



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ELABORACIÓN DE LA CURVA, ESFUERZO VS TIEMPO DE UN
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO
DE NANOSÍLICE, AGREGADOS MINA FLORES”**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Berrones Galarza Santiago Anderson

Tutor:

Ing.Msc. Javier Palacios

Riobamba-Ecuador

2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo Santiago Anderson Berrones Galarza, con cédula de ciudadanía 0603841701, autor del trabajo de investigación titulado: “ELABORACIÓN DE LA CURVA, ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE NANOSÍLICE, AGREGADOS MINA FLORES”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



Santiago Anderson Berrones Galarza
C.I:0603841701

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Elaboración de la curva, esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamento de nanosílice, agregados mina Flores”, presentado por Santiago Anderson Berrones Galarza, con cédula de identidad número 0603841701, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 24 de Noviembre de 2022.

Ing. Andrea Zarate, MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. Oscar Cevallos, Ph.D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Ing. Luis Villafuerte, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Ing. Javier Palacios, Mgs.
TUTOR



Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Elaboración de la curva, esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamento de nanosílice, agregados mina Flores”, presentado por Santiago Anderson Berrones Galarza, con cédula de identidad número 0603841701, bajo la tutoría de Ing. Marco Javier Palacios Carvajal; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 24 de Noviembre de 2022.

Presidente del Tribunal de Grado
Ing. Andrea Zarate, MSc.



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Ing. Oscar Cevallos, Ph.D.



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Ing. Luis Villafuerte, Mgs.



Firma



DIRECCIÓN ACADÉMICA
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20

CERTIFICACIÓN

Que, **Santiago Anderson Berrones Galarza** con CC: **060384170-1**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Elaboración de la curva, esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamento de nanosílice, agregados mina Flores**", que corresponde al dominio científico **Desarrollo Territorial – Productivo y Hábitat Sustentable para mejorar la calidad de vida** y alineado a la línea de investigación **Ingeniería, Construcción, Industria y Producción**, cumple con el **5%**, reportado en el sistema Anti - plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 23 de noviembre de 2022.



Mgs. Javier Palacios
TUTOR

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado a Dios, quien ha estado conmigo siempre y me ha ayudado con su fortaleza y guía hasta el día de hoy. A mis padres Luis Alberto y Amanda quienes, con su amor, dedicación y paciencia me han dado el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y de no temerle a nada.

Especialmente este proyecto va dedicado a mi señora madre ya que ella partió de este mundo hace ya cuatro años, ella es mi angelito que me motivó hasta el final para poder alcanzar esta gran meta en mi vida. A mis hermanos John, Jefferson y Estefanía por su comprensión, cariño y apoyo incondicional durante todos estos años. A mi novia Tania por estar conmigo desde el principio de este gran sueño. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. Finalmente quiero dedicar este trabajo a mis amigos incondicionales que me acompañaron durante toda esta travesía e hicieron la vida universitaria una de las mejores etapas de mi vida, especialmente a Jhonny, Fernando, Cristhian, José, Carlita, Ericka y muchos más que siempre estuvieron conmigo.

Santiago Anderson Berrones Galarza

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento siempre a Dios, quien ha estado conmigo siempre bendiciendo mi vida. A la empresa SIKA S.A por permitirme realizar mi investigación en sus laboratorios. A toda mi familia por apoyarme siempre y estar junto a mí en todo momento. Quiero manifestar mi gratitud a cada uno de los docentes que con su ejemplo, motivación y enseñanzas me han permitido formarme como persona y académicamente, especialmente a mi tutor Ing. Javier Palacios por permitirme aprender de su conocimiento que me hicieron crecer día a día como profesional, gracias a su apoyo y su amistad. Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos mis amigos que me ayudaron y apoyaron siempre en esta linda etapa universitaria.

Santiago Anderson Berrones Galarza

Tabla de contenido

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1. Planteamiento del Problema.....	15
2. Objetivos	15
2.1 General.....	15
2.2 Específicos.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	15
1. Agregados basados en nanosílice.	15
2. Contribución de los aditivos basados en nanosílice.	17
3. Hormigón de Alta resistencia.	17
4. Componentes del Hormigón.....	17
5. Cemento.	17
5.1 Cemento Portland:.....	18
6. Clasificación del Cemento.	18
7. Selección del tipo de Cemento.....	18
8. Árido.....	18
9. Árido Fino.	19
10. Árido Grueso.	19
11. Plastificante.	19
11.1 Sika ViscoCrete 4100	19
11.1.1 Usos	19
12. Nanosílice	19
12.1 Sikacrete NT (Sikatell)	19
12.1.1 Usos	20
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	20
8. Cronograma del trabajo investigativo.....	23
9. Ensayos a los materiales	23
9.1 Granulometría.....	24
9.2 Densidad y absorción de agregados	24
9.3 Peso unitario de los agregados	25

10.	Ensayos del concreto en estado fresco	25
10.1	Contenido de aire en el concreto en estado fresco	25
10.2	Densidad del concreto en estado fresco.....	25
10.3	Asentamiento del hormigón en estado fresco.....	26
10.4	Vibrado Manual	26
11.	Ensayos del concreto en estado endurecido	26
11.1	Resistencia a la compresión.....	26
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		27
12.	CURVA DE RESISTENCIA VS TIEMPO.....	36
13.	CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN.....	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		38
CONCLUSIONES		38
RECOMENDACIONES.....		39
BIBLIOGRAFÍA		40
ANEXOS.....		42

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Equivalencia de los Tipos de Cemento y su Descripción (ASTM C 1157, 2003)	18
Tabla 2. Estructura de Distribución de Tareas (EDT)	23
Tabla 3. Dosificación 1, para un concreto de alta resistencia.	27
Tabla 4. Resultados Dosificación 1, para un concreto de alta resistencia.....	27
Tabla 5. Dosificación 2, para un concreto de alta resistencia.	29
Tabla 6. Resultados Dosificación 2, para un concreto de alta resistencia.....	29
Tabla 7. Dosificación 3, para un concreto de alta resistencia.	30
Tabla 8. Resultados Dosificación 3, para un concreto de alta resistencia.....	30
Tabla 9. Dosificación 4, para un concreto de alta resistencia.	32
Tabla 10. Resultados Dosificación 4, para un concreto de alta resistencia.....	32
Tabla 11. Dosificación 5, para un concreto de alta resistencia.	33
Tabla 12. Resultados Dosificación 5, para un concreto de alta resistencia.....	33
Tabla 13. Dosificación 6, para un concreto de alta resistencia.	35
Tabla 14. Resultados Dosificación 6, para un concreto de alta resistencia.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Izquierda: Microsílice en polvo. Derecha: Nanosílice en polvo.	16
Figura 2. Izquierda: Microsílice en polvo. Derecha: Aditivo basado en nanosílice.....	16
Figura 3. Metodología de Investigación del proyecto	21
Figura 4. Curva granulométrica- agregado fino- Mina Flores.	24
Figura 5. Curva granulométrica-agregado grueso- Mina Flores.	24
Figura 6. Ensayo de densidad del concreto fresco	25
Figura 7. Ensayo de asentamiento del hormigón fresco	26
Figura 8. Cilindros previos al ensayo de compresión.....	26
Figura 9. Máquina de prueba universal hidráulica.....	27
Figura 10. Resistencia a la Compresión dosificación 1-HE	28
Figura 11. Resistencia a la Compresión dosificación 2- HE	30
Figura 12. Resistencia a la Compresión dosificación 3-HE	31
Figura 13. Resistencia a la Compresión dosificación 4-HE- Mezcla Patrón	33
Figura 14. Resistencia a la Compresión dosificación 5-HE	34
Figura 15. Resistencia a la Compresión dosificación 6-HE	36
Figura 16. Curva de maduración Resistencia vs Tiempo.....	36
Figura 17. Diagrama de Esfuerzo vs Deformación-Ensayo 7 días.	37
Figura 18. Diagrama de Esfuerzo vs Deformación-Ensayo 28 días.	37

Figura 19. Curva de maduración Resistencia vs Tiempo.....	38
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 3 días.	42
Anexo 2. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 3 días.	42
Anexo 3. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 7 días	42
Anexo 4. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 7 días.	42
Anexo 5. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 14 días.	43
Anexo 6. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 14 días.	43
Anexo 7. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 28 días.	43
Anexo 8. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 28 días.	44
Anexo 9. Hoja técnica de nanosílice de la empresa SIKA.....	45
Anexo 10. Hoja técnica de aditivo plastificante de la empresa SIKA.	47
Anexo 11. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 1-7 días de edad.	49
Anexo 12. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 2-7 días de edad.	50
Anexo 13. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 1-28 días de edad.	51
Anexo 14. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 2-28 días de edad.	52

RESUMEN

El presente estudio está orientado en la fabricación de un hormigón de alto desempeño con la añadidura de partículas de nanosílice. Este aditivo inusual en la construcción se encuentra en fase de prueba y estudio; siendo de gran ventaja debido a las propiedades que otorga a todo tipo hormigón conforme con las investigaciones y resultados obtenidos a nivel nacional e internacional, ya que la nanosílice es un tema no profundizado al contacto con el hormigón. Los materiales para utilizar se obtuvieron de la mina Flores ubicada en el Cantón Penipe en la provincia de Chimborazo, se empleó el cemento tipo HE Cemento Chimborazo de alta resistencia inicial, buscando así potenciar a la ciudad de Riobamba y provincia de Chimborazo, promocionando que la provincia puede producir agregados de alta calidad y resistencia. Se elaboró una muestra patrón sin la adición de las partículas de nanosílice y otro diseño con estas partículas. Para luego poder contrarrestar los resultados de la muestra con y sin nanosílice, e identificar si en verdad gracias a este material se obtiene una mejor resistencia junto con el hormigón. Al final obtenemos la curva esfuerzo vs tiempo y la curva esfuerzo vs deformación del concreto de alta resistencia, así como una dosificación ideal para un hormigón de alta resistencia con agregados de la provincia de Chimborazo.

Palabras claves: nanosílice, hormigón de alta resistencia, aditivo de nanosílice, control de resistencia, hormigón de alto rendimiento, rendimiento alto, trabajabilidad, resistencia a compresión.

ABSTRACT

The present study is oriented towards the manufacture of a high-performance concrete with the addition of nanosilica particles. This unusual additive in construction is in the testing and study phase; being of great advantage due to the properties that it gives to all types of concrete in accordance with the research and results obtained at a national and international level, since nanosilica is a subject that has not been studied in depth when in contact with concrete. The materials to be used were obtained from the Flores mine located in the Canton Penipe in the province of Chimborazo, the cement type HE Cemento Chimborazo of high initial resistance was used, thus seeking to empower the city of Riobamba and the province of Chimborazo, promoting that the province can produce high quality and resistant aggregates. A standard sample was made without the addition of nanosilica particles and another design with these particles. In order to then be able to counteract the results of the sample with and without nanosilica, and to identify whether, thanks to this material, a better resistance is obtained together with the concrete. In the end, we obtain the stress vs. time curve and the stress vs. strain curve for high-strength concrete, as well as an ideal dosage for high-strength concrete with aggregates from the province of Chimborazo.

Keywords: nanosilica, high strength concrete, nanosilica additive, strength control, high performance concrete, high performance, workability, compressive strength.



Firmado digitalmente por:
DIANA CAROLINA
CHAVEZ GUZMAN

Reviewed by:

Lcda. Diana Chávez

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 065003795-5

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

Siendo el hormigón uno de los materiales más utilizados en el área de la construcción a nivel mundial y sabiendo las limitaciones que se tiene en la industria de la construcción en el Ecuador, surge la necesidad de producir y desarrollar un hormigón de alto desempeño, para cubrir todos los requerimientos de cualquier tipo de proyecto, sin importar las especificaciones que este exija.

La tecnología del hormigón tras muchas experiencias realizadas muestra la relevancia de la calidad de los materiales utilizados, haciendo hincapié en el cumplimiento de normativas para su aceptación. Basados en las propiedades de los elementos y una cuidadosa dosificación, se logran hormigones con mejores características. Sin embargo, el uso de los componentes básicos del concreto (cemento, piedra, agua y arena) resultan no ser suficientes para cumplir las exigencias en determinadas obras. Es por ello la necesidad de la implementación de sustancias naturales o químicas en esta mezcla para proporcionar las características deseadas.

Entre las propiedades esenciales consideradas en los diseños de hormigones se destaca la resistencia a la compresión simple y la trabajabilidad. Se conoce que altas proporciones de cemento pueden otorgar mayores resistencias, pero esto genera otros desafíos en las propiedades de la mezcla, existiendo además una cantidad máxima permitida en los diseños, pasado de la cual se presenta retroceso en la resistencia. La creación de plastificantes y posteriormente superplastificantes llegó a revolucionar el mercado debido a la reducción de agua que este aditivo permite y a través de ello el incremento de resistencia sin verse afectada la trabajabilidad de la mezcla. La microsílíce es otro de los adelantos en el hormigón para desplegar altas resistencias. Gracias a sus características cementantes y su finura, permitiendo la producción de hormigones más densos y resistentes con la ayuda de superplastificantes. En el tema de nanotecnología los investigadores han alcanzado descubrimientos importantes, como el tamaño de las nanopartículas, menor a 100nm (Lamastra, 2022).

En la actualidad la nanotecnología ha permitido desarrollar nuevos productos, los cuales también incluyen a la industria de la construcción. Es así como se ha logrado un aditivo con las propiedades de la microsílíce, pero mil veces más pequeña. Este producto, conocido como nanosílíce o sílice en solución está siendo implementado en los diseños de concretos como una alternativa para mejorar las propiedades de los concretos (Arellano & Fierro, 2018).

Con la añadidura de nanosílíce es usual en concretos de alto impacto en el cual se pretende conseguir propiedades como alta resistencia mecánica y esencialmente máxima durabilidad, gracias a la disminución de la porosidad que este aditamento aporta. Las características de la nanosílíce son fructuosas para disminuir la porosidad y permeabilidad del concreto son completamente acreditadas y han sido sumamente estudiadas por distintos investigadores (Landázuri & Vásconez, 2019).

En términos generales se ve viable el cambio de aditivo especial de microsílíce a nanosílíce, actualmente en el país solo la empresa SIKA S.A produce este aditivo especial a base de

nanosílice, su obtención es importada por la misma empresa, que llega desde el país de Chile con la empresa Cognoscible Technologies (Duarte, 2013).

El progreso de esta clase de investigación en nuestro entorno y en la ciudad es algo desconocido y con esta investigación se pretende contribuir en la construcción y diseño de obras de gran magnitud.

1. Planteamiento del Problema

Se observa que el mundo de la construcción en la actualidad ha tenido enormes progresos tanto en lo estructural como tecnológico, la naturaleza del hombre día tras día en construir estructuras de alto impacto es cada día mayor.

Por esa razón surge la necesidad de crear un hormigón de alto desempeño, utilizando materiales más fuertes y seguros, en este trabajo se plantea la elaboración de un hormigón de alto impacto a la compresión, utilizando materiales de la zona, para así enaltecer a la ciudad de Riobamba y a la provincia de Chimborazo.

El hormigón de alta resistencia desempeña un papel excepcional en estructuras sometidas a diferentes ambientes atmosféricos, agresiones químicas y mecánicas. Permite la construcción de estructuras con características singulares, sirve para poder reducir secciones altamente comprimidas (muros o soportes).

2. Objetivos

2.1 General

- Elaborar la curva de Resistencia vs Tiempo de un concreto de alta resistencia con agregados de la cantera Flores, cemento Chimborazo, aditamento de nanosílice, para determinar sus beneficios y propiedades.

2.2 Específicos

- Analizar el comportamiento del hormigón de alta resistencia desarrollado con nanosílice a través de los ensayos de resistencia a la compresión, contenido de aire, densidad y trabajabilidad.
- Determinar la dosificación óptima para una resistencia mayor de 50 MPa.
- Realizar la curva esfuerzo vs deformación del concreto de alta resistencia.
- Evaluar el impacto ambiental del hormigón con la inclusión de nanosílice.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

1. Agregados basados en nanosílice.

Los aditamentos compuestos por nanosílice son esparcimientos acuosos de partículas de nanosílice de enorme pureza y la medida de las partículas incluso 100 veces menor al de la microsílice. En contraste la microsílice, que se consigue como un producto alterno de la manufactura siderúrgica, las partículas de nanosílice se consiguen por métodos de síntesis química, por consiguiente, su integridad es muy superior a la de la microsílice, con datos de contenidos de SiO₂ por arriba del 95% en términos generales.

Según investigaciones realizadas, en teoría las nanopartículas de sílice coloidal reaccionan con iones que produce el calcio en los periodos del cemento en estado de

hidratación, como resultado nos da un gel de silicato de calcio, en pocas palabras la reacción química es similar al mecanismo puzolánico por ende se alcanza iguales o mejores resistencias que las del cemento normal (Arredondo, Lazo, & Pico, 2020).

En la figura 1 se muestra la discrepancia entre la dimensión de partículas de la microsíllice normal y el de las partículas de nanosíllice. Se puede observar que la repartición de dimensiones de las partículas de la nanosíllice es mucho más homogénea que la microsíllice.

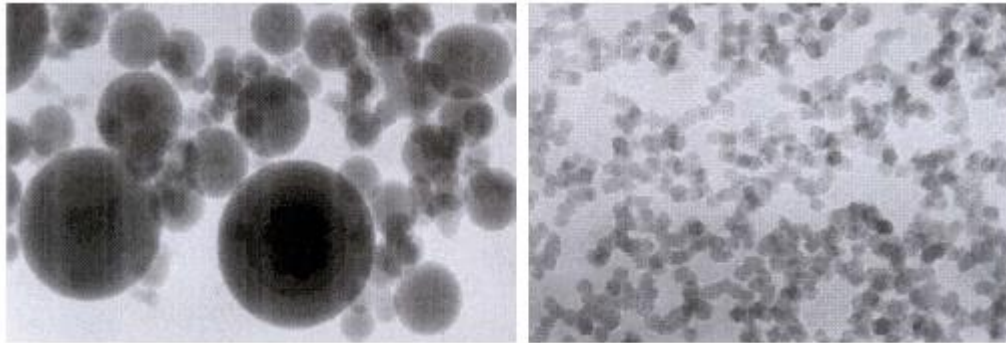


Figura 1. Izquierda: Microsíllice en polvo. Derecha: Nanosíllice en polvo.

Fuente: (Anfah, 2019)

Cuando se tiene en polvo la microsíllice, es de color gris oscuro o negro gracias a las impurezas que domina (son de color blanco las partículas de SiO_2). Eventualmente, y como primer señalizador de la integridad superior, las partículas de los agregados de nanosíllice sintética son de color blanco, tal y como se muestra en la figura 2. Esta cualidad permite desarrollar el rango de estudios posibles, principalmente en el tema de hormigones arquitectónicos, ya que la añadidura de aditivos de nanosíllice no influye en el color del concreto (Pawel & Rucinska, 2020).



Figura 2. Izquierda: Microsíllice en polvo. Derecha: Aditivo basado en nanosíllice.

Fuente: (Anfah, 2019)

La pureza superior del producto junto con su mayor finura involucra que la reactividad de las partículas de nanosíllice sea preferente a las de microsíllice, a equivalencia de contenido activo. Por consiguiente, se pretende menor cantidad de nanosíllice para alcanzar las prestaciones deseadas tanto en perfeccionamiento de resistencias como en propósitos de mejora de la durabilidad del hormigón (Anfah, 2019).

En la actualidad dentro del mercado en general se producen muchos aditivos a base de nanosílice en distintas presentaciones como en gel, lechadas acuosas, etc. Nosotros debemos ver cuál es la solución que más se acople a nuestras necesidades (Quercia & Spiesz, 2014).

2. Contribución de los aditivos basados en nanosílice.

Los agregados fundamentados en nanosílice contribuyen progresos de comportamiento frente a la microsílice en polvo convencional tanto en estado endurecido del hormigón, como en estado fresco del hormigón. Esta versión ha sido fundamentada por numerosas divulgaciones científicas y por una extensa recopilación de estudios prácticos y reseñas de obras, tanto locales como internacionales. En Europa, más precisamente en España los aditivos líquidos basados en dispersiones de partículas de nanosílice se introdujo en 2003, y desde allí su manejo ha sido continuo y en crecimiento, ratificando su contribución indiscutible (Anfah, 2019).

La nanosílice produce partículas de CSH, que en términos generales es el pegamento del concreto y lo mantiene cohesionado (Arredondo et al., 2020).

Cabe mencionar que la distribución de tamaños y el área superficial específica se definen por parámetros de acuerdo con el proceso de síntesis. La nanosílice común es de inferior cristalinidad, ofreciendo elevada reactividad y una mayor pureza (Dávila, Da Costa, & Duarte, 2017).

3. Hormigón de Alta resistencia.

A nivel mundial en la construcción el hormigón es uno de los elementos más utilizados. Por ello la optimización y progreso a la que ha estado envuelto desde su descubrimiento hasta la actualidad ha sido valioso, obteniendo adaptaciones del compuesto lo mejor posible a cada escenario y proyecto.

Al referirnos a hormigones de altas prestaciones hacemos referencia a hormigones con propiedades durables frente a agresiones químicas- mecánicas y patologías superiores a los hormigones tradicionales. Su empleo está muy extendido en la producción de estructuras de obra civil ya que puede obtener resistencias superiores a los 70 MPa (Fuentes, Zúñiga, Díaz, Rocha, & Díaz, 2014).

4. Componentes del Hormigón.

Los hormigones de alta resistencia se forman de gravas y cementos de altas prestaciones mecánicas, humo de sílice y aditivos superplastificantes. La particularidad de esta unión es la baja relación agua cemento, como resultado el hormigón resultan muy compacto (Ingenieros Asesores, 2019).

5. Cemento.

El cemento es un agregado en polvo fino que se consigue con la calcinación a 1,450°C de una miscelánea de arcilla, mineral de hierro y piedra caliza. Luego de todo este proceso de calcinación se obtiene el clínker, el principal ingrediente del cemento, que se pulveriza finamente con aditivos y yeso para producir cemento.

Este agregado al unirse con agua forma una pasta homogénea que fragua y endurece por las reacciones de hidrólisis e hidratación, altamente exotérmicas de sus constituyentes y

da fin a la alineación de productos hidratados estables y automáticamente resistentes (Mendoza & Aurelio, 2013).

En el mundo el material más empleado es el cemento. Aportando características útiles e ideales como son: resistencia a la compresión (el material de construcción con la mayor resistencia por costo unitario), estética y durabilidad para una variedad de aplicaciones en el área de la construcción (Cemex, 2022).

5.1 Cemento Portland:

El cemento portland es producido a través la trituración del clínker de portland combinado principalmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene comúnmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una añadidura durante la pulverización (INEN 1762, 2015).

En Ecuador todo tipo de cemento debe acatar con las especificaciones NTE INEN 152 o NTE INEN 490.

6. Clasificación del Cemento.

En la tabla 1, se visualiza los diferentes tipos de cemento y la equivalencia entre los cementos portland y los cementos hidráulicos por su desempeño.

Tabla 1. Equivalencia de los Tipos de Cemento y su Descripción (ASTM C 1157, 2003)

Cementos por Desempeño	Tipos de Cementos	Cementos Portland
GU	Uso General	Tipo I
HE	Alta Resistencia Inicial	Tipo III
HS	Alta Resistencia a los Sulfatos	Tipo V
MS	Moderada Resistencia a los Sulfatos	Tipo II
MH	Moderado Calor de Hidratación	Tipo IV
LH	Bajo Calor de Hidratación	Tipo II

Fuente: (Arellano & Fierro, 2018)

7. Selección del tipo de Cemento.

Los primeros ensayos que se realizó en los laboratorios de la empresa SIKA S.A, se consideró los cementos de tipo GU y HE de marca Cemento Chimborazo. Al notar que con el cemento GU no se obtenía una resistencia inicial favorable, se procedió a realizar todos los ensayos con HE (Alta Resistencia Inicial), debido a las propiedades y los requerimientos necesarios para realizar esta investigación. Es usual pensar en un cemento con mejores características para conseguir un hormigón de alto impacto.

8. Árido.

Los áridos son materiales granulares como: grava, arena, piedra triturada o escoria de altos hornos de hierro, que se utilizan generalmente con una clase de cemento para la fabricación de hormigón de cemento hidráulico (INEN 1762, 2015).

Para el desarrollo de este trabajo se manejó agregados de la Cantera Flores del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

9. Árido Fino.

Es el resultado de tener un agregado grueso y su disgregación natural y la abrasión de rocas, o del proceso de disgregación de conglomerados rocosos ligados débilmente o confinados (NTE INEN 872, 2011).

10. Árido Grueso.

Material granular grueso resultado de la disgregación natural y la abrasión de rocas, o del proceso de desintegración de conglomerados rocosos ligados débilmente o confinados (INEN 1762, 2015).

11. Plastificante.

Químico que nos ayuda a la reducción de agua. Permite disminuir la relación agua/cemento, sustentando la trabajabilidad del hormigón (INEN 1762, 2015).

11.1 Sika ViscoCrete 4100

Es un agregado químico de altas prestaciones e hiperplastificante, compuesto con los polímeros policarboxilatos de la compañía SIKA S.A, creado para cumplir con todo lo que establece la Norma ASTM C- 494.

El estudio de nanomateriales en productos de cemento mejora significativamente sus propiedades. Evidentemente, la eficacia de los materiales depende de su cantidad y de la forma en que se introducen en el sistema (Kotsay, 2017).

11.1.1 Usos

- Puedo ser utilizado, tanto en hormigón premezclado, así como en prefabricados, añadido en la planta como un reductor de agua de alto impacto.
- Es ideal para la fabricación de hormigones autocompactados (Sika ViscoCrete 4100, 2015).

12. Nanosílice

Las partículas de nanosílice están en estado acuoso procedentes de las partículas micro finas de dióxido de silicio amorfo (SiO_2). La nanosílice presenta menor tamaño, alta pureza y reactividad, una característica cristalina parecida al humo de sílice, por ende, se pretende obtener resultados superiores con su uso (Castro & Pandolfelli, 2013).

La nanosílice es un nano químico en estado acuoso (lechada), de apariencia turbia y ligeramente viscosa, combinado a base de sílice con partículas de volumen nanométrico. Es de alta actividad, un gran reductor de agua y por la puzolana se une adecuadamente con el cemento y por ende alcanza las resistencias requeridas (Arredonso, Lazo, & Pico, 2021).

La elección de la cantidad adecuada de nanosílice es crucial para las propiedades del cemento y propiedades mecánicas de los morteros (Meng, Yu, Lian, & Meng, 2020).

12.1 Sikacrete NT (Sikatell)

Es un aditivo líquido para hormigón compuesto principalmente por nanopartículas de dióxido de Sílice (SiO_2) en estado coloidal. Permite controlar la exudación y segregación del hormigón, reducir su permeabilidad, mejorar sus resistencias, aumentar la

durabilidad y otorgar una mejor terminación a las superficies de hormigón. Puede reemplazar la microsílíce especificada en un hormigón realizando ensayos previos para determinar dosis necesaria. No contiene cloruros ni otras sustancias dañinas para el hormigón.

12.1.1 Usos

- Hormigón de alta resistencia.
- Hormigón Autocompactante.
- Hormigón de alto desempeño y durabilidad.
- Morteros y lechadas de inyección.
- Como reemplazo de microsílíce (Sikacrete Nt, 2020).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

Dentro del campo de aplicación el estudio de esta investigación se enfoca directamente a una investigación decampo y experimental, en base a un análisis científico y técnico y mediante un razonamiento empírico–racional, de los datos obtenidos, por ende se utilizara un método cuantitativo ya que se analizaron las diferentes pruebas físicas de los agregados, y cemento, para medir su esfuerzo a tracción del hormigón de alta resistencia, para ello se realizara ensayos de cilindros y los resultados con un plan estratégico de control de calidad de estas materias primas.

1. Tipo de Investigación

Investigativo-Experimental: El presente estudio tiene como fin solucionar un problema indeleble en los diseños de hormigón de alto desempeño. Ya que existe escasa investigación sobre las propiedades de los concretos de alta resistencia en el campo de la construcción, por lo cual este estudio se enfoca claramente en la técnica de investigación personal con el método investigativo de campo, exploratorio, experimental y de observación.

2. Diseño Experimental

Este proyecto tiene como finalidad caracterizar los hormigones convencionales de alta resistencia con adiciones de nanosílíce y el material extraído de la mina Flores en la provincia de Chimborazo. Se valoró la resistencia a la compresión y se estudió la trabajabilidad de estos para diferentes dosificaciones.

3. Metodología de investigación

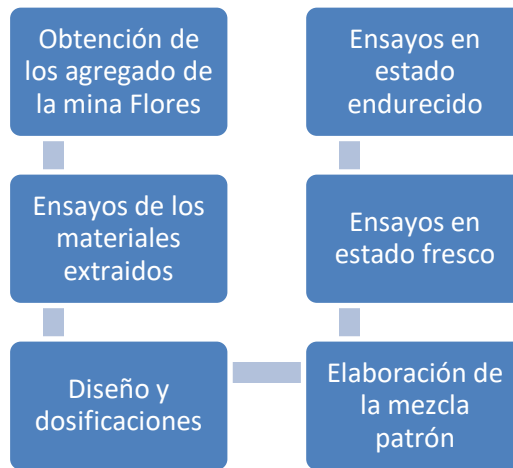


Figura 3. Metodología de Investigación del proyecto

Fuente: (Arellano & Fierro, 2018)

4. Diseño de Investigación

Para la evolución de la investigación se efectuó la determinación de los materiales que cumplan los requerimientos para la obtención del concreto de alto impacto, los materiales a usarse son:

- Cemento Chimborazo Tipo HE
- Agregados de la Cantera Flores
- Agua
- Nanosílice (Sikacrete NT)
- Plastificante (Sika ViscoCrete 4100)

Luego de tener seleccionado los aditivos y agregados necesarios, se obtuvo los modelos para comparar sus propiedades en el laboratorio de ensayo de materiales de la compañía SIKA S.A en el cantón Durán, provincia del Guayas, los ensayos se realizaron durante 20 días. Se obtuvo las distintas características de los materiales, los ensayos elaborados fueron:

- Masa unitaria suelta árido grueso y fino
- Masa unitaria compactada árido grueso y fino
- Densidad y Absorción del Árido Grueso
- Densidad y Absorción del Árido Fino
- Granulometría del árido grueso y fino

Con los resultados obtenidos luego de estos ensayos de materiales, fue viable realizar un diseño patrón sin ninguna clase de aditivo y otro diseño patrón con la adición de nanosílice (Sikacrete NT) y con el plastificante (Sika ViscoCrete 4100), para poder realizar un contraste de estos dos diseños, proponiendo una repartición ideal de agregados, materiales y plastificantes, utilizando estos diseños en estructuras sometidas a grandes esfuerzos.

Al concluir este trabajo se exteriorizará un diseño ideal para un concreto de alto impacto a la compresión que superará los 50 MPa con áridos de la Cantera Flores y Cemento

Chimborazo, los ensayos se realizaron a los 3,7,14 y 28 días de edad del concreto, con porcentajes de nanosílice y plastificante de acuerdo con la hoja técnica del producto de lo que recomienda la empresa fabricante.

5. Técnicas de Recolección de Datos

Con la investigación realizada en los Laboratorios de Ensayos de Materiales de la empresa SIKA S.A, en donde se realizó todos los ensayos. Las técnicas de recolección de datos fueron la experimentación y observación, tanto directa como indirectamente, para agrupar información con hojas electrónicas para su posterior tabulación, interpretación y obtención de resultados y conclusiones de los objetivos idealizados en este trabajo.

Observación directa: Con esta técnica directa se pudo ver el comportamiento de los distintos diseños del concreto durante su elaboración, vaciado, curado y ensayo a la compresión.

Observación indirecta: Fue posible la observación directa al momento del diseño de la mezcla, vaciado, mezclado, secado y su posterior curado, para así recoger la mayor cantidad de información de las pruebas realizadas.

Revisión literaria: Para la recolección de información literaria, se hizo uso de: foros, artículos científicos, tesis de grado. Todo esto ayudara a tener referencias sobre el tema de esta investigación que nos ayudara a sintetizar nuestro trabajo.

6. Población de Estudio y Tamaño de Muestra

6.1 Población

El diseño ideal con los materiales constituidos es la base de esta investigación, para lograr un concreto de alta resistencia que sobrepase los 50 MPa, para la posterior elaboración de la curva de resistencia vs tiempo. De igual manera se necesitó normas establecidas, folletos o manuales de procesos técnicos, que avalen o rechacen el problema de esta investigación. Dando como resultado final un diseño óptimo para hormigones de alto impacto, y este puede ser utilizado en estructuras de gran impacto con grandes luces, cimentaciones profundas, durmientes para puentes, etc.

6.2 Muestra

Ya que la muestra es un fragmento representativo de la población, en nuestro trabajo representa la cantidad de datos para determinar un parámetro en una establecida actividad. Es decir, para nuestro estudio se tiene árido nominal de agregado grueso de $\frac{3}{4}$ in, con lo cual se realizó como muestra 8 cilindros para las distintas dosificaciones ensayadas a los 3,7,14 y 28 días de edad. La recopilación de datos se realizó mediante un control de calidad de los materiales y con un buen cronograma de trabajo, para así tener un control de dosificación estricto.

7. Métodos de análisis, y procesamiento de datos

En esta investigación se usó para el proceso de datos el método inductivo-deductivo y analítico. Ya que los datos de los materiales del hormigón superior a 50MPa contribuyen al análisis de los valores característicos de los agregados para el diseño del concreto de alto impacto.

Estos análisis de datos se lo realizan en contraste con los conceptos del marco referencial para así poder encontrar una respuesta al problema de la investigación de este trabajo, para poder fomentar los resultados, tomando en cuenta a que publico va dirigido los resultados y a quienes benefician los mismos.

8. Cronograma del trabajo investigativo

Para definir las actividades tiempos y secuencia de la metodología plantearemos una Estructura de Distribución de Tareas (EDT) que se detalla a continuación.

Tabla 2. Estructura de Distribución de Tareas (EDT)

Ítem	Actividad	Precedencia	Tiempo (Días)
A	Planteamiento de la hipótesis	-	4
B	Revisión bibliográfica (artículos científicos)	A	10
C	Identificación del nicho investigación	A	5
D	Análisis de problema de investigación	B	4
E	Diseño del problema de investigación	B	4
F	Objetivos de la investigación	C	2
G	Pregunta de investigación	D	3
H	Justificación de la investigación	E	2
I	Posibilidad de la investigación	F	3
J	Valoración de las deficiencias en el conocimiento del problema	G	5
K	Desarrollo de la perspectiva teórica	H	6
L	Visualización del alcance de estudio	I	5
M	Formulación de hipótesis	J	3
N	Desarrollo del diseño de investigación	K	6
O	Definición de variables	L	4
P	Selección de la muestra	M	4
Q	Recolección de datos	N	5
R	Grado de confiabilidad	O	8
S	Análisis de datos	P	12
T	Resultados	Q	10
U	Conclusiones	R	5
V	Bibliografía	S	4
W	Apéndices	T	3
X	Revisión final	U	3

Fuente: (Grupo 10. Proyectos de Graduación)

9. Ensayos a los materiales

Se realizaron ensayos a los materiales de acuerdo con la norma ASTM C33, los cuales se detallan a continuación:

9.1 Granulometría

El análisis de granulometría se comprende por el método manual o mecánico por el cual se puede separar las partículas del agregado según dimensiones, de tal manera que se puedan estar al tanto de las cantidades en peso de cada tamaño que contribuye al peso total (UCA, 2020).

Lo que se busca generalmente con este ensayo son los porcentajes retenidos y acumulados en cada malla para la elaboración de la curva granulométrica.

Norma de Referencia: ASTM D422.

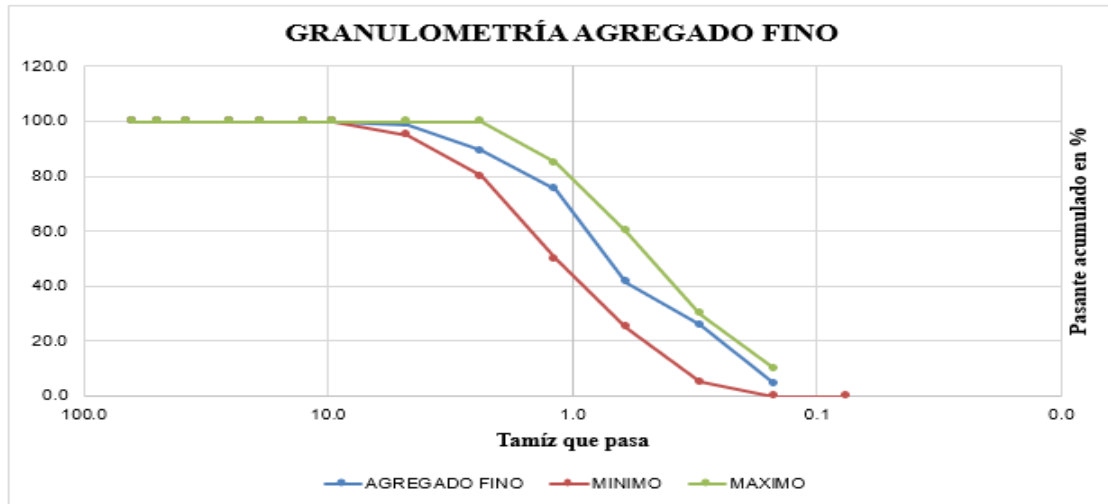


Figura 4. Curva granulométrica- agregado fino- Mina Flores.

Fuente: Laboratorios SIKA S.A

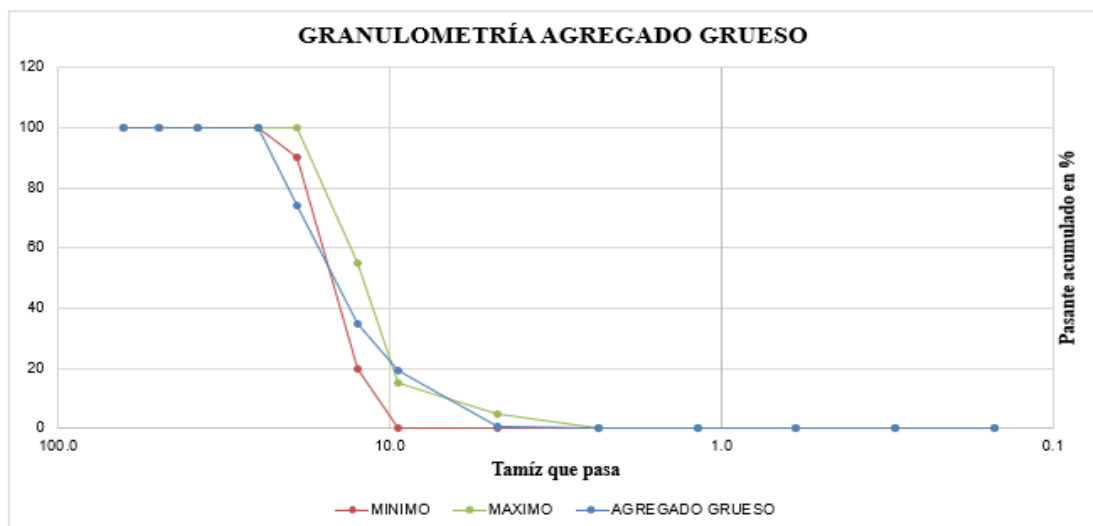


Figura 5. Curva granulométrica-agregado grueso- Mina Flores.

Fuente: Laboratorios SIKA S.A

9.2 Densidad y absorción de agregados

Su utilidad es para establecer por secado, el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado, esta técnica es bastante exacta para el arreglo de los pesos en mezclas de concreto o similares, puede pasar que la técnica no sea viable o que se requiera

alterarse cuando el agregado ha sido alterado por calor, o cuando se necesite mediciones más exactas. Para el peso específico esta norma manifiesta el método de ensayo para establecer el peso específico aparente, el peso específico saturado superficialmente seco a 230°C, peso específico nominal y la absorción de los agregados.

El porcentaje de absorción permite pronosticar la variación de masa en la arena correspondiente al agua absorbida por los poros de las partículas del agregado fino contrastado con el estado seco del material (Arellano & Fierro, 2018).

Normas de Referencia: ASTM C127 y ASTM C128

9.3 Peso unitario de los agregados

El peso unitario es la relación entre la masa de un agregado en estado seco y el volumen que ocupa, incorporando los vacíos que existen en el agregado.

Para la investigación se tomaron las mediciones de las masas y con ellas se obtuvo las masas unitarias de los agregados. Los resultados son necesarios para la dosificación de mezclas de concreto hidráulico.

Norma de Referencia: ASTM C138

10. Ensayos del concreto en estado fresco

10.1 Contenido de aire en el concreto en estado fresco

Este ensayo determina el contenido de aire de concreto recién mezclado a partir de la visualización del cambio de volumen del concreto con un cambio en la presión. El estudio permite establecer el contenido de aire por medio del ensayo de presión.

Norma de Referencia: ASTM C231

10.2 Densidad del concreto en estado fresco

El peso unitario es el término previo usado para referir la propiedad determinada por este método de ensayo, el cual es masa por unidad de volumen. La densidad del concreto en estado fresco se requiere de las propiedades de los agregados.

Norma de Referencia: ASTM C138



Figura 6. Ensayo de densidad del concreto fresco

Fuente: Autor (2022)

10.3 Asentamiento del hormigón en estado fresco

Es el ensayo más común que se lo realiza en campo, para conocer la trabajabilidad, el comportamiento plástico y un asentamiento inferior a 24cm.

Norma de Referencia: ASTM C143



Figura 7. Ensayo de asentamiento del hormigón fresco

Fuente: Autor (2022)

10.4 Vibrado Manual

La vibración manual nos permite que exista mejor adición de los agregados, nos ayuda a compactar de una manera más óptima el concreto.

La repetición del vibrador debe ser por lo menos de 7000 vibraciones por minuto [115 Hz] mientras el vibrador esté ejecutándose en el concreto.

Norma de Referencia: ASTM C192-07

11. Ensayos del concreto en estado endurecido

11.1 Resistencia a la compresión

Para determinar la resistencia a compresión de los distintos cilindros con un diámetro de 10cm y altura de 20 cm se lo realiza en la prensa hidráulica a los 3, 7, 14 y 28 días de edad.

Norma de Referencia: ASTM C39

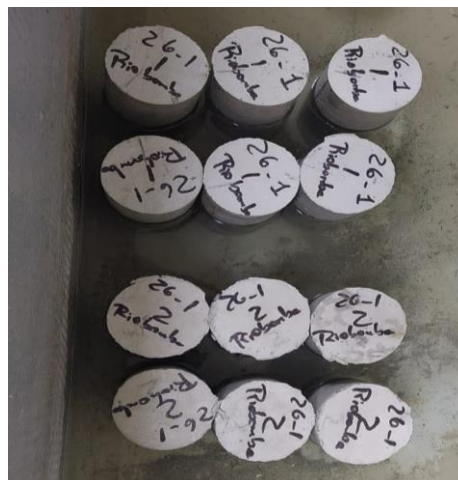


Figura 8. Cilindros previos al ensayo de compresión

Fuente: Autor (2022)



Figura 9. Máquina de prueba universal hidráulica

Fuente: Autor (2022)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados se lograron obtener luego de los ensayos a compresión de las distintas muestras planteadas en esta investigación, dónde se analizará mediante tablas y gráficos, se interpretará los resultados de tal forma que se pueda responder el problema de investigación.

Tabla 3. Dosificación 1, para un concreto de alta resistencia.

DOSIFICACIÓN 1	
AGREGADO	UNIDAD
Cemento HE	7.20 kg
Agua	3.720 kg
Arena Río	10.99 kg
Grava 3/4	11.88 kg
Nanosílice 3% (Sikacrete NT)	216 gr
Plastificante 0.50% (Sika ViscoCrete 4100)	36 gr

Fuente: Autor (2022)

Como primera instancia para la dosificación 1 se pretendió replicar estudios anteriores con los mismos volúmenes de agregados, el aditivo nanosílice a un 3% como recomienda la hoja técnica del producto para alcanzar la resistencia máxima y con un 0.50% de plastificante de igual forma como recomienda la hoja técnica del producto.

Tabla 4. Resultados Dosificación 1, para un concreto de alta resistencia.

Dosificación 1-HE-Ensayo a los 3 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.78	112.05	14.27	146
3.89	106.94	13.62	139
Dosificación 1-HE-Ensayo a los 7 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.86	235.08	29.94	305
3.91	222.62	28.36	289
osificación 1-HE-Ensayo a los 14 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.88	301.75	38.43	392
3.87	287.23	36.58	373
Dosificación 1-HE-Ensayo a los 28 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.83	238.22	30.33	309
3.91	279.88	35.64	363

Fuente: Autor (2022)

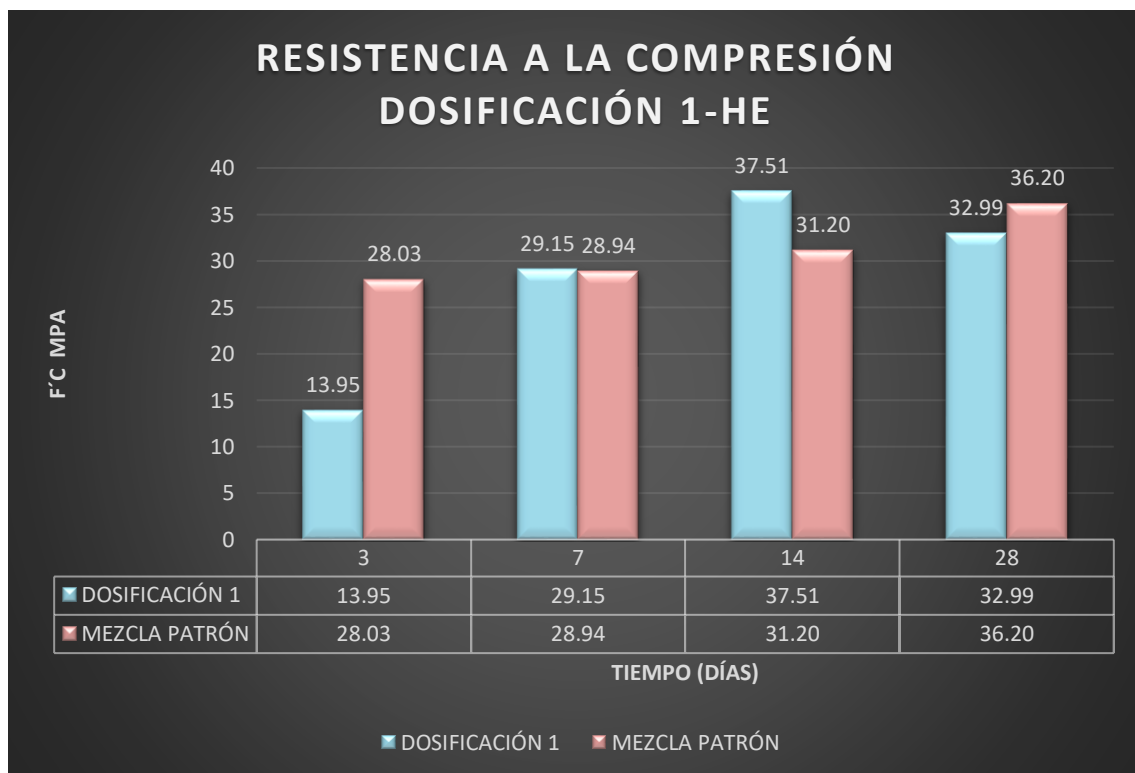


Figura 10. Resistencia a la Compresión dosificación 1-HE

Fuente: Autor (2022)

En la figura 10 se puede observar las resistencias alcanzadas a los 3,7,14 y 28 días de edad de las muestras, obteniendo así la mezcla patrón una resistencia de 36.20 MPa equivalente a 72.40 % de la resistencia requerida a los 28 días, ya que se requiere sobrepasar los 50 MPa. En cambio, con la dosificación 1 ya con el aditivo al 3% y el plastificante al 0.5 % se llegó a una resistencia de 32.99 MPa equivalente al 65.98 % de la resistencia requerida. Po lo que

se evidencia que esta dosificación aún no es suficiente para resolver el problema de este estudio.

Tabla 5. Dosificación 2, para un concreto de alta resistencia.

DOSIFICACIÓN 2	
AGREGADO	UNIDAD
Cemento HE	7.20 kg
Agua	3.720 kg
Arena Río	10.99 kg
Grava 3/4	11.88 kg
Nanosílice 3% (Sikacrete NT)	216 gr
Plastificante 0.25% (Sika ViscoCrete 4100)	18 gr

Fuente: Autor (2022)

En la dosificación 2 se replicó la dosificación 1 con un cambio importante en el plastificante ya que se redujo al 0.25% del peso del cemento, para así poder lograr una mejor resistencia sabiendo que el plastificante es reductor de agua, entre menos agua tenga el hormigón mayor será su resistencia.

Tabla 6. Resultados Dosificación 2, para un concreto de alta resistencia.

Dosificación 2-HE-Ensayo a los 3 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.82	118.72	15.12	154
3.84	116.92	14.89	152
Dosificación 2-HE-Ensayo a los 7 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.89	199.83	25.45	260
3.86	204.39	26.03	265
Dosificación 2-HE-Ensayo a los 14 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.79	268.70	34.22	349
3.85	266.26	33.91	346
Dosificación 2-HE-Ensayo a los 28 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.88	282.83	36.02	347
3.81	296.73	37.79	380

Fuente: Autor (2022)

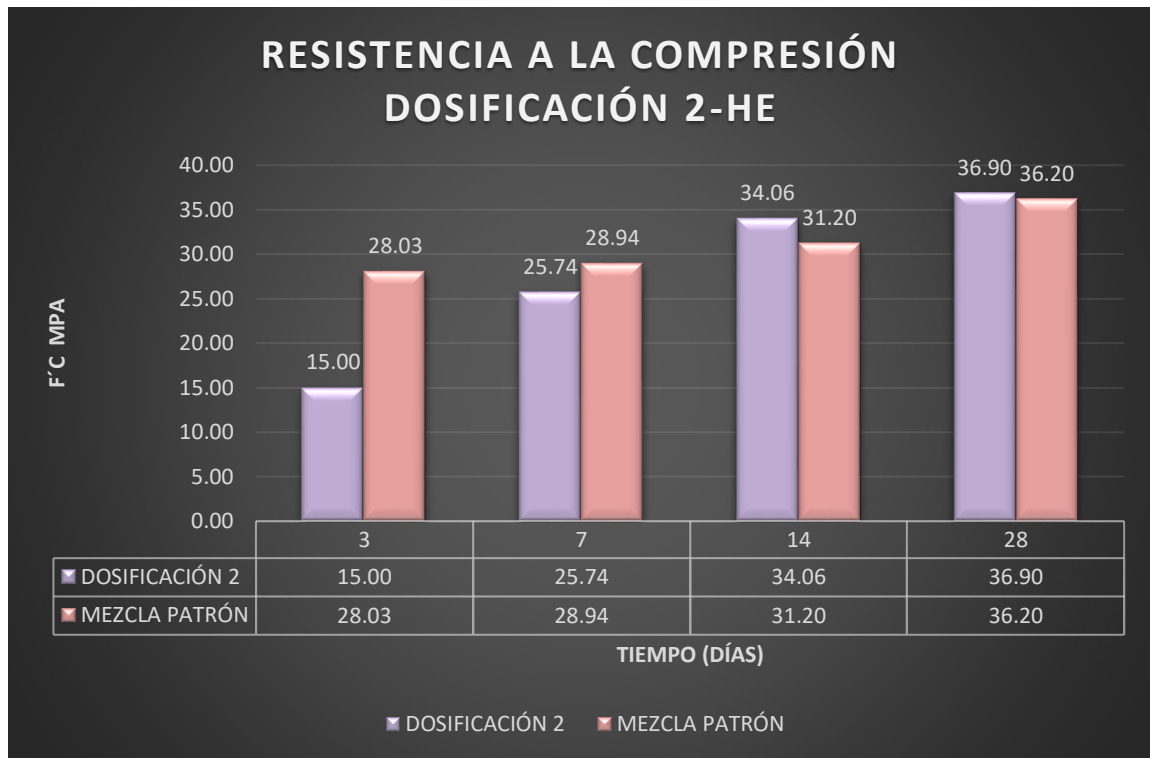


Figura 11. Resistencia a la Compresión dosificación 2- HE

Fuente: Autor (2022)

Analizando la figura 11 en el momento de rotura del cilindro a los 3, 7, 14 y 28 días de edad, se evidencia en la dosificación 2 una mejora mínima de resistencia con respecto a la dosificación 1 a los 28 días, ya que se alcanzó una resistencia de 36.90 MPa equivalente a 73.80% de la resistencia requerida en esta investigación. Comparando este resultado con la mezcla patrón lo sobrepasa mínimamente. Se seguirá buscando una dosificación óptima que cumpla con lo que se requiere en esta investigación.

Tabla 7. Dosificación 3, para un concreto de alta resistencia.

DOSIFICACIÓN 3	
AGREGADO	UNIDAD
Cemento HE	5.50 kg
Agua	2.36 kg
Arena Río	5.50 kg
Grava 3/4	8.25 kg
Nanosílice 3% (Sikacrete NT)	165 gr
Plastificante 0.25% (Sika ViscoCrete 4100)	9 gr

Fuente: Autor (2022)

Tabla 8. Resultados Dosificación 3, para un concreto de alta resistencia.

Dosificación 3-HE-Ensayo a los 3 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.90	132.07	16.82	172
3.78	121.40	15.46	158

Dosificación 3-HE-Ensayo a los 7 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.80	205.80	26.21	267
3.82	214.67	27.34	279
Dosificación 3-HE-Ensayo a los 14 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.91	291.31	37.10	378
3.79	289.20	36.83	376
Dosificación 3-HE-Ensayo a los 28 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
4.03	329.86	42.01	428
4.08	309.05	39.36	401

Fuente: Autor (2022)

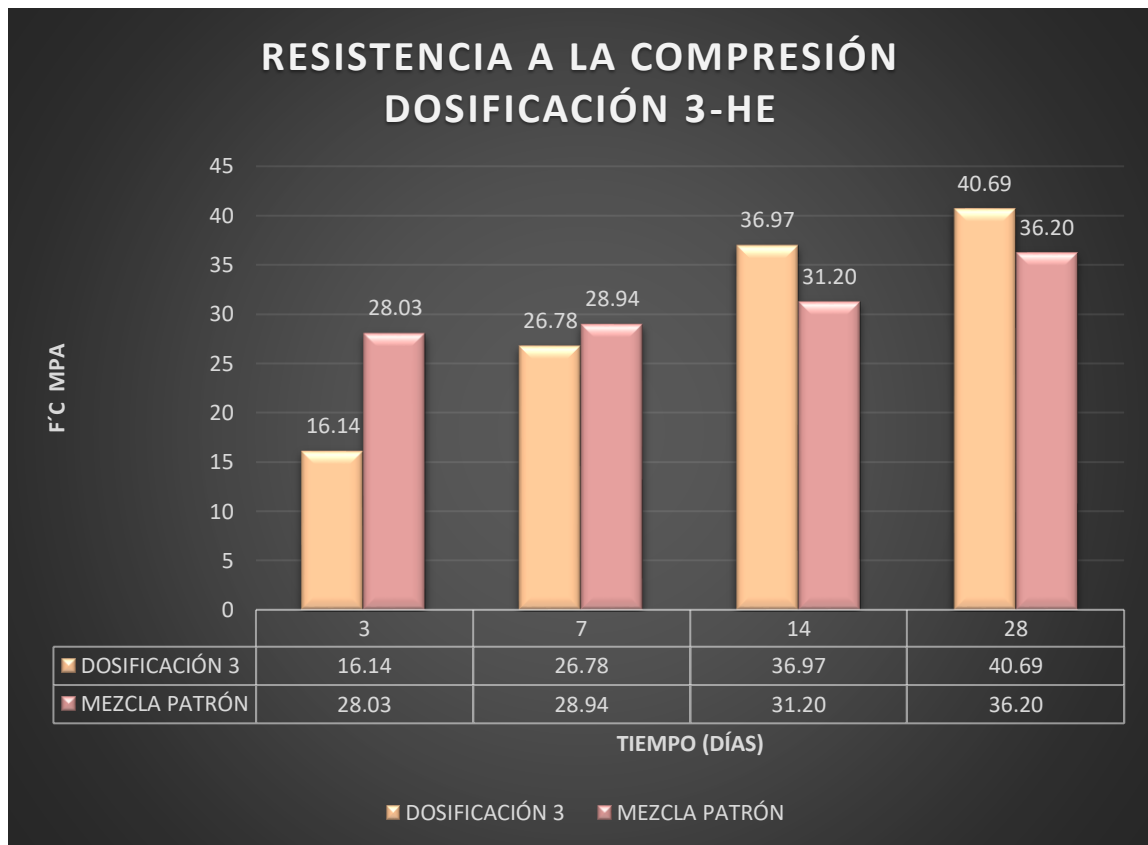


Figura 12. Resistencia a la Compresión dosificación 3-HE

Fuente: Autor (2022)

En el diagrama de barras mostrado en la figura 12, se puede evidenciar que la dosificación 3 obtuvo una resistencia de 40.69 MPa a los 28 días de edad, con lo que conlleva a un 81.38 % de la resistencia requerida en esta investigación. De igual forma se puede observar que los resultados del diseño con el aditivo y la mezcla patrón no se encuentran muy distantes. Se pretende mejorar las dosificaciones para alcanzar el objetivo planteado.

Tabla 9. Dosificación 4, para un concreto de alta resistencia.

DOSIFICACIÓN 4-MEZCLA PATRÓN	
AGREGADO	UNIDAD
Cemento HE	7.20 kg
Agua	2.52kg
Arena Río	12.38 kg
Grava 3/4	13.88 kg
Plastificante 0.25% (Sika ViscoCrete 4100)	18 gr

Fuente: Autor (2022)

Para la dosificación 4 fue factible obtener resultados sin el aumento del aditivo en la mezcla, para así poder tener una dosificación normal para poder contrarrestar con dosificaciones que si tengan nanosílice. Se conservo el mismo porcentaje del plastificante, así como el peso de los agregados de la dosificación 2.

Tabla 10. Resultados Dosificación 4, para un concreto de alta resistencia.

Dosificación 4-HE-Mezcla Patrón-Ensayo a los 3 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.91	225.82	28.76	293
3.90	214.36	27.30	278
Dosificación 4-HE-Mezcla Patrón-Ensayo a los 7 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.98	230.70	29.38	300
3.96	223.78	28.50	291
Dosificación 4-HE-Mezcla Patrón-Ensayo a los 14 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.90	244.75	31.17	318
3.92	245.22	31.23	318
Dosificación 4-HE-Mezcla Patrón-Ensayo a 28 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.97	280.94	35.78	365
3.94	287.46	36.61	365

Fuente: Autor (2022)

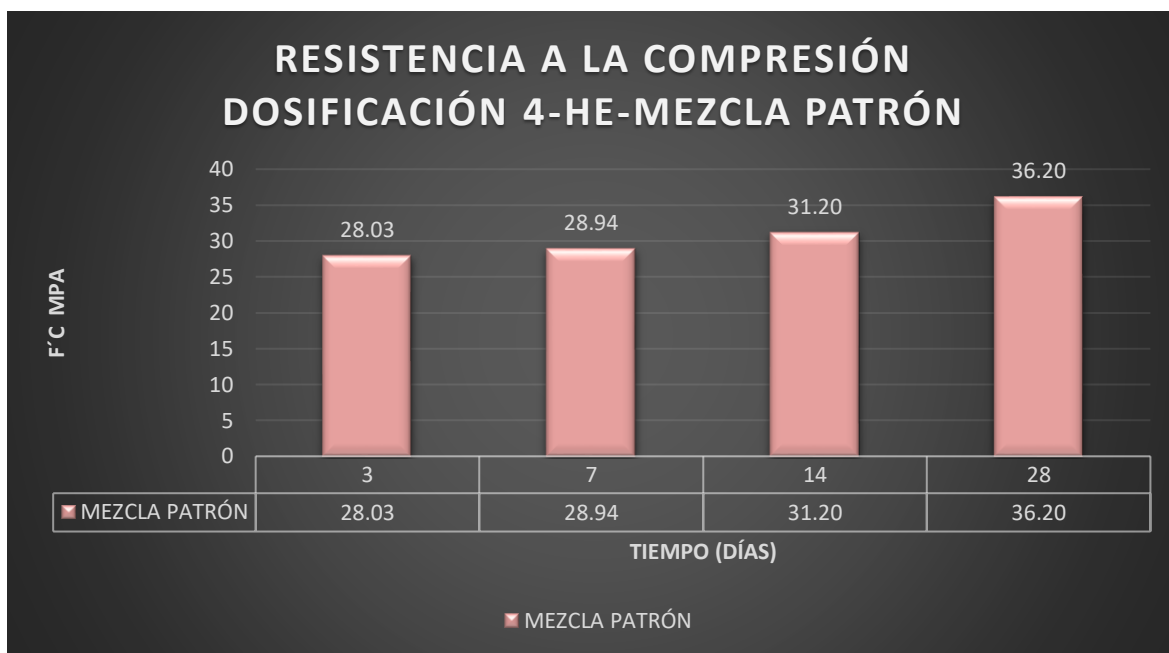


Figura 13. Resistencia a la Compresión dosificación 4-HE- Mezcla Patrón

Fuente: Autor (2022)

En la figura 13 se puede observar las distintas resistencias de un hormigón normal sin la adición de ninguna clase de aditivo, para conocer su resistencia máxima a los 28 días de edad que es de 36.20 MPa lo que equivale a 72.40% de la resistencia requerida.

Tabla 11. Dosificación 5, para un concreto de alta resistencia.

DOSIFICACIÓN 5-MEZCLA PATRÓN +NANOSILICE	
AGREGADO	UNIDAD
Cemento HE	7.20 kg
Agua	2.52 kg
Arena Río	12.38 kg
Grava 3/4	13.88 kg
Nanosílice 3% (Sikacrete NT)	216 gr
Plastificante 0.90% (Sika ViscoCrete 4100)	65 gr

Fuente: Autor (2022)

Para la dosificación 5 se realizó un nuevo diseño aumentando el peso de los agregados, conservando el peso del cemento, se conservó el porcentaje de adición de nanosílice y el plastificante se aumentó a 0.90% del peso del cemento.

Tabla 12. Resultados Dosificación 5, para un concreto de alta resistencia.

Dosificación 5-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice- Ensayo a los 3 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.91	300.65	38.29	391
3.92	302.22	38.49	393

Dosificación 5-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice- Ensayo a los 7 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.99	314.94	40.11	409
4.01	309.83	39.46	402
Dosificación 5-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice- Ensayo a los 14 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.92	322.80	41.11	419
3.91	317.93	40.49	413
Dosificación 5-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice- Ensayo a los 28 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm2
3.98	376.97	48.01	490
3.93	384.36	48.95	499

Fuente: Autor (2022)

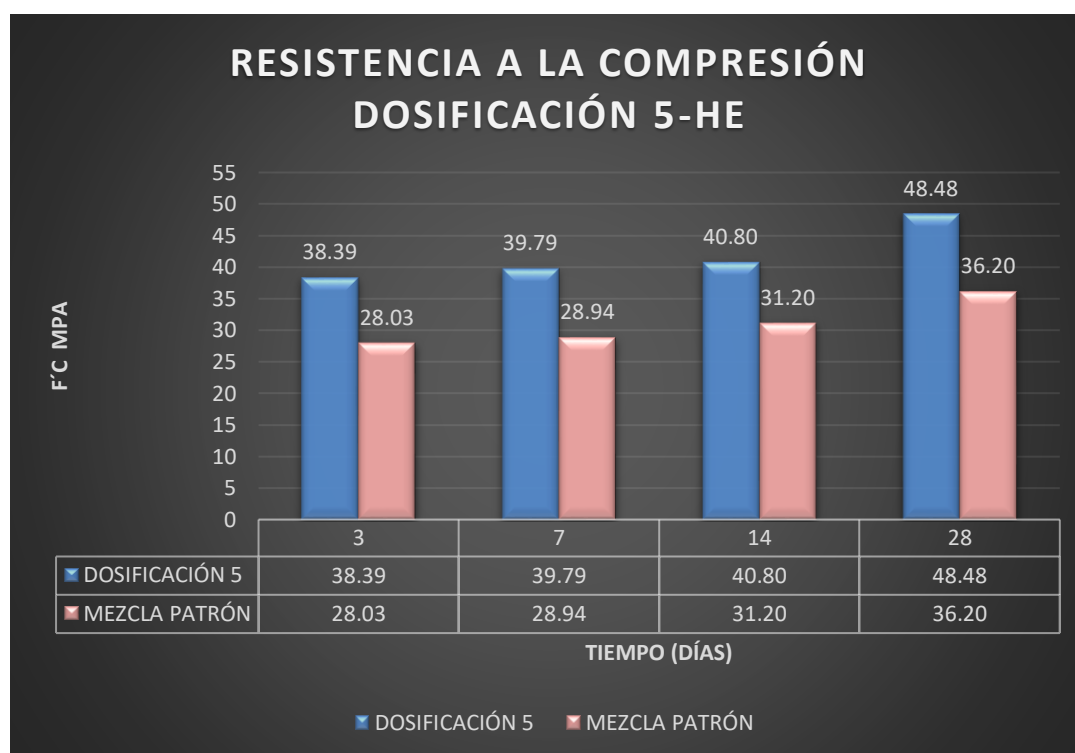


Figura 14. Resistencia a la Compresión dosificación 5-HE

Fuente: Autor (2022)

Como se observa en la figura 14 el ensayo a la compresión a los 28 días de la dosificación 5 llegó a una resistencia de 48.48 MPa lo que representa a 96.96% de la resistencia equivalente. Esto quiere decir que nos falta poco para alcanzar el objetivo planteado en esta investigación. Se puede observar al momento de realizar el ensayo a la compresión de las distintas muestras, las partículas de los agregados, los aditivos no se unen correctamente. Por eso se pretende realizar una vibración manual cuando el hormigón este fresco, para alcanzar mejores resultados.

Tabla 13. Dosificación 6, para un concreto de alta resistencia.

DOSIFICACIÓN 6-MEZCLA PATRÓN +NANOSÍLICE+VIBRADO	
AGREGADO	UNIDAD
Cemento HE	7.20 kg
Agua	2.52 kg
Arena Río	12.38 kg
Grava 3/4	13.88 kg
Nanosílice 3% (Sikacrete NT)	216 gr
Plastificante 0.90% (Sika ViscoCrete 4100)	65 gr

Fuente: Autor (2022)

Para el diseño de la dosificación 6, se tomó los mismos valores de la dosificación 5 pero esta vez se realizó la vibración manual del hormigón en estado fresco. Esto ayudara que las partículas de los agregados y aditivos se unan de mejor manera y así obtengamos una mejor resistencia.

Tabla 14. Resultados Dosificación 6, para un concreto de alta resistencia.

Dosificación 6-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice+ Vibrado Ensayo a los 3 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.96	440.50	56.10	572
3.98	453.85	57.80	589
Dosificación 6-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice+ Vibrado Ensayo a los 7 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.96	466.01	59.35	605
3.9	461.31	58.75	599
Dosificación 6-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice+ Vibrado Ensayo a los 14 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.99	512.34	65.25	665
3.92	518.86	66.08	674
Dosificación 6-HE - Mezcla Patrón+ Nanosílice +Vibrado Ensayo a los 28 días			
MASA (k)	kN	MPa	kg/cm ²
3.98	550.90	70.16	715
3.99	553.17	70.45	718

Fuente: Autor (2022)

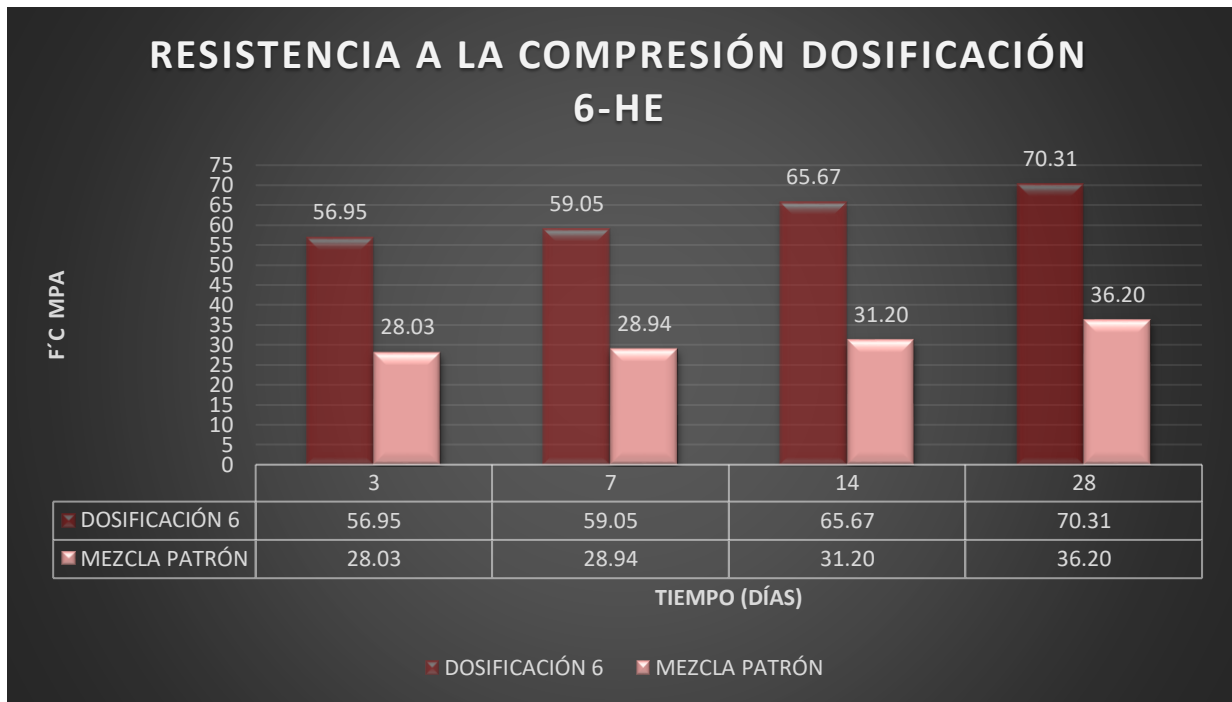


Figura 15. Resistencia a la Compresión dosificación 6-HE

Fuente: Autor (2022)

Como se evidencia en la figura 15 la dosificación 6 alcanzó una resistencia a los 28 días de edad de 70.31 MPa, lo que equivale a 140.62 % de la resistencia final que se pretendía en esta investigación. A diferencia de la mezcla patrón que solo alcanzó una resistencia de 36.20 MPa, lo que nos dice que entre los dos diseños hay una diferencia de resistencia de 34.11 MPa.

12. CURVA DE RESISTENCIA VS TIEMPO

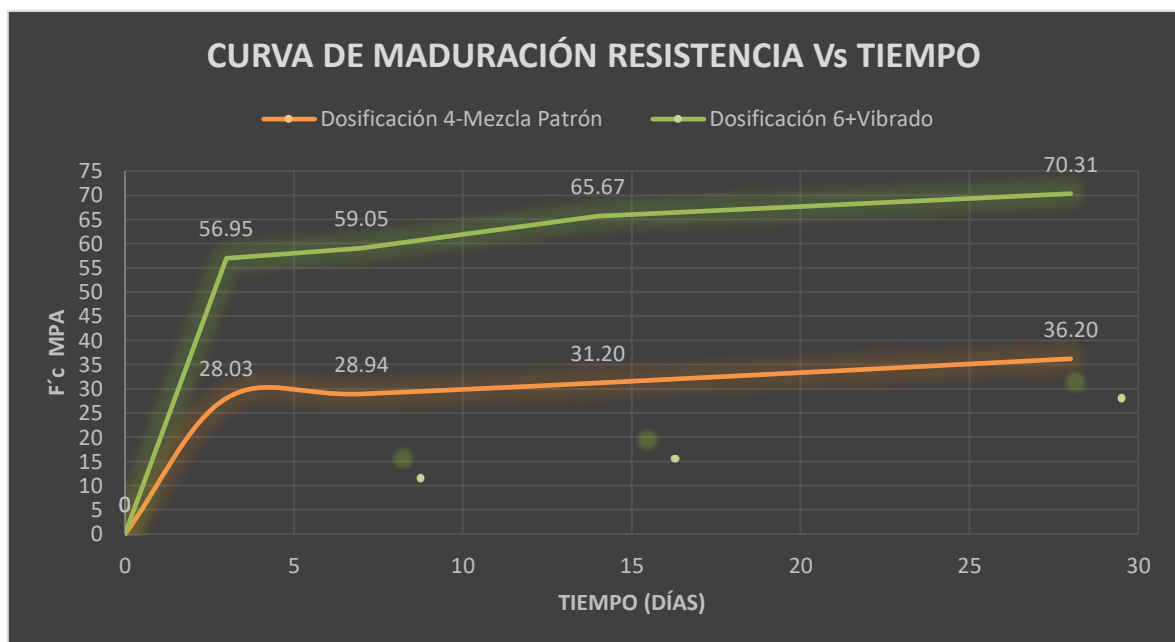


Figura 16. Curva de maduración Resistencia vs Tiempo

Fuente: Autor (2022)

En la figura 16, se observa la curva de maduración de resistencia vs tiempo, del concreto de alto impacto en contraste con el concreto normal. Cumpliendo así el objetivo principal de este trabajo.

13. CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

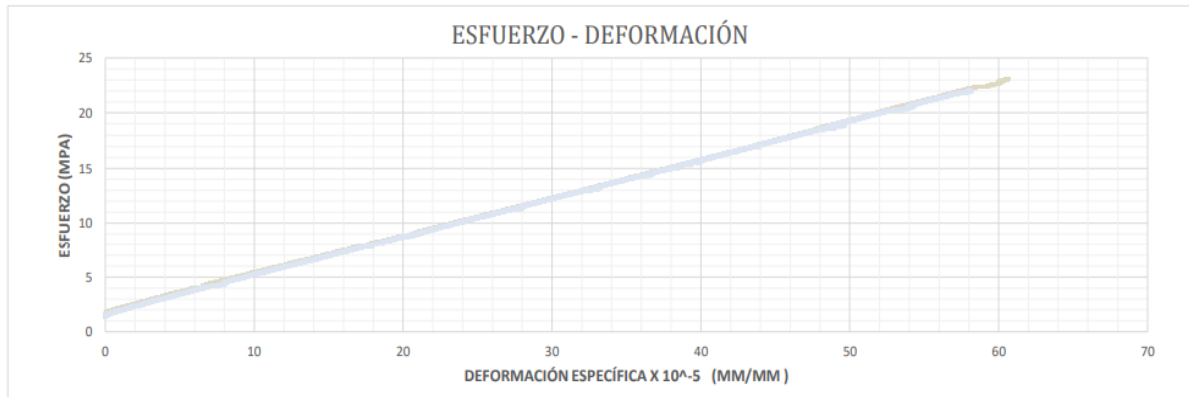


Figura 17. Diagrama de Esfuerzo vs Deformación-Ensayo 7 días.

Fuente: Laboratorios UTA

La curva esfuerzo vs deformación indica la rigidez del concreto, no obstante, en la figura 17 el diagrama esfuerzo vs deformación del concreto de alta resistencia, la gráfica se conserva en la posición recta de la curva, no sobrepasa el límite de proporcionalidad, esto para el ensayo a los 7 días de edad del concreto.

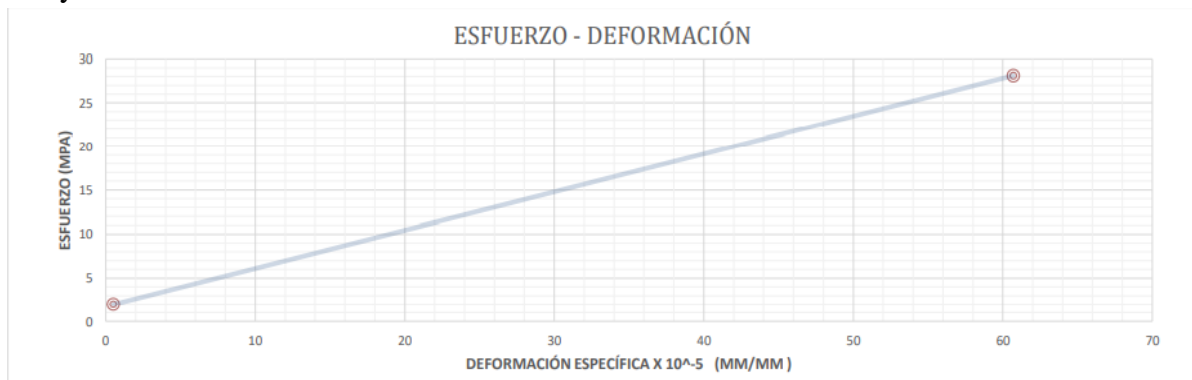


Figura 18. Diagrama de Esfuerzo vs Deformación-Ensayo 28 días.

Fuente: Laboratorios UTA

En la figura 17, ocurre lo mismo que en la figura anterior, se conserva en la posición recta de la curva, no sobrepasa el límite de proporcionalidad, esto para el ensayo a los 28 días de edad del concreto

El estudio de Córdova & Portugal (2014), en la cual desarrollan un tema similar al investigado, de igual forma los autores realizan la curva de maduración de resistencia vs tiempo del concreto de alta resistencia de la misma mina "Cantera Flores" en la provincia de Chimborazo, lo singular de este trabajo es que ellos se plantean como objetivo llegar o superar los 50 MPa, como se muestra en la figura 17 si alcanzaron el objetivo de superar los 50 MPa, utilizando aditamento de microsílíce. En consecuencia, en nuestra investigación se logró superar los 70 MPa utilizando aditamento de nanosílíce y agregados de la misma cantera. Es importante mencionar que para las dos investigaciones mencionadas se utilizó

para los diseños finales el 3% del peso del cemento de aditamento (Córdova & Portugal, 2014).

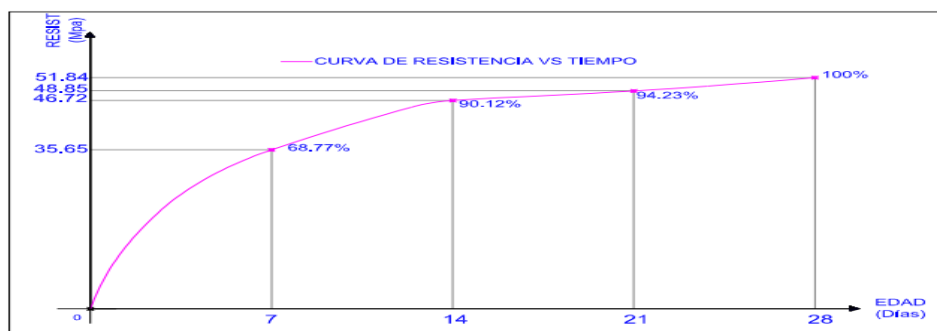


Figura 19. Curva de maduración Resistencia vs Tiempo

Fuente: (Córdova & Portugal, 2014)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Luego de realizar 6 dosificaciones preliminares, la dosificación ideal con los agregados de la mina Flores y cemento Chimborazo HE es: Cemento He: 7.20 kg, Agua: 2.52 kg, Árido fino: 12.38 kg., Árido grueso $\frac{3}{4}$: 13.88kg, Aditivo (Sikacrete NT): 216 gr (3% del peso del cemento), Plastificante (Sika ViscoCrete 4100): 65 gr (recomendación hoja técnica). Este diseño puede variar de acuerdo con el volumen que se requiera. La dosificación en unidades de cemento es: 1:1.72:1.93.
- Con el diseño óptimo se obtuvo los resultados finales al realizar el ensayo de compresión: a los 3 días: 56.95 MPa, a los 7 días: 59.05 MPa, a los 14 días 65.67 MPa y a los 28 días 70.31 MPa, con lo cual se ha logrado cumplir con los objetivos de nuestra investigación.
- Se comprobó que al usar un plastificante que trabaja de manera ideal con el aditivo de nanosílice, reduce el agua significativamente, mejora la trabajabilidad y por ende se alcanzara la resistencia máxima posible.
- Ya que la nanosílice tiene partículas más pequeñas que la microsílice, esto hace que se adhiera mejor al hormigón, también como las partículas de nanosílice son muy pequeñas en comparación de la microsílice se requiere menos prestaciones de esta, reduciendo así los costos para la elaboración del hormigón de alta resistencia. Con los resultados se puede evidenciar claramente que la nanosílice puede reemplazar satisfactoriamente a la microsílice siempre y cuando se realicen ensayos previos para determinar la dosificación necesaria de estos aditivos.
- Con el diseño óptimo final, el hormigón de alta resistencia elaborado en los laboratorios de materiales de la empresa SIKA S.A tienen un porcentaje de resistencia a los 3 días de 40%, a los 7 días de 65%, a los 14 días del 90% y a los 28 días del 99%.

- Con los resultados obtenidos se realizó la curva esfuerzo vs deformación del concreto de alta resistencia, lo cual se identifica la maduración inicial y final como se observa en las figuras 17 y 18. Donde se evidencia que el módulo elástico no sobrepasa la región elástica del material, por ende, hay una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación. La recta indica proporcionalidad entre ambas magnitudes.
- Con la adición de la nanosílice el impacto ambiental es mínimo ya que este compuesto principalmente de dióxido de sílice en estado coloidal, lo cual nos da una alta cohesión, alta impermeabilidad y mínima exudación. No contiene cloruros ni sustancias dañinas para el hormigón, por ende, se evita la aparición de patologías en el hormigón evitando reducir la vida útil del mismo.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que los agregados estén completamente libres de impurezas, o alguna clase de basura que influya en su comportamiento, o características para obtener un hormigón de calidad. Es importante que los agregados estén lavados en forma eficiente para evitar impurezas al momento de realizar la mezcla en general.
- Los aditivos se deben agregar directamente al agua de amasado y se debe mezclar hasta obtener un líquido homogéneo. No se debe agregar directamente al mezclador porque se pierde propiedades al estar en contacto directo con la mezcla.

BIBLIOGRAFÍA

- Anfah. (2019). *Aditivos líquidos basados en suspensiones de nano- partículas de sílice*. 1–8. Retrieved from <https://anfah.org/wp-content/uploads/2019/03/Adiciones-nano-silice.pdf>
- Arellano, M., & Fierro, J. (2018). Hormigón De Alta Resistencia Con Nanosílice. *Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 188.
- Arredondo, C., Lazo, D., & Pico, R. (2020). *Optimization of the concrete through the addition of nanosilice , using aggregates of the cantera de Añashuayco de Arequipa Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice , empleando agregados de la cantera de Añashuayco de Arequipa*. 36, 71–87.
- Arredonso, C., Lazo, D., & Pico, R. (2021). *Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de añashuayco de arequipa*. 36. Retrieved from https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732021000100071&script=sci_arttext&tlng=es#f14
- Castro, L., & Pandolfelli, V. (2013). Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Verdauungskrankheiten*, 31(1), 30–34. <https://doi.org/10.5414/VDX00749>
- Cemex. (2022). *Cemento*. Retrieved from <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>
- Córdova, M., & Portugal, J. (2014). “*Determinación y obtención de la curva esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamento de microsíllice y superplastificantes en la mezcla, utilizando agregados, de la cantera Flores y cemento Chimborazo.*”
- Dávila, M., Da Costa, D., & Duarte, D. (2017). Efecto de la adición de nanosilice en cementos y concretos. *Research Gate*, 2(January), 16. Retrieved from <file:///D:/Desktop/maestria nanomateriales/17nanosliceencementosyconcretos.pdf>
- Duarte, D. (2013). *Efecto de la mejora de nanosílice en cementos y concretos*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/312377045_Efecto_de_la_adicion_de_nano-silice_en_cementos_y_concretos
- Fuentes, M., Zúñiga, A., Díaz, M., Rocha, E., & Díaz, S. (2014). Molienda mecánica por alta energía de minerales mexicanos para producir concreto de alto desempeño (CAD). *Revista Ingeniería de Construcción*, 29(3), 256–269. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732014000300003>
- INEN 1762. (2015). *NTE INEN 1762*.
- Ingenieros Asesores. (2019). *Hormigones de alta resistencia*. Retrieved from <https://ingenierosasesores.com/actualidad/hormigones-de-alta-resistencia/>
- Kotsay, G. (2017). *Peculiarities of hydration of Portland cement with synthetic*. 12(2), 101–106. <https://doi.org/10.1515/sspjce-2017-0025>
- Lamastra, F. (2022). *Hormigón modificado con nanosílice: un análisis bibliográfico y una revisión exhaustiva de las propiedades de los materiales*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9228660/>
- Landázuri, P., & Vásconez, W. (2019). Análisis experimental de las propiedades físico-

- mecánicas de un hormigón de alta resistencia elaborado con partículas de nanosílice. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20126>
- Mendoza, R., & Aurelio, O. (2013). Efecto híbrido de los nanotubos de carbono y la nanosílice sobre las propiedades mineralógicas y mecánicas de morteros de cemento pórtland. *Repositorio UNAL*, 112. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/12818603.pdf>
- Meng, T., Yu, H., Lian, S., & Meng, R. (2020). Effect of nano-SiO₂ on properties and microstructure of polymer modified cementitious materials at different temperatures. *Structural Concrete*, 21(2), 794–803. <https://doi.org/10.1002/suco.201900170>
- NTE INEN 872, I. E. de N. (2011). Áridos Para Hormigón. Requisitos. NTE INEN 872. *INEN 872*, 16. Retrieved from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- Pawel, S., & Rucinska, T. (2020). *Evaluating the effects of nanosilica on the material properties of lightweight and ultra-lightweight concrete using image-based approaches*. 264. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820322467>
- Quercia, G., & Spiesz, P. (2014). *SCC modification by use of amorphous nano-silica*. 45, 69–81. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946513001297>
- Sika ViscoCrete 4100. (2015). *Sika ViscoCrete 4100*.
- Sikacrete Nt. (2020). *Sikacrete® NT*. 2–3.
- UCA. (2020). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75 um) en agregado mineral por lavado*. Retrieved from <https://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>

ANEXOS.

Anexo 1. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 3 días.



Fuente: Autor (2022)

Anexo 2. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 3 días.



Fuente: Autor (2022)

Anexo 3. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 7 días



Fuente: Autor (2022)

Anexo 4. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 7 días.



Fuente: Autor (2022)

Anexo 5. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 14 días.



Fuente: Autor (2022)

Anexo 6. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 14 días.



Fuente: Autor (2022)

Anexo 7. Resultado cilindro 1-dosificación 6, ensayo a los 28 días.



Fuente: Autor (2022)

Anexo 8. Resultado cilindro 2-dosificación 6, ensayo a los 28 días.



Fuente: Autor (2022)



FICHA DE PRODUCTO

Sikacrete® NT

Nanosílice en suspensión acuosa.

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sikacrete® NT es un aditivo líquido para hormigón compuesto principalmente por Nanopartículas de Dióxido de Silice (SiO₂) en estado coloidal.

Sikacrete® NT permite controlar la exudación y segregación del hormigón, reducir su permeabilidad, mejorar sus resistencias, aumentar la durabilidad y otorgar una mejor terminación a las superficies de hormigón.

Sikacrete® NT puede reemplazar la microsilice especificada en un hormigón realizando ensayos previos para determinar dosis necesaria.

No contiene cloruros ni otras sustancias dañinas para el hormigón.

USOS

- Hormigón de alta resistencia.
- Hormigón Autocompactante (HAC).
- Hormigón de alto desempeño y durabilidad.
- Morteros y lechadas de inyección.
- Como reemplazo de microsilice.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Base Química	Dióxido de Silicio (SiO ₂) coloidal.
Presentación	<ul style="list-style-type: none">• Granel kg• IBC de 1.000 L
Apariencia / Color	Líquido blanco lechoso.
Conservación	12 meses.
Condiciones de Almacenamiento	Sikacrete® NT se debe almacenar en su envase original, cerrado y bajo techo, en condiciones de temperatura que aseguren un rango entre 5°C y 35°C.

INFORMACION DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada

0,1 a 3,0 kg de **Silacrete® NT** para 100 kg de cemento (0,1 - 3,0% rnc) según los requerimientos específicos de cada caso.

INSTRUCCIONES DE APLICACION

Silacrete® NT se utiliza habitualmente en dosis comprendidas entre 0,1% y 3% respecto al peso del cemento. Para obtener mejores resultados de durabilidad utilícelo en conjunto con hiperplastificante de la línea **Viscocrete®**. Para determinar la dosis exacta del producto se debe determinar mediante ensayos previos con los materiales a utilizar en faena, de acuerdo a las especificaciones que requiera el hormigón y para reemplazar la microsilice.

Silacrete® NT se agrega directo al agua de amasado y se mezcla hasta obtener un líquido homogéneo. Posteriormente, se agrega al mezclador en conjunto con los demás materiales y se mezclan hasta obtener el hormigón deseado.

NOTAS

Todos los datos técnicos del producto indicados en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio. Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Por favor, observe que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Por favor, consultar la hoja de datos local del producto para la descripción exacta de los campos de aplicación.

ECOLOGIA, SEGURIDAD E HIGIENE

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la ficha de datos de seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad. En caso de emergencia llamar al CITUC a los siguientes fonos: 26353800 por intoxicaciones ó 22473600 por emergencias químicas.

NOTAS LEGALES

La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas a la aplicación y uso final de productos de Sika, se dan en buena fe basada en el conocimiento y experiencia actual de Sika de los productos cuando se han almacenado apropiadamente, manipulados y aplicados bajo las condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en materiales, sustratos y condiciones reales del sitio son tales que ninguna garantía en relación a la comercialización o de aptitud para un propósito particular, ni cualquier obligación que surja en absoluto de cualquier relación legal, puede ser inferida de esta información, ni de cualquier otra recomendación escrita, o de cualquier otra sugerencia ofrecida. El usuario debe probar la aptitud del producto para la aplicación y propósito propuesto. Sika se reserva el derecho para cambiar las propiedades de sus productos. Deben observarse los derechos de propiedad de terceras partes. Todas las órdenes de compra son aceptadas sujetas a nuestras condiciones actuales de venta y entrega. Los usuarios siempre deben referirse a la más reciente edición de la ficha de Producto local correspondiente, copias de la cual se proporcionarán a su solicitud.

Sika S. Chile

P.O. Salvador Allende 5700
San Joaquín
Santiago
Teléfono 56-2-26120000
www.sika.cl



Ficha de Producto

Silacrete® NT
Junio 2020, Versión 01.01
0214-0010112000000001

2 / 2

Silacrete®-nt-CL (06-2020)-1-1.pdf

BUILDING TRUST



Fuente: Empresa SIKA S.A



HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

Sika® ViscoCrete 4100

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika ViscoCrete 4100 es un aditivo reductor de agua de alto rango e hiperplastificante, fabricado con los polímeros policarboxilatos de nuestra Tecnología Sika ViscoCrete. Diseñado para cumplir con todos los requerimientos de la Norma ASTM C-494. Tipos A y F.

USOS

- Sika ViscoCrete 4100 puede ser usado, tanto en hormigón premezclado, así como en prefabricados, adicionado en la planta como un reductor de agua de alto rango, proporciona excelente plasticidad mientras mantiene la trabajabilidad por más de una hora. Los tiempos de fraguado controlados del Sika ViscoCrete 4100 lo hacen ideal para aplicaciones tanto horizontales como verticales.
- Sika ViscoCrete 4100 es ideal para producción de hormigones autocompactados (SCC).

VENTAJAS

Reductor de agua: Sika ViscoCrete 4100 con pequeñas dosificaciones, se obtienen reducciones de agua entre 10-15% y con altas dosificaciones se pueden lograr reducciones de agua de hasta un 45%. Sika ViscoCrete 4100 es aplicable para todos los niveles de reducción de agua.

Alta plasticidad: la acción superplastificante del Sika ViscoCrete 4100 permite obtener altos asentamientos, hormigones fluidos con alto mantenimiento de la trabajabilidad que facilitan la colocación con el mínimo vibrado aún cuando las relaciones agua-cemento sean tan bajas como 0,25. Sika ViscoCrete 4100 plastifica el hormigón dando alta fluidez, pero manteniendo la cohesión, evitando de esta manera sangrado o segregación.

Larga trabajabilidad y control del fraguado: Sika ViscoCrete 4100 está formulado para mantener la trabajabilidad por más de una hora, manteniendo los tiempos de fraguado normales.

La acción combinada de reductor de agua de alto rango y superplastificante del Sika ViscoCrete 4100, proporciona al hormigón endurecido los siguientes beneficios:

- Las altas resistencias finales permiten flexibilidad en los diseños de ingeniería y economía en las estructuras.
- Bajas relaciones agua cemento producen hormigones más durables, más densos y menos permeables.
- La alta plasticidad permite reducir los defectos de la superficie del hormigón y mejora la apariencia estética.

DATOS TÉCNICOS

ASPECTO: Líquido traslúcido
DENSIDAD: 1.1 g/cc aprox.

MODO DE EMPLEO

Dosis: Las dosis varían de acuerdo al tipo de material usado, condiciones ambientales y a los requerimientos de un proyecto específico.

Sika Ecuatoriana recomienda usar dosis entre 0,19% a 0,9% del peso del cemento.

Dosis mayores a las recomendadas pueden usarse cuando están especificados materiales, tales como microsilica, condiciones ambientales extremas. Para mayor información comuníquese con el Departamento Técnico de Sika.

Mezclado: Para mejores resultados de superplastificación, adicionar el Sika ViscoCrete 4100 directamente a la mezcla fresca de hormigón en el mbar y dejar mezclándose por lo menos 60 segundos. El Sika ViscoCrete 4100 también puede adicionarse a la mezcla fresca directamente en la planta al final del ciclo de mezclado.

Combinación con otros aditivos: Sika ViscoCrete 4100 es muy efectivo sólo o combinado con otros aditivos de Sika. Si se usa con ciertos aditivos Sikament puede afectar la plasticidad del hormigón fresco.

Combinación con microsilica: Sika ViscoCrete 4100 es particularmente recomendable para el uso con microsilica por su capacidad de reducción de agua y mayor control de la plasticidad.

PRESENTACIÓN

Tambores de 230 kg y al granel.

ALMACENAMIENTO

12 meses en su envase original, bien sellado y bajo techo.

SEGURIDAD**Medidas generales de protección e higiene.**

Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.

Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Protección preventiva de la piel con pomada protectora.

Quitarse inmediatamente la ropa manchada.

No fumar, no comer o beber durante el trabajo. Lavarse las manos antes de los descansos.

Protección de las manos con guantes de goma de butilo/nitrilo.

Protección de los ojos con gafas herméticamente cerradas. Protección corporal.

Ecología

No verter directamente sobre vertientes de agua o el suelo, actuar de acuerdo a las regulaciones locales.

Toxicidad

No peligroso.

Transporte

Mercancía no peligrosa.

NOTA LEGAL

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como ninguna responsabilidad que surja de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se debe respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

Sika Ecuatoriana S.A. dispone de un sistema de gestión de la calidad y ambiental certificado de acuerdo a las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 respectivamente, por SGS.

Sika Ecuatoriana S.A. <https://eca.sika.com>

Durán, - Rm. 3 U2 vía Durán - Tambo (Casilla 10093) PBX (593-4) 2812700 Fax (593-4) 281229

Quito, - Av. Naciones Unidas entre Maquío y Ríñez de Vela, Edificio Metropolitano, PBX (593-4) 2812700

Cuenca, - Av. Oñate Lasso y Los Gavilanes, Edif. Palermo Tel: +593 4 089735 - 4102809





Hoja técnica de producto
Sika ViscoCrete 4100
Edición Nº1, 12-2019
Documento N° 011-801011000002011

BUILDING TRUST





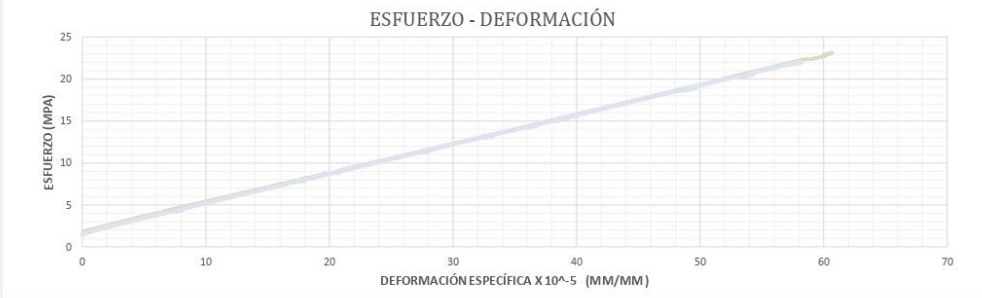


Fuente: Empresa SIKA S.A

Anexo 11. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 1-7 días de edad.

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIAS LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL											
MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL HORMIGON												
NORMA ASTM-C 49												
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE LA CURVA, ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE NANOSÍLICE, AGREGADOS MINA FLORES	ORDEN DE TRABAJO:	CTT-FICM-2022-205									
LUGAR DEL PROYECTO:	RIOBAMBA	DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	CILINDRO - 7 DIAS DE EDAD									
AUTOR :	SR. BERRONES GALARZA SANTIAGO ANDERSON											
FECHA DE EXPEDICIÓN:	5/10/2022											
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO												
Diametro:	10,00 cm	Fecha de elaboración:	7/9/2022									
Altura	20,00 cm	Fecha de ensayo:	14/9/2022									
		Peso del espécimen:	3,940 Kg									
		Volumen espécimen:	1570,796327 cm ³									
1. CARGAS												
Carga de rotura:	453,96 KN	Esfuerzo a compresión:	57,80 Mpa									
Carga 40% de rotura:	181,58 KN	Esfuerzo al 40% a la rotura	23,12 Mpa									
2. DATOS DEL EQUIPO												
	FUERZA	ESFUERZO	DEFORMACIÓN									
	Kn	Mpa	AXIAL 1	AXIAL 2	Promedio							
			mm	mm	mm							
					ESP							
					mm/mm							
	28,608000	3,642484	0,004900	0,004900	28,608000	0,000049						
	28,625810	3,644751	0,004900	0,004900	28,625810	0,000049						
	28,645830	3,647301	0,005000	0,004900	28,645830	0,000050						
	28,665860	3,649851	0,005000	0,005000	28,665860	0,000050						
	28,684930	3,652279	0,005000	0,005000	28,684930	0,000050						
	28,702740	3,654546	0,005000	0,005000	28,702740	0,000050						
	28,721490	3,656934	0,005000	0,005000	28,721490	0,000050						
	28,743110	3,659686	0,005100	0,004900	28,743110	0,000050						
	181,508700	23,110400	0,067200	0,054000	0,060600	0,000610						
	181,530600	23,113200	0,067200	0,054000	0,060600	0,000606						
	181,555100	23,116310	0,067200	0,054000	0,060600	0,000606						
	181,579600	23,119430	0,067200	0,054000	0,060600	0,000606						
	181,601200	23,122180	0,067200	0,054100	0,060650	0,000607						
	181,622200	23,124850	0,067300	0,054100	0,060700	0,000607						
	181,642200	23,127400	0,067300	0,054000	0,060650	0,000607						
	181,657500	23,129340	0,067300	0,054000	0,060650	0,000607						
	181,663500	23,130120	0,067300	0,054100	0,060700	0,000607						
	181,661900	23,129920	0,067300	0,054100	0,060700	0,000607						
3. GRÁFICO												
4. CÁLCULO DEL ENSAYO												
$E = \frac{0,4 T_{max} - T_{0,00005}}{\epsilon_{0,4 T_{max}} - 0,00005}$												
Donde: T_{max} : Esfuerzo de compresión máximo. $T_{0,00005}$: Esfuerzo de compresión correspondiente a 0,00005 mm/mm (deformación unitaria). $\epsilon_{0,4 T_{max}}$: Deformación unitaria correspondiente al 40% del esfuerzo máximo.												
$0,4 T_{max} = 23,12992 \quad \text{MPa}$			$\epsilon_{0,4 T_{max}} = 0,000607 \quad \text{mm/mm}$									
$T_{0,00005} = 1,981868 \quad \text{Mpa}$												
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>E =</td> <td>37967,78</td> <td>Mpa</td> <td>=</td> <td>387165,02</td> <td>kg/cm²</td> </tr> </table>							E =	37967,78	Mpa	=	387165,02	kg/cm ²
E =	37967,78	Mpa	=	387165,02	kg/cm ²							
 Firmado electrónicamente por: BYRON LEONARDO LOPEZ SANCHEZ TÉCNICO EN LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA			 Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN FABIAN FRIAS GORDOVA AUXILIAR EN LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									





Fuente: Laboratorios UTA

Anexo 12. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 2-7 días de edad.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL											
MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL HORMIGÓN												
NORMA ASTM-C 49												
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE LA CURVA, ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE NANOSÍLICE, AGREGADOS MINA FLORES	ORDEN DE TRABAJO:	CTT-FICM-2022-205									
LUGAR DEL PROYECTO:	RIOBAMBA	DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	CILINDRO - 7 DIAS DE EDAD									
AUTOR :	SR. BERRONES GALARZA SANTIAGO ANDERSON											
FECHA DE EXPEDICIÓN:	5/10/2022											
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO												
Diametro:	10,00 cm	Fecha de elaboración:	7/9/2022									
Altura	20,00 cm	Fecha de ensayo:	14/9/2022									
		Peso del espécimen:	3,938 Kg									
		Volumen espécimen:	1570,796327 cm ³									
1. CARGAS												
Carga de rotura:	433,46 KN	Esfuerzo a compresión:	55,19 Mpa									
Carga 40% de rotura:	173,38 KN	Esfuerzo al 40% a la rotura	22,08 Mpa									
2. DATOS DEL EQUIPO												
	FUERZA	ESFUERZO	DEFORMACIÓN									
	Kn	Mpa	AXIAL 1	AXIAL 2	Promedio	ESP						
			mm	mm	mm	mm/mm						
	27,2680900	3,4718810	0,0052000	0,0047000	0,0049500	0,0000495						
	27,2903400	3,4747140	0,0052000	0,0047000	0,0049500	0,0000495						
	27,3110100	3,4773450	0,0052000	0,0047000	0,0049500	0,0000495						
	27,3294400	3,4796930	0,0053000	0,0047000	0,0050000	0,0000495						
	27,3453400	3,4817170	0,0053000	0,0047000	0,0050000	0,0000500						
	27,3596400	3,4835380	0,0053000	0,0047000	0,0050000	0,0000500						
	27,3749000	3,4854810	0,0053000	0,0047000	0,0050000	0,0000500						
	173,2826000	22,0630300	0,0644000	0,0515000	0,0579500	0,0005795						
	173,3074000	22,0661900	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,3309000	22,0691800	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,3551000	22,0722600	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,3789000	22,0752900	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,3999000	22,0779700	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,4171000	22,0801500	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,4339000	22,0822900	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,4514000	22,0845200	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,4680000	22,0866300	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
	173,4759000	22,0876400	0,0644000	0,0516000	0,0580000	0,0005800						
3. GRÁFICO												
												
4. CÁLCULO DEL ENSAYO												
$E = \frac{0,4 T_{max} - T_{0,00005}}{\epsilon_{0,4 T_{max}} - 0,00005}$												
Donde:												
T_{max} : Esfuerzo de compresión máximo.												
$T_{0,00005}$: Esfuerzo de compresión correspondiente a 0,00005 mm/mm (deformación unitaria).												
$\epsilon_{0,4 T_{max}}$: Deformación unitaria correspondiente al 40% del esfuerzo máximo.												
$0,4 T_{max} = 22,087 \quad \text{MPa}$			$\epsilon_{0,4 T_{max}} = 0,00058 \quad \text{mm/mm}$									
$T_{0,00005} = 3,4817 \quad \text{Mpa}$												
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>E =</td> <td>35104,34</td> <td>Mpa</td> <td>=</td> <td>357965,97</td> <td>kg/cm²</td> </tr> </table>							E =	35104,34	Mpa	=	357965,97	kg/cm²
E =	35104,34	Mpa	=	357965,97	kg/cm²							
 Firmado electrónicamente por: BYRON LEONARDO LOPEZ SANCHEZ AUXILIAR LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			 Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN FABIAN FRIAS BARRIDOVA AUXILIAR FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									

Fuente: Laboratorios UTA

Anexo 13. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 1-28 días de edad.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIAS		LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL	
				MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL HORMIGON			
NORMA ASTM-C 49							
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE LA CURVA, ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE NANOSÍLICE, AGREGADOS MINA FLORES			ORDEN DE TRABAJO:	CTT-FICM-2022-205		
LUGAR DEL PROYECTO:	RIOBAMBA			DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	CILINDRO - 28 DIAS DE EDAD		
AUTOR :	SR. BERRONES GALARZA SANTIAGO ANDERSON						
FECHA DE EXPEDICION:	5/10/2022						
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO							
Diametro:	10,00	cm	Fecha de elaboración:	7/9/2022	Peso del espécimen:	3,936	Kg
Altura	20,00	cm	Fecha de ensayo:	5/10/2022	Volumen espécimen:	1570,796327	cm ³
1. CARGAS							
Carga de rotura:	552,13 KN		Esfuerzo a compresión:	70,30 Mpa			
Carga 40% de rotura:	220,85 KN		Esfuerzo al 40% a la rotura	28,12 Mpa			
2. DATOS DEL EQUIPO							
	FUERZA	ESFUERZO	DEFORMACIÓN				
	Kn	Mpa	AXIAL 1	AXIAL 2	Promedio	ESP	
			mm	mm	mm	mm/mm	
	11,6678900	1,485602	0,0044000	0,0053000	0,00485	0,000485	
	11,6825100	1,487463	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,000490	
	11,6977700	1,489406	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,000490	
	11,7143000	1,491511	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,000490	
	11,7333700	1,493939	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,0049500	
	11,7553100	1,496732	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,0049500	
	11,7791500	1,499768	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,0049500	
	11,8014000	1,502601	0,0044000	0,0054000	0,0049	0,0050000	
	150,5260000	28,11049	0,0571000	0,0482000	0,05265	0,07034	
	150,5485000	28,11336	0,0571000	0,0483000	0,0527	0,07035	
	150,5705000	28,11616	0,0571000	0,0483000	0,0527	0,07036	
	150,5921000	28,11891	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,07037	
	150,6143000	28,12174	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,07038	
	150,6363000	28,12453	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,07039	
	150,6591000	28,12745	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,0704	
	150,6817000	28,13032	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,07041	
	150,7043000	28,13319	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,07042	
	150,7281000	28,13623	0,0572000	0,0483000	0,05275	0,07043	
3. GRÁFICO							
4. CÁLCULO DEL ENSAYO							
$E = \frac{0,4 \mathcal{T}_{max} - \mathcal{T}_{0,00005}}{\mathcal{E}_{0,4 \mathcal{T}_{max}} - 0,00005}$							
Donde: \mathcal{T}_{max} : Esfuerzo de compresión máximo. $\mathcal{T}_{0,00005}$: Esfuerzo de compresión correspondiente a 0,00005 mm/mm (deformación unitaria). $\mathcal{E}_{0,4 \mathcal{T}_{max}}$: Deformación unitaria correspondiente al 40% del esfuerzo máximo.							
$0,4 \mathcal{T}_{max} =$		28,1217	MPa	$\mathcal{E}_{0,4 \mathcal{T}_{max}} =$		0,0007018 mm/mm	
$\mathcal{T}_{0,00005} =$		5,4915	Mpa				
E =		34719,61	Mpa	=		354042,78	kg/cm ²
		#ambato-utabebestemate ppe: BERRON LEONARDO ANDERSON SANCHEZ FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA				#fian de elasticidad constante ppe: BERRONES SANTIAGO ANDERSON SANCHEZ FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CORDOVA	

Fuente: Laboratorios UTA

Anexo 14. Informe técnico del módulo de elasticidad del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato- Cilindro 2-28 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL		CTT FICM CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL HORMIGÓN NORMA ASTM-C 49					
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE LA CURVA, ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE NANOSÍLICE, AGREGADOS MINA FLORES		ORDEN DE TRABAJO: CTT-FICM-2022-205		
LUGAR DEL PROYECTO:	RIOBAMBA				
AUTOR:	SR. BERRONES GALARZA SANTIAGO ANDERSON		DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: CILINDRO - 28 DIAS DE EDAD		
FECHA DE EXPEDICIÓN:	5/10/2022				
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO					
Diametro:	10,00 cm	Fecha de elaboración:	7/9/2022		
Altura:	20,00 cm	Fecha de ensayo:	5/10/2022		
		Peso del espécimen:	3,960 Kg		
		Volumen espécimen:	1570,796327 cm ³		
1. CARGAS					
Carga de rotura:	551,13 KN	Esfuerzo a compresión:	70,20 Mpa		
Carga 40% de rotura:	220,45 KN	Esfuerzo al 40% a la rotura	28,08 Mpa		
2. DATOS DEL EQUIPO					
FUERZA	ESFUERZO	DEFORMACIÓN			
		AXIAL 1	AXIAL 2	Promedio	ESP
Kn	Mpa	mm	mm	mm	mm/mm
77,72754	9,90160	0,00490	0,00480	0,00485	0,00005
77,74248	9,90350	0,00490	0,00480	0,00485	0,00005
77,75805	9,90548	0,00490	0,00490	0,00490	0,00005
77,77585	9,90775	0,00490	0,00490	0,00490	0,00005
77,79586	9,91030	0,00500	0,00490	0,00495	0,00005
77,81588	9,91285	0,00500	0,00500	0,00500	0,00005
77,83494	9,91528	0,00500	0,00500	0,00500	0,00005
77,85274	9,91755	0,00500	0,00500	0,00500	0,00005
220,38498	28,07452	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,40751	28,07739	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,42722	28,07990	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,44629	28,08233	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,46631	28,08488	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,48790	28,08763	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,51105	28,09058	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,53492	28,09362	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,55847	28,09662	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
220,58194	28,09961	0,06330	0,05050	0,05690	0,00057
3. GRÁFICO					
4. CÁLCULO DEL ENSAYO					
$E = \frac{0,4 T_{max} - T_{0,00005}}{\epsilon_{0,4 T_{max}} - 0,00005}$					
Donde: T_{max} : Esfuerzo de compresión máximo. $T_{0,00005}$: Esfuerzo de compresión correspondiente a 0,00005 mm/mm (deformación unitaria). $\epsilon_{0,4 T_{max}}$: Deformación unitaria correspondiente al 40% del esfuerzo máximo.					
$0,4 T_{max} = 28,082 \quad \text{MPa}$		$\epsilon_{0,4 T_{max}} = 0,00057 \quad \text{mm/mm}$			
$T_{0,00005} = 9,913 \quad \text{Mpa}$					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $E = 35008,63 \quad \text{Mpa} = 356990,00 \quad \text{kg/cm}^2$ </div>					
 Firmado electrónicamente por: BYRON LEONARDO LOPEZ SANCHEZ Ing. Byron Lopez TÉCNICO EN LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	 Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN FABIAN FRIAS CORDOVA Ing. Christian Frias AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				

Fuente: Laboratorios UTA