



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Cerna Landa, Michel Bertoni (ORCID: 0000-0003-1974-4811)

ASESOR:

Mg. Ing. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0003-0817-7057)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme la sabiduría y habilidad. A mis padres y mis hermanas por darme su apoyo incondicional.

A la Mag.Ing. Villegas, por su asesoría. Al Ing. Villalobos Celis Segundo por brindarme las facilidades necesarias en el laboratorio de Ministerio de transporte y Comunicaciones.

Y a los Profesionales y técnicos de MTC.

A todos, gracias

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, y ante todo a mi familia, amigos y compañeros por

los ánimos brindados a lo largo del proyecto. A la Ing. Carlos Villegas, por sus enseñanzas y apoyo brindado a lo largo del proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MÉTODO	34
2.1. Tipo y diseño de investigación	35
2.2. Población, muestra y muestreo	36
2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad	38
2.4. Procedimiento	40
2.5. Método de análisis de datos	40
2.8. Aspecto éticos	41
III. RESULTADOS	42
IV. DISCUSIONES	59
V. CONCLUSIONES	62
VI. RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	67
ANEXOS	74

RESUMEN

En la investigación ejecutada tuvo como **objetivo general** en determinar de qué manera la adición del silicato de sodio influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia. Siendo un tipo aplicada, enfoque cuantitativo, nivel explicativo, diseño experimental de tipo cuasi-experimental, donde se extrajo una muestra de 72 vigas rectangulares y 180 probetas cilíndricas. Los especímenes mencionado líneas arriba que no se le adiciono el aditivo fue de 45 probetas cilíndricas y 18 vigas rectangulares se utilizó como muestra patrón, el restante de la muestra fue de 135 probetas cilíndricas y 54 vigas rectangulares se les incorporo intencionalmente el silicato de sodio en diferentes proporciones 2%, 3% y 4%, estuvo relacionado al peso del cemento. El llenado de las fichas con los datos obtenidos de los ensayos, seguidamente se uso el software de cálculo MS EXCEL, en el cual elaboró los cuadros y graficas con su respectiva interpretación. El resultado de la adición de silicato en las proporciones 2%, 3% y 4%, los valores obtenidos en los ensayos de compresión axial a/c de 0.50 a los 28 días fue de 459kg/cm², 444kg/cm² y 484kg/cm² respectivo al concreto base fue 432 kg/cm², relación a/c de 0.55 a los 28 días fue de 389kg/cm², 400kg/cm² y 404kg/cm² respectivo al concreto base fue 358 kg/cm² y finalmente la relación a/c de 0.60 a los 28 días fue de 356kg/cm², 371kg/cm² y 375kg/cm² respectivo al concreto base fue 333 kg/cm². Finalmente se concluyó que los ensayos ejecutados al concreto endurecido tuvo efecto positivo incrementando su resistencia, teniendo en cuenta que la mezcla que contiene 4% de silicato de sodio fue la que tuvo un mejor desempeño. En la prueba del concreto fresco el ensayo de asentamiento (slump) tuvo un comportamiento negativo disminuyendo así tu trabajabilidad y el contenido de aire atrapado aumento cuando se le incrementa la dosificación del aditivo.

Palabras clave: Silicato de sodio, resistencia compresión, tracción y flexión, asentamiento.

ABSTRACT

The thesis carried out had as a general objective to determine how the addition of sodium silicate influences the physical and mechanical properties of medium strength concrete. An experimental design was applied, of the type applied, quantitative focused, and of a causal explanatory level. The population was constituted in all the mixtures designed with and without sodium silicate, where a sample of 78 beams and 180 specimens was extracted. The specimens mentioned above lines were intentionally incorporated sodium silicate in different proportions, these being 2%, 3% and 4% being related to the weight of the cement. The data obtained were compared with the base concrete or standard sample. The results achieved by the different tests carried out on the mixtures had a positive influence on the physical and mechanical properties of the concrete. It was concluded that the addition of silicate in the proportions 2%, 3% and 4%, the values obtained in the axial compression tests w / c from 0.50 at 28 days was 459kg / cm², 444kg / cm² and 484kg / cm² respective to the base concrete was 432 kg / cm², a / c ratio of 0.55 at 28 days was 389kg / cm², 400kg / cm² and 404kg / cm² respective to the base concrete was 358 kg / cm² and finally the a / c ratio of 0.60 at 28 days was 356kg / cm², 371kg / cm² and 375kg / cm² respectively to the base concrete was 333 kg / cm², it was determined that the resistance is superior in all the additions to the standard concrete. Tensile and flexural tests were also carried out on hardened concrete having a positive effect in comparison to the standard concrete, taking into account that the mixture containing 4% sodium silicate was the one that had the best performance. In the test of the fresh concrete the settlement test (slump) had a negative behavior thus reducing your workability.

Keywords: Sodium silicate, compression, tensile and flexural strength, settlement

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el avance de la tecnología ha tenido un crecimiento significativo en las mejoras de las características físicas y mecánicas del concreto, dando soluciones a los problemas que se presentan en el concreto hidráulico como la presencia de fisuras y resistencia, siendo estos los problemas más frecuentes en la construcción.

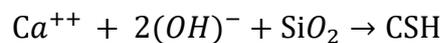
Para Espinoza, Lester y Escalante, Iván (2008), tiene una perspectiva mundial, como el aumento de la población origina el incremento el requerimiento de infraestructura. Para poder cubrir la necesidad de la demanda, aumenta el uso del concreto (p.12).

Se deberá construir las infraestructuras cada vez más seguras donde se incrementará sus resistencias a la compresión, tracción y flexión, sabiendo que el Perú tiene diferentes tipos de climas en la costa, sierra y selva. Por lo tanto, es necesario investigar alternativas que ofrezcan una contribución provechosa al concreto hidráulico, y asegura así la infraestructura.

El silicato de sodio es manejado para reducir los poros superficiales, en la actualidad la teoría es la más aprobada en este momento donde el silicato de sodio penetra en los poros superficiales y reaccionan con el hidróxido de calcio libre $[Ca(OH)_2]$ que se halla en el concreto creando el silicato de cálcico hidratado $[C-S-H]$ formando un gel provocando que reduzca los poros, la reacción del silicato de sodio e hidróxido de calcio se puede ver en la ecuación 1. El silicato de sodio es el producto altamente utilizado para esa finalidad.



PRODUCTO CEMENTICIO PRIMARIO



Fuente: YNFA, Jimmy. ,2017, p. 34



Fuente: MEDEIROS, M., PEREIRA, E. y HELENA, P. ,2013, p. 222

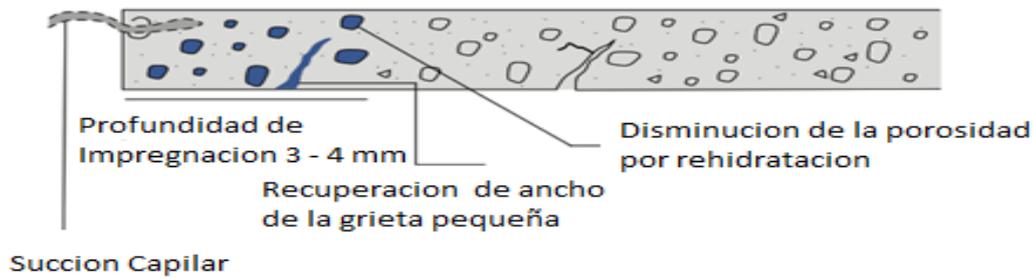


Figura 1: Evaluación de desempeño de la durabilidad del concreto impregnado con silicato de sodio

El uso del silicato de sodio para este tratamiento, disminuyó la porosidad del concreto siendo más compacta, reduciendo el agrietamiento, aumentando así la vida útil de la estructura se puede visualizar en la figura 1. Se le incorporó al concreto con el objetivo de la autocuración, para que el mismo se cure sus propias grietas es el fin de la adición del silicato de sodio debido (Medeiros, Pereira, y Helena, 2013, p.223).

El silicato de sodio brinda cuidados diferentes para crecer la durabilidad del concreto. Se logró emplear una solución de silicato de sodio como agente curante de la superficie nueva de concreto después de que el área ha sido cubierta y mantuvo húmeda durante las 24 horas.

La aplicación de silicato cierra los poros de la superficie sellándolos mientras están húmedos. Para tratar el concreto, después de que está completamente seco o endurecido, se aplica el silicato hasta penetrar el concreto. La cal y otros ingredientes en el concreto fresco reaccionan lentamente con la solución penetrante de silicato, formando un gel insoluble en los poros del concreto.

El Conjunto de tratamientos de superficies para el concreto se presenta en la figura 2 donde indica diferentes tipos de tratamientos como: (a) revestimiento y selladores, barrera física (b) revestimiento de poros, repelente al agua (c) Obstrucción de los poros (Medeiros [et al].20.15, p.220).

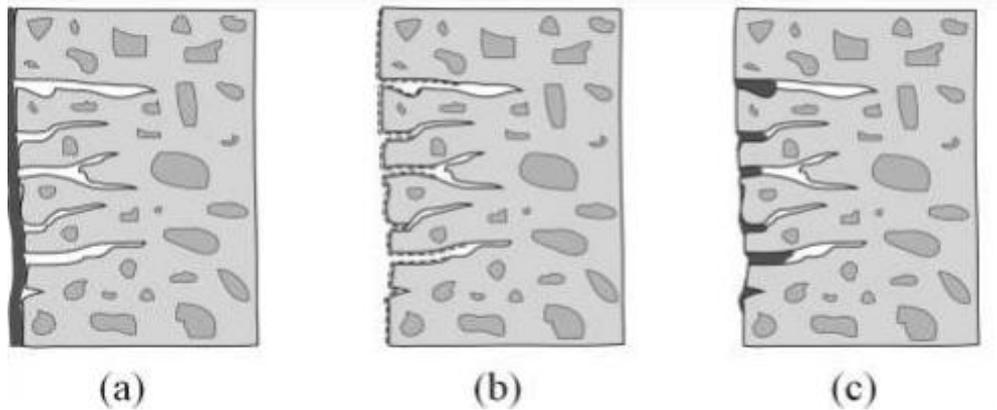


Figura 2. Conjuntos de tratamientos de superficies para el concretos.

Se propone la adición del silicato de sodio ($\text{Na}_2 \text{SiO}_3$) al 2%, 3% y 4%, teniendo como finalidad mejorar las propiedades del concreto siendo este producto muy poco estudiado. Este estudio se realizo en ciudad Lima que es afectada por su clima por tener una temperatura fluctuante entre 16 a 32°C aproximadamente, en a las cuatro estaciones del año (otoño, primavera, invierno y verano).

Hay una controversia entre la tesis de Amaris y Rondon, Vladimir donde se adiciono silicato de sodio 6%, 9% y 12%, al concreto de 3000 psi y 4000 psi donde incremento positivamente la resistencia compresión al 21.78% y 23.06% respectivamente; a comparación del trabajo de investigación de Habib [et al] donde al concreto le añadieron el silicato de sodio al 1%,1.4%, 1.8% y 2.2% a temperaturas bajas (-1°C a 1.6°C) lo cual disminuye la resistencia compresión, tracción y flexión.

Según la página web Tu Tiempo se registró en Bogotá (en el lugar donde se realizó la tesis Amaris, Néstor y Rondón, Vladimir) una temperatura promedio 13.6 °C según o cual explica diferencias marcadas como el porcentaje de silicato de sodio y la temperatura a comparación de la investigación Habib [et al].

Trabajos Previos

Amaris, N. y Rondón, V. (2009), en su tesis "*Uso del silicato de sodio como adición natural del concreto hidráulico* " para conseguir el grado de Ingeniero Civil en la Universidad de la Salle de la ciudad Bogotá en Colombia. Tuvo como resultado de los ensayos de

compresión axial del concreto de 3000 p.s.i. Dando como resultado del concreto patrón 2804.02 p.s.i, concreto con adición de silicato de sodio al 6% tuvo 3059.03 p.s. i, concreto con adición de silicato de sodio al 9% tuvo 3387.52 p.s. i, y concreto con adición de silicato de sodio al 12% tuvo 3653.62 p.s.i. hay un incremento en la resistencia axial hasta un 30.3% que corresponde al concreto con 12% silicato de sodio. También se observó los ensayos de compresión axial al concreto de 4000 p.s.i. dando como resultado del concreto patrón 4144.99 p.s.i., concreto con adición de silicato de sodio al 6% tuvo 4293.05 p.s.i., concreto con adición de silicato de sodio al 9% tuvo 4696.42 p.s.i., y concreto con adición de silicato de sodio al 12% tuvo 4922.58 p.s.i. hay un incremento en la resistencia axial hasta un 18.76% que corresponde al concreto con 12% silicato de sodio dando un beneficio sustancial a la resistencia. El resultado de asentamiento del concreto 3000 p.s.i., a un concreto patrón tiene un asentamiento de 7.3 cm, concreto con 6% de silicato de sodio tiene un asentamiento de 7.1cm, concreto con 9% de silicato de sodio tiene un asentamiento de 6.3cm y concreto con 12% de silicato de sodio tiene un asentamiento de 5.6cm hay un decrecimiento en el asentamiento hasta un 23.29% que corresponde al concreto con 12% silicato de sodio. Asentamiento del concreto tuvo como resultado que el concreto 4000 p.s.i., a un concreto patrón tiene un asentamiento de 7.4 cm, concreto con 6% de silicato de sodio tiene un asentamiento de 6.9cm, concreto con 9% de silicato de sodio tiene un asentamiento de 6.5cm y concreto con 12% de silicato de sodio tiene un asentamiento de 5.8cm hay un decrecimiento en el asentamiento hasta un 21.62% que corresponde al concreto con 12% silicato de sodio, disminución su trabajabilidad, se está comportando como un aditivo acelerante siendo un agente endurecedor aumentando la resistencia del concreto, garantizando con éxito en las edificaciones u obras civiles.

Habib, I. [et al] (2015), en el trabajo de investigación "*Experimental study of effect of sodium silicate (Na_2SiO_3) on properties of concrete*". Tuvo la finalidad en utilizar el concreto con el silicato de sodio en un clima frio en un rango de 0°C a 5 °C utilizando ACI 306 concreto en clima frio. Se le adiciono silicato de sodio al 1%,1.4%, 1.8% y 2.2% a una temperatura de 1.2 °C, 1.6°C y -1°C. El resultado de los ensayos de compresión en los especímenes fueron: de 1% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C es 21.28 N/mm² siendo su patrón 23.11 N/mm² , de 1.4% silicato de sodio a una temperatura 1.6 °C es 18.06 N/mm² siendo su patrón 21.99 N/mm², de 1.8% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C es 17.79 N/mm² siendo su patrón 22 N/mm² y de 2.2 % silicato de sodio a temperatura -1 °C es 20.88

N/mm² siendo su patrón 22.17 N/mm². El ensayo tracción de los especímenes tuvo un efecto: de 1% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C es 1.96 N/mm² y siendo su patrón 2.1 N/mm², de 1.4% silicato de sodio a temperatura 1.6 °C es 1.26 N/mm² siendo su patrón 1.68 N/mm², de 1.8% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C es 0.56 N/mm² siendo su patrón 1.4 N/mm² y de 2.2 % silicato de sodio a temperatura -1 °C es 0.88 N/mm² siendo su patrón 1.4 N/mm². La consecuencia del ensayo a la flexión de la muestra: de 1% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C es 2 N/mm² y siendo su patrón 2.2 N/mm², de 1.4% silicato de sodio a temperatura 1.6 °C es 1.8 N/mm² siendo su patrón 2.2 N/mm², de 1.8% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C es 1.6 N/mm² siendo su patrón 2.2 N/mm² y de 2.2 % silicato de sodio a temperatura -1 °C es 2.2 N/mm² siendo su patrón 2.8N/mm². El silicato de sodio no contribuye a resistencia a la compresión, tracción y flexión más bien disminuye significativamente, el espécimen que contuvo 1.8% silicato de sodio a temperatura 1.2 °C disminuyó la resistencia a la compresión al 19%, resistencia a la tracción al 60%, y resistencia a la flexión al 27%.

Medeiros, M. [et al](2015), artículo científico "*Concrete with treated surface and exposed to chlorides solution: thickness of equivalent coatings*". El concreto estuvo impregnado por diferentes productos como el Silano/siloxano, Acrílico, Poliuretano, Silicato de sodio y la composición dual de Silano/siloxano + acrílico. Obteniendo que Poliuretano, disminuyendo la relación de difusión de cloruros en el concreto hasta un 71%, composición dual de Silano/siloxano + acrílico fue de 67% reduciendo la relación de difusión de cloruros, silicato de sodio fue de 43% disminuyendo la relación de difusión de cloruros, con el acrílico fue de 22% disminuyendo la relación de difusión de cloruros y Silano/siloxano reduciendo la relación de difusión de cloruros. Se contempló los resultados que la impregnación con poliuretano hubo un mejor desempeño reduciendo la difusión de los cloruros en el concreto un 71%.

Teniendo los espesores equivalentes para la protección el concreto donde el poliuretano 3.4 cm, dual de Silano/siloxano + acrílico 2.9 cm, silicato de sodio 1.3 cm, Acrílico 0.5 cm y Silano/siloxano 0.3 cm. Se puede contemplar que el poliuretano tuvo el mayor espesor de protección 3.4 cm de poliuretano se utilizó la propuesta del trabajo científico de Medeiros, M., Hoppe Filho y Helene, P. (2009), de Influence of the slice position on chloride migration tests for concrete in marine conditions.

Park, S. [et al] (2014), el artículo de la revista científica "*Evaluation of concrete durability performance with sodium silicate impregnants*". Se evaluó el concreto de 21Mpa y 30Mpa, donde se utilizó un concreto de control, concreto impregnado con silicato de sodio estado líquido (I) y concreto impregnado de una solución de silicato de sodio con un polímero orgánico (C); se realizaron las pruebas de porcentaje porosidad, coeficiente difusión del cloruro, resistencia a la compresión, permeabilidad de agua, permeabilidad de aire, porcentaje de absorción. La resistencia a la compresión de los especímenes del concreto 21 MPa, tuvo como resultado la muestra control es 25Mpa (100%), concreto impregnada con C es 28.1Mpa (112.4%) y concreto impregnada con I es 30.3Mpa (121.2%), donde se observó que el concreto impregnada con I poseyó el mejor desempeño. El ensayo de compresión de los especímenes al 34 MPa, teniendo como consecuencia que el espécimen control es 29.8Mpa (100%), el espécimen impregnada con C es 34Mpa (114.1%) y espécimen impregnada con I es 34.6Mpa (116.1%), donde se observó que también el espécimen impregnada con I obtuvo el mejor desempeño.

Medeiros, M., Pereira, E. y Helena, P. (2012), el artículo científico de "*Tratamento de superfície com silicato de sódio para concreto: penetração de cloretos e absorção de água*". Se empleó un concreto con una proporción de cemento, agregado fino y agregado grueso 1; 1.8; 2.7, donde se trabajó con una relación agua /cemento 0.53 donde obtuvo un concreto de 32 Mpa, los especímenes fueron secados a una temperatura de 100°C hasta obtener una masa constante después se deja enfriar a temperatura ambiente, fue aplicada la solución de 20% de silicato de sodio. En el día 28 obtuvo 32 Mpa, día 42 fue 35 Mpa, día 56 poseyó 35.5 Mpa, día 70 alcanzó 35.51 Mpa y el día 91 logro 36.3Mpa.

La aplicación del silicato de sodio a la superficie tuvo un efecto positivo, disminuyendo la absorción de agua por la capilaridad del concreto, la muestra control del día 10 fue 7 kg/cm² y muestra con solución de silicato de sodio fue de 2 kg/cm², muestra control del día 15 fue 7.8 kg/cm² y muestra con solución de silicato de sodio fue de 2.1 kg/cm², muestra control al día 30 fue 8 kg/cm² y muestra con solución de silicato de sodio fue de 2.8 kg/cm². Obstaculizó el ingreso de agua, por ejemplo, la neblina salina que es un factor primordial que origina la corrosión del acero en el concreto.

Villa, Cl. (2013), en su tesis "*Síntesis de geo polímeros empleando activación alcalina de aluminosilicatos minerales*" para obtener el grado de Doctor de Ciencias de Materiales en

el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. de la ciudad de Chihuahua en México, este trabajo de investigación se avaluó la propiedades químicas, física y resistencia del geopolímero compuesta de la zeolita siendo el aluminosilicato el componente activo y un medio alcalino como el hidróxido sodio y silicato de sodio. La prueba de compresión axial que fue sometido los especímenes a diferentes temperaturas de curado (ambiente, 40°C, 60°C y 80°C), relación silicato de sodio/ hidróxido de sodio (0.4, 1.5, 5, 10 y 15) y, en medio activo de hidróxido de sodio 7M, del cual el que tuvo el mejor desempeño fue la muestra a una temperatura 40°C teniendo el máximo valor 33.14 Mpa en el día 90 a una relación de silicato de sodio/ hidróxido de sodio = 10. La prueba de compresión axial que fue sometido los especímenes a diferentes temperaturas de curado (ambiente, 40°C, 60°C y 80°C), relación silicato de sodio/ hidróxido de sodio (0.4, 1.5, 5, 10 y 15) y, en medio activo de hidróxido de sodio 10M, del cual el que tuvo el mejor desempeño fue la muestra a una temperatura 40°C teniendo el máximo valor 28.9 Mpa en el día 28 a una relación de silicato de sodio/ hidróxido de sodio = 5. La prueba de compresión axial que fue sometido los especímenes a diferentes temperaturas de curado (ambiente, 40°C, 60°C y 80°C), relación silicato de sodio/ hidróxido de sodio (0.4, 1.5, 5, 10 y 15) y, en medio activo de hidróxido de sodio 14M, del cual el que tuvo el mejor desempeño fue la muestra a una temperatura 40°C teniendo el máximo valor 39.42 Mpa en el día 28 a una relación de silicato de sodio/ hidróxido de sodio = 5 después ese valor fue descendiendo por aumentar la relación silicato sodio/ hidróxido de sodio 10 y 15 obtuvo un valor 21.85 y 24.68 Mpa. El análisis arrojó que la mejor temperatura de trabajo es 40°C, relación de silicato de sodio/ hidróxido de sodio de 1.5 en una solución 10M. El geopolimerio tuvo una estructura amorfa es el resultado de la mezcla de zeolitas con hidróxido de sodio y silicato de sodio.

Apablaza, J. (2015), en su tesis "*Caracterización de polímeros naturales fosfo-siliciclásticos para aplicaciones en la industria de la construcción*", para conseguir el título de Ingeniero Civil de la Universidad Austral de Chile ubicada en la ciudad Valdivia, Chile. El uso la fosforita como material fosfo-siliciclastico proveniente de Bahía Inglesa de las costas del norte de Chile, arena, hidróxido de sodio y silicato de sodio siendo este factible desarrollar morteros geopoliméricos a partir de la activación alcalina del material fosfo-siliciclastico, el cual se usó como sustituto del cemento. La densidad de los tres componentes fuente de aluminosilicato + arena + solución alcalina = 2100Kg/cm³ se realizó 14 tipos geopolimeros del cual se seleccionó el geopolimero número 11 donde cumplió las

propiedades de adherencia, cohesión, desmolde y peso propio, donde la arena es 367.57g, fuente aluminosilicatos es 107.52 g y solución alcalina 64.51 g (silicato de sodio 25.81g + hidróxido de sodio 12.90g + agua 25.8g) ; tuvo como resultado a los 28 días de curado el ensayo a la flexión 26.4 kg/cm² y módulo de elasticidad fue obtenido utilizando el método de Young obteniendo 20509.2 kg/cm² donde se encuentre ubicado como un tipo de mortero de cemento y cal calificado por UIC; los 28 y 60 días de curado para el ensayo de compresión fue 101.66 kg/cm² y 114.2 kg/cm², estuvo aceptable el mortero por que cumpla con la norma chilena NCh158of67, se logró utilizar como mortero de juntas de albañilería armada como confinada.

Robayo, E. (2013), en su tesis "*Comportamiento mecánico y durabilidad de morteros de cenizas volantes activadas alcalinamente*" para conseguir el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Javeriana de la ciudad Bogotá en Colombia. El uso cenizas volante conocido puzolana artificial como material silico-aluminosos se realizó seis (6) mezclas siendo las materias primas la ceniza volante, hidróxido de sodio (NaOH) a una solución de 10M, silicato de sodio (Na₂SiO₃) en estado líquido, aditivo plastificante Puzzoloth 460N y agua. Se realizó las pruebas de compresión ASTM C109 – INV.E-323 teniendo los mejores resultados las mezclas 2 y 3 son 284.32 kg/cm² y 221.44 kg/cm²; pruebas de compresión ASTM C109 – INV.E-323 como resultado que la mezcla 2 y 3 son 64.08 kg/cm² y 37.81 kg/cm² tiempo de curado a los 56 días. Prueba a temperaturas altas de 400°C y 700°C durante dos (2) horas del cual los especímenes tuvieron un curado de 28 días, los resultados de las mezclas 2 y 3 a temperatura de 400°C el ensayo a la compresión axial es 265.52 kg/cm² y 195.21 kg/cm² y la resistencia a flexión 35.03 kg/cm² y 26.83 kg/cm²; a temperatura 700°C la resistencia a compresión es 297.68 kg/cm² y 232.02 kg/cm², la resistencia a flexión es 44.90 kg/cm² y 34.75 kg/cm². Prueba de ataque de medio agresivo siendo la solución de ácido sulfúrico de 50ml/L, donde los especímenes son secados en un horno a una temperatura de 105 +/- 5, después se incorpora a la solución por un tiempo de 24 horas; los resultados a la resistencia a compresión fue 245.99 kg/cm² y 171.20 kg/cm². La mezcla 2 tuvo mejor comportamiento del resto de las mezclas geopolímeros siendo una buena alternativa el uso a la industria de la construcción.

Helard, A. y Amachi, E. (2015), en su tesis "*Estudio del efecto de las variables de síntesis sobre el comportamiento mecánico en mezclas geo poliméricas a base de zeolitas naturales*" para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San

Agustín ubicada en la ciudad de Arequipa en Perú, este trabajo de investigación empleo zeolítico proviene Sur-Este del Perú peso 168.42g, hidróxido de sodio(NaOH) al 10 Molar, 12 Molar, 14 Molar peso 38.70g; silicato de sodio (Na_2SiO_3) en estado líquido 92.88g. Teniendo 11 muestras como resultado la resistencia a la compresión : 151.94 kg/cm^2 a 17.5 días de curado a una temperatura de 70°C con hidróxido de sodio a 12M de las muestras 9,10 y 11; 135.62 kg/cm^2 a 28 días de curado a una temperatura de 60°C con hidróxido de sodio a 14M de la muestra 6; 61.18 kg/cm^2 a 28 días de curado a una temperatura de 80°C con hidróxido de sodio a 14M de la muestra 8. Siendo las muestras 9,10 y 11 donde obtuvo el mejor resultado, hay una buena disolución de los iones de silicio y aluminio también poca porosidad. En la investigación de los ingenieros se demostró que la zeolita en un medio alcalino tiene un poder cementante.

Ynfa, J. (2017), en su trabajo de investigación titulado *"Estudio de la influencia de la emulsión asfáltica catiónica con adiciones de silicato de sodio en la solidificación e inmovilización de metales pesados contenidos en relave polimetálico"*. Para cada uno de los especímenes se usó el relave proveniente de Minera Bateas S.A.C. de 180g, cemento portland 1P de 55.83g, cal de 3.6g, agua 22.3ml, emulsión asfáltica 27ml, 13.5ml y 6.7ml; silicato de sodio 3ml y 1.5ml.

El espécimen control no poseo emulsión asfáltica ni silicato de sodio se aplicó el ensayo a compresión axial obteniendo 47.51Mpa, el espécimen T9 obtuvo 50.29Mpa quedo compuesta de emulsión 6.7ml; el espécimen T7 consiguió 50.21Mpa estuvo compuesta de emulsión 6.7ml y silicato de sodio 1.5ml; el espécimen T6 logro 49.46Mpa quedo compuesta de emulsión 13.5ml; el espécimen T8 tuvo 47.63Mpa logro por el compuesto de emulsión 6.7 ml y silicato de sodio 1.5ml; el espécimen T5 obtuvo 39.89Mpa quedo compuesta de emulsión 13.5 ml y silicato de sodio 1.5ml; el espécimen T3 tiene 35.44Mpa estuvo compuesta de emulsión 27 ml ; el espécimen T4 cobró 33.48Mpa tuvo compuesta de emulsión 13.5 ml y silicato de sodio 3ml; el espécimen T2 tiene 27.28Mpa está compuesta de emulsión 27 ml y silicato de sodio 1.5ml y el espécimen T1 tiene 27.05Mpa está compuesta de emulsión 27 ml y silicato de sodio 3ml. Los especímenes que contuvo silicato sodio y emulsificante no sobresalieron de una manera significativa al espécimen control.

El ensayo de lixiviación se seleccionó los especímenes 2 unidades de T9 y 2 unidades T7, donde 1 unidad de T9 y T7 estos especímenes fueron sumergidos en medio del ácido

conteniendo ácido sulfúrico y ácido nítrico por un tiempo de 75 horas. Y el resto de T9 y T7 es sumergido a un medio alcalino de hidróxido de sodio de pH 10; obtuvo metales libres como el plomo(Pb), Zinc (Zn), cobre (Cu) y Hierro (Fe). El combinado de ácido actúo en los especímenes de manera que simula la lluvia acida con un Ph de 4 donde el espécimen control fue 0.0054 (mg/l), T9 fue 0.0435 (mg/l) y T7 fue 0.0071 (mg/l) de plomo, el limite permisibles es de 0.05 (mg/l); para el zinc no se encontró; el cobre libre se encuentro en el espécimen control fue 0.0056 (mg/l), T9 fue 0.0079 (mg/l) y T7 fue 0.0081 (mg/l) , el limite permisibles es de 0.02 (mg/l), el hierro libre se encuentra en T9 fue 0.037 (mg/l), T7 y el control no se detectó el limite permisibles es de 0.3 (mg/l).

En el medio alcalino el espécimen control fue 0.0376 (mg/l), T9 fue 0.0116 (mg/l) y T7 fue 0.0048 (mg/l) de plomo, el limite permisibles es de 0.05 (mg/l); para el zinc no se encontró; el cobre libre se encuentro en el espécimen control fue 0.0106 (mg/l), T9 fue 0.0056 (mg/l) y T7 fue 0.0075 (mg/l) donde el limite permisibles es de 0.02 (mg/l); el hierro libre se encuentra en el patrón fue 0.049 (mg/l), T7 y T9 no se detectó donde el limite permisibles es de 0.3 (mg/l).

Se percata que el patrón, T7 y T9 contiene metales libres, pero no supera a limites permisible en el cual T7 mejor comportamiento en la inmovilización de metales.

La Teoría relacionada al tema de investigación

El Concreto típico o Normal es el producto de la mezcla de cemento, agregado grueso (piedra chancada), agregado fino (arena) y agua con o sin aditivos.

El cemento se define como el conglomerado hidráulico de materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que pasa por un proceso de molienda obteniendo partículas finas para luego mezclarse con agua obteniendo una dureza debido a las reacciones de hidrolisis e hidratación de sus componentes (UNE – EN 197-1,2011, p.11). Se clasificará el cemento y su uso según la N.T.P. 334.009 (2005) :

El cemento tipo I es para uso general; el cemento Tipo II tiene la particularidad cuando se desea moderada calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos; el cemento tipo III tiene la particularidad de que su resistencia temprana; el cemento tipo IV tiene una baja

calor a la hidratación; el cemento tipo V es para la particularidad tiene una alta resistencia a los sulfatos (p.5).

Según la norma ASTM C 595-08 (2008), las características de cementos portland que fueron añadido con escoria y/o puzolanas del cual modifican la característica del concreto, para uso de construcciones generales (p.2). El tipo de cemento según norma ASTM C 595 (2008):

Tipo IS, está compuesta del cemento portland y escoria de alto horno, tiene la particularidad que se le añadió igual o mayor al 70% [$IS \geq 70\%$] (p.4).

Tipo ISM, tiene la particularidad que se le añadió menos 25% en peso de escoria de alto horno al cemento portland (p.5).

Tipo IP, tiene la particularidad que se le añadió hasta 40% en peso puzolana al cemento portland (p.4).

Tipo IPM, tiene la particularidad que se le añadió menos 15% en peso puzolana al cemento portland (p.7).

El Clinker con yeso es usada para el cemento portland Tipo I, es una mezcla de los componentes del cemento:

El silicato tricálcico ($3CaO.SiO_2$ su abreviatura C3S), es el elemento primordial de los cementos Portland causando el endurecimiento inicial del fraguado y resistencia temprana También directamente relacionada al calor de hidratación (San juán y Chinchon,2014, p.22).

El silicato di cálcico ($2CaO.SiO_2$ su abreviatura C2S), este elemento es estable a temperatura ambiente. Cuando es hidratado el proceso de endurecimiento es lento, contribuye el incremento de resistencia a edades mayores y no tiene influye en el calor de hidratación.

El aluminato tricálcico ($3CaO.Al_2O_3$ su abreviatura C3A), donde es generada una gran liberación de calor en los primeros días de hidratación siendo estable alrededor $250^\circ C$, endurecimiento en contacto con el agua debido a la reacción de los silicatos. Está involucrada ligeramente al aumento de la resistencia.

El yeso es un componente químico donde es añadido intencionalmente al cemento en la etapa de la molienda final, teniendo como la meta de retrasar la velocidad de hidratación del C3A. La ausencia del yeso provocaría que el cemento fraguaría rápidamente. Los cementos con C3A son resistentes a los suelos y a los sulfatos (Shetty,2005, p.21).

El aluminoferrito tetra cálcico, ($2\text{CaO} (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$ su abreviatura C4AF) C4AF, disminuye la temperatura en la formación del Clinker, ayudando por tanto a la fabricación del cemento. Se humedece tanta rapidez, pero su contribución es insignificante a la resistencia (Sanchez,2001, p.3).

La distribución de los componentes del Clinker se observará en la Figura 3.

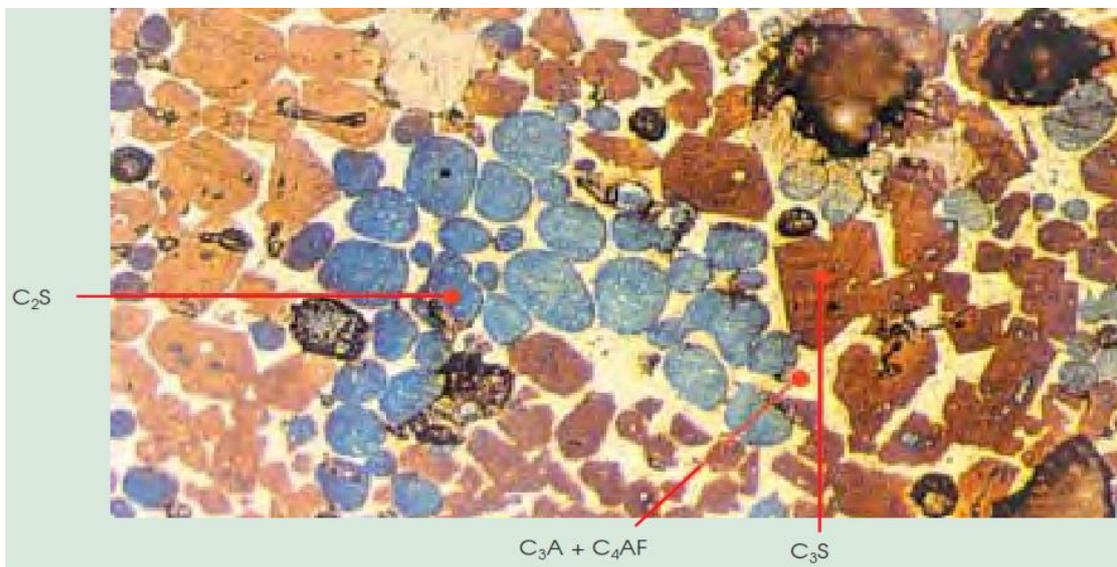


Figura 3. Ubicación de los componentes del Clinker

Según la NTP 400.011(2008), **los agregados** son elementos inertes también llamados áridos del concreto donde son alertados en forma natural o artificial, cuyas dimensiones están unos límites establecido por la norma técnica peruana. Porque no actúa en la reacción química que tiene el cemento y el agua. (p.3).

La NTP 400.011(2008), define a los **agregados finos** como partículas que provienen de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8" (9.5mm) y queda retenido en el tamiz 74 μm (N°200) cumpliendo los requisitos de granulometría dentro de los límites especificados en la norma límites de la NTP 400.37(p.4).

En la Tabla 1 es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

Para el desarrollo de la granulometría se seleccionará los tamices en forma de pilas siendo esta el orden N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler (NTP 400.011, 2005, p.7).

En el procedimiento para obtener el agregado fino no excederá el 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. Es aconsejable que el módulo de finura este en medio de los valores 2.35 y 3.15.

El módulo de finura ubicadas dentro del rango 2.2 y 2.9 tiene un concreto de buena trabajabilidad y reduce la segregación; y el módulo de finura que se encuentra dentro del rango de 2.9 y 3.2 son para concretos de alta resistencia (Martínez ,2009, p.52).

Tabla 1. *Requisitos granulométricos del agregado fino*

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N°4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 85
N°30	25 – 60
N°50	10 – 30
N°100	02 – 10

Fuente: NTP. 400.037

La granulometría está relacionada directamente en la manejabilidad de la mezcla del concreto. Cuando el agregado tiene escasa gradación tiene como consecuencia la presencia de vacíos donde van a ser cubierto por la pasta (en caso de arena) o mortero (en caso de grava). La manipulación de la mezcla se torna difícil de manejar, colocar y terminar debido el bajo contenido del agregado fino, con consecuencia a la segregación y exudación por ser una mezcla poco cohesiva dando como resultado apariencia porosa. En la situación opuesta cuando hay un exceso de agregado fino se incrementa el consumo de agua o pasta para poder manipular con facilidad teniendo la exudación o segregación.

Según la NTP 400.011(2008), **el agregado grueso** deberá tener una caracterizas primordiales como que sea duradero, libre de impureza, resistente y limpio; donde las partículas se encuentran retenidos en la malla N°4 (4.75 mm) ejecutando los márgenes de la norma NTP 400.037, la roca es disgregado forma natural o artificial (p.4).

La Tabla 2 es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

En el avance del procedimiento de la granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4”.

La obtención del tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de: Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; Un tercio del peralte de las losas; Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de prefuerzo.

El tamaño nominal máximo está relacionada a la trabajabilidad donde se realiza el asentamiento del concreto dando así las propiedades especificadas para el concreto deseado. Si los agregados mencionados no cumplen con la NTP E.060, podrán ser utilizados siempre que se logre demostrar, a través de ensayos y por experiencias de obra, que se puede lograr concretos con la misma resistencia y características físicas requeridas. (NTP 400.037).

El resultado de la granulometría usado los tamices normalizados nos proporcionan el tamaño máximo del agregado del cual tiene una familiaridad íntima con la resistencia del concreto, donde se puede diseñar un de concreto teniendo que considerar la resistencia a la compresión, el contenido de cemento, el tamaño máximo del agregado y la cantidad de agua.

Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso

Tamaño nominal	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100 mm	3½" 90 mm	3" 75 mm	2½" 63 mm	2" 50 mm	1½" 37.5 mm	1" 25.0 mm	¾" 19.0 mm	½" 12.5 mm	⅜" 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm
3½" a 1½"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2½" a 1½"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No. 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a ¾"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No. 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
¾" a No. 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1½" a ¾"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5			
1 a ½"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
¾" a ⅜"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
¾" a No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Fuente: NTP 400.037

El agua empleada por general es de uso potable proveniente de la red pública para hacer la mezcla y luego se usará para el curado del concreto. Es un componente fundamental en la preparación del concreto, está relacionada a las propiedades físicas y mecánicas del concreto (Abanto,2009, p.21). Su papel fundamental es humedecer al cemento, en su trabajabilidad y formar espacio dentro de la mezcla para que se desarrollen las reacciones químicas (Ramírez,2018, p.76).

No se empleará aguas acidas (ácido clorhídrico, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos); calcáreas (con cal); minerales; carbonatadas (CO₂); aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas; humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados (Abanto, 2005, p.21).

La obligación de ejecutar la Norma Técnica Peruana NTP339.088 donde está registrado en la Tabla 3

Tabla 3. Los límites químico admisible en el agua para el uso de la preparación del concreto

	Limite	Método Ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm		
A. Cloruro de Cl, ppm		
1 El concreto pretensado, tablero de puentes, o designados de otra manera	500	NTP 339.076
2 Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes.	1000	NTP 339.076
B. Sulfatos con SO ₄ , ppm	3000	NTP 339.074
C. Alcalis como (Na ₂ + 0.658K ₂ O), ppm	600	ASTM C 114
D. Solidos totales por masa, ppm	50000	ASTM C 1603

Fuente: NTP 339.088

El silicato de sodio se podrá considera el silicato de sodio como un aditivo, la definición del aditivo es de material distinto al cemento, agua y agregado, son compuestos químicos que son añadidos al concreto teniendo un efecto en las propiedades Intrínseca teniendo un efecto en estado fresco como endurecido, se añade al inicio o durante del mezclado (ACI318S-05,2015, p.30).

El silicato de sodio es utilizado para la fabricación de jabones, cono producto de relleno; para aprestos en la industria textil; para la fabricación de colas y pegamentos especiales; fabricación de cerámicos, pinturas, detergentes, adhesivos; industria del papel, también es usada como ingrediente para autofraguantes en el concreto durante 24 horas, Se comercializa en estado sólido (metasilicato sodio) como en estado líquido; en la tabla 4 nos indicará el uso del silicato de sodio en diferentes industrias donde está incluido la industria de la construcción como otras industrias importante que es una fuente se soluciones de este tipo de componente químico.

Tabla 4. La utilización del silicato de sodio en la industria

Industria	función del silicato	Beneficio principal
CERAMICA		
Cementos refractarios	Ligante	Fraguado de aire
Función	Defloculador	Solidos altos
Diluyente de pasta	Defloculador	Reducción de agua
Refinado de arcilla	Defloculador	Mejora fluidez
CONSTRUCCION		
Endurecimiento de concreto	Reacción química, sellado	A prueba de grasa y polvo, resistente al acido
Cementos a prueba de acido	Ligante	Fácil de usar, económico
Cementos refractarios	Ligante	Capa dura, excelente acción térmica, resistente al acido
Aislamiento térmico	Adhesivo, formación de película	Capa a prueba de fuego
Solidificación del suelo	Reacción gel	Ligante emulsión
PETROLEO		
Lodo de perforación	Control coloidal	Controla formación geológica
Prevención de corrosión	Reacción química	Eficaz, reduce costo
Rompimiento de emulsión	Reacción química	Rompe emulsión
PAPEL		
Tratamiento de agua cruda	Floculación	Mayor claridad en efluente
Aditivo de caja maestra	Floculación	Retiene finos y cargas en la línea
Cubiertas	Formulacion de pelicula	A prueba de grasa, resistente a la humedad
Blanqueo con peroxido de pasta	Reaccion quimica	Conserva el peroxido, produce pasta mas blanca
Tratamiento de agua pura	floculacion	Incremento de tamaño de floculo, clarificacion mejorada

Fuente: Quiminet.com

Las propiedades del silicato de sodio son:

Ratio de peso molecular:

$$R = \frac{\text{Óxido de Silicio (SiO}_2\text{)}}{\text{Óxido de Sodio (Na}_2\text{O)}} \quad (\text{Ec } 2)$$

El silicato de sodio alcalino y silicato de sodio neutro, está relacionada al potencial de hidrogeno (pH) a medida que aumenta el óxido de sodio (Na₂O) se pone más alcalino; donde los silicatos de sodio son neutros cuando el ratio es mayor e iguala a tres $R \geq 3$; el silicato de sodio alcalino s cuando el ratio es menor a tres $R < 3$, especialmente cuando el ratio es cercano a 2 se puede observar en la tabla 5. El Peso molecular de silicato de sodio 122.05, punto de fusión 1088°C.

Tabla 5. *Propiedades físicas y químicas del silicato de sodio*

Descripción	Silicato de sodio semi – alcalino	Silicato de sodio alcalino	Silicato de sodio neutro 42
Relación (SiO ₂ /Na ₂ O)	2.0	2.46 – 2.71	3.00 – 3.25
Densidad Baume (°B)	50.5 +/- 1	49	40.00 – 42.43
Oxido de sodio (Na ₂ O)	14.2 -15.2	11.5 – 13.5	8.75 – 9.86
Óxido de silicio (SiO ₂)	29.6 – 30.6	31.2 – 33.15	26.45 – 30.75
Gravedad específica	1.4078 +/- 0.015	1.49	1.381 – 1.4286
Sólidos totales(%P/P)	44.2 – 45.8	43.7 – 44.5	36.1 – 40.1
Color	Grisáceo	Grisáceo	Grisáceo

Fuente: Elaboración Propia

Según Formoso (2009) nos menciona que el silicato de sodio se obtiene por la fusión de cuarzo y sulfato sódico anhidro a una temperatura 1400 a 1500°C. El procedimiento industrial para obtener el silicato de sodio, como característica en forma de polvo cristalino de un color claro, o en soluciones según el grado de densidad, normalmente su densidad es de 38° Beaume y se disuelve con facilidad a una temperatura de 40°C (p.153).

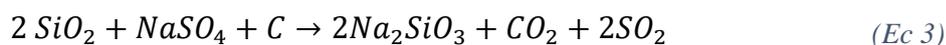
Se utiliza el cuarzo como materia prima principal pasando por un proceso de molienda en un molino de martillo de 1500 rpm con la capacidad de 80 kg/hr., obteniendo un tamaño menor de 2 milímetro de diámetro con el objetivo de reducir el tiempo de fundición.

El cuarzo no deberá tener ningún otro elemento extraño por ejemplo el hierro; el cuarzo se secará en una maquina secador en base de carbón. Se empleará sulfato sódico anhidro poroso (NaSO₄) en forma de polvo con una pureza entre 95% y 98% también se usará carbón vegetal de madera en un estado seco, siendo molido a su máxima finura con el objetivo que al ser quemado no deja residuos en el horno.

El horno tiene una capacidad de 250 kg., resiste a una temperatura de 2 000°C, en la producción del silicato de sodio la máxima temperatura a usar es 1600°C.

Mezcladora, tiene la capacidad de 200kgs., teniendo que dar 60 vueltas por minuto, con la ayuda de un motor de 4Hp. Donde interiormente se adiciona el cuarzo en forma de polvo a una cantidad 100kg, sulfato sódico en forma de polvo en una cantidad de 70kg y el carbón vegetal pulverizado-seco en una cantidad de 4 kg. Luego es encendido por unos minutos con la meta que todo el interior sea completamente mezclado.

Donde es agregado la mezcla de cuarzo en polvo, sulfato sódico y carbón vegetal pulverizado al horno, tiene una capacidad de 250 kgs., resiste a una temperatura de 2 000°C, en la producción del silicato de sodio la máxima temperatura a usar es 1600°C, normalmente se usa a una temperatura de 1 400°C a 1 500°C por un tiempo de 2 horas el contenido dentro del horno se fundirá, durante ese proceso se formará abundante espuma, debido a la liberación del dióxido de carbono (CO₂) debido a la reacción (Formoso,2009, p. 156).



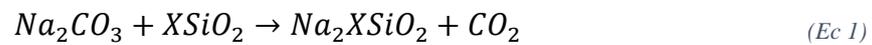
Fuente: Formoso, 2009, p.156

El producto obtenido del horno es descargado en un recipiente metálico previamente llenado con 60 litros de agua potable para tener una solidificación rápida. Dejar que la masa se enfríe, se retira del recipiente para ser golpeada con un mazo de madera reduciendo su tamaño para facilitar la manipulación y facilitar el trabajo del molino de bolas.

En el molino de bolas se añade 45 litros de agua corriente a una temperatura máxima de 40°C para luego ser agregado los productos fundido previamente golpeados durante una hora; teniendo como característica del molino en su interior es de material antiácido con una capacidad de 200 a 300 kg/hr. El producto obtenido de la molienda es de 209 kilogramos en estado semiviscoso, se extrae del molino el producto molido en un ambiente donde se dejará reposar durante un día. Se pasa al molino de martillo con una malla número 100. Obteniendo 606 kg de silicato de sodio en polvo y cristalino.

Según la Resolución directoral N° 164-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI: La actualización del plan de manejo ambiental a la empresa productos químicos industriales s.a.

(Proquinsa), donde se observa el procedimiento de la producción de silicato de sodio que es la mezcla de arena de sílice (SiO_2) y carbonato de sodio (Na_2CO_3), luego va al horno de fusión durante 8 horas una temperatura de 1250°C , luego es añadido en una poza de enfriamiento, una vez solidificado es quebrado en pedazos. El producto en forma de vidrio pasa a estado de dilución con agua dentro del autoclave, donde es recolecta as impurezas obtenidas por medio de la sedimentación en artesa, después se traslada a las pailas para la concentración donde se añade el hidróxido de sodio (NaOH). El producto será batido en artesas, solidificado y posteriormente quebrado por barreras en pedazos, al final es trasladado al molino donde es pulverizado por último su embalsamiento (p.8) se puede ver el proceso en la figura 4.



Fuente: Amaris y Rondon,2009, p. 30



Figura 4. Producción de silicato de sodio

El concreto es un componente más empleado en la actualidad por **sus propiedades**, las cuales difieren de acuerdo al estado en que se encuentra.

Concreto en estado fresco:

Contenido de aire atrapado: La MTC E 706 menciona que el procedimiento de ensayo para determinar el contenido de aire en concreto fresco hecho con agregados relativamente densos, observando el cambio de volumen ocasionado por un cambio en la presión sobre el concreto.

Asentamiento: la NTP 339.035(2005) donde el cumplimiento nos permite medir la trabajabilidad (mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte y colocación del concreto) gracias al uso del cono de Abrams (p.2)- MTC E 705.

Concreto en estado endurecido:

Tiene una estructura sólida basada de juntar los elementos básicos como cemento y agua, que se une con los agregados inertes siendo grueso, finos, aire y vacíos. El esqueleto del concreto es de material heterogéneo.

Es importante mencionar que la porosidad influye de alguna manera en la resistencia del concreto, la proporción de agua que participa en la mezcla, tiene un papel primordial en el estado plástico, encontrarse en las líneas de flujo y en zonas de sedimentación de sólidos, se produce el endurecimiento y la evaporación del agua debido al incremento de temperatura, originando poros vacíos que condicionan el comportamiento del concreto, es decir generan una capacidad de absorber líquidos y su permeabilidad (Luque,2001,p.137) .

• **Resistencia a la compresión:** Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos en compresión. Se puede determinar mediante especímenes cuyo procedimiento está normado por la NTP 339.034(p3) – MTC E 704. Se calcula mediante la expresión:

$$\text{Resistencia a la compresión axial del concreto} = \frac{P}{A} \quad (\text{Ec 2})$$

Donde:

P: Carga de rotura máxima, en kg.

A: Área de la sección, en cm^2

• **Resistencia a la compresión diametral:** Es primordial determinar este ensayo para las estructuras de concreto liso por su vulnerabilidad al agrietamiento que pueden estar expuestas a terremotos como la presa. Normalmente es utilizada para losas de pavimentos y pista de aeródromos (Hindari,2013," Prediction of splitting tensile strength from cylinder compressive strength of concrete by support vector machine", parr. 2). Se puede obtener cumpliendo la metodología de la NTP 339.084 – MTC E 708 .

Resistencia a la flexión: Es una medición a la resistencia de tracción donde puede ser ensayado en una viga o losa sin refuerzo, donde es utilizada para el diseño de pavimentos rígidos en la elaboración del diseño como su mantenimiento. (Elsevier, 2014,"A appropriate relationship between flexural strength and compressive strength of palm kernel Shell concrete", p.1554)

Formulación del problema

Problema general.

¿De qué manera influye la Adición del Silicato de Sodio, en las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia?

Problemas específicos.

¿En qué medida influye la Adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60?

¿En qué manera influye la Adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55?

¿En qué medida influye la Adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50?

Justificación del estudio

Justificación económica

El consumo per-cápita es de 352 kg de cemento por persona; en el año 2014 fue el más alto, en los últimos años tuvo una baja significativa hasta el año 2017, después el consumo per-cápita fue incrementando hasta llegar 333 kg de cemento por persona en el año 2018(ASOCEM-REPORTE ESTADISTICO 2018), siendo uno de los componentes principales del concreto junto con el agregado grueso, fino y el agua. Se propone añadir un nuevo elemento al concreto se le conoce como silicato de sodio con la meta de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto proporcionado así la trabajabilidad y resistencia.

En Perú se ha aumentado el número de construcciones dando una responsabilidad al ingeniero civil en el manejo más eficiente de los recursos, promoviendo la innovación en el área de ingeniería con el propósito de cubrir las necesidades de la sociedad desarrollando nuevos elementos con la finalidad de mejorar las propiedades del concreto, dando comodidad a las construcciones y a las infraestructuras. La aplicación en nuestro país de nuevas tecnologías, está dando resultado positivo, teniendo un impacto significativo en lo económico, tecnológico y social.

Justificación Social

El trabajo de Investigación nos permite conocer el incremento de la calidad del concreto, construyendo infraestructuras más seguras, con lo que se mejora la calidad de vida de las personas. También los alumnos de la Universidad Cesar Vallejo se nutrirán de conocimientos respecto el comportamiento del concreto con la adición de silicato de sodio.

Justificación Practica

El desarrollo de la investigación nos permite valorar la importancia del silicato de sodio como un aditivo en el diseño de concreto con la obligación de buscar nuevas alternativas; con la finalidad de minimizar los costos, incrementar el rendimiento y la innovación de nuevos elementos en el rubro de la construcción. Para el avance de la tesis se utilizará los agregados de la cantera Yerba Buena – Carabayllo, diseñando mezcla de concreto de media

resistencia utilizando el método 211-ACI; siendo comparados con un concreto testigo/concreto patrón, los ensayos de compresión axil, flexión de vigas y de tracción.

Formulación de las hipótesis

Hipótesis General

La adición de silicato de sodio influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia.

Hipótesis Especificas

La adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye de manera positiva, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60.

La adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, influye de manera positiva, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55.

La adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, influye de manera positiva, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50.

Objetivos

Objetivo general

Determinar de qué manera la adición del silicato de sodio influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia.

Objetivos específicos

Conocer en qué medida la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60.

Determinar en qué manera la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55.

Conocer en qué medida la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50.

2. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de investigación es la planificación que hace el investigador para contestar el problema propuesto. De esta manera se establecerá y demostrará el tipo de investigación. (Guffante, Guffante y Chávez, 2016, p.86).

En esta investigación se usará el diseño experimental de tipo cuasi-experimental, debido a que se alterará la variable independiente deliberadamente, con el objetivo de conseguir resultados mediante la aplicación del método cuantitativo donde se recopila la información para su debido análisis.

Tipo de investigación

La Investigación aplicada que consiste en determinar en forma practico bien definida, la ejecución, cambio, modificación o creación una determinada variación en un sector (Carrasco, 2005, p.43).

Este proyecto se usará la investigación aplicada por que va describir la modificación las propiedades del concreto siendo influenciada con la adición del silicato de sodio.

Nivel de investigación

El nivel explicativo está comprendido a contestar el origen de los hechos, evento y fenómenos físicos o sociales. Estos estudios comprobados más profundos y mejor organización respecto a las demás clases de estudios mencionadas anteriormente (Cabezas, Andrade y Torres,2018, p.69).

El trabajo de investigación es explicativo porque se manifiesta, donde se puede puntualizar los métodos de bosquejo de mezcla y adición del silicato de sodio en porcentaje donde se explicará cada dato, proceso y obtención de los productos.

Enfoque de la investigación

El enfoque es cuantitativo demostrativo, relacionado a la recopilación de información con el fin de demostrar la hipótesis planteada por el intermedio de la medición y el análisis de los productos (Guffante, Guffante, y Chávez ,2016, p.49).

En esta investigación se le considera el enfoque cuantitativo del cual se recopila la información numérica y específico obtenidos por los ensayos ejecutados, centrada en demostrar las hipótesis en estudio.

2.2. Población, muestra y muestreo

Población

Para Guffante, Guffante y Chávez, (2016), la población o universo se define a la totalidad de individuos (personas o instituciones) involucrados en la investigación, o podemos decir que es el grupo para el cuál serán válidas las conclusiones que se obtengan (p.93).

Para esta investigación la población se va considerar las probetas cilíndricas y vigas rectangulares de concreto; aplicando en el diseño de mezcla en relación agua /cemento de 0.50, 0.55 y 0.60; y la adición silicato de sodio, para elaborar los especímenes. El curado de las probetas cilíndricas 7, 28 y 45 días y el curado de las vigas rectangulares 7 y 28 días. Para las pruebas estándar de compresión axial, tracción y flexión.

Muestra

Según Carrasco (2005), la muestra se define a una porción representativa de la población, donde deberá de contener las mismas propiedades y característica (p.238).

La muestra se consideró un concreto padrón/testigo al que tiene 0% silicato de sodio y los concretos con la adición de silicato de sodio al 2%,3% y 4%, para los ensayos de las probetas y vigas rectangulares.

En la tabla 6 donde está identificando las cantidades de probetas a ser ensayadas siendo esta un numero de 108 unidades de especímenes que pasaran por la prueba de resistencia de compresión axial utilizando la norma NTP 339.034.

Tabla 6. La prueba de ensayo a la compresión

N°	ADICION DE SILICATO DE SODIO, ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (N° PROBETAS)				RELACION AGUA / CEMENTO			TOTAL
	DIAS	0%	2%	3%	4%	0.50	0.55	
7	3	3	3	3	12	12	12	36
14	3	3	3	3	12	12	12	36
28	3	3	3	3	12	12	12	36
					TOTAL N° PROBETAS			108

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la tabla 7 las cantidades de probetas para ser ensayados siendo esta un número de 72 unidades de especímenes que pasaran por la prueba de resistencia a la tracción utilizando ASTM C496-96 - NTP 339.084-MTC E 704.

Tabla 7. La prueba de ensayo a la tracción

N°	ADICION DE SILICATO DE SODIO, ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (N° PROBETAS)				RELACION AGUA / CEMENTO			TOTAL
	DIAS	0%	1%	2%	3%	0.50	0.55	
7	3	3	3	3	12	12	12	36
28	3	3	3	3	12	12	12	36
					TOTAL N° PROBETAS			72

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8. Se percata las cantidades de vigas que van a ensayados teniendo un numero de 72 unidades que pasaran por la prueba de resistencia a flexión utilizando NTP 339.078.

Tabla 8. La prueba de ensayo a la flexión

N°	ADICION DE SILICATO DE SODIO, ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGA (N° VIGAS)				RELACION AGUA / CEMENTO			TOTAL
	DIAS	0%	1%	2%	3%	0.50	0.55	
7	3	3	3	3	12	12	12	36
28	3	3	3	3	12	12	12	36
					TOTAL N° VIGAS			72

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9 donde está identificando las cantidades totales de probetas a ser ensayadas siendo esta un número de 180 unidades de especímenes que pasaran por las pruebas de resistencia de compresión y resistencia a la tracción utilizando las normas ASTM C39/C39M - NTP 339.034 – MTC E 704 y ASTM C496-96 - NTP 339.084 – MTC E 708.

Tabla 9. *Resumen de probetas a utilizar*

ENSAYO COMPRESION N° PROBETAS	ENSAYO TRACCION N° PROBETAS	TOTAL N° PROBETAS
108	72	180

Fuente: Elaboración Propia

Muestreo

Son elegidos de tal forma voluntaria y deliberada, obedece al criterio y comodidad del investigador (Guffante, Guffante, y Chávez, 2016, p.94).

Se usará la muestra intencionalmente porque no se elegirá aleatoriamente, siendo esta escogida por el investigador debido a la noción de la población.

2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica a emplear será la observación continua, mediante el cual se logrará establecer los resultados logrados a través de los ensayos, esta técnica es indispensable debido a que se requerirá la toma de datos en los diversos aspectos del comportamiento físico-mecánico de la albañilería reforzada y sin refuerzo.

El instrumento de recolección de datos deberá plasmar el interés de la investigación a través de los parámetros establecidos y correlacionados en función al ensayo que se realizará. De igual manera se evaluará el comportamiento y las propiedades físico-mecánicas de la muestra.

Equipo, instrumentos o aparatos que puede medir las propiedades del concreto mediante del cono de abrams, compresión, la tracción de las probetas y la prueba de flexión de vigas.

Las técnicas que se desarrollara durante este trabajo serán la observación directa, análisis de documentos, pruebas de probetas cilíndricas y vigas rectangulares.

Validez

Es la propiedad de los instrumentos de la investigación que calculan con rectitud, exactitud, sinceridad y autenticidad donde se mide la variable o variables en la tesis. (Carrasco,2005, p.336).

Este proyecto se eligió por un formato de validación de instrumentos, del cual estuvo verificado y validado por 03 ingenieros civiles especializados en el tema de investigación. Se aceptó cómo mínimo el producto promedio de 0.8 para convalidar los formatos, donde están involucrados las variables independiente y dependiente

Tabla 10 *Nivel de validez*

NIVEL	VALIDEZ
0.81 – 1.00	Alta validez
0.61 – 0.80	Mediana validez
0.41 – 0.60	Moderada validez
0.21 - 0.40	Poco validez
0.00 – 0.20	No tiene validez

Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar en la tabla 11 donde el producto promedio de la evaluación de validez es igual a uno (1), teniendo una alta validez ubicando se en el primer nivel según la tabla 10.

Tabla 11 *Validación de Instrumentos*

NIVEL	VALIDACION
EXPERTO 1	1
EXPERTO 2	1
EXPERTO 3	1
PROMEDIO	1

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad

La confiabilidad es un atributo esencial de los instrumentos de medición que contiene un valor en el que se aplica continuamente el sujeto u objeto del estudio, que origina secuelas iguales (Carrasco,2005, p.340).

La confiabilidad sobre este trabajo de investigación se encuentra relacionada en la calibración de los equipos de medición que se utilizara para los ensayos correspondiente. Por ende, la evaluación de los equipos certificara los resultados logrados, obteniendo un elevado valor de confiabilidad.

2.4. Procedimiento

Para conseguir los datos y cumpliendo los objetivos trazados, durante el desarrollo de la tesis se inició por las pruebas físicas y mecánicas de cada arido que tomaron parte en el diseño de la mezcla, donde se realizó mezclas patrones y con silicato de sodio al 2%, 3% y 4%, en los concretos en relación agua / cemento 0.50,0.55 y 0.60.

De cada mezcla se realizó en los laboratorios del Ministerio de Transporte y Comunicación como Universidad Privada Cesar Vallejo S.A.C. , se elaboró los especímenes en estado sólido para los ensayos de compresión, tracción, y flexión, también se realizó en los ensayos de asentamiento y el aire atrapado en el concreto fresco.

2.5. Método de análisis de datos

Henríquez y Zepeda (2004) nos comenta que los datos obtenidos deberán ser analizados y deberá reflejar que los procedimientos de ejecución fueron los apropiados para la medición de datos y el desarrollo del análisis que estará íntimamente relacionada con el objetivo (p.20).

Se analizará los datos obtenidos en la primera fase, con la recopilación de datos de los agregados finos como gruesos de la cantera, de donde se llevará al laboratorio para realizar las pruebas pertinentes para determinar las propiedades de los agregados; en la segunda fase se realizará el diseño de mezcla en relación de agua / cemento 0.50, 0.55 y 0.60.

En la última fase se realiza ensayos en concreto fresco y endurecido; donde registrarán en formatos para luego ser desarrollados en tablas, cuadros y figuras usando el programa de

Microsoft Excel donde serán analizados en forma cuantitativamente. También se realizará el llenado del formato para concreto fresco que indica asentamiento del concreto fresco, resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Posteriormente se obtendrá las conclusiones con la adición de silicato de sodio al 0%, 2%, 3% y 4% respecto al peso del concreto cumpliendo la norma NTP Y ASTM.

2.6. Aspectos éticos

El trabajo de investigación se realizará con la meta de aumentar el conocimiento del uso del silicato de sodio en el concreto. Se desarrollará el proyecto de investigación usando debidamente las normas técnicas y los resultados obtenidos en un laboratorio certificado, nos garantizan su autenticidad.

3. RESULTADOS

Estudio de los áridos

Los áridos fino y grueso nos proporcionaron la cantera Yerba Buena, ubicada en la provincia de Lima, distrito Carabayllo, que pertenece a la empresa Unión de Concreteras S.A.C. Para esta investigación obtuvo Arena gruesa y piedra # 05 donde se llevó en el laboratorio del ministerio de transporte y comunicaciones y también al laboratorio de la Universidad Privada Cesar Vallejo S.A.C. para su respectivo análisis.

Se visualizó los diferentes ensayos realizados a los áridos en la tabla 12 con sus respectivos datos obtenidos.

Tabla 12. Características físicas y mecánicas de los áridos

Ensayos	Ag. fino	Ag. grueso
Módulo de finura	2.84	7.84
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1681	1571
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1894	1715
Máximo P.U.C. del agregado global (kg/m ³)	2260	
Proporción en Agregado global (%)	47	53
Inalterabilidad por medio de sulfato	6.6	1.3
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables (%)	0.074	0.197
Carbón y lignina partículas livianas (%)	0	0
Contenido de humedad (%)	0.9	0.3
Peso específico (base seca) (g/cm ³)	2.804	2.802
Peso específico masa superficialmente seco	2.828	2.814
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.872	2.836
Porcentaje de absorción (%)	0.84	0.42

Fuente: Elaboración Propia

Áridos grueso:

Tamaño nominal máximo: 1 (pulg.)

Resistencia al desgaste por abrasión :12 (%)

Áridos fino:

Lavado por la malla 200: 2.34 (%)

Impureza orgánica: Aceptable

Diseño de mezcla de concreto de los materiales consumido (ANEXO 4)

Diseño de concreto patrón en relación agua/cemento 0.50

En la elaboración del diseño de la mezcla patrón utilizando el método del agregado global y ACI Comité 211 donde se utilizó las características de los áridos de la tabla 12. Se puede visualizar en la tabla 13 el diseño patrón.

Tabla 13. *Diseño de concreto patrón a/c = 0.50*

Insumo	Peso seco kg	Peso húmedo kg	Vol. abs m ³	Prop. en peso
Cemento	460	460	0.15	1.0
Agua	230	231	0.23	21.30
Arena	801	808	0.29	1.76
Piedra	902	905	0.32	1.97

Fuente: Elaboración Propia

El factor cemento $460/42.5 = 10.8$

Diseño de concreto en relación agua/cemento 0.50 adicionando silicato de sodio al 2%, se desarrolló este diseño de mezcla, utilizando el diseño de concreto patrón que se encuentra detallado en la tabla 13 y se incorporó el silicato de sodio al 2% del peso del cemento. Se adiciono por un metro cubico una cantidad de 9.2 kilogramos de silicato de sodio

Diseño de concreto en relación agua/cemento 0.50 adicionando silicato de sodio al 3%, para la elaboración del diseño de mezcla, se empleó el diseño de concreto patrón que se encuentra detallado en la tabla 13 y se adiciono el silicato de sodio al 3% del peso del cemento.

Se añadió por un metro cubico una cantidad de 13.8 kilogramos de silicato de sodio

Diseño de concreto en relación agua/cemento 0.50 adicionado silicato de sodio al 4%, a lo largo del desarrollo del diseño de mezcla, se aprovechó el diseño de concreto patrón que

se encuentra detallado en la tabla 13 y se agregó el silicato de sodio al 4% del peso del cemento.

Para esta mezcla se añadió por un metro cubico una cantidad de 18.4 kilogramos de silicato de sodio

Diseño de concreto patrón en relación agua/cemento 0.55

En la elaboración del diseño de la mezcla patrón utilizando el método del agregado global y ACI Comité 211 donde se utilizó las características de las materias primas de la tabla 12. Se puede observar el desarrollo en la tabla 14 donde se encuentre el diseño patrón.

Tabla 14. *Diseño de concreto patrón a/c = 0.55*

Insumo	Peso seco kg	Peso húmedo kg	Vol. abs m ³	Prop. en peso
Cemento	418	418	0.13	1.0
Agua	230	231	0.23	23.5
Arena	818	821	0.29	1.96
Piedra	922	931	0.33	2.23

Fuente: Elaboración propia

El factor cemento $418/42.5 = 9.84$

En el diseño de concreto en relación agua/cemento 0.55 adicionando silicato de sodio al 2%, su avance que tuvo este diseño de mezcla, se empleó el diseño de concreto patrón que se encuentre definida en la tabla 14 y se incorporó el silicato de sodio al 2% del peso del cemento.

Se usó por un metro cubico una cantidad de 8.36 kilogramos de silicato de sodio

En el diseño de concreto en relación agua/cemento 0.55 adicionando silicato de sodio al 3%, en su desarrollo que obtuvo de este diseño de mezcla, se empleó el diseño de concreto patrón que se encuentra detallado en la tabla 14 y se incorporó el silicato de sodio al 3% del peso del cemento.

Se añadió por un metro cubico una cantidad de 12.54 kilogramos de silicato de sodio

En el diseño de concreto en relación agua/cemento 0.55 adicionado silicato de sodio al 4%, a lo largo que tuvo del desarrollo de este diseño de mezcla, se usó el diseño de concreto

patrón que se encuentra detallado en la tabla 14 y se incorporó el silicato de sodio al 4% del peso del cemento.

Se agregó por un metro cubico una cantidad de 16.72 kilogramos de silicato de sodio

Diseño de concreto patrón en relación agua/cemento 0.60

En la obtención del diseño de la mezcla base utilizando el método del agregado global y ACI Comité 211, se usó las características de los árido de la tabla 12. Se pueden contemplar en la tabla 15 donde los datos el diseño patrón.

Tabla 15. *Diseño de concreto patrón a/c = 0.60*

Insumo	Peso seco kg	Peso húmedo kg	Vol. Abs. m ³	Prop. en peso
Cemento	383	383	0.12	1.0
Agua	230	231	0.23	25.63
Arena	847	855	0.30	2.23
Piedra	955	957	0.33	2.50

Fuente: Elaboración propia.

El factor cemento $383/42.5 = 9.01$

En el diseño de concreto en relación agua/cemento 0.60 adicionando silicato de sodio al 2%, en su desarrollo tuvo de este diseño de mezcla, se utilizó el diseño de concreto base que se encuentra detallado en la tabla 14 y se incorporó el silicato de sodio al 2% del peso del cemento.

Se adiciona por un metro cubico una cantidad de 7.66 kilogramos de silicato de sodio

En el diseño de concreto en relación agua/cemento 0.60 adicionando silicato de sodio al 3%, en su desarrollo de este diseño de mezcla, se empleó el diseño de concreto patrón que se encuentra detallado en la tabla 15 y se agregó el silicato de sodio al 3% del peso del cemento.

Se añadió por un metro cubico una cantidad de 12.54 kilogramos de silicato de sodio

En el diseño de concreto en relación agua/cemento 0.55 adicionado silicato de sodio al 4%, mientras tanto para el desarrollo tuvo el diseño de mezcla, se usó el diseño de concreto

patrón que se encuentra detallado en la tabla 15 y se incorporó el silicato de sodio al 4% del peso del cemento.

Se agregó por un metro cubico mezcla una cantidad de 16.72 kilogramos de silicato de sodio.

Resultado de los análisis del concreto (ANEXO 5)

Pruebas realizadas al concreto fresco

El hundimiento del concreto (MTC E 705), se localiza tabla en tabla16 en el cual se observó el descenso de los datos obtenidos en las mezclas con sus diferentes porcentajes de silicato de sodio.

Tabla 16. Prueba de Asentamiento de concreto

a/c	Silicato sodio	Asentamiento (Pulgadas)
0.50	Patrón	4.1
	2%	3.5
	3%	3.1
	4%	2.9
0.55	Patrón	4
	2%	3.6
	3%	3.4
	4%	3
0.60	Patrón	4
	2%	3.8
	3%	3.5
	4%	3.3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se observa el comportamiento de los concretos a/c 0.50, a/c 0.55 y a/c 0.60 y las incorporaciones del silicato de sodio en las mezclas. Se vio la tendencia a la disminución del asentamiento con la adición del silicato sodio en diferentes porcentajes disminuyendo así la trabajabilidad.

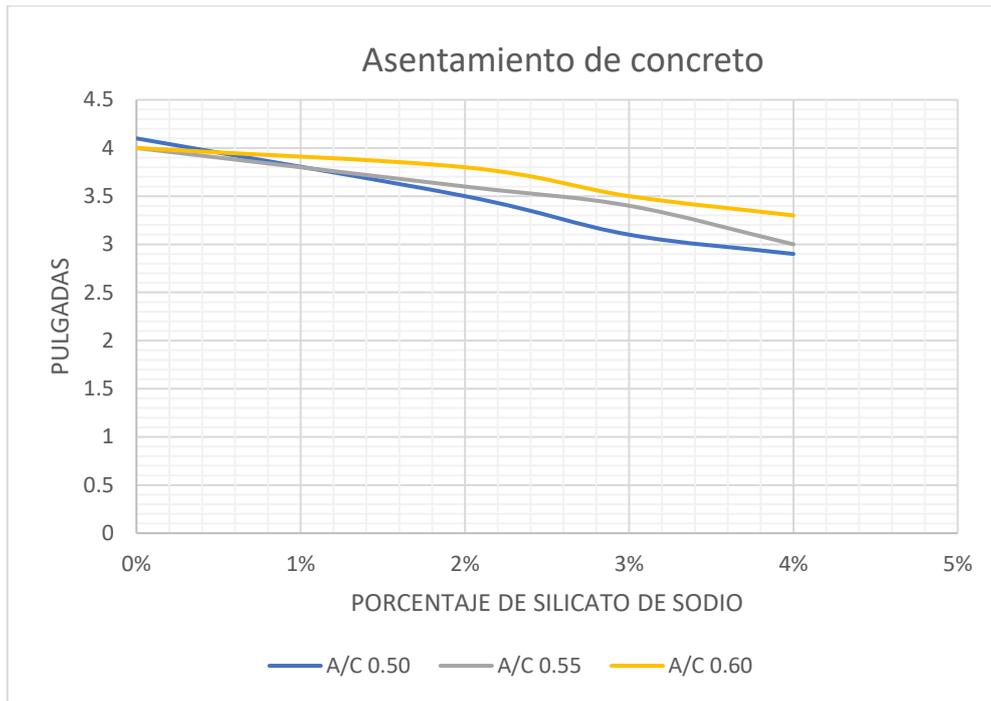


Figura.7. Asentamiento de concreto (MTC E 705),

Contenido de aire (MTC E 706), se pudo fijar en la tabla 17 donde se contempló la información obtenida ejecutando el ensayo a los diferentes tipos de mezclas.

Tabla 17. Prueba de Contenido de aire

A/C	% silicato sodio	Aire atrapado
0.50	Patrón	1.28
	2%	1.28
	3%	1.31
	4%	1.32
0.55	Patrón	1.25
	2%	1.26
	3%	1.29
	4%	1.32
0.60	Patrón	1.23
	2%	1.24
	3%	1.25
	4%	1.29

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se mostró la actuación de los concretos a/c 0.50, a/c 0.55 y a/c 0.60 y sus mezclas respectivas con diferentes porcentajes silicato de sodio. Se vio el incremento del contenido aire en la mezcla con la adición del silicato sodio en diferentes porcentajes.

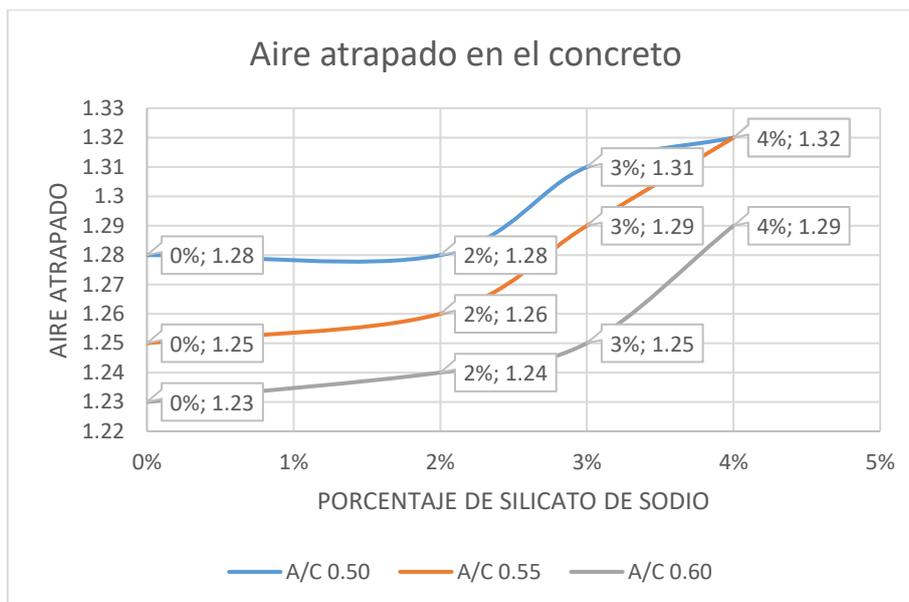


Figura 8. Contenido de aire (MTC E 706).

Los análisis ejecutados al concreto endurecido

Rigidez a la compresión (MTC E 704)

Los especímenes elaborados son sometidos a la prueba a los 7,14 y 28 días, se ejecutó a los 108 ejemplares que se encuentran su análisis en el anexo 3. Los ejemplares poseen sus dimensiones de diámetro y la altura es 4 pulgadas por 8 pulgadas.

El ensayo que se realizó al concreto de la relación a/c 0.50, se encuentra en la tabla 18 los esfuerzos promedio a cada uno de los concreto con y sin silicato sodio.

Tabla 18. Rigidez a la compresión (MTC E 704)

Prueba axial a/c 0.50				
DIAS	Fc promedio (kgf/cm ²)			
	Patrón	2%	3%	4%
7	356	384	401	402
14	390	427	427	480
28	432	459	444	484
variación %	0	6	3	12

Fuente: Elaboración propia

Obtuvo los resultados con una gran discrepancia entre el concreto base y con los concretos que se le adiciono silicato de sodio en diferentes porcentajes. Todos los concretos con silicato de sodio tiene mayor resistencia a comparación del concreto patrón se puede visualizar en la figura 9 siendo el más representativo es el concreto con silicato de sodio al 4% dando una resistencia promedio de 484 Kg/cm² siendo esta 12% de incremento con relación del concreto base.

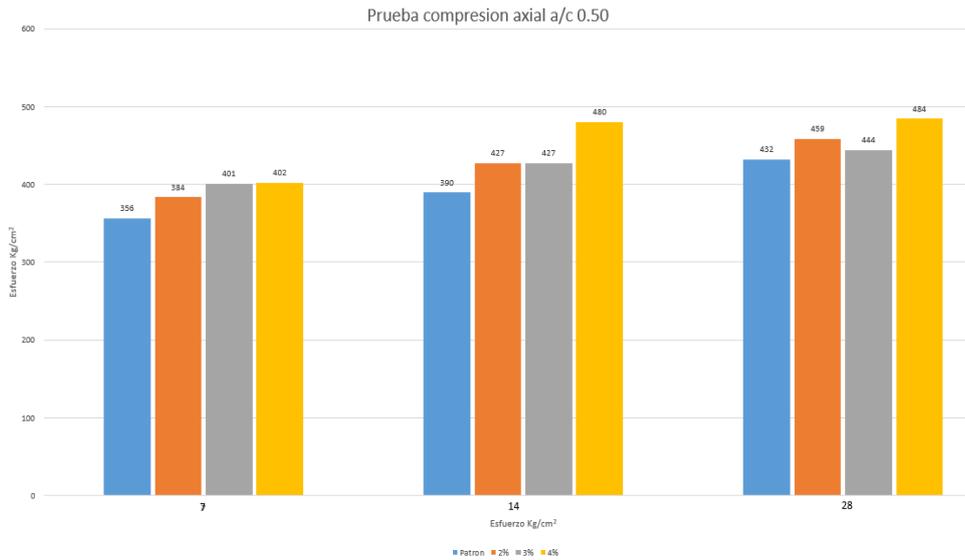


Figura 9. Rigidez a la compresión a/c 0.50 (MTC E 704)

En el ensayo de rigidez axial al concreto de la relación a/c 0.55, se encuentra en la tabla 19 de los datos logrado de las resistencia promedio de todos los especímenes involucrados.

Tabla 19. Compresión de los testigos

Prueba Compresión a/c 0.55				
DIAS	Fc promedio (kgf/cm ²)			
	0%	2%	3%	4%
7	250	309	317	322
14	300	371	386	397
28	358	389	400	404
variación %	0	9	12	13

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los especímenes que se ensayó, siendo los ejemplares que se le adiciono el silicato de sodio en diferentes porcentajes tiene mayor rigidez donde se puede apreciar el desarrollo en la figura 10. Donde lo mas notorio fue el concreto que tuvo el 4% del aditivo consiguiendo 404 kgf/cm² en 28 dias

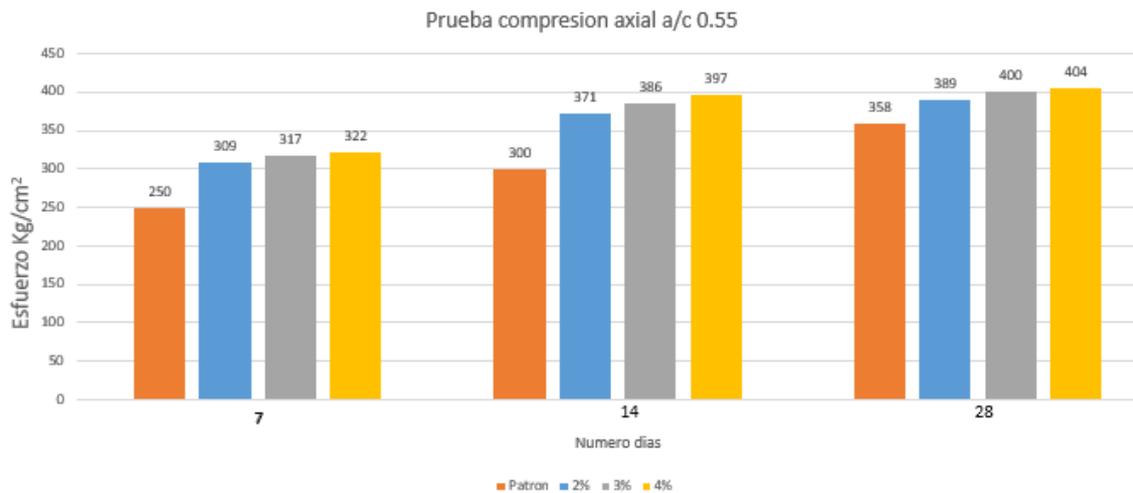


Figura 10. Rigidez a la compresión a/c 0.55 (MTC E 704)

El desempeño de rigidez axial del concreto a/c 0.60, como se muestra en la tabla 20 los resultados logrados en las presiones promedio, los 7,14 y 28 días los concretos se le ensayo a todos los ejemplares con y sin aditivo .

Tabla 20. Compresión de los testigos

Prueba axial a/c 0.60				
DIAS	Fc promedio (kgf/cm ²)			
	0%	2%	3%	4%
7	232	293	309	315
14	269	321	344	354
28	333	356	371	375
Variación %	0	7	12	13

Fuente: Elaboración propia

Se sobresale las mezclas que contuvo silicato sodio 3% y 4%, aventajando a la mezcla base a 12% y 13% puedo apreciar la evolución en la figura 10, teniendo una resistencia a los 28 días 371 kgf/cm² y 375 kgf/cm².

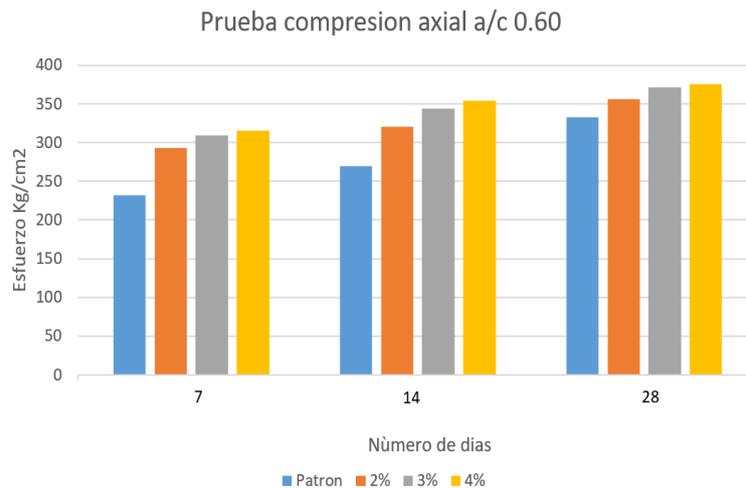


Figura 11. Rigidez a la compresión a/c 0.60 (MTC E 704)

Prueba de tracción indirecta (MTC E 708)

Los ejemplares producidos pasaron a la prueba tracción indirecta a los 7 y 28 días de edad, se realizó dicha prueba a los 72 especímenes obteniendo sus resistencias se puede contemplar sus resultados en el anexo 3. Las probetas poseen unas dimensiones de diámetro y la altura de 4 pulgadas por 8 pulgadas.

En el ensayo de mecánico en la mezcla a/c 0.50, se encuentra en la tabla 21. Las presiones promedias en distintas edades, y a todos especímenes con y sin aditivo.

Tabla 21. Prueba de tracción concreto a/c 0.50

DIAS	Resistencia promedio (Kg/cm2)			
	0%	2%	3%	4%
7	38	40	41	42
28	42	43	44	47
Variación %	0	2	5	12

Fuente: Elaboración propia

Se alcanzó que el espécimen que contuvo 4% de silicato de sodio 42 Kg/cm², tiene una rigidez superior en el séptimo día, en diferencia con el espécimen base 38 Kg/cm². No obstante, las demás mezclas de 2% y 3% de silicato de sodio consigue llegar a una rigidez de 40 Kg/cm² y 41 Kg/cm². El día 28, las probetas que contiene el silicato de sodio 4% tuvo la rigidez de 47 Kg/cm² y aumento de 12% en relación a la base se puede visualizar en la figura 12.

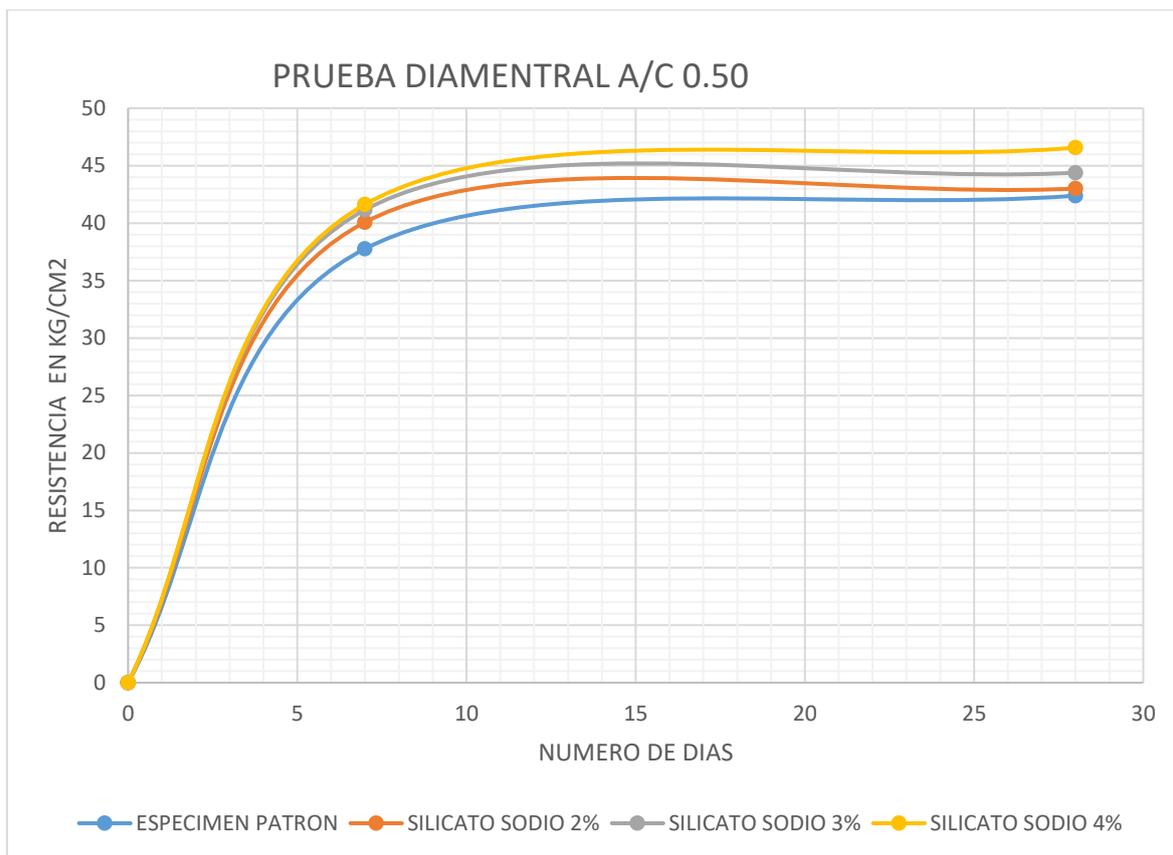


Figura 12. Prueba de tracción concreto a/c 0.50 (MTC E 704)

En el ensayo del concreto en la relación a/c 0.55, se localiza en la tabla 22, Las presiones promedias en distintas edades, se percata el progreso de las mezclas con silicato de sodio a comparación de la mezcla base.

Tabla 22. Prueba de tracción concreto a/c 0.55

DIAS	Resistencia promedio (Kg/cm2)			
	0%	2%	3%	4%
7	25	32	31	32
28	34	38	41	42
Variación %	0	12	21	24

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo nuevamente el espécimen que contiene 4% de silicato de sodio donde se destacó a una resistencia de 42 Kg/cm², tiene una rigidez superior en el 28 día, en diferencia con el espécimen base 34 Kg/cm². No obstante, las demás mezclas de 2% y 3% de silicato de sodio superan a la mezcla base obteniendo a una rigidez de 38 Kg/cm² y 41 Kg/cm², se pueden visualizar en la figura 12.

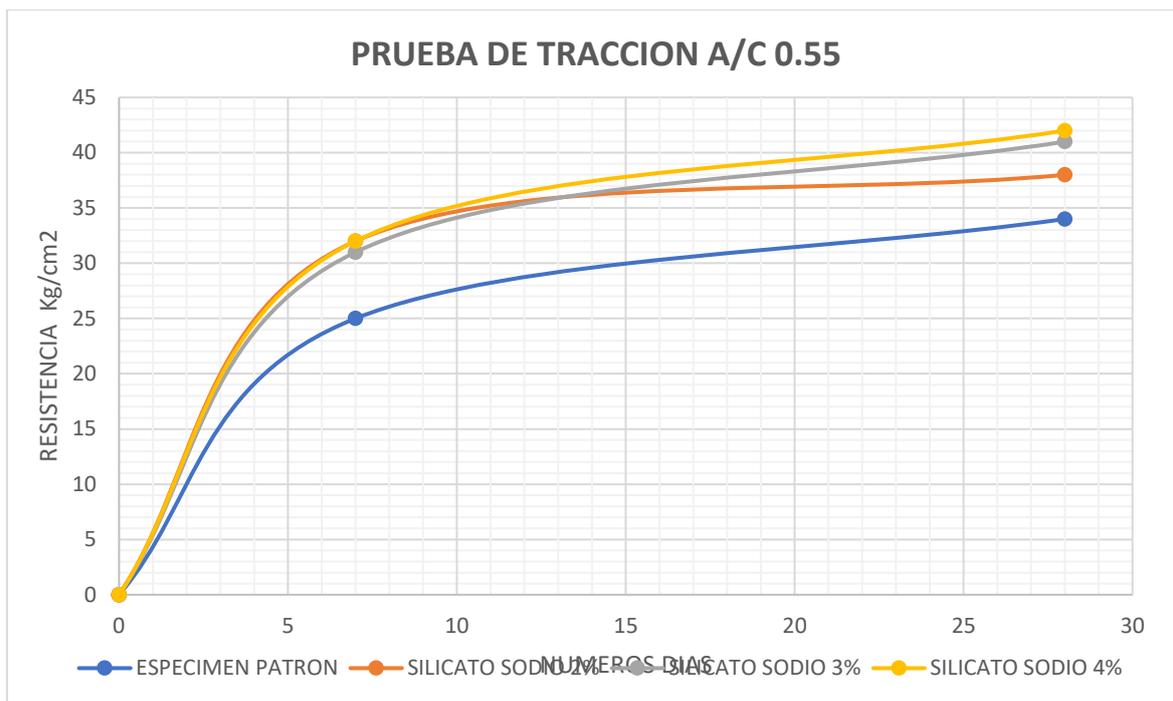


Figura 13. Prueba de tracción concreto a/c 0.55 (MTC E 704)

Para la mezcla de relación a/c 0.60, los ejemplares fueron sometidos a 7 y 28 días de edad, se puede ver en la tabla 23. Las presiones promedio en distintas edades, se percata el progreso de las mezclas con silicato de sodio a comparación de la mezcla base.

Tabla 23. Prueba de tracción concreto a/c 0.60

DIAS	Resistencia promedio (Kg/cm2)			
	0%	2%	3%	4%
7	24	30	32	32
28	34	36	38	39
Variación %	0	6	12	15

Fuente: Elaboración propia

Se nota un parecido comportamiento en las anteriores mezclas en relación a/c 0.50 y 0.55 con el silicato sodio. Que la mezcla a/c 0.60 con 4% de silicato de sodio esta que destaca al resto de concreto. Esta vez el día 28 tiene 39 Kg/cm² y un incremento 15% con relación a la mezcla base se puede ver en la figura 14.

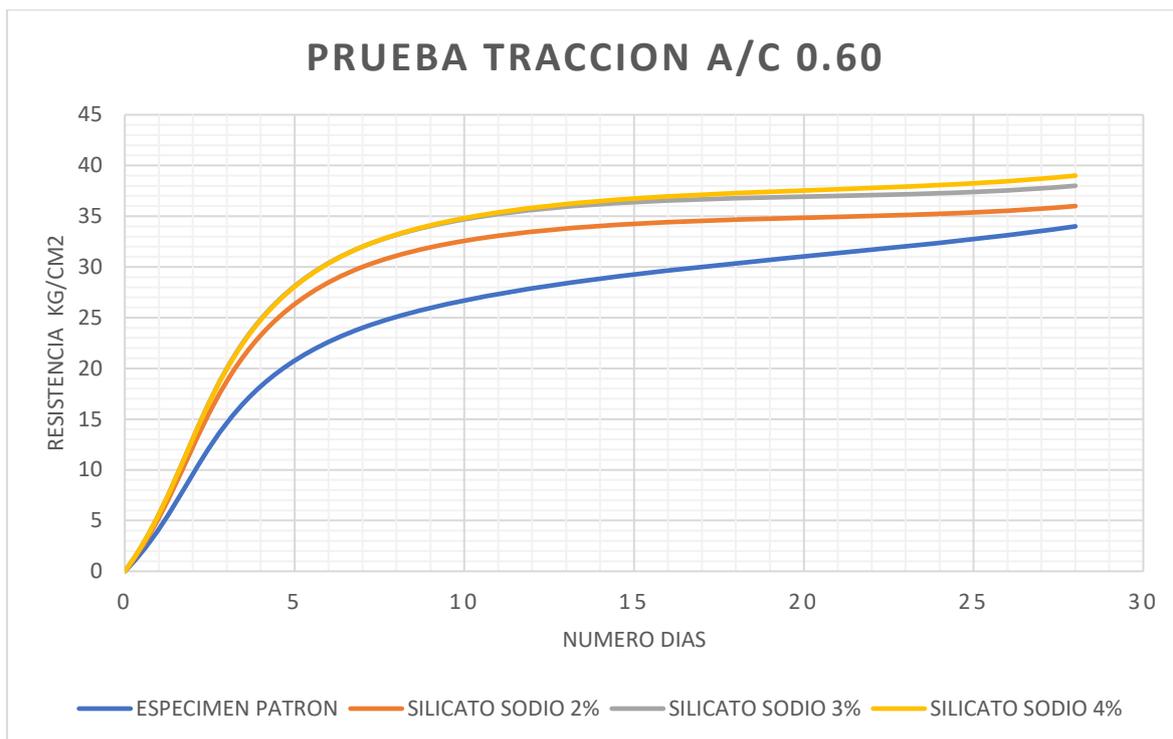


Figura 14. Prueba de tracción concreto a/c 0.60 (MTC E 704)

Prueba de flexión en vigas (MTC E 708)

Para este método de ensayo se elaboró 72 ejemplares con las dimensiones l x h x b es 50cm x 15cm x 15cm pasaron a la prueba de flexión los 7 y 28 días, se ejecutó el dicho examen a todos los especímenes constatando el anexo 3.

En la tabla 24 se muestra los efectos del ensayo de flexión del concreto a/c 0.50. Se puede apreciar los valores promedio de las presiones ejecutadas a las vigas en distintos tiempos, donde las mezclas a diferentes dosificaciones de silicato de sodio presentan comportamiento positivo.

Tabla 24. Prueba de flexión a las vigas concreto a/c 0.50

DIAS	Módulo de ruptura (Kg/cm2)			
	0%	2%	3%	4%
7	48	51	53	53
28	55	57	58	60
Variación %	0	4	5	9

Fuente: Elaboración propia

Se observó en la figura 15, que el módulo de ruptura a los 28 días de edad, destacando las mezclas de 3% y 4% de silicato de sodio, una rigidez de los ejemplares de 58 Kg/cm² y 60 Kg/cm² en relación de la mezcla base, incrementando la resistencia durante el proceso de la prueba.

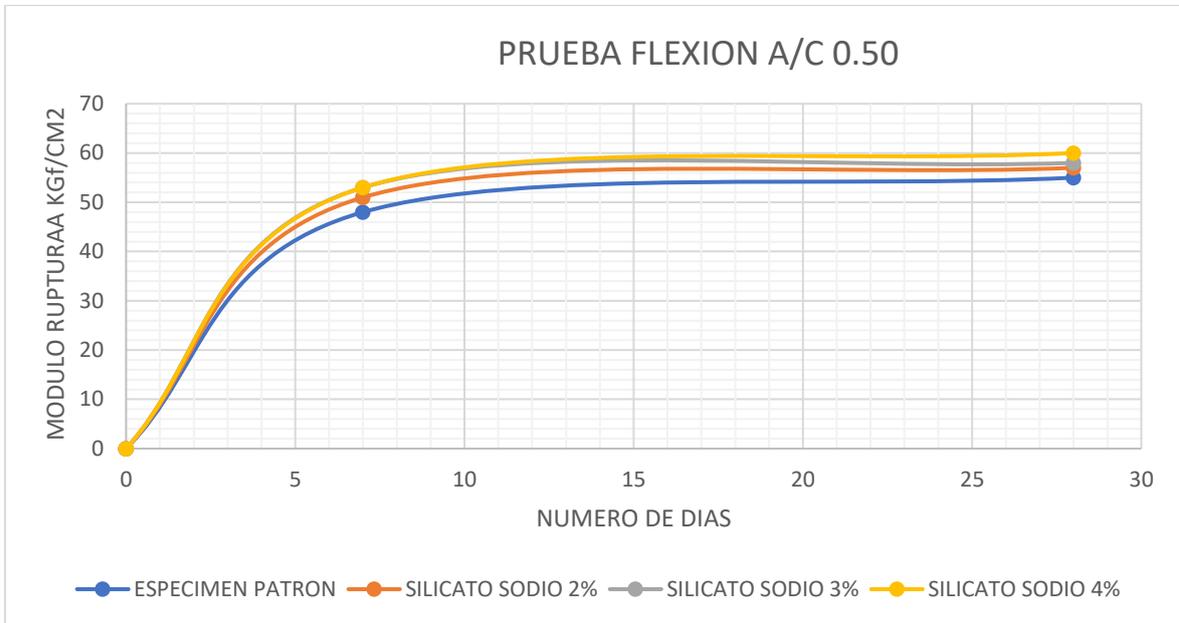


Figura 14. Prueba de flexión en vigas a/c 0.50 (MTC E 708)

La diferenciación de datos logrado por el ensayo de flexión para la relación a/c 0.50, se encuentra en la tabla 24. Las presiones (MR) realizadas a las vigas en distintos periodos,

Tabla 24. Prueba de flexión concreto a/c 0.55

DIAS	Módulo de ruptura promedio (Kg/cm ²)			
	0%	2%	3%	4%
7	33	42	40	42
28	46	51	54	54
Variación %	0	11	17	17

Fuente: Elaboración propia

Se destaca las mezclas de 3% y 4% de silicato de sodio, logrando la misma rigidez en la flexión 54 Kg/cm², mejorando la mezcla base también se puede ver la su mejora en la figura 15.

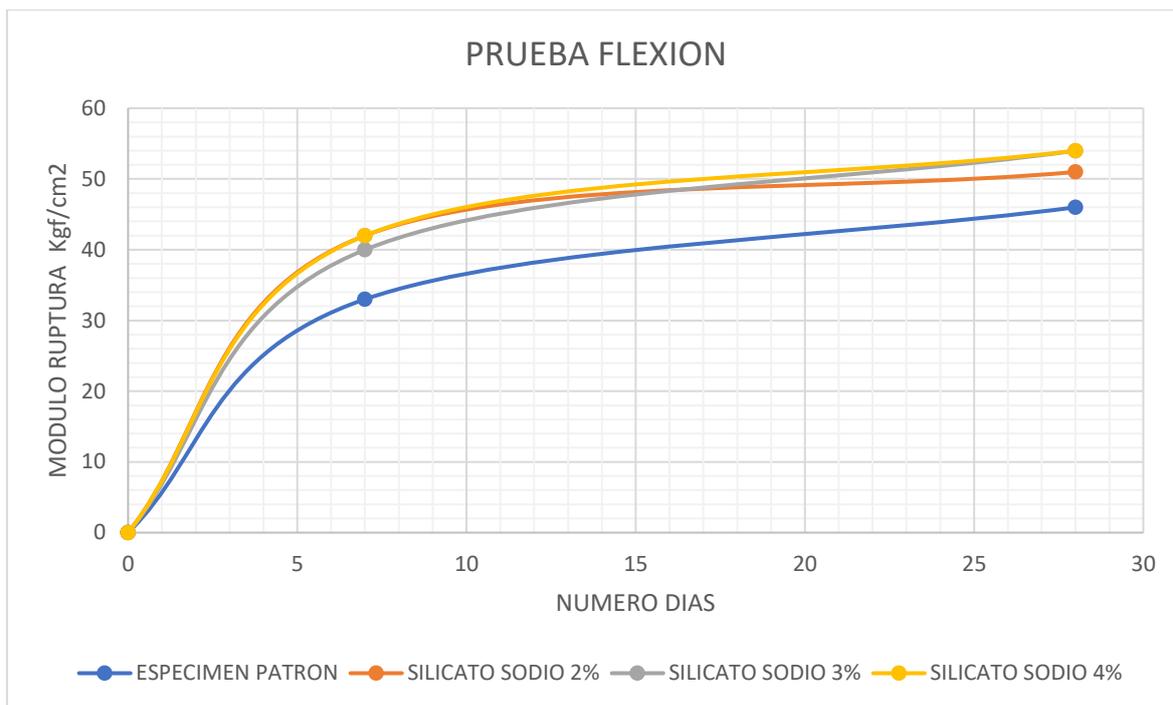


Figura 15. Prueba de flexión en vigas a/c 0.55(MTC E 708)

En la tabla 25 se presenta los datos, donde hay una variación en el módulo de ruptura en la relación a/c 0.60, por los diferentes días.

Tabla 25. Prueba de flexión concreto a/c 0.60

DIAS	Módulo de ruptura promedio (Kg/cm ²)			
	0%	2%	3%	4%
7	29	33	38	35
28	41	42	45	45
Variación %	0	2	10	10

Fuente: Elaboración propia

Para esta relación a/c 0.60, se puede ver en la figura 16 la tendencia, donde se destaca la dosis de 3% y 4% de silicato sodio en el concreto llegando a una rigidez 45 (Kg/cm²) ambas y una diferenciación de 10% respecto al concreto base.

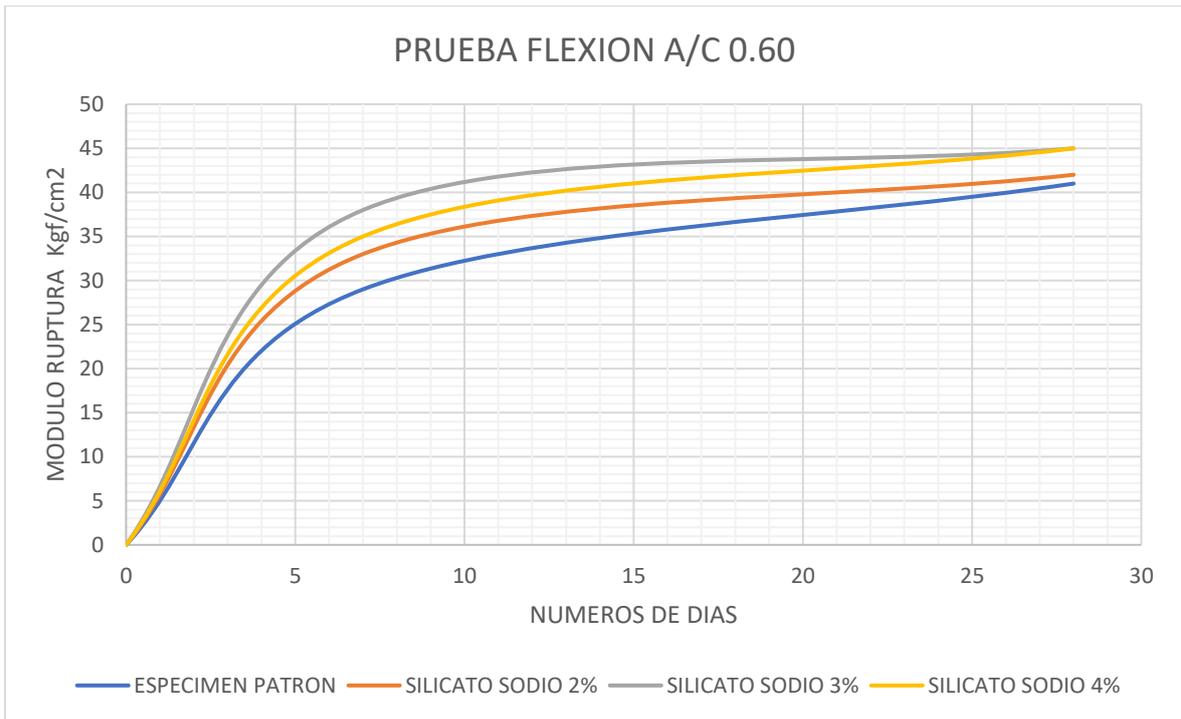


Figura 16. Prueba de flexión en vigas a/c 0.60 (MTC E 708)

IV. DISCUCIONES

1. Discusión

Determinar de qué manera la adición del silicato de sodio influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia.

Park, S. [et al], en su trabajo científico "Evaluation of concrete durability performance with sodium silicate impregnants". Desarrolló el concreto patrón 25Mpa (255 kg/cm²) y 29.8Mpa (303 kg/cm²), se incorpora el silicato de sodio en estado líquido originando una variación a las propiedades del concreto, donde tuvo un incremento a la resistencia a la compresión 30.3Mpa (309kg/cm²) y 34.6 Mpa (309kg/cm²), teniendo un crecimiento de 21% y 16% respectivamente hubo una **coincidencia** similar a mi trabajo de investigación los efectos causado por la incorporación del aditivo fue positivo a todos los concretos a/c 0.50, 0.55 y 0.60 donde se le adiciona silicato sodio 2%, 3% y 4%, en la elaboración incrementado la resistencia a la compresión.

2. Discusión

Conocer en qué medida la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50.

Al respecto Amaris y Rondon en su estudio de investigación "Uso de silicato de sodio como adición natural del concreto hidráulico", menciona cuando añade silicato de sodio al concreto ajustando el peso de la mezcla en una muestra de 72 unidades de especímenes. Durante el estudio efectuado obtuvieron dos tipos de concreto de 2804 psi (197 kg/cm²) y 4145 psi (291 kg/cm²) donde se le añadió 6%, 9% y 12% de silicato de sodio. En el primer concreto 2804 psi (197 kg/cm²) tuvo un incremento resistencia la compresión al 1.96%, 12.91 % y 21.78 % respectivo, y un decrecimiento del asentamiento del concreto cada vez que se le a añadía más silicato de sodio a la mezcla. En el concreto 4145 psi (291 kg/cm²) hubo un aumento resistencia la compresión al 7.32%, 17.41 % y 23.06 % respectivo, y un decrecimiento del asentamiento del concreto cada vez que se le añadía más silicato de sodio a la mezcla tiene una **coincidencia** en esta investigación se logró determinar cuándo se le añade el aditivo al concreto incrementa la resistencia del concreto en el ensayo efectuado compresión, Durante el estudio efectuado obtuvieron tres tipos de concreto en relación agua/cemento 0.50, 0.55 y 0.60 donde se le añadió 2%, 3% y 4% de silicato de sodio. En el primer concreto a/c 0.50 tuvo un incremento resistencia la compresión al 6%, 3% y 12 %

tabla 18, en el concreto a/c 0.55 hubo un aumento resistencia la compresión al 9%, 12 % y 13 % tabla 19 y el concreto a/c 0.60 hubo un aumento resistencia la compresión al 7%, 12 % y 13 % tabla 20. y al final tuvo una disminución en el asentamiento del concreto cada vez que se le añadía más silicato de sodio

3. Discusión

Determinar en qué manera la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55.

Según Habib, I. [et al], en su trabajo de investigación "Experimental study of effect of sodium silicate (Na_2SiO_3) on properties of concrete", llegó a la conclusión adicionado silicato de sodio al 1%, 1.4 %, 1.8% y 2.2 % al concreto base a una temperatura 1.2°C, 1.6°C y -1°C. tuvo un descenso a la compresión 19%, tracción 60%y flexión 27% siendo esto un efecto negativo donde hay una **diferencia** con esta investigación debido a que todos los datos obtenidos hubo un incremento en compresión 9%,12% y 13%, tracción 12%, 21% y 24% , flexión 11%,17% y 17%.

4. Discusión

Conocer en qué medida la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60.

Medeiros, M., Pereira, E. y Helena,P, el artículo científico de "Tratamiento de superficie com silicato de sódio para concreto: penetração de cloretos e absorção de água". Se usó un concreto relación agua /cemento 0.53 donde obtuvo un concreto de 32 Mpa, se aplicó la solución de 20% de silicato de sodio. En el día 28 obtuvo 32 Mpa, día 42 fue 35 Mpa, día 56 poseyó 35.5 Mpa, día 70 alcanzó 35.51 Mpa y el día 91 logro 36.3Mpa. tiene un resultado positivo el comportamiento del concreto con la adición del aditivo, donde hay una coincidencia a la investigación realizado obteniendo los datos del ensayo a la compresión donde tuvo un aumento en compresión 7%,12% y 13%.

V. CONCLUSIONES

Conclusión 1

Se determinó que la adición de silicato de sodio influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia. La adición del aditivo 2%, 3% y 4%, hay un incremento en la compresión, tracción y flexión en el concreto endurecido, la prueba de asentamiento donde se puede observar en la tabla 16 cuando se incrementa la incorporación del silicato de sodio disminuye su trabajabilidad y en la tabla 17 indica la prueba de contenido de aire aumenta cuando adiciona mayor porcentaje del aditivo.

Conclusión 2

Se conoce los resultados obtenidos en la adición del silicato de sodio al 2%, 3% y 4%, que influye en manera positiva en las propiedades del concreto en una relación agua/cemento 0.60. Los datos logrados en el ensayo de compresión contemplada en la tabla 20 donde hay una variación 7%, 12 % y 13% en relación al patrón. El ensayo a la tracción en las dosificaciones tuvo un incremento 6%, 12 % y 15% este dato se encuentra en la tabla 23, los porcentajes de adicionados al concreto se realizó el ensayo a la flexión teniendo un incremento 2%, 10 % y 10% en la tabla 26. La prueba de asentamiento del concreto tabla 16 en que un descenso a menor contenido de silicato sodio tiene el mayor asentamiento y el ensayo de contenido de aire atrapado tabla 17 hay un incremento donde el mayor contenido de silicato sodio tiene el mayor contenido de aire atrapado.

Conclusión 3

Se determinó que la adición del silicato de sodio al 2%, 3% y 4%, que influye en manera positiva en las propiedades del concreto en una relación agua/cemento 0.55. Los datos logrados en el ensayo de compresión contemplada en la tabla 19 donde hay una variación 9%, 12 % y 13% en relación al patrón. El ensayo a la tracción en las dosificaciones tuvo un incremento 12%, 21 % y 24% este dato se encuentra en la tabla 25, los porcentajes de adicionados al concreto se realizó el ensayo a la flexión teniendo un incremento 11%, 17 % y 17% en la tabla 26. La prueba de asentamiento del concreto tabla 16 en que un descenso a menor contenido de silicato sodio tiene el mayor asentamiento y el ensayo de contenido de aire atrapado tabla 17 hay un incremento donde el mayor contenido de silicato sodio tiene el mayor contenido de aire atrapado.

Conclusión 4

Se conoce los resultados obtenidos en la adición del silicato de sodio al 2%, 3% y 4%, que influye en manera positiva en las propiedades del concreto en una relación agua/cemento 0.50. Los datos logrados en el ensayo de compresión contemplada en la tabla 18 donde hay una variación 6%, 3 % y 12% en relación al patrón, el ensayo a la tracción en las dosificaciones tuvo un incremento 2%, 5 % y 12% este dato se encuentra en la tabla 21, los porcentajes de adicionados al concreto se realizó el ensayo a la flexión teniendo un incremento 4%, 5 % y 9% en la tabla 24. La prueba de asentamiento del concreto tabla 16 en que un descenso a menor contenido de silicato sodio tiene el mayor asentamiento y el ensayo de contenido de aire atrapado tabla 17 hay un incremento donde el mayor contenido de silicato sodio tiene el mayor contenido de aire atrapado.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda como línea futura a los ingenieros civiles, que deben realizar más trabajo de investigación sobre el concreto con silicato de sodio en concentraciones mayores al que se desarrolló en esta tesis, buscando otras canteras con el objetivo de cambiar los áridos.

Se recomienda hacer el ensayo de tiempo de fraguado, carbonatación, absorción, para las siguientes investigaciones y obtener mejor noción de las características del concreto.

Realizar las pruebas de compresión, tracción y flexión edades tempranas como 24 horas, 3 días y edades mayores como 90 días de curado para saber el comportamiento en el tiempo del concreto.

Se debe tener en cuenta que cada vez que incrementas el porcentaje de silicato de sodio es menos trabajable la mezcla, es por eso se debe adicionar un aditivo para que mejore su trabajabilidad.

REFERENCIAS

ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. 2 a ed. Lima: San Marcos,2009.

ISBN: 978-612-302-060-6

AMARIS, Néstor y RONDON Vladimir. Uso del silicato de sodio como adición natural del concreto. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad de la Salle, Colombia, 2009.

An appropriate relationship between flexural strength and compressive strength of palm kernel Shell concrete. Elsevier. 4 April 2016. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016816300631>

APABLAZA, Jasón. Caracterización de polímeros naturales fosfo-siliciclásticos para aplicaciones en la industria de la construcción. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile,2015.

ASTM C39. Standard test method for compressive strength of cylindrical specimens. USA: American Society of Testing Materials, 2004.

ASTM C143. Standard test method for slump of hydraulic cement concrete. USA: American Society of Testing Materials, 2005.

ASTM C231. Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method. USA: American Society of Testing Materials, 2004.

ASTM C330. Standard specification for lightweight aggregates for structural. USA: American Society of Testing Materials 2005.

ASTM C595. Standard specification for blended hydraulic cements. USA: American Society of Testing Materials, 2008

ACI 318. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-S14) y Comentario (ACI 318S-14). USA: American Concrete Institute, 2015. 587 p.

ISBN: 978-0-87031-964-8

ACI 318. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05). USA: American Concrete Institute, 2015. 592p.

ISBN 0-087031-083-6

CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. Introducción a la metodología de la investigación científica. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 138pp.

ISBN: 978-9942-765-44-4

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. Lima: San Marcos, 2005. 475pp.

ISBN: 9972-34-242-5

Clima Bogota. Tutiempo. Disponible en: <http://www.tutiempo.net/clima/2009/ws-802220.html>.

ESPINOZA, Lester y ESCALANTE, Iván. Comparación de las propiedades del concreto utilizando escoria de alto horno como reemplazo parcial y total del cemento Portland ordinario. Revista científica Nexo, (21):11-18, 2008.

ISSN 1818-6742

Evaluation of concrete durability performance with sodium silicate impregnants por Park, Sang [et al]. Hindawi Publishing Corporation. August 2014.

ISSN 1687-8442

FORMOSO, Antonio. 2000 procedimientos industriales al alcance de todos. 3.a ed. México: Limusa, 2009, 1248 páginas

ISBN 978-968-18-4335-9

GOMEZ, Sergio. Metodología de la investigación. México: Red Tercer Milenio S.C, 2012. 92pp.

ISBN 978-607-733-149-0

GUFFANTE, Tania, GUFFANTE, Fernando y Chávez, Patricio. Investigación científica: El Proyecto de Investigación. 2016. 108pp.

ISBN: 978-9942-14-031-9

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5.aed. Mexico: McGRAW-HILL, 2010. 613pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9

HELARD, Ale y AMACHI, Edwar. Estudio del efecto de las variables de síntesis sobre el comportamiento mecánico en mezclas geopoliméricas a base de zeolitas naturales. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Perú, 2015.

HENRIQUEZ, Elena y ZEPEDA, María. Elaboración de un artículo científico de investigación. Revista de Ciencia y Enfermería [en línea]. Junio 2004, Vol. 10 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2019].

ISSN: 0717 – 2079

IFRAH Habib, Lone [et al]. Experimental study of effect of sodium silicate (Na_2SiO_3) on properties of concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, (6):39-47, December 2015.

ISSN: 0976-6308

INDECOPI. N T P 334.009. Cemento Portland. Requisitos. Lima: 2005

INDECOPI. N T P 334.088. Aditivos químicos en pasta, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones. Lima: 2006.

INDECOPI. N T P 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: 2008.

INDECOPI. N T P 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima: 2009.

INDECOPI. N T P 339.036. Practica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco. Lima: 2011.

INDECOPI. N T P 339.082. Métodos de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. Lima: 2011

INDECOPI. NTP 339.088. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. Lima, 2006

INDECOPI. NTP 339.183. Mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio. Lima, 2009

INDECOPI. NTP 339.183. Práctica normalizada para el curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio. Lima,2009

INDECOPI. NTP 400.011. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. Lima, 2008

INDECOPI. NTP 400.012. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, 2001

INDECOPI. NTP 400.017. AGREGADOS Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2ª ed. Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI, 1999. 10 pp.

INDECOPI. NTP 400.022. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Lima, 2002

LUQUE, Rolando. Análisis y propiedades del concreto por influencia de un aditivo fluidificante utilizando cemento Portland tipo IP. Tesis (Pregrado de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2001.

MARTINEZ, Rudy. Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009.

MEDEIROS, M. [et al]. Concrete with treated surface and exposed to chlorides solution: thickness of equivalent coatings. *ALCONPAT Journal*, (5):219 -234, 2015.

ISSN 2007-6835

MEDEIROS, M., PEREIRA, E. y HELENA, P. Tratamiento de superficie com silicato de sódio para concreto: penetração de cloretos e absorção de água. *Revista Alconpat* , (2):149 - 161, 2012.

ISSN 2007-6835

MEZA, Bernuy y Eduardo Celso. Proceso de corrosión en concreto de mediana a baja resistencia por acción de sulfato de magnesio, usando cemento portland tipo I. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2003.

MINISTERIO de la producción (Perú). Resolución directoral N° 164-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI: La actualización del plan de manejo ambiental a la empresa productos químicos industriales s.a. (Proquinsa). Lima: MP, 2018.

MINISTERIO de Transporte y comunicación (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: 2016.

Prediction of splitting tensile strength from cylinder compressive strength of concrete by support vector machine. Hindawi. 25 July 2013. Disponible en: <http://www.hindawi/journals/amse/2013/597257>

REPORTE Estadístico [en línea] – 2018. Lima: Web Asociación de productores de cemento. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2019].

Disponible en <http://www.asocem.org.pe/estadisticas-nacionales/indice>

RAMIREZ, Jhonatan. Concreto liviano de alta resistencia empleado nanosilice y puzolana natural en el Perú. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, Peru,2018.

ROBAYO, Estefanía. Comportamiento mecánico y durabilidad de morteros de cenizas volantes activadas alcalinamente. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Colombia,2013.

SANCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5a ed. Bogotá: Bhandar Editores,2001.349pp.

ISBN: 9589247040

SAN JUAN, Miguel y CHINCHÓN, Servando. Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. España: Unión de Editoriales Universitarias Españolas,2014.181pp.

ISBN: 978-84-9717-305-6

SHETTY, M. Concrete technology theory and practice. 6a ed. Ram Nagar: S. Chand & Company Ltd., 2005.624pp.

ISBN: 978-81-219-0003-4

UNE – EN 197-1,2011. Componentes específicos y criterio de conformidad de los cementos comunes. Madrid, Perú diciembre 2011.

Usos y aplicaciones del silicato de sodio como diluyentes agregados. Quiminet. 07 junio 2019. Disponible en <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-silicato-de-sodio-como-diluyentes-agregados-2702669.htm>.

VILLA, Claudia. Síntesis de geopolímeros empleando activación alcalina de aluminosilicatos minerales. Tesis (Doctor en Ciencias de Materiales). Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., México,2013.

YNFA, Jimmy. Estudio de la influencia de la emulsión asfáltica catiónica con adiciones de silicato de sodio en la solidificación e inmovilización de metales pesados contenidos en

relave polimetálico. Tesis (Pregrado en Ingeniería Metalúrgico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Perú, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

RAZÓN SOCIAL: CERNA LANDA MICHEL
PRODUCTO: Silicato de Sodio 2.5
FECHA: Lima, 10 de octubre de 2019.
FECHA DE PRODUCCIÓN: 08/09/2019
FECHA DE VENCIMIENTO: 08/09/2024
LOTE: SSL2.5 – CAP0410 – 010919

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

PARÁMETROS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES	MÉTODO DE ENSAYO
Apariencia	Líquido viscoso	Líquido viscoso	Visual
Olor	Inodoro	Inodoro	Organoléptico
Na₂O	12,88 %	12,75 % - 13,30 %	UNE 55-627-83
SiO₂	32,49 %	32,0 % - 33,0 %	UNE 55-625-82
Densidad (20°C)	50,25° Bé	49,8 ° Bé – 50,5° Bé	UNE 55-622-82
Rango	2,52	2,45 – 2,53	UNE 55-624-82
Viscosidad a 20° C	1532 cps	700 – 2000 cps	UNE-EN ISO 12058-1/AC
Sólidos totales	45.37%	-----	-----



.....
Rebeca Ames Travi
 Jefe del Dpto. de Control de Calidad

proquinsa.com

(01) 459 5630
 Av. El Santuario 1239
 Urb. Zárate – S.J.L.
 Lima 36 – Perú

ANEXO 2

VARIABLE		PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
INDEPENDIENTE	Adición del silicato de sodio	PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera influye la Adición del Silicato de Sodio, en las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia?	OBJETIVO GENERAL Determinar de qué manera la adición del silicato de sodio influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia.	HIPOTESIS GENERAL La adición de silicato de sodio influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia.	Dosificación del silicato de sodio para diseño de mezcla	2%,3% y 4% de silicato de sodio	Fichas de registro de la adición del silicato de sodio	Tipo de investigación Aplicada Enfoque de investigación Cuantitativa Nivel de Investigación Explicativo Diseño de investigación Experimental cuasi-experimental Población probetas cilíndricas de concreto y vigas rectangulares de concreto. Muestra 180 probetas cilíndricas de concreto y 72 vigas rectangulares. Muestreo No probabilístico - intencional Técnica Analisis de documento Instrumento de Investigación Ficha de recolección de datos y formatos de laboratorio
					Diseño de mezcla en relación agua /cemento	0.60 0.55 0.50	ACT 211 AGREGADO GLOBAL	
DEPENDIENTE 1	Propiedad física Concreto de Media Resistencia	PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿En qué medida influye la Adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60?	OBJETIVO ESPECIFICOS Conocer en qué medida la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60.	HIPOTESIS ESPECIFICOS La adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye de manera positiva, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.60.	Concreto fresco	Asentamiento del concreto con el cono de Abrams	NTP 339.035	MTCE 709
DEPENDIENTE 2	Propiedad Mecánica de Media Resistencia	¿En qué manera influye la Adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55? ¿En qué medida influye la Adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50?	Determinar en qué manera la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55.e Conocer en qué medida la adición del silicato de sodio al 2%,3% y 4%, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50.	La adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, influye de manera positiva, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.55. La adición del Silicato de Sodio al 2%,3% y 4%, influye de manera positiva, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en relación agua /cemento = 0.50.	Concreto endurecido	Resistencia flexión	MTCE 709	MTCE 704
						Resistencia tracción indirecta	MTCE 708	

VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE	Adición del silicato de sodio	Es un componente inorgánico cuya inclusión tiene como meta modificación de la propiedad concreto. Su presentación es en estado líquido (EDISON, p. 34)	El silicato de sodio se determina teniendo en cuenta la clasificación y componentes tuvo en el diseño de mezcla	Dosificación del silicato de sodio para diseño de mezcla Diseño de mezcla en relación agua /cemento	2%,3% y 4% de silicato de sodio 0.60 0.55 0.50	Fichas de registro de la incorporación del silicato de sodio ACI211 AGREGADO GLOBAL
DEPENDIENTE 1	Propiedad física Concreto de Media Resistencia	Está relacionada a las características propias del concreto, sin la alteración en su comportamiento	Inicia desde la mezcla del concreto hasta la fragua	Concreto fresco	Asentamiento del concreto con el cono de Abrams Contenido de aire	NTP 339.035 MTC E 706
DEPENDIENTE 2	Propiedad Mecánica de Media Resistencia	Se define como el comportamiento del concreto que es sometido a la acción de fuerzas externas ofreciendo un esfuerzo.	El concreto esta endurecido para hacer las pruebas de resistencia	Concreto endurecido	Resistencia compresión Resistencia flexión Resistencia tracción indirecta	MTC E 704 MTC E 709 MTC E 708

ANEXO 3



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI, CERNA LANDA **MUESTRA** : Agregado
PROYECTO : "Tesis: Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" **CANTIDAD** : 200 Kg.
REFERENCIA : CARTA N° 042-2019-UCV-L-DA-ING-CIV/DE
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.08.22 **FECHA DE ENSAYO** : Del 2019.11.18 al 2019.11.20

N°	Resultados	Agregado Fino (Molido); Cantera: Yerbabuena, Carabayllo	Agregado Grueso (Entero); Cantera: Yerbabuena, Carabayllo
1	Contenido de Sales Solubles, mg/kg (ppm)	680	487
2	Contenido de Cloruros, mg/kg (ppm)	82	81
3	Contenido de Sulfatos, mg/kg (ppm)	196	66

- (1) MTC E 219 (2016): Sales Solubles en Agregados Para Pavimentos Flexibles
- (2) NTP 400.042 (2016): Método de Ensayo para la Determinación Cuantitativa de Cloruros y Sulfatos Solubles en Agua para Agregados de Concreto
- (3) NTP 400.042 (2016): Método de Ensayo para la Determinación Cuantitativa de Cloruros y Sulfatos Solubles en Agua para Agregados de Concreto
- (4) AASHTO T330-07(2011): Detección de Arcillas Nocivas del Grupo de Esmectita en agregados, utilizando Azul de Metileno
- NA No analizado (no se analiza en el material grueso)



Ing. Responsable
Lima, 22 de Noviembre del 2019



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg c/u.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.10.01 al 02.

MTC E-211 (2 016) CARBÓN Y LIGNITO O PARTÍCULAS LIVIANAS EN EL AGREGADO

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabaylo	Partículas livianas en el agregado	0,0
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabaylo	Partículas livianas en el fino	0,0



[Handwritten signature]

ING. RESPONSABLE
Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(11/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac Telf.: (051) 481-3707 email: mac_dee@mtc.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados

PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg

FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.26 al 27.

MTC E-213 (2 016) AGREGADOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR CUALITATIVAMENTE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (Número de Placa Orgánica del 1 al 5) **	INTERPRETACIÓN DE RESULTADO (Presencia cualitativa de impurezas orgánicas)
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Grado "1"	Aceptable



ING. RESPONSABLE

Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(10/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregado
PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.26 al 27.

MTC E-205 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,804
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,828
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,872
	Absorción (%)	0,84



ING. RESPONSABLE
Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(9/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregado
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.26 al 27.

MTC E-206 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabayillo	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,802
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,814
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,836
	Absorción (%)	0,42



ING. RESPONSABLE
Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(B/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Telf.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.08.19.

MTC E-207 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Tamaño Máximo Nominal: 1"	12
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	



ING. RESPONSABLE
 Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(7/11)



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.04.

MTC E - 202 (2 016) DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASAN TAMIZ N° 200 (0.75 µm) POR LAVADO EN AGREGADOS (PROCEDIMIENTO A) (*).

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	2,34



[Handwritten signature]

ING. RESPONSABLE
Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(6/11)



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg c/u.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.08.19.

MTC E - 203 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO (*)

IDENTIFICACIÓN	MUESTRA	ENSAYO	RESULTADO (kg/m ³)
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Agregado grueso	Peso unitario suelto	1 571
		Peso unitario varillado	1 715
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Agregado fino	Peso unitario suelto	1 681
		Peso unitario varillado	1 894



ING. RESPONSABLE
 Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(5/11)



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac Telf.: (051) 481-3707 email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg c/u.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.08.19 al 2 019.010.02.

MTC E-209 (2 016) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Pérdida o desgaste del agregado grueso	1,3
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabayllo	Pérdida o desgaste del agregado fino	6,6



ING. RESPONSABLE
 Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(4/11)



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru Nº 150 - Rimac Telf: (051) 481-3707 email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg c/u.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.08.19 al 21.

MTC E - 212 (2 016) TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (*)

IDENTIFICACIÓN	MUESTRA	RESULTADO (%)
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabaylo	Agregado grueso	0,197
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabaylo	Agregado fino	0,074



ING. RESPONSABLE

Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(3/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg c/u.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22 FECHA ENSAYO : 2 019.09.25

MALLAS		DENOMINACIÓN	Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabaylo		Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabaylo				
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)			
3"	76.200	MTC E-204 (2 016)							
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100			100					
1"	25.400			11	89				
3/4"	19.050			73	16				
1/2"	12.700			16	-				
3/8"	9.525								
1/4"	6.350								
N° 4	4.760						100		
N° 6	3.360					6	94		
N° 8	2.380					10	84		
N° 10	2.000					5	79		
N° 16	1.190					16	63		
N° 20	0.840					10	53		
N° 30	0.590					11	42		
N° 40	0.426					12	30		
N° 50	0.297					9	21		
N° 80	0.177					12	9		
N° 100	0.149					3	6		
N° 200	0.074				6	-			
- N° 200	-	MTC E-202 (2 016)				-			
LIMITE LIQUIDO (Malla N° 40)		MTC E-110 (2 016)	--		--				
LIMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		MTC E-111 (2 016)	--		--				
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)	--		--				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 339.134 (2 014)	--		--				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 339.135 (2 014)	--		--				



[Handwritten Signature]

ING. RESPONSABLE
Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(1/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : MICHEL BERTONI CERNA LANDA MUESTRA : Agregados
 PROYECTO : Tesis "Variación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto de Media Resistencia, en Adición del Silicato de Sodio - Lima 2019" CANTIDAD : 100 kg c/u.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.08.22. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.12 al 13.

MTC E-108 (2 016) SUELOS. CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Agregado Grueso; Cantera Yerbabuena; Carabaylo	0,3
Agregado Fino; Cantera Yerbabuena; Carabaylo	0,9



ING. RESPONSABLE

Lima, 25 de Noviembre de 2 019



(2/11)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

ANEXO 4



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Asunto: Diseño de mezcla de concreto.

Fecha: 15/10/2019

Agregado	Ag. Grueso/Ag. Fino	Fc de diseño:	264 kg/cm ²
Procedencia:	La cantera de yerbabuena	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento:	Sol tipo 1	Codigo de mezcla :	Patron

1. RESISTENCIA A LA COMPRESION REQUERIDA 4. CALCULO DE LA CANTIDAD CEMENTO
 Fc = 348 kg/cm² Cemento = 383 kg

2. RELACION AGUA / CEMENTO 5. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
 R a/c = 0.60 Aire= 1.5%

3. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA 6. FACTOR DE CEMENTO
 Agua = 230 L Bolsa x m³= 9.01 Bolsas

7. PORCENTAJE DE AGREGADOS PARA LA MEZCLA 9. PROPORCION DE AGREGADOS HUMEDOS
 Agregado grueso = 53% Agregado grueso = 957 Kg.
 Agregado fino = 47% Agregado fino =855 Kg.

8. PROPORCION DE AGREGADOS SECO 10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCION Y HUMEDAD
 Agregado grueso = 955 Kg. Agua = 231 L
 Agregado fino =847 Kg.

11. VOLUMEN DE PRUEBA 0.10m³
 Cemento = 38kg
 Agua = 23 L
 Arena = 86 kg
 Piedra = 96 kg
 Asentamiento = 4"

12. PROPORCION EN PESO

Cemento	Agua	Arena	Piedra
1	25.63	2.23	2.50

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Boza Olaechea
 INGENIERA CIVIL
 C.I.P. 80500
 Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
 Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Asunto: Diseño de mezcla de concreto.

Fecha: 15/10/2019

Agregado	Ag. Grueso/Ag. Fino	F'c de diseño:	300 kg/cm ²
Procedencia:	La cantera de yerbabuena	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento:	Sol tipo I	Codigo de mezcla :	Patron

1. RESISTENCIA A LA COMPRESION REQUERIDA

F'c = 384 kg/cm²

4. CALCULO DE LA CANTIDAD CEMENTO

Cemento = 418 kg

2. RELACION AGUA / CEMENTO

R a/c = 0.55

5. CANTIDAD DE AIRE AT RAPADO

Aire= 1.5%

3. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 230 L

6. FACTOR DE CEMENTO

Bolsa x m³= 9.84 Bolsas

7. PORCENTAJE DE AGREGADOS PARA LA MEZCLA

Agregado grueso = 53%

Agregado fino = 47%

9. PROPORCION DE AGREGADOS HUMEDOS

Agregado grueso = 931 Kg.

Agregado fino =821 Kg.

8. PROPORCION DE AGREGADOS SECO

Agregado grueso = 922 Kg.

Agregado fino =818 Kg.

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCION Y HUMEDAD

Agua =231 L

11. VOLUMEN DE PRUEBA 0.10 m³

Cemento = 42kg

Agua = 23 L

Arena = 82 kg

Piedra = 93kg

Asentamiento = 4"

12. PROPORCION EN PESO

Cemento	Agua	Arena	Piedra
1	23.5	1.96	2.23

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico



Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Asunto: Diseño de mezcla de concreto.

Fecha: 15/10/2019

Agregado	Ag. Grueso/Ag. Fino	Fc de diseño:	336 kg/cm ²
Procedencia:	La cantera de yerbabuena	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento:	Sol tipo 1	Código de mezcla :	Patron

1. RESISTENCIA A LA COMPRESION REQUERIDA

Fc = 420 kg/cm²

4. CALCULO DE LA CANTIDAD CEMENTO

Cemento = 460 kg

2. RELACION AGUA / CEMENTO

R a/c = 0.50

5. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire= 1.5%

3. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 230 L

6. FACTOR DE CEMENTO

Bolsa x m³= 10.82 Bolsas

7. PORCENTAJE DE AGREGADOS PARA LA MEZCLA

Agregado grueso = 53%

Agregado fino = 47%

9. PROPORCION DE AGREGADOS HUMEDOS

Agregado grueso = 905 Kg.

Agregado fino =808 Kg.

8. PROPORCION DE AGREGADOS SECO

Agregado grueso = 902 Kg.

Agregado fino =801 Kg.

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCION Y HUMEDAD

Agua = 231 L

11. VOLUMEN DE PRUEBA 0.10 m³

Cemento = 46kg

Agua = 23 L

Arena = 81 kg

Piedra = 91kg

Asentamiento = 4.1"

12. PROPORCION EN PESO

Cemento	Agua	Arena	Piedra
1	21.34	1.76	1.97

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



ANEXO 5



Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

Asunto: Contenido de aire en el concreto MTC E 706 - NTP 339.83 - ASTM C231

Relacion a/c	Especificacion de especimen	aire atrapado (%)
0.50	Patron	1.28
	2%	1.28
	3%	1.31
	4%	1.32
0.55	Patron	1.25
	2%	1.26
	3%	1.29
	4%	1.32
0.60	Patron	1.23
	2%	1.24
	3%	1.25
	4%	1.29

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Boza Olacchea
INGENIERA CIVIL
CIP-80500
Docente E.P.



Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

Asunto: Asentamiento de concreto MTC E 705 - NTP 339.035- C167 - ASTM C143

Relacion a/c	Especificacion de especimen	Asentamiento (pulg)
0.50	Patron	4.1
	2%	3.5
	3%	3.1
	4%	2.9
0.55	Patron	4
	2%	3.6
	3%	3.4
	4%	3
0.60	Patron	4
	2%	3.8
	3%	3.5
	4%	3.3

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
INGENIERA CIVIL
CIP. 80500
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.55

Asunto: Resistencia a la flexion del concreto en Vigas MTC E 708 - ASTM C-78

Especificacion de especimen	Dias	Fuerza Maxima kgf	Luz libre cm	Modulo Ruptura kgf/cm ²	Modulo Ruptura kgf/cm ²
Patron	7	2380	45	32	33
		2469	45	33	
		2589	45	35	
	28	3424	45	46	46
		3444	45	46	
		3546	45	47	
2%	7	3010	45	40	42
		3217	45	43	
		3224	45	43	
	28	3761	45	50	51
		3863	45	52	
		3904	45	52	
3%	7	2933	45	39	40
		3044	45	41	
		3092	45	41	
	28	3955	45	53	54
		4118	45	55	
		4006	45	53	
4%	7	3174	45	42	42
		3089	45	41	
		3197	45	43	
	28	4030	45	54	54
		4123	45	55	
		4016	45	54	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
CIP/ 80500
Docente E.P.

Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.60

Asunto: Resistencia a la flexion del concreto en Vigas MTC E 708 - ASTM C-78

Especificacion de especimen	Dias	Fuerza Maxima kgf	Luz libre cm	Modulo Ruptura kgf/cm ²	Modulo Ruptura kgf/cm ²
Patron	7	2094	45	28	29
		2173	45	29	
		2278	45	30	
	28	3212	45	43	41
		3022	45	40	
		2968	45	40	
2%	7	2356	45	31	33
		2525	45	34	
		2525	45	34	
	28	3147	45	42	42
		3237	45	43	
		3147	45	42	
3%	7	2772	45	37	38
		2957	45	39	
		2864	45	38	
	28	3327	45	44	45
		3327	45	44	
		3417	45	46	
4%	7	2693	45	36	35
		2609	45	35	
		2525	45	34	
	28	3297	45	44	45
		3354	45	45	
		3417	45	46	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Poza Olaechea
INGENIERA CIVIL
C.O.P. 70500
Docente E.P.

Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa

Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.50

Asunto: Resistencia a la flexión del concreto en Vigas MTC E 708 - ASTM C-78

Especificación de especimen	Dias	Fuerza Maxima kgf	Luz libre cm	Modulo Ruptura kgf/cm ²	Modulo Ruptura kgf/cm ²
Patron	7	3605	45	48	48
		3716	45	50	
		3545	45	47	
	28	4008	45	53	55
		4150	45	55	
		4120	45	55	
2%	7	3954	45	53	51
		3836	45	51	
		3775	45	50	
	28	4219	45	56	57
		4295	45	57	
		4216	45	56	
3%	7	3943	45	53	53
		3981	45	53	
		3909	45	52	
	28	4305	45	57	58
		4384	45	58	
		4397	45	59	
4%	7	3910	45	52	53
		4045	45	54	
		3886	45	52	
	28	4425	45	59	60
		4584	45	61	
		4481	45	60	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
DIP. 00500

Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.60

Asunto: Ensayo de Tracción indirecta MTC E 708 - ASTM C-496

Especificacion de especimen	Dias	Fuerza Maxima kgf	Diametro cm	Esfuerzo kgf/cm ²	Esfuerzo promedio kgf/cm ²
Patron	7	7331	10	23	24
		7442	10	24	
		7765	10	25	
	28	11000	10	35	34
		10677	10	34	
		10677	10	34	
2%	7	9059	10	29	30
		9706	10	31	
		9706	10	31	
	28	11324	10	36	36
		11648	10	37	
		11324	10	36	
3%	7	9706	10	31	32
		10353	10	33	
		10030	10	32	
	28	11971	10	38	38
		11971	10	38	
		12295	10	39	
4%	7	10353	10	33	32
		10030	10	32	
		9706	10	31	
	28	11971	10	38	39
		12295	10	39	
		12295	10	39	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
INGENIERA CIVIL
CIP 88500
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Berton Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.50

Asunto: Ensayo de Tracción indirecta MTC E 708 - ASTM C-496

Especificación de especimen	Días	Fuerza Maxima kgf	Diametro cm	Esfuerzo kgf/cm ²	Esfuerzo promedio kgf/cm ²
Patron	7	11698	10	37	38
		12314	10	39	
		11578	10	37	
	28	13136	10	42	42
		13407	10	43	
		13268	10	42	
2%	7	13087	10	42	40
		12493	10	40	
		12188	10	39	
	28	13136	10	42	43
		13853	10	44	
		13545	10	43	
3%	7	12797	10	41	41
		12929	10	41	
		13061	10	42	
	28	13959	10	44	44
		13777	10	44	
		14098	10	45	
4%	7	12929	10	41	42
		13372	10	43	
		12929	10	41	
	28	14826	10	47	47
		14355	10	46	
		14701	10	47	

Coss

Díaz Gutiérrez Julio Ernesto
Tecnico

M. Boza
Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
CIP: 80500
Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.55

Asunto: Ensayo de Tracción indirecta MTC E 708 - ASTM C-496

Especificación de espécimen	Días	Fuerza Maxima kgf	Diametro cm	Esfuerzo kgf/cm ²	Esfuerzo promedio kgf/cm ²
Patron	7	7726	10	25	25
		7467	10	24	
		8239	10	26	
	28	10743	10	34	34
		10397	10	33	
		10900	10	35	
2%	7	9583	10	31	32
		10282	10	33	
		10262	10	33	
	28	11560	10	37	38
		11874	10	38	
		12239	10	39	
3%	7	9334	10	30	31
		9690	10	31	
		9842	10	31	
	28	12643	10	40	41
		13149	10	42	
		12560	10	40	
4%	7	10103	10	32	32
		9834	10	31	
		10177	10	32	
	28	12877	10	41	42
		12910	10	41	
		13579	10	43	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
C.I.P. 80500
Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

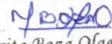
Fecha: 03/12/2019

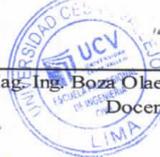
a/c : 0,60

Asunto: Ensayo de Resistencia a la Compresion MTC E 704 - ASTM C-39

Especificacion de especimen	Dias	Fuerza Maxima kgf	Area cm ²	Esfuerzo kgf/cm ²	Esfuerzo promedio kgf/cm ²
Patron	7	17104	78.5	218	232
		18832	78.5	240	
		18690	78.5	238	
	14	22782	78.5	290	269
		21336	78.5	272	
		19319	78.5	246	
	28	25554	78.5	325	333
		26158	78.5	333	
		26721	78.5	340	
2%	7	21988	78.5	280	293
		23323	78.5	297	
		23637	78.5	301	
	14	24723	78.5	315	321
		24833	78.5	316	
		26073	78.5	332	
	28	27328	78.5	348	356
		28489	78.5	363	
		28104	78.5	358	
3%	7	23291	78.5	297	309
		24877	78.5	317	
		24517	78.5	312	
	14	26863	78.5	342	344
		27429	78.5	349	
		26787	78.5	341	
	28	28844	78.5	367	371
		29124	78.5	371	
		29553	78.5	376	
4%	7	24527	78.5	312	315
		24912	78.5	317	
		24738	78.5	315	
	14	28093	78.5	358	354
		27395	78.5	349	
		27792	78.5	354	
	28	28999	78.5	369	375
		30060	78.5	383	
		29205	78.5	372	


 Diaz Gutierrez Julio Ernesto
 Tecnico


 Margarita Boza Olaechea
 INGENIERA CIVIL
 CIP 80500
 Docente E.P.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

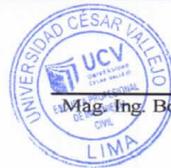
Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.55

Asunto: Ensayo de Resistencia a la Compresion MTC E 704 - ASTM C-39

Especificación de especimen	Días	Fuerza Maxima kgf	Area cm ²	Es fuerza kgf/cm ²	Es fuerza promedio kgf/cm ²
Patron	7	18800	78.5	239	250
		20470	78.5	261	
		19582	78.5	249	
	14	23998	78.5	306	300
		23146	78.5	295	
		23571	78.5	300	
	28	26223	78.5	334	358
		28428	78.5	362	
		29705	78.5	378	
2%	7	23295	78.5	297	309
		24225	78.5	308	
		25312	78.5	322	
	14	29312	78.5	373	371
		28816	78.5	367	
		29377	78.5	374	
	28	29979	78.5	382	389
		30867	78.5	393	
		30781	78.5	392	
3%	7	24444	78.5	311	317
		25001	78.5	318	
		25190	78.5	321	
	14	29878	78.5	380	386
		30442	78.5	388	
		30653	78.5	390	
	28	31049	78.5	395	400
		31877	78.5	406	
		31389	78.5	400	
4%	7	24558	78.5	313	322
		26053	78.5	332	
		25263	78.5	322	
	14	30081	78.5	383	397
		32498	78.5	414	
		30907	78.5	394	
	28	31910	78.5	406	404
		31887	78.5	406	
		31260	78.5	398	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico



Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
CIP 80500
Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis : Variación de propiedades físicas y mecánicas del concreto de media resistencia, en adición del silicato de sodio – Lima 2019

Tesista: Michel Bertoni Cerna Landa

Fecha: 03/12/2019

a/c : 0.50

Asunto: Ensayo de Resistencia a la Compresion MTC E 704 - ASTM C-39

Especificación de espécimen	Días	Fuerza Maxima kgf	Area cm ²	Esfuerzo kgf/cm ²	Esfuerzo promedio kgf/cm ²
Patron	7	26306	78.5	335	356
		27978	78.5	356	
		25443	78.5	324	
	14	32011	78.5	408	390
		30509	78.5	389	
		29259	78.5	373	
	28	32515	78.5	414	432
		34919	78.5	445	
		34398	78.5	438	
2%	7	31652	78.5	403	384
		29846	78.5	380	
		28831	78.5	368	
	14	33868	78.5	431	427
		34082	78.5	434	
		35399	78.5	417	
	28	34972	78.5	445	459
		36038	78.5	459	
		37262	78.5	474	
3%	7	31507	78.5	401	401
		32131	78.5	409	
		30938	78.5	394	
	14	32087	78.5	409	427
		34040	78.5	433	
		34500	78.5	439	
	28	34475	78.5	439	444
		35339	78.5	450	
		34789	78.5	443	
4%	7	30977	78.5	394	402
		33162	78.5	422	
		30599	78.5	390	
	14	37730	78.5	480	480
		37700	78.5	480	
		37800	78.5	481	
	28	38483	78.5	490	484
		37913	78.5	483	
		37723	78.5	480	

Diaz Gutierrez Julio Ernesto
Tecnico

Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
Mag. Ing. Boza Olaechea Margarita Luisa
Docente E.P.