando una merma significativa, hasta del 50%, en la resistencia del concreto. Aunque la inclusión de aditivos como el nitrato de calcio (NC) proporciona posibles soluciones, surgen desafíos en términos de eficacia y comprensión total de su rendimiento, sobre todo en distintos lapsos de enfriamiento. Más allá de su capacidad para acelerar el fraguado, se ha observado que el NC, cuando se administra en cantidades apropiadas, actúa de manera efectiva como inhibidor frente a la corrosión inducida por cloruros en el acero de refuerzo, añadiendo complejidad a la resolución de esta problemática invernal (Kicaite, 2020).

Siguiendo la misma línea de pensamiento, en el ámbito local del Distrito de Tuti, ubicado en la Provincia de Caylloma, de la Región Arequipa, el “REPORTE PRELIMINAR N° 1351-8/6/2022/COEN-INDECI/13:30 HORAS”, indica que este distrito ha experimentado episodios de heladas que han impactado negativamente en la salud de los habitantes. Un panorama similar se refleja en un informe de emergencia de la localidad emitido por el INDECI, donde se detalla que las heladas han causado perjuicios en la salud de las personas, la fauna y las cosechas en las zonas situadas dentro del Distrito de Tuti.

Figura 2

Registro clima de heladas y ubicación en el Distrito de Tuti



Nota. Tomado de INDECI (2023)

La revisión de estos antecedentes revela de manera concluyente que la presencia recurrente de heladas constituye un factor de vital relevancia que no puede ser obviado, sobre todo cuando se abordan proyectos en la mencionada zona del Distrito de Tuti. Es innegable que este clima frígido conlleva una amenaza tangible que puede repercutir negativamente en la calidad del concreto, afectando de manera directa tanto sus propiedades, lo que pone en riesgo el desarrollo idóneo de dichas propiedades.

En relación a lo expuesto, se buscó evaluar las distintas propiedades de un concreto expuesto a los climas fríos del departamento de Arequipa al que se le incorpora un aditivo ecoamigable (nitrato de calcio), buscando

optimizar los “tiempos de fragua, trabajabilidad y la RC” para distintas puestas en obra.

1.2. Definición del problema

Tras una revisión de la literatura focalizada en el área de interés, se realizó una encuesta (ver Anexo N°9) a 4 profesionales con experiencia en la ingeniería y tecnología del concreto, que ayudaron a brindar información detallada sobre la problemática y alcances más relevantes. Los resultados obtenidos, proporcionaron una base sólida y sustentada para comprender el problema en cuestión, presentado los resultados analizados a continuación.

Tabla 2

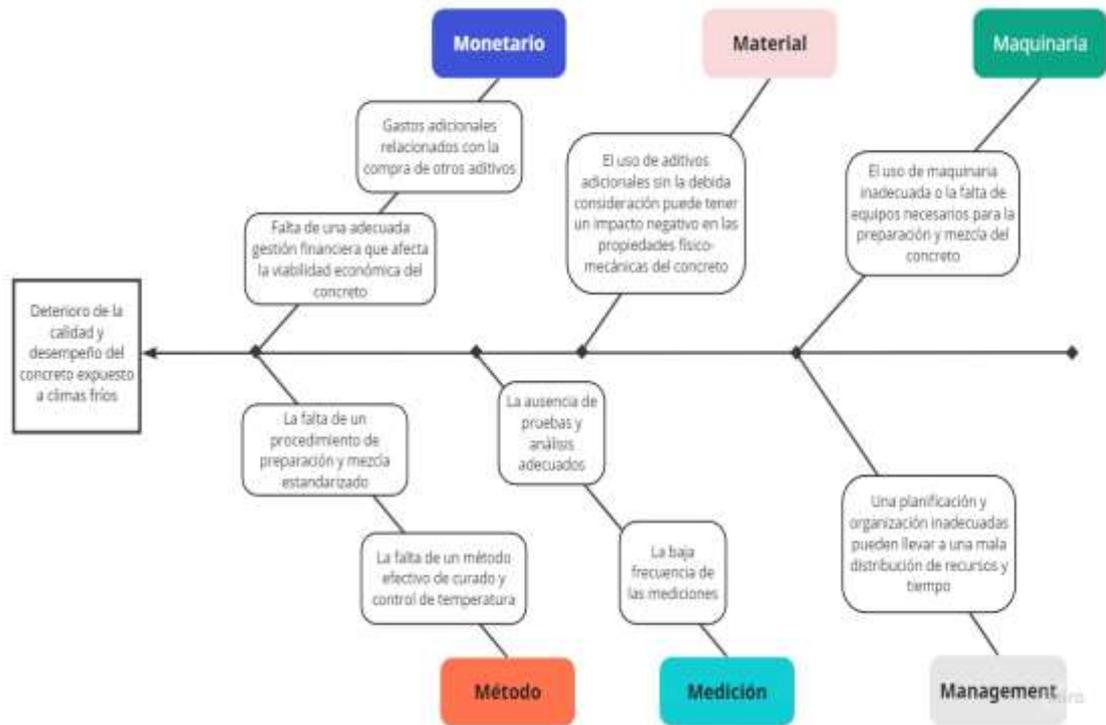
Resumen encuesta a expertos

| Pregunta | Respuesta |
|-------------------|---|
| Problemas comunes | <ul style="list-style-type: none">• Agrietamiento• Fisuras• Desprendimiento |
| Consideraciones | <ul style="list-style-type: none">• Usar estrategias para mantener temperatura• Cubrir y abrigar la superficie |
| Importancia | <ul style="list-style-type: none">• Para los costos• Resistencia del concreto• Calidad del concreto |

Nota. Elaboración propia (2023)

Figura 3

Diagrama Ishikawa



Nota. Elaboración propia (2023)

Con este propósito, el presente estudio se enfocó en examinar la viabilidad de la utilización del nitrato de calcio como agente coadyuvante para potenciar las características del concreto, optimizar los gastos en proyectos constructivos y ofrecer, simultáneamente, estructuras de excelencia en cuanto a calidad y solidez.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo influye el uso de Nitrato de Calcio (NC) en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en climas fríos, Arequipa 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo actúa la adición del Nitrato de Calcio en la trabajabilidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023?
- ¿Cuál es el efecto de la incorporación del Nitrato de Calcio en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023?
- ¿Cómo afecta el uso del Nitrato de Calcio en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023?
- ¿En qué medida influye el uso del Nitrato de Calcio en el costo por metro cúbico del concreto $f'c= 210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la influencia del uso de Nitrato de Calcio en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo el uso del Nitrato de Calcio afecta la trabajabilidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023.

- Examinar la influencia del uso del Nitrato de Calcio en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023.
- Analizar el impacto de la incorporación del Nitrato de Calcio en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023.
- Determinar de qué manera el uso del Nitrato de Calcio incide en el costo por metro cúbico del concreto $f'c= 210$ kg/cm² en climas fríos, Arequipa 2023.

1.5. Justificación

Al considerar la accesibilidad del Nitrato de Calcio, un compuesto de uso común como fertilizante, este estudio se orientó hacia la generación de un aporte social, investigando su potencial como aditivo ecoamigable en el concreto, con miras a futuras aplicaciones en proyectos de ingeniería que garanticen seguridad y adaptación a las condiciones climáticas locales. Desde una perspectiva teórica, esta investigación desvelará el mecanismo de acción y la influencia al adicionar el nitrato de calcio, un elemento cuyo empleo y exploración en la tecnología del concreto para optimizar propiedades (trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia) han sido relativamente limitados.

En términos metodológicos, la justificación radica en el riguroso procedimiento experimental, ejecutado de manera secuencial y alineado con métodos pertinentes, con el propósito de obtener resultados que validen las

hipótesis planteadas y permitan la formulación de mezclas de concreto modificadas para enfrentar bajas temperaturas. Esta metodología posee la versatilidad de ser adaptada a futuros estudios, especialmente cuando se requiera evaluar el impacto directo del aditivo en el concreto, dado que su aplicación durante las pruebas y el diseño de mezclas se ajustará a las normativas peruanas e internacionales.

Según Tian et al. (2022), la evaluación del concreto expuesto a climas fríos requiere especial atención a propiedades clave como la resistencia a la compresión, el fraguado eficiente y la trabajabilidad. La resistencia a la compresión es esencial para contrarrestar las tensiones generadas por cambios bruscos de temperatura, evitando así el desconchamiento. Un fraguado óptimo asegura la formación adecuada de enlaces químicos, crucial para la integridad estructural, mientras que una buena trabajabilidad facilita la colocación homogénea del concreto, contribuyendo a resistir tensiones internas y minimizando la acumulación de presión de poros durante el calentamiento (Algourdin et al., 2020).

Asimismo, esta metodología puede adaptarse adecuadamente a futuros estudios en los que sea necesario conocer el impacto directo del aditivo en el concreto, ya que la normativas peruana e internacional se aplicará a los ensayos y diseños de mezcla del concreto modificado durante la manipulación experimental

En cuanto a su justificación práctica, esta investigación contribuirá significativamente al ámbito técnico y teórico de la ingeniería, al proporcionar puntos de referencia para investigadores y datos analíticos valiosos para la

toma de decisiones por parte de ingenieros de construcción, al considerar la aplicación definitiva de este aditivo en proyectos reales.

De acuerdo a investigaciones efectuadas en diversas ocasiones en entornos de climas fríos, se ha destacado la versatilidad demostrada por el nitrato de calcio como aditivo para el concreto en condiciones extremas. No obstante, la dosificación de este aditivo se halla intrínsecamente ligada a una serie de variables ambientales, características de los agregados, propiedades del tipo de cemento, presencia de agua, entre otros factores determinados por la ubicación en la que se planea implementar. El enfoque adoptado en el Distrito de Tuti se justifica por su adecuación a las condiciones requeridas para el estudio de este aditivo, siendo una localidad de naturaleza agrícola y albergando el clima óptimo para la investigación. El empleo del NC como aditivo puede ser viable en zonas donde la disponibilidad del fertilizante sea alta y las condiciones climáticas sean propicias. Cabe resaltar que la cantidad de aditivo requerida varía considerablemente entre diferentes lugares, por lo cual resulta esencial realizar investigaciones específicas para establecer la proporción óptima en cada localidad donde se pretenda su utilización.

1.6. Viabilidad

Se realizó un análisis exhaustivo para asegurar la disponibilidad de los recursos fundamentales. Se garantizó el presupuesto requerido para abarcar todas las fases del estudio, así como la presencia de personal hábil, equipos y materiales necesarios. Además, se veló por el acceso a información confiable y pertinente, respaldando de esta manera la perspectiva teórica y contextual del proyecto.

En paralelo, se estableció un plazo adecuado para llevar a cabo cada etapa con minuciosidad. Por ejemplo, los ensayos de laboratorio se realizaron durante un periodo de 2 meses, abarcando desde la recolección de materiales hasta los últimos ensayos de rotura de los concretos con 28 días de curado. Al evitar presiones temporales, se aseguró la ejecución completa de investigaciones de campo y análisis de laboratorio, lo que contribuyó a la firmeza y validez de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, se priorizó el acceso a recursos informativos confiables y pertinentes, incluyendo artículos de investigación y regulaciones nacionales e internacionales relacionadas con el concreto. Esta iniciativa garantizó que la investigación se sustentara en datos sólidos y actualizados, superando posibles obstáculos derivados de la dificultad en la obtención de información o su restricción.

Una elección meticulosa se llevó a cabo al seleccionar la metodología de diseño experimental, asegurando que fuera adecuada para abordar las interrogantes planteadas por la investigación. Esta decisión aseguró la integridad y la confiabilidad de los resultados, asegurando que cada descubrimiento se alineara con los objetivos del estudio.

Además, se mantuvo constante consideración ética a lo largo de todo el proceso, ya que se elaboró un protocolo que respetara los principios éticos y las regulaciones pertinentes, en especial en lo que respecta a los análisis de laboratorio y las citas apropiadas de los autores mencionados en el respaldo teórico.

Del mismo modo, los objetivos de investigación se establecieron de manera precisa, medible y realista, tomando en cuenta el asesoramiento de especialistas y las bases previas para su formulación. Esta perspectiva otorgó una guía coherente a cada etapa del proceso, evitando cualquier confusión y garantizando la obtención de resultados claros y definidos.

El propósito fundamental de la investigación radicó en aportar conocimiento valioso al campo de estudio. Cada paso de la investigación fue desarrollado con relevancia, asegurando así una contribución tangible al progreso del conocimiento en la materia.

Aunque la investigación fue financiada de forma independiente y se utilizaron recursos de un laboratorio con certificación, se contó con el respaldo y la experiencia tanto del investigador como de los especialistas del laboratorio. Esto permitió llevar a cabo con éxito cada etapa del proyecto, asegurando la coherencia y robustez en todos sus aspectos.

1.7. Limitaciones

Durante el desarrollo se enfrentaron ciertas limitaciones relacionadas principalmente con el acceso a laboratorios especializados para llevar a cabo la experimentación y obtener datos. La localidad de estudio, Tuti, se caracteriza por tener una concentración de actividades económicas principales en áreas como la agricultura, la ganadería, comercio y la manufactura, lo cual dificultó encontrar laboratorios adecuados para realizar los ensayos necesarios. A pesar de esta limitación, se lograron establecer condiciones adecuadas para llevar a cabo la investigación, garantizando la

confiabilidad de los resultados obtenidos.

Además, se encontró una escasa disponibilidad de información a nivel internacional sobre el desempeño específico del aditivo de nitrato de calcio en cuanto a la RC del concreto y su trabajabilidad. No obstante, se pudo acceder a antecedentes y estudios relacionados con la obtención, preparación y uso del aditivo en diferentes elementos. La información a nivel nacional resultó valiosa para reforzar el contenido teórico requerido y complementar el estudio.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En una recopilación de investigaciones a nivel internacional, se destaca la contribución de Dorn et al. (2023), que en su investigación "Mecanismo de funcionamiento del NC como acelerador de la hidratación del cemento Portland", que tuvo como objetivo examinar el impacto del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en la formación de fases de hidratación comercial y en la evolución de concentraciones iónicas en soluciones de poro tempranas tras la adición de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. A través de un enfoque metodológico que incluyó calorimetría isotérmica, ensayos de RC y análisis de composición de soluciones de poro, se concluyó que el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ favorece la producción de etringita y de una fase AFm con nitrato, particularmente en concentraciones más altas (5 % en peso). Estos hallazgos informan sobre los mecanismos de acción de los aceleradores de hidratación del cemento, lo cual es esencial para controlar de manera precisa la hidratación temprana del cemento en situaciones específicas. Su relevancia radica en su aporte a la comprensión de cómo el nitrato de calcio puede influir en la hidratación del concreto y en la formación

de sus fases, permitiendo un uso más efectivo de este aditivo en aplicaciones concretas.

Asimismo, se resalta el trabajo de Pushpalal et al. (2022), quienes en su estudio titulado "Desarrollo de la RC y propiedades de durabilidad del concreto con cenizas volantes de alto contenido cálcico en climas extremadamente fríos" se propusieron analizar cómo la morfología y mineralogía de las cenizas volantes de alto contenido cálcico (HCFA) influyen las características del concreto. Empleando un enfoque experimental y explicativo de naturaleza cuantitativa, los resultados revelaron que los especímenes sometidos a un proceso de precurado diferente presentaron una pérdida permanente de resistencia del 24% en comparación con aquellos curados en agua a 20 °C durante 28 días antes de ser expuestos al invierno. Esta investigación se enfoca en la necesidad de comprender cómo la morfología y mineralogía de las HCFA inciden en las propiedades del concreto en ambientes fríos, contribuyendo al conocimiento de su comportamiento y brindando información relevante para futuras aplicaciones en condiciones climáticas extremas.

Por otro lado, Inoue et al. (2022) desarrollaron la investigación "Características de desarrollo de la RC de las pastas de cemento con adición de nitrito a temperaturas bajo cero", con el propósito de explorar el uso de nitrito de litio y nitrito de calcio como agentes anticongelantes en pastas de cemento. La metodología involucró estudios fisicoquímicos para comprender la relación entre el desarrollo de la RC y el desarrollo de los hidratos en el punto de congelación inmediatamente después del mezclado, al variar las

cantidades de agentes anticongelantes añadidos para distintos diseños de mezcla. Los resultados indicaron que el nitrito de litio disminuye el clima de congelación de la pasta de cemento en comparación con el nitrito de calcio, y un mayor contenido de nitrito de litio inhibe la congelación, mejorando la hidratación incluso por debajo del punto de congelación. Este estudio brinda conocimientos esenciales sobre el uso de agentes anticongelantes en condiciones de temperaturas bajo cero y su impacto en la RC del concreto, contribuyendo a la optimización de prácticas de construcción en ambientes fríos y proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.

En línea con esta temática, Skripkiūnas et al. (2021) realizaron la investigación "Impacto del NC en las propiedades del concreto curado a bajas temperaturas". El estudio se propuso evaluar cómo el nitrato cálcico (NC) influía en los procesos de endurecimiento de la pasta de cemento y en las características del material endurecido a distintas temperaturas de curado. Mediante el uso de cementos Portland-cal de alta y baja temperatura, se abordó el efecto del NC en las "propiedades reológicas y de fraguado" del concreto. Se señalaron que concentraciones de NC hasta el 1,5% actuaban como plastificante, aunque cantidades mayores aumentaban la viscosidad. La duración del fraguado inicial y final se redujo de manera eficiente al aplicar el 3% de NC a +5 °C y 0 °C. En estas condiciones, el uso del 3% de NC disminuyó significativamente el tiempo de fraguado inicial, logrando reducciones de 7,4 y 5,4 veces para pastas de alta resistencia inicial, y de 3,5 y 3,4 veces para pastas estándar, en comparación con el cemento sin NC. El aporte de este estudio radica en la comprensión detallada de cómo el NC afecta las propiedades y el comportamiento del material a bajas temperaturas,

lo cual resulta relevante para aplicaciones en condiciones climáticas extremas.

Por su parte, el trabajo de Liu et al. (2020) titulado "Impacto del tratamiento de prepolimerización y los aceleradores químicos en los morteros de cemento Portland a bajas temperaturas (5 °C)", se propuso analizar el comportamiento de los morteros de cemento bajo condiciones de baja temperatura junto con un tratamiento de precurado y la adición de aceleradores químicos como cloruro de calcio (CaCl_2), NaNO_2 , K_2CO_3 y Na_2SO_4 . Se enfocaron en las características mecánicas, el tiempo de fraguado, el calor de hidratación liberado y las microestructuras. Se observó que el curado a 5 °C, en comparación con el curado tradicional a 20 °C, disminuyó la resistencia mecánica tanto de los morteros sin tratamiento químico como de los tratados. Aunque todos los compuestos aceleraron los procesos de hidratación, las RC variaron entre las diferentes combinaciones. Asimismo, se destacó la relevancia del intervalo de tiempo entre el fraguado inicial y final, ya que un período más corto resultó en una disminución de la RC debido a una mayor frecuencia de fracturas en la matriz de cemento. Estos resultados aportan una visión precisa de cómo los tratamientos químicos y las condiciones de temperatura influyen en las propiedades del concreto y los morteros a bajas temperaturas, proporcionando conocimientos útiles para futuras aplicaciones en la construcción en entornos fríos.

Asimismo, Zhang et al. (2020) abordaron la temática en su investigación titulada "Utilización de semillas de calcio-silicato-hidrato como acelerador energético en el concreto en condiciones climáticas frías". Su objetivo se centró en analizar el efecto del calcio-silicato-hidrato en el

comportamiento del concreto bajo bajas temperaturas. Su enfoque metodológico combinó un diseño experimental con un enfoque explicativo-cuantitativo. Los resultados obtenidos en su investigación son notables, ya que se observaron que la inclusión de calcio-silicato-hidrato tuvo un impacto significativo en la RC inicial RC del concreto. A los 28 días, la RC alcanzó un valor de 74,2 MPa, en contraste con los 75,3 MPa obtenidos en el concreto sin el aditivo a temperaturas normales. Estos resultados sugieren que el aditivo puede actuar como un acelerador energético, potenciando la resistencia mecánica del concreto en condiciones climáticas frías. En conjunto, este estudio contribuye de manera sustancial al entendimiento de cómo la incorporación de calcio-silicato-hidrato puede influir en las propiedades del concreto.

En consonancia con este contexto, München et al. (2019) llevaron a cabo la investigación "Impacto en las propiedades del concreto sometido a curado en bajos climas", con el propósito de examinar el cambio de las temperaturas de curado en el concreto. El enfoque metodológico adoptado consistió en un diseño experimental de alcance explicativo. Como resultado, se constató que las mezclas del material con un mayor contenido de cemento exhibieron un mejor rendimiento en términos de resistencia inicial a temperaturas por debajo de los 3°C. Además, se observó que el curado a bajas temperaturas favoreció la formación de mezclas más íntegras a una edad posterior, gracias a un mayor índice de propagación de ondas ultrasónicas y resistencia, impulsados por la hidratación residual del cemento.

De manera similar, Narasimha y Ahmed (2019) realizaron una investigación con el título "Influencia de los aditivos anticongelantes en el

comportamiento del concreto en climas fríos", con el objetivo de evaluar el desempeño del concreto en temperaturas frías mediante el uso de aditivos anticongelantes en lugar de recurrir a técnicas de calentamiento. El enfoque metodológico fue de naturaleza explicativa con un diseño considerado como experimental. Entre los resultados obtenidos se compararon la utilización de aditivos frente a la mezcla sin adición de anticongelante. Los hallazgos indican que la incorporación de un 3% de carbonato de potasio y un 3,5% de sodio puede aumentar la resistencia del concreto, aportando así valiosa información para la mejora de su rendimiento en condiciones climáticas adversas.

Por otro lado, Huang et al. (2019) contribuyeron a este panorama mediante su estudio titulado "Proceso de hidratación y desarrollo de resistencia en el mortero de cemento sulfoaluminado de calcio sometido a bajas temperaturas". La investigación se centró en explorar la hidratación del concreto mediante la incorporación de sulfoaluminado de calcio a distintas temperaturas, analizando su influencia en la resistencia. El enfoque metodológico adoptado fue un diseño experimental con enfoque cuantitativo. Los resultados revelaron que con este aditivo, la hidratación se completó en las primeras 24 horas, logrando un incremento del 30% en la velocidad de desarrollo de resistencia en temperaturas entre 5 °C y 10 °C. Esta información se considera como valiosa para el mejoramiento de la resistencia en concreto sometido a condiciones climáticas frías.

Finalmente, Choi et al. (2019) contribuyeron al abordaje de esta temática mediante su artículo "Estudio fisicoquímico sobre las propiedades de desarrollo de la RC en el concreto para climas fríos mediante el uso de

aceleradores a base de nitrito y nitrato de calcio". Su investigación se centró en la revisión de las características fisicoquímicas para entender la correlación entre la formación de hidratos y el desarrollo de RC, tanto en edades tempranas como posteriores, en respuesta a la incorporación de diferentes cantidades de acelerantes de nitrito-nitrato al concreto. Su enfoque experimental incluyó la utilización de un aditivo acelerante a base de nitrito-nitrato (NC) para mantener la temperatura interna del concreto a un mínimo de 5 °C durante las primeras 24 horas después del amasado. Los resultados indicaron que la presencia de nitrito-nitrato aceleraba la hidratación del cemento en función de su concentración, mejorando la RC inicial del concreto y mitigando los daños causados por heladas tempranas. El incremento de la concentración de nitrito-nitrato se correlacionó con un aumento en la RC inicial del concreto, mientras que a medida que avanzaba la edad, se observó la formación de hidratos de nitrito-nitrato con estructuras cristalinas en forma de aguja y un comportamiento de fractura frágil.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

A nivel de investigaciones nacionales se destaca a Apac y Rojas (2021), ya que en su tesis se propusieron como objetivo principal analizar y proporcionar datos experimentales y teóricos sobre las dosificaciones óptimas de aditivos acelerantes para optimizar las propiedades del material en entornos fríos. Para lograr esto, llevaron a cabo diversos ensayos con un enfoque cuantitativo y utilizando diseños experimentales aplicados, descriptivos y correlativos. La necesidad científica se comprende en la importancia de desarrollar soluciones que permitan utilizar concreto de alta

calidad en condiciones climáticas adversas. Se obtuvo que la adición de un 4% de aditivo acelerante Chema3 en climas fríos aumenta la resistencia inicial del concreto, alcanzando unos 28.7°C, superando la temperatura ambiente, que es 0°C. Además, se observó que la incorporación de un 1% de nitrato de calcio mejora el asentamiento y la consistencia fluida, mientras que un 4% de nanosílice resulta en una RC de 444 kg/cm². Estas conclusiones aportan valiosa información para la optimización del concreto en condiciones climáticas desafiantes.

En una línea similar, en el trabajo de Fernández (2020) se propuso no solo analizar, sino también validar los efectos benéficos que la adición de aditivo plastificante y nitrocalcita podría tener en la permeabilidad y la RC del concreto. Mediante un meticuloso examen de muestras de acuerdo con normativas industriales, se abocó a profundizar en cómo estos aditivos podrían enriquecer las propiedades del material, respondiendo directamente a la imperiosa necesidad de mejorar la durabilidad y reducir la capilaridad en contextos desafiantes. Los resultados revelaron un incremento significativo en la RC, con un destacado aumento del 17.67% al incorporar nitrocalcita en concentraciones de 1.5%, 3% y 4.5%, acompañado por mejoras observables en la densidad, absorción y porosidad del concreto endurecido, lo que apunta claramente a un potencial mejoramiento en su calidad intrínseca.

Por otro lado, el trabajo desarrollado por Valle (2018) se enfocó en un propósito central: entender el impacto de tres aditivos acelerantes, en la evolución de la RC del concreto. Utilizando un enfoque deductivo y adoptando un diseño experimental, la investigación exploró la manera en que estas

adiciones influyen en la fuerza mecánica del material en diferentes etapas de su maduración. Esta indagación cobra relevancia debido a la urgente necesidad de optimizar la RC del concreto en una variedad de aplicaciones. Los hallazgos extraídos pusieron de manifiesto que al utilizar concentraciones apropiadas de los aditivos mencionados, se consigue un aumento sustancial en la RC después de 7 días de proceso de curado, incluso superando los niveles previstos en el diseño. Esta conclusión, que subraya la eficacia de los aditivos acelerantes, aporta información de alto valor para tomar decisiones precisas en la elección y aplicación de dichos aditivos en proyectos de construcción.

De manera similar, el trabajo de López y Mamani (2017) se centró en analizar los impactos de añadir nanosílice y superplastificante en la capacidad del concreto para resistir la degradación provocada por ciclos de congelación y descongelación. La motivación subyacente de este estudio proviene de la urgente demanda de crear concreto que pueda enfrentar con robustez condiciones climáticas extremas. A través de la implementación de ensayos y la comparativa entre mezclas de concreto que incorporan diferentes proporciones de aditivos, se persiguió profundizar en cómo estas adiciones pueden fortalecer la capacidad del concreto para resistir el deterioro ocasionado por las fluctuaciones térmicas. Los hallazgos obtenidos plantean que la inclusión de nanosílice contribuye al mejoramiento de las propiedades de fraguado y frescura del concreto, lo que sugiere un amplio potencial para enfrentar con éxito los efectos perjudiciales del proceso de congelamiento y descongelamiento.

En el caso de Tagle y Zapana (2017), llevaron adelante una investigación con el fin central de evaluar los efectos que se deriven de la inclusión de aire y fibras de polipropileno en el concreto sometido a condiciones de congelamiento precoz. El origen de este estudio se encuentra en la imperante importancia de discernir cómo estos componentes pueden contribuir a enriquecer tanto la RC como la durabilidad del concreto durante las primeras etapas de su endurecimiento. Para este cometido, llevaron a cabo la preparación de muestras con distintos niveles de contenido de aire y de las fibras, sometiéndolas posteriormente a ciclos de congelamiento. Su enfoque metodológico abarcó ensayos de RC, pruebas de permeabilidad y absorción, así como la observación detallada de variaciones dimensionales y fisuración en las muestras expuestas a ciclos de hielo-deshielo. En sus conclusiones, demostraron fehacientemente que la incorporación de aire y la fibras resultó en una disminución considerable de la pérdida de RC en el concreto expuesto a congelamiento temprano. Además, estos aditivos ampliaron la capacidad del concreto para resistir las presiones y tensiones generadas por el proceso de congelación, al tiempo que redujeron tanto la permeabilidad como el crecimiento de fisuras.

En un contexto similar, Machaca (2017) abordó su tesis con la finalidad de explorar cómo la inclusión de aditivos incorporadores de aire impacta en la RC del concreto en condiciones de bajas temperaturas. La génesis de este estudio se cimentó en la imperativa necesidad de optimizar el rendimiento del concreto en entornos climáticos que presentan desafíos. Mediante un diseño experimental, se llevaron a cabo la confección de muestras de concreto con distintos porcentajes de aditivos incorporadores de aire, y se procedió a la

evaluación de su RC a los 28 días. Las conclusiones revelaron que la inclusión de estos aditivos efectivamente realizó la RC del concreto en situaciones de baja temperatura, si bien se observó una correlación inversa entre la proporción de aire añadida y la resistencia obtenida. Estos descubrimientos resaltan la eficacia de los aditivos incorporadores de aire en la optimización de la RC del concreto en condiciones climáticas frías, brindando perspectivas valiosas para la industria de la construcción.

Finalmente, Zegarra y Zegarra (2016) realizaron su estudio con la meta de examinar la efectividad de los aditivos en el procedimiento de fraguado del concreto en áreas de elevada altitud. La iniciativa de estudio se originó en la trascendental necesidad de desarrollar concretos con resistencia óptima en entornos característicos de las zonas altoandinas. Mediante un enfoque basado en análisis cuantitativos y un diseño experimental, procedieron a la evaluación de los tiempos de fraguado (TF) de diversas mezclas de concreto que incorporaban estos aditivos. Las conclusiones alcanzadas resaltaron que el aditivo Sika-3 presentó un desempeño más favorable en términos de TF en comparación con el aditivo Chema-5, lo que insinúa su eficacia en la optimización del rendimiento del concreto en condiciones específicas de altitud y temperatura. Estos resultados brindan una contribución significativa en lo que respecta a la elección y uso de aditivos acelerantes en las regiones altoandinas, aportando valiosa información para la construcción en dichas áreas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

Pastrana-Ayala et al. (2019) lo definen como una mezcla quebradiza de ingredientes (agregado y pasta). Asimismo, una “pasta compuesta por cemento portland y agua”, en conjunto sirven para unir los agregados y formar grumos similares a las rocas. También es necesario precisar que la importancia de la unión de la pasta es precisamente por la reacción química de estos compuestos, llamada hidratación.

Este fenómeno, según Bahranifard et al. (2022), es un proceso en el que el concreto y el agua se mezclan y reaccionan químicamente. Este proceso crea enlaces o estructura cristalina, convirtiéndolo en un material aglutinante. Para la formación del concreto se requiere una determinada proporción de cemento, agua, áridos y aditivos opcionales. Primordialmente presenta plasticidad y, para luego obtener la consistencia de rigidez, aislamiento y resistencia, por lo que es un material idóneo. También es preciso señalar que el material cementicio, los áridos, el agua y el aditivo son considerados como componentes activos, mientras el aire se considera como un elemento totalmente pasivo.

Para garantizar la preparación de un concreto de alta calidad, se deben cumplir ciertos requisitos, elementos como los agregados deberán de estar dentro de los parámetros exigidos por las normas N.T.P. o ASTM y estos deberán de estar uniformemente distribuidos dentro de la mezcla y su preparación debe reunir las características requeridas, la preparación del

concreto debe ser resistente a la intemperie, la abrasión y cualquier otro tipo de factores externos nocivos a los que pueda estar expuesta la estructura.

Agregados

- Agregado Fino

Según la NTP 400.037 (2014) sobre Áridos, es obtenido a partir de fuentes de arena, ya sean naturales o artificiales, y debe someterse a un proceso de selección donde pase a través de un tamiz de 3/8", reteniendo en el tamiz de 200 mallas de acuerdo con los criterios y valores precisados en dicha normativa. Esta selección y clasificación son fundamentales para garantizar la calidad y uniformidad del árido fino, aspectos esenciales para su efectivo desempeño en la composición del concreto.

- Agregado Grueso

Es el resultado de procesar la grava mediante trituración, ya sea de manera natural o mecánica, con el fin de lograr con los estándares de la legislación peruana en cuanto a propiedades y características mínimas. Este proceso de trituración es esencial para adecuar la grava a las especificaciones requeridas en aplicaciones concretas, asegurando que el árido grueso cumpla con las exigencias de calidad. La obtención del árido grueso a través de esta técnica de trituración controlada es fundamental para garantizar la integridad estructural y el rendimiento satisfactorio del concreto en distintas aplicaciones constructivas.

Aditivos

Su incorporación en el concreto brinda ventajas significativas en términos de reducción de costos de construcción, modificación de las características del material endurecido y el mantenimiento de su integridad a lo largo de todo el proceso, desde la mezcla hasta el curado y la colocación. Estos aditivos desempeñan un papel esencial al mejorar la calidad general del concreto en cada etapa del ciclo constructivo, contribuyendo a optimizar su rendimiento y características finales (Cahuata & Barreda, 2018) .

2.2.1.1. Propiedades físicas de los agregados del concreto

Contenido de humedad

Se refiere a la proporción de agua contenida en los agregados, y se presenta como un porcentaje con respecto al peso seco del material. Este factor tiene la capacidad de ejercer influencia sobre tanto la trabajabilidad como la RC del concreto, dado que un exceso de humedad puede conllevar a impactos en las características de los agregados. Esta condición puede desembocar en cambios significativos en la mezcla, afectando la cohesión y la capacidad de soportar cargas, lo que resalta la importancia de su adecuado control y manejo en la producción de concreto para asegurar sus propiedades y rendimiento óptimos (Rodríguez & Javela, 2020).

Granulometría

Es la disposición de los distintos tamaños de partículas que conforman los agregados. Esta distribución se evalúa a través del análisis granulométrico, el cual permite cuantificar el porcentaje de peso asignado a

cada tamaño de partícula. Esta característica no solo ofrece un entendimiento de la composición de los agregados, sino que también ejerce una influencia crucial en propiedades fundamentales del concreto, como su compacidad, resistencia y trabajabilidad. Un análisis exhaustivo de la granulometría es esencial, ya que determina cómo las partículas interactúan entre sí en la mezcla, afectando la capacidad de soportar cargas. Por tanto, su control preciso es un factor clave en la producción de materiales de gran calidad y desempeño consistente (Martinez, 2021)

Densidad

Representa la conexión que tienen la masa y el volumen de los agregados, lo que ofrece una medida de su compacidad. Esta característica desempeña un papel esencial en la determinación de la cantidad de agregados requerida, ya que puede tener un impacto importante en la durabilidad del material resultante. Los efectos primordiales de la densidad radican en cómo las partículas de agregado interactúan y se acomodan en la mezcla, lo que afecta directamente las propiedades del material. La medición de la densidad, generalmente expresada en kg/m^3 , es un aspecto fundamental en la formulación de mezclas de concreto equilibradas y en resultados consistentes en términos de calidad y rendimiento del material final (Barrientos, 2021)

Peso específico

Engloba el peso de los agregados y el volumen que logran ocupar, excluyendo los espacios vacíos, y ofrece una perspectiva sobre cómo los agregados ocupan espacio en la mezcla, mientras que la absorción incide en

la cantidad de agua para la reacción química de hidratación durante el proceso de endurecimiento. Estas cualidades resultan de vital importancia para lograr un concreto óptimo en términos de cohesión, resistencia y capacidad de enfrentar el deterioro a lo largo del tiempo (Ramos & Solórzano, 2018).

Absorción

Es aquella capacidad de los agregados de poder hacer la retención del agua dentro de su estructura. Estos dos factores adquieren una relevancia primordial al determinar la cantidad precisa de agua necesaria en la mezcla de material, al mismo tiempo que desempeñan una función esencial en la evaluación de la resistencia al desgaste y la durabilidad de los agregados (Ramos & Solórzano, 2018).

2.2.2. Concreto en climas fríos

Cabe destacar que, según Machaca (2017) el clima frío impone serias limitaciones a la construcción de concreto. Como las temperaturas bajan, éste fragua más lentamente, tarda más en terminar y gana fuerza con menos rapidez. Si las temperaturas bajan demasiado, el agua de la mezcla puede congelarse y el producto final sufrirá daños.

Asimismo, Surahyo (2019) reporta que las condiciones climáticas afectaran en gran medida la calidad del concreto, así como la temperatura del aire y la superficie, la humedad, y también la velocidad del viento. Como consecuencia, la humedad del concreto dependerá de sus componentes tales como el volumen de agua original, formas de secado; entre las cuales se incluye la temperatura, y en la magnitud del miembro de concreto. Del mismo modo, otras características se ven usualmente afectadas a consecuencia del

contenido de humedad, así como; la resistencia al calor, abrasión y las heladas, también la conductividad eléctrica, etc. Por lo tanto, es muy importante controlar estos factores para lograr la resistencia suficiente para garantizar la durabilidad de edificaciones.

Características:

- Retraso en el fraguado: A bajas temperaturas, la hidratación del cemento se ralentiza, lo que puede retrasar el proceso de fraguado.
- Disminución de la resistencia: El frío puede afectar la resistencia del concreto, especialmente si las bajas temperaturas persisten durante un período prolongado de tiempo.
- Mayor permeabilidad: Las fluctuaciones de temperatura pueden causar la expansión y contracción del concreto, lo que puede generar fisuras y aumentar su permeabilidad.
- Mayor tendencia a la congelación: Si el concreto se encuentra en una zona expuesta a bajas temperaturas y humedad, existe un mayor riesgo de congelación, lo que puede afectar su durabilidad.
- Mayor necesidad de protección: En climas fríos, es importante proteger el concreto durante la etapa de fraguado y curado para asegurar su correcta hidratación y evitar la congelación.

2.2.3. Aditivos acelerantes

Cuando se añaden al concreto, mortero o pasta, los aditivos aceleradores de fraguado aceleran la velocidad de hidratación del cemento hidráulico, reducen el TF y mejoran el desarrollo temprano de la resistencia. Los aceleradores no son agentes anticongelantes, pero pueden acelerar la

curación haciéndolos más resistentes al daño por congelación en climas fríos. Los aceleradores también son usados en estructuras donde es necesario de un desmolde temprano, un movimiento de apertura o la aplicación de carga a la estructura (Reyes & Terrel, 2019)

Los aditivos aceleradores, citando a Torres y Condori (2018), permiten: reducir el tiempo de ajuste, conseguir un aumento significativo tanto de la resistencia inicial como la final del concreto, minimizar el tiempo del curado y la protección que se necesitan para obtener cierta fuerza en el concreto, de esta forma se busca trabajar con el concreto en las mejores condiciones a bajas temperaturas.

2.2.4. Nitrato de Calcio

Después de más de 20 años de uso, el nitrato de calcio ha demostrado ser un aditivo de concreto extremadamente versátil. Originalmente, el nitrato de calcio se usaba como acelerador de control sin cloro. Pronto se estableció como un agente anticongelante para el concreto en condiciones de frío. Su efecto catalizador se utilizó del mismo modo para compensar el retraso causado por los reductores de agua (fluidificadores). Además, a lo largo del tiempo se ha observado que el uso de nitrato de calcio en casi todos los casos da lugar a un aumento moderado de la estabilidad a largo plazo. Finalmente, se ha encontrado el efecto anticorrosivo para brindar protección al acero ontra la corrosión por cloruro. Se puede lograr un ajuste acelerado con una dosis baja (alrededor de 0,2% - 1,0% de aditivo seco por peso de cemento). La interacción con los polímeros, así como el aumento de la fuerza, requiere

cantidades moderadas (1% - 3%). Por el contrario, la protección contra la corrosión requiere una dosis alta (3 % o más) (Arce et al., 2017).

El nitrato de calcio es un producto agrícola (fertilizante), soluble en agua y presenta dentro de sus componentes el calcio y el nitrógeno que son fuentes disponibles para las plantas. El uso del calcio mejora la calidad de los frutos, así mismo prolonga la vida del producto. El nitrógeno (NO_3^-) en el nitrato de calcio se absorbe con facilidad por las plantas, también mejora la absorción del calcio.

2.2.5. Tiempo de fraguado

Según la investigación llevada a cabo por Huamaní y Solon (2019), se plantea la posibilidad de disminuir tanto el tiempo de inicio como el final del proceso de fraguado mediante la inclusión de aceleradores. Este logro depende de diversos factores, como la proporción de acelerantes empleadas, entre otras características inherentes a los materiales utilizados. No obstante, es esencial proceder con precaución, ya que una dosificación excesiva de ciertos aceleradores podría desencadenar un proceso de fraguado excesivamente rápido. En determinadas circunstancias, es factible ajustar el tiempo de fraguado dentro de un margen de 15 a 30 segundos, lo que refleja la posibilidad de un control más preciso en la etapa de endurecimiento del concreto.

En América del Norte, se encuentran disponibles combinaciones premezcladas de cemento, árido y acelerador, que presentan periodos de fraguado inicial entre uno y cuatro minutos, así como periodos de fraguado

final que oscilan entre tres y diez minutos. Estas mezclas son ampliamente utilizadas para sellar grietas, reparar orificios y llevar a cabo labores de restauración de emergencia en construcción. Un aspecto crucial para considerar es la concentración del aditivo; por ejemplo, al emplear nitrato de calcio en una concentración del 0,6% con respecto al peso del cemento, comienzan a manifestarse características retardadoras. Por otro lado, en aditivos con una proporción del 2 al 3%, el cloruro de hierro se comporta como retardador, mientras que en aquellos con una concentración del 5%, actúa como acelerador (Ponce, 2016).

El ensayo desempeña un papel crucial al realizar una evaluación fundamental para establecer el período requerido para que el concreto adquiera ciertas propiedades durante el proceso de fraguado. Entre las características de gran importancia en este procedimiento, se enfatizan:

- Medición del tiempo de fraguado: El ensayo mide el tiempo que tarda el concreto en alcanzar ciertas propiedades, como la resistencia suficiente para soportar una carga o la capacidad de soportar el tráfico vehicular.
- Determinación del inicio y fin de fraguado: El ensayo permite determinar el momento en que comienza y termina el proceso de fraguado del concreto. El inicio se determina cuando el concreto deja de ser moldeable y el fin cuando alcanza la resistencia necesaria para soportar una carga.

- Variaciones en los tiempos de fraguado: Son en función de factores como la temperatura, la humedad, el tipo de cemento y los aditivos utilizados.

2.2.6. Propiedades del concreto en estado fresco

Trabajabilidad

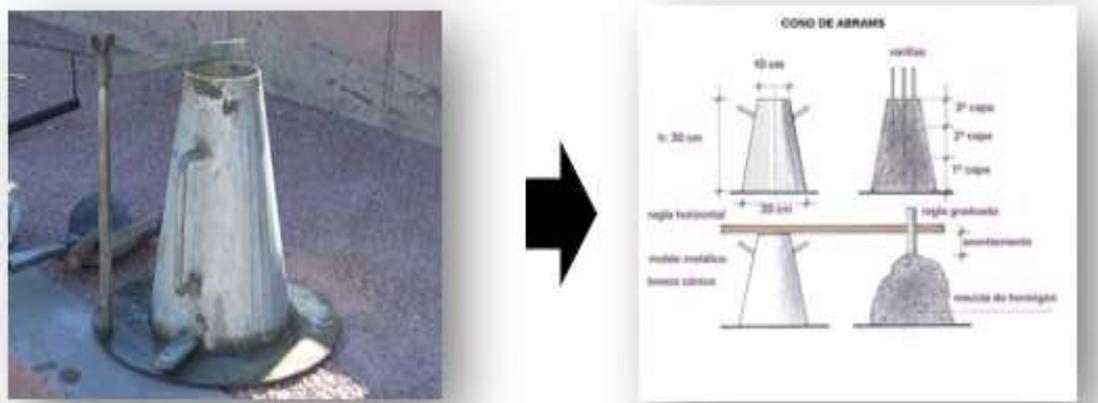
Se refiere a la facilidad con la que se transporta, coloca y compacta en su estado fresco. Para evaluar esta característica, comúnmente se utiliza el ensayo de asentamiento, aunque también es importante considerar otras cualidades cualitativas. Por lo general, se asume que un concreto más fluido posee mayor trabajabilidad, mientras que uno menos fluido tiende a ser menos manejable. Se manifiesta en su compacidad, es decir, en su capacidad para comprimirse y consolidarse de manera efectiva, minimizando el espacio vacío y reduciendo la cantidad de aire atrapado en su interior. Además, aspectos como la cohesión desempeñan un papel crucial; para resistir la segregación durante el proceso de manipulación y mezclado, al tiempo que contribuye a evitar irregularidades superficiales y facilita su compactación. Otro factor importante es la plasticidad, que permite al concreto deformarse de manera continua para un manejo adecuado. Asimismo, la consistencia del concreto fresco es un indicador relevante, fluctuando en función del grado de deformación y determinando su capacidad para ocupar todos los espacios en el molde o forma en la que se vierte (Camarena & Díaz, 2022).

En el proceso de ensayo, se vierte el concreto fresco en un cono en tres capas de volumen igual, compactando cada capa mediante 25 golpes con una barra de apisonado. Luego, se mide la altura de caída del concreto desde

la parte superior del cono de asentamiento al levantar el material de manera recta. La norma ASTM C143/143M, titulada "Método de ensayo estándar para el asentamiento del concreto de cemento hidráulico", establece el procedimiento completo para realizar estos ensayos (Surahyo, 2019).

Figura 4

Ensayo de slump



Nota. Universidad Nacional de Litoral (2014)

Tabla 3

Valores de consistencia y asentamiento del concreto

| Consistencia | Asentamiento (cm) |
|--------------|-------------------|
| Muy seca | 0-2 |
| Seca | 2-5 |
| Plástica | 5-10 |
| Blanda | 10-14 |
| Fluida | 14-18 |
| Muy fluida | >18 |

Nota. Adaptado de Portugal (2015)

2.2.7. Propiedades en estado endurecido

Resistencia a la compresión

Es un indicador comúnmente considerado de su productividad. Este elemento del concreto debe estudiarse, ya que es el factor más crítico para analizar la eficacia con la que el material puede soportar cargas que alteren su forma. Le dice con precisión si una combinación en particular es adecuada para cumplir con los requisitos de un proyecto específico. El concreto puede resistir de forma excelente las cargas de compresión. Por ello es conveniente para la construcción de arcos, columnas, presas, cimentaciones y revestimientos de túneles. Para la determinación se establece con probetas cilíndricas de concreto fresco. Luego se prueba en compresión a distintas edades. La resistencia mecánica generalmente se determina en un período de tiempo diferente a los 28 días, esto solo se usa para proporcionar información. En este caso, las edades más habituales pueden ser 1, 3, 7, 14, 90 y 360 días (Huamán, 2019).

Desde otra perspectiva, la evaluación de la resistencia de un material se realiza mediante un equipo de ensayo de compresión, el cual tiene como propósito fracturar muestras cilíndricas de concreto. La fórmula utilizada para su cálculo involucra la división de la carga máxima lograda en el ensayo entre el área de la sección más estrecha de la muestra. Este parámetro, de naturaleza predominantemente mecánica, es fundamental en la construcción y puede ser expresado en unidades de MPa o kg/cm². Esta evaluación no solo provee información sobre su capacidad para poder soportar distintas cargas,

sino que también influye en las decisiones tomadas relacionadas con el diseño y la calidad de las estructuras construidas (Céspedes, 2003).

A través de esta prueba, se mide la capacidad del material para resistir la carga aplicada en dirección axial, y su realización sigue normativas internacionalmente reconocidas, permitiendo una comparación precisa de los resultados entre diferentes ensayos y proyectos. No obstante, es importante destacar que los resultados del ensayo pueden variar debido a diversos factores, tales como la edad del concreto, nivel de humedad, temperatura, proporción de materiales y técnicas empleadas en la preparación de las muestras. Por lo tanto, resulta esencial realizar el ensayo de acuerdo con las normativas y procedimientos establecidos, además de llevar a cabo pruebas adicionales para obtener una evaluación completa de la calidad del concreto.

Tabla 4

Clasificación de concreto según su resistencia

| Tipo | Usos | Rango de resistencia |
|---------------------------|--|-----------------------------|
| Baja resistencia | Losas aligeradas y muros no estructurales | <150 kg/cm ² |
| Resistencia moderada | Edificaciones de pequeña altura | 150-250 kg/cm ² |
| Normal | Todo tipo de estructuras | 250-420 kg/cm ² |
| Muy alta resistencia | Columnas, elementos presforzados, secciones de puentes | 400-800 kg/cm ² |
| Alta resistencia temprana | Pisos, pavimentos, elementos prefabricados | 300 kg/cm ² < |

Nota. Studylib (2015)

2.3. Definición de términos básicos

- **Acelerador:** Un acelerador de curado, cumple la función principal de la reducción del TF del concreto (principio y fin) en el concreto, mortero o pasta (Ponce, 2016).
- **Aditivos:** Son componentes de origen orgánico, también conocidos como resina, o inorgánico, estos componentes al ser incluido en la preparación del concreto suelen modificar las propiedades del mismo. Su presentación se realiza en estado sólido (polvo) o también estado líquido, por ejemplo; una emulsión (Sánchez, 2017).
- **Agregados:** Se trata de arena, grava natural y piedra triturada, que se utilizan como componentes de una mezcla de concreto, con materiales inertes que constituyen alrededor del 75% de esta mezcla (Carrasco & Ccorahua, 2021).
- **Cemento:** El cemento es un conglomerante, generalmente conocida por tener la capacidad de construcción de fragua, endurecer y adherirse a otros materiales con la finalidad de unirlos (Zegarra & Zegarra, 2016).
- **Cemento Yura IP:** Es un tipo de cemento Portland caracterizado por tener un contenido de clinker intermedio. El término "IP" se refiere a "Intermedio de Pozzolánico", indicando que el cemento contiene una proporción de material puzolánico. La adición de puzolanas en el cemento contribuye a mejorar algunas características del concreto, como su durabilidad y resistencia a la

acción química y a condiciones ambientales adversas. Este cemento es ampliamente utilizado para la producción de concreto en diferentes obras, brindando un desempeño adecuado y cumpliendo con los estándares de calidad requeridos (Cotrado & Espinoza, 2018).

- **Concreto:** Conocido por su gran utilidad en las construcciones, está conformado por el cemento, áridos finos (arena), áridos gruesos y agua, mezclados de tal forma que se endurece con el tiempo (Ceballos, 2016).
- **Concreto en climas fríos:** Las normas E060 y NTP 339.114 establecen pautas específicas para la aplicación del concreto en climas fríos. Según estas normas, el concreto utilizado en estas condiciones debe cumplir con ciertos requisitos para garantizar su desempeño óptimo. Se recomienda emplear aditivos especiales, como aceleradores de fraguado, para compensar los efectos negativos de las bajas temperaturas en el proceso de fraguado y endurecimiento. Además, se deben considerar las proporciones de los materiales, la temperatura de mezclado y el control adecuado del curado para evitar daños causados por la congelación y descongelación del agua presente en el concreto.
- **Curado:** es un procedimiento crucial para asegurar su desarrollo de RC, durabilidad y densidad. En el caso de los concretos con acelerante, es importante tener en cuenta las recomendaciones establecidas en normas como ASTM C-94 y NTP 339.114. Estas

normas proporcionan directrices para el curado de concretos con acelerante, que pueden incluir el uso de aditivos especiales para acelerar el proceso de hidratación y ganar resistencia más rápidamente. En el proceso de curado, se debe garantizar la humedad adecuada y la temperatura controlada, que favorecerán la reacción de hidratación del concreto y promoverán su desarrollo óptimo..

- **Diseño de la mezcla:** Es el proceso en el cual se realiza el análisis y selección de componentes apropiadas para obtener un producto que, sin ser cocido, tenga las características y la consistencia apropiadas (Zegarra & Zegarra, 2016).
- **Dosificación:** No es más que las proporciones optimas de integrantes del concreto, y sirve para obtener características que permitan su uso correcto, estas características son la fuerza, la durabilidad y la adecuada adhesión. La dosis se expresa en gramos por metro cúbico y es muy importante en las estructuras (Zegarra & Zegarra, 2016).
- **Fragua:** Es una condición lograda mediante la cementación de pasta, o el concreto que ha disminuido su plasticidad en cualquier grado, la contracción inicial se refiere al curado inicial; la contracción final es referida a una considerable rigidez; y la deformación residual después del alivio de la tensión (Torres & Condori, 2018).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Método de la investigación

Se aplicó el “método científico”, que permitió realizar la formulación de las hipótesis, diseñar los experimentos, hacer la recopilación de datos y llegar a conclusiones basadas en evidencias sólidas (Ñaupas et al., 2014). Así, se obtuvo información confiable y sustentada sobre el impacto del Nitrato de Calcio (NC) en el comportamiento del concreto en climas fríos de Arequipa en el año 2023.

Asimismo, se planteó como estrategia la elaboración de un análisis de la aplicación del aditivo en relación a la duración de fraguado, la trabajabilidad y la resistencia a la compresión (RC) que otorga al concreto expuesto a climas fríos, con el objeto de establecer las directrices y ponderaciones correspondientes que permitan la selección adecuada para el uso dentro del sector de la construcción según los requerimientos constructivos y alcances económicos, sin afectar la calidad de las mezclas de concreto y sus diversas aplicaciones dentro del ámbito de la ingeniería civil.

3.1.2. Enfoque de la investigación

La investigación adopta un “enfoque cuantitativo”, utilizando la recopilación de datos numéricos y análisis estadísticos para poner a prueba hipótesis y demostrar patrones de comportamiento. Este método busca objetividad y rigurosidad al respaldar teorías con evidencia cuantificable y revelar relaciones causales en base a mediciones numéricas confiables (Sánchez, 2019).

3.1.3. Tipo de investigación

Es de tipo aplicada, ya que se pretendió como fin aplicar conocimientos previos para poder sistematizarlos y poner en práctica la información recolectada para conocer su alcance a nivel real. Además, se buscó que por medio de su desarrollo crear nuevos conocimientos respecto a la influencia que puede tener el uso del NC en las propiedades del concreto expuesto a clima fríos.

3.1.4. Nivel de investigación

El enfoque adoptado en esta investigación se encuadra en el nivel explicativo, seleccionado con el propósito de detallar de manera precisa y definir las propiedades y atributos significativos de cualquier fenómeno objeto de análisis. Este enfoque también tiene como objetivo identificar y describir las tendencias observadas en un conjunto o población en particular. En esencia, se busca proporcionar una comprensión más pro detallada de los factores subyacentes que influyen en el fenómeno estudiado. Siguiendo esta perspectiva, se pretende contribuir a una visión más esclarecedora y

esencialmente explicativa del tema en consideración (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.5. Diseño de investigación

En la investigación se planteó un diseño experimental que se desarrolló mediante la manipulación de variables independientes o también llamadas causas para luego observar e interpretar el resultado de la manipulación, este último también se denomina variable dependiente o efecto de la manipulación (Murillo, 2011).

3.1.6. Población y muestra

Población

Se conformó por las probetas cilíndricas del material de concreto en la localidad de Arequipa, porque se realizó una investigación experimental con el concreto modificado con la finalidad de establecer la duración del fraguado, RC y la trabajabilidad de este elemento expuesto a climas fríos, incorporando el uso del NC en el diseño de mezcla. El proyecto incluyó la fabricación de un total de 80 muestras de concreto según la cantidad de mezclas y los distintos días de curado, con la intención de realizar posteriormente una selección de las mejores elaboradas. Estas muestras seleccionadas formarían parte de los ensayos experimentales, contribuyendo así a un análisis más detallado de las propiedades y comportamientos del concreto modificado en condiciones específicas.

Tabla 5*Población de probetas para el estudio*

| | Tiempo | | | |
|------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| Muestra patrón | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Nitrato de Calcio 2% | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Nitrato de Calcio 2.5% | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Nitrato de Calcio 3% | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Sub Total | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Total | | | 80 | |

Muestra

Para ello se llevó a cabo una prueba piloto donde se propusieron un diseño patrón y cuatro diseños de mezcla con distintos porcentajes de adición de nitrato de calcio: 2%, 2.5%, 3% y 4%. Posteriormente, se elaboraron probetas utilizando estas mezclas y se sometieron a un ensayo de RC en condiciones de congelación y descongelación, a los 2 días de curado. Para ello, se consideró inicialmente el factor de diseño f_c de 210 kg/cm², el factor de seguridad f_c alcanzó los 294 kg/cm² y, además, se aplicó la norma NTP 339.034 para el desarrollo de la prueba.

Tabla 6*Cantidad de testigos para prueba piloto*

| | Tiempo |
|------------------------|---------------|
| | 2 días |
| Muestra patrón | 3 |
| Nitrato de Calcio 2% | 3 |
| Nitrato de Calcio 2.5% | 3 |
| Nitrato de Calcio 3% | 3 |
| Nitrato de Calcio 4% | 3 |
| Total | 15 |

Tabla 7

Resistencia de prueba piloto en condiciones de congelación y descongelación

| Diseños de mezcla | Carga (Kgf) | | | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | |
|-------------------|--|--------|--------|---|------|------|
| | 48 horas en cámara de congelación de -15°C A 5°C | | | | | |
| C° Patrón | 127.00 | 123.00 | 119.00 | 1.62 | 1.57 | 1.52 |
| C° + 2%NC | 251.00 | 254.00 | 252.00 | 3.20 | 3.23 | 3.21 |
| C°+2.5%NC | 282.00 | 280.00 | 298.00 | 3.59 | 3.57 | 3.79 |
| C° + 3%NC | 292.00 | 294.00 | 302.00 | 3.72 | 3.74 | 3.85 |
| C° + 4%NC | 278.00 | 275.00 | 277.00 | 3.54 | 3.50 | 3.53 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Estos resultados indican cómo varía la RC de las mezclas de acuerdo con las distintas cantidades de NC incorporadas en las mezclas. En cuanto se aumenta el porcentaje de NC, en general se observa un aumento en la RC de las mezclas. Sin embargo, con el 4% de NC se observa que hay un descenso de la resistencia.

Tabla 8

Promedio de resistencia de prueba piloto

| Edad (Días) | Concreto patrón | 2% NC | 2.5% NC | 3% NC | 4% NC | Porcentaje (%) |
|-------------|-----------------|-------|---------|-------|-------|----------------|
| 2 | 1.57 | | | | | 0.75% |
| 2 | | 3.21 | | | | 1.53% |
| 2 | | | 3.65 | | | 1.74% |
| 2 | | | | 3.77 | | 1.79% |
| 2 | | | | | 3.52 | 1.68% |

Nota. Elaboración Propia (2023)

En la tabla 8 se exhiben una tendencia que indica que, de manera general, a medida que la cantidad de NC se aumenta en la mezcla del concreto, también se observa un aumento en la RC. Sin embargo, se destaca que el punto máximo de resistencia se alcanza con un contenido del 3% de NC, a partir del cual comienza a manifestarse un descenso en esta propiedad. También, se observa que para esta prueba piloto se elaboraron 3 probetas por diseño, sumando en total 15 probetas.

Considerando este panorama, se procedió a realizar la formulación de una mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, siguiendo la metodología establecida por el ACI 211.1. En este proceso de diseño se optó por abordar cuatro variantes distintas de composición de concreto, con el propósito de lograr una evaluación más exhaustiva y representativa de las características deseadas. Los detalles específicos de estos cuatro diseños de concreto se detallan a continuación:

- Concreto patrón.
- Concreto con adición de Nitrato de Calcio de 2%.
- Concreto con adición de Nitrato de Calcio de 2.5%.
- Concreto con adición de Nitrato de Calcio de 3%.

Estas dosificaciones se tomaron por recomendación de los antecedentes y especialistas, considerando realizar ensayos de RC a los 3, 7, 14 y 28 días de curado, haciendo un total de 12 testigos para la muestra total por cada

dosificación y, una cantidad total de 48 probetas para la determinación del tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la RC.

Tabla 9

Cantidad de muestra por cada dosificación de concreto

| | Tiempo | | | |
|------------------------|--------|--------|---------|---------|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| Muestra patrón | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Nitrato de Calcio 2% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Nitrato de Calcio 2.5% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Nitrato de Calcio 3% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Sub Total | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Total | | | 48 | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

En total se elaboraron 63 probetas de concreto, considerando las pruebas piloto y las probetas para cada uno de los diseños del concreto patrón y modificado con adición del Nitrato de Calcio al 2%, 2.5% y 3% del peso del cemento para determinar las propiedades.

3.1.7. Operacionalización de variables

Definición de variables

Variable independiente: Nitrato de Calcio

Variables dependientes: Propiedades físico-mecánicas

Operacionalización de variables

Tabla 10*Operacionalización variable independiente*

| Variable independiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|------------------------|---|---|-------------|-------------|
| Nitrato de Calcio | El Nitrato de Calcio es un fertilizante granular completamente soluble en agua, una fuente altamente eficiente de calcio disponible y nitrógeno para las plantas. | Para evaluar la variable, se tomará en consideración la dosificación para los diseños de mezcla del concreto con 2%, 2.5% y 3% de NC. Asimismo, una adecuada dosificación del aditivo dependerá de la temperatura del concreto. | NC al 2.0% | Peso (Kg) |
| | | | NC al 2.5% | |
| | | | NC al 3.0% | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Tabla 11*Operacionalización variable dependiente*

| Variable dependiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|------------------------------|---|---|-----------------------------|--------------------|
| Propiedades físico-mecánicas | Las propiedades físicas y mecánicas del concreto se pueden determinar mediante algunos ensayos en su estado fresco como endurecido, y generalmente se realizan en laboratorios tanto de fábricas como de clientes con el fin de asegurarse que este material cumpla con lo establecido en la normativa. | La variable se dimensiona en los ensayos de laboratorio para determinar la trabajabilidad y el tiempo en que fragua el concreto patrón y modificado, y los ensayos de resistencia a la compresión. Asimismo, para ello se utilizó el instrumento de ficha de observación. | Tiempo de fragua | Min. |
| | | | Trabajabilidad | Pulg o cm |
| | | | Resistencia a la compresión | kg/cm ² |

Nota. Elaboración Propia (2023)

3.1.8. Técnicas de recojo de información

Se llevó a cabo en el lugar donde se implementa el plan, detallando exhaustivamente el proceso de obtención de información relacionada con conceptos y variables pertinentes al tema de investigación. Este proceso se realiza con el objetivo específico de avanzar en el desarrollo de estudio, asegurando la obtención de datos relevantes y necesarios para el estudio en curso. La meticulosidad en la recopilación de datos garantiza la obtención de información precisa y confiable, lo que a su vez contribuye a la solidez y validez de los resultados obtenidos (Barrantes, 2014).

En relación a las metodologías empleadas, se optó por utilizar un enfoque fundamentado en la observación y documentación. Esta estrategia implica el análisis detenido de datos recopilados a partir de fuentes secundarias, presentados tanto en forma numérica como textual. Este enfoque se seleccionó con el fin de lograr una comprensión más profunda y completa del comportamiento del fenómeno objeto de investigación y su interacción con otros elementos relevantes.

Además, las técnicas también están determinadas por los procedimientos y proporciones que se establecen en la Normativa Peruana y el ACI.

3.1.9. Instrumentos de investigación

Se utilizaron fichas de observación diseñadas específicamente para administrar los datos, las cuales fueron adaptadas según las exigencias y regulaciones establecidas por las normativas NTP, ACI y ASTM. Estas fichas fueron implementadas en el laboratorio acreditado y certificados.

Fichas técnicas

La ficha técnica refleja los parámetros considerados en el diseño de mezclas y las cualidades de los componentes para la realización del concreto. Los instrumentos de fichas de laboratorio empleados fueron los siguientes, y se logran observar en el Anexo 4.

- Instrumento 1: Ficha de propiedades de los agregados
- Instrumento 2: Ficha de datos del tiempo de fraguado
- Instrumento 3: Ficha de diseño de mezcla
- Instrumento 4: Ficha de datos de la trabajabilidad del concreto
- Instrumento 5: Ficha de datos de la RC

CAPITULO IV:

DESARROLLO

4.1. Ubicación

La región de Arequipa geográficamente está ubicada al sur del país; limitando con las regiones de Moquegua, Puno, Cusco, Apurímac, Ayacucho e Ica. Por su ubicación y topografía presenta diferentes altitudes y climas, así como Semicálido muy seco o también llamado desértico que varían desde los 0.00 a 2000 m.s.n.m. el templado subhúmedo, que varían desde los 1000 a 3000 m.s.n.m., Frígido que varían desde los 4000 hasta los 5000 m.s.n.m. y por último clima de nieve se presentan en lugares que sobrepasan los 5000 m.s.n.m. con temperatura media anual debajo de los 0°C.

El presente proyecto se realizó en climas del tipo Frío Boreal y Frígido dentro de los límites políticos de la Región Arequipa, específicamente en el Distrito de Tuti, Provincia de Caylloma, donde las altitudes varían desde los 3650 hasta 5597 m.s.n.m. y se presentan temperaturas mínimas en diferentes meses del año de 3°C y 4°C.

Figura 5

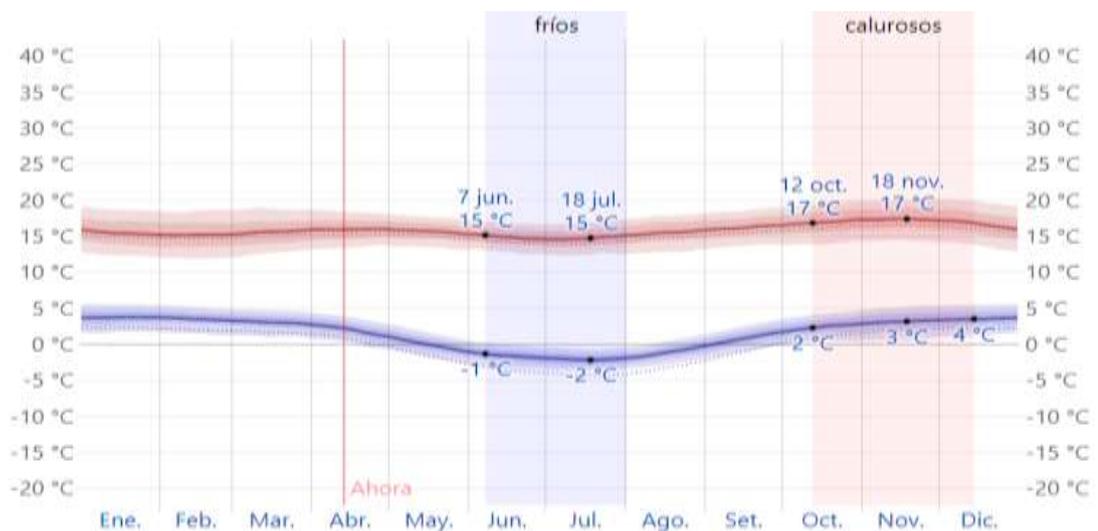
Localización de la zona de estudio



En este espacio geográfico, una vez finalizado las lluvias; las heladas generalmente empiezan en abril hasta el mes de setiembre, alcanzando su periodo más frío y con mayor frecuencia en los meses de junio y julio. Esta parte de la región puede ser afectada por descensos bruscos de temperatura, estos pueden darse de un día para otro en pocas horas y los registros pueden ser por debajo de sus valores normales.

Figura 6

Temperaturas de la zona de estudio



En la construcción, el clima frío juega un papel preponderante porque de ella dependerá la vida útil de los proyectos. Por esta razón, conocer las condiciones ambientales permite definir el camino más seguro para los procesos de producción, vaciado y curado del concreto.

El propósito de esta investigación es explorar metodologías que no requieran de tecnología avanzada. Aunque no es la única opción disponible, en situaciones en las que no se pueda acceder a tecnologías convencionales, como los aditivos comúnmente utilizados en el mercado, ya sea por ubicación, costo, condiciones ambientales u otras razones, se puede recurrir a alternativas.

Es así como se utilizaron los agregados de la cantera Sibayo ubicado en las coordenadas: Longitud -71.482948° Latitud -15.510843° y una altitud de 3799 m.s.n.m. con un peso de 500 kg para el agregado grueso y fino, los cuales fueron trasladados al laboratorio “Roberto Cáceres Flores S.R.L.” ubicado en la ciudad de Arequipa.

Figura 7

Ubicación de la cantera



Nota. Elaboración Propia (2023)

4.2. Mapa de procesos

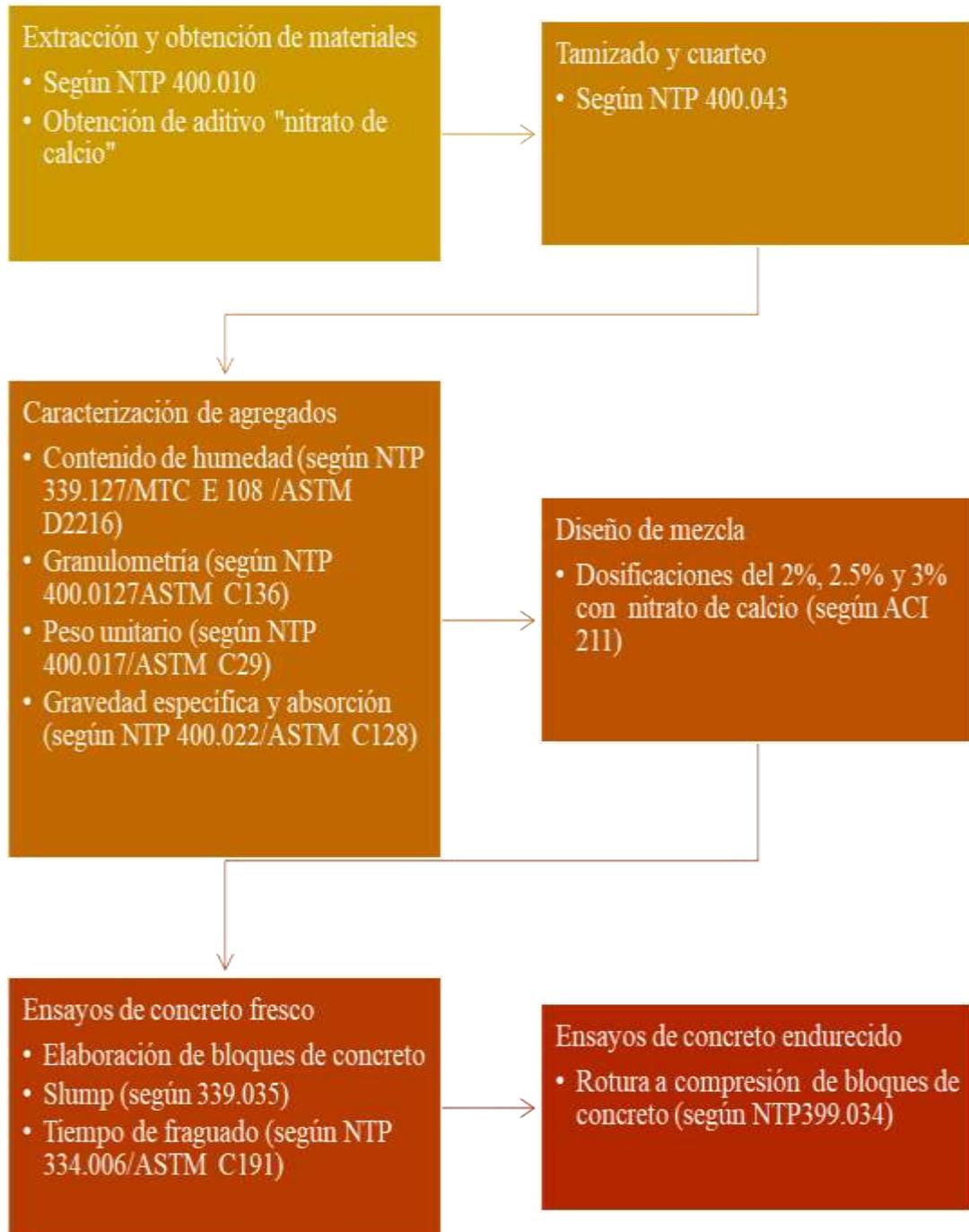
Al principio, se siguió un proceso metodológico secuencial para la obtención de datos, que abarcó diversas etapas:

- Exploración y familiarización con el campo de estudio.
- Acopio de información técnica y referencias bibliográficas pertinentes.
- Generación del nitrato de calcio mediante un proceso definido.
- Recopilación y selección minuciosa de los agregados utilizados.
- Realización de pruebas físicas y de caracterización de los materiales, tanto los agregados como el aditivo.
- Desarrollo de mezclas: Preparación y curado de bloques de concreto.
- Ejecución de ensayos sobre el concreto en estado fresco, incluyendo el ensayo de asentamiento (Slump).
- Estimación del tiempo de fraguado.
- Evaluación del concreto endurecido mediante roturas realizadas a los 3, 7, 14 y 28 días.

Posteriormente, la información extraída de cada ensayo se plasmó en hojas de cálculo utilizando el software Excel, permitiendo su interpretación acorde a los objetivos trazados. Esto aseguró la disponibilidad de datos completos para su posterior análisis estadístico y técnico, lo que contribuyó a la comprensión profunda de los resultados obtenidos y la formulación de conclusiones fundamentadas.

Figura 8

Diagrama de procedimiento ensayos



Nota. Elaboración Propia (2023)

4.3. Obtención de Nitrato de Calcio

El aditivo que se va a utilizar para mejorar las propiedades del concreto expuesto a clima frío es el Nitrato de calcio, un abono de uso agrícola de fácil acceso en las zonas altoandinas. Con el uso de este aditivo se pretende estudiar la trabajabilidad, el tiempo de fraguado y la RC del concreto, utilizando proporciones del 2%, 2.5% y 3% del peso de cemento.

La adquisición de este abono Nitrato de Calcio se realizó en la tienda comercializadora de insumos de agricultura como agroquímicos, fertilizantes y semillas. El abono utilizado para esta investigación es YaraTera CALCINIT ABONO CE soluble en agua (Ver Anexo 2).

4.4. Trabajo de laboratorio

Para la extracción de los agregados se tuvo que viajar desde la ciudad de Arequipa hasta la ubicación de la cantera en Sibayo, la ruta a seguir es por una carretera asfaltada Arequipa – Chivay – Tuti – Cantera Sibayo, durante cuatro horas en movilidad particular.

Figura 9

Proceso de obtención de los agregados



Nota. Elaboración Propia (2023)

Recolección de datos para el diseño de mezcla

Agregados:

Los agregados desempeñan un papel fundamental en la composición del concreto, ya que su proporción es significativa en la elaboración de un metro cúbico de esta mezcla. Las características y propiedades inherentes a los agregados juegan un rol crucial en las cualidades del concreto resultante.

La procedencia y el método de obtención comúnmente se agrupan en categorías naturales y artificiales. Por ejemplo, la grava proviene de procesos naturales de erosión, influenciados por el agua y el viento, mientras que la arena artificial y la piedra triturada se obtienen al triturar rocas naturales. El proceso de lavado y tamizado se emplea para diversos métodos de procesamiento de estos agregados con el fin de mejorar sus características.

En el contexto de la presente investigación, las muestras de agregados fueron específicamente extraídas de la cantera "Sibayo". Desde esta extracción, se procedió a llevar a cabo un muestreo minucioso de los agregados con el propósito de determinar sus propiedades intrínsecas. Este proceso de muestreo se desarrolló siguiendo rigurosamente las pautas y regulaciones establecidas en las normativas NTP 400.012, MTC E204 y ASTM C-136. Este enfoque garantizó la obtención de datos precisos y confiables sobre las características de los agregados, lo que es fundamental para comprender cómo influyen en las propiedades del concreto.

Procedimiento

Equipos y materiales

- Agregado grueso mínimo 70 kg.

- Agregado fino mínimo 25 kg.

Figura 10

Equipos y herramientas para recolección de agregados



Nota. Elaboración Propia (2023)

Selección de muestra de los agregados

- La muestra se coloca sobre una superficie limpia.
- Se hace un batido de la muestra.
- La muestra se extiende en forma de círculos de espesor uniforme.
- Se procede a realizar el cuarteo.
- Se seleccionan los lados opuestos como muestras.
- Finalmente, se tiene la muestra representativa.

Observaciones

- Al llevar a cabo la selección del agregado fino, se desencadena una etapa esencial que implica la evaluación minuciosa de su contenido en materia orgánica, que podría abarcar componentes como arcilla, limo, tierra o incluso restos orgánicos. Esta inspección minuciosa se realiza con el fin de asegurar la calidad y la idoneidad del agregado para su uso en la mezcla de concreto u otros fines constructivos.

- Para garantizar que la muestra que se obtenga sea verdaderamente representativa de la composición total del agregado fino, se recurre a una técnica conocida como cuarteo. Este procedimiento se realiza dividiendo la muestra original en porciones equitativas, con el propósito de obtener un conjunto de submuestras que capturen de manera fiel las variaciones presentes en el agregado.

Granulometría del agregado fino NTP 400.012, MTC E204, ASTM C136

Procedimiento

Según el método ASTM C-33, se tiene lo siguiente:

- La muestra obtenida, se procede a realizar el cuarteo correspondiente y seleccionar la muestra representativa del agregado fino seco, en esta ocasión se obtuvo 1050.30 gramos. Esta muestra representativa se coloca sobre una columna de tamices de 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo, colocados de mayor abertura a menor, luego se coloca en los agitadores mecánicos durante un periodo de media hora (15 minutos vertical y 15 minutos horizontal), y de forma manual durante media hora asegurándose de que se agite vertical y horizontalmente.
- Una vez tamizado el agregado, procedemos a seleccionar y tomar datos de los pesos de los agregados retenidos en cada uno de los tamices. El material de todo se pesa por separado.
- Cuando la muestra presenta un alto grado de material fino, se procede a lavarlo en el tamiz N°200 (ASTM C-117) para de esa manera se

elimine el material. El material excedente se lleva al horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas.

Figura 11

Granulometría del agregado fino



Nota. Elaboración Propia (2023)

Peso unitario del agregado fino

Se determina según NTP 400.017, MTC E203, ASTM C-29.

Procedimiento

a.- Peso unitario suelto

- Procedemos a colocar la muestra con el cucharón en el recipiente desde una altura no mayor a 2", luego con una regla nivelamos y quitamos el material excedente.
- Se calcula el peso unitario, pesamos el agregado con el recipiente y lo dividimos entre el volumen de este.

b.- Peso unitario compactado

- Procedemos a colocar la muestra en el recipiente en tres etapas, después de colocar en el primer tercio compactamos con 25 golpes cada una con la varilla de compactación de forma distribuida.

Completamos las etapas restantes con la muestra y su respectiva compactación hasta el nivel del recipiente que lo contiene.

- El peso unitario compactado se calcula. Pesamos la muestra en el recipiente y lo dividimos entre el volumen de este.
- El peso unitario se determina con la muestra seca, debido ya que la arena presenta dificultades para compactar, se recomienda trabajar con 2 a 3% de humedad.

Figura 12

Peso unitario del agregado fino



Nota. Elaboración Propia (2023)

Gravedad específica y absorción del agregado fino NTP 400.022, MTC E205, ASTM C-128

Procedimiento

- Se procede a la selección de la muestra representativa de aproximadamente 1 kg, después de dividir la muestra.
- Luego se lleva al horno a una temperatura constante de 105°C, seguidamente cubrimos con agua y dejar en reposo durante 24 h.
- Después del tiempo previsto, se retira el agua en exceso evitando que se pierda los finos, luego procedemos a secar de forma homogénea al aire libre o mediante franelas. Luego colocamos el agregado fino suelto

parcialmente seco dentro del molde con el diámetro mayor hacia la base.

- Luego, procedemos a dar 25 hincados con el apisonador hasta que, al retirar el molde, la muestra del agregado fino se suelte. Una vez logrado indicara que hemos llegado a la saturación con la superficie.
- A continuación, procedemos de manera inmediata a la introducción de la muestra de agregado fino, con un peso de 500.40 gramos, en el picnómetro. A este punto, se procede a llenar el picnómetro con agua, alcanzando aproximadamente el 90% de su capacidad.
- Posteriormente, llevamos a cabo una agitación suave del picnómetro, utilizando movimientos giratorios con el fin de eliminar cualquier contenido de aire en la mezcla. Esta acción se realiza con el propósito de garantizar una medición precisa y libre de interferencias.
- Una vez concluida la agitación, se procede a determinar el peso total del picnómetro junto con la muestra de agregado y el agua contenida en su interior. Esta medición proporciona un dato fundamental para el cálculo y la posterior caracterización de la muestra.
- Continuando con el proceso, retiramos cuidadosamente el agregado del picnómetro, dando paso a la etapa de secado. Para ello, sometemos la muestra a una temperatura de 105°C, permitiendo la eliminación gradual de la humedad presente en el material. Tras el secado, se enfría adecuadamente la muestra antes de proceder a su pesaje, asegurando resultados precisos y confiables.

- Como parte del procedimiento, se emplea una balanza para pesar el picnómetro conteniendo agua hasta alcanzar la línea de calibración correspondiente.

Figura 13

Gravedad específica y absorción del agregado fino



Nota. Elaboración Propia (2023)

Granulometría del agregado grueso

Se realizó según las Normas NTP 400.012, MTC E 204 y el ASTM C136. Cumpliendo con las especificaciones de la Norma ASTM C-33 para la fabricación del concreto.

Procedimiento

Según el ASTM C-33

- Se selecciona la muestra a partir del cuarteo de la muestra, secado al horno con un peso de 11035.60 gramos, esto se coloca en la columna de tamices de 11/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4 y fondo, colocados de la abertura mayor a menor para luego ser colocados en los agitadores mecánicas o manuales durante 30 minutos.

- Luego procedemos a seleccionar y tomar datos del peso del material retenido en cada uno de los tamices.

Figura 14

Granulometría del agregado grueso



Nota. Elaboración Propia (2023)

Peso unitario del agregado grueso

Se realizará según las Normas NTP 400.017, MTC E203 y ASTM C-29

Procedimiento

a.- Peso unitario suelto

- En el proceso de evaluación, iniciamos por llevar a cabo la deshidratación del material mediante su exposición controlada en un horno, manteniendo una temperatura constante de 105 °C. Este paso es fundamental para eliminar cualquier humedad presente en la muestra y asegurar la precisión de los resultados en el ensayo subsiguiente.
- Tomamos la precaución de registrar de manera minuciosa tanto el peso como las dimensiones exactas del molde que utilizaremos en el procedimiento. Estos datos son esenciales para calcular con precisión el volumen ocupado por la muestra.

- Al verter la muestra en el molde, seguimos un proceso delicado: la inclinación desde una altura de no más de 2 pulgadas hasta alcanzar el límite del recipiente. Esto garantiza que la muestra se distribuya uniformemente y se eviten posibles compresiones que puedan afectar los resultados.
- La determinación del peso unitario en estado suelto es llevada a cabo calculando el cociente entre la masa de la muestra y el volumen ocupado en el molde. Este cálculo nos proporciona una medida valiosa de la densidad del material en su estado suelto.

b.- Peso unitario compactado

- Comenzamos el proceso al pesar el molde y, posteriormente, calculamos su volumen de manera consecutiva. Esto nos brinda información esencial para la caracterización precisa de los materiales.
- Cuando se trata de los agregados con un tamaño máximo de 1 ½ pulgadas, se emplea una varilla de compactación. Esta herramienta es fundamental en el proceso de compresión del material para obtener mediciones confiables y representativas.
- Una vez que hemos preparado los agregados, los distribuimos en el recipiente en tres etapas distintas. En cada una de estas etapas, llevamos a cabo una compactación cuidadosa mediante 25 hincadas, garantizando así que el material alcance una compresión efectiva hasta nivelarse con la parte superior del recipiente. Esta uniformidad en la compactación se logra siguiendo este proceso meticuloso.

- Concluida la compactación, nivelamos la parte superior de los agregados utilizando una regla, asegurándonos de que esté uniforme y represente adecuadamente la muestra en el recipiente.
- El paso siguiente implica el cálculo del peso unitario compactado. Para ello, pesamos la muestra resultante después de la compactación y, a continuación, dividimos este peso entre el volumen del recipiente. Este cálculo nos proporciona una medida esencial para entender cómo los agregados se disponen en el recipiente y cómo se comportan en términos de densidad.

Figura 15

Peso unitario del agregado grueso



Nota. Elaboración Propia (2023)

Gravedad específica y absorción del agregado grueso

Los ensayos se realizarán según las Normas NTP 400.012, MTC E 206 y ASTM C-127

Procedimiento

- Iniciamos eligiendo una muestra representativa del agregado grueso.

- Posteriormente, realizamos el proceso de lavado del agregado, sumergiéndolo en agua durante un período de 24 horas, con el propósito de lograr una saturación completa del material.
- Pesamos la muestra una vez que ha alcanzado un estado de saturación parcial y ligeramente seco.
- Acto seguido, ejecutamos un proceso de secado uniforme del agregado en una superficie no porosa.
- Procedemos a obtener nuevamente el peso de la muestra, esta vez, después de haber experimentado la saturación parcial y el proceso de secado homogéneo.
- Con los datos recopilados de la muestra que ha pasado por el proceso de saturación parcial y secado uniforme, procedemos a emplear una “balanza hidrostática” para identificar el peso sumergido en agua a temperatura de 23°C.
- Continuamos el procedimiento mediante la deshidratación de la muestra en un horno a una temperatura constante de 105°C durante un período de 24 horas.
- Finalmente, efectuamos la pesada de la muestra ya completamente seca. Estos pasos en conjunto permiten obtener información precisa sobre las características de la muestra en distintos estados de humedad.

Figura 16

Gravedad específica y absorción del agregado grueso



Nota. Elaboración Propia (2023)

Tiempo de fraguado inicial y final del cemento

Los ensayos se realizaron según Norma NTP 334.006, MTC E- 606 y ASTM – 191. Para el cálculo del tiempo de fraguado se hace uso del método de fraguado del cemento hidráulico con el aparato de Vicat.

Procedimiento

Temperatura húmeda

En condiciones normales el ambiente de preparado de la mezcla de concreto deberá de estar con una temperatura de 20 al 27°C, la temperatura del agua y el cuarto de curado deberá de estar entre 23°C. el cuarto húmedo o de curado deberá de tener suficiente espacio para los ensayos a una humedad relativa no menor del 90%.

Preparación de la muestra

- Pesar 650 g \pm 0.1 g de cemento.
- Agua destilada, desionizada o agua potable limpia en el recipiente de mezclado.

- En el recipiente ingresar el cemento y el agua, dejar durante 30s para la absorción.
- Ingresar a la mezcladora y realizar el mezclado lento (140 rpm \pm rpm), durante 30 segundos.
- Se detiene el mezclado durante 15 segundos para raspar la pasta que queda adherida en la pared del recipiente.
- Continuar con el mezclado a una velocidad mayor de (285 rpm \pm 10 rpm) durante 1 minuto hasta obtener la pasta requerida.

Procedimiento

Llenado de moldes

- Una vez que hemos preparado la pasta de cemento con la proporción de agua adecuada, procedemos a formar una masa esférica utilizando nuestras manos, las cuales se encuentran protegidas con guantes para garantizar condiciones higiénicas y de seguridad.
- A continuación, llevamos a cabo una serie de movimientos específicos. Lanzamos la masa esférica entre las manos en seis ocasiones, manteniendo una separación de 15 centímetros entre cada lanzamiento. Este proceso contribuye a una distribución uniforme de la pasta y a eliminar las posibles burbujas que puedan estar presentes ahí.
- Una vez que hemos trabajado la masa de manera adecuada, procedemos a introducirla en el molde tronco cónico. Ingresamos la masa esférica a través de la base más grande del molde, asegurándonos de llenar completamente todo el espacio interior.

- Posteriormente, colocamos una placa de vidrio sobre la base superior del molde y, con precaución, invertimos el molde. Esto nos permite retirar el exceso de pasta que pueda estar presente en la parte superior de la base menor. Utilizamos una espátula para quitar cuidadosamente este exceso y dejamos la superficie nivelada y uniforme.

Cálculo del tiempo de fraguado

- La muestra colocada en el molde y sobre la placa de vidrio se introduce en el equipo de la aguja de Vicat, y se ingresa a la cámara húmeda de enfriamiento por un período de 30 minutos, asegurándose de mantener las condiciones constantes y sin ninguna alteración.
- Una vez transcurrido este lapso, se procede a medir la penetración en ese instante, registrando una lectura inicial. A continuación, se repite este proceso en intervalos de 15 minutos (en el caso de cementos tipo 3, el intervalo será de 10 minutos), hasta alcanzar una penetración de 25 mm o menos.
- Antes de registrar cada lectura, se permite que la aguja penetre durante 30 segundos para asegurar la precisión de la medición.
- Cada penetración se realiza a una distancia de 6 mm entre sí, y a una distancia de 9 mm del borde interior del molde.
- Tras llevar a cabo cada medición, procedemos a registrar los resultados obtenidos. Utilizando técnicas de interpolación, realizamos los cálculos necesarios para determinar el tiempo requerido. Este valor, a su vez, proporciona información crucial sobre el momento de inicio del proceso de fraguado del material.

- En la siguiente fase, empleamos un enfoque similar para determinar el tiempo de fraguado final. Durante esta etapa, invertimos el molde cuando la penetración alcanza o es menor a 2 mm. A partir de este punto, llevamos a cabo pruebas de penetración, registrando las mediciones a medida que avanzamos. Esta exploración continúa hasta que la aguja utilizada para la penetración no deje ninguna marca visible en la nueva superficie.

Para las pruebas se prepararon pastas de cemento, una pasta de cemento patrón y otras tres pastas de cemento con dosificaciones de Nitrato de Calcio del 2%, 2.5% y 3% del peso del cemento. El fraguado se registró penetrando la pasta de cemento con una aguja con fuerza constante.

La muestra se analizó cada 15 minutos, el tiempo de fraguado inicial se registró cuando la aguja penetra 25 mm o menos. El tiempo de fraguado final se registró cuando la aguja presenta una penetración menor o igual a 2 mm.

La aguja de Vicat junto con el molde y la pasta se almacenó en una cámara de congelación de temperatura controlada de subidas y bajadas de +5°C a -15°C en periodos de ± 1 hora, cumpliéndose de esta forma lo especificado por el ACI – 306R (Cold Weather Concreting). Para las mediciones, el dispositivo Vicat con pasta de muestra se retiró de la cámara en breve (alrededor de 10 segundos) y se devolvió a la cámara inmediatamente después de las mediciones. Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente.

Figura 17

Procedimiento del tiempo de fraguado



Nota. Elaboración Propia (2023)

4.5. Ejecución de ensayos de laboratorio

4.5.1. Agregado fino

Granulometría

En la tabla número 10 se exhiben de manera detallada los diversos tamaños de tamices expresados en pulgadas y milímetros, acompañados por los respectivos pesos retenidos en gramos de los agregados finos. Además, se presentan los porcentajes retenidos y acumulados con relación a los tamaños de los tamices, junto con el porcentaje correspondiente que atraviesa cada uno de ellos. Adicionalmente, se incluyen los límites ASTM tanto inferiores como superiores, brindando así una referencia contextual y normativa.

Tabla 12

Resultados de granulometría agregado fino

| TAMIZ | | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASA | LÍMITES ASTM | |
|--------|------|-------------------------|---------------|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| (pulg) | (mm) | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 3/8" | 9.50 | 11.00 | 1.05 | 1.05 | 98.95 | 100.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 94.40 | 8.99 | 10.04 | 89.96 | 95.00 | 100.00 |
| N°8 | 2.36 | 103.40 | 9.84 | 19.88 | 80.12 | 80.00 | 100.00 |
| N°16 | 1.18 | 135.30 | 12.88 | 32.76 | 67.24 | 50.00 | 85.00 |
| N°30 | 0.60 | 294.90 | 28.08 | 60.84 | 39.16 | 25.00 | 60.00 |
| N°50 | 0.30 | 282.50 | 26.90 | 87.74 | 12.26 | 10.00 | 30.00 |
| N°100 | 0.15 | 105.10 | 10.01 | 97.74 | 2.26 | 2.00 | 10.00 |
| N°200 | 0.08 | 21.70 | 2.07 | 99.81 | 0.19 | 0.00 | 3.00 |
| FONDO | | 2.00 | 0.19 | 100.00 | | | |
| | | 1050.30 | 100.00 | | | | |

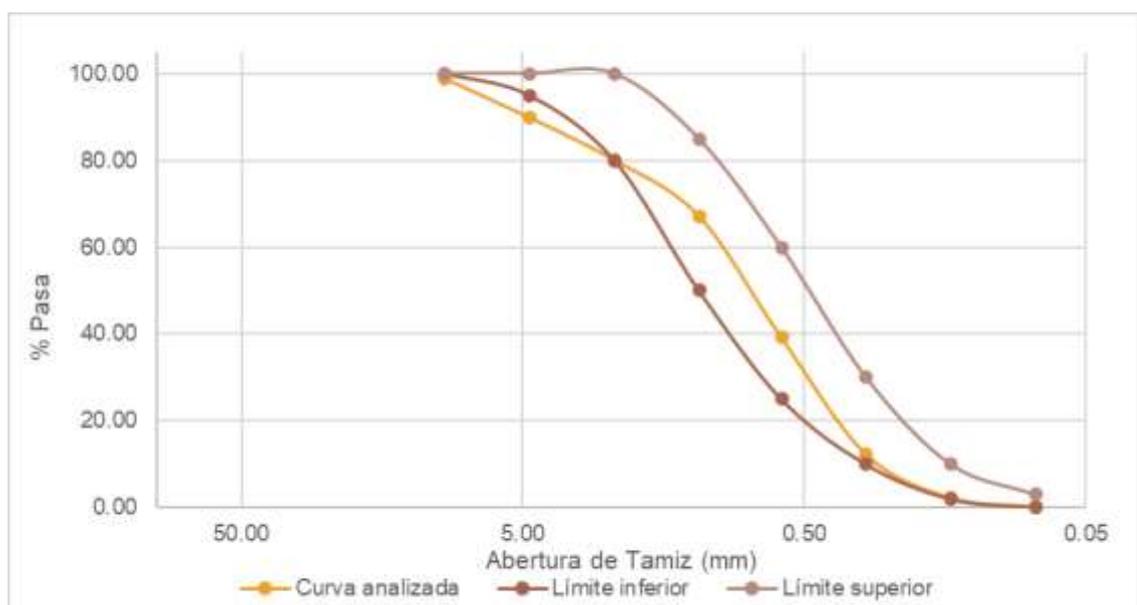
Nota. Elaboración Propia (2023)

$$MF = \frac{\sum \%retenido_acumulado(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

Con dichos resultados se obtiene un módulo de finura, según fórmula, de 3.10.

Figura 18

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. Elaboración Propia (2023)

Peso unitario según la NTP 400.017

Tabla 13

Resultados de peso unitario agregado fino

| Id | Descripción | Und | Ensayos | | | Resultados |
|----|--|-------------------|---------|------|------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + A.F. suelto | kg | 5.84 | 5.86 | 5.86 | |
| B | Peso del molde | kg | 1.84 | 1.84 | 1.84 | |
| C | Peso del A.F. suelto $C=A-B$ | kg | 4 | 4.02 | 4.02 | |
| D | Peso Unitario Suelto $D=C/V_{molde}$ | kg/m ³ | 1423 | 1430 | 1430 | 1427.45 |
| E | Peso del molde + A.F. compactado | kg | 6.38 | 6.42 | 6.42 | |
| F | Peso del A.F. compactado $F=E-B$ | kg | 4.54 | 4.58 | 4.58 | |
| G | Peso Unitario Compactado $G=F/V_{molde}$ | kg/m ³ | 1615 | 1629 | 1629 | 1624.26 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Gravedad específica y absorción

La tabla presentada resume los resultados de las muestras de agregado fino. Estos ensayos abarcan diferentes mediciones y propiedades, como el peso, volumen y peso específico de muestras tanto en condiciones saturadas como en condiciones secas.

Tabla 14*Resultados de gravedad específica y absorción agregado fino*

| Id | Descripción | Und | Ensayos | | Resultados |
|----|--|-------------------|---------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| A | Peso saturado superficialmente seco (Msss) | g | 500.40 | 500.40 | |
| B | Peso de picnómetro + agua (500 ml) | g | 684.80 | 684.80 | |
| C | Peso de picnómetro + agua + Msss C=A+B | g | 1185.20 | 1185.20 | |
| D | Peso de picnómetro + Msss + agua (500 ml) | g | 985.10 | 985.10 | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío E=C-D | cm ³ | 200.10 | 200.10 | |
| F | Peso seco de muestra (Estufa a 105°C±5°C) | g | 489.90 | 489.90 | |
| G | Volumen de masa G=E-(A-F) | cm ³ | 189.60 | 189.60 | |
| H | Peso Específico Bulk (base seca) H=F/E | g/cm ³ | 2.45 | 2.45 | 2.45 |
| I | Peso Específico (base saturada) I=A/E | g/cm ³ | 2.50 | 2.50 | 2.50 |
| J | Peso Específico Aparente (base seca) J=F/G | g/cm ³ | 2.58 | 2.58 | 2.58 |
| K | Absorción $K=((A-F)/F) * 100$ | % | 2.14% | 2.14% | 2.14% |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Contenido de humedad

Es una característica de gran relevancia que tiene el potencial de influir en las propiedades del material de manera significativa. Los ensayos llevados a cabo para evaluar esta propiedad comprenden una serie de pasos, incluyendo la medición del peso de la tara (base), el peso de la muestra en su estado húmedo y, finalmente, el peso de la misma muestra después de haber sido completamente secada.

Tabla 15*Resultados de contenido de humedad agregado fino*

| ID | Descripción | Und | Ensayo |
|----|---|-----|---------|
| | | | Nº01 |
| A | Peso tara | g | 0.00 |
| B | Peso tara + muestra húmeda | g | 1186.30 |
| C | Peso tara + muestra seca | g | 1086.80 |
| D | Peso muestra húmeda (Mh) D=B-A | g | 1186.30 |
| E | Peso muestra seca (Ms) E=C-A | g | 1086.80 |
| F | Peso del agua F=B-C | g | 99.50 |
| G | Contenido de humedad (W%) = $[(Mh-Ms) /Ms]*100$ | % | 9.16% |

Nota. Elaboración Propia (2023)**4.5.2. Agregado grueso****Granulometría****Tabla 16***Resultados de granulometría agregado grueso*

| TAMIZ (pulg) (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASA | LÍMITES HUSO 56 | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|--------|--------------------|--------------------|
| | | | | | Limite inferior | Limite superior |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 108.60 | 0.98 | 99.02 | 90.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 3399.90 | 30.81 | 68.21 | 40.00 | 85.00 |
| 1/2" | 12.50 | 5426.60 | 49.17 | 19.03 | 10.00 | 40.00 |
| 3/8" | 9.50 | 1287.90 | 11.67 | 7.36 | 0.00 | 15.00 |
| Nº4 | 4.75 | 607.90 | 5.51 | 1.85 | 0.00 | 5.00 |
| FONDO | | 204.70 | 1.85 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 11035.60 | 100.00 | | | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Peso unitario según la NTP 400.017

Tabla 17

Resultados de peso unitario agregado grueso

| Id | Descripción | Und | Ensayos | | | Resultados |
|----|-------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + A.F. suelto | kg | 18.26 | 18.24 | 18.26 | |
| B | Peso del molde | kg | 5.5 | 5.5 | 5.5 | |
| C | Peso del A.F. suelto C=A-B | kg | 12.76 | 12.74 | 12.76 | |
| D | Peso Unitario Suelto D=C/Vmolde | kg/m ³ | 1347.67 | 1345.55 | 1347.67 | 1346.96 |
| E | Peso del molde + A.F. compactado | kg | 19.76 | 19.74 | 19.76 | |
| F | Peso del A.F. compactado F=E-B | kg | 14.26 | 14.24 | 14.26 | |
| G | Peso Unitario Compactado G=F/Vmolde | kg/m ³ | 1506.1 | 1504 | 1506.1 | 1624.26 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Gravedad específica y absorción

Tabla 18

Resultados de gravedad específica y absorción agregado grueso

| ID | Descripción | Und | Ensayos | | Resultados |
|----|---|-------------------|---------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| A | Peso saturado superficialmente seco en (aire) | g | 5104.50 | 5104.50 | |
| B | Peso saturado superficialmente seco en (agua) | g | 3135.50 | 3135.50 | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío E=A-B | cm ³ | 1969.00 | 1969.00 | |
| D | Peso seco de muestra (Estufa a 105°C±5°C) | g | 4954.50 | 4954.50 | |
| E | Volumen de masa E=C-(A-D) | cm ³ | 1819.00 | 1819.00 | |
| F | Peso Específico Bulk (base seca) F=D/C | g/cm ³ | 2.52 | 2.52 | 2.52 |
| G | Peso Específico (base saturada) G=A/C | g/cm ³ | 2.59 | 2.59 | 2.59 |
| H | Peso Específico Aparente (base seca) H=D/E | g/cm ³ | 2.72 | 2.72 | 2.72 |
| I | Absorción I=((A-D) / D) *100 | g/cm ³ | 3.03% | 3.03% | 3.03% |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Contenido de humedad

Tabla 19

Resultados de contenido de humedad agregado fino

| ID | Descripción | Und | Ensayo |
|----|---|-----|----------|
| | | | N°01 |
| A | Peso tara | g | 0.00 |
| B | Peso tara + muestra húmeda | g | 11364.10 |
| C | Peso tara + muestra seca | g | 11041.20 |
| D | Peso muestra húmeda (Mh) $D=B-A$ | g | 11364.10 |
| E | Peso muestra seca (Ms) $E=C-A$ | g | 11041.20 |
| F | Peso del agua $F=B-C$ | g | 322.90 |
| G | Contenido de humedad ($W\% = [(Mh-Ms)/Ms]*100$) | % | 2.92% |

Nota. Elaboración Propia (2023)

4.5.3. Diseño de mezcla

Figura 20

Diseño de mezcla según ACI

| | | |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |  |
| TESIS | : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023 | |
| AUTOR | : EDISON CRUZ COLQUE | |
| EMPRESA | : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción | |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE TUTI | |
| CANtera | : SIBAYO | |
| LABORATORIO | : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. | |
| FECHA | : AREQUIPA, ABRIL 2023 | |

DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO DEL ACI 211.1

CANtera : SIBAYO
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI

DATOS GENERALES

Tipo de construcción : Cimentación, Zapatas y Pedestales
Resistencia del concreto : 210 kg/cm²
Peso específico del agua : 1000 kg/m³

DATOS DEL CEMENTO

Tipo : Yura IP
Peso bolsa de cemento : 42.5 kg
Peso específico del cemento : 2.85 g/cm³
Aire incorporado : NO

DATOS DEL AGREGADO

| | Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Peso unitario suelto seco | 1.42 | g/cm ³ | 1.35 | g/cm ³ |
| Peso unitario compactado seco | 1.63 | g/cm ³ | 1.5 | g/cm ³ |
| Peso específico del agregado fino | 2.5 | g/cm ³ | 2.59 | g/cm ³ |
| Porcentaje de absorción | 2.1 | % | 3 | % |
| Contenido de humedad | 9.16 | % | 2.92 | % |
| Módulo de fineza | 3.00 | | 7.23 | ... |
| Tamaño máximo nominal (TMN) | ... | | 3/4" | |
| Pasante malla #200 | 3.5 | % | | |
| Forma de partículas | | Sub angular | | Sub angular |
| Cantera | | Sibayo | | |
| Agua | | Agua local | | |

Procedimiento de diseño

I.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84$$

$$f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

| Resistencia a compresión media requerida cuando no hay datos disponibles para establecer la desviación estándar | |
|---|--|
| Resistencia a compresión especificada $f'c$ (kg/cm ²) | Resistencia a compresión media requerida (kg/cm ²) |
| Menos de 210 | $f'c + 70$ |
| 210 a 350 | $f'c + 84$ |
| más de 350 | $1.10 * f'c + 50$ |

II.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

$$\text{Asentamiento} = 3''$$

$$\text{Consistencia} = \text{Plástica}$$

| Asentamiento recomendado según tipo de consistencia | |
|---|--------------|
| Consistencia | Asentamiento |
| Seca | 0" a 2" |
| Plástica | 3" a 4" |
| Fluida | ≥5" |

III.- CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

$$\text{Tamaño máximo nominal (TMN)} = 3/4''$$

$$\text{Aire atrapado} = 2.00 \%$$

| CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO | |
|--|--|
| Tamaño máximo nominal de agregado grueso | Tamaño máximo nominal de agregado grueso |
| 3/8" | 3.00% |
| 1/2" | 2.50% |
| 3/4" | 2.00% |
| 1" | 1.50% |
| 1 1/2" | 1.00% |
| 2" | 0.50% |

IV.- RELACIÓN AGUA/CEMENTO

$$f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Sin aire incorporado

$$\text{Relación } a/c = 0.56$$

| RELACIÓN AGUA - CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO | | |
|--|---|-------------------------------|
| Resistencia a la compresión a los 28 días $f'cr$ (kg/cm ²) | Relación agua - cemento de diseño en peso | |
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 450 | 0.38 | - |
| 400 | 0.43 | - |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

Interpolamos :

| | |
|--------------|------------|
| f' cr | a/c |
| 300 | 0.55 |
| 294 | X |
| 250 | 0.62 |

| | | | | | | |
|-----|---|-----|---|------|---|------|
| 300 | - | 250 | → | 0.55 | - | 0.62 |
| 294 | - | 250 | → | X | - | 0.62 |

$$\boxed{X = 0.56}$$

V.- PESO DEL AGUA

| CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLA Y AIRE | | | | | | | | |
|---|---|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| VOLUMEN UNITARIO DE AGUA | | | | | | | | |
| Asentamiento | Agua, en l/m3, para los tamaños máximos nominales de agregados grueso y consistencias indicados | | | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ... |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ... |

$$\boxed{\text{Agua} = 205 \text{ L}}$$

VI.- PESO DEL CEMENTO

$$C = \frac{a}{R_{a/c}}$$

$$C = \frac{205}{0.56}$$

$$\boxed{C = 366.07 \text{ kg}} \text{ (Por m3 de concreto)}$$

* **Factor cemento**

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso bolsa de cemento}}$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{366.071}{42.5}$$

$$\boxed{\text{Factor cemento} = 8.61 \text{ bolsas}}$$

(Por m3 de concreto)

VII.- VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO

* Tamaño Máximo Nominal (TMN) = 3/4"

* Módulo de Fineza del Agregado Fino = 3.00

Según dato:

Interpolamos:

| mf | a/c |
|------|------|
| 2.80 | 0.62 |
| 3.00 | X |
| 3.00 | 0.60 |

$$X = 0.60$$

| VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO | | | | |
|--|---|------|------|------|
| TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO | Volumen de agregado grueso, seco y compactado(*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino | | | |
| | MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Peso total del agregado grueso

Peso unitario compactado seco = 1500.00 kg/m³

$$\text{Peso total del Agregado grueso} = 900.00 \text{ kg/m}^3$$

VIII.- VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES PARA EL CONCRETO

* VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO

Si :

Peso del cemento = 366.07 kg

Peso específico del cemento = 2.85 g/cm * 1000

$$\text{Peso específico del cemento} = 2850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del cemento} = \frac{366.07}{2850}$$

$$\text{Volumen absoluto del cemento} = 0.128 \text{ m}^3$$

* VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO

Si:

Peso del agregado grueso = 900 kg/m³

Peso específico del agregado grueso = 2.59 g/cm * 1000

$$\text{Peso específico del agregado grueso} = 2590 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agregado grueso} = \frac{900}{2590}$$

$$\boxed{\text{Volumen absoluto del agregado grueso} = 0.347 \text{ m}^3}$$

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA**

Si:

$$\text{Peso del agua} = 205 \text{ kg}$$

$$\text{Peso específico del agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agua} = \frac{205}{1000}$$

$$\boxed{\text{Volumen absoluto del agua} = 0.205 \text{ m}^3}$$

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE ATRAPADO**

Si:

$$\text{Aire atrapado} = 2.00 \%$$

$$\boxed{\text{Volumen absoluto del aire} = 0.02 \text{ m}^3}$$

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO**

Si :

$$\text{Sumatoria de volúmenes absolutos} = 0.128 + 0.347 + 0.205 + 0.02 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{Sumatoria de volúmenes absolutos} = 0.701 \text{ m}^3}$$

$$\text{Por m}^3 \text{ de concreto} = 1.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 1.00 - 0.701 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 0.299 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso específico del agregado fino} = 2.50 \text{ g/cm}^3 * 1000$$

$$\text{Peso específico del agregado fino} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$\boxed{\text{Peso del agregado fino} = 747.66 \text{ kg/m}^3}$$

IX.- CORRECCIÓN DE LOS AGREGADOS

* **POR HUMEDAD**

PESO HÚMEDO AGREGADO FINO

$$\text{Contenido de humedad del agregado fino} = 9.16 \%$$

$$\boxed{\text{Corrección del Agregado fino} = 816.14 \text{ kg/m}^3}$$

PESO HÚMEDO AGREGADO GRUESO

Contenido de humedad del agregado grueso = 3 %

$$\text{Corrección del agregado grueso} = 927 \text{ kg/m}^3$$

* HUMEDAD SUPERFICIAL

AGREGADO FINO

Contenido de humedad del agregado fino = 9.16 %

Porcentaje de absorción del agregado fino = 2.1 %

$$\text{Agregado Fino} = 7.06 \%$$

Cálculo del agua en la mezcla

$$\text{Agregado Fino} = 747.66 \times 0.0706$$

$$\text{Agregado Fino} = 52.78 \text{ lt/m}^3$$

AGREGADO GRUESO

Contenido de humedad del agregado grueso = 3 %

Porcentaje de absorción del agregado grueso = 2.92 %

$$\text{Agregado Grueso} = 0.08 \%$$

Cálculo del agua en la mezcla

$$\text{Agregado Grueso} = 900.00 \times 0.0008$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.72 \text{ lt/m}^3$$

X- AGUA EFECTIVA

Agua efectiva = Peso del agua - Agua libre

$$\text{Agua efectiva} = 205 - 53.50$$

$$\text{Agua efectiva} = 151.50 \text{ lt/m}^3$$

XI- CEMENTO EFECTIVO

Cemento efectivo = agua efectiva/Relación a/c

$$\text{Cemento efectivo} = \frac{151.50}{0.56}$$

$$\text{Cemento Efectivo} = 271.30 \text{ kg}$$

XII- PROPORCIONES

| Peso de los materiales corregidos | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------|
| Cemento | 366.07 | kg/m ³ |
| Agua efectiva | 151.50 | lt/m ³ |
| Agregado fino húmedo | 816.14 | kg/m ³ |

| | | |
|------------------------|-----|-------|
| Agregado Grueso húmedo | 927 | kg/m3 |
|------------------------|-----|-------|

* **POR PESO**

Cemento = cemento efectivo/cemento efectivo

$$\text{Cemento} = \frac{366.07}{366.07}$$

| |
|--------------------|
| Cemento = 1 |
|--------------------|

Agregado fino = corrección del agregado fino por humedad/cemento efectivo

$$\text{Agregado fino} = \frac{816.14}{366.07}$$

| |
|-----------------------------|
| Agregado fino = 2.23 |
|-----------------------------|

Agregado grueso = corrección del agregado grueso por humedad/cemento efectivo

$$\text{Agregado grueso} = \frac{927}{366.07}$$

| |
|-------------------------------|
| Agregado grueso = 2.53 |
|-------------------------------|

a/c = agua efectiva/cemento efectivo

$$a/c = \frac{151.50}{366.07}$$

| |
|-------------------|
| a/c = 0.41 |
|-------------------|

* **POR BOLSA DE CEMENTO (42.5 kg)**

| |
|------------------------|
| Cemento = 1 bls |
|------------------------|

$$\text{Agregado fino} = 2.23 * 42.5 \text{ kg}$$

| |
|---------------------------------------|
| Agregado fino = 94.7524 kg/bls |
|---------------------------------------|

$$\text{Agregado grueso} = 2.53 * 42.5 \text{ bls}$$

| |
|--|
| Agregado grueso = 107.62 kg/bls |
|--|

$$\text{Agua} = \frac{151.50}{8.61}$$

$$\text{Agua} = 17.59 \text{ lt/bls}$$

* **POR PROBETAS CILINDRICAS**

Datos de la probeta

$$\text{Altura} = 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 0.0016 \text{ m}^3$$

$$\text{Nº de probetas} = 12.00 \text{ und}$$

$$\text{Volumen total} = 0.0016 * 12.00 \text{ probetas}$$

$$\text{Volumen total} = 0.019 \text{ m}^3$$

Entonces, tenemos:

$$\text{Cemento} = \text{Peso del cemento} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Agregado fino} = \text{Peso de agreg. Fino} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Agregado grueso} = \text{Peso de agreg. Grueso} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Agua} = \text{Agua efectiva} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Cemento} = \text{Peso del cemento efectiva} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Cemento} = 271.30 \times 0.019$$

$$\text{Cemento} = 5.11 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = \text{Peso de agreg. Fino} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Agregado fino} = 816.14 \times 0.02$$

$$\text{Agregado fino} = 15.38 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = \text{Peso de agreg. Grueso} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Agregado grueso} = 927 \times 0.02$$

$$\text{Agregado grueso} = 17.4647 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = \text{Agua efectiva} \times \text{volumen total}$$

$$\text{Agua} = 151.50 \times 0.02$$

$$\text{Agua} = 2.85 \text{ L}$$

CAPÍTULO V: RESULTADOS

En esta sección, se presentan en tablas y gráficos los valores obtenidos en los laboratorios con el objetivo de analizar y comparar las propiedades del concreto bajo estudio y para resolver la hipótesis sobre el aditivo de nitrato de calcio utilizado, además de su análisis de costo.

5.1. Trabajabilidad del concreto

Una vez preparado el concreto se tiene:

Tabla 20

Resultados de trabajabilidad

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|-------------------------|-----------------|--------------|---------------------|
| Concreto patrón | 0.00 | 3" | Plástica |
| Nitrato de Calcio | 2% | 3.80" | Plástica |
| Nitrato de Calcio | 2.5% | 4.30" | Fluida |
| Nitrato de Calcio | 3% | 4.50" | Fluida |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Los resultados revelan que para un diseño convencional de concreto con un asentamiento de 3" y consistencia plástica, al agregar distintas cantidades de Nitrato de Calcio mejora significativamente el asentamiento.

Al incorporar un 2% de NC, el asentamiento aumenta a 3.80", manteniendo la consistencia plástica. Con un 2.5% de NC, el asentamiento aumenta de 3.80" a 4.30", presentando una consistencia fluida, así mismo, al incorporar un 3% de NC, el valor del slump aumenta de 4.30" a 4.50", presentando una consistencia fluida.

5.2. Tiempo de fraguado del concreto

5.2.1. Valor de inserción de la pasta de cemento con la aguja de Vicat para determinar el tiempo de fragua del concreto patrón

Tabla 21

Fraguado de concreto patrón

| N° lectura | Hora de penetración | Penetración (mm) | | | Resultado (mm) | Tiempo penetración |
|------------|---------------------|------------------|--------|--------|----------------|--------------------|
| | | N° ensayos | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 22 | 14:15 | Indeterminado | 38 | 36 | 37.00 | |
| 23 | 14:30 | 35 | 37 | 35 | 35.67 | |
| 24 | 14:45 | 34 | 35 | 33 | 34.00 | 6ta hora |
| 25 | 15:00 | 33 | 32 | 31 | 32.00 | |
| 26 | 15:15 | 30 | 31 | 29 | 30.00 | |
| 27 | 15:30 | 29 | 29 | 27 | 28.33 | |
| 28 | 15:45 | 24 | 26 | 23 | 24.33 | 7ma hora |
| 29 | 16:00 | 18 | 20 | 19 | 19.00 | |
| 30 | 16:15 | 15 | 17 | 16 | 16.00 | |
| 31 | 16:30 | 11 | 14 | 12 | 12.33 | |
| 32 | 16:45 | 5 | 7 | 6 | 6.00 | 8va hora |
| 33 | 17:00 | 2 | 4 | 3 | 3.00 | |
| 34 | 17:15 | 0 | 2 | 1 | 1.00 | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

En la tabla 19 se muestra que cada lectura corresponde a una hora específica y se registran las mediciones de penetración en milímetros obtenidas en cada ensayo realizado. A medida que avanza el tiempo, se observa una disminución gradual en la penetración. El inicio del proceso de fraguado (TF) se presenta a los 437 min desde que el cemento entra en contacto con el agua y continúa hasta que la penetración alcance los 25 mm. Por otro lado, el término de TF sucede a los 527 min, cuando la penetración alcanza los 2 mm.

5.2.2. Valor de inserción de la pasta de cemento con la aguja de Vicat para determinar el tiempo de fragua concreto 2% de nitrato

Tabla 22

Fraguado de concreto 2% nitrato de calcio

| Nº lectura | Hora de penetración | Penetración (mm) | | | Resultado (mm) | Tiempo penetración |
|------------|---------------------|------------------|-----------|-----------|----------------|--------------------|
| | | Nº ensayos | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 1 | 09:00 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 2 | 09:15 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 3 | 09:30 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 4 | 09:45 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 5 | 10:00 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | 1era hora |
| 6 | 10:15 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 7 | 10:30 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 8 | 10:45 | 36 | 38 | 35 | 36.33 | |
| 9 | 11:00 | 33 | 35 | 33 | 33.67 | 2da hora |
| 10 | 11:15 | 29 | 30 | 28 | 29.00 | |
| 11 | 11:30 | 26 | 25 | 23 | 24.67 | |
| 12 | 11:45 | 24 | 20 | 19 | 21.00 | |
| 13 | 12:00 | 16 | 13 | 14 | 14.33 | 3ra hora |
| 14 | 12:15 | 10 | 8 | 9 | 9.00 | |
| 15 | 12:30 | 6 | 5 | 5 | 5.33 | |
| 16 | 12:45 | 3 | 2 | 3 | 2.67 | |
| 17 | 13:00 | 1 | 0 | 1 | 0.67 | 4ta hora |

Nota. Elaboración Propia (2023)

En la tabla 20 se muestra la penetración de la pasta de cemento con la aguja de Vicat en intervalos de quince minutos. El TF inicial ocurre a los 182 minutos. El TF final ocurre a los 272 minutos.

5.2.3. Valor de inserción de la pasta de cemento con la aguja de Vicat para determinar el tiempo de fragua concreto 2.5% de nitrato

Tabla 23

Fraguado de concreto 2.5% nitrato de calcio

| N° lectura | Hora de penetración | Penetración (mm) | | | Resultado (mm) | Tiempo penetración |
|------------|---------------------|------------------|-----------|-----------|----------------|--------------------|
| | | N° ensayos | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 1 | 09:00 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | 1era hora |
| 2 | 09:15 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 3 | 09:30 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 4 | 09:45 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 5 | 10:00 | 34 | 36 | 35 | 35.00 | 2da hora |
| 6 | 10:15 | 31 | 33 | 30 | 31.33 | |
| 7 | 10:30 | 26 | 28 | 25 | 26.33 | |
| 8 | 10:45 | 18 | 22 | 19 | 19.67 | 3ra h |
| 9 | 11:00 | 11 | 14 | 12 | 12.33 | |
| 10 | 11:15 | 3 | 5 | 6 | 4.67 | |
| 11 | 11:30 | 1 | 2 | 2 | 1.67 | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

El tiempo de fraguado (TF) inicial ocurre a los 137 min hasta obtener una penetración de 25 mm. El TF final ocurre a los 182 min desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de

2mm. Estos resultados indican que el material sometido al ensayo presenta una menor capacidad de penetración a medida que transcurre el tiempo. Esto puede deberse a factores como el endurecimiento o la evolución de las propiedades del material a lo largo del tiempo.

5.2.4. Valor de inserción de la pasta de cemento con la aguja de Vicat para determinar el tiempo de fragua concreto 3% de nitrato

Tabla 24

Fraguado de concreto 3% nitrato de calcio

| N° lectura | Hora de penetración | Penetración (mm) | | | Resultado (mm) | Tiempo penetración |
|------------|---------------------|------------------|-----------|-----------|----------------|--------------------|
| | | N° ensayos | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 1 | 09:00 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | 1era hora |
| 2 | 09:15 | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | Indeterm. | |
| 3 | 09:30 | 31 | 33 | 34 | 32.67 | |
| 4 | 09:45 | 28 | 28 | 29 | 28.33 | |
| 5 | 10:00 | 15 | 17 | 20 | 17.33 | 2da hora |
| 6 | 10:15 | 8 | 7 | 11 | 8.67 | |
| 7 | 10:30 | 4 | 3 | 5 | 4.00 | |
| 8 | 10:45 | 1 | 1 | 2 | 1.33 | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

El TF inicial de la pasta se registra aproximadamente 92 min a partir del inicio de la reacción del cemento con el agua, alcanzando una penetración de 25 mm. Por su parte, el TF final se presenta a alrededor de 137 min desde el inicio de la reacción, llegando a una penetración de 2 mm.

5.2.5. Tiempo de fragua resumen

Tabla 25

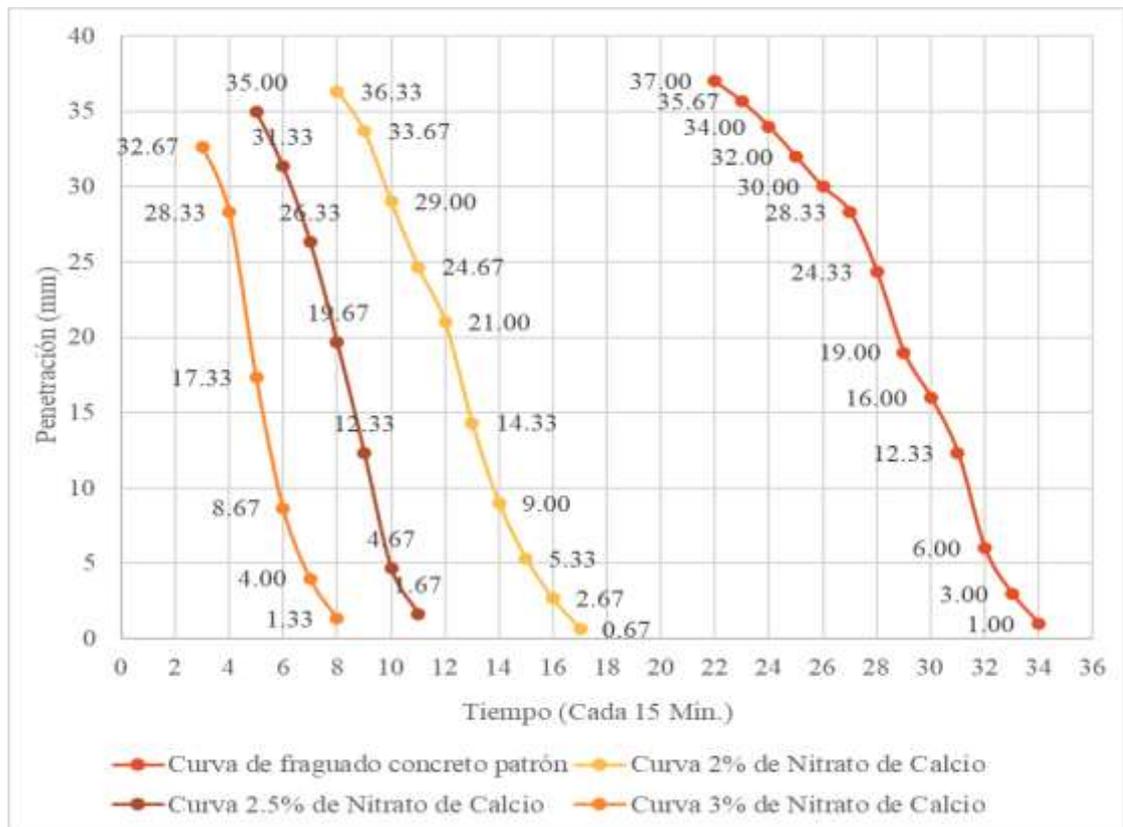
Resumen del tiempo de fraguado de concreto

| | Penetración (mm) | Concreto patrón | Proporcionamiento de nitrato de calcio | | |
|---|------------------|-----------------|--|-------|-------|
| | | | 2% | 2.50% | 3% |
| 1 | Hora | 0 | 0 | 35.00 | 17.33 |
| 2 | Hora | 0 | 33.67 | 12.33 | 1.33 |
| 3 | Hora | 0 | 14.33 | 1.67 | 0 |
| 4 | Hora | 0 | 0.67 | 0 | 0 |
| 5 | Hora | 37 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Hora | 32 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Hora | 19 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Hora | 1 | 0 | 0 | 0 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Figura 21

Curva de fraguado de los diseños de mezcla



Nota. Elaboración Propia (2023)

El tiempo de fraguado inicial de una pasta de cemento patrón ocurre a las 7h:17min Vs. Pasta de cemento con NC al 2%,2.5%y3% a las 3h:2min, 2h:17min, 1h:32min respectivamente.

El tiempo de fraguado final de una pasta de cemento patrón ocurre a las 8h:47min Vs. Pasta de cemento con NC al 2%,2.5%y3% a las 4h:32min, 3h:2min, 2h:17min respectivamente.

En particular, la pasta que tiene un 3% de NC demuestra un proceso de fraguado más rápido y eficiente en comparación con la pasta estándar expuesta a las mismas condiciones de temperatura de congelación y descongelación.

En el caso específico de la pasta con 3% de NC, se observa que para alcanzar el tiempo de fraguado final se reduce a 137 minutos, en contraste con los 527 min. de la pasta patrón. Siendo un indicador para el tiempo de fraguado del concreto en las mismas condiciones.

Asimismo, los resultados muestran que hay una diferencia de 5h:45min. De fraguado inicial entre una pasta de cemento patrón Vs. Adición del 3% de NC y de 6h:30min en el tiempo de fraguado final.

5.3. Resistencia a la compresión del concreto

Cantidad de material para la elaboración de probetas de concreto

Para ello se consideró el diámetro de probeta de 0.10m y altura de 0.20m, donde el volumen fue de 0.0016m³.

Tabla 26*Resumen proporción en peso*

| Materiales | Peso | Unidad |
|------------------------|-------------|---------------|
| Cemento | 2.42 | Kg |
| Agregado fino | 5.38 | Kg |
| Agregado grueso | 6.11 | Kg |
| Nitrato de calcio (3%) | 0.06 | Kg |
| Agua | 1.01 | L |

*Nota. Elaboración Propia (2023)***5.3.1. Resistencia a la compresión concreto patrón****Tabla 27***Resistencia del concreto patrón a los 3, 7, 14 y 28 días*

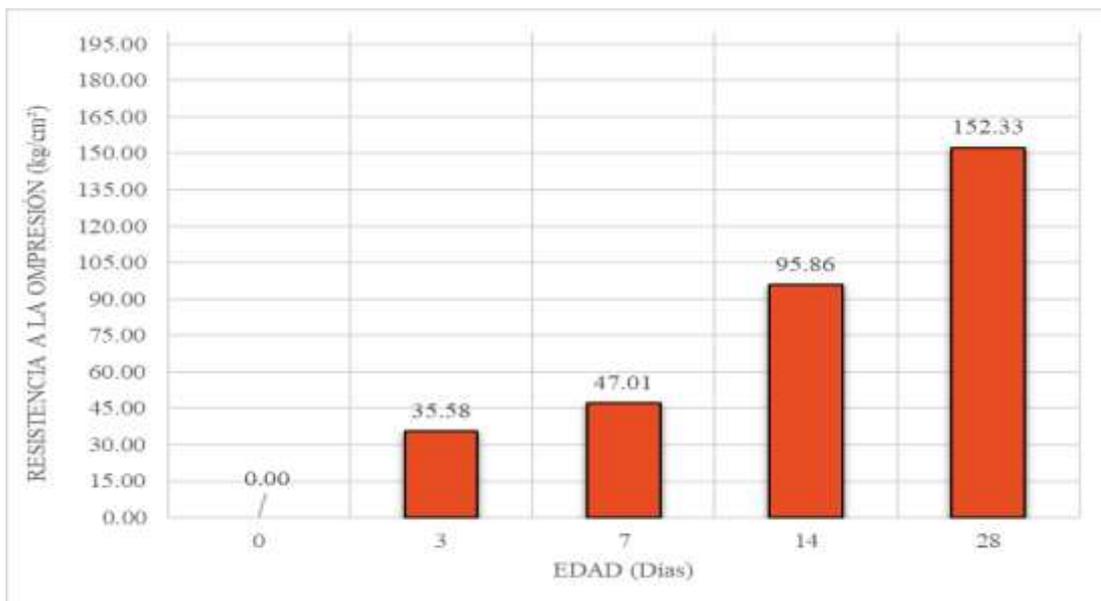
| N° Briquea | Edad | Área de testigo | Carga (Kgf) | RC (kg/cm²) | Promedio RC (kg/cm²) | % RC (kg/cm²) |
|-------------------|-------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | | 78.54 | 2736 | 34.84 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 2826 | 35.98 | 35.58 | 16.94 |
| 3 | | 78.54 | 2822 | 35.93 | | |
| 4 | | 78.54 | 3686 | 46.93 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 3706 | 47.19 | 47.01 | 22.38 |
| 6 | | 78.54 | 3684 | 46.91 | | |
| 7 | | 78.54 | 7698 | 98.01 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 7564 | 96.31 | 95.86 | 45.65 |
| 9 | | 78.54 | 7325 | 93.26 | | |
| 10 | | 78.54 | 10304 | 131.00 | | |
| 11 | 28 días | 78.54 | 13164 | 167.00 | 152.33 | 72.87 |
| 12 | | 78.54 | 12521 | 159.00 | | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

La tabla 27 demuestra los resultados de RC de briquetas de concreto a diferentes edades, que indican que la RC del concreto aumenta con el tiempo de curado. A medida que las briquetas pasan más tiempo en el proceso de endurecimiento, se observa una resistencia superior.

Figura 22

Resumen resistencia promedio de concreto patrón



Nota. Elaboración Propia (2023)

5.3.2. Resistencia a la compresión concreto 2% nitrato

La tabla 28 muestra que, a los 28 días de edad, se obtuvieron RC más altas, con valores de 199 kg/cm², 195 kg/cm² y 189 kg/cm² respectivamente. El promedio de RC para estas briquetas fue de 194.33 kg/cm², lo que representa un 92.54% del f'c de diseño.

Tabla 28

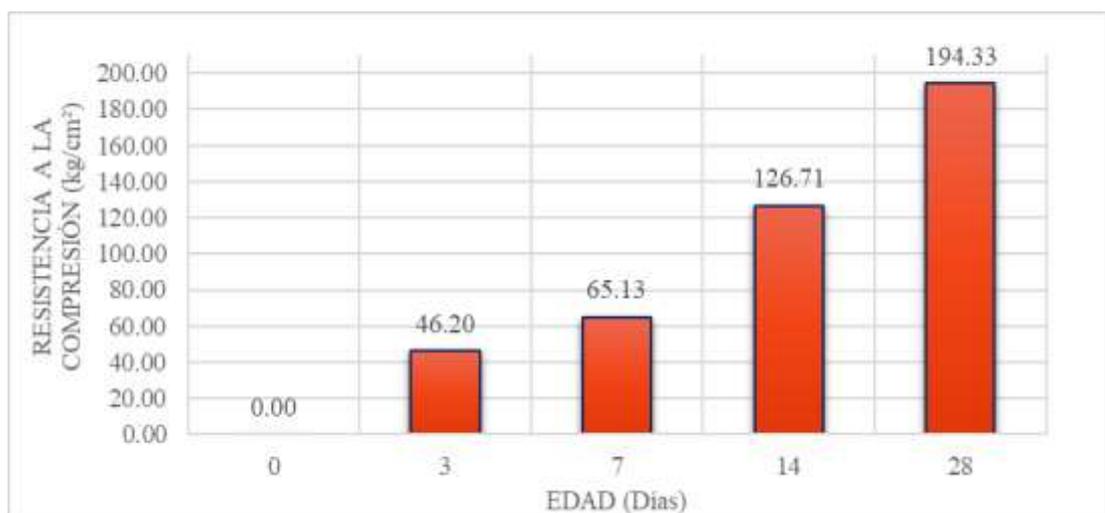
Resistencia del concreto 2% nitrato a los 3, 7, 14 y 28 días

| N° Briqueeta | Edad | Área de testigo | Carga (Kgf) | RC (kg/cm ²) | Promedio RC (kg/cm ²) | % RC (kg/cm ²) |
|--------------|---------|-----------------|-------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | | 78.54 | 3572 | 45.48 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 3778 | 48.10 | 46.20 | 22.00 |
| 3 | | 78.54 | 3535 | 45.01 | | |
| 4 | | 78.54 | 5178 | 65.93 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 5228 | 66.56 | 65.13 | 31.01 |
| 6 | | 78.54 | 4939 | 62.89 | | |
| 7 | | 78.54 | 9858 | 125.52 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 9946 | 126.64 | 126.71 | 60.34 |
| 9 | | 78.54 | 10051 | 127.97 | | |
| 10 | | 78.54 | 15695 | 199.00 | | 92.54 |
| 11 | 28 días | 78.54 | 15334 | 195.00 | 194.33 | |
| 12 | | 78.54 | 14866 | 189.00 | | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Figura 23

Resumen resistencia promedio de concreto 2% nitrato



Nota. Elaboración Propia (2023)

5.3.3. Resistencia a la compresión concreto 2.5% nitrato

Tabla 29

Resistencia del concreto 2.5% nitrato a los 3, 7, 14 y 28 días

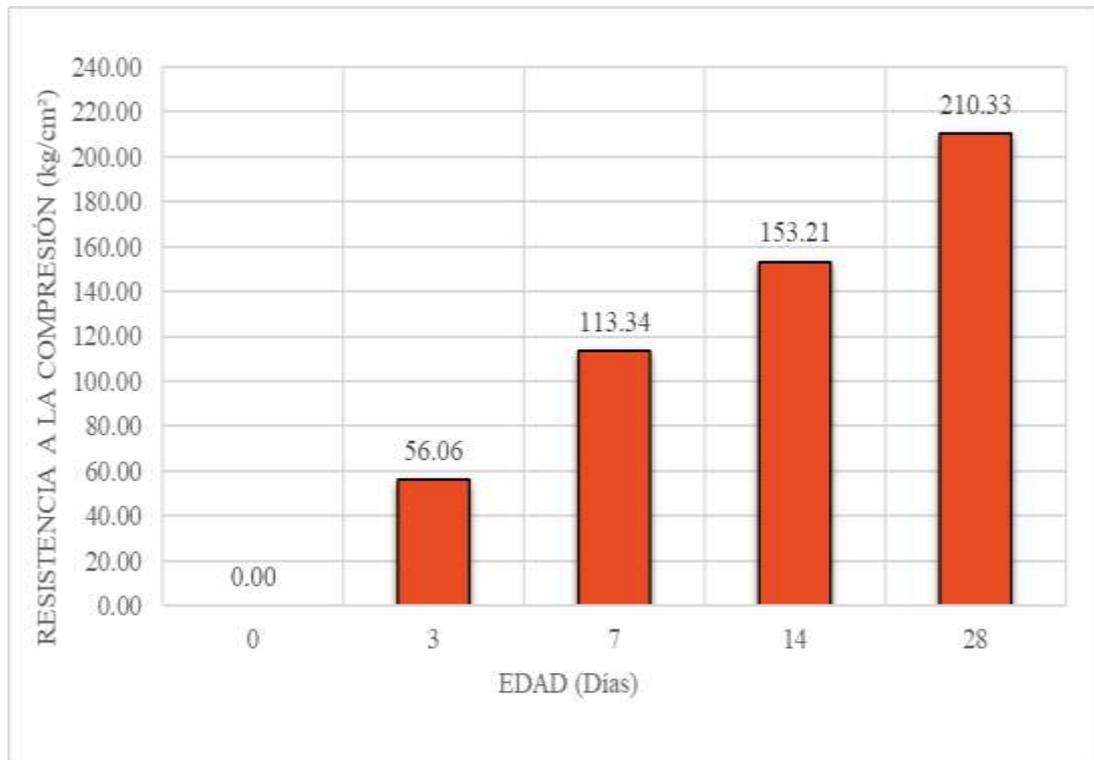
| N° Briqueta | Edad | Área de testigo | Carga (Kgf) | RC (kg/cm ²) | Promedio RC (kg/cm ²) | % RC (kg/cm ²) |
|-------------|---------|-----------------|-------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | | 78.54 | 4370 | 55.64 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 4535 | 57.74 | 56.06 | 26.70 |
| 3 | | 78.54 | 4305 | 54.81 | | |
| 4 | | 78.54 | 8777 | 111.75 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 8810 | 112.17 | 113.34 | 53.97 |
| 6 | | 78.54 | 9118 | 116.09 | | |
| 7 | | 78.54 | 10610 | 135.09 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 12726 | 162.03 | 153.21 | 72.96 |
| 9 | | 78.54 | 12763 | 162.50 | | |
| 10 | | 78.54 | 16642 | 211.00 | | |
| 11 | 28 días | 78.54 | 16642 | 211.00 | 210.33 | 100.16 |
| 12 | | 78.54 | 16480 | 209.00 | | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

La tabla 29 muestra la RC de briquetas de concreto a diferentes edades. A los 3 días, las briquetas alcanzaron RC promedio de 56.06 kg/cm², mientras que a los 7 días aumentaron a 113.34 kg/cm². Tras 14 días, la RC promedio fue de 153.21 kg/cm².

Figura 24

Resumen resistencia promedio de concreto 2.5% nitrato



Nota. Elaboración Propia (2023)

5.3.4. Resistencia a la compresión concreto 3% nitrato

La tabla 30 presenta los resultados de RC de briquetas de concreto en diferentes etapas de curado. A los 3 días, las briquetas mostraron una RC promedio de 105.57 kg/cm², la cual aumentó a 132.98 kg/cm² a los 7 días. Después de 14 días, se observó una RC promedio de 183.82 kg/cm².

Tabla 30

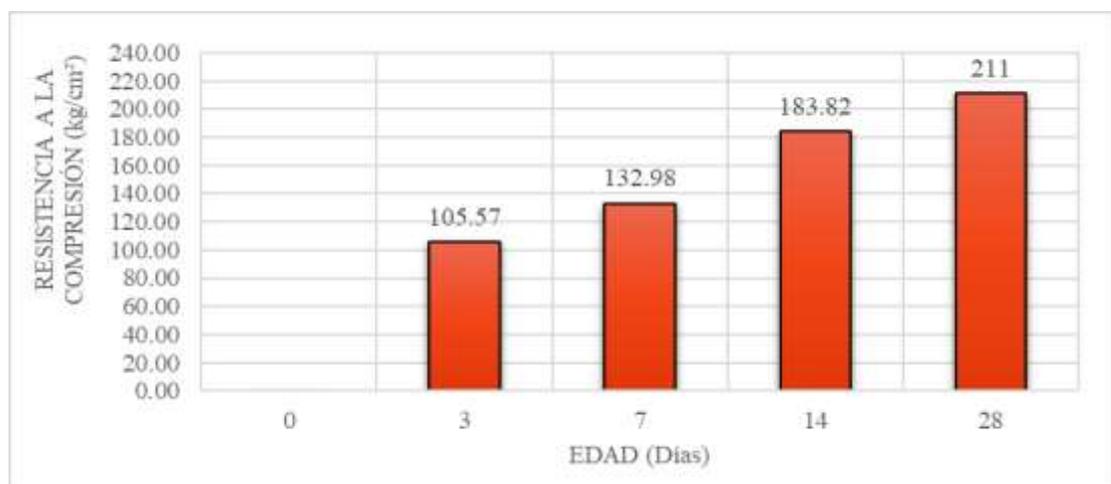
Resistencia del concreto 3% nitrato a los 3, 7, 14 y 28 días

| N° Briqueta | Edad | Área de testigo | Carga (Kgf) | RC (kg/cm ²) | Promedio RC (kg/cm ²) | % RC (kg/cm ²) |
|-------------|---------|-----------------|-------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | | 78.54 | 7042 | 89.66 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 8517 | 108.44 | 105.57 | 50.27 |
| 3 | | 78.54 | 9315 | 118.60 | | |
| 4 | | 78.54 | 9992 | 127.22 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 11273 | 143.53 | 132.98 | 63.32 |
| 6 | | 78.54 | 10068 | 128.19 | | |
| 7 | | 78.54 | 14807 | 188.53 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 14566 | 185.46 | 183.82 | 87.53 |
| 9 | | 78.54 | 13938 | 177.46 | | |
| 10 | | 78.54 | 16781 | 213.00 | | |
| 11 | 28 días | 78.54 | 15930 | 202.00 | 211.00 | 100.48 |
| 12 | | 78.54 | 17199 | 218.00 | | |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Figura 25

Resumen resistencia promedio de concreto 3% nitrato

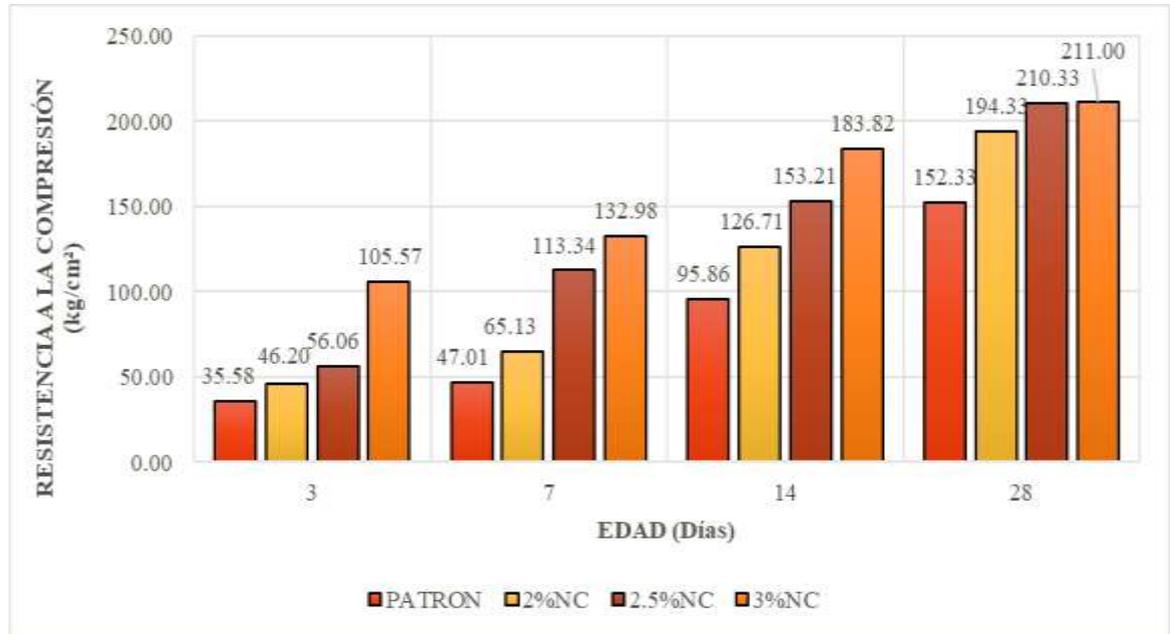


Nota. Elaboración Propia (2023)

5.3.5. Resumen resistencia a la compresión

Figura 26

Resumen resistencia promedio de diseños de concreto



Nota. Elaboración Propia (2023)

Los resultados muestran que el desarrollo de la resistencia del concreto patrón sometido a bajas temperaturas no llega a la resistencia de diseño, presentándose como sigue:

A los 3,7,14 y 28 días presenta resistencias de 35.58, 47.01, 95.86 y 152.33 kg/cm². A los 28 días solo llega a un 72.54% de resistencia.

Además, el incremento del NC en diferentes porcentajes mejora la resistencia a compresión del concreto sometido a bajas temperaturas de congelamiento y descongelamiento, comparado con el concreto patrón sometido a las mismas condiciones de temperatura.

Según los resultados, se muestra que con la adición de un 2% NC se mejora la RC en un 5.06% a los 3 días, 8.62% a los 7 días, 14.69% a los 14

días y en un 20% a los 28 días con respecto a la RC del concreto patrón sometido a congelación y descongelación. Asimismo, la adición de 2.5% NC se logra mejorar un 9.76% a los 3 días, 31.58% a los 7 días, 27.31% a los 14 días y 27.62% a los 28 días con respecto a la RC del concreto patrón.

La adición de 3% NC se mejora un 33.33% a los 3 días, 40.93% a los 7 días, 41.88% a los 14 días y 27.94% a los 28 días la RC con respecto al concreto patrón sometido a las mismas condiciones de temperatura. Se puede observar que se obtiene los mejores resultados al adicionar un 3% NC, a los 3 días, 7 días y 14 días comparado a los otros porcentajes de NC en el mismo tiempo.

Por ello, los resultados exhiben un aumento considerable en la RC del concreto al incrementar tanto la concentración de NC como el tiempo de curado, ya que la RC promedio del concreto patrón alcanza los 152.33 kg/cm² a los 28 días. En contraste, el concreto con un 3% de NC logra una RC promedio de 211 kg/cm² en el mismo período de tiempo.

5.4. Análisis de costos

Se realizó un análisis exhaustivo de los costos unitarios directos por metros cúbicos para comprender la relación entre la incorporación de aditivos y los gastos asociados (Ver anexo 7). Por ello, se efectuó la evaluación del costo unitario por metro cúbico de tanto el concreto patrón y como los con adiciones de Nitrato de Calcio en proporciones de 2%, 2.5% y 3% respecto al peso del cemento. Dicho análisis consideró los precios de los recursos locales. Asimismo, se llevó a cabo la estimación del costo unitario para un concreto en el que se aplicara un aditivo comercial como el SikaRapid - 3PE. Sin embargo,

en el caso de este último, se consideró el valor del aditivo en la ciudad, dado que no está disponible en la zona de estudio.

Tabla 31

Análisis de precios unitarios (APU) de concreto patrón

| Descripción Recurso | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|--------------------------------------|-----|-----------|----------|-----------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Operario | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| Oficial | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| Peón | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| | | | | | 114.81 |
| Materiales | | | | | |
| Piedra chancada 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| Arena gruesa | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| Agua puesta en obra | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| Cemento Portland tipo IP (42.5 kg) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| | | | | | 325.80 |
| Equipos | | | | | |
| Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| Vibrador de concreto 4 hp 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| | | | | | 11.18 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

La tabla 31 presenta un desglose detallado de los recursos involucrados en la construcción del concreto, incluyendo mano de obra, materiales y equipos. Se resalta que los costos de todos los análisis se basan en un rendimiento de 18.00 metros cúbicos por día, estimado de la zona conforme al expediente técnico de una obra local realizada en el 2023. Cada elemento, desde operarios hasta materiales como piedra chancada y cemento, así como

herramientas y equipos, se muestra con su respectiva cantidad y precio, proporcionando una comprensión completa de los costos asociados a la labor.

Tabla 32

APU de concreto + Sikarapid-3PE

| Descripción Recurso | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|--------------------------------------|-----|-----------|----------|-----------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Operario | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| Oficial | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| Peón | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| | | | | | 114.81 |
| Materiales | | | | | |
| Piedra chancada 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| Arena gruesa | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| Agua puesta en obra | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| Cemento Portland tipo IP (42.5 kg) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| Sikarapid – 3PE | bol | | 3.8600 | 47.35 | 182.77 |
| | | | | | 508.57 |
| Equipos | | | | | |
| Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| Vibrador de concreto 4 hp 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| | | | | | 11.18 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Tabla 33*APU de concreto + 2% de nitrato de calcio*

| Descripción Recurso | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|--------------------------------------|------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Operario | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| Oficial | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| Peón | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| | | | | | 114.81 |
| Materiales | | | | | |
| Piedra chancada 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| Arena gruesa | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| Agua puesta en obra | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| Cemento Portland tipo IP (42.5 kg) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| Aditivo nitrato de calcio al 2% | bol | | 0.2900 | 133.00 | 38.57 |
| | | | | | 364.37 |
| Equipos | | | | | |
| Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| Vibrador de concreto 4 hp 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| | | | | | 11.18 |

*Nota. Elaboración Propia (2023)***Tabla 34***APU de concreto + 2.5% de nitrato de calcio*

| Descripción Recurso | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|--------------------------------------|------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Operario | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| Oficial | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| Peón | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| | | | | | 114.81 |
| Materiales | | | | | |
| Piedra chancada 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| Arena gruesa | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| Agua puesta en obra | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| Cemento Portland tipo IP (42.5 kg) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| Aditivo nitrato de calcio al 2.5% | bol | | 0.3700 | 133.00 | 49.21 |
| | | | | | 375.01 |
| Equipos | | | | | |
| Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| Vibrador de concreto 4 hp 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| | | | | | 11.18 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Tabla 35

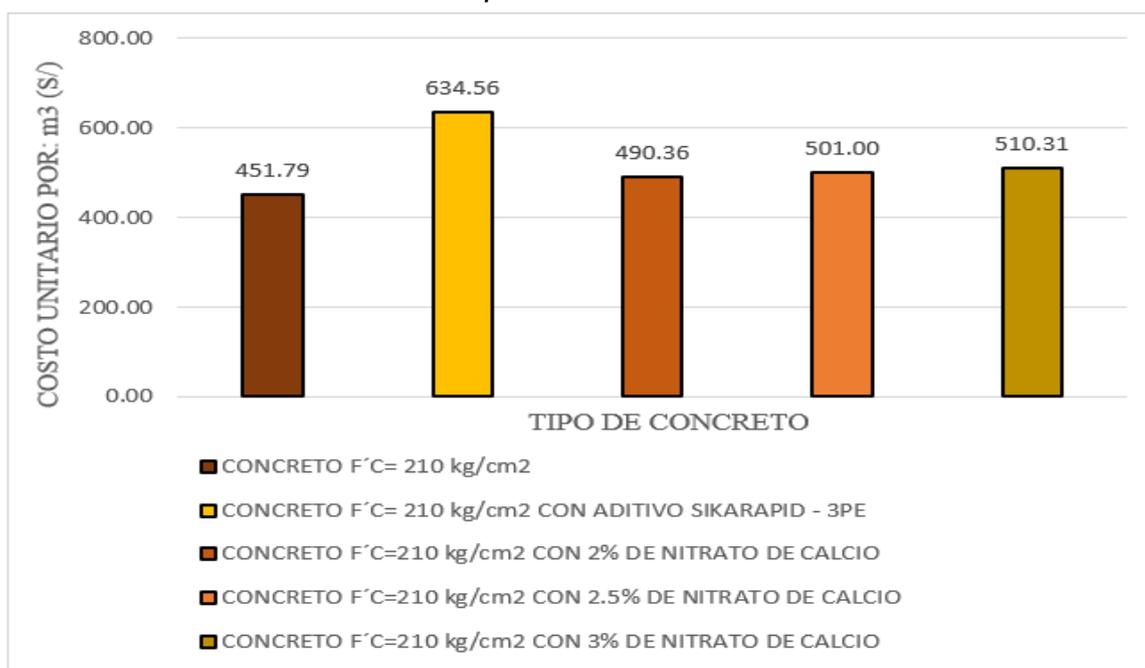
APU de concreto + 3% de nitrato de calcio

| Descripción Recurso | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|--------------------------------------|-----|-----------|----------|-----------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Operario | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| Oficial | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| Peón | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| | | | | | 114.81 |
| Materiales | | | | | |
| Piedra chancada 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| Arena gruesa | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| Agua puesta en obra | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| Cemento Portland tipo IP (42.5 kg) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| Aditivo nitrato de calcio al 3% | bol | | 0.4400 | 133.00 | 58.52 |
| | | | | | 384.32 |
| Equipos | | | | | |
| Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| Vibrador de concreto 4 hp 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| | | | | | 11.18 |

Nota. Elaboración Propia (2023)

Figura 27

Resumen de costos del concreto por metro cúbico



Nota. Elaboración Propia (2023)

Se observa que el costo del concreto con adición del aditivo SikaRapid – 3PE presenta un costo superior en 182.77 soles por metro cúbico en comparación con el concreto patrón convencional. También, se puede observar que el costo por metro cúbico es mayor en 144.20 soles por metro cúbico en comparación con el concreto con 2% de NC, 133.56 soles por metro cúbico con un 2.5% de NC y 124.25 soles por metro cúbico en un 3% de NC.

Además, los resultados muestran que el concreto con un 2% de NC tiene un costo superior en 38.57 soles por metro cúbico en comparación al concreto patrón. De la misma forma, el costo del concreto por metro cúbico con adición de NC en 2.5% y 3% es superior en 49.21 soles y 58.52 soles, respectivamente, en comparación con el concreto patrón.

Se observa entonces que el costo por metro cúbico del concreto con aditivo SikaRapid – 3PE es mayor en 40.45% con respecto al costo por metro cúbico del concreto patrón. Asimismo, se aprecia que el costo por metro cúbico del concreto con aditivo SikaRapid -3PE es mayor en 29.41%, 26.66% y 24.35% con respecto al costo por metro cúbico del concreto con 2%, 2.5% y 3% de NC, respectivamente.

En comparación con el concreto convencional, cuyo costo asciende a aproximadamente S/451.79 por metro cúbico, el concreto con el aditivo SikaRapid - 3PE presenta un mayor costo, alcanzando alrededor de S/634.56. Por otro lado, los concretos modificados con NC presentan un costo promedio cercano a los S/500 por metro cúbico. Estos resultados indican que los aditivos ejercen influencia sobre los costos, aunque los aumentos no son considerablemente pronunciados en comparación con el aditivo SikaRapid-3PE.

CAPÍTULO VI:

DISCUSIÓN

La investigación llevada a cabo se enfocó en realizar un análisis detallado de los efectos que tiene la incorporación de Nitrato de Calcio en un concreto de resistencia de 210 kg/cm² en condiciones de climas fríos. Las propiedades evaluadas abarcaron aspectos clave como el tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la resistencia a la compresión (RC). Los resultados obtenidos revelaron de manera contundente que las propiedades del concreto de referencia, es decir, sin la presencia de NC, presentan un rendimiento inferior en comparación con las muestras que incorporan concentraciones del 2%, 2.5% y 3% de este aditivo.

En relación a la trabajabilidad, se observa una transformación significativa en la consistencia del concreto al añadir Nitrato de Calcio. Mientras que el concreto de referencia exhibe una consistencia plástica, la adición de NC permite alcanzar una consistencia más fluida. Este cambio en la trabajabilidad es crucial, especialmente en climas fríos, donde la fluidez del concreto puede ser afectada negativamente. La capacidad de lograr una consistencia más fluida implica una mayor facilidad en la colocación y

manipulación del concreto durante la construcción, lo cual es esencial para obtener resultados de alta calidad.

En cuanto a la RC, los resultados confirman que las mezclas que incorporan Nitrato de Calcio presentan una RC superior en comparación con el concreto de diseño estándar. Esta mejora en la resistencia es fundamental para garantizar la durabilidad y capacidad estructural del concreto, especialmente en condiciones climáticas desafiantes. La resistencia incrementada sugiere que la adición de NC fortalece la estructura del concreto, brindando una mayor capacidad para soportar cargas y resistir condiciones adversas.

Adicionalmente, el tiempo de fraguado más reducido observado en las mezclas con NC es un indicador positivo, ya que implica una aceleración en el proceso de endurecimiento del concreto. Esta característica es beneficiosa en situaciones donde se requiere una rápida puesta en servicio de las estructuras o en proyectos con plazos ajustados. La capacidad de lograr un tiempo de fraguado más corto sin comprometer la calidad del concreto es un aspecto valioso para la eficiencia de la construcción.

Sobre la base de estos resultados, se puede llegar a la conclusión que la utilización del NC tiene un impacto positivo en la optimización de las propiedades del concreto para condiciones de climas fríos, como en el contexto específico de Arequipa en 2023. Estos resultados evidencian que la inclusión del Nitrato de Calcio en diversas proporciones conlleva una mejora sustancial en las características del concreto. Los beneficios incluyen un tiempo de fraguado más corto, una consistencia más fluida y una RC

incrementada en las mezclas que contienen Nitrato de Calcio. En consecuencia, estos resultados respaldan la hipótesis inicial planteada.

Considerando los resultados de la investigación y la evidencia proporcionada por Dorn et al. (2023), se profundiza en la comprensión de cómo el Nitrato de Calcio influye positivamente en la optimización de las propiedades del concreto en climas fríos. Los hallazgos de Dorn et al. respecto a la producción de etringita y la fase AFm con nitrato, especialmente en concentraciones más altas de NC, ofrecen una perspectiva clave sobre los mecanismos que subyacen a los beneficios observados. La formación de estas fases contribuye de manera directa a mejorar la resistencia y durabilidad del concreto en condiciones climáticas desafiantes, lo que respalda la idea de que la inclusión de Nitrato de Calcio es fundamental para potenciar las propiedades del material.

En relación al tiempo de fraguado, la consistencia más fluida y la reducción en el tiempo de fraguado observada en la investigación anterior se alinea de manera coherente con los resultados de Skripkiūnas et al. (2021). La capacidad del NC para actuar como plastificante hasta ciertas concentraciones, según el estudio de Skripkiūnas et al., proporciona una explicación adicional a los beneficios observados en la investigación previa. Esta consistencia en los resultados destaca la importancia del NC en mejorar la trabajabilidad del concreto, permitiendo una aplicación más eficiente y flexible en condiciones de bajas temperaturas.

En cuanto a la “resistencia a la compresión” (RC), los hallazgos de Pushpalal et al. (2022) complementan la investigación anterior al revelar una

pérdida permanente de resistencia en especímenes sometidos a condiciones específicas de precurado. Esta pérdida de resistencia, relacionada con la morfología y mineralogía de las cenizas volantes de carbón activadas hidrotermalmente, subraya la necesidad de comprender cómo los materiales adicionales pueden afectar las propiedades del concreto en ambientes fríos. Al correlacionar estos resultados con la mejora sustancial en la RC observada en las mezclas que contienen Nitrato de Calcio, se refuerza la idea de que este aditivo juega un papel crucial en contrarrestar los efectos adversos de las condiciones climáticas extremas.

En relación con el estudio de Choi et al. (2019), la investigación actual presenta similitudes significativas y aporta perspectivas adicionales en la mejora de las propiedades del concreto en condiciones de climas fríos mediante la incorporación de nitrato de calcio. Mientras Choi et al. se centraron en controlar la temperatura interna del concreto durante las primeras 24 horas para mitigar los daños causados por heladas tempranas, la presente investigación abordó directamente el tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la RC en un concreto. Ambos estudios concuerdan en que la presencia de NC, ya sea en forma de nitrito-nitrato o directamente, acelera la hidratación del cemento, resultando en mejoras en la resistencia a la compresión inicial. Sin embargo, a diferencia del enfoque más específico de Choi et al., la investigación proporciona una visión más completa al evaluar múltiples propiedades, destacando la consistencia más fluida y la resistencia a la compresión incrementada en nuestras muestras con nitrato de calcio. La convergencia de ambos estudios fortalece la validez del uso de este aditivo

en climas fríos, sugiriendo su aplicación versátil en distintos contextos y para mejorar diversas propiedades del concreto.

En términos generales, los antecedentes respaldan y concuerdan con los hallazgos derivados de la evaluación del uso de Nitrato de Calcio en un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones de climas fríos. El NC presenta efectos beneficiosos en la RC y otras propiedades físicas del concreto en entornos de bajas temperaturas. Estos resultados fortalecen la noción de que los aditivos pueden ser empleados para optimizar las cualidades del concreto en climas fríos y mejorar su rendimiento bajo circunstancias desafiantes.

CONCLUSIONES

1. La incorporación de Nitrato de Calcio en diferentes porcentajes mejora significativamente las propiedades del concreto al ser comparado con el patrón. Se observa un menor tiempo de fraguado, una consistencia más fluida y una mayor RC en los diseños de mezcla con el 2%, 2.5% y 3% de Nitrato de Calcio.
2. Los resultados revelan que en un diseño convencional de concreto con un asentamiento de 3" y consistencia plástica, y al agregar distintas cantidades de NC mejora significativamente el asentamiento. Al incorporar un 2% de NC, el asentamiento aumenta a 3.80", manteniendo la consistencia plástica. Con un 2.5% de NC, el asentamiento llega a 4.30", y al incrementar la proporción al 3%, el asentamiento sube a 4.50". En estos últimos casos, se presenta una consistencia fluida en el concreto
3. En particular, la pasta que contiene un 3% de Nitrato de Calcio (NC) demuestra un proceso de fraguado más rápido y eficiente en comparación con la pasta estándar expuesta a las mismas condiciones de temperatura. En el caso específico del concreto con 3% de NC, se observa que para alcanzar el TF final se reduce a aproximadamente 137 minutos, en contraste con los 527 minutos requeridos por el concreto patrón.
4. Los resultados exhiben un aumento considerable en la RC del concreto al incrementar tanto la concentración de NC como el tiempo de curado, ya que la RC promedio del concreto patrón alcanza los 152.33 kg/cm² a los 28 días. En contraste, el concreto con un 3% de NC logra una RC promedio de 211 kg/cm² en el mismo período de tiempo.

5. La incorporación de aditivos como el Nitrato de Calcio y el SikaRapid - 3PE afecta de manera variable los costos. Mientras el concreto convencional tiene un costo de S/451.79 por metro cúbico, el concreto con aditivo SikaRapid - 3PE tiene un costo más alto, alcanzando un monto de S/634.56. En contraste, los concretos modificados con NC tienen costos en un promedio de S/500. Estos valores indican que los aditivos influyen en los costos, pero los aumentos no son excesivos en comparación con el aditivo convencional SikaRapid-3PE.

RECOMENDACIONES

1. Se insta a la comunidad científica e ingenieros civiles a llevar a cabo una exploración exhaustiva de otras propiedades del concreto que puedan verse influenciadas por la inclusión de NC. Aspectos adicionales de estudio podrían abarcar la permeabilidad, la resistencia a la abrasión y la durabilidad frente a ciclos de congelamiento y deshielo. Esta investigación permitiría obtener un conocimiento completo de los impactos del NC en diversos aspectos del rendimiento del concreto.
2. Para aquellos ingenieros y constructores con interés en la aplicación práctica, se sugiere llevar a cabo proyectos piloto y realizar pruebas en obras reales utilizando concreto que incorpore NC. Estudios de este tipo en entornos reales proporcionarán información directa sobre la eficacia y viabilidad del aditivo en diversas condiciones de construcción.
3. A las entidades reguladoras, organismos de normalización y profesionales de la construcción involucrados en climas fríos, se les recomienda investigar y establecer pautas específicas para el diseño y la dosificación del concreto con NC. Estas directrices deberían incluir rangos de dosificación óptimos, métodos de mezcla y curado, así como consideraciones para maximizar los beneficios del aditivo en condiciones climáticas adversas.
4. Para la industria del cemento, la construcción y la academia, es fundamental continuar la investigación y evaluación de los efectos del NC en diferentes tipos de cemento y mezclas de concreto. Este enfoque de investigación contribuirá al entendimiento de cómo interactúa el aditivo con

diversas composiciones de materiales y cómo afecta propiedades específicas.

5. Se recomienda a los equipos de planificación y gestión de proyectos llevar a cabo estudios de viabilidad económica para evaluar el costo-beneficio de incorporar NC en proyectos de construcción de mayor envergadura en climas fríos. Esto permitirá tomar decisiones informadas sobre la adopción del aditivo, considerando tanto aspectos técnicos como económicos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Algourdin, N., Pliya, P., Beaucour, A.-L., Simon, A., & Noumowé, A. (2020). Influence of polypropylene and steel fibres on thermal spalling and physical-mechanical properties of concrete under different heating rates. *Construction and Building Materials*, 259, 119690. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119690>
- American Concrete Institute (ACI). (2001). *ACI-308: Standard practice for curing concrete*.
- Angst, U. (2018). Challenges and opportunities in corrosion of steel in concrete. *Materials and Structures*, 51(1), 1–20. <https://doi.org/10.1617/s11527-017-1131-6>
- Apac, J., & Rojas, V. (2021). *Aditivos Acelerantes para Mejorar las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto en Climas de Bajas Temperaturas* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4932>
- Arce, G., Hassan, M., Mohammad, L., & Rupnow, T. (2017). Characterization of Self-Healing Processes Induced by Calcium Nitrate Microcapsules in Cement Mortar. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001717](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001717)
- Bahranifard, Z., Vosoughi, A.-R., Farshchi Tabrizi, F., & Shariati, K. (2022). Effects of water-cement ratio and superplasticizer dosage on mechanical and microstructure formation of styrene-butyl acrylate

copolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 318, 125889. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125889>

Barrantes, R. (2014). *Investigación: Un camino al conocimiento, Un enfoque Cualitativo, cuantitativo y mixto* (6a ed., Vol. 1). Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Barrientos, S. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada, Cusco 2021* [Tesis de grado en Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64582>

Cahuata, F., & Barreda, W. (2018). *Evaluación de la permeabilidad del concreto utilizando aditivos impermeabilizantes por cristalización aplicado a estructuras hidráulicas de concreto armado* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7051>

Camarena, A., & Díaz, D. (2022). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto tradicional versus un concreto utilizando escoria de acero como agregado fino. *Gaceta Técnica*, 23(1), 20–34. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.3>

Carrasco, S., & Ccorahua, F. (2021). *Mejoramiento en la resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto con agregado grueso reciclado, agregado fino natural y vidrio triturado para viviendas unifamiliares en Lima metropolitana* [Tesis de grado, Universidad

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657843>

Ceballos, M. (2016). El concreto, material fundamental para la infraestructura. *Construcción y tecnología en concreto*, 1(1), 24–25. <http://imcyc.com/revistacyt/pdf/agosto2016/experto.pdf>

Céspedes, M. (2003). *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido* [Tesis de grado, Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1338/ICI_100.pdf?sequence=1

Chen, S., Lu, W., Olofsson, T., Dehghanimohammadabadi, M., Emborg, M., Nilimaa, J., Wang, Y., & Feng, K. (2020). Concrete Construction: How to Explore Environmental and Economic Sustainability in Cold Climates. *Sustainability*, 12(9), 3809. <https://doi.org/10.3390/su12093809>

Choi, H., Inoue, M., Choi, H., Kim, J., Sudoh, Y., Kwon, S., Lee, B., & Yoneyama, A. (2019). Physicochemical Study on the Strength Development Characteristics of Cold Weather Concrete Using a Nitrite–Nitrate Based Accelerator. *Materials*, 12(17), 2706. <https://doi.org/10.3390/ma12172706>

Cotrado, Y., & Espinoza, E. (2018). *Cemento Portland Puzolánico Yura IP - Alta durabilidad*. <http://www.proconsrl.com/pdfs/88.pdf>

Çullu, M., & Arslan, M. (2013). The effects of antifreeze use on physical and mechanical properties of concrete produced in cold weather.

Composites Part B: Engineering, 50, 202–209.
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.02.012>

Dorn, T., Hirsch, T., & Stephan, D. (2023). Working mechanism of calcium nitrate as an accelerator for Portland cement hydration. *Journal of the American Ceramic Society*, 106(1), 752–766.
<https://doi.org/10.1111/jace.18782>

Fernández, J. (2020). *Análisis de la capilaridad en el concreto utilizando aditivo plastificante y nitrocalcita* [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87965>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Vol. 1). McGraw Hill- Educación.

Holmberg, A. (2020). *¿Qué importancia tiene hoy el concreto dentro del sector de la construcción en Chile?*. EMB Revista de Construcción.
<https://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=964&ni=augusto-holmberg-chile-esta-en-una-coyuntura-donde-es-necesario-abrir-mayores-espacios-para-mejorar-la-productividad>

Huaman, H. (2019). *Resistencia a la compresión del adobe compactado con adición de filamentos de malla mosquitera de fibra de vidrio y malla mosquitera metálica, Cajamarca 2018* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23081>

Huamaní, D., & Solon, L. (2019). *Influencia de los aditivos acelerantes de fragua sobre la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de*

un concreto realizado bajo clima cálido Trujillo, 2019 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23228?show=full>

Huang, G., Pudasainee, D., Gupta, R., & Victor Liu, W. (2019). Hydration reaction and strength development of calcium sulfoaluminate cement-based mortar cured at cold temperatures. *Construction and Building Materials*, 224, 493–503.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.085>

Inoue, M., Choi, H., Taya, K., Sudoh, Y., & Yoshioka, K. (2022). Strength Development of Cement Paste Using Nitrite Below Freezing Point. *Journal of the Society of Materials Science, Japan*, 71(4), 388–394.
<https://doi.org/10.2472/jsms.71.388>

Kicaite, A. (2020). The effect of calcium nitrate on the properties of portland cement pastes and concrete hardening at low temperatures. *Ceramics - Silikaty*, 64(3), 263–270.
<https://doi.org/10.13168/cs.2020.0015>

Kothari, A., Habermehl-Cwirzen, K., Hedlund, H., & Cwirzen, A. (2020). A Review of the Mechanical Properties and Durability of Ecological Concretes in a Cold Climate in Comparison to Standard Ordinary Portland Cement-Based Concrete. *Materials*, 13(16), 3467.
<https://doi.org/10.3390/ma13163467>

Liu, Z., Lou, B., Barbieri, D., Sha, A., Ye, T., & Li, Y. (2020). Effects of pre-curing treatment and chemical accelerators on Portland cement mortars at low temperature (5 °C). *Construction and Building*

Materials, 240, 117893.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117893>

López, E., & Mamani, J. (2017). *Influencia del nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno* [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4955>

Machaca, W. (2017). *Incidencia de los Aditivos Incorporadores de Aire en la Resistencia del Concreto en Climas de Baja Temperatura de la Provincia El Collao - 2017* [Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez].
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/873>

Martinez, E. (2021). *Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados gruesos naturales y de concreto reciclado, Chiclayo 2020* [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán].
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8001>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Clasificación de climas*. INEI.
<https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/53-sector-agrario/el-clima/367-clasificacion-de-climas>

München, R., Ehrenbring, H., Wirth, A., Medeiros, D., & Tutikian, B. (2019). Impacto nas propriedades mecânicas do concreto curado sob baixas temperaturas. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24(2), 1–14.
<https://doi.org/10.1590/s1517-707620190002.0661>

- Murillo, J. (2011). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. (1a ed., Vol. 1). Universidad Nacional de Educación. <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Narasimha, P., & Ahmed, J. (2019). Effect of Antifreeze Admixtures on Cold Weather Concrete. *International Journal of Engineering*, 32(3), 366–372. <https://doi.org/10.5829/ije.2019.32.03c.03>
- Narvaez, M. (2020). *Análisis de un concreto F'C=210 kg/cm2 con incorporación del aditivo plastificante para climas frios en losas aligeradas, Juliaca, 2020* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67993>
- NTP 400.037. (2014). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (4a ed., Vol. 1). Ediciones de la U. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>
- Pastrana-Ayala, J., Silva-Urrego, Y., Adrada-Molano, J., & Delvasto-Arjona, S. (2019). Propiedades físico-mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto. *Informador Técnico*, 83(2), 174–190. <https://doi.org/10.23850/22565035.2170>

- Ponce, E. (2016). *Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco].
<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/724>
- Pushpalal, D., Danzandorj, S., Bayarjavkhlán, N., Nishiwaki, T., & Yamamoto, K. (2022). Compressive strength development and durability properties of high-calcium fly ash incorporated concrete in extremely cold weather. *Construction and Building Materials*, 316, 125801. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125801>
- Qaidi, S., Sulaiman, D., Mohammed, A., Unis, H., Faraj, R., Emad, W., Tayeh, B., & Mohammed, H. (2022). Ultra-high-performance geopolymer concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 346, 128495. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128495>
- Ramos, C., & Solórzano, G. (2018). *Cáscara y ceniza de arroz en la resistencia a compresión y absorción en ladrillos de concreto*, Trujillo, La Libertad, 2018 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/31441>
- Reyes, D., & Terrel, T. (2019). *Estudio del efecto del aditivo acelerante sobre el concreto, relacionado a su resistencia a compresión, temperatura ambiente de 0°C* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47849>
- Rodríguez, D., & Javela, J. (2020). *Valoración de resistividad superficial, durabilidad al ataque de sulfatos, permeabilidad y humedad del*

concreto endurecido adicionado con caucho reciclado de llanta
[Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29469>

Sánchez, F. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 101–122.
<https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

Sánchez, R. (2017). *Aplicación del aditivo superplastificante para reducir la permeabilidad capilar del concreto $f'c=210$ kg/cm² en Lima - Perú, 2017* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21771>

Sassani, A., Ceylan, H., Kim, S., Arabzadeh, A., Taylor, P., & Gopalakrishnan, K. (2018). Development of Carbon Fiber-modified Electrically Conductive Concrete for Implementation in Des Moines International Airport. *Case Studies in Construction Materials*, 8, 277–291. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.02.003>

Skripkiūnas, G., Kičaitė, A., Justnes, H., & Pundienė, I. (2021). Effect of Calcium Nitrate on the Properties of Portland–Limestone Cement-Based Concrete Cured at Low Temperature. *Materials*, 14(7), 1611.
<https://doi.org/10.3390/ma14071611>

Surahyo, A. (2019). *Concrete Construction* (1a ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-10510-5>

Tagle, A., & Zapana, L. (2017). *Evaluación del deterioro del concreto con contenidos variables de aire incorporado y fibras de polipropileno*

sometido a congelamiento a edades tempranas [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3306>

Tian, Y., Lai, Y., Pei, W., Qin, Z., & Li, H. (2022). Study on the physical mechanical properties and freeze-thaw resistance of artificial phase change aggregates. *Construction and Building Materials*, 329(1), 127225. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127225>

Torres, B., & Condori, E. (2018). *Evaluación e Influencia de los Aditivos Acelerantes de Fragua y Endurecimiento en Especímenes de Concreto Usando Cemento Tipo IP en la Ciudad de Tacna* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna].
<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/556>

Valle, Q. (2018). *Influencia de tres aditivos acelerantes en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $F'C = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y 210 Kg/cm^2 Chachapoyas-Amazonas 2016* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1328>

Yu, K., Jia, M., Yang, Y., & Liu, Y. (2023). A clean strategy of concrete curing in cold climate: Solar thermal energy storage based on phase change material. *Applied Energy*, 331, 120375. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120375>

Zamora, S. (2021). *Selección de aditivo acelerante de fragua para el sostenimiento con shotcrete en la empresa Unicon S.A. - mina*

Cobriza [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura].
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3160>

Zegarra, J., & Zegarra, A. (2016). *Estudio del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua marca Sika-3 y Chema-5 en concretos aplicables a zonas alto andinas de la región Lambeyque* [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán].
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3949>

Zhang, G., Yang, Y., Yang, H., & Li, H. (2020). Calcium sulphoaluminate cement used as mineral accelerator to improve the property of Portland cement at sub-zero temperature. *Cement and Concrete Composites*, 106, 103452.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103452>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Metodología | |
|--|--|--|------------------------------|---|---|------------------|
| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | Variable Independiente | | | |
| ¿Cómo influye el uso de Nitrato de Calcio (NC) en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023? | Evaluar la influencia del uso de Nitrato de Calcio en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | La utilización del Nitrato de Calcio influye en la optimización de las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | Nitrato de calcio | NC al 2.0% NC al 2.5% NC al 3.0% | Método: Hipotético-Inductivo | |
| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicas | Variable Dependiente | | | |
| ¿Cómo actúa la adición del Nitrato de Calcio en la trabajabilidad del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023? | Determinar cómo el uso de Nitrato de Calcio afecta la trabajabilidad del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | El uso de Nitrato de Calcio influye positivamente en la trabajabilidad del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | Propiedades físico-mecánicas | Trabajabilidad Resistencia a la compresión | Tipo de investigación: Cuantitativa | |
| ¿Cuál es el efecto de la incorporación de Nitrato de Calcio en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023? | Examinar la influencia del uso de Nitrato de Calcio en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | El uso de Nitrato de Calcio influye directamente en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | | | | Tiempo de fragua |
| ¿Cómo afecta el uso de Nitrato de Calcio en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023? | Analizar el impacto de la incorporación del Nitrato de Calcio en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | El empleo de Nitrato de Calcio mejora la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | | | Diseño: Experimental | |
| ¿En qué medida influye el uso de Nitrato de Calcio en el costo por metro cúbico del concreto $f'c= 210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023? | Determinar de qué manera el uso de Nitrato de Calcio incide en el costo por metro cúbico del concreto $f'c= 210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | El uso de Nitrato de Calcio influye en la reducción de costos por m ³ del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en climas fríos, Arequipa 2023. | | | Nivel: Explicativo | |

Anexo 3. Ficha Técnica del Cemento Yura Tipo IP



DESCRIPCIÓN

El cemento Multi-propósito de Alta durabilidad Yura IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado con Clinker Tipo I de alta calidad y adición de puzolana natural de origen volcánico y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado ISO 9001, de gestión ambiental ISO 14001 y de gestión de la seguridad y salud en el trabajo ISO 45001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

SOSTENIBILIDAD

Somos la primera cementera en conseguir 2 estrellas en la **certificación de Huella de Carbono** otorgada por el Ministerio del Ambiente.

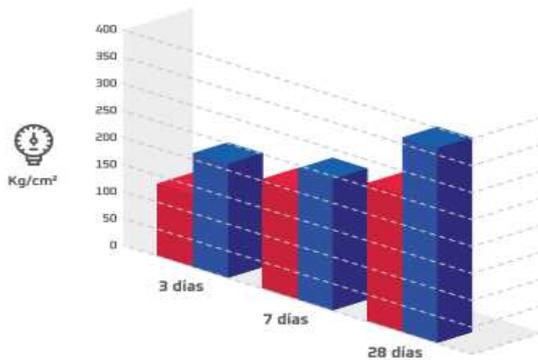
Certificación de "Huella de Carbono Perú" Nivel 2 por calcular y verificar las emisiones de **Gases de Efecto Invernadero** utilizando la herramienta **Huella de Carbono Perú**

Yura también ha recibido el certificado "Quality Carbon Footprint" que evidencia el cálculo de la Huella de Carbono Producto, de tres de nuestros tipos de cemento, cumpliendo los estándares reconocidos internacionalmente.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| REQUISITOS | | Requisitos Norma Técnica Peruana 334.090:2020 y Norma Americana ASTM C595/C595M-20 CEMENTO TIPO IP | CEMENTO YURA MULTI-PROPÓSITO TIPO IP |
|---|---------------------|---|---|
| REQUISITOS QUÍMICOS | | | |
| Óxido de magnesio (MgO) | % | máximo 6.0 | 1.5 a 3.0 |
| Trióxido de azufre (SO ₃) | % | máximo 4.0 | 1.5 a 3.0 |
| Pérdida de ignición | % | máximo 5.0 | 1.5 a 4.0 |
| REQUISITOS FÍSICOS | | | |
| Densidad | g/cm ³ | - | 2.70 a 2.8 |
| Contracción / Expansión en Autoclave | % | -0.20 a 0.80 | -0.09 a 0.05 |
| Tiempo de fraguado inicial Vicat | minutos | 45 a 420 | 140 a 260 |
| Contenido de aire | % | máximo 12 | 3 a 8 |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | |
| 3 días | kgf/cm ² | mínimo 133 | 150 a 210 |
| 7 días | kgf/cm ² | mínimo 204 | 210 a 240 |
| 28 días | kgf/cm ² | mínimo 255 | 290 a 360 |
| RESISTENCIA A LOS SULFATOS | | | |
| Expansión a 6 meses para alta resistencia a sulfatos | % | máximo 0.05 | < 0.05 |
| Expansión a 12 meses para alta resistencia a sulfatos | % | máximo 0.10 | < 0.07 |



COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

CEMENTO YURA MULTI-PROPÓSITO TIPO IP VS REQUISITOS NORMAS TECNICAS NTP 334.090

-  Cemento Tipo IP
Norma técnica NTP 334.090 (ASTM C595)
-  Cemento Multi-Propósito Yura Tipo IP

OTRAS PROPIEDADES



Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, hace que el CEMENTO MULTIPROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a otros tipos de cemento.

Los silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

Anexo 4. Instrumentos-Fichas Técnicas



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO -
 : MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023
AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
EMPRESA : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción
UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTERA : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO
GRANULOMETRÍA

CANTERA : SIBAYO
NORMA : NTP 400.012 / MTC E 204 / ASTM C136
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI
FECHA DE MUESTREO :
FECHA DE ENSAYO :
Peso muestra seca (Ms) :
Peso tara :

| TAMIZ | | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASA | LÍMITES ASTM | |
|--------|------|-------------------------|------------|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| (pulg) | (mm) | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 3/8" | 9.50 | | | | | 100.00 | 100.00 |
| Nº4 | 4.75 | | | | | 95.00 | 100.00 |
| Nº8 | 2.36 | | | | | 80.00 | 100.00 |
| Nº16 | 1.18 | | | | | 50.00 | 85.00 |
| Nº30 | 0.60 | | | | | 25.00 | 60.00 |
| Nº50 | 0.30 | | | | | 10.00 | 30.00 |
| Nº100 | 0.15 | | | | | 2.00 | 10.00 |
| Nº200 | 0.08 | | | | | 0.00 | 3.00 |
| FONDO | | | | | | | |

* Error

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido_acumulado}(6^{\circ}+3^{\circ}+1 \frac{1}{2}^{\circ}+ \frac{1}{2}^{\circ}+ \frac{1}{4}^{\circ}+ N^{\circ}4+ N^{\circ}8+ N^{\circ}16+ N^{\circ}30+ N^{\circ}50+ N^{\circ}100)}{100}$$

* Módulo de finura Agregado Fino MF =



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023
AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
EMPRESA : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción
UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTERA : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
PESO UNITARIO

CANTERA : SIBAYO
NORMA : NTP 400.017 / MTC E203 / ASTM C29
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI
FECHA DE MUESTREO :
FECHA DE ENSAYO :
Diámetro del cilindro met. :
Altura del cilindro metálico :
Volumen molde :
Tamaño máximo nominal :

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | | RESULTADOS |
|----|---|-------------------|---------|---|---|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + A.F. suelto | kg | | | | |
| B | Peso del molde | kg | | | | |
| C | Peso del A.F. suelto $C=A-B$ | kg | | | | |
| D | Peso Unitario Suelto $D=C/V_{molde}$ | kg/m ³ | | | | |
| E | Peso del molde + A.F. compactado | kg | | | | |
| F | Peso del A.F. compactado $F=E-B$ | kg | | | | |
| G | Peso Unitario Compactado $G=F/V_{molde}$ | kg/m ³ | | | | |

NORMA : NTP 400.022 / MTC E205 / ASTM C128
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI
FECHA DE MUESTREO :
FECHA DE ENSAYO :

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | RESULTADOS |
|----|---|-------------------|---------|---|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| A | Peso saturado superficialmente seco (Msss) | g | | | |
| B | Peso de picnómetro + agua (500 ml) | g | | | |
| C | Peso de picnómetro + agua + Msss $C=A+B$ | g | | | |
| D | Peso de picnómetro + Msss + agua (500 ml) | g | | | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío $E=C-D$ | cm ³ | | | |
| F | Peso seco de muestra (Estufa a 105°C±5°C) | g | | | |
| G | Volumen de masa $G=E-(A-F)$ | cm ³ | | | |
| H | Peso Especifico Bulk (base seca) $H=F/E$ | g/cm ³ | | | |
| I | Peso Especifico (base saturada) $I=A/E$ | g/cm ³ | | | |
| J | Peso Especifico Aparente (base seca) $J=F/G$ | g/cm ³ | | | |
| K | Absorción $K=((A-F)/F)*100$ | % | | | |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023
 AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
 EMPRESA : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO
GRANULOMETRÍA

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 400.012 / MTC E 204 / ASTM C136
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE MUESTREO :
 FECHA DE ENSAYO :
 Peso muestra seca (Ms) :
 Peso Tara :

| TAMIZ | | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASA | LÍMITES ASTM | |
|--------|-------|-------------------|------------|----------------------|--------|-----------------|-----------------|
| (pulg) | (mm) | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 1 1/2" | 37.50 | | | | | 95.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | | | | | 52.00 | 87.00 |
| 3/4" | 19.00 | | | | | 35.00 | 70.00 |
| 1/2" | 12.50 | | | | | 20.00 | 45.00 |
| 3/8" | 9.50 | | | | | 10.00 | 30.00 |
| N°4 | 4.75 | | | | | 0.00 | 5.00 |
| FONDO | | | | | | | |

Error

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido}_{\text{acumulado}}(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{1}{2}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

* **Módulo de finura Agregado Grueso** MF =

* **Tamaño Máximo Nominal A. Grueso** TMN =

Está dado por la abertura de la malla inmediatamente superior a la que retiene el 15% acumulado o más del agregado grueso tamizado.



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023
 AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
 EMPRESA : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO
PESO UNITARIO

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 400.017 / MTC E203 / ASTM C29
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

FECHA DE MUESTREO :
 FECHA DE ENSAYO :
 Diámetro del cilindro met. :
 Altura del cilindro metálico :
 Volumen molde :
 Tamaño máximo nominal :

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | | RESULTADOS |
|----|--|-------------------|---------|---|---|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + A.G. suelto | kg | | | | |
| B | Peso del molde | kg | | | | |
| C | Peso del A.G. suelto C=A-B | kg | | | | |
| D | Peso Unitario Suelto $D=C/V_{molde}$ | kg/m ³ | | | | |
| E | Peso del molde + A.G. compactado | kg | | | | |
| F | Peso del A.G. compactado F=E-B | kg | | | | |
| G | Peso Unitario Compactado $G=F/V_{molde}$ | kg/m ³ | | | | |

NORMA : NTP 400.021 / MTC E206 / ASTM C127
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

FECHA DE MUESTREO :
 FECHA DE ENSAYO :

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | RESULTADOS |
|----|---|-------------------|---------|---|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| A | Peso saturado superficialmente seco en (aire) | g | | | |
| B | Peso saturado superficialmente seco en (agua) | g | | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío $E=A-B$ | cm ³ | | | |
| D | Peso seco de muestra (Estufa a 105°C±5°C) | g | | | |
| E | Volumen de masa $E=C-(A-D)$ | cm ³ | | | |
| F | Peso Específico Bulk (base seca) $F=D/C$ | g/cm ³ | | | |
| G | Peso Específico (base saturada) $G=A/C$ | g/cm ³ | | | |
| H | Peso Específico Aparente (base seca) $H=D/E$ | g/cm ³ | | | |
| I | Absorción $I=((A-D)/D)*100$ | g/cm ³ | | | |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO -
 MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023
 AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
 EMPRESA : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DEL TIEMPO DE FRAGUA
TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO PATRÓN

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 334.006 / ASTM C191
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

FECHA DE ENSAYO :
 Hora de inicio :
 Peso de la muestra :

| N° LECTURA | HORA DE PENETRACIÓN | PENETRACIÓN (mm) | | | RESULTADO (mm) | TIEMPO PENETRACIÓN |
|------------|---------------------|------------------|---|---|----------------|--------------------|
| | | N° ENSAYOS | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 1era HORA | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | 2da HORA | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | 3ra HORA | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | 4ta HORA | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | 5ta HORA | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-
 MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023
 AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
 EMPRESA : CONS TRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Cons trucción
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

DISEÑO DE MEZCLA
MÉTODO DEL ACI 211.1

CANTERA : SIBAYO
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

DATOS GENERALES

Tipo de construcción :
 Resistencia del concreto : kg/cm²
 Peso específico del agua : kg/m³

DATOS DEL CEMENTO

Tipo :
 Peso bolsa de cemento : kg
 Peso específico del ceme : g/cm³
 Aire incorporado :

DATOS DEL AGREGADO

| | Agregado Fino | Agregado |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| Peso unitario suelto seco : | g/cm ³ | g/cm ³ |
| Peso unitario compactado seco : | g/cm ³ | g/cm ³ |
| Peso específico del agregado fir: | g/cm ³ | g/cm ³ |
| Porcentaje de absorción : | % | % |
| Contenido de humedad : | % | % |
| Módulo de fineza : | | ... |
| Tamaño máximo nominal (TMN): | ... | |
| Pasante malla #200 : | % | |
| Forma de partículas : | | |
| Cantera : | | |
| Agua : | | |

I. Volumen unitario de agua

| VOLUMEN UNITARIO DE AGUA | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Asentamiento | Agua, en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencias indicados | | | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ... |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ... |

II. Contenido de aire atrapado

| Tamaño máximo nominal de agregado grueso | Tamaño máximo nominal de agregado grueso |
|--|--|
| 3/8" | 3.00% |
| 1/2" | 2.50% |
| 3/4" | 2.00% |
| 1" | 1.50% |
| 1 1/2" | 1.00% |
| 2" | 0.50% |

III. Relación agua/cemento por resistencia

| Resistencia a la compresión a los 28 días f'cr (kg/cm ²) | Relación agua - cemento de diseño en peso | |
|--|---|-------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 450 | 0.38 | - |
| 400 | 0.43 | - |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

IV. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

| TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO | Volumen de agregado grueso, seco y compactado(*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino | | | |
|-----------------------------------|---|------|------|------|
| | MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO A CLIMA FRÍO, AREQUIPA 2023**

AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE

EMPRESA : CONSTRUCTORA MACONS Diseño, Ingeniería y Construcción

UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI

CANTERA : SIBAYO

LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L

FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DE LA TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO

| | | | |
|--------------------|-------------|----------------------------|---|
| CANTERA : | SIBAYO | Fecha elaboración | : |
| NORMA : | NTP 339.034 | Factor de diseño $f'c$ | : |
| REGIÓN : | AREQUIPA | Factor de seguridad $f'cr$ | : |
| PROVINCIA : | CAYLLOMA | Tipo de muestra | : |
| DISTRITO : | TUTI | Slump de diseño | : |
| | | Hora de elaboración | : |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - CONCRETO PATRÓN

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|------------------|----------|-------|--------------|
| | | | |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - 2% DE NITRATO DE CALCIO

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|------------------|----------|-------|--------------|
| | | | |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - 2.5% DE NITRATO DE CALCIO

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|------------------|----------|-------|--------------|
| | | | |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - 3% DE NITRATO DE CALCIO

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|------------------|----------|-------|--------------|
| | | | |

Anexo 5. Constancia laboratorio – Roberto Caceres Flores S.R.L.



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

CONSTANCIA

El que suscribe, Ing. Roberto Cáceres Flores, gerente del Laboratorio RCF S.R.L.

HACE CONSTAR:

Que el Señor Tesista de Ingeniería Civil:

EDISON CRUZ COLQUE

Han realizado sus ensayos en nuestro Laboratorio correspondiente a su trabajo de tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada: "INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FISICO – MECANICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ EN CLIMAS FRIOS, AREQUIPA 2023". Los ensayos fueron realizados en el periodo de 27 de marzo del 2023 al 10 junio del 2023.

Se expide la presente constancia a favor de los interesados para los fines pertinentes.

Arequipa, 08 de agosto del 2023.

ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

Roberto Cáceres Flores
GERENTE GENERAL

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Móvil RPM * 414 995 - RPC: 956 781 874
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@rcflaboratorio.com - spc_laboratorio@hotmail.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

Anexo 6. Resultados laboratorio



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C-210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
 TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

DISEÑO DE MEZCLA
MÉTODO DEL ACI 211.1

CANTERA : SIBAYO
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

DATOS GENERALES

Tipo de construcción : Cimentación, Zapatas y Pedestales
 Resistencia del concreto : 210 kg/cm²
 Peso específico del agua : 1000 kg/m³

DATOS DEL CEMENTO

Tipo : Yura IP
 Peso bolsa de cemento : 42.5 kg
 Peso específico del cemen : 2.85 g/cm³
 Aire incorporado : NO

DATOS DEL AGREGADO

| | Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Peso unitario suelto seco : | 1.42 | g/cm ³ | 1.35 | g/cm ³ |
| Peso unitario compactado seco : | 1.63 | g/cm ³ | 1.5 | g/cm ³ |
| Peso específico del agregado fino : | 2.5 | g/cm ³ | 2.59 | g/cm ³ |
| Porcentaje de absorción : | 2.1 | % | 2.92 | % |
| Contenido de humedad : | 9.16 | % | 3 | % |
| Módulo de fineza : | 3.00 | | 7.23 | --- |
| Tamaño máximo nominal (TMN) : | --- | | 3/4" | |
| Pasante malla #200 : | 3.5 | % | | |
| Forma de partículas : | Sub angular | | Sub angular | |
| Cantera : | Sibayo | | | |
| Agua : | Agua local | | | |

| | |
|---|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque Firma: | Nombre: Firma: <div style="text-align: center;">  </div> |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c-210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

I.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$f_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

II.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Asentamiento = 3" Consistencia = Plástica

III.- CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño máximo nominal (TMN) = 3/4" Aire atrapado = 2.00 %

IV.- RELACIÓN AGUA/CEMENTO

$f_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ Sin aire incorporado Relación a/c = 0.56

V.- PESO DEL AGUA

Agua = 205 L

VI.- PESO DEL CEMENTO

$C = 366.07 \text{ kg}$ (Por m³ de concreto) Factor cemento = 8.61 bolsas (Por m³ de concreto)

VII.- VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO

- * Tamaño Máximo Nominal (TMN) = 3/4"
- * Módulo de Fineza del Agregado Fino = 3.00

Peso total del Agregado grueso = 900.00 kg/m³

VIII.- VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES PARA EL CONCRETO

* VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO

Volumen absoluto del cemento = 0.128 m³

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA
 : 2023
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO**

Volumen absoluto del agregado grueso = 0.347 m³

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA**

Volumen absoluto del agua = 0.205 m³

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE ATRAPADO**

Volumen absoluto del aire = 0.02 m³

* **VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO**

Sumatoria de volúmenes absolutos = 0.700 m³

Volumen absoluto del agregado fino = 0.300 m³

Peso del agregado fino = 750.00 kg/m³

IX.- CORRECCIÓN DE LOS AGREGADOS

* **POR HUMEDAD**

PESO HÚMEDO AGREGADO FINO

Contenido de humedad del agregado fino = 9.16 %

Corrección del Agregado fino = 818.70 kg/m³

PESO HÚMEDO AGREGADO GRUESO

Contenido de humedad del agregado grueso = 3 %

Corrección del agregado grueso = 927 kg/m³

* **HUMEDAD SUPERFICIAL**

AGREGADO FINO

Contenido de humedad del agregado fino = 9.16 %

Porcentaje de absorción del agregado fino = 2.1 %

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
 TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

Agregado Fino = 7.06 %

Agregado Fino = 52.95 lt/m³

AGREGADO GRUESO

Contenido de humedad del agregado grueso = 3 %
 Porcentaje de absorción del agregado grueso = 2.92 %

Agregado Grueso = 0.08 %

Agregado Grueso = 0.72 lt/m³

X- AGUA EFECTIVA

Agua efectiva = 152.77 lt/m³

XI- CEMENTO EFECTIVO

Cemento Efectivo = 272.80 kg

XII- PROPORCIONES

| Peso de los materiales corregidos | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------|
| Cemento | 366.07 | kg/m ³ |
| Agua efectiva | 152.77 | lt/m ³ |
| Agregado fino húmedo | 818.70 | kg/m ³ |
| Agregado Grueso húmedo | 927 | kg/m ³ |

* **POR PESO**

Cemento = 1

Agregado fino = corrección del agregado fino por humedad/cemento efectivo

Agregado fino = 2.24

Agregado grueso = corrección del agregado grueso por humedad/cemento efectivo

Agregado grueso = 2.53

a/c = 0.42

* **POR BOLSA DE CEMENTO (42.5 kg)**

Cemento = 1 bls

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V.B. DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c-210 KG/CM³ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA**
 : **2023**
 TESISISTA : **EDISON CRUZ COLQUE**
 UBICACIÓN : **DISTRITO DE TUTI**
 CANTERA : **SIBAYO**
 LABORATORIO : **ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
 FECHA : **AREQUIPA, ABRIL 2023**

Agregado fino = 95.2 kg/bls

Agregado grueso = 107.53 kg/bls

Agua = 17.74 lt/bls

*** POR PROBETAS CILINDRICAS**

Datos de la probeta

Altura = 0.20 m

Diámetro = 0.1 m

Volumen = 0.0016 m³

Nº de probetas = 12.00 und

Volumen total = 0.0016 * 12.00 probetas

Volumen total = 0.019 m³

Entonces, tenemos:

Cemento = Peso del cemento x volumen total

Agregado fino = Peso de agreg. Fino x volumen total

Agregado grueso = Peso de agreg. Grueso x volumen total

Agua = Agua efectiva x volumen total

Cemento = *Peso del cemento efectiva x volumen total*

Cemento = 272.80 x 0.019

Cemento = 5.14 kg

Agregado fino = 15.42 kg

Agregado grueso = 17.451 kg

Agua = 2.88 L

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**
 :
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA DE AGREGADO FINO
CONTENIDO DE HUMEDAD

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 339.127 / MTC E 108 / ASTM D2216
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE MUESTREO : 28/03/2023
 FECHA DE ENSAYO : 30/03/2023

| ID | Descripción | Und | Ensayo Nº01 |
|----|--|-----|----------------|
| A | Peso tara | g | 0,00 |
| B | Peso tara + muestra húmeda | g | 1186,30 |
| C | Peso tara + muestra seca | g | 1086,80 |
| D | Peso muestra húmeda (Mh) D=B-A | g | 1186,30 |
| E | Peso muestra seca (Ms) E=C-A | g | 1086,80 |
| F | Peso del agua F=B-C | g | 99,50 |
| G | Contenido de humedad (W%) = (Mh-Ms)/Ms*100 | % | 9,16% |

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V.B. DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA DE AGREGADO GRUESO
CONTENIDO DE HUMEDAD

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 339.127 / MTC E 108 / ASTM D2216
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE MUESTREO : 28/03/2023
 FECHA DE ENSAYO : 30/03/2023

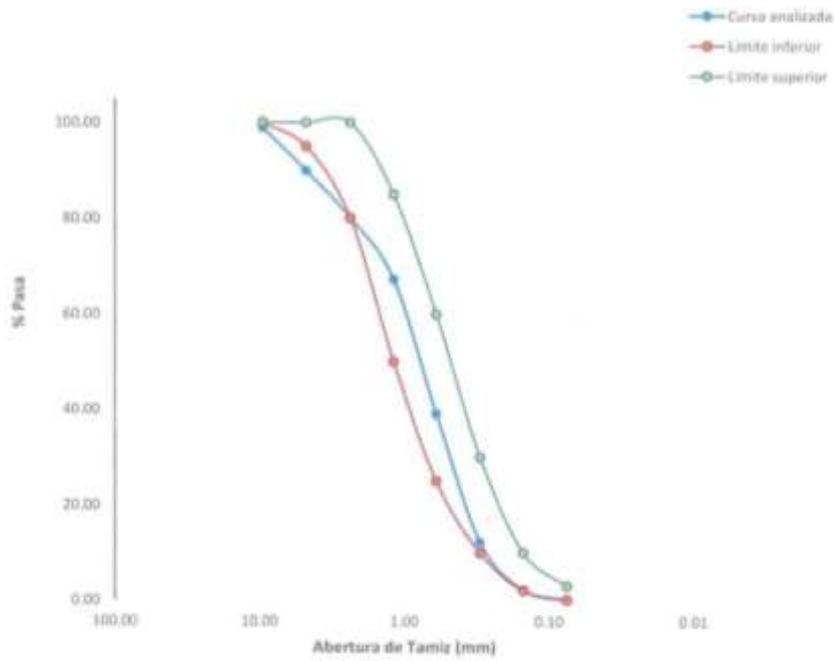
| ID | Descripción | Und | Ensayo N°01 |
|----|--|-----|-------------|
| A | Peso tara | g | 0.00 |
| B | Peso tara + muestra húmeda | g | 11364.10 |
| C | Peso tara + muestra seca | g | 11041.20 |
| D | Peso muestra húmeda (Mh) D=B-A | g | 11364.10 |
| E | Peso muestra seca (Ms) E=C-A | g | 11041.20 |
| F | Peso del agua F=B-C | g | 322.90 |
| G | Contenido de humedad (W%) = [(Mh-Ms)/Ms]*100 | % | 2.92% |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c-210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

Curva Granulométrica de Agregado Fino



| | |
|---|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque Firma: | Nombre: Firma:  |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S R L
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO
GRANULOMETRÍA

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 400.012 / MTC E 204 / ASTM C136
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE MUESTREO : 28/03/2023
 FECHA DE ENSAYO : 29/03/2023
 Peso muestra seca (Ms) : 11036.00 g
 Peso Tara : 338.90 g

| TAMIZ (pulg) (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASA | LÍMITES HUSO 56 | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 108.60 | 0.98 | 99.02 | 90.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 3399.90 | 30.81 | 68.21 | 40.00 | 85.00 |
| 1/2" | 12.50 | 5426.60 | 49.17 | 80.97 | 10.00 | 40.00 |
| 3/8" | 9.50 | 1287.90 | 11.67 | 92.64 | 0.00 | 15.00 |
| Nº4 | 4.75 | 607.90 | 5.51 | 98.15 | 0.00 | 5.00 |
| FONDO | | 204.70 | 1.85 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 11035.60 | 100.00 | | | |

Error 0.004%

$$MF = \frac{\sum (\text{retenido_acumulado}) \cdot (0.75 + 0.75 \cdot \frac{0.75}{0.75}) \cdot \frac{0.75}{0.75} + 0.75 + 0.75 + 0.75 + 0.75 + 0.75 + 0.75}{100}$$

* Módulo de finura Agregado Grueso MF = 7.23

* Tamaño Máximo Nominal A. Grueso TMN = 3/4"

Este dato por la abertura de la malla inmediatamente superior a la que retiene el 15% acumulado o más del agregado grueso sometido

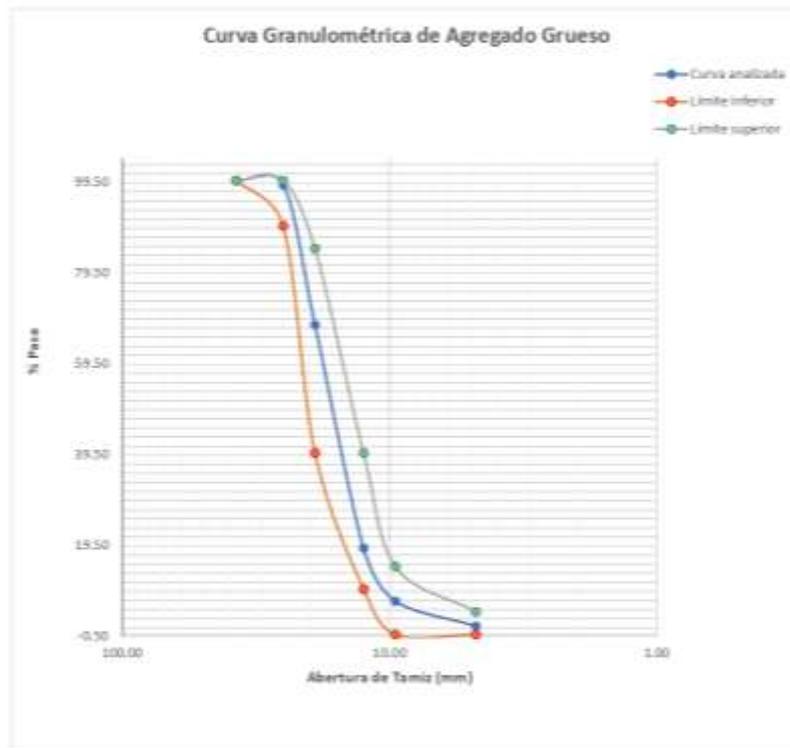
| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | VºBº DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c-210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTERA : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023



| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre:  |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c-210 KG/CM³ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CÁCERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
PESO UNITARIO

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 400.017 / MTC E203 / ASTM C29
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE MUESTREO : 29/03/2023
 FECHA DE ENSAYO : 30/03/2023
 Diámetro del cilindro met. : 0.15 m
 Altura del cilindro metálico : 0.15 m
 Volumen molde : 0.0028 m³
 Tamaño máximo nominal : <1/2"

| ID | DESCRIPCIÓN | ENSAYOS | | | RESULTADOS | UND |
|----|---|---------------|-------------|-------------|----------------|-------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| A | Peso del molde + A.F. suelto | 5.84 | 5.86 | 5.86 | | kg |
| B | Peso del molde | 1.84 | 1.84 | 1.84 | | kg |
| C | Peso del A.F. suelto C=A-B | 4 | 4.02 | 4.02 | | kg |
| D | Peso Unitario Suelto D=C/V_{molde} | 1422.7 | 1430 | 1430 | 1427.45 | kg/m ³ |
| E | Peso del molde + A.F. compactado | 6.38 | 6.42 | 6.42 | | kg |
| F | Peso del A.F. compactado F=E-B | 4.54 | 4.58 | 4.58 | | kg |
| G | Peso Unitario Compactado G=F/V_{molde} | 1614.8 | 1629 | 1629 | 1624.26 | kg/m ³ |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**
 TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO
PESO UNITARIO

| | | | |
|-----------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| CANTERA | : SIBAYO | FECHA DE MUESTREO | : 29/03/2023 |
| NORMA | : NTP 400.017 / MTC E203 / ASTM C29 | FECHA DE ENSAYO | : 30/03/2023 |
| REGIÓN | : AREQUIPA | Diámetro del cilindro met. | : 0.23 m |
| PROVINCIA | : CAYLLOMA | Altura del cilindro metálico | : 0.23 m |
| DISTRITO | : TUTI | Volumen molde | : 0.0095 m ³ |
| | | Tamaño máximo nominal | : 1" |

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | | RESULTADOS |
|----|---|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + A.G. suelto | kg | 18.20 | 18.24 | 18.26 | |
| B | Peso del molde | kg | 5.30 | 5.30 | 5.30 | |
| C | Peso del A.G. suelto C=A-B | kg | 12.76 | 12.74 | 12.76 | |
| D | Peso Unitario Suelto D=C/V_{molde} | kg/m ³ | 1347.67 | 1345.58 | 1347.67 | 1346.96 |
| E | Peso del molde + A.G. compactado | kg | 19.76 | 19.74 | 19.76 | |
| F | Peso del A.G. compactado F=E-B | kg | 14.26 | 14.28 | 14.26 | |
| G | Peso Unitario Compactado G=F/V_{molde} | kg/m ³ | 1506.09 | 1504 | 1506.1 | 1505.39 |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c-210 KG/CM³ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**
 TESISISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 400.022 / MTC E205 / ASTM C128
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE MUESTREO : 28/03/2023
 FECHA DE ENSAYO : 30/03/2023

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | RESULTADOS | |
|----|--|-------------------|---------|---------|------------|------|
| | | | 1 | 2 | | |
| A | Peso saturado superficialmente seco (M _{ss}) | g | 500.40 | 500.40 | | |
| B | Peso de picnómetro + agua (500 ml) | g | 684.80 | 684.80 | | |
| C | Peso de picnómetro + agua + M _{ss} C=A+B | g | 1185.20 | 1185.20 | | |
| D | Peso de picnómetro + M _{ss} + agua (500 ml) | g | 985.10 | 985.10 | | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío E=C-D | cm ³ | 200.10 | 200.10 | | |
| F | Peso seco de muestra (Estufa a 105°C ± 5°C) | g | 489.90 | 489.90 | | |
| G | Volumen de masa G=E-(A-F) | cm ³ | 189.60 | 189.60 | | |
| H | Peso Especifico Bulk (base seca) H=F/E | g/cm ³ | 2.45 | 2.45 | | 2.45 |
| I | Peso Especifico (base saturada) I=A/E | g/cm ³ | 2.50 | 2.50 | | 2.50 |
| J | Peso Especifico Aparente (base seca) J=F/G | g/cm ³ | 2.58 | 2.58 | | 2.58 |
| K | Absorción K=((A-F)/F)*100 | % | 2.14% | 2.14% | 2.14% | |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^oC-210 KG/CM³ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**

TUJISTA : EDISON CRUZ COLQUE

UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI

CANTERA : SIBAYO

LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

FECHA : AREQUIPA, MARZO 2023

FICHA TÉCNICA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

CANTERA : SIBAYO

NORMA : NTP 400.021 / MTC E206 / ASTM C127

REGIÓN : AREQUIPA

PROVINCIA : CAYLLOMA

DISTRITO : TUTI

FECHA DE MUESTREO : 28/03/2023

FECHA DE ENSAYO : 30/03/2023

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | ENSAYOS | | RESULTADOS |
|----|---|-------------------|---------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| A | Peso saturado superficialmente seco en (aire) | g | 5104.50 | 5104.50 | |
| B | Peso saturado superficialmente seco en (agua) | g | 3135.50 | 3135.50 | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío E=A-B | cm ³ | 1969.00 | 1969.00 | |
| D | Peso seco de muestra (Estufa a 105°C±5°C) | g | 4954.50 | 4954.50 | |
| E | Volumen de masa E=C-(A-D) | cm ³ | 1819.00 | 1819.00 | |
| F | Peso Específico Bulk (base seca) F=D/C | g/cm ³ | 2.52 | 2.52 | 2.52 |
| G | Peso Específico (base saturada) G=A/C | g/cm ³ | 2.59 | 2.59 | 2.59 |
| H | Peso Específico Aparente (base seca) H=D/E | g/cm ³ | 2.72 | 2.72 | 2.72 |
| I | Absorción $1-\frac{(A-D)}{D} \times 100$ | g/cm ³ | 3.03% | 3.03% | 3.03% |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TÍTULO : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_{c}=210$ KG/CM²
EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
AUTOR : EDRSON CRUZ COLQUE
UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTERA : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
RESISTENCIA DEL CONCRETO EN PROCESO DE CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN

CANTERA : SIBAYO
NOMBRE : NTP 339.034
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI
Fecha elaboración : 13/04/2023
Factor de diseño f_d : 210 kg/cm²
Factor de seguridad f_{cr} : 294 kg/cm²
Tipo de muestra : Plástica
Stamp de diseño : 3"
Hora de elaboración : 10:00 a. m.

| N° | Área de testigo (cm ²) | Carga (Kgf) | | | | | Resistencia de Diseño (kg/cm ²) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|----|------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 48 horas en cámara de congelación de -15°C A 5°C | | | | | | C* Patrón | C* + 25NC | C*+1.50NC | C* + 25NC | C* + 45NC |
| 1 | 78.54 | 117.00 | 251.00 | 282.00 | 292.00 | 278.00 | 210 | 1.62 | 1.20 | 1.39 | 1.72 | 1.54 |
| 2 | 78.54 | 123.00 | 254.00 | 280.00 | 294.00 | 275.00 | 210 | 1.57 | 1.21 | 1.57 | 1.70 | 1.50 |
| 3 | 78.54 | 128.00 | 252.00 | 298.00 | 302.00 | 277.00 | 210 | 1.61 | 1.21 | 1.39 | 1.65 | 1.51 |

| Diseño de muestra | Carga (Kgf) | | | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | |
|-------------------|--|--------|--------|---|------|------|
| | 48 horas en cámara de congelación de -15°C A 5°C | | | | | |
| C* Patrón | 117.00 | 123.00 | 128.00 | 1.62 | 1.57 | 1.52 |
| C* + 25NC | 251.00 | 254.00 | 252.00 | 1.20 | 1.21 | 1.21 |
| C*+1.50NC | 282.00 | 280.00 | 298.00 | 1.39 | 1.57 | 1.70 |
| C* + 45NC | 292.00 | 294.00 | 302.00 | 1.72 | 1.38 | 1.65 |
| C* + 45NC | 278.00 | 275.00 | 277.00 | 1.54 | 1.50 | 1.51 |

FICHA TÉCNICA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
RESUMEN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN PROCESO DE CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN

CANTERA : SIBAYO
NOMBRE : NTP 339.034
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI
Fecha elaboración : 13/04/2023
Factor de diseño f_d : 210 kg/cm²
Factor de seguridad f_{cr} : 294 kg/cm²
Tipo de muestra : Plástica
Stamp de diseño : 3"
Hora de elaboración : 10:00 a. m.

| EDAD (Días) | Concreto patrón (kg/cm ²) | 2% de Nitrato de Calcio (kg/cm ²) | 2.5% de Nitrato de Calcio (kg/cm ²) | 3% de Nitrato de Calcio (kg/cm ²) | 4% de Nitrato de Calcio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) |
|-------------|---------------------------------------|---|---|---|---|----------------|
| 2 | 1.57 | | | | | 0.75% |
| 2 | | 1.21 | | | | 1.53% |
| 2 | | | 1.65 | | | 1.34% |
| 2 | | | | 1.77 | | 1.79% |
| 2 | | | | | 1.52 | 1.68% |

| | |
|------------------------------|---|
| Nombre: Edson Cruz Colque | Nombre:  |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|---------------|---|
| TÍTULO : | INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023 |
| TEMA : | EDISON CRUZ COLQUE |
| UBICACIÓN : | DISTRITO DE TUTI |
| CANTONIA : | SIBAYO |
| LABORATORIO : | ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. |
| FECHA : | AREQUIPA, ABRIL, 2023 |

FICHA TÉCNICA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
CONTROL DE PRODUCCIÓN Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO PATRÓN

| | | | |
|-------------|-------------|--|------------------------|
| CANTONIA : | SIBAYO | Fecha elaboración : | 18/04/2023 |
| MOEDA : | NIP 339 034 | Factor de diseño f' _c : | 210 kg/cm ² |
| REGION : | AREQUIPA | Factor de seguridad f' _{cr} : | 294 kg/cm ² |
| PROVINCIA : | CAYLLOMA | Tipo de muestra : | Plástica |
| DISTRITO : | TUTI | Stamp de diseño : | 3" |
| | | Hora de elaboración : | 2:00 p. m. |

| N° Briqueta | Edad | Área de testigo | Carga (Kgf) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Promedio resistencia (kg/cm ²) | % Promedio resistencia (kg/cm ²) |
|-------------|---------|-----------------|-------------|---|--|--|
| 1 | | 78.54 | 2756 | 34.84 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 2826 | 35.98 | 35.58 | 16.94 |
| 3 | | 78.54 | 2822 | 35.93 | | |
| 4 | | 78.54 | 3686 | 46.93 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 3706 | 47.19 | 47.01 | 22.38 |
| 6 | | 78.54 | 3884 | 48.91 | | |
| 7 | | 78.54 | 7098 | 98.01 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 7564 | 96.11 | 95.86 | 45.65 |
| 9 | | 78.54 | 7325 | 93.26 | | |
| 10 | | 78.54 | 10304 | 131.00 | | |
| 11 | 28 días | 78.54 | 13164 | 167.00 | 152.53 | 72.87 |
| 12 | | 78.54 | 12321 | 159.00 | | |

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | S. B. DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TÍTULO : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=10 KG/CM²
EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2021.
AUTOR : EDISON CRUZ COLQUE
DIRECCIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTÓN : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CÁCERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2021

FICHA TÉCNICA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
CONTROL DE PRODUCCIÓN Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 2% NITRATO DE CALCIO

CANTÓN : SIBAYO Fecha elaboración : 20/04/2021
NOMBRE : NTP 139.034 Factor de diseño f'_d : 210 kg/cm²
DIRECCIÓN : AREQUIPA Factor de seguridad f'_s : 294 kg/cm²
PROVINCIA : CAYLLOMA Tipo de muestra : Plástica
DISTRITO : TUTI Stamp de diseño : J'
Hora de elaboración : 2:00 p. m.

| N° Briqueta | Edad | Área de testigo | Carga (Kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Promedio resistencia (kg/cm ²) | % Promedio resistencia (kg/cm ²) |
|-------------|---------|-----------------|------------|---|--|--|
| 1 | | 78.54 | 3372 | 45.48 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 3778 | 48.10 | 46.20 | 22.00 |
| 3 | | 78.54 | 3333 | 45.01 | | |
| 4 | | 78.54 | 5178 | 65.93 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 5224 | 66.56 | 65.33 | 31.01 |
| 6 | | 78.54 | 4939 | 62.89 | | |
| 7 | | 78.54 | 9058 | 125.32 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 9946 | 126.64 | 126.71 | 60.34 |
| 9 | | 78.54 | 10031 | 127.97 | | |
| 10 | | 78.54 | 13685 | 199.00 | | 92.54 |
| 11 | 28 días | 78.54 | 15334 | 195.00 | 194.33 | |
| 12 | | 78.54 | 14866 | 189.00 | | |

| | |
|------------------------------------|---|
| Nombre: Back Edison Cruz Colque | Nombre:  |
| Fecha: | Fecha: |
| _____ | _____ |
| EJECUTADO POR | V.º DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|---------------|---|
| TÍTULO : | INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c-210 KG/CM ² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023 |
| TESISTA : | EDISON CRUZ COLQUE |
| UBICACIÓN : | DISTRITO DE TUTI |
| CANTERA : | SIBAYO |
| LABORATORIO : | ROBERTO CÁCERES FLORES S.R.L. |
| FECHA : | AREQUIPA, ABRIL, 2023 |

FICHA TÉCNICA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CONTROL DE PRODUCCIÓN Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 2,5% DE NITRATO DE CALCIO

| | | | |
|------------|-------------|---------------------------------------|------------------------|
| CANTERA : | SIBAYO | Fecha elaboración : | 24/04/2023 |
| NORMA : | NTP-138.034 | Factor de diseño F _c : | 210 kg/cm ² |
| REGIÓN : | AREQUIPA | Factor de seguridad F _{or} : | 294 kg/cm ² |
| PROYECTA : | CAVILLOMA | Tipo de muestra : | Plástica |
| DIRIGIDO : | TUTI | Slamp de diseño : | 3" |
| | | Hora de elaboración : | 2:00 p. m. |

| Nº Briqueta | Edad | Área de testigo | Carga (KgF) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Promedio resistencia (kg/cm ²) | % Promedio resistencia (kg/cm ²) |
|-------------|---------|-----------------|-------------|---|--|--|
| 1 | | 78.54 | 4370 | 55.64 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 4535 | 57.74 | 56.00 | 26.70 |
| 3 | | 78.54 | 4305 | 54.81 | | |
| 4 | | 78.54 | 8777 | 111.75 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 8810 | 112.57 | 113.34 | 53.97 |
| 6 | | 78.54 | 9118 | 116.09 | | |
| 7 | | 78.54 | 10610 | 135.09 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 12726 | 162.03 | 153.23 | 72.06 |
| 9 | | 78.54 | 12763 | 162.50 | | |
| 10 | | 78.54 | 16642 | 211.00 | | |
| 11 | 28 días | 78.54 | 16642 | 211.00 | 210.33 | 100.16 |
| 12 | | 78.54 | 16480 | 209.00 | | |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre:  |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V. B. DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM²
EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
TITULAR : EDISON CRUZ COLQUE
DIRECCIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTON : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
CONTROL DE PRODUCCIÓN Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 3% DE NITRATO DE CALCIO

CANTON : SIBAYO Fecha elaboración : 27/04/2023
NORMA : NTP 339.034 Factor de diseño f'd : 210 kg/cm²
REGION : AREQUIPA Factor de seguridad f'er : 284 kg/cm²
PROYECTO : CAYLLOMA Tipo de muestra : Plástica
DISTRITO : TUTI Stamp de diseño : 3"
Hora de elaboración : 2:00 p. m.

| N° Briquea | Edad | Área de testigo | Carga (Kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Promedio resistencia (kg/cm ²) | % Promedio resistencia (kg/cm ²) |
|------------|---------|-----------------|------------|---|--|--|
| 1 | | 78.54 | 7042 | 89.66 | | |
| 2 | 3 días | 78.54 | 8317 | 106.44 | 105.57 | 50.27 |
| 3 | | 78.54 | 9313 | 118.60 | | |
| 4 | | 78.54 | 9992 | 127.22 | | |
| 5 | 7 días | 78.54 | 11273 | 143.53 | 132.90 | 63.32 |
| 6 | | 78.54 | 10068 | 128.19 | | |
| 7 | | 78.54 | 14807 | 189.53 | | |
| 8 | 14 días | 78.54 | 14566 | 185.46 | 183.82 | 87.53 |
| 9 | | 78.54 | 13938 | 177.46 | | |
| 10 | | 78.54 | 16781 | 213.00 | | |
| 11 | 28 días | 78.54 | 13930 | 202.00 | 211.00 | 100.48 |
| 12 | | 78.54 | 17199 | 218.00 | | |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: ROBERTO CACERES FLORES R.C.F. S.R.L. GERENTE GENERAL |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V.º DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS
DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
CANTERA : SIBAYO
LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DE LA TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO

CANTERA : SIBAYO
NORMA : NTP 339.035
REGIÓN : AREQUIPA
PROVINCIA : CAYLLOMA
DISTRITO : TUTI

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - CONCRETO PATRÓN

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|------------------|----------|-------|--------------|
| Concreto patrón | 0.00 | 3" | Plástica |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - 2% DE NITRATO DE CALCIO

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|-------------------|----------|-------|--------------|
| Nitrato de Calcio | 2% | 3.80" | Plástica |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - 2.5% DE NITRATO DE CALCIO

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|-------------------|----------|-------|--------------|
| Nitrato de Calcio | 2.5% | 4.30" | Fluida |

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO - 3% DE NITRATO DE CALCIO

Una vez preparado el concreto se tiene:

| Tipo de concreto | %Aditivo | Slump | Consistencia |
|-------------------|----------|-------|--------------|
| Nitrato de Calcio | 3% | 4.50% | Fluida |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**

TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE

UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI

CANTERA : SIBAYO

LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DEL TIEMPO DE FRAGUA
TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO PATRÓN

CANTERA : SIBAYO

NORMA : NTP 334.006 / ASTM C191

REGIÓN : AREQUIPA

PROVINCIA : CAYLLOMA

DISTRITO : TUTI

FECHA DE ENSAYO : 12/04/2023

Hora de inicio : 8:30 a. m.

Peso de la muestra : 650 g

| N° LECTURA | HORA DE PENETRACIÓN | PENETRACIÓN (mm) | | | RESULTADO (mm) | TIEMPO PENETRACIÓN |
|------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| | | N° ENSAYOS | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 09:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 1ra HORA |
| 2 | 09:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 3 | 09:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 4 | 09:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 5 | 10:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 2da HORA |
| 6 | 10:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 7 | 10:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 8 | 10:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 9 | 11:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 3ra HORA |
| 10 | 11:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 11 | 11:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 12 | 11:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 13 | 12:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 4ta HORA |
| 14 | 12:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 15 | 12:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 16 | 12:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 17 | 13:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 5ta HORA |
| 18 | 13:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 19 | 13:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 20 | 13:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 21 | 14:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |

* Según la Norma 334.006, para preparar la pasta de cemento se necesita 650 g para obtener una consistencia normal para cada medición con la aguja de Vicat.

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| | |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C-210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS,
AREQUIPA 2023
 TESIS :
 TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DEL TIEMPO DE FRAGUA
TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO PATRÓN

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 334.006 / ASTM C191
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI
 FECHA DE ENSAYO : 10/04/2023
 Hora de inicio : 8:30 a. m.
 Peso de la muestra : 650 g

| N° LECTURA | HORA DE PENETRACIÓN | PENETRACIÓN (mm) | | | RESULTADO (mm) | TIEMPO PENETRACIÓN |
|------------|---------------------|------------------|--------|--------|----------------|--------------------|
| | | N° ENSAYOS | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 22 | 14:15 | Indeterminado | 38 | 36 | 37.00 | 6ta HORA |
| 23 | 14:30 | 35 | 37 | 35 | 35.67 | |
| 24 | 14:45 | 34 | 35 | 33 | 34.00 | |
| 25 | 15:00 | 33 | 32 | 31 | 32.00 | |
| 26 | 15:15 | 30 | 31 | 29 | 30.00 | |
| 27 | 15:30 | 29 | 29 | 27 | 28.33 | |
| 28 | 15:45 | 24 | 26 | 23 | 24.33 | 7ma HORA |
| 29 | 16:00 | 18 | 20 | 19 | 19.00 | |
| 30 | 16:15 | 15 | 17 | 16 | 16.00 | 8va HORA |
| 31 | 16:30 | 11 | 14 | 12 | 12.33 | |
| 32 | 16:45 | 5 | 7 | 6 | 6.00 | |
| 33 | 17:00 | 2 | 4 | 3 | 3.00 | |
| 34 | 17:15 | 0 | 2 | 1 | 1.00 | |

Nota: Se muestra la penetración de la aguja de Vicat en intervalos de quince minutos.

- * El tiempo de fraguado inicial ocurre a los 437 minutos desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de 25 mm.
- * El tiempo de fraguado final ocurre a los 527 minutos desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de 2mm.

| | |
|---|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque Firma: | Nombre:  Firma: |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023
 TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DEL TIEMPO DE FRAGUA
TIEMPO DE FRAGUA CON 2% DE NITRATO DE CALCIO

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 334.006 / ASTM C191
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

FECHA DE ENSAYO : 13/04/2023
 Hora de inicio : 8:30 a. m.
 Peso de la muestra : 650 g

| N° LECTURA | HORA DE PENETRACIÓN | PENETRACIÓN (mm) | | | RESULTADO (mm) | TIEMPO PENETRACIÓN |
|------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| | | N° ENSAYOS | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 1 | 09:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 1era HORA |
| 2 | 09:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 3 | 09:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 4 | 09:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 5 | 10:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 6 | 10:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 2da HORA |
| 7 | 10:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 8 | 10:45 | 36 | 38 | 35 | 36.33 | |
| 9 | 11:00 | 33 | 35 | 33 | 33.67 | 3ra HORA |
| 10 | 11:15 | 29 | 30 | 28 | 29.00 | |
| 11 | 11:30 | 26 | 25 | 23 | 24.67 | |
| 12 | 11:45 | 24 | 20 | 19 | 21.00 | |
| 13 | 12:00 | 16 | 13 | 14 | 14.33 | 4ta HORA |
| 14 | 12:15 | 10 | 8 | 9 | 9.00 | |
| 15 | 12:30 | 6 | 5 | 5 | 5.33 | |
| 16 | 12:45 | 3 | 2 | 3 | 2.67 | |
| 17 | 13:00 | 1 | 0 | 1 | 0.67 | |

Nota: Se muestra la penetración de la aguja de Vicat en intervalos de quince minutos.

- * El tiempo de fraguado inicial ocurre a los 182 minutos.
- * El tiempo de fraguado final ocurre a los 240 minutos.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F^oC-210 KG/CM³ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023

TESIS :
 TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI
 CANTERA : SIBAYO
 LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DEL TIEMPO DE FRAGUA
TIEMPO DE FRAGUA CON 2.5% DE NITRATO DE CALCIO

CANTERA : SIBAYO
 NORMA : NTP 334.006 / ASTM C191
 REGIÓN : AREQUIPA
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DISTRITO : TUTI

FECHA DE ENSAYO : 14/04/2023
 Hora de inicio : 8:30 a. m.
 Peso de la muestra : 650 g

| N° LECTURA | HORA DE PENETRACIÓN | PENETRACIÓN (mm) | | | RESULTADO (mm) | TIEMPO PENETRACIÓN |
|------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| | | N° ENSAYOS | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 1 | 09:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 1era HORA |
| 2 | 09:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 3 | 09:30 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 4 | 09:45 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 5 | 10:00 | 34 | 36 | 35 | 35.00 | 2da HORA |
| 6 | 10:15 | 31 | 33 | 30 | 31.33 | |
| 7 | 10:30 | 26 | 28 | 25 | 26.33 | |
| 8 | 10:45 | 18 | 22 | 19 | 19.67 | |
| 9 | 11:00 | 11 | 14 | 12 | 12.33 | |
| 10 | 11:15 | 3 | 5 | 6 | 4.67 | 3ra H |
| 11 | 11:30 | 1 | 2 | 2 | 1.67 | |

Nota: Se muestra la penetración de la aguja de Vicat en intervalos de quince minutos.

- * El tiempo de fraguado inicial ocurre a los 122 minutos desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de 25 mm.
- * El tiempo de fraguado final ocurre a los 182 minutos desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de 2mm.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma:  |
| EJECUTADO POR: | V ^o B ^o DE LABORATORIO |



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : **INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023**

TESISTA : EDISON CRUZ COLQUE

UBICACIÓN : DISTRITO DE TUTI

CANtera : SIBAYO

LABORATORIO : ROBERTO CACERES FLORES S.R.L

FECHA : AREQUIPA, ABRIL 2023

FICHA TÉCNICA DEL TIEMPO DE FRAGUA
TIEMPO DE FRAGUA CON 3% DE NITRATO DE CALCIO

CANtera : SIBAYO

NORMA : NTP 334.006 / ASTM C191

REGIÓN : AREQUIPA

PROVINCIA : CAYLLOMA

DISTRITO : TUTI

FECHA DE ENSAYO : 15/04/2023

Hora de inicio : 8:30 a. m.

Peso de la muestra : 650 g

| N° LECTURA | HORA DE PENETRACIÓN | PENETRACIÓN (mm) | | | RESULTADO (mm) | TIEMPO PENETRACIÓN |
|------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| | | N° ENSAYOS | | | | |
| | | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | | |
| 1 | 09:00 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | 1era HORA |
| 2 | 09:15 | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado | |
| 3 | 09:30 | 31 | 33 | 34 | 32.67 | |
| 4 | 09:45 | 28 | 28 | 29 | 28.33 | |
| 5 | 10:00 | 15 | 17 | 20 | 17.33 | 2da HORA |
| 6 | 10:15 | 8 | 7 | 11 | 8.67 | |
| 7 | 10:30 | 4 | 3 | 5 | 4.00 | |
| 8 | 10:45 | 1 | 1 | 2 | 1.33 | |

Nota: Se muestra la penetración de la aguja de Vicat en intervalos de quince minutos.

- * El tiempo de fraguado inicial ocurre a los 92 minutos desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de 25 mm.
- * El tiempo de fraguado final ocurre a los 137 minutos desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta obtener una penetración de 2mm.

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Nombre: Bach. Edison Cruz Colque | Nombre: |
| Firma: | Firma: |
| EJECUTADO POR | V°B° DE LABORATORIO |

Anexo 7. Análisis de precios unitarios

Página: 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto: 0104001 TESIS: "INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN CLIMAS FRIOS, AREQUIPA 2023"

Subpresupuesto: 001 CONCRETO CONVENCIONAL Fecha presupuesto: 31/08/2023

Partida: 01.01.01.01 Concreto f'c= 210 kg/cm2

Rendimiento: m3/DIA MO. 18.0000 EQ. 18.0000 Costo unitario directo por : m3 **451.79**

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/ | Parcial \$/ |
|---------------------|--------------------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| 0101010005 | PECÓN | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| 114.81 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| 0213010007 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| 325.80 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| 03012900030001 | MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| 0301290004 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| 11.18 | | | | | | |

Página: 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto: 0104001 TESIS: "INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN CLIMAS FRIOS, AREQUIPA 2023"

Subpresupuesto: 002 CONCRETO CON ADITIVO Fecha presupuesto: 31/08/2023

Partida: 01.01.01.01 CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 + ADITIVO SIKARAPID - 3PE

Rendimiento: m3/DIA MO. 18.0000 EQ. 18.0000 Costo unitario directo por : m3 **634.56**

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/ | Parcial \$/ |
|---------------------|--------------------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 |
| 0101010005 | PECÓN | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 |
| 114.81 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 |
| 0213010007 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 |
| 0222030005 | SIKARAPID - 3PE | gal | | 3.8600 | 47.35 | 182.77 |
| 508.57 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 |
| 03012900030001 | MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 |
| 0301290004 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40" | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 |
| 11.18 | | | | | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | | 0104001 TESIS: "INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C=210 KG/CM2 EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023" | | | | Fecha presupuesto | | 31/08/2023 | |
|---------------------|--|---|-------------|---------------------------------|----------|-------------------|-------------|------------|--|
| Subpresupuesto | | 002 CONCRETO CON ADITIVO | | | | | | | |
| Partida | | 01.01.01.02 CONCRETO F' C= 210 KG/CM2 + 2% DE NITRATO DE CALCIO | | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 18.0000 | EQ. 18.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 490.36 | | | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/ | Parcial \$/ | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 | | |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 | | |
| 0101010005 | PEON | | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 | | |
| | | | | | | | 114.81 | | |
| Materiales | | | | | | | | | |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 | | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 | | |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 | | |
| 0213010007 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG) | | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 | | |
| 0222150005 | ADITIVO NITRATO DE CALCIO AL 2% DEL PESO DEL CEMENTO | | bol | | 0.2900 | 133.00 | 38.57 | | |
| | | | | | | | 364.37 | | |
| Equipos | | | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 | | |
| 03012900030001 | MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP) | | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 | | |
| 0301290004 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40" | | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 | | |
| | | | | | | | 11.18 | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | | 0104001 TESIS: "INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C=210 KG/CM2 EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023" | | | | Fecha presupuesto | | 31/08/2023 | |
|---------------------|--|---|-------------|---------------------------------|----------|-------------------|-------------|------------|--|
| Subpresupuesto | | 002 CONCRETO CON ADITIVO | | | | | | | |
| Partida | | 01.01.01.03 CONCRETO F' C= 210 KG/CM2 + 2.5% DE NITRATO DE CALCIO | | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 18.0000 | EQ. 18.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 501.00 | | | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/ | Parcial \$/ | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 | | |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 | | |
| 0101010005 | PEON | | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 | | |
| | | | | | | | 114.81 | | |
| Materiales | | | | | | | | | |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 | | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 | | |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 | | |
| 0213010007 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG) | | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 | | |
| 0222150006 | ADITIVO NITRATO DE CALCIO AL 2.5% DEL PESO DEL CEMENTO | | bol | | 0.3700 | 133.00 | 49.21 | | |
| | | | | | | | 375.01 | | |
| Equipos | | | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 | | |
| 03012900030001 | MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP) | | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 | | |
| 0301290004 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40" | | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 | | |
| | | | | | | | 11.18 | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | | 0104001 TESIS: "INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO F' C=210 KG/CM2 EN CLIMAS FRIOS, AREQUIPA 2023" | | | | | |
|---------------------|--|---|-----------|-------------|------------|---------------------------------|--|
| Subpresupuesto | | 002 CONCRETO CON ADITIVO | | | | | |
| Partida | | 01.01.01.04 CONCRETO F' C= 210 KG/CM2 + 3% DE NITRATO DE CALCIO | | | | | |
| Rendimiento | | MO. 18.0000 | | EQ. 18.0000 | | Costo unitario directo por : m3 | |
| | | 510.31 | | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/ | Parcial \$/ | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.8889 | 24.13 | 21.45 | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.8889 | 19.04 | 16.92 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 10.0000 | 4.4444 | 17.20 | 76.44 | |
| | | | | | | 114.81 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m3 | | 0.6900 | 82.33 | 56.81 | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.5800 | 68.67 | 39.83 | |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.1530 | 6.50 | 0.99 | |
| 0213010007 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG) | bol | | 8.6100 | 26.50 | 228.17 | |
| 0222150007 | ADITIVO NITRATO DE CALCIO AL 3% DEL PESO DEL CEMENTO | bol | | 0.4400 | 133.00 | 58.52 | |
| | | | | | | 384.32 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 114.81 | 3.44 | |
| 03012900030001 | MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP) | hm | 1.0000 | 0.4444 | 12.75 | 5.67 | |
| 0301290004 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40' | hm | 1.0000 | 0.4444 | 4.66 | 2.07 | |
| | | | | | | 11.18 | |

Anexo 8. Panel fotográfico



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS:
DIRECCIÓN:
CANTERA:
LABORATORIO:
FECHA:

INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023.
EDISON CRUZ COLQUE
DISTRITO DE TUTI
SIBAYO
ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
AREQUIPA 2023



FOTO N°01

CANTERA - SIBAYO



FOTO N°02

TRANSPORTE DE AGREGADO GRUESO



FOTO N°03

TRANSPORTE DE AGREGADO FINO



FOTO N°04

MEZCLADO DE AGREGADO FINO



FOTO N°05

MEZCLADO Y SELECCIÓN DE AGREGADO FINO



FOTO N°06

CUARTEO DE AGREGADO FINO



FOTO N°07

SECADO DE AGREGADO FINO



FOTO N°08

SELECCIÓN DESPUÉS DEL CUARTEO



FOTO N°09

SELECCIÓN Y PESADO DE AGREGADO FINO



FOTO N°10

LAVADO DE AGREGADO FINO



FOTO N°11

TAMIZADO DE AGREGADO FINO



FOTO N°12

PREPARACION PARA EL CUARTEO



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS:
TESISTA:
UBICACIÓN:
CANTERA:
LABORATORIO:
FECHA:

..... INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_{c}=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023.
..... EDISON CRUZ COLQUE
..... DISTRITO DE TUTI
..... SIBAYO
..... ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
..... AREQUIPA 2023



FOTO N°13

MEZCLADO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°14

CUARTEO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°15

LAVADO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°16

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO



FOTO N°17

TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°18

SELECCIÓN POR PESO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°19

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO



FOTO N°20

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO



FOTO N°21

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°22

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°23

LAVADO DEL AGREGADO GRUESO



FOTO N°24

DICCIÓN DE TEMPERATURA PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS:
UBICACIÓN:
CANTERA:
LABORATORIO:
FECHA:

INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023.
EDISON CRUZ COLQUE
DISTRITO DE TUTI
SIBAYO
ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
AREQUIPA 2023



FOTO N°25

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN



FOTO N°26

CEMENTO



FOTO N°27

EQUIPOS PARA TIEMPO DE FRAGUADO



FOTO N°28

PREPARADO DE PASTA



FOTO N°29

MEDICIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO



FOTO N°30

MEDICIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO



FOTO N°31

MEDICIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO



FOTO N°32

ADITIVO NITRATO DE CALCIO



FOTO N°33

DOSEIFICACION DEL NITRATO DE CALCIO



FOTO N°34

LECCIÓN DE TEMPERATURA DE LA CAMARA DE REFRIGER



FOTO N°35

LECTURA DE LA AGUJA DE VKAT



FOTO N°36

LECTURA Y ANOTACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS:
UBICACIÓN:
CANTERA:
LABORATORIO:
FECHA:

INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023.
EDISON CRUZ COLQUE
DISTRITO DE TUTI
SIBAYO
ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
AREQUIPA 2023



FOTO N°37

CLASIFICACION DE LA PASTA PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO



FOTO N°38

INSUMOS PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO



FOTO N°39

MEDIDO DE INSUMOS PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO



FOTO N°40

MOLDES CILINDRICAS



FOTO N°41

ADICION DE INSUMOS PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO



FOTO N°42

PREPARACION DEL CONCRETO



FOTO N°43

VACIADO DEL CONCRETO A LA BANDEJA



FOTO N°44

CONO DE ABRAMS



FOTO N°45

PRUEBA DEL SLUMP



FOTO N°46

PRUEBA DEL SLUMP



FOTO N°47

DEDICACION DEL SLUMP



FOTO N°48

VACIADO EN MOLDE CILINDRICO



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS:
 TESISTA:
 UBICACIÓN:
 CANTERA:
 LABORATORIO:
 FECHA:

..... INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023.
 EDISON CRUZ COLQUE
 DISTRITO DE TUTI
 SIBAYO
 ROBERTO CÁCERES FLORES S.R.L.
 AREQUIPA 2023



FOTO N°49
 CURADO EN CAMARA DE REFRIGERACION



FOTO N°50
 CURADO EN CAMARA DE REFRIGERACION



FOTO N°51
 INSUMOS PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO



FOTO N°52
 ADICION DE INSUMOS PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO



FOTO N°53
 ADICION DE INSUMOS PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO



FOTO N°54
 ADICION DE INSUMOS PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO



FOTO N°55
 VACIADO EN MOLDES CILINDRICOS



FOTO N°56
 PRUEBA DEL SLUMP



FOTO N°57
 POZO DE CURADO



FOTO N°58
 POZOS DE CURADO



FOTO N°59
 T° 5.0 °C



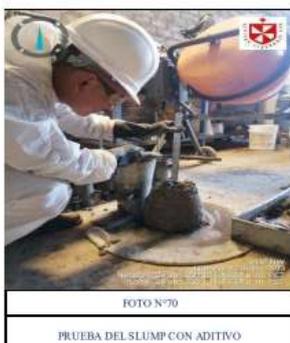
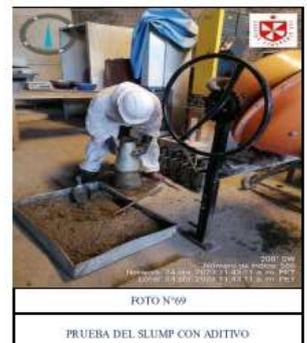
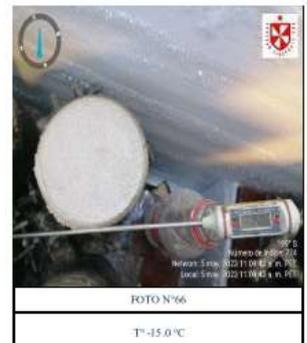
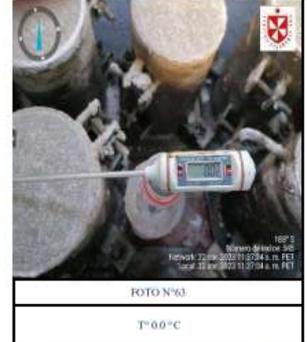
FOTO N°60
 T° 4.0 °C



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS:
 TESIS: EDISON CRUZ COLQUE
 UBICACIÓN: DISTRITO DE TUTI
 CANTERA: SIBAYO
 LABORATORIO: ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
 FECHA: AREQUIPA 2023

INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023.



Anexo 9. Cuestionario

CUESTIONARIO

I. **DIRIGIDO A:** Profesionales de ingeniería de Arequipa, Perú.

II. INTRODUCCIÓN:

El presente cuestionario tiene por finalidad evaluar la problemática actual para la investigación de tesis titulada “INFLUENCIA DEL NITRATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ EN CLIMAS FRÍOS, AREQUIPA 2023”.

III. INSTRUCCIONES:

- Lee detenidamente cada pregunta.
- Responde todas las preguntas, con la mayor sinceridad.
- Pide orientación cuando lo necesitas.

IV. DATOS GENERALES:

Edad :

Profesión :

Años de experiencia :

V. PREGUNTAS:

1. ¿Cuáles son los problemas comunes que ha observado en las mezclas de concreto expuestas a los climas fríos?

2. ¿Cuál sería el problema principal en caso de no aplicar el tema de investigación?

3. ¿Considera importante la evaluación de nuevos aditivos innovadores que optimicen las propiedades de concretos expuestos al clima frío en obras?
