



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Adición de microsílíce con superplastificante para
incrementar las propiedades mecánicas del concreto
estructural F’C 280 kg/cm², Lima 2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Paniura Dongo, Modesto Alexander (ORCID: 0000-0001-6553-3674)

Yauri Eguavil, Sandra Valeria (ORCID: 0000-0002-1178-0829)

ASESOR:

Mg. Casso Valdivia, Hugo (ORCID: 0000-0002-7891-0819)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrolló sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre, padre y hermanas, por su apoyo constante, por darme fuerzas a seguir mis metas, alentarme cada día a seguir adelante para cumplir con mis ideales y hacer de mí una gran persona. A la familia entera por creer en mí y dar el aliento de seguir luchando.

Paniura Dongo, Modesto Alexander

Dedico esta tesis a mi madre, padre y hermano, por su apoyo constante, por darme fuerzas a seguir mis metas, alentarme cada día a seguir adelante para cumplir con mis ideales y hacer de mí una gran persona. A la familia entera por creer en mí y dar el aliento de seguir luchando.

Yauri Eguavil, Sandra Valeria

AGRADECIMIENTO

Nuestro Dios todopoderoso, que nos ha dado la oportunidad de vivir con nuestros seres queridos y disfrutar de una vida plena, es nuestra principal motivación hacia nuestras metas.

A nuestros padres y hermanos por brindarnos valores éticos, que nos apoyaron en las buenas y en las malas momentos, así como su perseverancia depositada en nosotros.

A nuestro metodólogo el Dr. Ing. Hugo Casso Valdivia, por su paciencia y apoyo constante en el asesoramiento de la investigación, para lograr las metas en nuestras vidas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	III
Índice de contenidos.....	IV
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras.....	VIII
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo de investigación y diseño de Investigación.....	11
3.2 Variables y Operacionalización.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos.....	14
3.6 Método de estudio de datos.....	15
3.7 Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	46
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre el superplastificante y microsílíce en la resistencia compresión y flexión -----	8
Tabla 2. Cuadro de las muestras para evaluar los ensayos de la resistencia a la compresión, flexión y tracción -----	13
Tabla 3. Propiedades de SF-----	16
Tabla 4. Propiedades del superplastificante (SP)-----	17
Tabla 5. Análisis granulométrico del agregado grueso -----	18
Tabla 6. Prueba granulométrica del agregado grueso-----	18
Tabla 7. Análisis de granulométrica del agregado fino -----	19
Tabla 8. Prueba granulométrica del agregado fino -----	20
Tabla 9. Características del cemento, agregado fino y grueso-----	21
Tabla 10. Diseño de mezcla patrón por m ³ -----	21
Tabla 11. Diseño de mezcla con SF 5% - SP 1% -----	22
Tabla 12. Diseño de mezcla con SF 10% - SP 1%-----	22
Tabla 13. Diseño de mezcla con SF15% - SP 1%-----	23
Tabla 14. Asentamiento del concreto -----	23
Tabla 15. Consecuencias de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las muestras patrón -----	26
Tabla 16. Consecuencias de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las adiciones de SF 5% - SP 1%-----	27
Tabla 17. Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las adiciones de SF 10% - SP 1%-----	28
Tabla 18. Efectos de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las adiciones de SF 15% - SP 1%-----	29
Tabla 19. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra patrón-----	31
Tabla 20. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 5% - SP 1% -----	31
Tabla 21. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 10% - SP 1% -----	32
Tabla 22. consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 15% - SP 1% -----	32

Tabla 23. Consecuencias de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra patrón-----	34
Tabla 24. Consecuencias de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 5% - SP 1% -----	34
Tabla 25. Efectos de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 10% y SP 1%-----	35
Tabla 26. Resultados de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 15% - SP 1% -----	35
Tabla 27. Análisis mediante la prueba de normalidad por Shapiro – Wilk respecto de la resistencia de compresión a los 28 días-----	37
Tabla 28. Análisis mediante la prueba de normalidad por Shapiro – Wilk respecto de la resistencia de flexión a los 28 días-----	37
Tabla 29. Análisis mediante la prueba de normalidad por Shapiro – Wilk respecto de la resistencia de tracción a los 28 días-----	38
Tabla 30. Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 28 días -----	38
Tabla 31. Media de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto estructural 280 kg/cm ² mediante SPSS-----	39
Tabla 32. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto estructural 280 kg/cm ² usando el método Tukey -----	40
Tabla 33. Medida en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días por el método Tukey -----	40
Tabla 34. Análisis de la varianza de la resistencia a la flexión a los 28 días por Anova -----	41
Tabla 35. Media de la resistencia a la flexión a los 28 días del concreto estructural 280 kg/cm ² con SPSS -----	41
Tabla 36. Agrupación de las resistencias a la flexión del concreto estructural 280 kg/cm ² usando el método Tukey -----	42
Tabla 37. Medida en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días por Tukey -----	43
Tabla 38. Análisis de la varianza de la resistencia a la tracción a los 28 días por Anova -----	43
Tabla 39. Media de la resistencia a la tracción a los 28 días del concreto estructural 280 kg/cm ² con SPSS -----	44

Tabla 40. agrupación de las resistencias a la tracción del concreto estructural 280 kg/cm ² usando el método Tukey -----	44
Tabla 41. Medida en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días mediante Tukey -----	45
Tabla 42. Cuadro comparativo de revenimiento del concreto -----	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Edificación de la nueva sede del banco de la nación ubicado en el distrito de San Borja en el 2015.....	1
Figura 2. La microsílíce posee un color gris oscuro y es ultrafino.....	5
Figura 3. Superplastificante Sikament®-290 N de la marca Sika que pesa 4 litros.....	17
Figura 4. Curva granulométrica representó la medición del tamaño del agregado grueso	19
Figura 5. Curva granulométrica del agregado fino.....	20
Figura 6. Asentamiento de la muestra patrón.....	24
Figura 7. Asentamiento de la muestra del SF 5% y SP 1%.....	24
Figura 8. Asentamiento de la muestra del SF 10% y SP 1%.....	25
Figura 9. Asentamiento de la muestra del SF 15% y SP1%.....	25
Figura 10. Variación de la resistencia a la compresión promedio.....	30
Figura 11. Diferenciación de la resistencia a la flexión promedio, porcentual a los 7 y 28 días.....	33
Figura 12. Diferenciación de la resistencia a la tracción promedio, porcentual a los 7 y 28.....	36
Figura 13. Contraste de los resultados resistencia a la compresión y flexión con la incorporación de microsílíce y superplastificante	47
Figura 14. Comparación de los resultados de la resistencia a la compresión por otros autores.....	49
Figura 15. Esquema de comparación de la resistencia a la flexión del concreto con la adición de microsílíce y superplastificante.....	50
Figura 16. Comparación de los resultados alcanzados en la resistencia a la tracción con la incorporación de microsílíce con superplastificante.....	51

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo general determinar la influencia de la adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas de concreto estructural de F'C 280 kg/cm², comprendiendo como objetivos específicos determinar la influencia de la incorporación de microsílíce con superplastificante en el revenimiento (slump) del concreto estructural F'C 280 kg/cm², determinar el efecto de la adición de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², evaluar la influencia de la incorporación de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm² y determinar el efecto de la adición de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto estructural F'C 280 kg/cm². La investigación es de tipo aplicada, de enfoque cuantitativa y de nivel cuasiexperimental. La cantidad de muestras utilizadas fue de 88 probetas empleando dosificaciones de microsílíce de 0%, 5%, 10% 15% y de superplastificante 1%, donde se realizó ensayos de revenimiento, resistencia a la compresión, flexión y tracción a los 7 y 28 días.

En la presente investigación tenemos la finalidad de poder encontrar nuevos materiales ecológicos que puedan producir concreto sostenibles y económicos que actúen con mayor eficiencia en las construcciones de las edificaciones, es por ello que se estudia la incorporación de Microsílíce (SF) y superplastificante (SP) por tratarse de un residuo que está retenido en los hornos de cuarzos para uso de nuevos materiales alternativos que reduzcan la contaminación ambiental.

Los resultados alcanzados del presente proyecto de investigación confirman que la adición de la microsílíce con superplastificante con respecto al peso del cemento con 15% de SF y 1% de SP, aumentando en un 33%, 12%, 8% la resistencia a la compresión, flexión y tracción con respecto a la muestra patrón del concreto estructural 280 kg/cm².

Palabras clave: microsílíce, superplastificante, asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción.

ABSTRACT

The general objective of this research project is to determine the influence of the addition of microsilica with superplasticizer to increase the mechanical properties of structural concrete of F'C 280 kg/cm², including as specific objectives to determine the influence of the incorporation of microsilica with superplasticizer in the slump of the structural concrete F'C 280 kg/cm², to determine the effect of the addition of microsilica with superplasticizer on the compressive strength of the structural concrete of F'C 280 kg/cm², to evaluate the influence of the incorporation of microsilica with superplasticizer in the flexural strength of structural concrete of F'C 280 kg/cm² and to determine the effect of the addition of microsilica with superplasticizer in the tensile strength of structural concrete F'C 280 kg/cm². The research is of an applied type, with a quantitative approach and a quasi-experimental level. The number of samples used was 88 specimens using microsilica dosages of 0%, 5%, 10%, 15% and 1% superplasticizer, where slump, compressive strength, bending and tensile tests were carried out at 7 and 28 hours. days.

In the present investigation we have the purpose of being able to find new ecological materials that can produce sustainable and economical concrete that act with greater efficiency in the construction of buildings, which is why the incorporation of Microsilica (SF) and superplasticizer (SP) is studied. because it is a residue that is retained in the quartz furnaces for the use of new alternative materials that reduce environmental pollution.

The results obtained from this research project confirm that the addition of microsilica with superplasticizer with respect to the weight of the cement with 15% SF and 1% SP, increasing the compressive strength by 33%, 12%, 8%, bending and traction with respect to the standard sample of structural concrete 280 kg/cm².

Keywords: microsilica, superplasticizer, settling, compressive strength, flexural strength and tensile strength

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector de la construcción se incrementó debido al aumento poblacional, es por ello que se está realizando construcciones como edificaciones multifamiliares, galerías y centros comerciales. Donde el uso de concreto estructural en nuestro país se ha incrementado debido a su alta resistencia a la compresión, baja permeabilidad, trabajabilidad y buena conducta en diversas zonas climáticas (Unicon, 2019, p. 1).

Como realidad problemática el adelanto de la tecnología de materias en aditivos nos permite la elaboración de los concretos estructurales con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas, como es la microsílíce (SF) que tiene una amplia aplicación en edificaciones e infraestructura (Gonzales, 2016, p. 4).

Ejemplo de ello, es la edificación de la torre del Banco de la Nación con una altura de 140 m. Así como las edificaciones de Chicago Water Tower Place, o el puente East Huntington, las cuales no se hubiera realizado sin el concreto estructural de alta resistencia (Flores y Blas, 2014, p. 26).



Figura 1. Edificación de la Nueva sede del Banco de la Nación ubicado en el distrito de San Borja en el 2015. Tomada por Cosapi, 2015.

Nos hemos visto en la necesidad de investigar la incorporación de la microsílíce (SF) con superplastificante, debido que la SF posee alta finura lo cual aumenta las fuerzas superficiales generando que el concreto logre un bajo revenimiento, es por ello se debe utilizar el SP para mejorar el revenimiento del concreto generando una mejor adherencia de la mezcla con los agregados y que nos permitió alcanzar buenas resistencias. Con el uso del SF con SP nuestro

propósito fue reducir la contaminación ambiental que se genera por la fabricación del cemento.

La microsílíce es un polvo de la mezcla mineral compuesta de partículas submicrométricas de dióxido de silicio amorfo, que posee un color gris a blanquecino de baja permeabilidad, puzolana altamente reactiva y resistencia superior al ataque químico de sulfatos (Toxement, 2016, p. 3).

Se planteó como problema general lo siguiente: ¿Cómo influye la adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², Lima - 2022?

Se planteó como los problemas específicos los siguientes: ¿Cuál es la influencia de la incorporación de microsílíce con superplastificante en el revenimiento del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², Lima – 2022?, ¿Cuál es el efecto de la adición de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², Lima – 2022?, ¿Cuál es la influencia de la incorporación de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², Lima - 2022? y ¿Cuál es el efecto de la adición de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², Lima - 2022?.

La investigación se justifica socialmente debido al alto crecimiento de la contaminación ambiental se puede reutilizar la microsílíce que es un residuo que queda retenido en el arco eléctrico de la reducción de cuarzo donde se reutilizara para la incorporación al concreto estructural, lo cual nos permite generar una bolsa de trabajo para la población y mejorar la infraestructura que se realiza en nuestro país.

La investigación se justifica teóricamente con la incorporación de microsílíce con superplastificante mejorará las propiedades mecánicas del concreto estructural, donde nos ayudará de guía para ampliar las fronteras del conocimiento de la elaboración de concretos de estructuras con la necesidad de realizar puentes, reservas de agua y rascacielos, etc.

En la presente investigación la justificación práctica tiene como propósito la reutilización del residuo del alto horno eléctrico, que es el microsílíce donde se analizará su comportamiento del concreto con la adición de SF y SP, donde

mejoró sus propiedades mecánicas del concreto estructural debido a su alto contenido de dióxido de sílice.

En esta investigación se justifica metodológica en la búsqueda de confiabilidad donde se realizó el diseño del concreto con la incorporación de microsílíce con superplastificante a partir de los ensayos de los agregados para la preparación de las testigos mediante los procedimientos que indica las normas, realizando las hojas de cálculo donde nos permitirá recopilar información y utilizando herramientas para lograr medir las dimensiones e indicadores mediante las fichas de recolección de datos y la validez mediante juicio de expertos.

El objetivo general del proyecto es determinar la influencia de la adición de microsílíce con superplastificante en las propiedades mecánicas de concreto estructural de F'C 280 kg/cm².

Los objetivos específicos a desarrollarse son: Determinar la influencia de la incorporación de microsílíce en el revenimiento del concreto estructural de F'C 280 kg/ cm², determinar el efecto de la adición de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/ cm², evaluar la influencia de la incorporación de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm² y determinar el efecto de la adición de microsílíce con superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto estructural F'C 280 kg/cm².

La hipótesis general del proyecto: La adición de microsílíce con superplastificante mejora las propiedades mecánicas del concreto estructural de F'C 280 kg/cm².

Las hipótesis específicas de la presente investigación son: La incorporación de microsílíce con superplastificante aumenta el revenimiento del concreto estructural F'C 280 kg/cm², la adición de microsílíce con superplastificante incrementa la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm², la incorporación de microsílíce con superplastificante aumenta la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm² y la adición de microsílíce con superplastificante incrementa la resistencia a la tracción concreto estructural de F'C 280 kg/cm².

II. MARCO TEÓRICO

El concreto estructural es utilizado para fines estructurales, que involucra al concreto simple y reforzado. Tiene armadura de refuerzo para lograr mayor resistencia en construcciones como zapatas, muros, vigas, cisternas y canales. La resistencia mínima del concreto estructural debe poseer 17 MPa, (Norma E.060, 2011, p. 26).

El concreto estructural de alta resistencia se inició en EE: UU – Chicago en los años 60 y 70, donde se construyó Two Union Square en Washington, el eurotúnel que une Francia con Inglaterra. En 1997 se extendió la aplicación del concreto de alta resistencia en todo el mundo, para lograr una mayor resistencia era reduciendo los vacíos mediante la reducción de la relación a/c y utilizando superplastificante para alcanzar un asentamiento inicial de 100 mm (Flores y Blas, 2014, p. 28).

La Microsílice (SF) son partículas ultrafinas que rellenan los vacíos, generando una reducción de los poros en la mezcla mejorando sus propiedades debido a la reacción con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ procedente de la hidratación del cemento para generar el gel CSH, es por este que mejora la resistencia (corrosión y ataques químicos) y disminuyó la permeabilidad (Castaño, 2013, p. 33) **(Ver Anexo 10)**.

La Microsílice (SF) presenta un peso específico de 2.2 gr/cm^3 , la superficie específica y el gran contenido de SiO_2 proporcionan propiedades puzolánicas. Donde es de perfil específico de diámetro de $200,000 \text{ gr/cm}^2$ obtenido del nitrógeno y la distribución por tamaños es de diámetro de 0.1 micrómetro (Ganjian y Pouya, 2005, p. 20) **(Ver anexo 11)**.

La composición química de SF depende del tipo de aleación, donde predomina el SiO_2 con el 90% al 96%, donde varía debido al horno ferrosilíceo que alberga más óxidos de hierro. (García Alonso, 2020, p. 27) **(Ver Anexo 12)**.

La elaboración de sílice se da por las reacciones de Cuarzo + Reductores = Silicio + Monóxido de Carbono. Donde el cuarzo requiere altas temperaturas de 2700° C para fundirse y la única energía que se puede utilizar son los hornos eléctricos. Entre otras palabras, es el hollín que queda adjunto a las mangas del filtro (Rahman et al., 2021, p. 34) **(Anexo 13)**.



Figura 2. La Microsílice posee un color gris oscuro y es ultrafino. Tomada de Toxement, 2016.

La cohesividad del concreto con microsílice (SF) es menos susceptible a la segregación, donde la falta de agua incrementa la resistencia al corte causando un rápido fraguado formando que el concreto sea menos trabajable, lo cual se debe emplear el superplastificante (SP) para incrementar el asentamiento lo cual nos ayudará a controlar las fuerzas internas provocadas por elevada superficie específica. Donde permite reducir la exudación, mejora la adherencia entre la pasta - agregado y también de la pasta - acero generando un aumento de la protección contra la corrosión (Montaña y Carmona, 2015, p. 28).

La Microsílice (SF) reduce los poros capilares generando una mezcla más homogénea, donde se facilitó la distribución de los elementos y aumentó la densidad del sistema (Cayambe y Pérez, 2013, p. 39).

El efecto de SF en el concreto tiene un efecto estabilizador, ya que las partículas finas reducen la segregación y el sangrado. Donde el tamaño del flujo de canal es grande, el cual es reducido al encontrar esos vacíos causando una segmentación drástica del flujo de agua reduciendo el sangrado (Matsumoto, 2015).

Se debe disminuir la relación a/c donde se aplica en estructuras a condiciones severas, debido que la baja permeabilidad aumenta la resistencia de penetración de sulfatos interiormente del elemento y sin alterar al acero estructural (Bombón y Rosero, 2021, p. 42).

La incorporación de microsílice (SF) aumenta la resistencia de la compresión, donde depende del tipo de mezcla, la proporción de SF y superplastificante (SP), de las propiedades del agregado y del tipo de curado. La resistencia a la tracción es importante en el agrietamiento del concreto al limitar la contracción provocada por el secado o por la baja temperatura (Riquett, 2018, p. 37).

Los puzolánicos son materiales de origen natural o artificial que albergan sílice reactiva y/o aluminio que endurecen al igual que el cemento junto a la cal en presencia del agua. Donde tiene una reacción lenta, a diferencia de la hidratación del cemento donde la descarga del calor y de resistencia son muy pausados. (Loayza, 2014, p. 45).

El uso del superplastificante (SP) nos ayudará a generar un alto asentamiento, donde son originarios de los formaldehidos melanina o naftaleno que poseen una gran plasticidad que presenta un color café y posee una densidad de 1.20 ± 0.02 . La presencia de microsílíce (SF) dispersa una buena conexión y conserva el agua en el concreto fresco en cambio en el estado endurecido consiente un enlace con la cal libre en la hidratación produciendo una matriz de cemento de menor trabajabilidad es por ello que se debe utilizar SP que cumplir con las normas de ASTM-C260, ASTM-C1017 y ASTM-C 1582 (Ficha técnica de Sikament-290 N, 2017, p. 2) **(Ver Anexo 14)**.

Los superplastificantes (SP) absorben las partículas del cemento mediante sus grupos sulfónicos, a causa de la carga superficial positiva del cemento. Además, estos conjuntos con carga negativa están en interacción con las partículas del cemento y donde la carga negativa neta es la encargada de la repugnancia de tipo electrostático entre ellos. Esta hace que las partículas del cemento y se dispersan liberando el agua comprendida en los flóculos (Aquino Del Carpio, 2019, p. 46) **(Ver Anexo 15)**.

En su proyecto de investigación de Flores, C y Blas, A (2014), en Arequipa. Su objetivo general fue determinar el efecto de Microsílíce (SF) y Superplastificante (SP) en las propiedades mecánicas en concreto. Donde realizó un estudio de diseño experimental, con un diseño de 700 kg/cm^2 , 800 kg/cm^2 y 900 kg/cm^2 donde fueron ensayados a los 3, 7, 14, 28 días con la adición de SF en 5%, 10%, 15% y de SP 1.1%, 1.2%, 1.4%, 1.5%, 1.6%, 1.7% donde utilizó dos tipos de presentaciones de superplastificante. El resultado principal de la compresión con la muestra de SF 15% alcanzó 1049.7 kg/cm^2 con Sika fume y SF 15% 905.8 kg/cm^2 con Euco a los 28 días, correspondientemente. Se concluyó que la mezcla de SF y SP genera una gran influencia para adquirir el concreto de alta resistencia.

Por otro lado, en la tesis de García, K (2018), en Huancayo. Su objetivo fue determinar la incorporación de SF y SP para alcanzar un concreto de alto desempeño. Se realizó un estudio experimental, con la adición de SF de 0%, 4%,6%, 8%, y de SP 0%, 0.8%, 1.2%, 1.6% con una relación a/c de 0.30, 0.35 y 0.40. Se concluyó que la adición de 8% SF, 1.6% SP y con una relación a/c 0.35 donde obtuvo una compresión de 823.9 kg/cm², tracción de 142.7 kg/cm² y a la flexión de 16.2 kg/cm² **(Ver Anexo 16)**.

Asimismo, en la tesis de Fernández, D y Ramos, H (2019), en la ciudad de Trujillo. Su propósito fue analizar el efecto de la microsílíce (SF) en la compresión con una proporción a/c de 0.30, 0.35, 0.40 a edades de 7, 28 y 63 días. Realizó un estudio experimental, la muestra es de 360 testigos de concreto. Donde obtuvo una compresión de 704 kg/cm² con la relación a/c de 0.30 con el 10% SF a los 28 días de edad, a/c 0.35 con el 7.5% alcanzó 590 kg/cm² y se concluyó que la SF influye directamente en la compresión **(Ver Anexo 17)**.

Además, en la tesis de Gonzales, R (2016), en la ciudad de Huánuco. Su propósito fue determinar la proporción óptima de Microsílíce (SF) para mejorar la resistencia del concreto. Fue un estudio explicativo, de diseño correlacional y experimental donde se analizaron la adición de SF 5%,7.5%,10% con una relación a/c de 0.52, ensayado a los 7, 14 y 28 días con un f'c= 210 kg/cm². Se concluyó que el 10% de SF consiguió una compresión de 441 kg/cm² la cual es la proporción óptima y también a lo largo del tiempo puede aumentar la resistencia de 650 kg/cm².

Asimismo, en la tesis Cotrina, N (2018), en la ciudad de Cajamarca. Su propósito fue evaluar la conducta mecánica del concreto. Se desarrolló de forma experimental con las muestras patrón, aditivo SP de 0.9% (diseño B), SF 10%, SP 0.9% (Diseño C) y SF10% (Diseño D) la cual fue evaluada a los 28 días. Donde alcanzó el espécimen patrón una compresión de 498.76 kg/cm², 570.57 kg/cm², 507.55 kg/cm² y 599.70 kg/cm², respecto a la flexión el Diseño C alcanzó 56.72 kg/cm². Se concluyó que la mezcla D obtuvo la mayor compresión a comparación de las demás y una tracción de 36.49 kg/cm².

En la tesis de Anicama, L (2020), en Lima. Su propósito fue determinar los efectos de los aditivos en el concreto. Que se desarrolló de forma experimental, con las adiciones de Microsílíce (SF) en 9%, 10% y 11% y las adiciones del

Superplastificante (SP) de 1%, 1.3% y 1.5%. Se concluyó que la proporción óptima es la relación de $a/c=0.38$ con 1.5% de SP y 10% SF donde alcanzó una compresión de 493.13 kg/cm² y una flexión de 55.5 kg/cm².

Tabla 1. Comparación entre el superplastificante y microsílíce en la resistencia compresión y flexión

Slump	% SP	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Resistencia a la flexión kg/cm ²	% SF	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Resistencia a la flexión kg/cm ²
3" 1/2	0%	460.6	51.5	0%	457.03	52
5" 1/2	1%	480.93	53	9%	479.9	54.5
6" 1/2	1.30%	486.3	54	10%	508.6	55.5
7"	1.50%	493.13	55.5	11%	474.36	56

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1, se interpretó que la incorporación del 1.5% SP mejoró la resistencia y la muestra del 10% SF logró superar la resistencia a comparación de la muestra de SP. Datos tomados de la tesis de Anicama, 2020.

Además, en su proyecto de titulación de García, J (2020), en Lima. Su objetivo fue examinar la adición de SF sobre la permeabilidad al agua del concreto $f'c = 280$ kg/cm². Fue un estudio diseño experimental, enfoque cuantitativo, la muestra es de 63 probetas con adición de 0%, 3% y 8% de SF. Los resultados con la adición de 8% de SF con una relación 0.45 alcanzó una compresión de 347 kg/cm². Se concluyó que respecto a la trabajabilidad a la adición de SF 3% y 8% es susceptible y disminuyó de acuerdo a la cantidad de SF (**Ver Anexo 18**).

Por otro lado, en la tesis de García, J (2020), en la ciudad de Lima. Su objetivo fue analizar el concreto de alta resistencia añadiendo SF y aditivo SP como reemplazo del cemento. Donde se realizó un diseño experimental, la muestra es de 52 probetas con las adiciones 6%, 8%, 10% SF y el uso del 2.2% de SP. Los resultados respecto con la adición del 10% de SF alcanzó una compresión de 822 kg/cm² y tracción de 60 kg/cm² evaluadas a los 28 días. Se concluyó que el

uso del SP ayuda a la trabajabilidad con una buena manipulación de SF y la fluidez del concreto.

Asimismo, en la tesis de Flores, P (2020), en Lima. Su objetivo fue determinar el efecto de la agregación de microsílíce (SF) y nanosílíce (NS) en las propiedades mecánicas del concreto. Donde se realizó un diseño experimental, con una población de $F'C=600 \text{ kg/cm}^2$ con las incorporaciones de 5%, 10% y 15% de MS y de 0.5, 1.5, 3.0 de NS. Se concluyó que la NS es mejor que SF, donde alcanzó una compresión de 920.33 kg/cm^2 y 964.33 kg/cm^2 respectivamente (**Ver Anexo 19**).

De la misma forma, en el artículo titulado "*Silica fume mixed concrete in acidic environment*". Rakesh, D y Amrendra, P (2020), en India. Realizó un estudio tipo experimental, en la población que utilizó 10%, 15%, 20%, 25% de SF con una relación a/c de 0.45, donde las muestras fueron evaluadas a los 7, 18, 56 y 90 días. Con las adiciones del 0%, 10%, 15%, 20% y 25% donde alcanzó una resistencia de 36.34 Mpa, 37.67 Mpa, 38.67 Mpa, 39.33 Mpa, 33.33 Mpa respectivamente. Se concluyó que el porcentaje óptimo es el 20% SF logró una resistencia de 39.33 Mpa.

Por otro lado, en el artículo científico titulado "Benefits of metakaolin over microsilica in developing high performance concrete". Kalpana et al (2020) en India. Se realizó la comparación metacaolin y Microsílíce en los porcentajes de 8.5%, 10% y 12% en el ensayo a la compresión donde la muestra de 10% en dos aditivos alcanzó una compresión de 78.11 N/mm^2 y 74.81 N/mm^2 . Y reSPecto a la flexión con la muestra de SF 10% y M 12 alcanzó una resistencia de 32.41 y 36.09 Mpa respectivamente (**Ver Anexo 20**).

Asimismo, en la tesis López, L (2011), en Colombia. Su propósito fue evaluar la adición de SF, el tipo de curado al aire y de inmersión con el ensayo ASTM 1202. Donde se realizó de forma experimental, la población de estudio es la adición de SF en 0%, 5%, 10% y 15%, muestra de 128 probetas. Donde alcanzó una resistencia de flexión de 28976.3 Mpa, 28368.9 Mpa, 27056.7 Mpa, 22478.3 Mpa curadas al aire y 30418.9 Mpa, 31881.0 Mpa, 29655.3 Mpa y 29255.0 Mpa curadas por curadas por inmersión durante 90 días (**Ver Anexo 21**).

Por otra parte, en el proyecto de titulación de Espinoza, R y Valdiviezo, O (2019), en Ecuador. Su finalidad fue analizar la influencia del curado y la adición reciclables en la permeabilidad. Realizó un estudio experimental, con $F'C= 50$ MPA de diseño, donde los porcentajes óptimos son con la adición del 15% de SF con las muestras sin curar y curados. Se concluyó que el empleo de las adiciones reciclables incrementa la compresión, tracción y disminuye la permeabilidad del 5 al 10% (**Ver Anexo 22**).

Asimismo, en el proyecto de Cajilema, J y Morales, J (2020), en Ecuador. Su propósito fue determinar la conducta del concreto con la adición de 2% de SP y de SF de 3%, 6%, 9% y 12%. Donde se aplicó la metodología experimental donde se desarrolló los ensayos a compresión, flexión, tracción indirecta. Los resultados a compresión logrados a 7 días de 623 kg/cm², 567.6 kg/cm², 566 kg/cm², 454.5 kg/cm² donde el porcentaje óptimo fue del 3% de SF, la tracción que se logró a los 28 días fue de 63.83 kg/cm² y una flexión a los 28 días de 99.22 kg/cm². Se concluyó que la incorporación de SF del 6% y 9% mejora sus propiedades físico-mecánicas.

Por otro lado, en el artículo "Performance of two types of concrete containing waste silica sources under MgSO₄ attack evaluated by durability index", Hendi et al (2020), en Irán. Realizó un estudio de comparación entre la microsílíce (MS) y el polvo de vidrio (GP), donde nos indica que el superplastificante (SP) tiene mucha importancia en el volumen de poro, donde nos ayuda en el rendimiento de la durabilidad del concreto, donde las muestras de polvo de vidrio no es un material absorbente. Por lo tanto, la muestra de MS con SP ayuda a mejorar la resistencia a la corrosión en un 88%.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de Investigación

3.1.1 Tipo de investigación: Aplicada

Esta técnica forma parte de los conocimientos científicos y teóricos en situaciones específicas. Por lo tanto, se dice que es práctico y constructivo. Los investigadores quieren saber para construir, actuar, implementar y aplicar cambios de inmediato (Sánchez, 1998, p. 40).

El presente proyecto es de tipo de estudio aplicado de conocimientos teóricos, que se diseñó un concreto estructural de F'C 280 kg/cm² con el propósito de incrementar las propiedades mecánicas con la incorporación de microsílíce (SF) y superplastificante (SP) respecto al peso del cemento.

3.1.2 Diseño de investigación: Cuasiexperimental

Es un estudio donde se manipula solamente una variable independiente (la adición de microsílíce), para visualizar sus efectos relacionados con las variables dependientes (incrementar las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto estructural de F'C 280 kg/cm²) (Hernández, 1998, p. 62).

3.1.3 Nivel de investigación: Explicativo

Su propósito está organizado a responder los principios de los fenómenos, condicionando la existencia del hecho o fenómeno. (Hernández, 2010, p. 95).

La presente tesis es de nivel explicativo, debido que el investigador está en contacto directo con la realidad problemática y se busca saber las causas del aumento de las propiedades mecánicas del concreto estructural al adicionar por microsílíce con superplastificante.

3.1.4 Tipo de Enfoque: Cuantitativo

Los métodos de investigación son cuantitativos porque la recolección de datos y los análisis deben responder a las preguntas planteadas en la investigación para confirmar las hipótesis. Por lo tanto, utilizo medidas y herramientas variables para realizar el procesamiento estadístico y la prueba de hipótesis. (Ñaupas et al, 2014. p. 97).

El enfoque es cuantitativo en esta investigación con la adición de SF con SP para analizar los efectos en las propiedades mecánicas del concreto estructural, donde posteriormente se registró los datos numéricos logrados en el laboratorio en las fichas de recolección de datos y se provocó la hipótesis mediante análisis estadístico mediante SPSS.

3.2 Variables y operacionalización

Variabes Independiente: Incorporación de microsílíce (SF) y superplastificante (SP).

- Conceptualmente: Se define al microsílíce como un subproducto de las aleaciones de hierro, como ferrosílíceo es un producto que se da a por la reducción de cuarzo a elevadas temperaturas (Toxement, 2016, p. 10) y el superplastificante es un aditivo polifuncional de color pardo oscuro, donde aumenta la resistencia mecánica y la mayor adherencia a las armaduras (Sikament, 2020, p. 3).
- Operacional: Se realizó cumplimiento con la norma ACI 211 para el diseño y para los aditivos las normas ASTM C1240 y ASTM C494.

Variable Dependiente: Incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural de F'C 280 kg/cm².

- Conceptualmente: Son características donde la fuerza aplicada hacia el espécimen como: la resistencia en compresión, tensión, flexión, durabilidad, permeabilidad, porosidad y escurrimiento plástico esto gracias a la finura que presenta el SF (Rivva, 2002, p. 56).
- Operacional: Se realizó los procedimientos según las normas ASTM C 143-78, ASTM C 39, ASTM C78 – C293 y ASTM C 496.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Estaba formada por el concreto estructural de F'C 280 kg/cm² con la incorporación de microsílíce (SF) de 0%, 5%, 10%, 15% y de superplastificante (SP) 1%.

3.3.2 Muestra

Se consideró la población indeterminada debido a que se debe estudiar las propiedades mecánicas del concreto de F'C 280 kg/cm². La cantidad de muestras es de 88 unidades, tomando en consideración el aspecto económico, las normas ASTM C 496, ASTM C78-293, ASTM C 39 los cuales afirman que se debe realizar por lo menos de 3 probetas para cada prueba, siguiendo los procedimientos de las normas. Las muestras de análisis para compresión son 40 probetas cilíndricas de 7.5 cm de diámetro x 15 cm de longitud, 24 probetas para flexión y 24 probetas para la tracción evaluadas a los 7 y 28 días.

Tabla 2. Cuadro de las muestras para evaluar los ensayos de la resistencia a la compresión, flexión y tracción

Ensayo de resistencia a la compresión					
	Porcentaje de Microsílice				Total
Edad	Patrón	5%	10%	15%	
07 días	5	5	5	5	20
28 días	5	5	5	5	20
Sub total					40
Ensayo de resistencia a la flexión					
	Porcentaje de Microsílice				
Edad	Patrón	5%	10%	15%	
07 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Sub total					24
Ensayo de resistencia a la tracción					
	Porcentaje de Microsílice				
Edad	Patrón	5%	10%	15%	
07 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Sub total					24
Total de muestras					88

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 2, se analizó la cifra total de probetas que se va realizó según la norma, donde el mínimo de probetas son 3 especímenes.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Significó desarrollar un plan meticuloso y detallado que incluirá los procedimientos que nos permitió la recopilación de datos o variables de las unidades de muestreo.

3.4.1 Técnicas

Se realizaron las actividades con el fin de registrar información para luego analizar a detalle. De esta forma, el investigador realizó las pruebas de laboratorio, para luego recolectar la máxima información en tablas, fichas, cuadros, etc.

3.4.2 Instrumentos

Se obtienen datos que genera la máquina de laboratorio y se registra toda la información de cada probeta, de manera que hay información detallada para su posterior análisis y uso (Hernández, et al, 2010).

La confiabilidad mediante la herramienta de recolección de datos se basa en realizar los procedimientos indicados en las normas estandarizadas aceptadas por la comunidad científica en el tema del diseño, ensayos y teniendo en cuenta el cuidadoso control de todos los aspectos.

3.4.3 Validez

Fue realizada mediante el especialista del laboratorio de MTL geotecnia y por el ingeniero encargado mostrando su aprobación y la validez de los ensayos realizados.

3.4.4 Confiabilidad

Se tomó en consideración las diversas fuentes como artículos científicos de revistas indexadas como Science, Academic Onefile, tesis registradas en Renati, normas establecidas como ACI y ASTM. Los ensayos se realizaron en un laboratorio "MTL GEOTECNIA SAC" certificado por INACAL con equipos certificados y posee el certificado de ISO 9001:2015.

3.5 Procedimientos

- I Etapa: Se identificando la problemática a indagar, justificación, hipótesis y objetivos, En esta etapa se realizó la investigación de todas las referencias bibliográficas, ya sean artículos, revistas, tesis, normas técnicas; etc.

- II Etapa: Se planeó el tipo de diseño, la selección de la población y muestra.
- III Etapa: Se elaboró las fichas de recolección de datos para poder tomar nota de los resultados logrados en el laboratorio MTL Geotecnia.
- IV Etapa: En este proceso se realizó la cotización para el diseño de mezcla, los ensayos de resistencia a la compresión, flexión y tracción evaluadas a los 7 y 28 días con las adiciones de microsílíce (SF) y superplastificante (SP) para elaborar los especímenes.
- V Etapa: En esta etapa para el diseño de mezcla se tomó en consideración una relación a/c de 0.34, un slump de 3" – 4", y la dosificación que nos indicó en las fichas técnicas de los aditivos.
- VI Etapa: Se realizó los ensayos registrando los resultados obtenidos mediante la ficha de recolección de datos para su posterior análisis.
- VII Etapa: En esta última etapa se realizó los respectivos análisis estadísticos, conclusiones, discusiones y recomendaciones respecto al tema de investigación.

3.6 Método de estudio de datos

Se ejecutó el análisis de las variables de manera autónoma, con las incorporaciones de Microsílíce (SF) y de Superplastificante (SP) respecto al peso del cemento. Por otro lado, las variables son el análisis de los ensayos de resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto estructural de 280 kg/cm² teniendo en consideración la muestra patrón; es decir que cada variable tiene sus propias características independientes por ello serán analizados por separado.

3.7 Aspectos éticos

Estas son las fuentes que ofrecen confianza de los distintos autores que se utilizó: Los artículos científicos, libros, revistas, fueron obtenidos de fuentes como: Alicia-Concytec, Elsevier, Repositorio de la UCV, entre otros. Trabajamos con la norma ISO para la realización de las citas, referencias, tablas y figuras. El proyecto de investigación ha realizado los ensayos como indican en las normas de ACI, ASTM para garantizar la veracidad de los resultados. Finalmente, el asesoramiento constante fortaleció nuestros conocimientos para la investigación y se utilizó la plataforma de Turnitin para averiguar el porcentaje de similitud.

IV. RESULTADOS

Para la elaboración de los ensayos se llevó a cabo en el laboratorio MTL Geotecnia. Se puede visualizar las propiedades del cemento Sol tipo 1 que se utilizó según UNACEM (Ver Anexo 23).

Características físicas del microsílíce (SF)

Está compuesto de dióxido de silicio reactivo, posee un color gris y es extremadamente fino. Esta sustancia distribuye una gran cohesión interna y conserva el agua en el concreto fresco y considerando la norma ASTM C-1240.



Figura 3. Microsílíce comprada en la marca Sika que pesa 25 kilos. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3. Propiedades de SF

Características de SF	
Apariencia (Color)	Polvo Gris
Partícula	Esférica
Forma	Amorfa
Peso específico	22,200 kg/m ³
Gravedad Específica	2.2
Densidad	~0.65 kg/l
Superficie Específica (Blaine)	18,000 – 22,000 m ² /kg
Dosificación Recomendada	5-15% en peso de cemento

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3, se analizó las propiedades de la SF de la cual resalta su gravedad específica. Datos tomados de la Ficha técnica Humo de Sílice.

Características del superplastificante (SP)

Se utilizó el superplastificante Sikament®-290 N que es un aditivo polifuncional e impermeabilizante en la siguiente tabla, se puede observar las propiedades físicas del superplastificante (SP) que se utilizó y se tomó en consideración la Norma ASTM C494 tipo G.



Figura 3. Superplastificante Sikament®-290 N de la marca Sika que pesa 4 Litros. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4. Propiedades del Superplastificante (SP)

Características físicas del SP	
Aspecto	Líquido
Color	Pardo oscuro
Densidad	1.20 kg/L +/- 0.02
Superplastificante	0,7% - 1.2% del peso del cemento.

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 4, representa las características del SP de la marca Sika que posee un color pardo oscuro. Datos tomados de la Ficha técnica del Superplastificante.

Análisis granulométrico del agregado grueso y fino ASTM C136

Por medio de este ensayo se determinó el tamaño de las partículas de la piedra chancada contenidas en los tamices y la muestra que fue analizada es de la cantera Trapiche ubicada en el distrito de Puente Lima.

Tabla 5. Análisis Granulométrico del agregado grueso

Indicadores	Cantidad	Unidad
Peso inicial húmedo	1913.1	Gr
Peso inicial seco	1909.0	Gr
Contenido de humedad	0.21	%
Tamaño máximo nominal	½"	Pulg
Módulo de finura	6.97	-

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5, se analizó que el agregado grueso alcanzó un módulo de finura de 6.97, lo cual se encuentra dentro del parámetro según la norma ASTM C 136.

Tabla 6. Prueba granulométrica del agregado grueso

Mallas	Abertura	Material Retenido		% Acumulado	
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	564.8	29.6	29.6	70.4
3/8"	9.53	727.9	38.1	67.7	32.3
Nº 04	4.76	699.5	36.6	104.4	-4.4
Nº 08	2.38	12.6	0.7	105.0	-5.0
Nº 16	1.18	0.4	0.0	105.0	-5.0
Fondo		-96.20	-5.0	100	0.0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6, se mostró las mallas en donde fueron retenidas las partículas de la piedra chancada que se utilizó para la elaboración del concreto.

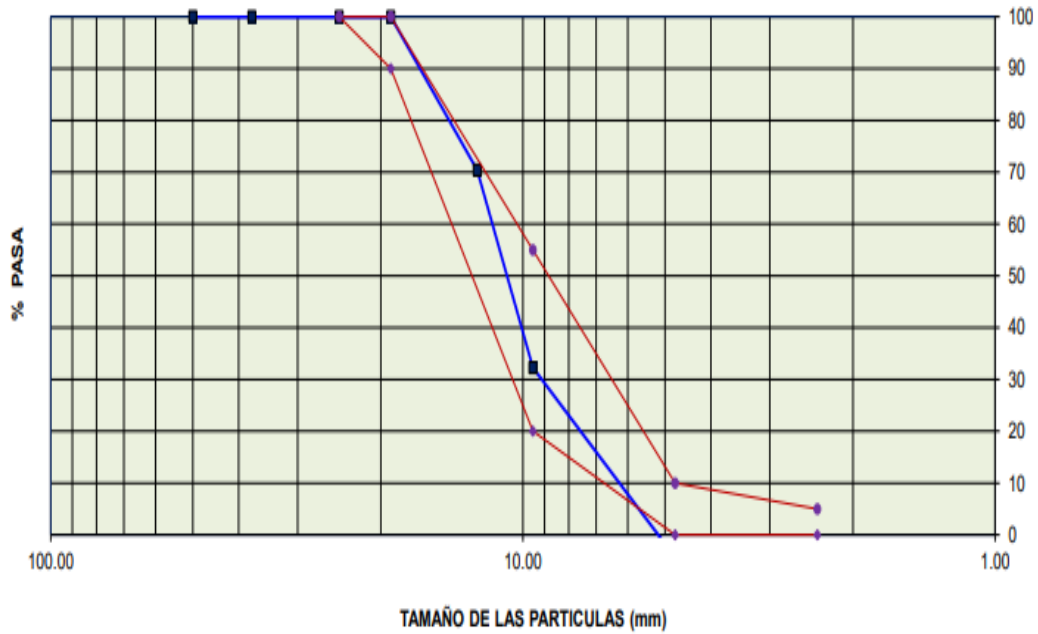


Figura 4. Curva Granulométrica representó la medición del tamaño del agregado grueso que se utilizó y se encuentra en el rango según la norma de ASTM C 136, demostrando que las partículas están en excelentes condiciones para el uso en el concreto. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Análisis de granulométrica del agregado fino

Indicadores	Cantidad	Unidad
Peso inicial húmedo	554.8	Gr
Peso inicial seco	545.4	Gr
Contenido de humedad	1.72	%
Tamaño máximo nominal	Nº 8	Pulg
Módulo de finura	2.73	-

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 7, se interpretó que el agregado fino alcanzó un módulo de finura de 2.73 lo cual se encuentra dentro del parámetro según la norma ASTM C 136.

Tabla 8. Prueba granulométrica del agregado fino

Mallas	Abertura	Material Retenido		% Acumulado	
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 04	4.76	9.5	1.7	1.7	98.3
Nº 08	2.38	61.9	11.3	13.1	86.9
Nº 16	1.19	112.1	20.6	33.6	66.4
Nº 30	0.60	127.9	23.5	57.1	42.9
Nº 50	0.30	108.9	20.0	77.1	22.9
Nº 100	0.15	70.8	13.0	90.0	10.0
Fondo		54.30	10.0	100	0.0

Fuente: elaboración propia.

Se analizó que las muestras elaboradas en el laboratorio, donde se analizó las mallas en donde fueron retenidas las partículas del agregado fino.

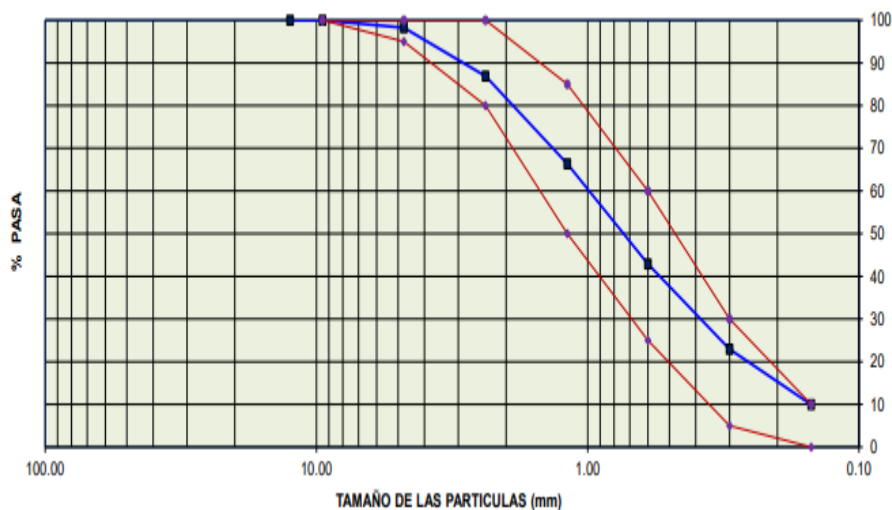


Figura 5. Curva Granulométrica del agregado fino representó la medición del tamaño del agregado fino fue obtenida en la cantera de Trapiche donde se encuentra en el rango según la norma de ASTM C 136 demostrando que las partículas están en excelentes condiciones para el uso en el concreto. Fuente: Elaboración Propia.

Diseño de mezcla

Se tomó en consideración un asentamiento de 3"- 4" donde el tamaño máximo nominal es de ½", con una relación a/c de 0.34. Se realizaron 4 diseños de mezclas que siguieron los procedimientos del método ACI 211.

Tabla 9. Características del cemento, agregado fino y grueso

Material	Peso Específico	Módulo Fineza	Hum. Natural	Absorción %	P. unitario S	P. Unitario C
Cemento	3.00	-	-	-	-	-
Agregado fino	2.63	2.73	1.72	1.80	1539.0	1792.0
Agregado grueso	2.65	6.97	0.21	0.60	1414.0	1529.0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 9, se analizó los pesos específico y unitario del cemento, agregado fino y grueso obtenidos en el laboratorio.

Tabla 10. Diseño de mezcla patrón por m³

Composición	Unidad	Pesos
Cemento	kg	47.69
Agua	lts	16.49
Agregado fino	kg	78.50
Agregado grueso	kg	88.76

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 10, se determinó la dosificación final para la mezcla patrón para elaborar concreto estructural.

Tabla 11. *Diseño de mezcla con SF 5% - SP 1%*

Composición	Unidad	Pesos
Cemento	kg	47.69
Agua	lts	16.49
Agregado fino	kg	78.50
Agregado grueso	kg	88.76
Microsílice 5%	kg	2.43
Superplastificante	g	485

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11, se identificó los pesos obtenidos de la dosificación de la muestra SP 5% y SF 1% que se utilizó para el concreto estructural.

Tabla 12. *Diseño de mezcla con SF 10% -SP 1%*

Composición	Unidad	Pesos
Cemento	kg	47.69
Agua	lts	16.49
Agregado fino	kg	78.50
Agregado grueso	kg	88.76
Microsílice 10%	kg	4.85
Superplastificante	g	485

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12, se mostró los pesos obtenidos para la dosificación de la muestra SP 10% y SF 1% que se utilizó para el concreto estructural.

Tabla 13. *Diseño de mezcla con SF 15% - SP 1%*

Composición	Unidad	Pesos
Cemento	kg	47.69
Agua	lts	16.49
Agregado fino	kg	78.50
Agregado grueso	kg	88.76
Microsílice 15%	kg	7.29
Superplastificante	g	485

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13, se mostró los pesos obtenidos de la dosificación de la muestra SP 10% y SF 1% que se utilizó para el concreto estructural.

Propiedades del concreto en estado fresco

Ensayo de consistencia del concreto ASTM C-143

Mediante este ensayo se determinó el revestimiento de la mezcla, se realizó con el cono de Abrams y se situó en una bandeja metálica, se colocó la mezcla mediante tres capas, donde se realizó 25 golpes por cada capa y hasta enrasar en la superficie final.

Tabla 14. *Asentamiento del concreto*

Asentamiento		
Mezcla patrón	4"	Trabajable
Mezcla con 5% de microsílice y 1% de superplastificante	6"	Muy trabajable
Mezcla con 10% de microsílice y 1% de superplastificante	4 ³ / ₄ "	Trabajable
Mezcla con 15% de microsílice y 1% de superplastificante	4 ¹ / ₂ "	Trabajable

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14, se analizó los resultados alcanzados del asentamiento del concreto de 280 kg/cm² y se puede analizar si las muestras fueron muy trabajables.



Figura 6. Asentamiento de la muestra patrón se puede visualizar que la muestra logra una mezcla trabajable. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 7. Revenimiento de la muestra del SF 5% y SP 1% se puede visualizar que la muestra logra una mezcla muy trabajable con la incorporación de microsíllice con superplastificante. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 8. Asentamiento de la muestra del SF 10% y SP 1% se puede visualizar que se logra una mezcla trabajable. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 9. Revenimiento de la muestra del SF 15% y SP 1% se puede visualizar que se logra una mezcla trabajable. Fuente: Elaboración Propia.

Se puede analizar que la microsilice posee una alta área superficial lo cual incrementa las fuerzas superficiales internas lo cual genera que el concreto sea menos trabajable, donde se debe tener una dosificación mínima de agua y lo cual obliga a incrementar el asentamiento. Es por esa razón que se debe aplicar el superplastificante donde la relación a/c es muy importante ya que se recomienda que no debe ser mayor de 0.45 (Rivva, 2002, p. 56).

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto ASTM C-39

Se realizaron un total de 22 especímenes de 6" x 12", donde se engrasa con petróleo a los moldes donde se realiza la colocación del concreto al molde en 3 capas y por cada una de ellas se coloca 25 golpes y posteriormente se dar pequeños golpes de 10 veces con el martillo de goma en la parte extrema de la muestra.

Tabla 15. Consecuencias de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las muestras patrón

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
Patrón	7	28/04/22	03/05/22	301.6	5
Patrón	7	28/04/22	03/05/22	349.1	5
Patrón	7	28/04/22	03/05/22	319.9	5
Patrón	7	28/04/22	03/05/22	334.7	6
Patrón	7	28/04/22	03/05/22	240.7	5
Patrón	28	28/04/22	26/05/22	349.90	5
Patrón	28	28/04/22	26/05/22	350.20	5
Patrón	28	28/04/22	26/05/22	352.40	5
Patrón	28	28/04/22	26/05/22	346.50	6
Patrón	28	28/04/22	26/05/22	343.80	5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15, se analizó que las muestras patrones alcanzó a los 7 días una compresión de 301.6 kg/cm², 349.1 kg/cm², 319.9 kg/cm², 334.7 kg/cm², 240.7 kg/cm² y a los 28 días 349.9 kg/cm², 350.20 kg/cm², 352.40 kg/cm², 346.50 kg/cm² y 343.80 kg/cm². Se pudo interpretar que la muestra patrón a los 7 días alcanzó una resistencia promedio de 309.2 kg/cm² y a los 28 días de 348.6 kg/cm².

Tabla 16. Consecuencias de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las adiciones de SF 5% - SP 1%

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
SF 5%-1%	7	28/04/22	03/05/22	315	5
SF 5%-1%	7	28/04/22	03/05/22	335.7	5
SF 5%-1%	7	28/04/22	03/05/22	318.7	5
SF 5%-1%	7	28/04/22	03/05/22	319.8	6
SF 5%-1%	7	28/04/22	03/05/22	319.3	5
SF 5%-1%	28	28/04/22	26/05/22	357.20	5
SF 5%-1%	28	28/04/22	26/05/22	359.70	5
SF 5%-1%	28	28/04/22	26/05/22	358.70	5
SF 5%-1%	28	28/04/22	26/05/22	357.80	6
SF 5%-1%	28	28/04/22	26/05/22	357.60	5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 16, se analizó que las muestras de SF 5% - SP 1% a los 7 días obtuvo una compresión de 315.1 kg/cm², 335.7 kg/cm², 318.7 kg/cm², 319.8 kg/cm², 319.3 kg/cm² y a los 28 días 357.20 kg/cm², 359.70 kg/cm², 358.70 kg/cm², 357.80 kg/cm² y de 357.60 kg/cm². Se interpretó, que la muestra a los 7 días consiguió una resistencia promedio de 321.72 kg/cm² y a los 28 días 358.2 kg/cm².

Tabla 17. Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las adiciones de SF 10% - SP 1%

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
SF 10%-1%	7	28/04/22	03/05/22	318.6	5
SF 10%-1%	7	28/04/22	03/05/22	329.6	5
SF 10%-1%	7	28/04/22	03/05/22	325.3	5
SF 10%-1%	7	28/04/22	03/05/22	326.4	5
SF 10%-1%	7	28/04/22	03/05/22	322	2
SF 10%-1%	28	28/04/22	26/05/22	375.80	5
SF 10%-1%	28	28/04/22	26/05/22	379.00	5
SF 10%-1%	28	28/04/22	26/05/22	377.30	5
SF 10%-1%	28	28/04/22	26/05/22	378.60	5
SF 10%-1%	28	28/04/22	26/05/22	376.70	2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 17, se interpretó que las muestras de SF 10% - SP 1% consiguió una compresión a los 7 días de 318.6 kg/cm², 329.6 kg/cm², 325.3 kg/cm², 326.4 kg/cm², 322 kg/cm² y a los 28 días 375.80 kg/cm², 379 kg/cm², 377.30 kg/cm², 378.60 kg/cm² y de 376.70 kg/cm². Se analizó que la muestra a los 7 días alcanzó una resistencia promedio de 324.38 kg/cm² y 377.5 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 18. Efectos de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con las adiciones de SF 15% - SP 1%

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
SF 15% -1%	7	28/04/22	03/05/22	319.4	5
SF 15% -1%	7	28/04/22	03/05/22	320.2	2
SF 15% -1%	7	28/04/22	03/05/22	333	5
SF 15% -1%	7	28/04/22	03/05/22	382	2
SF 15% -1%	7	28/04/22	03/05/22	298	3
SF 15% -1%	28	28/04/22	26/05/22	378.40	5
SF 15% -1%	28	28/04/22	26/05/22	381.05	2
SF 15% -1%	28	28/04/22	26/05/22	380.50	5
SF 15% -1%	28	28/04/22	26/05/22	383.40	2
SF 15% -1%	28	28/04/22	26/05/22	384.20	3

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 18, se analizó las muestras SF 15% - SP 1% que alcanzó una compresión a los 7 días de 319.4 kg/cm², 320.2 kg/cm², 333 kg/cm², 382 kg/cm², 298 kg/cm² y a los 28 días logró 378.40 kg/cm², 381.05 kg/cm², 380.50 kg/cm², 382.40 kg/cm² y de 384.20 kg/cm². Se interpretó que la muestra SF 15% - SP 1% a los 7 días consiguió una resistencia promedio de 330.52 kg/cm² y 381.5 kg/cm² a los 28 días.

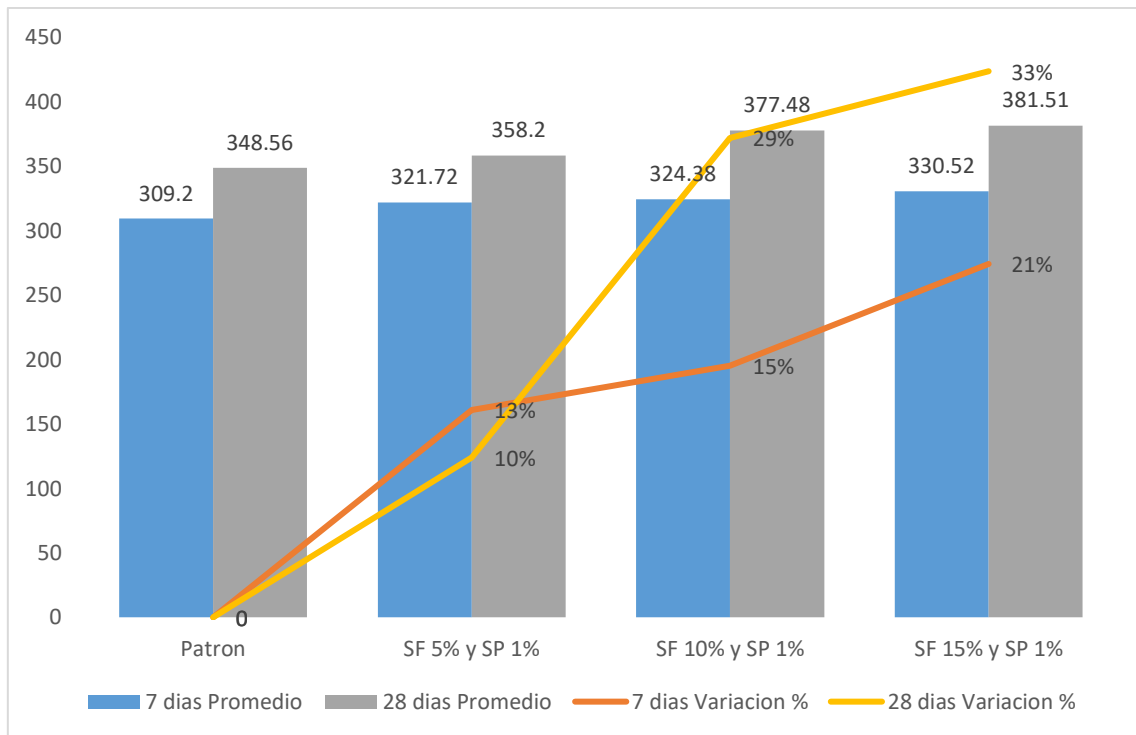


Figura 10. Variación de la resistencia a la compresión promedio, porcentual a los 7 y 28 días por cada muestra. Fuente: Elaboración Propia.

Podemos interpretar que la incorporación de SF y SP mejoró la resistencia a la compresión con la muestra SF 15% - SP 1%, alcanzó una resistencia de 381.51 kg/cm² a los 28 días. El empleo de SF con SP nos permitió confirmar la hipótesis planteada ya que expone mayor área superficial de las partículas para la reacción puzolánica entre el dióxido de calcio del cemento y el dióxido de sílice generando un gel CSH que es gracias a este que se mejora la resistencia ya que satura los poros generando una mejor adherencia en los agregados debido a la ultra finura que presenta la SF.

Resistencia a la flexión del concreto ASTM-C78

Se realizaron 9 especímenes prismáticos con dimensiones de 15 cm de ancho, alto y de 50 cm de largo. Y se engrasó con petróleo a los especímenes prismáticos, donde se realizó la colocación de la muestra de concreto apisonando una varilla para proceder a golpear 10 veces con el martillo de goma.

Tabla 19. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra patrón

Descripción	Edad	Dimensiones			Carga Máxima (Kgf)	Módulo de Rotura (kgf/cm ²)
		Altura	Ancho	Luz entre apoyos		
Patrón	7	150	150	450	3090.21	41.2
Patrón	7	150	150	450	3156.96	42.09
Patrón	7	150	150	450	3115.71	41.54
Patrón	28	150	150	450	3325.72	44.34
Patrón	28	150	150	450	3288.97	43.85
Patrón	28	150	150	450	3347.47	44.63

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 19, se interpretó que a los 7 días las muestras consiguieron una flexión de 41.2 kg/cm², 42.09 kg/cm², 41.54 kg/cm² y a los 28 días de 44.34 kg/cm², 43.85 kg/cm² y 44.63 kg/cm². Se pudo analizar que la muestra a los 7 días alcanzó una flexión promedio de 41.6 kg/cm² y 44.27 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 20. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 5% - SP 1%

Descripción	Edad	Dimensiones			Carga Máxima (Kgf)	Módulo de Rotura (kgf/cm ²)
		Altura	Ancho	Luz entre apoyos		
SF 5%-1%	7	150	150	450	3617.49	48.23
SF 5%-1%	7	150	150	450	3269.47	43.59
SF 5%-1%	7	150	150	450	3243.97	43.25
SF 5%-1%	28	150	150	450	3586.74	47.82
SF 5%-1%	28	150	150	450	3669.99	48.93
SF 5%-1%	28	150	150	450	3621.24	48.28

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 20, se interpretó que las muestras SF 5% - SP 1% a los 7 días consiguió una flexión de 48.23 kg/cm², 43.59 kg/cm², 43.25 kg/cm² y los 28 días

47.82 kg/cm², 48.93 kg/cm² y 48.28 kg/cm². Se pudo analizar que la muestra a los 7 días alcanzó una flexión promedio de 45 kg/cm² y 48.3 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 21. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 10% - SP 1%

Descripción	Edad	Dimensiones			Carga Máxima (Kgf)	Módulo de Rotura (kgf/cm ²)
		Altura	Ancho	Luz entre apoyos		
SF 10%-1%	7	150	150	450	3783.25	50.44
SF 10%-1%	7	150	150	450	3691.75	49.22
SF 10%-1%	7	150	150	450	3722.50	49.63
SF 10%-1%	28	150	150	450	4161.28	55.48
SF 10%-1%	28	150	150	450	4108.77	54.78
SF 10%-1%	28	150	150	450	4094.52	54.59

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 21, las muestras SF 10% - SP 1% a los 7 días consiguió una flexión de 50.44 kg/cm², 49.22 kg/cm², 49.63 kg/cm² y a los 28 días de 55.48 kg/cm², 54.14 kg/cm² y 54.59 kg/cm². Se pudo analizar que las muestras a los 7 días alcanzaron una flexión promedio de 49.8 kg/cm² y 55 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 22. Consecuencias de la resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 15% - SP 1%

Descripción	Edad	Dimensiones			Carga Máxima (Kgf)	Módulo de Rotura (kgf/cm ²)
		Altura	Ancho	Luz entre apoyos		
SF 15%-1%	7	150	150	450	4048.77	53.98
SF 15%-1%	7	150	150	450	4140.28	55.2
SF 15%-1%	7	150	150	450	3925.76	52.34
SF 15%-1%	28	150	150	450	4251.28	56.68
SF 15%-1%	28	150	150	450	4219.03	56.28
SF 15%-1%	28	150	150	450	4517.30	57.05

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 22, las muestras SF 15% - SP 1% a los 7 días alcanzó una flexión de 53.98 kg/cm², 55.2 kg/cm², 52.34 kg/cm² y a los 28 días 56.68 kg/cm², 56.28 kg/cm² y 57.05 kg/cm². Se pudo analizar que las muestras a los 7 días lograron una flexión promedio de 53.8 kg/cm² y 56.7 kg/cm² a los 28 días.

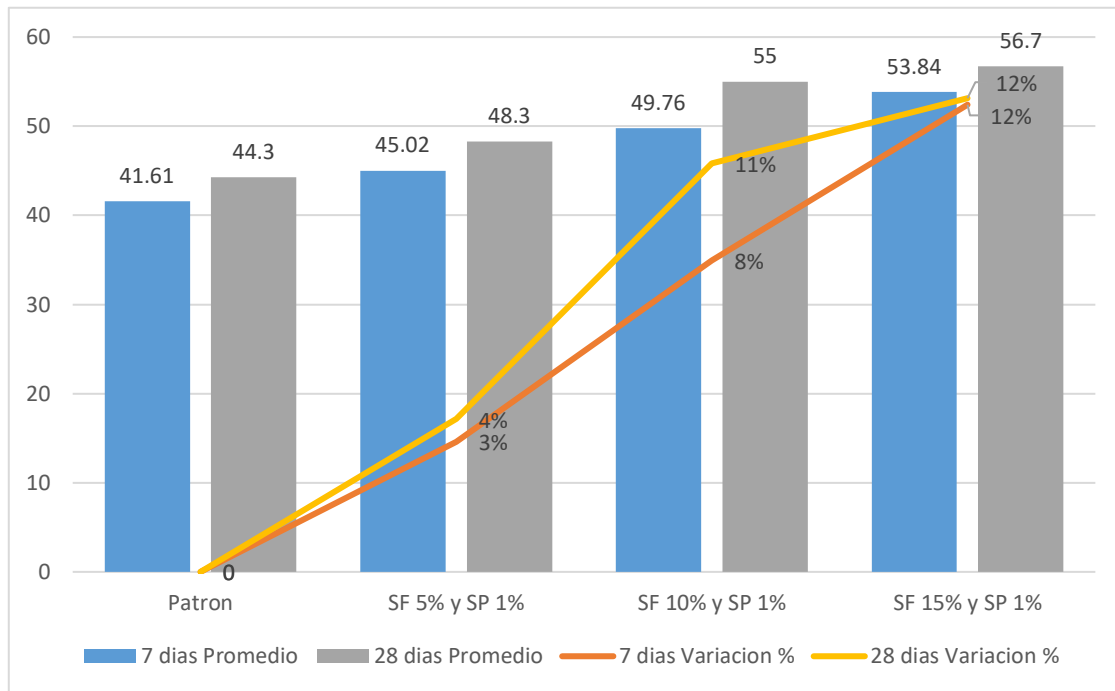


Figura 11. Diferenciación de la resistencia a la flexión promedio, porcentual a los 7 y 28 días por cada muestra tanto como el patrón y las incorporaciones de microsílíce con superplastificante. Fuente: Elaboración Propia.

Según la figura, las muestras SF 15% - SP 1% alcanzaron una flexión de 56.7 kg/cm² a los 28 días y verificando la hipótesis propuesta. La falla por momento de una viga, es una variable importante de los concretos para asfaltos debido a que la SF tiene una gran área superficie donde reacciona con el hidróxido de calcio para producir silicato de calcio hidratado, densificando la mezcla, donde los poros se van llenando de productos hidratados mejorando la adherencia de la mezcla con el acero.

Resistencia a la tracción del concreto ASTM C496

Se realizaron 9 probetas con de 6" x 12", donde se engraso con petróleo los moldes para luego colocar el concreto al molde en 3 capas y por cada una de ellas se coloca 25 golpes y posteriormente se dar pequeños golpes de 10 veces con el martillo de goma en la parte extrema de la muestra. Donde el ensayo

consistió en administrar una presión diametral en la longitud de la probeta hasta generar grietas.

Tabla 23. *Consecuencias de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra patrón*

Descripción	Edad	Diámetro	Carga Máxima (Kg)	Resistencia (kg/cm²)
Patrón	7	10	7973.19	25
Patrón	7	10	8611.04	27
Patrón	7	10	7973.19	25
Patrón	28	10	8929.97	28
Patrón	28	10	8929.97	28
Patrón	28	10	9248.90	29

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 23, las muestras patrones a los 7 días logró una tracción de 25 kg/cm², 27 kg/cm², 25 kg/cm² y a los 28 días de 28 kg/cm², 28 kg/cm² y 29 kg/cm². Se pudo analizar que las muestras a los 7 días consiguieron una tracción promedio de 26 kg/cm² y 28 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 24. *Consecuencias de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 5% - SP 1%*

Descripción	Edad	Diámetro	Carga Máxima (Kg)	Resistencia (kg/cm²)
SF 5% -1%	7	10	9248.90	29
SF 5% -1%	7	10	8929.97	28
SF 5% -1%	7	10	9248.90	29
SF 5% -1%	28	10	10205.68	32
SF 5% -1%	28	10	10524.61	33
SF 5% -1%	28	10	10524.61	33

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 24, se analizó que las muestras a los 7 días consiguieron una tracción de 29 kg/cm², 28 kg/cm², 29 kg/cm² y a los 28 días de 36 kg/cm², 35 kg/cm² y 36 kg/cm². Se pudo analizar que la muestra a los 7 días consiguió una tracción promedio de 29 kg/cm² y 33 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 25. Efectos de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 10% y SP 1%

Descripción	Edad	Diámetro	Carga Máxima (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)
SF 10% -1%	7	10	10205.68	32
SF 10% -1%	7	10	10524.61	33
SF 10% -1%	7	10	10843.54	34
SF 10% -1%	28	10	11481.39	36
SF 10% -1%	28	10	11162.47	35
SF 10% -1%	28	10	11481.39	36

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 25, se interpretó que las muestras SF 10% -1% a los 7 días consiguió una tracción de 32 kg/cm², 33 kg/cm², 34 kg/cm² y a los 28 días de 36 kg/cm², 35 kg/cm² y 36 kg/cm². Se pudo analizar que las muestras a los 7 días obtuvieron una tracción promedio de 33 kg/cm² y 36 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 26. Resultados de la resistencia a la tracción a los 7 y 28 días de la muestra con adición de SF 15% - SP 1%

Descripción	Edad	Diámetro	Carga Máxima (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)
SF 15% -1%	7	10	10843.54	34
SF 15% -1%	7	10	11162.47	35
SF 15% -1%	7	10	10524.61	33
SF 15% -1%	28	10	11800.32	37
SF 15% -1%	28	10	11481.39	36
SF 15% -1%	28	10	11481.39	36

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 26, se interpretó que las muestras SF 15% -1% a los 7 días consiguió una tracción de 34 kg/cm², 35 kg/cm², 33 kg/cm² y a los 28 días de 37 kg/cm², 36 kg/cm² y 36 kg/cm². Se pudo analizar que las muestras a los 7 días adquirieron una tracción promedio de 34 kg/cm² y 36 kg/cm² a los 28 días.

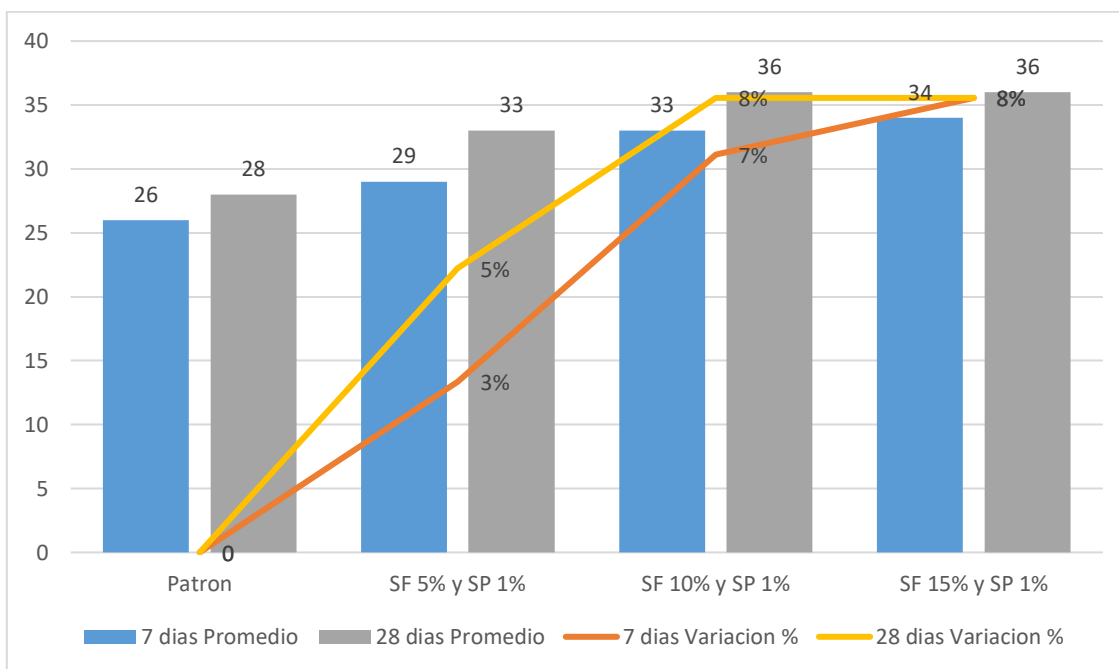


Figura 12. Diferenciación de la resistencia a la tracción promedio, porcentual a los 7 y 28 días por cada muestra tanto como el patrón y las incorporaciones de SF con SP. Fuente: Elaboración Propia.

Podemos interpretar que las muestras SF 10% - SP 1% y SF 15% - SP1% alcanzó la misma tracción de 36 kg/cm² comprobando la hipótesis planteada que es la resistencia al corte diametral debido que la SF reacciona con el hidróxido de calcio que se dio en la etapa de hidratación del cemento, lo que genera un aumento del silicato de calcio hidratado el cual proporciona resistencia al concreto y ocasionando la disminución de los poros capilares, lo que causó al concreto una distribución más homogénea de los agregados.

Análisis estadístico e interpretación de los resultados

Se realizó primero con la prueba de normalidad, que nos ayudó a determinar si un conjunto tiene una distribución normal y calcular la probabilidad de una variable aleatoria subyacente al conjunto de datos.

Tabla 27. *Análisis mediante la prueba de normalidad por Shapiro – Wilk respecto de la resistencia de compresión a los 28 días*

Muestras	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	,947	5	,714
SF 5% - SP 1%	,924	5	,555
SF 10% - SP 1%	,951	5	,745
SF 15% - SP 1%	,956	5	,777

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 27, se puede interpretar que se realizó en total 20 muestras, por lo tanto, se utilizó Shapiro- Wilk ya que solo se utiliza cuando las muestras son menos o iguales que 50. En cuanto al p valor podemos ver que es mayor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula que nos indica que tiene una distribución normal.

Tabla 28. *Análisis mediante la prueba de normalidad por Shapiro – Wilk respecto de la resistencia de flexión a los 28 días*

Muestras	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	,979	3	,719
SF 5% -SP 1%	,990	3	,812
SF 10% -SP 1%	,901	3	,390
SF 15% -SP 1%	,999	3	,957

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 28, se puede interpretar que se realizó en total 12 muestras, por lo tanto, se utilizó Shapiro- Wilk ya que solo se utiliza cuando las muestras son menos o iguales que 50. En cuanto al p valor podemos ver que es mayor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula que nos indica que tiene una distribución normal.

Tabla 29. *Análisis mediante la prueba de normalidad por Shapiro – Wilk respecto de la resistencia de tracción a los 28 días*

Muestras	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	,979	3	,721
SF 5%- SP1%	,990	3	,811
SF 10%- SP1%	,964	3	,637
SF 15%- SP1%	,999	3	,934

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 29, se puede interpretar que se realizó en total 12 muestras, por lo tanto, se utilizó Shapiro- Wilk ya que solo se utiliza cuando las muestras son menos o iguales que 50. En cuanto al p valor podemos ver que es mayor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula que nos indica que tiene una distribución normal. Se logro analizar que mediante la prueba de Shapiro- Wilk, pertenece a una estadística paramétrica, por lo tanto, mediante el método Anova se realizara la homogeneidad de varianzas, con la finalidad de comparar la media de 3 o más conjuntos independientes normalmente distribuidos.

Análisis estadístico por Anova y el método Tukey

Se ejecutó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos a los 28 días y usando el múltiple Tukey para contrastar la diferencia estadística.

Tabla 30. *Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 28 días*

	N	Media	Desv. Estándar	Error Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	5	348,56	3,396	1,518	344,34	352,77	343,80	352,40
SF5%-SP 1%	5	358,20	1,002	,448	356,95	359,44	357,20	359,70
SF10%-SP 1%	5	377,48	1,325	,592	375,83	379,12	375,80	379,00
SF15%-SP 1%	5	381,51	2,329	1,041	378,61	384,40	378,40	384,20
Total	20	366,43	14,070	3,146	359,85	373,02	343,80	384,20

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 27, se analizó que las medias de cada muestra con un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5%.

Tabla 31. *Media de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto estructural 280 kg/cm² mediante SPSS*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3682,892	3	1227,631	248,974	,000
Dentro de grupos	78,892	16	4,931		
Total	3761,784	19			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 28, se pudo analizar que los resultados logrados con ANOVA en relación a la compresión en proporción de los aditivos agregados, donde tuvo una significancia menor de 0.05 donde existe diferencias es decir que se admite la hipótesis alterna.

Hipótesis Nula: La incorporación de microsílíce con superplastificante no incrementará la resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c$: 280 kg/cm².

Hipótesis Alternativa: La incorporación de microsílíce con superplastificante incrementará la resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c$: 280 kg/cm².

Tabla 32. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto estructural 280 kg/cm² usando el método Tukey

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Nombre de las muestras	(J) Nombre de las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	SF5%-SP1%	-9,64000*	1,40439	,000	-13,6580	-5,6220
	SF10%-SP1%	-28,92000*	1,40439	,000	-32,9380	-24,9020
	SF15%-SP1%	-32,95000*	1,40439	,000	-36,9680	-28,9320
SF5%-SP1%	Patrón	9,64000*	1,40439	,000	5,6220	13,6580
	SF10%-SP1%	-19,28000*	1,40439	,000	-23,2980	-15,2620
	SF15%-SP1%	-23,31000*	1,40439	,000	-27,3280	-19,2920
SF10%-SP1%	Patrón	28,92000*	1,40439	,000	24,9020	32,9380
	SF5%-SP1%	19,28000*	1,40439	,000	15,2620	23,2980
	SF15%-SP1%	-4,03000*	1,40439	,049	-8,0480	-,0120
SF15%-SP1%	Patrón	32,95000*	1,40439	,000	28,9320	36,9680
	SF 5%-SP1%	23,31000*	1,40439	,000	19,2920	27,3280
	SF10%-SP1%	4,03000*	1,40439	,049	,0120	8,0480

Fuente: elaboración propia

En la tabla 29, se analizó las diferencias significativas en comparación por cada grupo cuando el p valor es menor que 0.05 existe diferencias lo cual se evaluó mediante prueba Post Hoc de Tukey.

Tabla 33. Medida en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días por el método Tukey

HSD Tukey ^a					
Nombre de las muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Patrón	5	348,5600			
SF5%-SP1%	5		358,2000		
SF 10%-SP1%	5			377,4800	
SF 15%-SP1%	5				381,5100
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: elaboración propia

En la tabla 30, se puede analizar, según la prueba Tukey, existe una diferencia significativa donde podemos afirmar que la compresión es superior con la muestra de SF 15%-SP1% que en las demás muestras.

Análisis estadístico de la resistencia a la flexión a los 28 días

Tabla 34. *Análisis de la varianza de la resistencia a la flexión a los 28 días por Anova*

Descriptivos								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	3	44,2733	,39425	,22762	43,2940	45,2527	43,85	44,63
SF5% -SP 1%	3	48,3433	,55770	,32199	46,9579	49,7287	47,82	48,93
SF10% -SP 1%	3	54,9500	,46872	,27062	53,7856	56,1144	54,59	55,48
SF15% -SP 1%	3	56,6700	,38510	,22234	55,7134	57,6266	56,28	57,05
Total	12	51,0592	5,23796	1,51207	47,7311	54,3872	43,85	57,05

Fuente: elaboración propia

En la tabla 31, se analizó las medias por cada muestra, la desviación, medida por cada grupo con un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5%.

Tabla 35. *Media de la resistencia a la flexión a los 28 días del concreto estructural 280 kg/cm² con SPSS*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	300,130	3	100,043	479,556	,000
Dentro de grupos	1,669	8	,209		
Total	301,799	11			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 32, se pudo analizar que el sig es menor que 0.05 donde hay diferencias en relación a la resistencia la flexión en proporción al aditivo adicionado, es decir que se admite la hipótesis alterna planteada.

Tabla 36. Agrupación de las resistencias a la flexión del concreto estructural 280 kg/cm² usando el método Tukey

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Nombre de las muestras	(J) Nombre de las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	SF 5% -SP 1%	-4,07000*	,37293	,000	-5,2643	-2,8757
	SF 10% -SP 1%	-10,67667*	,37293	,000	-11,8709	-9,4824
	SF 15% -SP 1%	-12,39667*	,37293	,000	-13,5909	-11,2024
SF5% -SP1%	Patrón	4,07000*	,37293	,000	2,8757	5,2643
	SF 10% -SP 1%	-6,60667*	,37293	,000	-7,8009	-5,4124
	SF 15% -SP 1%	-8,32667*	,37293	,000	-9,5209	-7,1324
SF10% -SP1%	Patrón	10,67667*	,37293	,000	9,4824	11,8709
	SF 5% -SP 1%	6,60667*	,37293	,000	5,4124	7,8009
	SF 15% -SP 1%	-1,72000*	,37293	,007	-2,9143	-,5257
SF15% -SP1%	Patrón	12,39667*	,37293	,000	11,2024	13,5909
	SF 5% -SP 1%	8,32667*	,37293	,000	7,1324	9,5209
	SF 10% -SP 1%	1,72000*	,37293	,007	,5257	2,9143

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 33, se analizó las discrepancias significativas por cada grupo, así como las diferencias de medias con una confianza de 95% utilizando la prueba Post Hoc de Tukey.

Tabla 37. Medida en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días por Tukey

HSD Tukey ^a					
Nombre de las muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Patrón	3	44,2733			
SF 5% -SP 1%	3		48,3433		
SF 10% -SP 1%	3			54,9500	
SF 15% -SP 1%	3				56,6700
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Fuente: elaboración propia

En la tabla 34, según la prueba de Tukey podemos afirmar con un nivel de significancia que la resistencia flexión con la muestra SF 15% - SP 1% es mayor que las demás muestras comparadas.

Tabla 38. Análisis de la varianza de la resistencia a la tracción a los 28 días por Anova

Descriptivos								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	3	28,3933	,51549	,29762	27,1128	29,6739	27,84	28,86
SF5%-SP1%	3	33,2233	,64314	,37132	31,6257	34,8210	32,62	33,90
SF10%-SP1%	3	35,9100	,04583	,02646	35,7962	36,0238	35,87	35,96
SF15%-SP1%	3	36,4700	,50030	,28885	35,2272	37,7128	35,98	36,98
Total	12	33,4992	3,36039	,97006	31,3641	35,6343	27,84	36,98

Fuente: elaboración propia

En la tabla 35, se analizó las medias por cada muestra, la desviación, medida por cada grupo con un nivel de confianza de 95%, un nivel de significancia de 5% y los límites inferior y superior.

Tabla 39. *Media de la resistencia a la tracción a los 28 días del concreto estructural 280 kg/cm² con SPSS*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	122,351	3	40,784	175,081	,000
Dentro de grupos	1,864	8	,233		
Total	124,214	11			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 36, se pudo analizar que hay una diferencia sig menor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis de propuesta.

Tabla 40. *Agrupación de las resistencias a la tracción del concreto estructural 280 kg/cm² usando el método Tukey*

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Nombre de probetas	(J) Nombre de probetas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	SF5%-SP1%	-4,83000*	,39407	,000	-6,0920	-3,5680
	SF10%-SP1%	-7,51667*	,39407	,000	-8,7786	-6,2547
	SF15%-SP1%	-8,07667*	,39407	,000	-9,3386	-6,8147
SF5%- SP1%	Patrón	4,83000*	,39407	,000	3,5680	6,0920
	SF10%-SP1%	-2,68667*	,39407	,001	-3,9486	-1,4247
	SF15%-SP1%	-3,24667*	,39407	,000	-4,5086	-1,9847
SF10%- SP1%	Patrón	7,51667*	,39407	,000	6,2547	8,7786
	SF5%-SP1%	2,68667*	,39407	,001	1,4247	3,9486
	SF15%-SP1%	-,56000	,39407	,522	-1,8220	,7020
SF15%- SP1%	Patrón	8,07667*	,39407	,000	6,8147	9,3386
	SF5%-SP1%	3,24667*	,39407	,000	1,9847	4,5086
	SF10%-SP1%	,56000	,39407	,522	-,7020	1,8220

Fuente: elaboración propia

En la tabla 37, se analizó las discrepancias significativas por cada grupo, así como las diferencias de medias con una confianza de 95% utilizando la prueba Post Hoc de Tukey.

Tabla 41. Medida en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días mediante Tukey

HSD Tukey ^a				
Nombre de probetas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Patrón	3	28,3933		
SF 5%- SP1%	3		33,2233	
SF 10%- SP1%	3			35,9100
SF 15%- SP1%	3			36,4700
Sig.		1,000	1,000	,522
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Fuente: elaboración propia

En la tabla 38, según la prueba Tukey podemos afirmar que la tracción evaluada a los 28 días con las muestras de SF 15%-SP1% y SF 10%-SP 1% no existe diferencia significativa, pero si existe diferencia significativa respecto a las muestras SF 5% - SP 1% y patrón.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo en la tesis de García, J (2020). Realizó una metodología aplicada, diseño experimental y un enfoque cuantitativo. Donde realizó 52 probetas y utilizaron los instrumentos de fichas técnicas para recabar la información. Realizó especímenes patrón, microsílíce (SF) 6%, SF 8%, SF 10% y adicionando 2.2 % de superplastificante (SP) en correspondencia al peso del cemento, donde alcanzó una compresión de 567 kg/cm², 601 kg/cm², 785 kg/cm² y 822 kg/cm² a los 28 días. Y respecto a la resistencia a la tracción las muestras anteriormente mencionadas alcanzaron 48 kg/cm², 54 kg/cm², 48 kg/cm² y 60 kg/cm². Concluyó que la incorporación del SP y SF ayudó a aumenta las propiedades mecánicas del concreto. Por otro lado, Flores, C y Blas, A (2014). Su objetivo general es determinar el efecto de SF y SP en las propiedades mecánicas en concreto. Se realizó un estudio de diseño experimental, con un diseño de 700 kg/cm², 800 kg/cm² y 900 kg/cm² donde fueron ensayados a los 3, 7, 14, 28 días con la adición de SF en 5%, 10%, 15%, SP con una relación a/c de 0.281, 0.241 y 0.201 respectivamente. El resultado principal de la compresión alcanzó 1042.7 kg/cm² a los 28 días, 1065.4 kg/cm² y 1112.1 kg/cm² correspondientemente. Se concluyó que la mezcla de SF y SP genera una gran influencia para adquirir un concreto de alta resistencia. La SF son partículas ultrafinas que rellenan los vacíos, reduciendo los poros de la mezcla mejorando sus propiedades debido a la reacción con el Ca (OH)₂ originario de la hidratación del cemento para generar el gel CSH, es por este que mejora la resistencia (Castaño, 2013). De la misma manera en la presente indagación se consiguió aumentar la resistencia a la compresión, flexión y tracción.

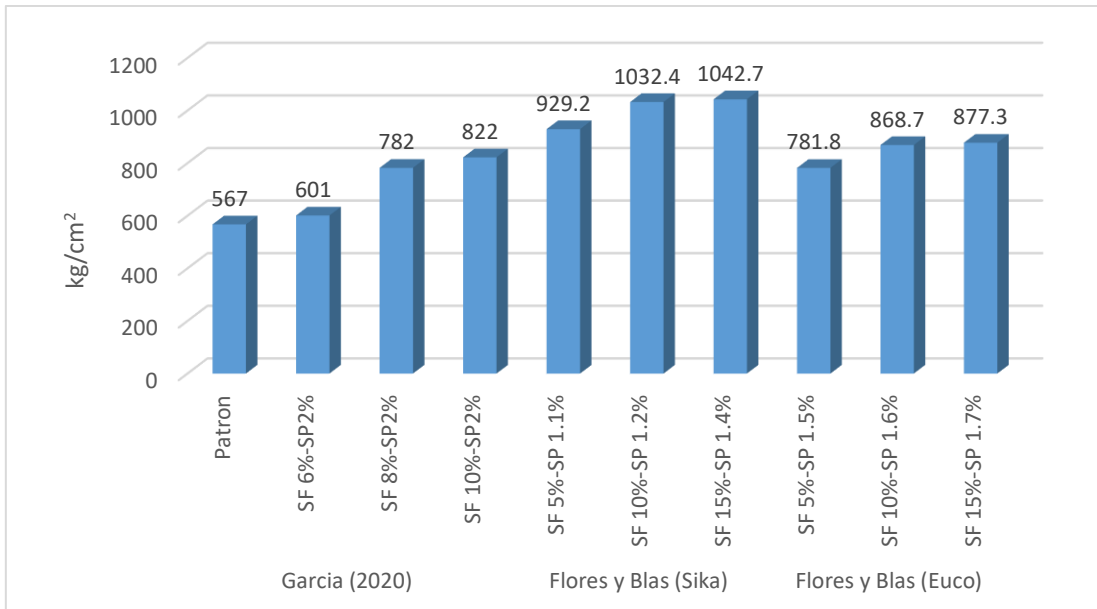


Figura 13. Contraste de los resultados de resistencia a la compresión con la incorporación de microsílíce y superplastificante ayudo a optimizar las propiedades mecánicas. Fuente: Elaboración Propia.

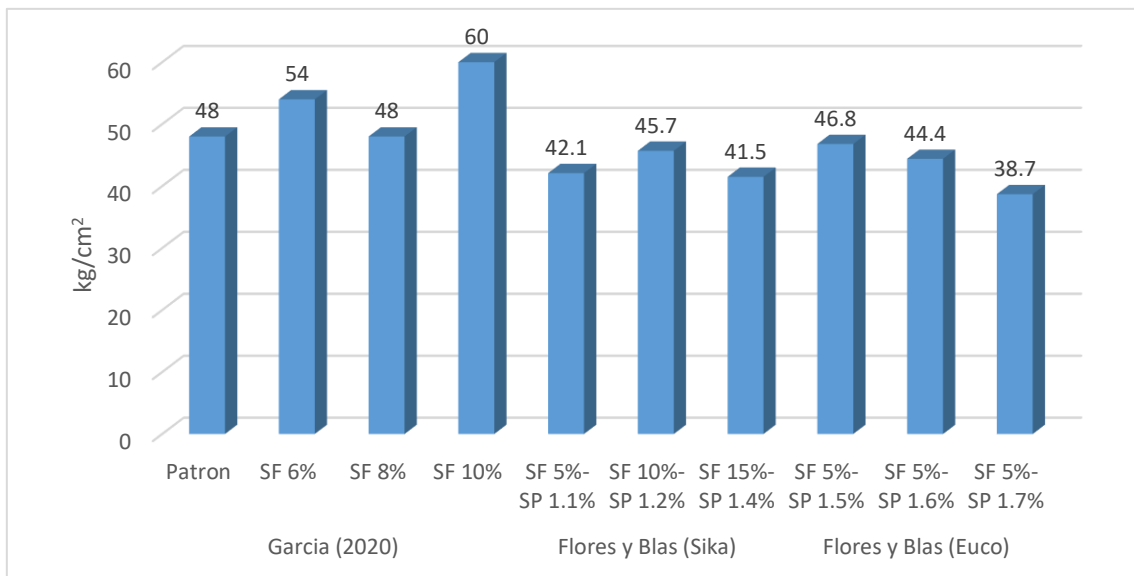


Figura 14. Contraste de los resultados resistencia a la flexión con la incorporación de microsílíce y superplastificante ayudo a optimizar las propiedades mecánicas. Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la trabajabilidad del concreto fresco, en la presente investigación se realizado la muestra patrón, la adición de Microsílíce (SF) 5% - Superplastificante (SP) 1%, SF 10% - SP 1%, SF 15% - SP 1%, donde obtuvieron un revenimiento de 4", 6" 4 ¾" y 4 ½", respectivamente donde la incorporación del

superplastificante nos ayudó a mejorar la trabajabilidad del concreto. Así mismo, García, K (2018) en su investigación realizó una investigación aplicada, experimental y cuantitativa. Realizó muestras con una relación a/c de 0.35 y 0.40 utilizando unas dosis de microsílíce (SF) de 4%, 6% y 8% y de superplastificante (SP) de 0.8%, 1.2%, 1.6%. Por otro lado, Fernández, D y Ramos, H (2019), realizó una investigación experimental, aplicada y cuantitativa, donde realizó la incorporación de SF de 5%, 7.5% y 10% y de SP Sika Visco Flow. Los resultados encontrados nos permiten corroborar con Rivva, (2002) que nos indica que las fuerzas superficiales de las partículas de SF impiden la dispersión adecuada en estado fresco, con el uso de los SP estas fuerzas permiten que las partículas se compacten más densa y mejora la zona de transición entre la pasta - agregado, mejorando su microestructura y las propiedades del concreto,

Tabla 42. Cuadro comparativo de Revenimiento del concreto

Fernández y Ramos (2019)	a/c 0.35	Patrón	7
		SF 5%	7 1/2
		SF 7.5%	7
		SF 10%	7 2/7
	a/c 0.40	Patrón	7 1/4
		SF 5%	7 1/2
		SF 7.5%	7 1/4
		SF 10%	7
Paniura y Yauri (2022)	a/c 0.34	Patrón	4
		SF 5%- SP 1%	6
		SF 10%- SP 1%	4 3/4
		SF 15%- SP 1%	4 1/2

Fuente: elaboración propia

En la tabla 39, se puede analizar los asentamientos alcanzados por los diversos autores con relación a la proporción agua y cemento.

Respecto a la resistencia a la compresión, en el presente proyecto de titulación se realizó las muestras patrón, SF 5% - SP 1%, SF 10% - SP 1%, SF 15% - SP 1%, donde fueron evaluadas a los 28 días donde alcanzó una compresión de 348.56 kg/cm², 358.8 kg/cm², 377.48 kg/cm², 381.51 kg/cm². Por otro lado, en la tesis de Cotrina, N (2018). Su propósito fue evaluar la conducta mecánica del concreto. Se desarrolló de forma experimental con las muestras patrón, aditivo

SP de 0.9% (diseño B), SF 10%, SP 0.9% (Diseño C) y SF10% y SP 0.9% (Diseño D) la cual fue evaluada a los 28 días. Donde alcanzó la muestra patrón una compresión de 498.76 kg/cm², 570.57 kg/cm², 507.55 kg/cm² y 599.70 kg/cm². Donde concluyó que la muestra D con 0.9% de superplastificante y 10% microsílíce del peso de cemento obtuvo la mayor compresión. Asimismo, en la tesis de Rondo, A (2021) realizó 63 probetas que fueron evaluadas a los 3,14 y 28 días con las incorporaciones de microsílíce (MS) 5%, nanosílíce (NS) 2% y superplastificante (SP) de 2%, MS 8% - NS2% - SP 2%, MS 10% - NS 2% - SP 2%, donde alcanzó una compresión de 709 kg/cm², 730 kg/cm² y 740 kg/cm² a los 28 días de curado. Donde concluyó que el porcentaje optimo es el 10% SF, 2% MS y 2% SP. De la misma manera en el presente proyecto las muestras patrón, SF 5% SP 1%, SF 10% SP 1% y SF 15% SP 1% alcanzó una compresión de 348.56 kg/cm², 358.2 kg/cm², 377.48 kg/cm² y 381.51 kg/cm² a los 28 días. Los resultados encontrados fueron semejantes a los mencionados donde la adición de SF mejora la compresión, donde depende del tipo de mezcla, la proporción de SF, el uso de aditivos SP, de las propiedades del agregado y del tipo de curado.

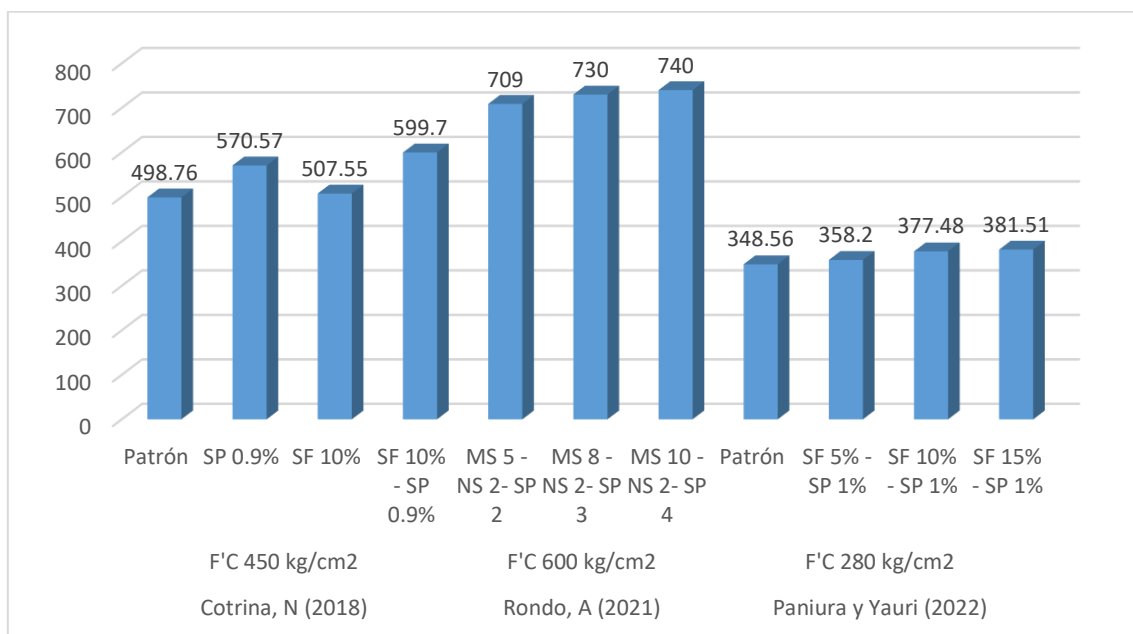


Figura 15. Comparación de los resultados de la resistencia a la compresión por otros autores de la adición de microsílíce y superplastificante que superó la resistencia de diseño. Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la resistencia a la flexión, en el presente proyecto muestras patrón consiguió una resistencia de 44.3 kg/cm², la muestra SF 5%- SP 1% alcanzó 48.3 kg/cm², la muestra de SF 10%- SP 1% alcanzó 55 kg/cm² y la muestra de SF 15%-SP1%, alcanzó 56.7 kg/cm² a los 28 días. Asimismo, **Flores, C y Blas, A (2014)** realizó comparación entre las dos marcas de Microsílice Sika y Euco donde alcanzó una flexión de 42.1 kg/cm², 45.7 kg/cm², 41.5 kg/cm² con las muestras de SF 5%-SP 1.1%, SF 10%-SP 1.2%, SF 15%-SP 1.2% en la cual podemos observar que la dosis optima es SF 10% - SP 1.2% alcanzando una flexión de 45.7 kg/cm² y mediante Euco alcanzó 46.8 kg/cm², 44.4 kg/cm², 38.7 kg/cm² con las muestra de SF 5%-SP 1.5%, SF 10%-SP 1.6%, SF 15%-SP 1.7%, donde la dosis optima es con la muestra SF 5% - SP 1.5% donde alcanzó 46.8 kg/cm². Por otro lado, en la tesis de **García, J (2020)** se pudo analizar que las muestras patrón, SF 6% - SP 2.2%, SF 8% - SP 2.2%, SF 10% - SP 2.2% alcanzó una flexión de 48 kg/cm², 54 kg/cm², 48 kg/cm², 60 kg/cm², donde el porcentaje optimo es el 10% de SF – 2.2% SP. La resistencia a la flexión esta expresada en el módulo de rotura donde es una medida expresada por la falla por momentos de una viga, donde la incorporación de la microsílice mejora la resistencia debido a que el superplastificante nos permite mejorar la adherencia de la pasta y el agregado.

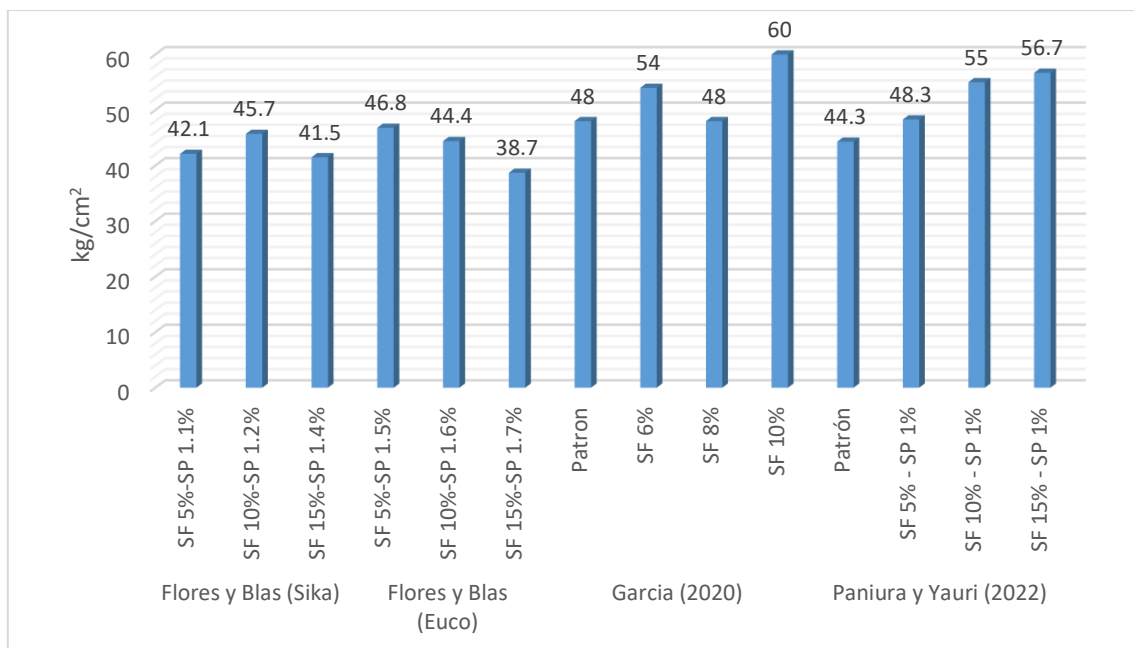


Figura 16. Esquema de comparación de la resistencia a la flexión del concreto con la adición de microsílice y superplastificante. Fuente: Elaboración Propia.

En relación a la resistencia a la tracción, en el presente proyecto las muestras patrón alcanzó una tracción de 28 kg/cm², la muestra SF 5%- SP 1% alcanzó 33 kg/cm², la muestra de SF 10% - SP 1% alcanzó 36 kg/cm² y la muestra de SF 15% - SP1% alcanzó 36 kg/cm² a los 28 días. Por otro lado, **Flores, P (2021)** en su tesis. Asumió como objetivo determinar y comparar como influye en las propiedades mecánicas del concreto. Donde realizó un diseño de 600 kg/cm², empelando tres tipos de dosificaciones de microsílíce (SF) 5%, 10%, 15% y de nanosílíce (NS) de 0.5%, 1.5% y 3%. Donde alcanzó una resistencia de 63.15 kg/cm² la muestra patrón, la muestra con 5% SF – SP 1% alcanzó 71.45 kg/cm², la muestra de 10% SF– SP 1% alcanzó 90.53 kg/cm² y la muestra SF 15% – SP 1% alcanzó 92.72 kg/cm² a los 28 días. Y respecto a la muestra de patrón alcanzó 63.30, NS 0.5% - SP 1% 82.06, NS 1.5% - SP 1% obtuvo 95.58 y la muestra NS 3% - SP1% alcanzó 96.95 kg/cm². Se concluyó que la incorporación de nanosílíce superó a la microsílíce. Asimismo, en la tesis de **Cotrina, N (2018)**. Donde desarrolló muestras patrón, SP 0.9%, SP 10% y SF 10% - SP 0.9% fue evaluada a los 28 días. Donde alcanzó la muestra patrón una compresión de 35.45 kg/cm², 34.41 kg/cm², 16.68 kg/cm² y 36.49 kg/cm². Se concluyó que la muestra SF 10% - SP 0.9% superó a las demás muestras.

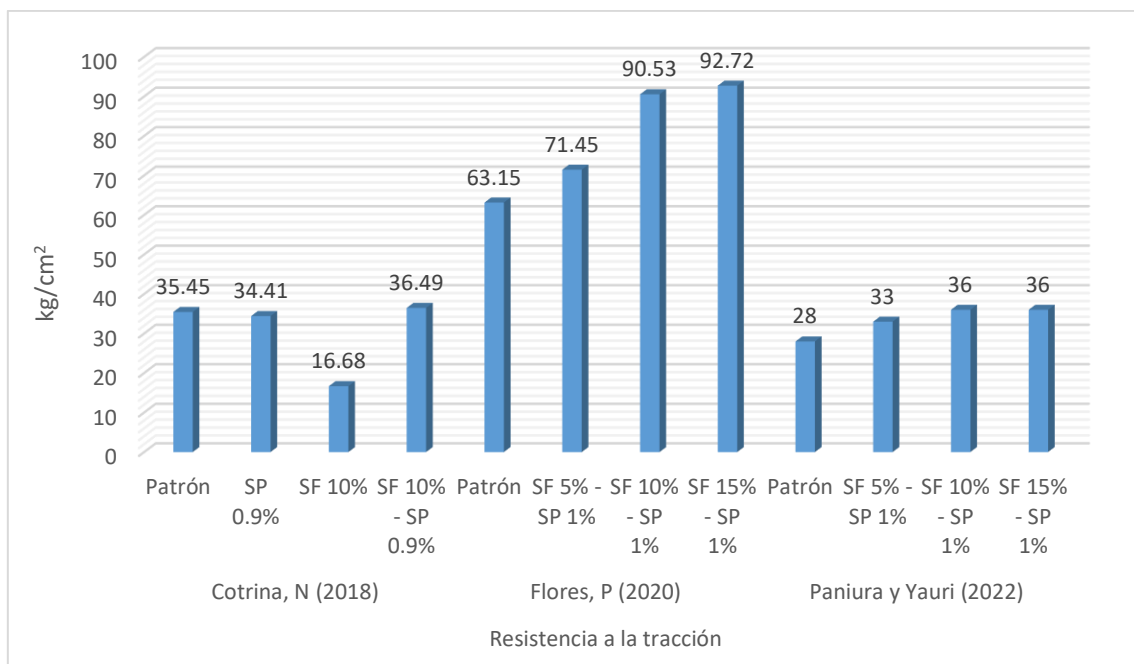


Figura 17. Comparación de los resultados alcanzados en la resistencia a la tracción con la incorporación de microsílíce con superplastificante donde se realizó vigas de 15 x 15 x 50. Fuente: Elaboración Propia.

VI. CONCLUSIONES

1. Se evaluó la resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto estructural F'C 280 kg/cm², por medio de la incorporación del 5%, 10%, 15% de microsílíce con 1% de superplastificante con relación al peso del cemento, donde la resistencia del concreto se incrementó en medida de la adición de microsílíce, con la adición del 15% de microsílíce superó a los demás especímenes consiguiendo resultados favorables en un 33%, 12% y 8% en la resistencia a la compresión, flexión y tracción con respecto a la muestra patrón.
2. La incorporación de microsílíce (SF) con superplastificante (SP) nos ayudó mejorar el revenimiento del concreto estructural F'C 280 kg/cm², donde la muestra patrón, la muestra SF 5% - SP 1 %, SF 10% - SP 1% y SF 15% - SP 1% consiguió un asentamiento de 4 pulgadas, 6 pulgadas, 4 ³/₄ pulgadas, 4 ¹/₂ pulgadas correspondiente.
3. La adición microsílíce (SF) con superplastificante (SP) incrementó la resistencia a la compresión del concreto estructural de F`C 280/cm² en 33% cuando se incorporó el 15% de SF y 1% de SP donde alcanzó una resistencia de 381.51 kg/cm² y 29% cuando se adiciona el 10% de SF y 1% de SP donde logró una resistencia de 377.48 kg/cm² a con respecto a la muestra patrón evaluadas a los 28 días.
4. La adición microsílíce (SF) con superplastificante (SP) incrementó la resistencia a la flexión del concreto estructural de F`C 280 kg/cm² en 12% cuando se incorporó el 15% de SF y 1% de SP donde alcanzó una resistencia de 56.7 kg/cm² y 11% cuando se adiciona el 10% de SF y 1% de SP donde obtuvo una resistencia de 55 kg/cm² con respecto a la muestra patrón evaluadas a los 28 días.
5. La adición microsílíce (SF) con superplastificante (SP) incrementó la resistencia a la tracción del concreto estructural de F`C 280 kg/cm² en 8% cuando se incorporó el 15% de SF - 1% de SP y 10% SF - 1% SP donde consiguió una resistencia de 36 kg/cm² con respecto a la muestra patrón evaluadas a los 28 días.

VII. RECOMENDACIONES

- Se debe tener un control respecto a la cantidad de superplastificante a utilizar, en el cual primero se debe revisar la ficha técnica donde se recomiendan en qué parámetro se puede utilizar.
- Se recomienda evaluar la incorporación de microsilíce y superplastificante por medio del reemplazo del peso del cemento para poder comparar sus propiedades mecánicas del concreto.
- Se recomienda utilizar dosis mayores para el microsilíce para poder evaluar sus propiedades mecánicas.
- Se recomienda buscar otros aditivos puzolánicos para poder lograr un concreto de alta resistencia.
- Se recomienda utilizar otro tipo de cemento ya que antes de elegir se puede verificar sus características físicas por medio UNACEM o sus fichas técnicas, en el presente proyecto se utilizó el cemento sol.
- Se recomienda buscar un laboratorio que cumpla con INALCAL, sino también con la calidad de ISO 9001:2015.
- Se debe realizar la verificación de la calibración de los equipos a utilizar para los ensayos del concreto a utilizar.

REFERENCIAS

ANICAMA, Lindsay. Aplicación de aditivo microsílíce, y superplastificante para el diseño de mezclas de concreto de alto desempeño Lima- 2019. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3wQ70Vy>

AQUINO, Randy. Análisis mecánico del concreto de mediana resistencia usando escorio de acero como agregado grueso y Microsílíce. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3NAHpHa>

BOMBÓN, Claudio y ROSERO, Bagner. Estudio de la incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC). Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2021.

Disponible en <https://bit.ly/3NBpKyK>

CAJILEMA, Jairo y MORALES, Jerson. Incidencia del Microsílíce en el diseño de hormigón de alta resistencia. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2021.

Disponible en <https://bit.ly/3MPTeJp>

CASTAÑO, Jesús. Características mecánicas y de durabilidad de concreto de alto desempeño. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2013.

Disponible en <https://bit.ly/3sUunw7>

CAYAMBE, Mario y PÉREZ, Flor. Obtención de concreto de alta resistencia mediante la adición de microsílíce y superplastificantes en la mezcla, para su aplicación en elementos estructurales sometidos a grandes esfuerzos. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Nacional Chimborazo, 2013.

Disponible en <https://bit.ly/3Nx91wx>

COTRINA, Nélica. Comportamiento mecánico del concreto de alta resistencia de $f_c=450$ kg/cm² con aditivo superplastificante Sikament®-290N y adición mineral Sika® fume. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3IOPfbb>

ESPINOZA, Rubén y VALDIVIEZO, Oscar. Influencia del curado en la permeabilidad del hormigón de alta resistencia fabricado con y sin adiciones reciclables. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3IC37i1>

Euclid Group Toxement (2016). “MICROSÍLICE”, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/3GnC8jF>

FERNÁNDEZ, Denis y RAMOS, Héctor. Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a la compresión de concretos con relaciones agua/cemento 0.30, 0.35 y 0.40 Trujillo 2019. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3NA9y0K>

Ficha técnica de Sika Fume (2021). Recuperado de 15 de setiembre de 2021 de <https://bit.ly/3PGoxbj>

Ficha técnica de Sikament-290 N. (2017) Recuperado de 15 de setiembre de 2021 de <https://bit.ly/3z0Vb1x>

Ficha técnica del Humo de sílice de Cedex (2012). Recuperado de <https://bit.ly/3yYLDUY>

FLORES, Cesar y BLAS, Alexander. Influencia de la adición de microsíllice y superplastificante en las propiedades de un concreto de alta resistencia en la ciudad de Arequipa. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/3MOgQOs>

FLORES, Palmer. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia con microsílíce y nanosílíce, Lima – 2019. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3NCpvUu>

GANJIAN, Eshmaiel y POUYA, Homayoon. Effect of magnesium and sulfate ions on durability of silica fume blended mixes exposed to the seawater tidal zone. *Cement and Concrete Research*, [en línea]. 17 de setiembre 2005 [fecha de consulta: 5 de setiembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3wJ95UD>

GARCÍA, José (2020). Análisis de la adición de microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280 kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3MRY216>

GARCÍA, Jorge. Análisis del comportamiento del concreto de alta resistencia adicionando microsílíce y aditivo superplastificante para determinar sus propiedades físico - mecánica, Lima - 2020. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3IFp13P>

GARCÍA, Luis. Concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adiciones de Microsílíce y superplastificante en la ciudad de Huancayo. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3x6FMdJ>

GONZALES, Richard. Concreto de alta resistencia utilizando aditivo microsílíce. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huánuco: Universidad nacional Hermilio Valdizan, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3yXNCc6>

HENDI, Ali [et al]. Performance of two types of concrete containing waste silica sources under MgSO₄ attack evaluated by durability index. *Construction and Building Materials* [en línea]. 30 de abril de 2020. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3LJSDre>

HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. 6^a ed. México: McGrawHill, 2014. 634 pp.

ISBN: 9781456223960

KALPANA, Moham. Benefits of metakaolin over microsilica in developing high performance concrete. *Materials Today: Proceedings*, [en línea]. 30 de abril de 2020. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/39RaHCP>

LOAYZA, Percy. Efecto de ceniza de cascara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/39nl68h>

LÓPEZ, Lucio. Influencia del porcentaje de adición de la microsilice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño (Tesis de maestría en ingeniería estructural).

Disponible en <https://bit.ly/38LrIU4>

MATSUMOTO, José. Características y durabilidad del concreto con humo de sílice y agregado de origen basáltico en medios agresivos. Tesis (Maestría en Ingeniería Estructuras). Bogotá: Universidad Nacional de Bogotá, 2011.

Disponible en <https://bit.ly/3ydE0Jn>

MONTAÑA, Cristhian y CARMONA, Rodrigo (2015). Impacto de las adiciones para concreto en la reducción de la permeabilidad al ión cloruro vs la relación agua cemento. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/3IHbRU4>

Norma Técnica de Edificaciones E.060 (2009). Concreto Armado. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado de <https://bit.ly/3OAUlb6>

NTP. 339.034:2015. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima, Perú. INACAL, 2015.

NTP. 339.078: 2017. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima, Perú. INACAL, 2017

NTP. 339.084:2017. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. Lima, Perú. INACAL, 2017.

ÑAUPAS, Humberto [et al]. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. [en línea]. 4a. ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2014 [fecha de consulta: 30 de agosto de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3NyeaVb>

RAHMAN, Asifur [et al]. Potential use of microsilica in concrete: *A critical review*. *Researchgate*, [en línea]. 30 de marzo de 2021. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3LIHLtR>

RAKESH, Kumar y AMRENDRA, Singh. Silica fume mixed concrete in an acidic environment. *Conference on Advanced Light-weight Materials and Structures*. [en línea]. 6 de marzo de 2020. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3wPzbUL>

RAKESH, Kancharla [et al]. Flexural Behavior Performance of Reinforced Concrete Slabs Mixed with Nano- and Microsilica. *Journal of Nanomaterials*. [en línea]. 6 de noviembre de 2021. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3yWAdkk>

RIQUETT, Alonso. Concretos de alto desempeño: Métodos de diseño y su implementación. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Barranquilla: Universidad Autónoma de Sinaloa, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3wNnvlh>

RIVVA, Enrique. Concreto de alta resistencia [en línea]. 2.^a ed. Instituto de la construcción y gerencia, Lima, 2002. [fecha de consulta: 30 de noviembre del 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3n8witB>

RONDO, Alex. Estudio de las propiedades del concreto de alta resistencia $f'c = 600 \text{ Kg/cm}^2$, adicionando microsílíce, nanosílíce y superplastificante - Trujillo – 2021. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021.

Disponible en <https://bit.ly/3mC4gXp>

SÁNCHEZ, Hugo. Metodología y Diseño en la Investigación Científica. Edit. Mantaro, Lima-Perú, 1998. 230 pp.

ISBN 978-9972-9695-3.

SIDDIQUE, Rafat. Utilization of silica fume in concrete: *Review of hardened properties. Resources, Conservation and Recycling* [en línea]. 11 de setiembre de 2011. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2021].

Disponible en <https://bit.ly/3LRd5a0>

UNICON. (2019). Concreto premezclado con mayor fluidez que brinda mayor trabajabilidad y velocidad de colocación. Cumple con requisitos del reglamento nacional de edificaciones y el código ACI 318-19.

Disponible en <https://www.unicon.com.pe/premezclado/premezclado-alto-desempeno/>

Anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia

"Adición de microsilíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural F'C 280 kg/cm ² , Lima 2021"							
Problema General	Objetivo general	Hipótesis General	Operaciones de Variables				Diseño metodológico
¿Cómo influye la adición de microsilíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² , Lima - 2022?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas de concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² .	La adición de microsilíce con superplastificante mejora las propiedades mecánicas del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² .	VI: Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Medición	Método
			Adición de Microsilíce (SF) con superplastificante (SP)	Dosificación	Microsilíce SF (0,5,10,15) y Superplastificante SP (1%)	Porcentaje (%)	Científico
				Propiedades Químicas	85 a 96% de óxido de silicio (SiO ₂)	Porcentaje (%)	Enfoque
				Propiedades Físicas	Tamaño de partícula	Micra	Cuantitativa
					Densidad	cm ² /gr	Tipo
				Diseño de Mezcla	Análisis Granulométrico, Módulo de finura, Contenido de humedad y relación a/c	Porcentaje (%)	Aplicada
Nivel							
Explicativo-Descriptivo							
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	VD: Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Medición	Diseño
¿Cuál es la influencia de la incorporación de	Determinar el efecto de la incorporación	La incorporación de microsilíce con					Cuasi experimental

microsílice con superplastificante en el revenimiento del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² , Lima – 2022?	de microsílice con superplastificante en la trabajabilidad del concreto estructural F'C 280 kg/cm ² .	superplastificante mejora la trabajabilidad del concreto estructural F'C 280 kg/cm ² .	Incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ²	Trabajabilidad	ASTM C143-78	Pulg	Instrumento
¿Cuál es el efecto de la adición de microsílice con superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² , Lima – 2022?	Determinar el efecto de la adición de microsílice con superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² .	La adición de microsílice con superplastificante incrementa la resistencia a la compresión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² .		Compresión	ASTM C 39	Kg/cm ²	Población
¿Cuál es la influencia de la adición de microsílice con superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² , Lima - 2022?	Determinar el efecto de la adición de microsílice con superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ²	La adición de microsílice con superplastificante mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ²		Resistencia a la flexión	ASTM C 78 - ASTM C293	Kg/cm ²	Muestreo
¿Cuál es el efecto de la adición de microsílice con superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² , Lima - 2022?	Determinar el efecto de la adición de microsílice con superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ²	La adición de microsílice con superplastificante mejora la resistencia a la tracción del concreto estructural de F'C 280 kg/cm ² .		Resistencia a la tracción	ASTM C 496	Kg/cm ²	Indeterminada
							Intencional
							Total de especímenes 88 (resistencia a la compresión 40, flexión 24 y tracción de 24 evaluadas a los 7 y 28 días)

Fuente: elaboración propia

Anexo 2 Matriz Operacional

“Adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural F’C 280 kg/cm², Lima 2022”					
Variable (VI)	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Adición de Microsílíce (SF) y Superplastificante (SP)	El microsílíce o humo de sílice se obtiene a partir de la quema de cuarzo, leña o carbón a temperaturas de 2000 °C, debido a ello es un residuo industrial ultra fino no biodegradable que tiene forma esférica, de color gris o blanco, posee 75% de sílice (Toxement t, 2016).	Se realizaron los procedimientos establecidos según la norma ACI 211 para entender las aplicaciones del microsílíce con superplastificante en el concreto estructural de F’C 280 kg/cm ²	Dosificación	Porcentaje de microsílíce (0%,5%,10% y 15%) y superplastificante (1%)	Porcentaje (%)
			Propiedades Químicas	85 a 96% de óxido de silicio (SiO ₂)	Porcentaje (%)
			Propiedades físicas	Densidad	Kg/m ³
				Tamaño de partícula	micra
Variable (VD)	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural de F’C 280 kg/cm ²	Las propiedades mecánicas que lo caracterizan son la resistencia en compresión, tensión, flexión, durabilidad, permeabilidad, porosidad y escurrimiento plástico esto gracias a la finura que presenta el microsílíce (Rivva, 2002).	Se realizará los procedimientos establecidos según las normas ASTM C 143-78, ASTM C 39, ASTM C78 – C293 y ASTM C 496 para comprender el comportamiento del concreto de estructural de alta resistencia para percibir los valores a la resistencia a la compresión, flexión y tracción.	Trabajabilidad	ASTM C143-78	pulg
			Resistencia a la Compresión	ASTM C 39	kg/cm ²
			Resistencia a la flexión	ASTM C 78- ASTM C293	kg/cm ²
			Resistencia a la tracción	ASTM C 496	kg/cm ²

Fuente: elaboración propia

Anexo 3 Cotización de ensayos por el laboratorio MTL Geotecnia



MTL GEOTECNIA
RUC 20600375262

FORMATO DE COTIZACIÓN DE ENSAYOS

COT. Nº 246-LEM-22

REFERENCIA	Solicitado vía presencial el 20/04/2022
SOLICITANTE	Sandra Yauri Eguavil
ATENCIÓN	Sandra Yauri Eguavil
TESIS	"Adición de microslicio con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural F'c 280 kg/cm ² , Lima 2021"
UBICACIÓN	Lima
FECHA	San Martín de Porres, 20 de abril de 2022

EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO

ITEM	CONCEPTO	NORMA	UND.	CANT	PARCIAL	SUBTOTAL
1.0	ENSAYOS EN LABORATORIO DE CONCRETO					
1.1	Diseño de mezcla 210 kg/cm ² (ensayos físicos granulometría, peso unitario, absorción, peso específico, humedad)	ACI 211	Und	1	S/. 350.00	S/. 350.00
1.2	Dosificación probetas 4x8 pulg y Vigas de 15x15x50 (Adición de microslicio con superplastificante en 5%, 10% y 15%); incluye moldeo, curado y slump.	-	Und	88	S/. 20.00	S/. 1,760.00
1.3	Ensayo de compresión	ASTM C39	Und	40	S/. 15.00	S/. 600.00
1.4	Tracción por compresión Diametral	ASTM C496	Und	24	S/. 15.00	S/. 360.00
1.5	Flexión de vigas	ASTM C78/C293	Und	24	S/. 15.00	S/. 360.00
1.6	Materiales para diseño de mezcla y vaciados	---	Und	1	S/. 270.00	S/. 270.00
					SUB TOTAL	S/. 3,700.00

NOTAS / ANOTACIONES:

- * Validez de oferta 30 días desde su emisión
- * El cliente debe proporcionar la información necesaria para la emisión de los certificados de ensayo
- * **ENTREGA DE RESULTADOS: 32 DIAS CALENDARIO.**

FORMA DE PAGO:

- 50% adelanto para comenzar los trabajos
- 50% a la entrega de los resultados.

CUENTAS DE PAGO:

CTA CORRIENTE BANCO CONTINENTAL
 AHORROS SOLES: 0011-0752-0200099965
 AHORROS DOLARES: 0011-0200099965-32
 CCI BANCO CONTINENTAL: 011-752-000200099965-32

MTL GEOTECNIA SAC
 Suelos - Concreto - Asfalto

 DANY COTO TRUJILLO
 Gerente Comercial
 DNI: 44757278

Calle La Madrid N° 264 - Asociación Los Olivos - San Martín de Porres (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

Tel.: (01) 457 2237 RPC 989 349 903

informes@mtlgeotecniasac.com www.mtlgeotecniasac.com

Anexo 4 Fichas de recolección de resistencia a la compresión a los 28 días de la muestra patrón



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

Obra	"Adición de microsíllice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f _c 280 kg/cm ² , Lima 2022"
Solicitante	
Ubicación	Cantera-Trapiche
Fecha de emisión	

RESISTENCIA A LA COMPRESION ASTM C39

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
Patrón 1	28	28/04/22	26/05/22	349.90	5
Patrón 2	28	28/04/22	26/05/22	350.20	5
Patrón 3	28	28/04/22	26/05/22	352.40	5
Patrón 4	28	28/04/22	26/05/22	346.50	6
Patrón 5	28	28/04/22	26/05/22	343.80	5

OBSERVACIONES:

Rangos	Magnitud
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Nº 1	ELMER MORENO HUAMAN	210906	0.82	
Nº 2	PEDRO ARANDA VILLANUEVA	196676	0.80	
Nº 3	DAVID DE LA CRUZ LLOCCA	262928	0.80	

Anexo 5 Fichas de recolección de resistencia a la compresión a los 28 días de la muestra SF 5% - SP 1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

Obra	"Adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f _c 280 kg/cm ² , Lima 2022"
Solicitante	
Ubicación	Cantera-Trapiche
Fecha de emisión	

RESISTENCIA A LA COMPRESION ASTM C39

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
SF5%.-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	357.20	5
SF5%.-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	359.70	5
SF5%.-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	358.70	5
SF5%.-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	357.80	5
SF5%.-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	357.60	5

OBSERVACIONES:

Rangos	Magnitud
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Nº 1	ELMER MORENO HUAMAN	210906	0.82	
Nº 2	PEDRO ARANDA VILLANUEVA	196676	0.80	
Nº 3	DAVID DE LA CRUZ LLOCCUA	262928	0.80	

Anexo 6 Fichas de recolección de resistencia a la compresión a los 28 días de la muestra SF 10% - SP 1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

Obra	*Adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f'c 280 kg/cm ² , Lima 2022*
Solicitante	
Ubicación	Cantera-Trapiche
Fecha de emisión	

RESISTENCIA A LA COMPRESION ASTM C39

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
SF10%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	375.80	5
SF10%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	379.00	5
SF10%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	377.30	5
SF10%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	378.60	5
SF10%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	376.70	2

OBSERVACIONES:

Rangos	Magnitud
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Nº 1	ELMER MORENO HUAMAN	210906	0.82	
Nº 2	PEDRO ARANDA VILLANUEVA	196676	0.80	
Nº 3	DAVID DE LA CRUZ LLOCCUA	262928	0.80	

Anexo 7 Fichas de recolección de resistencia a la compresión a los 28 días de la muestra SF 15% - SP 1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

Obra	"Adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f _c 280 kg/cm ² , Lima 2022"
Solicitante	
Ubicación	Cantera-Trapiche
Fecha de emisión	

RESISTENCIA A LA COMPRESION ASTM C39

Descripción	Edad	Fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de rotura
		Vaciado	Rotura		
SF15%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	378.10	5
SF15%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	381.05	2
SF15%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	380.50	5
SF10%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	383.40	2
SF15%-SP1%	28	28/04/22	26/05/22	384.20	3

OBSERVACIONES:

Rangos	Magnitud
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Nº 1	ELMER MORENO HUAMAN	210906	0.82	
Nº 2	PEDRO ARANDA VILLANUEVA	196676	0.80	
Nº 3	DAVID DE LA CRUZ LLOCCUA	262928	0.80	

Anexo 8 Fichas de recolección de resistencia a la flexión a los 28 días



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO	
Obra	"Adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f_c 280 kg/cm ² , Lima 2022"
Solicitante	
Ubicación	Cantera-Trapiche
Fecha de emisión	

RESISTENCIA A LA FLEXION ASTM C78

Descripción	Edad	Dimensiones			Carga Máxima (Kgf)	Módulo de Rotura (kgf/cm ²)
		Altura	Ancho	Luz entre apoyos		
Patrón 1	28	150	150	450	3325.72	44.54
Patrón 2	28	150	150	450	3288.72	43.85
Patrón 3	28	150	150	450	3347.47	44.63
SF5% - SP1%	28	150	150	450	3586.74	47.82
SF5% - SP1%	28	150	150	450	3669.99	48.93
SF5% - SP1%	28	150	150	450	3621.24	48.28
SF10% - SP1%	28	150	150	450	4161.28	55.48
SF10% - SP1%	28	150	150	450	4108.77	54.78
SF10% - SP1%	28	150	150	450	4094.52	54.59
SF15% - SP1%	28	150	150	450	4251.28	56.68
SF15% - SP1%	28	150	150	450	4219.03	56.28
SF15% - SP1%	28	150	150	450	4517.3	57.05

OBSERVACIONES:

Rangos	Magnitud
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Nº 1	ELMER MORENO HUAMAN	210906	0.82	
Nº 2	PEDRO ARANDA VILLANUEVA	196676	0.80	
Nº 3	DAVID DE LA CRUZ LLOCCA	262928	0.80	

Anexo 9 Fichas de recolección de la resistencia a la tracción a los 28 días



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO	
Obra	*Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f _c 280 kg/cm ² , Lima 2022*
Solicitante	
Ubicación	Cantera-Trapiche
Fecha de emisión	

RESISTENCIA A LA TRACCION ASTM C496

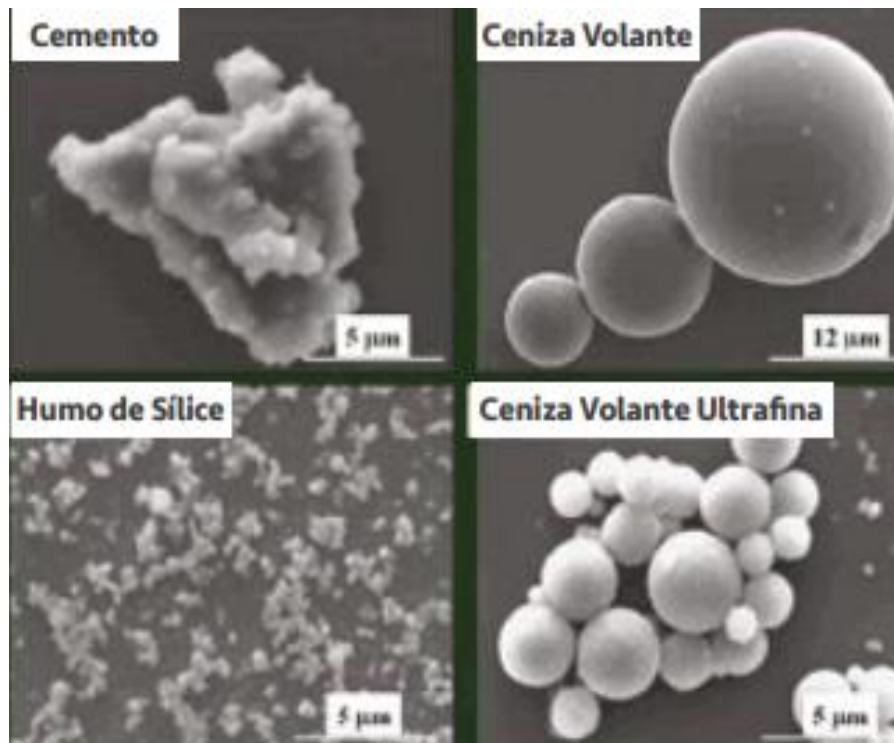
Descripción	Edad	Diámetro	Carga Máxima (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)
Patron 1	28	10	8929.97	28
Patron 2	28	10	8929.97	28
Patron 3	28	10	9248.90	29
SF 5% - SP 1%	28	10	10205.68	32
SF 5% - SP 1%	28	10	10524.61	33
SF 5% - SP 1%	28	10	10524.61	33
SF 10% - SP 1%	28	10	11481.39	36
SF 10% - SP 1%	28	10	11162.47	36
SF 10% - SP 1%	28	10	11481.39	35
SF 15% - SP 1%	28	10	11800.32	37
SF 15% - SP 1%	28	10	11481.39	36
SF 15% - SP 1%	28	10	11481.39	36

OBSERVACIONES:

Rangos	Magnitud
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Nº 1	ELMER MORENO HUAMAN	210906	0.82	
Nº 2	PEDRO ARANDA VILLANUEVA	196676	0.80	
Nº 3	DAVID DE LA CRUZ LLOCCA	262928	0.80	

Anexo 10 Comparación de tamaños de los materiales puzolánicos



Nota: La figura representa la composición microscópica de la SF. Fuente: https://www.toxement.com.co/media/3379/microsi-lice_p.pdf

Anexo 11 Propiedades físicas de SF

Propiedades Físicas de Microsílice	
Tamaño de partícula	< 1 µm
Producción	130 – 430 kg/cm ³
Suspensión	1320-14220 kg/m ³
Densificado	480-720 kg/m ³
Gravedad específica	2.2 gr/cm ³
Área de superficie	13000-30000 m ² /kg

Nota: En la tabla se puede identificar las propiedades físicas de Microsílice (FS).

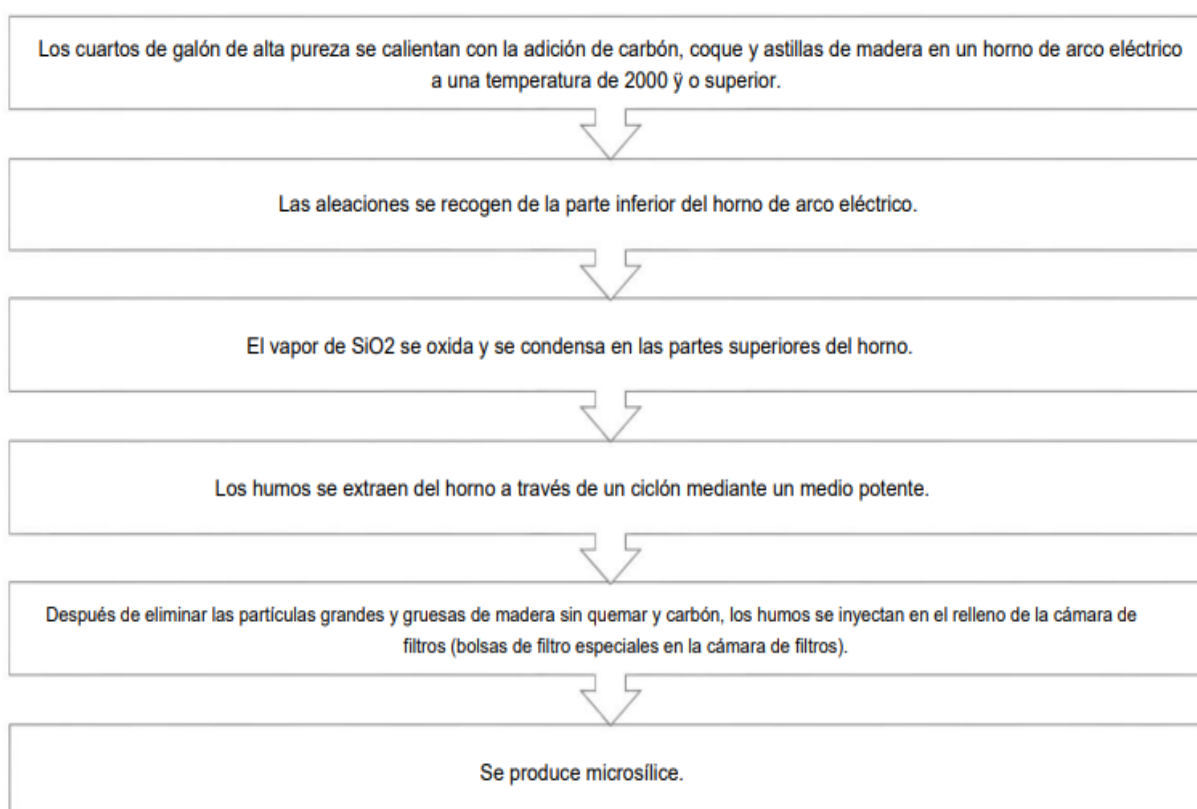
Fuente: Rafat, S 2011.

Anexo 12 Composición química de SF

Denominación	%
SiO ₂	96%
Al ₂ O ₃	1.10%
MgO	0.18
Fe ₂ O ₃	1.45
Na ₂ O	0.45
CaO	1.20
K ₂ O	1.20
SO ₃	0.25
H ₂ O	0.85

Nota: En la tabla se puede distinguir la composición química de SF. Fuente: Rakesh et al, 2021.

Anexo 13 Proceso de producción de Microsílice



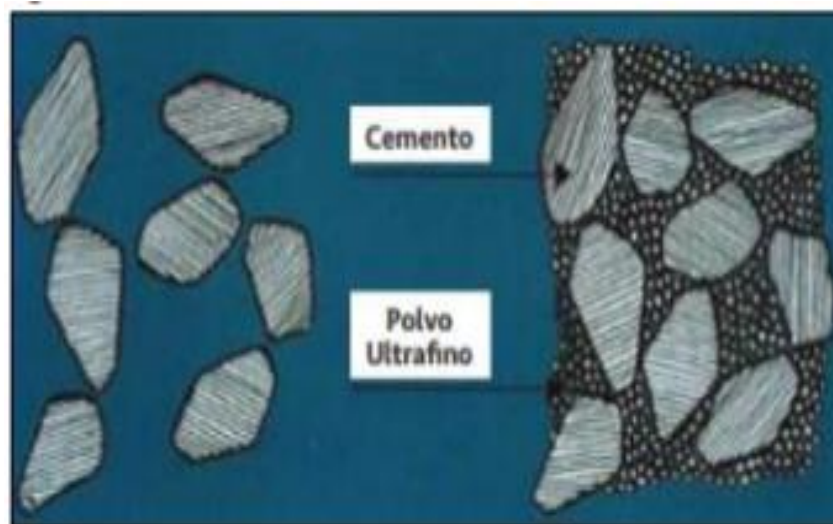
Nota: La figura representa el proceso de obtención de la Microsílice (Rahman et al, 2021)

Anexo 14 Aditivo Sikament®-290 N



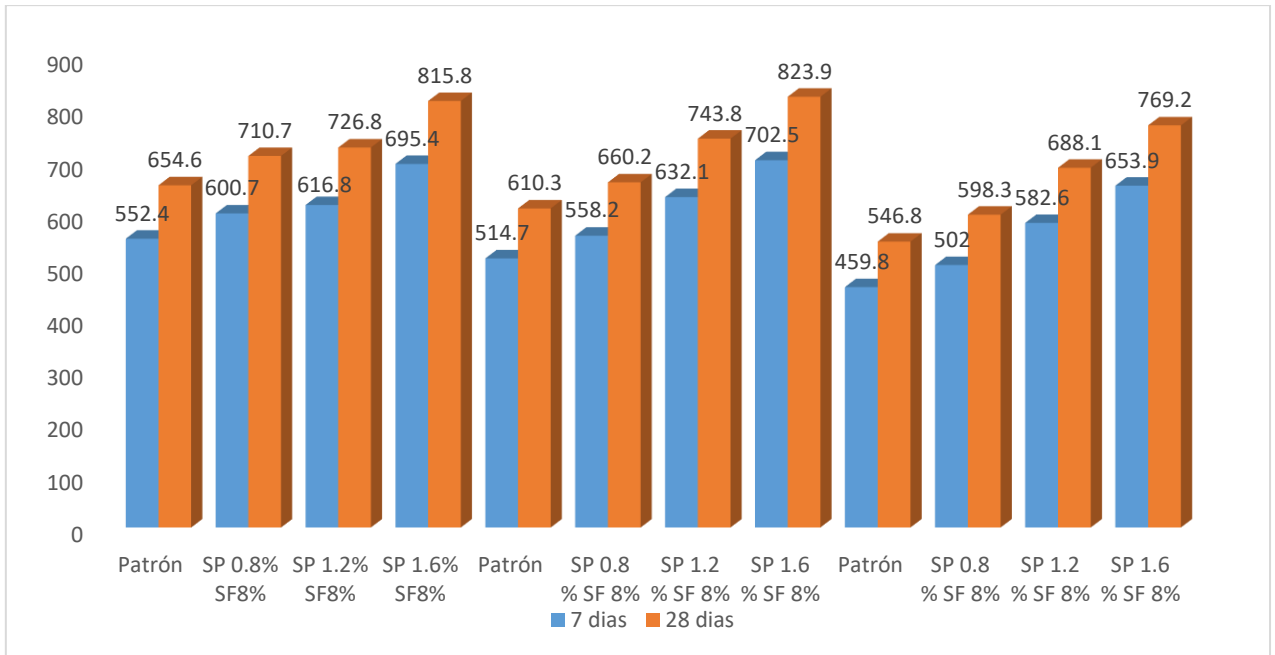
Nota: La figura representa el tipo de superplastificante que se utilizó en la presente tesis. Fuente: Ficha técnica de Sikament-290 N

Anexo 15 Densificación de la microsílíce en el concreto



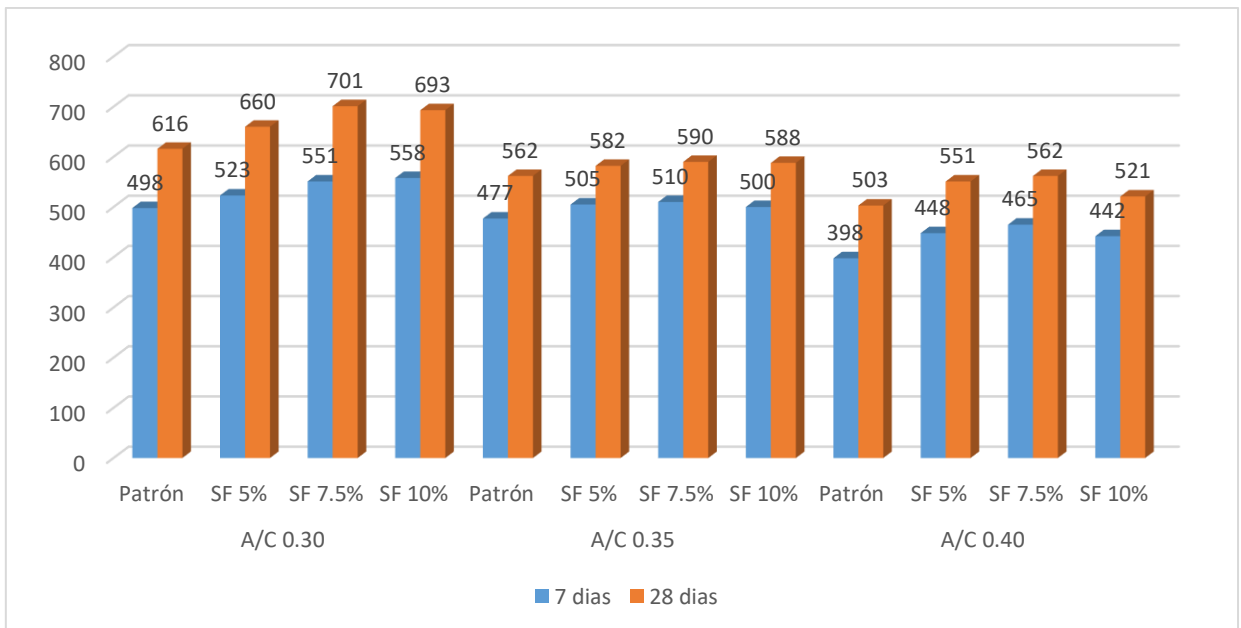
Nota: La figura presenta la distribución de los agregados en la mezcla. Fuente: Ficha técnica del Humo de sílice de Cedex, 2012

Anexo 16 Variación de la resistencia a la compresión



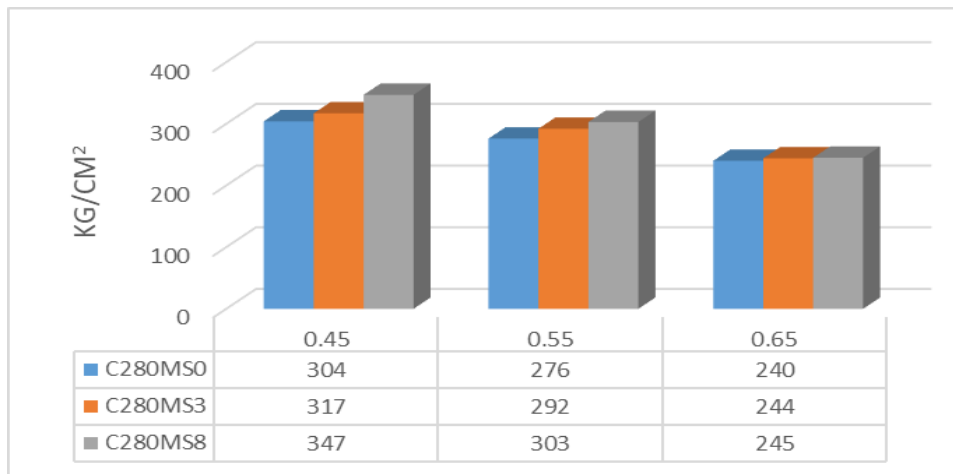
Nota: La figura nos representa la variación de la resistencia con las adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de SF. Datos obtenidos de García, L (2018). Elaboración: Propia.

Anexo 17 Comparación de la resistencia a los 7, 28 y 61 días.



Nota: La figura representa la comparación de las adiciones de 0%, 5%, 7.5% y 10% de SF. Datos recopilados de Fernández y Ramos (2019). Elaboración: Propia.

Anexo 18 Comparación de los resultados a compresión



Nota: La figura representa la resistencia a la compresión a los 28 días con las adiciones de SF en 0%, 3% y 8%. Datos recopilados de García, J (2020).

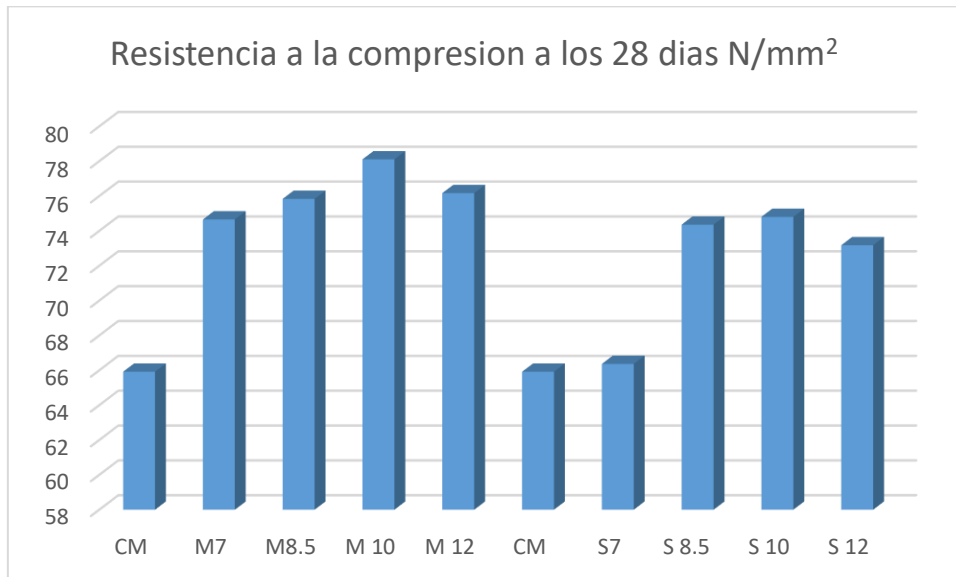
Elaboración: Propia

Anexo 19 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, flexión y tracción

Ensayos	Muestras	MS (kg/cm ²)	NS (kg/cm ²)
Resistencia a la compresión	Patrón	613	613
	5%	751.33	802
	10%	900.33	922.67
	15%	920.33	964.33
Resistencia a la Flexión	Patrón	63.3	63.3
	5%	97.8	82.06
	10%	97.9	95.58
	15%	97.9	96.95
Resistencia a la Tracción	Patrón	63.15	63.15
	5%	71.45	82.06
	10%	90.53	95.58
	15%	92.72	96.95

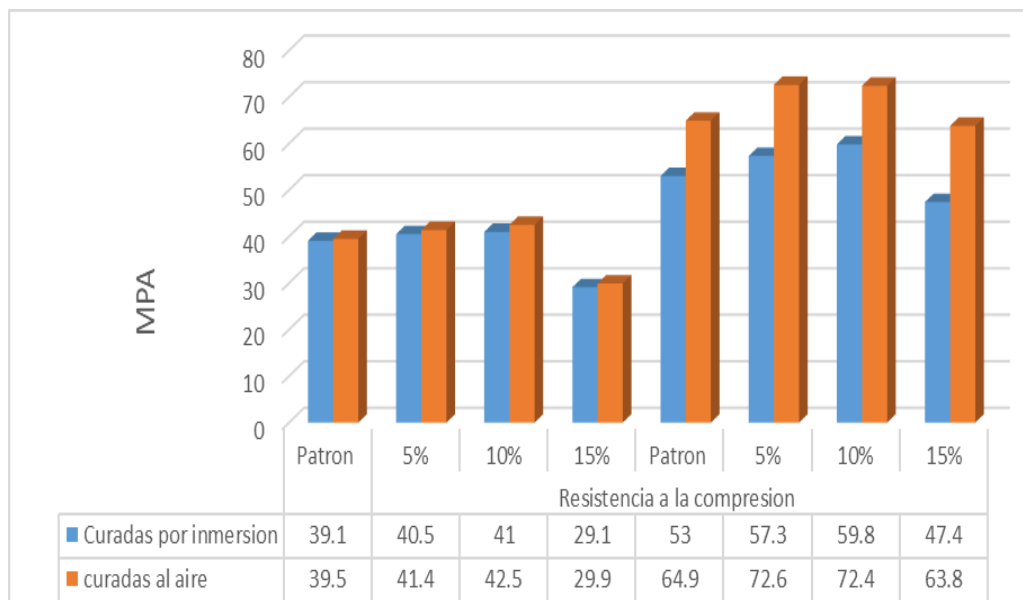
Nota: Se puede visualizar los resultados obtuvo en los ensayos realizados por Flores, P (2020). Elaboración: Propia

Anexo 20 Comparación de resistencia a la compresión entre Microsílice y Metacaolín



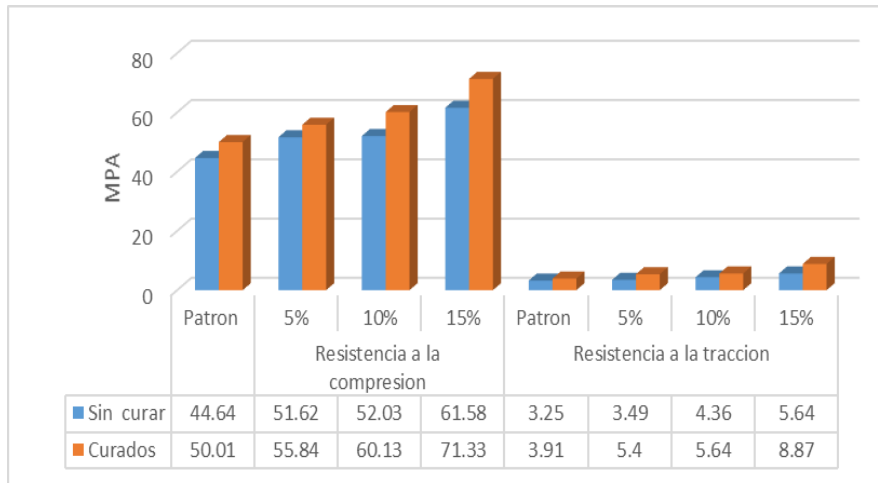
Nota: La figura representa la variación de compresión entre Microsílice y Metacaolín. Elaboración: Propia

Anexo 21 Variación de las incorporaciones de SF en la resistencia a la compresión



Nota: La figura representa la variación de la resistencia a la compresión curadas por inmersión y curadas al aire. Datos recopilados por López, L (2011). Elaboración: Propia

Anexo 22 Rendimiento de la resistencia a la compresión y flexión



Nota: La figura representa los resultados a compresión y flexión con las muestras sin curar y curadas. Datos recopilados por Espinoza y Valdiviezo, (2019).
Elaboración: Propia

Anexo 23 Propiedades del Cemento Sol

Propiedades físicas y químicas			
Parámetros	Unidad	Cemento Sol Tipo 1	Requisitos 334.009/ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No especifica
Resistencia a la compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	Kg/cm ²	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	Kg/cm ²	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	Kg/cm ²	427	No especifica
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	Min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo de insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	13.15	No especifica
C ₃ S	%	53.60	No especifica
C ₃ A	%	9.66	No especifica
C ₄ AF	%	9.34	No especifica

Nota: En la tabla se puede visualizar, las propiedades del cemento Sol tipo 1.

Fuente: UNACEM.

Anexo 24 Panel fotográfico de la elaboración del concreto estructural



Figura 18. Aditivos utilizados para la elaboración del concreto estructural.

Elaboración propia



Figura 19. Peso del cemento, agregados fino y gruesos para la elaboración del concreto estructural. Elaboración propia



Figura 20. Incorporación de microsílíce con superplastificante para la elaboración del concreto estructural. Elaboración propia



Figura 21. Retiro de la mezcla del trompo girador. Elaboración propia



Figura 22. Colocación de la mezcla en las probetas con sus respectivos 25 golpes que indica la norma. Elaboración propia



Figura 23. Retiro de la mezcla del trompo girador. Elaboración propia



Figura 24. Curado de probetas y vigas a los 7 y 28 días. Elaboración propia



Figura 25. Ruptura de probetas a los 7 días. Elaboración propia



Figura 27. Ruptura de vigas a los 7 y 28 días. Elaboración propia

Anexo 25 Resultados de los ensayos realizados del laboratorio MTL Geotecnia



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
AUTORES	: SANDRA YALURI EGUAVIL y ALEXANDER PANIURA DONGO
TESIS	: "Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f'c 280kg/cm2, Lima 2021"
UBICACIÓN	: LIMA, PERÚ Fecha de emisión: 27/05/2022

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
PATRÓN	4	4

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
MICROSÍLICE AL 5%	6	6

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
MICROSÍLICE AL 10%	4 3/4	4 3/4

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
MICROSÍLICE AL 15%	4 1/2	4 1/2

OBSERVACIONES:

- * El ensayo fue realizado haciendo uso de la cila washington
- * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-205-681.01
		Revisión	3
		Aprobado	OC-MTL
		Fecha	20/02/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 209.034			

PROYECTO	"Adición de microsilica con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural Fc 280kg/cm ² , Lima 2021"		
SOLICITANTE	SAMORA YAUJI EQUAVIS		
UBICACIÓN	Lima		
EXPEDIENTE N°	-		
Centro	-	Aprobado por:	OCM
Materia	Pruebas de concreto de 10 cm x 20 cm	Ensayado por:	OCM
N° Muestra	Indicada	Fecha de ensayo:	05/05/2022

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 209.034

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
 Densificación: -
 Resistencia de Diseño: 280 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPESIMEN	FECHA DE VENCIDO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	L/D	ÁREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.O. (L/D)	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
PATRON 01	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	23680.90	5	1	301.6	280	107.71
PATRON 02	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	27422.05	5	1	348.1	280	124.68
PATRON 03	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25128.37	5	1	319.9	280	114.25
PATRON 04	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	18907.16	5	1	240.7	280	85.96
PATRON 05	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	26260.92	6	1	334.7	280	119.54
MICRO 5% - 01	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	24743.48	5	1	315	280	112.50
MICRO 5% - 02	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	26369.48	5	1	335.7	280	119.89
MICRO 5% - 03	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25034.11	5	1	318.7	280	113.82
MICRO 5% - 04	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25120.52	5	1	319.8	280	114.21
MICRO 5% - 05	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25081.24	2	1	319.3	280	114.04

MODOS/TIPOS DE FALLA						
----------------------	--	--	--	--	--	--

Observaciones:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILINDRICO	Código	FOR-LAB-CON-001/01
		Revisión	3
		Aprobado	CG-MTL
		Fecha	26/01/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 338.034			

TEST	"Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f_c 28@kg/cm ² , Lima 2022"		
AUTORES	SANDRA YAUPI EGUAIVIL y ALEXANDER PANMURA DONGO		
UBICACIÓN	Lima, Perú		
EXPEDIENTE N°	-		
Cantera	-	Aprobado por:	CCM
Materia	-	Ensayado por:	CCM
N° Muestra	Indicado	Fecha de ensayo:	08/05/2022

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 338.034

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado

Dotación: -

Resistencia de Diseño: 280 kg/cm²

Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	L/D	ÁREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C (L/D)	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
MICRO 10% - 01	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25026.26	5	1	318.6	280	113.79
MICRO 10% - 02	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25890.32	5	1	329.6	280	117.71
MICRO 10% - 03	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25552.55	5	1	325.3	280	116.18
MICRO 10% - 04	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25638.95	5	1	326.4	280	116.57
MICRO 10% - 05	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25293.33	2	1	322	280	115.00
MICRO 15% - 01	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25089.10	5	1	319.4	280	114.07
MICRO 15% - 02	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	25151.94	2	1	320.2	280	114.36
MICRO 15% - 03	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	26157.39	5	1	333	280	118.93
MICRO 15% - 04	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	30006.37	2	1	382	280	136.43
MICRO 15% - 05	28/04/2022	5/05/2022	7	2	78.5	23408.11	3	1	298	280	106.43



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

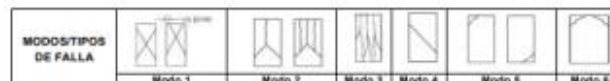
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-CON-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	26/01/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 339.034			
PROYECTO : Adición de microsilica con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f'c 280kg/cm ² Lima 2021* SOLICITANTE : SANDRA YAURI EGUILVE y ALEXANDER PANKURA DOMGO UBICACIÓN : Lima, Perú EXPEDIENTE N° :			
Canters : - Material : Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm N° Muestra : Indicado		Aprobado por: GCM Ensayado por: GCM Fecha de ensayo: 26/05/2022	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 339.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
 Densificación: -
 Resistencia de Diseño: 280 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2.85 kg/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LD	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	P.C (LD)	ESFUERZO kg/cm ²	F'c Diseño kg/cm ²	% F'c
MICRO 10% - 01	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28519.36	5	1	375.8	280	134.21
MICRO 10% - 01	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	29770.72	5	1	379	280	135.36
MICRO 10% - 01	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28637.19	5	1	377.3	280	134.75
MICRO 10% - 01	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	29739.30	6	1	378.6	280	135.21
MICRO 10% - 01	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	29500.05	2	1	376.7	280	134.54
MICRO 15% - 01	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	29723.599	5	1	378.4	280	135.14
MICRO 15% - 02	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	29931.75	2	1	381.05	280	136.09
MICRO 15% - 03	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	29888.55	5	1	350.5	280	136.89
MICRO 15% - 04	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	30116.34	2	1	383.4	280	136.93
MICRO 15% - 05	26/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	30179.19	3	1	384.2	280	137.21



OBSERVACIONES:
 * Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

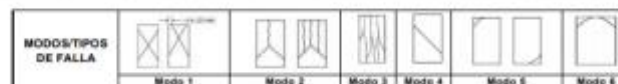
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LALCON-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	26/05/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 339.034			
PROYECTO : Adición de microfibras con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural Fc 280kg/cm ² , Línea 3021* AUTORES : SANDRA VALRI EGUARIL y ALEXANDER PANLIRA DOWGO UBICACIÓN : Lima, Perú EXPEDIENTE N° : ...			
Centers : - Materia : Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm N° Muestra : Indicado		Aprobado por: GCM Ensayado por: GCM Fecha de ensayo: 26/05/2022	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 339.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
Dotación: -
Resistencia de Diseño: 280 kg/cm²
Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LD	ÁREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C. (L/D)	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
PATRÓN	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	27484.90	5	1	349.9	280	124.96
PATRÓN	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	27508.46	5	1	350.2	280	125.07
PATRÓN	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	27881.27	5	1	352.4	280	125.86
PATRÓN	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	27217.82	6	1	346.5	280	123.75
PATRÓN	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	27005.74	5	1	343.8	280	122.79
MICRO 5% - 01	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28058.32	5	1	357.2	280	127.57
MICRO 5% - 02	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28254.69	5	1	359.7	280	128.46
MICRO 5% - 03	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28176.14	5	1	358.7	280	128.11
MICRO 5% - 04	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28105.45	5	1	357.8	280	127.79
MICRO 5% - 05	28/04/2022	26/05/2022	28	2	78.5	28089.74	5	1	357.6	280	127.71



OBSERVACIONES:

* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

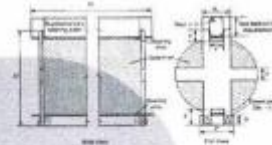
Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO		Código	AE-F0-126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
TESIS	: "ADICIÓN DE MICROSÍLICE CON SUPERPLASTIFICANTE PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL F'c 280KG/CM2, LIMA 2021"			
AUTORES	: Sandra Yauri Eguavil y Alexander Paniara Dongo		REALIZADO POR :	GCM
CÓDIGO	: ---		REVISADO POR :	GCM
UBICACIÓN	: Lima, Perú		FECHA DE ENSAYO :	Indicado
FECHA DE EMISIÓN	: 5/05/2022		TURNO :	Díurno
Tipo de muestra	: -			
Presentación	: Cilindros: Patrón y Microsilice 5% a los 7 días			
F'c de diseño	: 280 kg/cm2			

RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
PATRÓN - 1	28/04/2022	05/05/2022	7 días	10	7973.19	25
PATRÓN - 2	28/04/2022	05/05/2022	7 días	10	8611.04	27
PATRÓN - 3	28/04/2022	05/05/2022	7 días	10	7973.19	25
MICROSÍLICE 5% - 1	28/04/2022	05/05/2022	7 días	10	9248.90	29
MICROSÍLICE 5% - 2	28/04/2022	05/05/2022	7 días	10	8929.97	28
MICROSÍLICE 5% - 3	28/04/2022	05/05/2022	7 días	10	9248.90	29
MICROSÍLICE 10% - 1	2/05/2022	05/05/2022	7 días	10	10205.68	32
MICROSÍLICE 10% - 2	2/05/2022	05/05/2022	7 días	10	10524.61	33
MICROSÍLICE 10% - 3	2/05/2022	05/05/2022	7 días	10	10843.54	34
MICROSÍLICE 15% - 1	2/05/2022	05/05/2022	7 días	10	10843.54	34
MICROSÍLICE 15% - 2	2/05/2022	05/05/2022	7 días	10	11162.47	35
MICROSÍLICE 15% - 3	2/05/2022	05/05/2022	7 días	10	10524.61	33

© C 496M - 01'



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

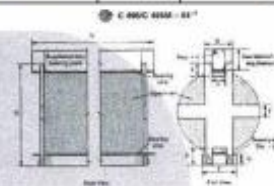
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO	Versión	01
		Fecha	26-04-2018
		Página	1 de 1

TESIS	: "ADICIÓN DE MICROSÍLICE CON SUPERPLASTIFICANTE PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL F'c 280KG/CM2, LIMA 2021"		
AUTORES	: Sandra Yauri Eguavil y Alexander Paniara Dongo		REALIZADO POR :
CÓDIGO	: ---		REVISADO POR :
UBICACIÓN	: Lima, Perú		FECHA DE ENSAYO :
FECHA DE EMISIÓN	: 26/05/2022		TURNO :
Tipo de muestra	: -		
Presentación	: Diseños: Patrón, Microsilice 5%, Microsilice 10% y Microsilice 15%		
F'c de diseño	: 280 kg/cm2		

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

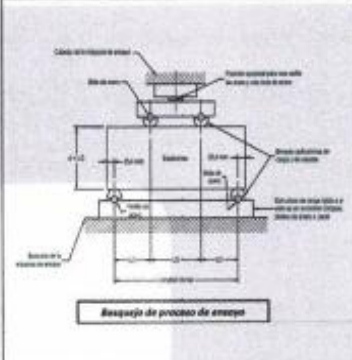
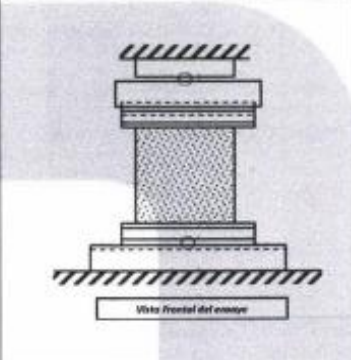



IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
PATRÓN - 1	26/04/2022	26/05/2022	28 días	10	8929.97	28
PATRÓN - 2	26/04/2022	26/05/2022	28 días	10	8920.97	28
PATRÓN - 3	26/04/2022	26/05/2022	28 días	10	9248.90	29
MICROSÍLICE 5% - 1	26/04/2022	26/05/2022	28 días	10	10205.68	32
MICROSÍLICE 5% - 2	26/04/2022	26/05/2022	28 días	10	10524.61	33
MICROSÍLICE 5% - 3	26/04/2022	26/05/2022	28 días	10	10524.61	33
MICROSÍLICE 10% - 1	2/05/2022	26/05/2022	28 días	10	11481.39	36
MICROSÍLICE 10% - 2	2/05/2022	26/05/2022	28 días	10	11162.47	35
MICROSÍLICE 10% - 3	2/05/2022	26/05/2022	28 días	10	11481.39	36
MICROSÍLICE 15% - 1	2/05/2022	26/05/2022	28 días	10	11800.32	37
MICROSÍLICE 15% - 2	2/05/2022	26/05/2022	28 días	10	11481.39	36
MICROSÍLICE 15% - 3	2/05/2022	26/05/2022	28 días	10	11481.39	36



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FOR-LAB-CON-003.01			
		Revisión	0			
		Aprobado	CC-MTL			
		Fecha	8/11/2021			
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 339.078 - ASTM C78						
REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio AUTORES : Sandra Yauri Eguavil y Alexander Paniwa Dongo TESIS : ADICIÓN DE MICROSILICE CON SUPERPLASTIFICANTE PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL F'c 280 KG/CM2, LIMA 2021* LOCALIZACIÓN : Lima, Perú Fecha de ensayo: 05/05/2022						
A) INFORMACIÓN GENERAL: TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 280 KG/CM2 DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 7 días						
B) DATA DE ENSAYO:						
No. de Serie	1	2	3	4	5	6
Identificación	PATRON - 01	PATRON - 02	PATRON - 03	MICRO 04 - 01	MICRO 04 - 02	MICRO 04 - 03
Alura "h"(mm)	150	150	150	150	150	150
Ancho "b"(mm)	150	150	150	150	150	150
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450	450	450
Carga Máxima(kg-f)	3090.21	3158.96	3115.71	3617.49	3269.47	3243.97
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio
Distancia entre la fractura y el apoyo adyacente "a"(mm)	-	-	-	-	-	-
Módulo de flexura (kg-f/cm ²)	41.2	42.09	41.54	48.23	43.59	43.25
Promedio	41.81			45.02		
FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio $R = PL/bd^2$	Fuera del Tercio Medio <5% $R = \frac{3Pa}{bd^2}$		Fuera del Tercio Medio > 5% Descartado		
 <p style="text-align: center;">Esquema de preparación de muestra de ensayo</p>				 <p style="text-align: center;">Vista Frontal del ensayo</p>		
OBSERVACIONES: * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA. * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido, el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm ² .						
Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA				

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FOR-LAB-CON-003.01
		Revisión	0
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 339.078 - ASTM C78

REFERENCIA	: Ensayo de Tesis en Laboratorio		
AUTORES	: Sandra Yauri Eguavil y Alexander Paniara Dongo		
TESIS	: "ADICIÓN DE MICROSILICE CON SUPERPLASTIFICANTE PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL F'c 280 KG/CM2. LIMA 2021"		
LOCALIZACIÓN	: Lima, Perú	Fecha de ensayo:	08/05/2022

A) INFORMACIÓN GENERAL:

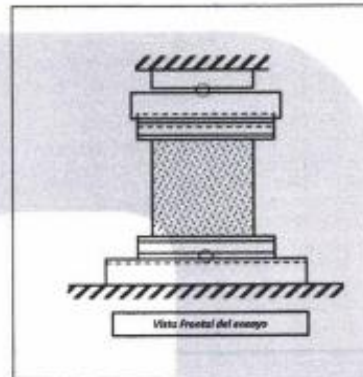
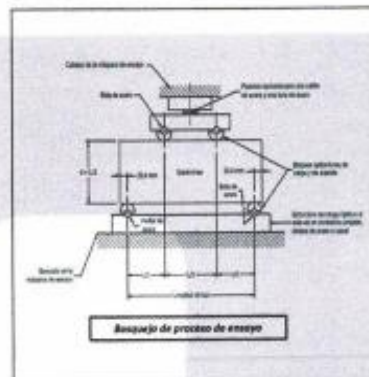
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 280 KG/CM2

DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 7 días

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6
Identificación	MICRO 10% -1	MICRO 10% -2	MICRO 10% -2	MICRO 15% -1	MICRO 15% -02	MICRO 15% -03
Alura "l"(mm)	150	150	150	150	150	150
Ancho "b"(mm)	150	150	150	150	150	150
Distancia entre apoyos "T"(mm)	450	450	450	450	450	450
Carga Máxima(kg-f)	3783.25	3691.75	3722.50	4048.77	4140.28	3825.78
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a"(mm)	-	-	-	-	-	-
Módulo de Rotura (kg-f/cm ²)	50.44	49.22	49.83	53.98	55.2	52.34
Promedio	49.76			53.84		

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
- * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm².

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. Sueños y Pavimentos  Elmer Huartan INGENIERO CIVIL C. 11720004	Aprobado por: MTL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FOR-LAB-CON-603.01
		Revisión	8
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 339.078 - ASTM C78			

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio
 AUTORES : Sandra Yauri Eguavil y Alexander Panlura Dongo
 TESIS : "ADICIÓN DE MICROSÍLICE CON SUPERPLASTIFICANTE PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL FC 280 KG/CM2. LIMA 2021"
 LOCALIZACIÓN : Lima, Perú Fecha de ensayo: 26/05/2022

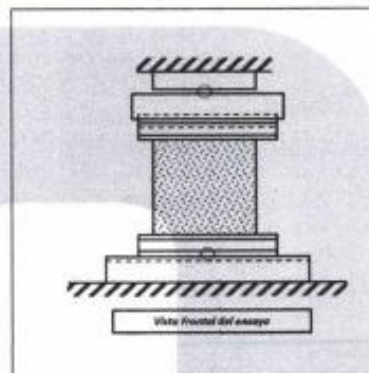
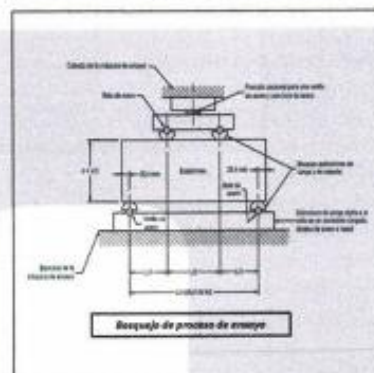
A) INFORMACIÓN GENERAL:

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 280 KG/CM2
 DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6
Identificación	PATRON - 01	PATRON - 02	PATRON - 03	MICRO 5% - 01	MICRO 5% - 02	MICRO 5% - 03
Alto "h" (mm)	150	150	150	150	150	150
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150	150	150
Distancia entre apoyos "l" (mm)	400	450	450	450	450	450
Carga Máxima (kg-f)	3325.72	3288.97	3347.47	3586.74	3609.99	3621.24
Posición Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-	-	-
Módulo de flexión (kg-f/cm ²)	44.34	43.85	44.63	47.82	48.93	48.28
Promedio	44.27			48.34		

FORMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pl}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
 * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestras de concreto endurecido; el reporte de resultados está en unidades de kg-f/cm²

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Cimentación y Pavimentos  Eimer Moreno Huamán INGENIERO CIVIL C. P. N. 37000	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FDR-LAB-CON-003.01
		Revisión	0
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 339.078 - ASTM C78			

REFERENCIA	Ensayo de Tesis en Laboratorio		
AUTORES	: Sandra Yauri Eguavil		
TESIS	"ADICIÓN DE MICROSÍLICE CON SUPERPLASTIFICANTE PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL FC 280 KG/CM2. LIMA 2021"		
LOCALIZACIÓN	Lima, Perú	Fecha de ensayo:	26/05/2022

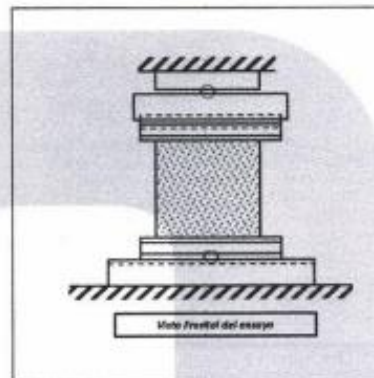
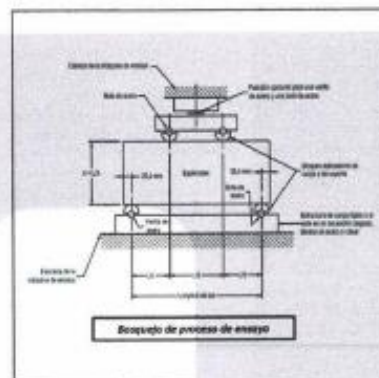
A) INFORMACIÓN GENERAL:

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 280 KG/CM2
DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

B) DATA DE ENSAYO:

Nº de Serie	1	2	3	4	5	6
Identificación	MICRO15% - 01	MICRO15% - 02	MICRO15% - 03	MICRO15% - 04	MICRO15% - 05	MICRO15% - 06
Altura "d"(mm)	150	150	150	150	150	150
Ancho "b"(mm)	150	150	150	150	150	150
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450	450	450
Carga Máxima (kg-f)	4161.28	4108.77	4094.52	4251.28	4219.03	4517.3
Posición Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a"(mm)	-	-	-	-	-	-
Módulo de Rotura (kg-f/cm2)	55.48	54.78	54.59	55.68	55.25	57.05
Promedio	54.95			56.66		

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
		$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido, el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm2.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-PR-LAB-AG-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	OC-MTL
		Fecha	14/06/2021
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C136			

PROYECTO	Asociación de Inversores con supercalificantes para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural Fc 280kg/cm ² , Lima 2021*		
AUTORES	SANDRA YAUJI ESMAYL y ALEXANDER PANURA DONCO		
UBICACIÓN	Lima		
EXPEDIENTE N°	-		
Cámara	-	Aprobado por:	OCM
Material	Agregado fino	Ensayado por:	OCM
N° Muestra	M-02	Fecha de ensayo:	20/06/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO
ASTM C136

A) CONDICIONES DE ENSAYO:

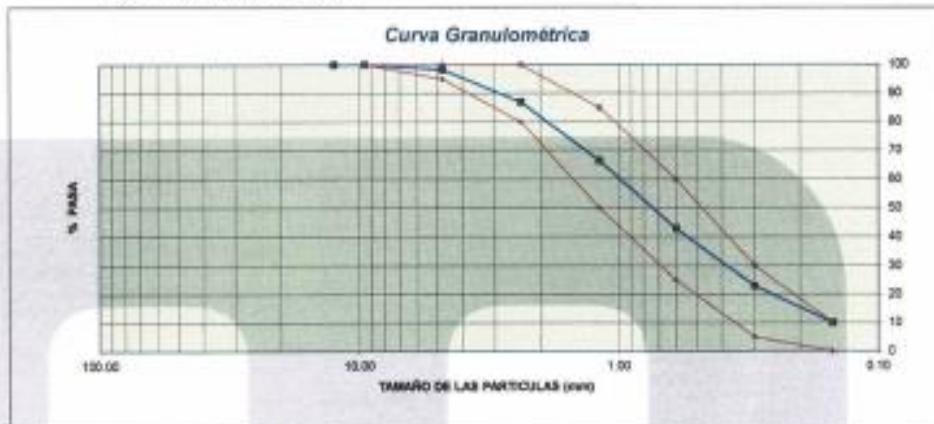
Método de preparación de muestra: Seco a horno
Método de tamizado: Manual

B) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

Peso inicial húmedo: 554.8 gr. Contenido de Humedad: 1.72 %
Peso inicial seco: 545.4 gr. Tamaño máx. nominal: N° 08
Módulo de finura: 2.73

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C31)	
		gg	(%)	Retenido	Pasa	Hueso Arena	
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 24	4.75	9.5	1.7	1.7	98.3	25	100
N° 30	2.38	61.9	11.3	13.1	86.9	85	100
N° 35	1.18	112.1	20.6	33.6	66.4	55	85
N° 40	0.85	127.9	23.5	57.1	42.9	25	60
N° 50	0.30	109.9	20.0	77.1	22.9	5	30
N° 100	0.15	70.8	13.0	96.0	10.0	0	10
FONDO		54.30	10.0	100.0	0.0		

C) CURVA GRANULOMÉTRICA:



OBSERVACIONES:
* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por:  MTL GEOTECNIA S.A.C. Elmer Alejandro Huastutur Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

informes@mtlgeotecniasac.com		Código	FOR-PR-LAB-AG-002.01
CERTIFICADO DE ENSAYO		Revisión	2
PESO UNITARIO PARA AGREGADOS		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	22/06/2021
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39			
TESIS : Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f_c 200kg/cm ² . Lima 2021* AUTORES : SAUCRA YALVI EGUAVIL y ALEXANDER PAWLURA DONGO UBICACIÓN : Lima, Perú EXPEDIENTE N° : -			
Cartera	-	Aprobado por:	GCM
Material	Agregado fino	Ensayado por:	GCM
N° Muestra	M-02	Fecha de ensayo:	20/04/2022
PESO UNITARIO PARA AGREGADOS ASTM C29			

A) PESO UNITARIO COMPACTADO:

Método utilizado: Método A (PUC, 75M³-1 1/2")
 Recipiente utilizado: R1 (Pequeño)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	7.31	7.31	7.31
2	Peso del Recipiente	kg	2.38	2.38	2.38
3	Peso de la Muestra	kg	4.95	4.95	4.95
4	Volumen del Molde	m ³	0.00276	0.00276	0.00276
5	Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1792.39	1792.39	1792.39
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³)			1792		

B) PESO UNITARIO SUELTO:

Método utilizado: Método C (PUS)
 Recipiente utilizado: R1 (Pequeño)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	6.61	6.61	6.61
2	Peso del Recipiente	kg	2.38	2.38	2.38
3	Peso de la Muestra	kg	4.25	4.25	4.25
4	Volumen del Molde	cm ³	0.00276	0.00276	0.00276
5	Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1538.77	1538.77	1538.77
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³)			1539		

OBSERVACIONES:
 * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Esther Alfonso Huaman Ing. Civil	 CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOE-PE-LAB-NO-002/01
		Revisión	2
		Aprobado por	CC-MTL
		Fecha	20/04/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C138			
TEST	Adición de mineral con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural (C 28kg/cm ² , Lina 2021)		
AUTORES	SANDRA YAUPI EDUMAYL y ALEXANDER PANAMA DONDO		
UBICACIÓN	Lima, Perú		
EXPEDIENTE N°	-		
Carrete	-	Aprobado por:	DCM
Muestra	Agregado 3ra	Elaborado por:	DCM
N° Muestra	M-02	Fecha de ensayo:	20/04/2022
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGRÉGADOS Puros ASTM C128			

A) PESO ESPECÍFICO:

PESO ESPECÍFICO DE MASA NOMO SECO	g/cc	2.82
-----------------------------------	------	------

B) ABSORCIÓN DE AGUA:

ABSORCIÓN (%)	1.8
---------------	-----

OBSERVACIONES:
 * Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Estructuras y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	Código	FORMELAB00001
		Revisión	1
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C136		Aprobado	CC/MTL
		Fecha	14/09/2021
PROFECTO : Adición de sílice con superplastificante para incrementar la resistencia mecánica del concreto estructural (f _c 30kg/cm ² , Lino 201) RESULTADO : SANDIA, MORTO SUAVES, y ACCIONES PLÁSTICAS UBICACIÓN : Lima, Perú EXPOSICIÓN : Cantón : Materia : Agregado Grueso N° Muestra : M-01			
		Aprobado por:	CCM
		Ensayado por:	CCM
		Fecha de ensayo:	20/04/2020
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO ASTM C136			

A) CONDICIONES DE ENSAYO:

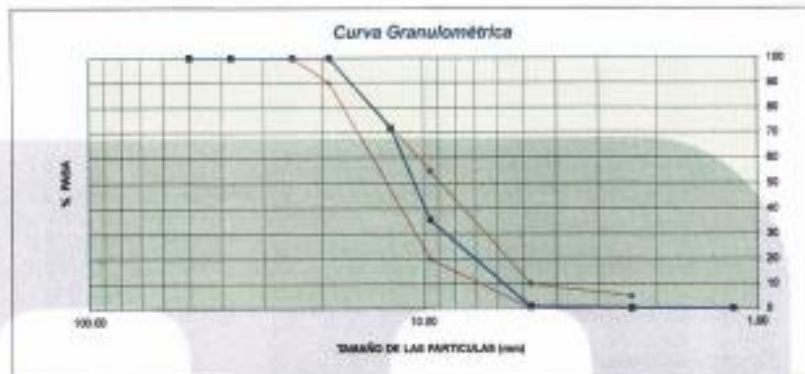
Método de preparación de muestra: Seco y fino
Método de tamizado: Manual

B) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

Peso inicial húmedo: 2013.7 gr. Contenido de humedad: 0.20 %
Peso inicial seco: 2008.9 gr. Tamaño máximo nominal: 10"
Módulo de finura: 6.83

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C136)	
		lg	7% ₁	Retenido	Pasa	Peso #2	Peso #100
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100
5/8"	12.50	96.8	28.1	28.1	71.8		
3/8"	9.50	727.8	36.2	36.2	35.7	20	65
N° 40	4.75	899.3	34.8	35.2	0.8	0	15
N° 60	2.50	12.8	0.6	36.8	0.2	0	5
N° 100	1.50	0.4	0.0	36.8	0.2		
FONDO		1.88	0.2	100.0	0.0		

C) CURVA GRANULOMÉTRICA:



CONSEJEROS:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. <i>Diego Sánchez</i> Eduardo Huamán 2018 0000	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC <i>[Firma]</i> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

CERTIFICADO DE ENSAYO
PESO UNITARIO PARA AGREGADOS

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C39

TESIS : Adición de microsilica con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural Fc 280kg/cm², Lima 2021*
AUTORES : SANDRA YALUR/ EGUAVIL y ALEXANDER PAWURA DONGO
UBICACIÓN : Lima, Perú
EXPEDIENTE N° :-

Centros :- Aprobado por: GCM
Material : Agregado grueso Ensayado por: GCM
N° Muestra : M-01 Fecha de ensayo: 20/04/2022

PESO UNITARIO PARA AGREGADOS
ASTM C29

A) PESO UNITARIO COMPACTADO:

Método utilizado : Método A (PUC, T99V-1 U2)
Recipiente utilizado : R2 (Mediano)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	19.67	19.67	19.67
2	Peso del Recipiente	kg	5.10	5.10	5.10
3	Peso de la Muestra	kg	14.57	14.57	14.57
4	Volumen del Molde	m ³	0.00953	0.00953	0.00953
5	Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1529.23	1529.23	1529.23

PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³) **1529**

B) PESO UNITARIO SUELTO:

Método utilizado : Método C (PUS)
Recipiente utilizado : R2 (Mediano)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	18.57	18.57	18.57
2	Peso del Recipiente	kg	5.10	5.10	5.10
3	Peso de la Muestra	kg	13.47	13.47	13.47
4	Volumen del Molde	cm ³	0.00953	0.00953	0.00953
5	Peso Unitario Compactado	kg/cm ³	1413.01	1413.01	1413.01

PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³) **1414**

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOU/PEL/AB/AS/000/01
		Revisión	1
		Aprobado por	CC-MTL
		Fecha	20/04/2012
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C137			
TEST	*Adición de mortero con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural (Ft. 288) (Lima, 2012)		
AUTORES	SANDRA FAUSTI COLAVI y ALEJANDRO RAMIRO-BONGO		
UBICACIÓN	Lima, Perú		
EXPEDIENTE N°	-		
Carrete	-	Aprobado por	CCM
Muestra	Agregado grueso	Ensayado por	CCM
N° Muestra	SL01	Fecha de ensayo	20/04/2012
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN PARA AGRAGADOS GRUESOS ASTM C137			

A) GRAVEDAD ESPECÍFICA:

PESO ESPECIFICO DE MASA AL HORNO SECO	g/cc	2.85
---------------------------------------	------	------

B) ABSORCIÓN DE AGUA:

ABSORCIÓN (%)	0.6
---------------	-----

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC  Ingeniero de Bases y Pavimentos	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
AGI 211

REFERENCIA	:-	
AUTORES	: SANDRA YAURI EGUAVIL y ALEXANDER PANIURA DONGO	
TESIS	: "Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f'c 280kg/cm ² , Lima 2021"	
UBICACIÓN	: Lima, Perú	Fecha de ensayo: 28/04/2022

DISEÑO PATRÓN - f'c 280 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO gr/cc	MODULO FINESA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO ANDINO HS, MH y R ANTISALITRE	3.00					
AGREGADO FINO - ARENA	2.53	2.73	1.72	1.80	1539.0	1792.0
AGREGADO GRUESO HUSO 67	2.65	6.97	0.21	0.60	1414.0	1529.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A)	VALORES DE DISEÑO					
	1	ASENTAMIENTO		3 - 4	mm	
	2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		1/2"		
	3	RELACION AGUA CEMENTO		0.34		
	4	AGUA		216		
	5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.5		
	6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.32		
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO		486.38	Kg/m ³	11.0	Bl/m ³
	Volumen absoluto del cemento		0.1555	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agua		0.2160	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire		0.0250	m ³ /m ³		
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.396
	Volumen absoluto del Agregado fino		0.2822	m ³ /m ³		0.604
	Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3214	m ³ /m ³		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO					
	CEMENTO		475	Kg/m ³		
	AGUA		162	L/m ³		
	AGREGADO FINO		742	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO		852	Kg/m ³		
	PESO DE MEZCLA		2276	Kg/m ³		
D)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO		754.2	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO		853.4	Kg/m ³		
E)	CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS			%	L/m ³	
	AGREGADO FINO		0.08		0.6	
	AGREGADO GRUESO		0.39		3.3	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				219.9	L/m ³
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO					
	CEMENTO		475	Kg/m ³		
	AGUA		162	L/m ³		
	AGREGADO FINO		755	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO		853	Kg/m ³		
	PESO DE MEZCLA		2295	Kg/m ³		
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (104 R.)					
	CEMENTO		47.69	Kg		
	AGUA		16.49	Lts		
	AGREGADO FINO		79.50	Kg		
	AGREGADO GRUESO		88.76	Kg		
	PORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					
	C	1.0				
	A.F	1.62				
	A.G	1.83				
	H2O	20.0				
	PORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)					
	C	1.0				
	A.F	1.58				
	A.G	1.94				
	H2O	20.0				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Sueldos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	:-	
AUTORES	: SANDRA YAURI EGUAVAL y ALEXANDER PANIURA DONGO	
OBRA	: "Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f'c 280kg/cm2, Lima 2021"	
UBICACION	: Lima, Perú	Fecha de ensayo: 28/04/2022

DISEÑO al 5% MICROSIlice - Fc 280 kg/cm ²							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³	
CEMENTO ANDINO HS, MH y R ANTISALITRE	3.00						
AGREGADO FINO - ARENA	2.63	2.73	1.72	1.80	1539.0	1792.0	
AGREGADO GRUESO 67	2.65	6.97	0.21	0.60	1414.0	1529.0	

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO							
A)	VALORES DE DISEÑO						
	1 ABENTAMIENTO			3 - 4		inlg	
	2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1/2"			
	3 RELACION AGUA CEMENTO			0.34			
	4 AGUA			216			
	5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5			
	6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32			
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO	466.38		Kg/m ³	11.6		Ble/m ³
	Volumen absoluto del cemento			0.1555	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agua			0.2160	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire			0.0250	m ³ /m ³		
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.366
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2822	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3214	m ³ /m ³		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			475	Kg/m ³		
	AGUA			162	L/m ³		
	AGREGADO FINO			742	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO			852	Kg/m ³		
	ADICIÓN DE MICROSIlice (5% peso del cemento)			23.319	Kg/m ³		
	ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)			4.664	Kg/m ³		
	PESO DE MEZCLA			2334	Kg/m ³		
D)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			754.6	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			853.4	Kg/m ³		
E)	CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			0.08	Lts/m ³		
	AGREGADO GRUESO			0.39	Lts/m ³		
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				219.9	Lts/m ³	
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			475	Kg/m ³		
	AGUA			162	Lts/m ³		
	AGREGADO FINO			755	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO			853	Kg/m ³		
	ADICIÓN DE MICROSIlice (5% peso del cemento)			23.319	Kg/m ³		
	ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)			4.664	Kg/m ³		
	PESO DE MEZCLA			2323	Kg/m ³		
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (104 l.)						
	CEMENTO			47.89	Kg		
	AGUA			16.48	Lts		
	AGREGADO FINO			76.50	Kg		
	AGREGADO GRUESO			86.76	Kg		
	ADICIÓN DE MICROSIlice (5% peso del cemento)			2.43	Kg		
	ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)			465.0	g		
	PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
	C	1.0					C
	A.F	1.42					A.F
	A.G	1.83					A.G
	H2O	20.0					H2O

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Sueltos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	-		
AUTORES	SANDRA YAURI EGUIAVIL y ALEXANDER PANIURA DONGO		
TESIS	"Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f'c 280kg/cm2, Lima 2021"		
UBICACION	Lima, Perú	Fecha de ensayo:	28/04/2022

DISEÑO 10% MICROSIlice - f'c 280 kg/cm²						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HLM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO ANDINO HS, MH y R ANTISALITRE	3.00					
AGREGADO FINO - ARENA	2.63	2.73	1.72	1.80	1539.0	1792.0
AGREGADO GRUESO 87	2.65	6.97	0.21	0.60	1414.0	1529.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3 - 4	p/g	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			1/2"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.34		
4	AGUA			236		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			486.38	Kg/m³	11.0	Bla/m³
Volumen absoluto del cemento			0.1555	m³/m³		
Volumen absoluto del Agua			0.2160	m³/m³		
Volumen absoluto del Aire			0.0250	m³/m³		0.390
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2822	m³/m³		0.604
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3214	m³/m³		1.000
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO			475	Kg/m³		
AGUA			162	L/m³		
AGREGADO FINO			742	Kg/m³		
AGREGADO GRUESO			852	Kg/m³		
ADICIÓN DE MICROSIlice (10% del peso del cemento)			46.638	Kg/m³		
ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)			4.664	Kg/m³		
D) PESO DE MEZCLA						
CORRECCIÓN POR HUMEDAD			2327	Kg/m³		
AGREGADO FINO HUMEDO			754.8	Kg/m³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			853.4	Kg/m³		
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			0.06	Lts/m³		
AGREGADO GRUESO			0.39	Lts/m³		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					218.9	Lts/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			475	Kg/m³		
AGUA			162	L/m³		
AGREGADO FINO			750	Kg/m³		
AGREGADO GRUESO			853	Kg/m³		
ADICIÓN DE MICROSIlice (10% del peso del cemento)			46.638	Kg/m³		
ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)			4.664	Kg/m³		
G) PESO DE MEZCLA						
CANTIDAD DE MATERIALES (104 L)			2346	Kg/m³		
CEMENTO			47.69	Kg		
AGUA			16.49	Lts		
AGREGADO FINO			78.50	Kg		
AGREGADO GRUESO			88.70	Kg		
ADICIÓN DE MICROSIlice (10% del peso del cemento)			4.85	Kg		
ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)			485.0	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0		C	1.0		
A/F	1.52		A/F	1.58		
A/G	1.83		A/G	1.94		
H2o	20.0		H2o	20.0		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	-	Fecha de ensayo:	28/04/2022
AUTORES	: SANDRA YAURI EGUAVAL y ALEXANDER PANIURA DONGO		
TESIS	: "Adición de microsilice con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural f_c 280kg/cm ² , Lima 2021"		
UBICACION	: Lima, Perú		

DISEÑO 10% MICROSIlice - f_c 280 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO ANDINO HS, MH y R ANTISALITRE	3.00					
AGREGADO FINO - ARENA	2.63	2.73	1.72	1.80	1539.0	1792.0
AGREGADO GRUESO 67	2.65	6.97	0.21	0.60	1414.0	1529.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

A) VALORES DE DISEÑO							
1 ASENTAMIENTO				3 - 4	psi/g		
2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL				1/2"			
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.34			
4 AGUA				216			
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				2.5			
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.32			
B) ANALISIS DE DISEÑO							
FACTOR CEMENTO			486.38		Kg/m ³	11.0	
Volumen absoluto del cemento				0.1555	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua				0.2180	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire				0.0280	m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS							
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2822	m ³ /m ³	0.380	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3214	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
CEMENTO				475	Kg/m ³		
AGUA				162	Litro		
AGREGADO FINO				742	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO				852	Kg/m ³		
ADICIÓN DE MICROSIlice (10% del peso del cemento)				48.638	Kg/m ³		
ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)				4.864	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA				2327	Kg/m ³		
D) CORRECCION POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO HUMEDO				754.8	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO				853.4	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO				0.06	Litro/m ³	0.8	
AGREGADO GRUESO				0.39	Litro/m ³	3.3	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						219.9	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
CEMENTO				475	Kg/m ³		
AGUA				162	Litro/m ³		
AGREGADO FINO				750	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO				850	Kg/m ³		
ADICIÓN DE MICROSIlice (10% del peso del cemento)				48.638	Kg/m ³		
ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)				4.864	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA				2346	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (104 kg)							
CEMENTO				47.59	Kg		
AGUA				16.49	Litro		
AGREGADO FINO				78.50	Kg		
AGREGADO GRUESO				88.76	Kg		
ADICIÓN DE MICROSIlice (15% del peso del cemento)				7.29	Kg		
ADITIVO SIKACEM (1% por peso de cemento)				485.0	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	1.62					A.F	1.94
A.G	1.89					A.G	1.94
H ₂ O	20.0					H ₂ O	20.0

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA S.A.C.

Anexo 26 Ficha técnica del Cemento Sol



CEMENTO SOL

Descripción:

- Es un Cemento Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Cuenta con la fecha y hora de envasado en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Ideal para la producción de prefabricados en concreto.

Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C 150.

Formato de distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granef: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

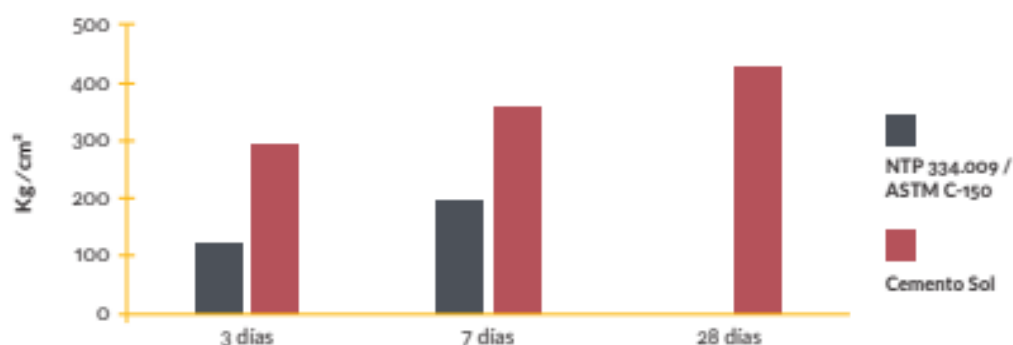
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm ² /g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No Especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	427	No especifica
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	13.15	No especifica
C ₃ S	%	53.60	No especifica
C ₃ A	%	9.66	No especifica
C ₄ AF	%	9.34	No especifica



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFume®

Adición mineral - Microsilíce

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice.

USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH₂). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

- Alta estabilidad del hormigón fresco.
- Mayor durabilidad.
- Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.
- Mayores resistencias finales.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Mayor estanqueidad en el concreto endurecido.
- Reducción a la penetración de cloruros.

SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
Vida Útil	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenamiento en un ambiente seco.
Apariencia / Color	polvo gris o crema
Specific gravity	Peso específico: 2,200 kg/m ³

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-

ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.

Diseño de la Mezcla de Concreto	Cuando se usa SikaFume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.
Condiciones de Curado	Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.
Compatibilidad	Compatible con todos los productos Sika.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	5 - 10% en peso de cemento.
---------------------------------	-----------------------------

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote G
Lurin, Lima
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto
SikaFume®
Marzo 2022, Versión 01.03
021402021000000019





HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sikament®-290 N

ADITIVO POLIFUNCIONAL E IMPERMEABILIZANTE PARA CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikament®-290N es un aditivo polifuncional (plastificante o superplastificante) e impermeabilizante. Sikament®-290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

Sikament®-290N está particularmente indicado para:

- Todo tipo de concretos fabricados en plantas concretas con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.
- En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.
- Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Terminación superficial de alta calidad.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.
- Permite reducir hasta el 20% del agua de la mezcla.
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejas.
- Reductor de agua.

CERTIFICADOS / NORMAS

Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none"> • Dispenser x 1000 L • Cilindro x 200 L • Balde x 20 L • PET x 4 L
Apariencia / Color	Líquido pardo oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
Densidad	1.20 +/- 0.02

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Hoja De Datos Del Producto
Sikament®-290 N
Julio 2020, Versión 03.02
021302011000000115

Dosificación Recomendada

- Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento.
- Como superplastificante: del 0,7 % - 1,2 % del peso del cemento.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN**Como Plastificante Impermeabilizante**

Debe incorporarse junto con el agua de amasado.

Como Superplastificante Impermeabilizante

Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m³ de carga de la amasadora o camión concretero.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.





Designation: C143/C143M – 10

Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C143/C143M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of slump of hydraulic-cement concrete, both in the laboratory and in the field.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.²)

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C138/C138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

C172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

C173/C173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method

C231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

3. Summary of Test Method

3.1 A sample of freshly mixed concrete is placed and compacted by rodding in a mold shaped as the frustum of a cone. The mold is raised, and the concrete allowed to subside. The vertical distance between the original and displaced position of the center of the top surface of the concrete is measured and reported as the slump of the concrete.

4. Significance and Use

4.1 This test method is intended to provide the user with a procedure to determine slump of plastic hydraulic-cement concretes.

Note 1—This test method was originally developed to provide a technique to monitor the consistency of unhardened concrete. Under laboratory conditions, with strict control of all concrete materials, the slump is generally found to increase proportionally with the water content of a given concrete mixture, and thus to be inversely related to concrete strength. Under field conditions, however, such a strength relationship is not clearly and consistently shown. Care should therefore be taken in relating slump results obtained under field conditions to strength.

4.2 This test method is considered applicable to plastic concrete having coarse aggregate up to 1½ in. [37.5 mm] in size. If the coarse aggregate is larger than 1½ in. [37.5 mm] in size, the test method is applicable when it is performed on the fraction of concrete passing a 1½-in. [37.5-mm] sieve, with the larger aggregate being removed in accordance with the section titled "Additional Procedure for Large Maximum Size Aggregate Concrete" in Practice C172.

4.3 This test method is not considered applicable to non-plastic and non-cohesive concrete.

Note 2—Concretes having slumps less than ½ in. [15 mm] may not be adequately plastic and concretes having slumps greater than about 9 in.

¹This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.60 on Testing Fresh Concrete.

Current edition approved Feb. 1, 2010; Published March 2010. Originally approved in 1922. Last previous edition approved in 2009 as C143/C143M-09. DOI: 10.1520/C0143_C0143M-10.

²Section on Safety Precautions, Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02.

³For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright (C) ASTM International, 100 Barr Harbor Dr., PO Box C-700, West Conshohocken, Pennsylvania 19380-2959, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Nov 8 00:27:51 EST 2010 1

Downloaded printed by

King Mongkut Univ of Tech N. Bangkok pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.



[230 mm] may not be adequately cohesive for this test to have significance. Caution should be exercised in interpreting such results.

5. Apparatus

5.1 *Mold*—The test specimen shall be formed in a mold made of metal not readily attacked by the cement paste. The metal shall not be thinner than 0.060 in. [1.5 mm] and if formed by the spinning process, there shall be no point on the mold at which the thickness is less than 0.045 in. [1.15 mm]. The mold shall be in the form of the lateral surface of the frustum of a cone with the base 8 in. [200 mm] in diameter, the top 4 in. [100 mm] in diameter, and the height 12 in. [300 mm]. Individual diameters and heights shall be within $\pm 1/8$ in. [3 mm] of the prescribed dimensions. The base and the top shall be open and parallel to each other and at right angles to the axis of the cone. The mold shall be provided with foot pieces and handles similar to those shown in Fig. 1. The mold shall be constructed without a seam. The interior of the mold shall be relatively smooth and free from projections. The mold shall be free from dents, deformation, or adhered mortar. A mold which clamps to a nonabsorbent base plate is acceptable instead of the one illustrated, provided the clamping arrangement is such that it can be fully released without movement of the mold and the base is large enough to contain all of the slumped concrete in an acceptable test.

5.1.1 Check and record conformance to the mold's specified dimensions when it is purchased or first placed in service and at least annually thereafter.

5.1.2 Mold with alternative materials.

5.1.2.1 Molds other than metal are allowed if the following requirements are met: The mold shall meet the shape, height, and internal dimensional requirements of 5.1. The mold shall be sufficiently rigid to maintain the specified dimensions and tolerances during use, resistant to impact forces, and shall be nonabsorbent. The mold shall be demonstrated to provide test results comparable to those obtained when using a metal mold meeting the requirements of 5.1. Comparability shall be demonstrated on behalf of the manufacturer by an independent testing laboratory. Test for comparability shall consist of not less than 10 consecutive pairs of comparisons performed at each of 3 different slumps ranging from 2 to 8 in. [50 to 200 mm] (Note 3). No individual test results shall vary by more than 0.50 in. [15 mm] from that obtained using the metal mold. The average test results of each slump range obtained using the mold constructed of alternative material shall not vary by more than 0.25 in. [6 mm] from the average of test results obtained using the metal mold. Manufacturer comparability test data shall be available to users and laboratory inspection authorities (Note 4). If any changes in material or method of manufacture are made, tests for comparability shall be repeated.

Note 3—The phrase "consecutive pairs of comparisons" does not mean without interruption or all in one day. At a schedule selected by the testing entity, the pairs of tests leading to 10 consecutive pairs may be accomplished in small groups. The word "consecutive" prevents ignoring pairs of tests which may not meet the criteria.

Note 4—Because the slump of concrete decreases with time and higher temperatures, it will be advantageous for the comparability tests to be performed by alternating the use of metal cones and alternative material cones, to utilize several technicians, and to minimize the time between test procedures.

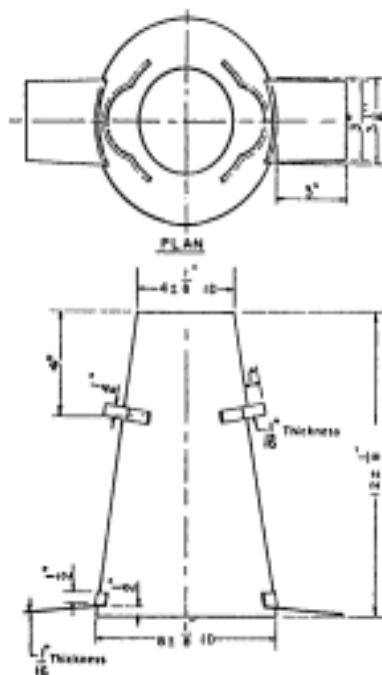
5.1.2.2 If the condition of any individual mold is suspected of being out of tolerance from the as manufactured condition, a single comparative test shall be performed. If the test results differ by more than 0.50 in. [15 mm] from that obtained using the metal mold, the mold shall be removed from service.

5.2 *Tamping Rod*—A round, straight steel rod, with a $1/8$ in. [16 mm] $\pm 1/16$ in. [2 mm] diameter. The length of the tamping rod shall be at least 4 in. [100 mm] greater than the depth of the mold in which rodding is being performed, but not greater than 24 in. [600 mm] in overall length (Note 5). The length tolerance for the tamping rod shall be $\pm 1/8$ in. [4 mm]. The rod shall have the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

Note 5—A rod length of 16 in. [400 mm] to 24 in. [600 mm] meets the requirements of the following: Practice C31/C31M, Test Method C138/C138M, Test Method C143/C143M, Test Method C173/C173M, and Test Method C231.

5.3 *Measuring Device*—A ruler, metal roll-up measuring tape, or similar rigid or semi-rigid length measuring instrument marked in increments of $1/8$ in. [5 mm] or smaller. The instrument length shall be at least 12 in. [300 mm].

5.4 *Scoop*—of a size large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so it is not spilled during placement in the mold.



Dimensional Units		1/8	1/4	3/8	1	3	3 1/4	4	8	12
in.		1/8	1/4	3/8	1	3	3 1/4	4	8	12
mm		[2]	[6]	[15]	[25]	[75]	[80]	[100]	[200]	[300]

FIG. 1 Mold for Slump Test

6. Sample

6.1 The sample of concrete from which test specimens are made shall be representative of the entire batch. It shall be obtained in accordance with Practice C172.

7. Procedure

7.1 Dampen the mold and place it on a rigid, flat, level, moist, nonabsorbent surface, free of vibration, and that is large enough to contain all of the slumped concrete. It shall be held firmly in place during filling and perimeter cleaning by the operator standing on the two foot pieces or by a clamping arrangement to a base plate as described in 5.1. From the sample of concrete obtained in accordance with Section 6, immediately fill the mold in three layers, each approximately one third the volume of the mold (See Note 6). Place the concrete in the mold using the scoop described in 5.4. Move the scoop around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete with minimal segregation.

Note 6—One third of the volume of the slump mold fills it to a depth of 2½ in. [70 mm]; two thirds of the volume fills it to a depth of 6½ in. [160 mm].

7.2 Rod each layer 25 times uniformly over the cross section with the rounded end of the rod. For the bottom layer, this will necessitate inclining the rod slightly and making approximately half of the strokes near the perimeter, and then progressing with vertical strokes spirally toward the center. Rod the bottom layer throughout its depth. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm].

7.3 In filling and rodding the top layer, heap the concrete above the mold before rodding is started. If the rodding operation results in subsidence of the concrete below the top edge of the mold, add additional concrete to keep an excess of concrete above the top of the mold at all times. After the top layer has been rodded, strike off the surface of the concrete by means of a screeding and rolling motion of the tamping rod. Continue to hold the mold down firmly and remove concrete from the area surrounding the base of the mold to preclude interference with the movement of slumping concrete. Remove the mold immediately from the concrete by raising it carefully in a vertical direction. Raise the mold a distance of 12 in. [300 mm] in 5 ± 2 s by a steady upward lift with no lateral or torsional motion. Complete the entire test from the start of the filling through removal of the mold without interruption and complete it within an elapsed time of 2½ min.

7.4 Immediately measure the slump by determining the vertical difference between the top of the mold and the displaced original center of the top surface of the specimen. If a decided falling away or shearing off of concrete from one side or portion of the mass occurs (Note 7), disregard the test and make a new test on another portion of the sample.

Note 7—If two consecutive tests on a sample of concrete show a falling away or shearing off of a portion of the concrete from the mass of the specimen, the concrete probably lacks necessary plasticity and cohesiveness for the slump test to be applicable.

8. Report

8.1 Report the slump in terms of inches [millimetres] to the nearest ¼ in. [5 mm] of subsidence of the specimen during the test.

9. Precision and Bias⁴

9.1 *Precision*—The estimates of precision for this test method are based upon results from tests conducted in Fayetteville, Arkansas by 15 technicians from 14 laboratories representing 3 states. All tests at 3 different slump ranges, from 1.0 in. [25 mm] to 6.5 in. [160 mm], were performed using one load of truck-mixed concrete. The concrete was delivered and tested at a low slump, with water then being added and mixed into the remaining concrete to independently produce moderate and finally high-slump concrete. The concrete mixture that used a No. 67 crushed limestone aggregate and a washed river sand, contained 500 lb of cementitious materials per cubic yard [297 kg of cementitious material per cubic metre]. The 500 lb [227 kg] were equally divided between a C150, Type I/II cement and a Class C fly ash. A double dosage of a chemical retarder was used in an attempt to minimize slump losses and maintain workability of the concrete. Concrete temperatures ranged from 86 to 93 °F [30 to 34 °C]. Slump losses averaged 0.68 in. [17 mm] during the 20 min required to perform a series of 6 tests at 1 slump range. Testing was performed alternately using metal and plastic molds, which were determined to produce comparable results. Precision data thus applies to both metal and plastic molds. A total of 270 slump tests were performed.

9.1.1 *Inch-Pound [SI]*—The data used to develop the precision statement were obtained using metric units (millimetres). The precision values shown in inch-pound units are conversions from the millimetre measurements, which were recorded to the nearest 1 mm.

9.1.2 *Measure of Variability*—The standard deviation was determined to be the most consistent measure of variability and was found to vary with the slump value.

9.1.3 *Single-Operator Precision*—The single-operator standard deviation represented by (1s) is shown in Table 1 by average slump values. The reported results for the replicate

⁴ The test data used to develop this precision statement were based on tests performed in September 1997. Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR-C09-1022.

TABLE 1 Precision

Slump and Type Index	Standard Deviation (1s) ^a		Acceptable Range of Two Results (d2s) ^a	
	in.	[mm]	in.	[mm]
Single-Operator Precision:				
Slump 1.2 in. [30 mm]	0.23	[6]	0.65	[17]
Slump 3.4 in. [85 mm]	0.38	[9]	1.07	[25]
Slump 6.5 in. [160 mm]	0.40	[10]	1.13	[28]
Multilaboratory Precision:				
Slump 1.2 in. [30 mm]	0.29	[7]	0.82	[20]
Slump 3.4 in. [85 mm]	0.39	[10]	1.10	[28]
Slump 6.5 in. [160 mm]	0.53	[13]	1.50	[37]

^a These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C670.

readings apply to tests conducted by the same operator performing successive tests, one immediately following the other. Acceptable results of two properly conducted tests by the same operator on the same material (Note 8) will not differ from each other by more than the (d_{2s}) value of the last column of Table 1 for the appropriate slump value and single-operator precision.

9.1.4 *Multilaboratory Precision*—The multilaboratory standard deviation represented by (1s) is shown in Table 1 by average slump values. The reported results for the replicate readings apply to tests conducted by different operators from different laboratories performing tests less than 4 min apart. Therefore, acceptable results of two properly conducted slump

tests on the same material (Note 8) by two different laboratories will not differ from each other by more than the (d_{2s}) value of the last column of Table 1 for the appropriate slump value and multilaboratory precision.

Note 8—“Same materials,” is used to mean freshly mixed concrete from one batch.

9.2 *Bias*—This test method has no bias since slump is defined only in terms of this test method.

10. Keywords

10.1 concrete; cone; consistency; plasticity; slump; workability

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C143/C143M – 09, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2010)

(1) Revised the first sentence of 7.1.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C143/C143M – 08, that may impact the use of this test method. (Approved August 1, 2009)

(1) Revised 5.2 to alter tamping rod requirements.

(3) Revised 7.2 to alter wording of tamping rod use.

(2) Added Note 5 describing acceptable tamping rod length.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2952, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9885 (phone), 610-832-9855 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).



Designation: C39/C39M – 18

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m³ [50 lb/ft³].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the Manual are recommended.)

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C617/C617M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- C873/C873M Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds
- C943 Practice for Making Test Cylinders and Prisms for Determining Strength and Density of Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
- C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- C1176/C1176M Practice for Making Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table
- C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens
- C1435/C1435M Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer
- C1604/C1604M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores of Shotcrete
- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E18 Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Jan. 1, 2018. Published February 2018. Originally approved in 1923. Last previous edition approved in 2017 as C39/C39M – 17b. DOI: 10.1520/C0909_C0909M-18.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines Manual of Aggregate and Concrete Testing

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this practice, refer to Terminology C125.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.2.1 *bearing block, n*—steel piece to distribute the load from the testing machine to the specimen.

3.2.2 *lower bearing block, n*—steel piece placed under the specimen to distribute the load from the testing machine to the specimen.

3.2.2.1 *Discussion*—The lower bearing block provides a readily machinable surface for maintaining the specified bearing surface. The lower bearing block may also be used to adapt the testing machine to various specimen heights. The lower bearing block is also referred to as *bottom block, plain block, and false platen*.

3.2.3 *platen, n*—primary bearing surface of the testing machine.

3.2.3.1 *Discussion*—The platen is also referred to as the testing machine *table*.

3.2.4 *spacer, n*—steel piece used to elevate the lower bearing block to accommodate test specimens of various heights.

3.2.4.1 *Discussion*—Spacers are not required to have hardened bearing faces because spacers are not in direct contact with the specimen or the retainers of unbonded caps.

3.2.5 *upper bearing block, n*—steel assembly suspended above the specimen that is capable of tilting to bear uniformly on the top of the specimen.

3.2.5.1 *Discussion*—The upper bearing block is also referred to as the *spherically seated block* and the *suspended block*.

4. Summary of Test Method

4.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

5. Significance and Use

5.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

5.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C31/C31M, C192/C192M, C617/C617M,

C943, C1176/C1176M, C1231/C1231M, and C1435/C1435M, and Test Methods C42/C42M, C873/C873M, and C1604/C1604M.

5.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

5.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

Note 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level 1 or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

6. Apparatus

6.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 8.5.

6.1.1 Verify the accuracy of the testing machine in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 6.4. Verification is required:

6.1.1.1 Within 13 months of the last calibration,

6.1.1.2 On original installation or immediately after relocation,

6.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

6.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

6.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

6.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 8.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

6.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

Note 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

6.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

6.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

6.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

6.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100 A - B / B$$

where:

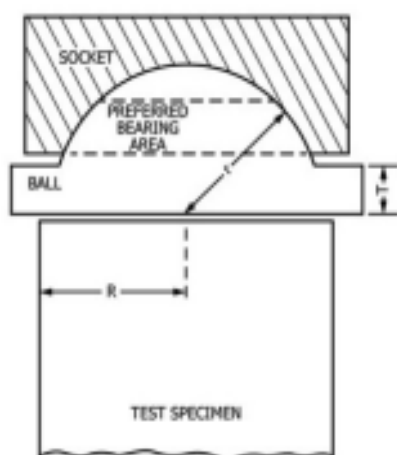
A = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

6.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10 % of the maximum range capacity.

6.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

6.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.



$T \geq R - r$
 r = radius of spherical portion of upper bearing block
 R = nominal radius of specimen
 T = thickness of upper bearing block extending beyond the sphere

FIG. 1 Schematic Sketch of Typical Upper Bearing Block

6.2 *Bearing Blocks*—The upper and lower bearing blocks shall conform to the following requirements:

6.2.1 Bearing blocks shall be steel with hardened bearing faces (Note 3).

6.2.2 Bearing faces shall have dimensions at least 3 % greater than the nominal diameter of the specimen.

6.2.3 Except for the inscribed concentric circles described in 6.2.4.7, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] along any 150 mm [6 in.] length for bearing blocks with a diameter of 150 mm [6 in.] or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any direction of smaller bearing blocks. New bearing blocks shall be manufactured within one-half of this tolerance.

Note 3—It is desirable that the bearing faces of bearing blocks have a Rockwell hardness at least 55 HRC as determined by Test Methods E18.

Note 4—Square bearing faces are permissible for the bearing blocks.

6.2.4 *Upper Bearing Block*—The upper bearing block shall conform to the following requirements:

6.2.4.1 The upper bearing block shall be spherically seated and the center of the sphere shall coincide with the center of the bearing face within ± 5 % of the radius of the sphere.

6.2.4.2 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

Note 5—The preferred contact area is in the form of a ring (described as *preferred bearing area*) as shown in Fig. 1.

6.2.4.3 Provision shall be made for holding the upper bearing block in the socket. The design shall be such that the bearing face can be rotated and tilted at least 4° in any direction.

6.2.4.4 If the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

6.2.4.5 The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the nominal diameter of the specimen. If the diameter of the sphere is smaller than the diameter of the specimen, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen (see Fig. 1). The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere.

6.2.4.6 The dimensions of the bearing face of the upper bearing block shall not exceed the following values:

Nominal Diameter of Specimen, mm [in.]	Maximum Diameter of Round Bearing Face, mm [in.]	Maximum Dimensions of Square Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]	105 by 105 [4 by 4]
75 [3]	130 [5]	130 by 130 [5 by 5]
100 [4]	165 [6.5]	165 by 165 [6.5 by 6.5]
150 [6]	255 [10]	255 by 255 [10 by 10]
200 [8]	290 [11]	290 by 290 [11 by 11]

6.2.4.7 If the diameter of the bearing face of the upper bearing block exceeds the nominal diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed on the face of upper bearing block to facilitate proper centering.

6.2.4.8 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the upper bearing block. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

Note 6—To ensure uniform seating, the upper bearing block is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop.

6.2.5 *Lower Bearing Block*—The lower bearing block shall conform to the following requirements:

- 6.2.5.1 The lower bearing block shall be solid.
- 6.2.5.2 The top and bottom surfaces of the lower bearing block shall be parallel to each other.
- 6.2.5.3 The lower bearing block shall be at least 25 mm [1.0 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after resurfacing.
- 6.2.5.4 The lower bearing block shall be fully supported by the platen of the testing machine or by any spacers used.
- 6.2.5.5 If the testing machine is designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a lower bearing block is not required.

Note 7—The lower bearing block may be fastened to the platen of the testing machine.

Note 8—Inscribed concentric circles as described in 6.2.4.7 are optional on the lower bearing block.

6.3 *Spacers*—If spacers are used, the spacers shall be placed under the lower bearing block and shall conform to the following requirements:

- 6.3.1 Spacers shall be solid steel. One vertical opening located in the center of the spacer is permissible. The maximum diameter of the vertical opening is 19 mm [0.75 in.].
- 6.3.2 The top and bottom surfaces of the spacer shall be parallel to each other.
- 6.3.3 Spacers shall be fully supported by the platen of the test machine.
- 6.3.4 Spacers shall fully support the lower bearing block and any spacers above.
- 6.3.5 Spacers shall not be in direct contact with the specimen or the retainers of unbonded caps.

6.4 *Load Indication*—The testing machine shall be equipped with either a dial or digital load indicator.

- 6.4.1 The verified loading range shall not include loads less than 100 times the smallest change of load that can be read.
- 6.4.2 A means shall be provided that will record, or indicate until reset, the maximum load to an accuracy within 1.0 % of the load.
- 6.4.3 If the load is displayed on a dial, the graduated scale shall be readable to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (**Note 9**). The dial shall be readable within 1.0 % of the indicated load at any given load level within the loading range. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks. The width of the end of the pointer shall not

exceed the clear distance between the smallest graduations. The scale shall be provided with a labeled graduation line load corresponding to zero load. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dial case and accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer.

Note 9—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. If the spacing is between 1 and 2 mm [0.04 and 0.08 in.], one half of a scale interval is considered readable. If the spacing is between 2 and 3 mm [0.08 and 0.12 in.], one third of a scale interval is considered readable. If the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is considered readable.

6.4.4 If the load is displayed in digital form, the numbers must be large enough to be read. The numerical increment shall not exceed 0.1 % of the full scale load of a given loading range. Provision shall be made for adjusting the display to indicate a value of zero when no load is applied to the specimen.

6.5 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

7. Specimens

7.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

Note 10—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

7.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617/C617M or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

7.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

7.4 If the purchaser of the testing services or the specifier of the tests requests measurement of the specimen density, determine the specimen density before capping by either 7.4.1

(specimen dimension method) or 7.4.2 (submerged weighing method). For either method, use a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured.

7.4.1 Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.].

7.4.2 Remove any surface moisture with a towel and determine the mass of the specimen in air. Submerge the specimen in water at a temperature of $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ [$73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$] for 15 ± 5 sec. Then, determine the apparent mass of the specimen while submerged under water.

7.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

8. Procedure

8.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

8.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

8.3 Tolerances for specimen ages are as follows:

Test Age ^a	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h
3 days	± 2 h
7 days	± 6 h
28 days	± 20 h
90 days	± 2 days

^aFor test ages not listed, the test age tolerance is $\pm 2.0\%$ of the specified age.

8.3.1 Unless otherwise specified by the specifier of tests, for this test method the test age shall start at the beginning of casting specimens.

8.4 *Placing the Specimen*—Place the lower bearing block, with the hardened face up, on the table or platen of the testing machine. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks, spacers if used, and of the specimen. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retainers and center the unbonded caps on the specimen. Place the specimen on the lower bearing block and align the axis of the specimen with the center of thrust of the upper bearing block.

NOTE 11—Although the lower bearing block may have inscribed concentric circles to assist with centering the specimen, final alignment is made with reference to the upper bearing block.

8.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 12). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 12—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

8.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 13) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 13—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [$\frac{1}{4}$ inches in 12 inches].

8.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

8.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 ± 0.05 MPa/s [35 ± 7 psi/s] (see Note 14). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 14—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

8.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

8.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

8.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617/C617M or Practice C1231/C1231M.

9. Calculation

9.1 Calculate the compressive strength of the specimen as follows:

SI units:

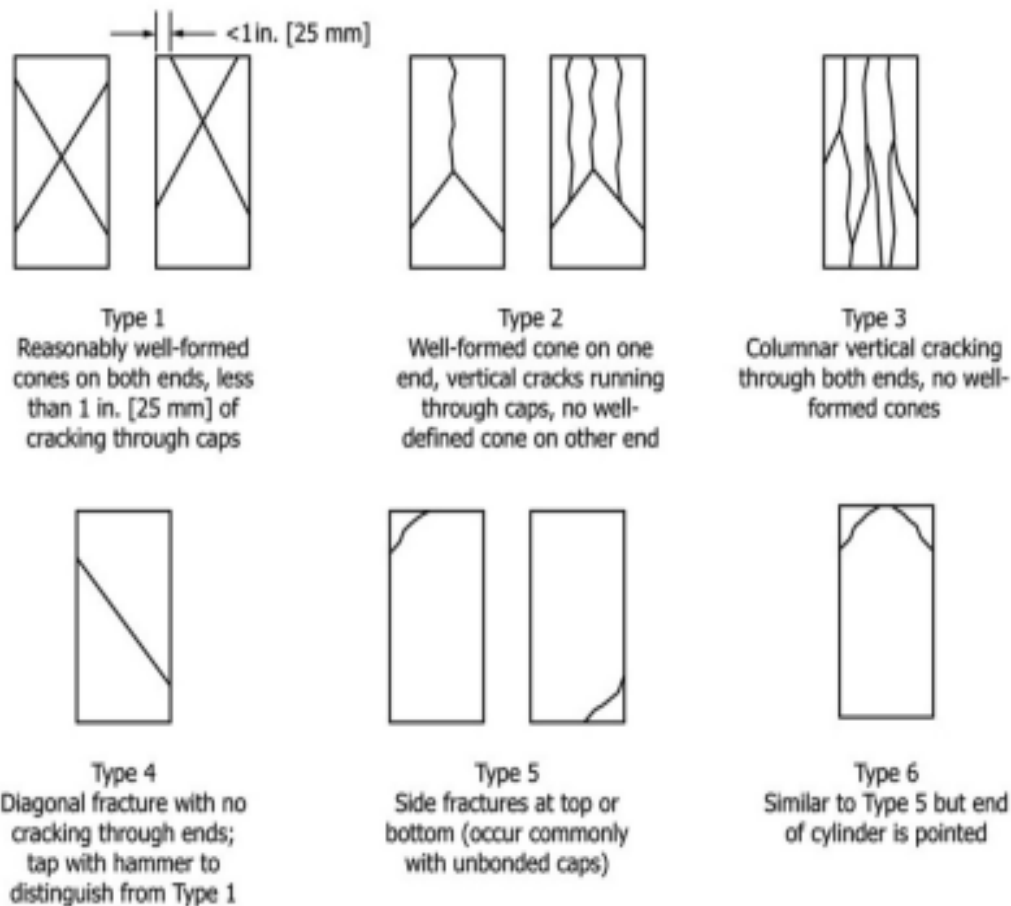


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

$$f_{cm} = \frac{4000P_{max}}{\pi D^2} \quad (2)$$

Inch-pound units:

$$f_{cm} = \frac{4P_{max}}{\pi D^2} \quad (3)$$

where:

f_{cm} = compressive strength, MPa [psi],
 P_{max} = maximum load, kN [lbf], and
 D = average measured diameter, mm [in.].

9.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 9.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Note 15—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m³ [100 and 120 lb/ft³] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction

factors may be larger than the values listed above³.

9.3 If required, calculate the specimen density to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³] using the applicable method.

9.3.1 If specimen density is determined based on specimen dimensions, calculate specimen density as follows:

SI units:

$$\rho_s = \frac{4 \times 10^6 \times W}{L \times D^2 \times \pi} \quad (4)$$

Inch-pound units:

$$\rho_s = \frac{6912 \times W}{L \times D^2 \times \pi}$$

where:

ρ_s = specimen density, kg/m³ [lb/ft³],
 W = mass of specimen in air, kg [lb],
 L = average measured length, mm [in.], and
 D = average measured diameter, mm [in.].

9.3.2 If the specimen density is based on submerged weighing, calculate the specimen density as follows:

³ Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

$$\rho_s = \frac{W \times \gamma_w}{W - W_s} \quad (6)$$

where:

- ρ_s = specimen density, kg/m³ [lb/ft³],
- W = mass of specimen in air, kg [lb],
- W_s = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and
- γ_w = density of water at 23°C [73.5°F] = 997.5 kg/m³ [62.27 lb/ft³].

10. Report

10.1 Report the following information:

- 10.1.1 Identification number,
- 10.1.2 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in millimetres [inches],
- 10.1.3 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],
- 10.1.4 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],
- 10.1.5 Compressive strength rounded to the nearest 0.1 MPa [10 psi],
- 10.1.6 If the average of two or more companion cylinders tested at the same age is reported, calculate the average compressive strength using the unrounded individual compressive strength values. Report the average compressive strength rounded to the nearest 0.1 MPa [10 psi].
- 10.1.7 Type of fracture (see Fig. 2),
- 10.1.8 Defects in either specimen or caps,
- 10.1.9 Age of specimen at time of testing. Report age in days for ages three days or greater, report age in hours if the age is less than three days,

Note 16—If software limitations prevent reporting the specimen age in hours, the age of the specimen in hours may be included in a note in the report.

10.1.10 If determined, the density to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³].

11. Precision and Bias

11.1 Precision

11.1.1 *Single-Operator Precision*—The following table provides the single-operator precision of tests of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] and 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 11.1.2).

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^b of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

^a These numbers represent respectively the (1s) and (2s) limits as described in Practice C670.

11.1.2 The single-operator coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the single-operator coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 15 to 55 MPa [2000 to 8000 psi] and those for 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The single-operator coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵ The single-operator coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

11.1.3 *Multilaboratory Precision*—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %⁴; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %⁴ of the average (see Note 17). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

Note 17—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

11.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

Note 18—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precision statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

11.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

12. Keywords

12.1 concrete core; concrete cylinder; concrete specimen; concrete strength; compressive strength; core; cylinder; drilled core; strength

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR.C09-1006. Contact ASTM Customer Service at service@astm.org.

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C39/C39M-17b) that may impact the use of this standard. (Approved Jan. 1, 2018)

- (1) Added Practice C943 to Referenced Documents and Practice C943 as a source of specimens. (2) Revised 8.3.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-6585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923. Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>



Designation: C78/C78M – 18

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)¹

This standard is issued under the fixed designation C78/C78M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the flexural strength of concrete by the use of a simple beam with third-point loading.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C293/C293M Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)

C617/C617M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology C125 and Terminology E6.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *flexural strength*—maximum resistance of a specimen subjected to bending.

3.2.1.1 *Discussion*—In this test method, *flexural strength* is reported as the *modulus of rupture*.

3.2.2 *flexural testing apparatus*—fixture used to apply force to the beam specimen and consists of loading and support blocks.

3.2.3 *loading block*—component of the testing apparatus in the shape of a portion of a cylinder that is used to apply a force to the beam specimen.

3.2.4 *modulus of rupture*—calculated stress, assuming linear-elastic behavior, in the tensile face of a beam specimen at the maximum bending moment during a standard test method.

3.2.5 *span length*—distance between lines of support, or reaction, for the beam specimen, and it is equal to three times the nominal depth of the beam.

3.2.5.1 *Discussion*—For example, for a 100 mm [4 in.] nominal depth beam, the span length is 300 mm [12 in.] and for a 150 mm [6 in.] nominal depth beam, the span length is 450 mm [18 in.]. See 3.2.6.1, for discussion of *reaction block*.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.01 on Testing for Strength.

Current edition approved Jan. 1, 2018. Published February 2018. Originally approved in 1970. Last previous edition approved in 2016 as C78/C78M – 16. DOI: 10.1520/C0078_C0078M-18.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

3.2.6 *support block*—component of the testing apparatus in the shape of a portion of a cylinder that is used to provide a reaction to the force applied to the beam specimen.

3.2.6.1 *Discussion*—If the testing apparatus applies force to the top of the beam, this block supports the beam. If the testing apparatus applies force to the bottom of the beam, the support block may be considered a reaction block because it provides a line of reaction at the top of the beam and does not support the beam.

3.2.7 *testing machine*—mechanical device for applying force to a specimen.

4. Significance and Use

4.1 This test method is used to determine the flexural strength of specimens prepared and cured in accordance with Test Methods C42/C42M or Practices C31/C31M or C192/C192M. Results are calculated and reported as the modulus of rupture. For the same specimen size, the strength determined will vary if there are differences in specimen preparation, curing procedure, moisture condition at time of testing, and whether the beam was molded or sawed to size.

4.2 The measured modulus of rupture generally increases as the specimen size decreases.^{3,4,5}

4.3 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for mixture proportioning, evaluating uniformity of mixing, and checking placement operations by using sawed beams. It is used primarily in testing concrete for the construction of slabs and pavements.

4.4 For identical test specimens, the modulus of rupture obtained by this test method will, on average, be lower than that obtained by Test Method C293/C293M.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption. The testing machine shall be equipped with a means of recording or holding the peak value that will indicate the maximum load, to within 1 % accuracy, applied to the specimen during a test.

5.1.1 *Verification*:

5.1.1.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practice E4.

5.1.1.2 Verify the accuracy of the testing machine in accordance with Practice E4, except that the verified loading range shall be as required for flexural testing. Verification is required:

- (1) Within 13 months of the last verification,
- (2) On original installation,
- (3) After relocation,

(4) After making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicator, except for zero adjustments that compensate for the weight of loading or support blocks or specimen, or both, or

(5) Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated forces.

5.2 *Flexural Testing Apparatus*—The third point loading method shall be used to determine the flexural strength of concrete. The loading blocks and support blocks shall be designed so that forces applied to the beam will be along lines perpendicular to the side faces of the beam and applied without eccentricity. A diagram of the flexural testing apparatus is shown in Fig. 1.

Note 1—The flexural testing apparatus shown in Fig. 1 may be used inverted. In this case, the loading blocks will be at the bottom of the beam, while the reaction blocks will be at the top of the beam.

5.2.1 The flexural testing apparatus shall be capable of maintaining the span length and distance between the lines of loading within ± 1.0 mm [± 0.05 in.] of the specified values.

5.2.2 The ratio of the horizontal distance between the line of application of the force and the line of the nearest reaction to the depth of the beam shall be 1.0 ± 0.03 .

5.2.3 The loading blocks and support blocks shall not be more than 65 mm [2.50 in.] high, measured from the center or the axis of the ball or the axis of the rod and shall extend entirely across or beyond the full width of the specimen. Each case, the block surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.05 mm [0.002 in.] and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block shall be at least 0.80 rad [45°].

5.2.4 At least every six months or as specified by the manufacturer of the flexural testing apparatus, clean and lubricate metal-to-metal contact surfaces, such as internal concave surfaces and steel balls and rods of the loading blocks and support blocks (Fig. 1). The lubricant shall be a petroleum-type oil, such as conventional motor oil, or as specified by the manufacturer of the apparatus.

5.2.5 The support blocks shall be free to rotate.

5.2.6 The loading blocks and support blocks shall be maintained in a vertical position and in contact with the rod or ball by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the rod or ball. The uppermost bearing plate and center point ball in Fig. 1 may be omitted if the testing machine has a spherically seated bearing block, provided one rod and one ball are used as pivots for the upper loading blocks.

³ Tamei, J.; Ardani, A.; Leavitt, J. "Reducing the Specimen Size of Concrete Flexural Strength Test (AASHTO T97) for Safety and Ease of Handling." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2342, Transportation Research Board of National Academies, Washington, D.C., 2013.

⁴ Carrasquillo, F.M. and Carrasquillo, R. L. "Improved Concrete Quality Control Procedures Using Third Point Loading", *Research Report 119-1P*, Project 3-9-87-1119, Center For Transportation Research, The University of Texas at Austin, November 1987.

⁵ Bazant, Z. and Novak, D. "Proposal for Standard Test of Modulus of Rupture of Concrete with its Size Dependence," *ACI Materials Journal*, January-February 2001.

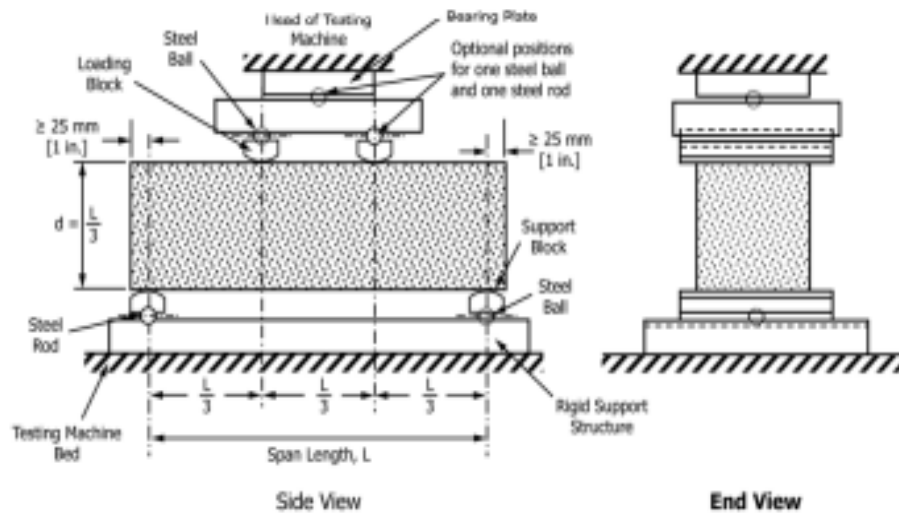


FIG. 1 Schematic of Flexural Testing Apparatus for Third-Point Loading Method

6. Test Specimens

6.1 The test specimen shall conform to all requirements of Test Method **C42/C42M** or Practices **C31/C31M** or **C192/C192M** applicable to beam specimens and shall have a test span within 2 % of being three times its depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

6.2 Provided the smaller cross-sectional dimension of the beam is at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate, the modulus of rupture can be determined using different specimen sizes. However, measured modulus of rupture generally increases as specimen size decreases.^{3,4} (Note 2).

Note 2—The strength ratio for beams of different sizes depends primarily on the maximum size of aggregate.⁵ Experimental data obtained in two different studies have shown that for maximum aggregate size between 19.0 and 25.0 mm [$\frac{3}{4}$ and 1 in.], the ratio between the modulus of rupture determined with a 150 by 150 mm [6 by 6 in.] and a 100 by 100 mm [4 by 4 in.] may vary from 0.90 to 1.07⁵ and for maximum aggregate size between 9.5 and 37.5 mm [$\frac{3}{8}$ and 1½ in.], the ratio between the modulus of rupture determined with a 150 by 150 mm [6 by 6 in.] and a 115 by 115 mm [4.5 by 4.5 in.] may vary from 0.86 to 1.00.⁴

6.3 The specifier of tests shall specify the specimen size and number of specimens to be tested to obtain an average test result. The same specimen size shall be used for qualification and acceptance testing.

7. Procedure

7.1 Moist-cured specimens shall be kept moist during the period between removal from moist storage and testing.

Note 3—Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured flexural strength.

Note 4—Methods for keeping the specimen moist include wrapping in moist fabric or matting and keeping specimens under lime water in containers near the flexural testing machine until time of testing.

7.2 For molded specimens, turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the

support blocks. When using sawed specimens, position the specimen so that the tension face corresponds to the top or bottom of the specimen as cut from the parent material. Center the loading blocks in relation to the applied force. Bring the loading blocks in contact with the surface of the specimen at the third points and apply a force of between 3 and 6 % of the estimated ultimate force. Using 0.10 mm [0.004 in.] and 0.40 mm [0.015 in.] leaf-type feeler gages, determine whether any gap between the specimen and the loading or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 25 mm [1 in.] or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.10 mm [0.004 in.] in width. Leather shims shall be of uniform 6 mm [0.25 in.] thickness, 25 to 50 mm [1.0 to 2.0 in.] width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.40 mm [0.015 in.] shall be eliminated only by capping or grinding. Grinding of lateral surfaces shall be minimized because grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with the applicable sections of Practice **C617/C617M**.

7.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load at a rate that constantly increases the maximum stress on the tension face between 0.9 and 1.2 MPa/min [125 and 175 psi/min] until rupture occurs. The loading rate is calculated using the following equation:

$$r = \frac{Sbd^2}{L} \quad (1)$$

where:

- r = loading rate, N/min [lb/min],
- S = rate of increase in maximum stress on the tension face, MPa/min [psi/min],
- b = average width of the specimen as oriented for testing, mm [in.],
- d = average depth of the specimen as oriented for testing, mm [in.], and



L = span length, mm [in.].

8. Measurement of Specimens After Test

8.1 To determine the dimensions of the specimen cross section for use in calculating modulus of rupture, take measurements across one of the fractured faces after testing. The width and depth are measured with the specimen as oriented for testing. For each dimension, take one measurement at each edge and one at the center of the cross section. Use the three measurements for each direction to determine the average width and the average depth. Take all measurements to the nearest 1 mm [0.05 in.]. If the fracture occurs at a capped section, include the cap thickness in the measurement.

9. Calculation

9.1 If the fracture initiates in the tension surface within the middle third of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (2)$$

where:

R = modulus of rupture, MPa [psi],

P = maximum applied load indicated by the testing machine, N [lbf],

L = span length, mm [in.],

b = average width of specimen, mm [in.], at the fracture, and

d = average depth of specimen, mm [in.], at the fracture.

NOTE 5—The weight of the beam is not included in the above calculation.

9.2 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by not more than 5 % of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad (3)$$

where:

a = average distance between line of fracture and the nearest support measured on the tension surface of the beam, mm [in.].

NOTE 6—The weight of the beam is not included in the above calculation.

9.3 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by more than 5 % of the span length, discard the results of the test.

10. Report

10.1 Report the following information:

10.1.1 Identification number,

10.1.2 Average width to the nearest 1 mm [0.05 in.],

10.1.3 Average depth to the nearest 1 mm [0.05 in.],

10.1.4 Span length in mm [in.],

10.1.5 Maximum applied load in N [lbf],

10.1.6 Modulus of rupture calculated to the nearest 0.05 MPa [5 psi],

10.1.7 Curing history and apparent moisture condition of the specimens at the time of test,

10.1.8 If specimens were capped, ground, or if leather shims were used,

10.1.9 Whether sawed or molded and defects in specimens, and

10.1.10 Age of specimens.

11. Precision and Bias

11.1 Precision:

11.1.1 *Single-Operator Precision*—The single operator standard deviation for test determinations has been found to be 0.25 MPa [37 psi] and to be independent of the beam sizes used in the interlaboratory study (ILS) (NOTE 7). Therefore, the modulus of rupture from two properly conducted tests by the same operator on specimens of the same material (same batch of concrete), using the same size specimen (100-mm [4-in.] or 150-mm [6-in.] deep beams), is not expected to differ by more than 0.72 MPa [104 psi].⁶

11.1.2 *Multi-Laboratory Precision*—The multilaboratory coefficient of variation for test determinations has been found to be as shown in the third column of TABLE 1. The coefficient of variation was found to be similar for both specimen sizes used in the ILS for modulus of rupture between 4.2 and 5.5 MPa [600 and 800 psi]. A higher multilaboratory coefficient of variation was observed for 100-mm [4-in.] deep beams for modulus of rupture near 6.9 MPa [1000 psi]. Therefore, the modulus of rupture from two properly conducted tests by two different laboratories on specimens of the same material (same batch of concrete) and beam size are not expected to differ from each other by more than the value in the fourth column of TABLE 1. The acceptable difference between two test determinations is expressed as a percentage of their average.

NOTE 7—The precision of this test method was determined from an interlaboratory study conducted in 2016. The study involved three concrete mixtures with modulus of rupture values of approximately 4.1 MPa [600 psi], 5.5 MPa [800 psi] and 6.9 MPa [1000 psi]. Two beam sizes were used: 100 by 100 by 355 mm [4 by 4 by 14 in.] and 150 by 150 by 533 mm [6 by 6 by 21 in.]. Three test determinations were conducted for each combination of specimen size and concrete mixture. The number of laboratories used for determining the precision varied from 10 to 17 depending on the concrete mixture and beam size. The data used to develop the precision statement were obtained using the inch-pound

⁶ This number represents the difference limit (d_2s) as described in Practice C670.

TABLE 1 Multilaboratory Precision

Beam Depth, in. (mm)	Modulus of Rupture, psi (MPa)	Coefficient of Variation	Acceptable Difference Between Two Test Determinations (percentage of their average) ⁶
100 mm (4 in.)	4.1 to 5.5 MPa (600 to 800 psi)	6.1 %	17.1 %
100 mm (4 in.)	6.9 MPa (1000 psi)	11.4 %	31.8 %
150 mm (6 in.)	4.1 to 6.9 MPa (600 to 1000 psi)	6.9 %	19.3 %

⁶ These numbers represent the difference limit (d_2s) as described in Practice C670.



version of this test method. The precision indexes shown in SI units are exact conversions of the values in inch-pound units. Supporting data have been filed at ASTM Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1050.⁷

Note 8—The results for each test condition (specimen size and concrete strength) include data from 3 to 5 laboratories that used hand operated testing machines with paper charts for reading the ultimate force. For the 100-mm [4-in.] deep beams, these machines resulted in higher single-operator variability in mixtures with strengths between 4.1 to 5.5

MPa [600 and 800 psi], as well as higher multilaboratory variability in all mixtures. For the 150-mm [6-in.] deep beams, these machines resulted in higher variability only for the mixture with flexural strength of approximately 6.9 MPa [1000 psi]. Refer to Research Report RR:C09-1050 (Appendix J) for a discussion of possible reasons why these machines may have resulted in higher variability.

11.2 Bias—Because there is no accepted standard for determining bias in this test method, no statement on bias is made.

12. Keywords

12.1 beams; concrete; flexural strength testing; modulus of rupture

⁷ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1050. Contact ASTM Customer Service at service@astm.org.

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C78/C78M – 16, that may impact the use of this test method. (Approved Jan. 1, 2018.)

- (1) Revised Sections 2 and 7.2.
- (2) Added Sections 3 and 4.4.
- (3) Revised 5.1.
- (4) Added 5.1.1.
- (5) Revised 5.2 and its subsections.
- (6) Revised Fig. 1.

- (7) Added Note 1.
- (8) Deleted existing Notes 2, 7, and 8.
- (9) Revised 4.2, 6.3, and 11.1.
- (10) Added Table 1 and Notes 7 and 8.
- (11) Added 5.2.4.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9885 (phone), 610-832-9855 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923. Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>



Designation: C 496/C 496M – 04

Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 496/C 496M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope²

1.1 This test method covers the determination of the splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens, such as molded cylinders and drilled cores.

1.2 The values stated in either inch-pound or SI units are to be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 The text of this standard references notes that provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

- C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C 39/C 39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- C 42/C 42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved Feb. 1, 2004. Published March 2004. Originally approved in 1962. Last previous edition approved in 1995 as C 496 – 95.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a diametral compressive force along the length of a cylindrical concrete specimen at a rate that is within a prescribed range until failure occurs. This loading induces tensile stresses on the plane containing the applied load and relatively high compressive stresses in the area immediately around the applied load. Tensile failure occurs rather than compressive failure because the areas of load application are in a state of triaxial compression, thereby allowing them to withstand much higher compressive stresses than would be indicated by a uniaxial compressive strength test result.

3.2 Thin, plywood bearing strips are used to distribute the load applied along the length of the cylinder.

3.3 The maximum load sustained by the specimen is divided by appropriate geometrical factors to obtain the splitting tensile strength.

4. Significance and Use

4.1 Splitting tensile strength is generally greater than direct tensile strength and lower than flexural strength (modulus of rupture).

4.2 Splitting tensile strength is used in the design of structural lightweight concrete members to evaluate the shear resistance provided by concrete and to determine the development length of reinforcement.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall conform to the requirements of Test Method C 39/C 39M and be of a type with sufficient capacity that will provide the rate of loading prescribed in 7.5.

5.2 *Supplementary Bearing Bar or Plate*—If the diameter or the largest dimension of the upper bearing face or the lower bearing block is less than the length of the cylinder to be tested, a supplementary bearing bar or plate of machined steel shall be used. The surfaces of the bar or plate shall be machined to within ± 0.001 in. [0.025 mm] of planeness, as measured on any line of contact of the bearing area. It shall have a width of at least 2 in. [50 mm], and a thickness not less than the distance

³A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

from the edge of the spherical or rectangular bearing block to the end of the cylinder. The bar or plate shall be used in such manner that the load will be applied over the entire length of the specimen.

5.3 *Bearing Strips*—Two bearing strips of nominal $\frac{3}{8}$ in. [3.2 mm] thick plywood, free of imperfections, approximately 1 in. [25 mm] wide, and of a length equal to, or slightly longer than, that of the specimen shall be provided for each specimen. The bearing strips shall be placed between the specimen and both the upper and lower bearing blocks of the testing machine or between the specimen and supplemental bars or plates, when used (see 5.2). Bearing strips shall not be reused.

6. Test Specimens

6.1 The test specimens shall conform to the size, molding, and curing requirements set forth in either Practice C 31/C 31M (field specimens) or Practice C 192/C 192M (laboratory specimens). Drilled cores shall conform to the size and moisture-conditioning requirements set forth in Test Method C 42/C 42M. Moist-cured specimens, during the period between their removal from the curing environment and testing, shall be kept moist by a wet burlap or blanket covering, and shall be tested in a moist condition as soon as practicable.

6.2 The following curing procedure shall be used for evaluations of light-weight concrete: specimens tested at 28 days shall be in an air-dry condition after 7 days moist curing followed by 21 days drying at $73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$ [$23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$] and $50 \pm 5\%$ relative humidity.

7. Procedure

7.1 *Marking*—Draw diametral lines on each end of the specimen using a suitable device that will ensure that they are in the same axial plane (see Fig. 1, Fig. 2 and Note 1), or as an alternative, use the aligning jig shown in Fig. 3 (Note 2).

Note 1—Figs. 1 and 2 show a suitable device for drawing diametral lines on each end of a 6 in. by 12 in. [150 mm by 300 mm] cylinder in the same axial plane. The device consists of three parts as follows:

- (1) A length of 4-in. [100-mm] steel channel, the flanges of which have been machined flat,
- (2) A section, part a, that is grooved to fit smoothly over the flanges of the channel and that includes cap screws for positioning the vertical member of the assembly, and
- (3) A vertical bar, part b, for guiding a pencil or marker,

The assembly (part a and part b) is not fastened to the channel and is positioned at either end of the cylinder without disturbing the position of the specimen when marking the diametral lines.

Note 2—Fig. 4 is a detailed drawing of the aligning jig shown in Fig. 3 for achieving the same purpose as marking the diametral lines. The device consists of:

- (1) A base for holding the lower bearing strip and cylinder,
- (2) A supplementary bearing bar conforming to the requirements in Section 5 as to critical dimensions and planeness, and
- (3) Two uprights to serve for positioning the test cylinder, bearing strips, and supplementary bearing bar.

7.2 *Measurements*—Determine the diameter of the test specimen to the nearest 0.01 in. [0.25 mm] by averaging three diameters measured near the ends and the middle of the specimen and lying in the plane containing the lines marked on the two ends. Determine the length of the specimen to the nearest 0.1 in. [2 mm] by averaging at least two length measurements taken in the plane containing the lines marked on the two ends.

7.3 *Positioning Using Marked Diametral Lines*—Center one of the plywood strips along the center of the lower bearing block. Place the specimen on the plywood strip and align so that the lines marked on the ends of the specimen are vertical and centered over the plywood strip. Place a second plywood strip lengthwise on the cylinder, centered on the lines marked on the ends of the cylinder. Position the assembly to ensure the following conditions:

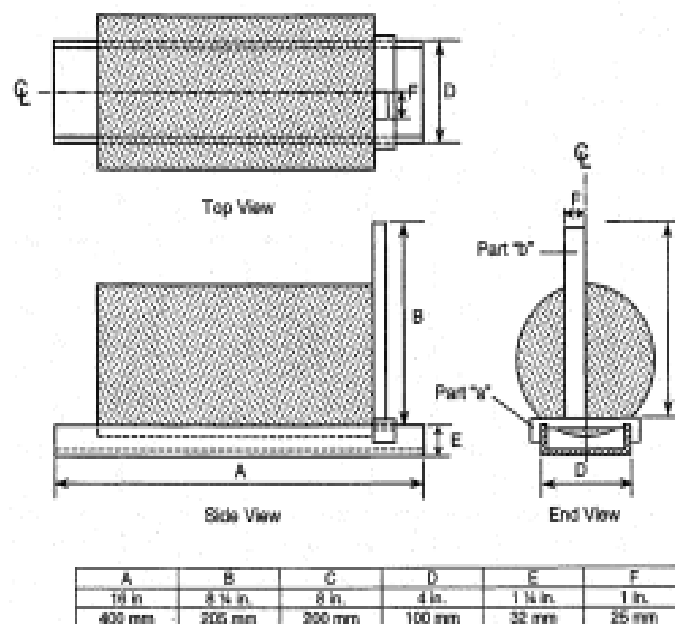


FIG. 1 General Views of a Suitable Apparatus for Marking End Diameters Used for Alignment of Specimen in Testing Machine

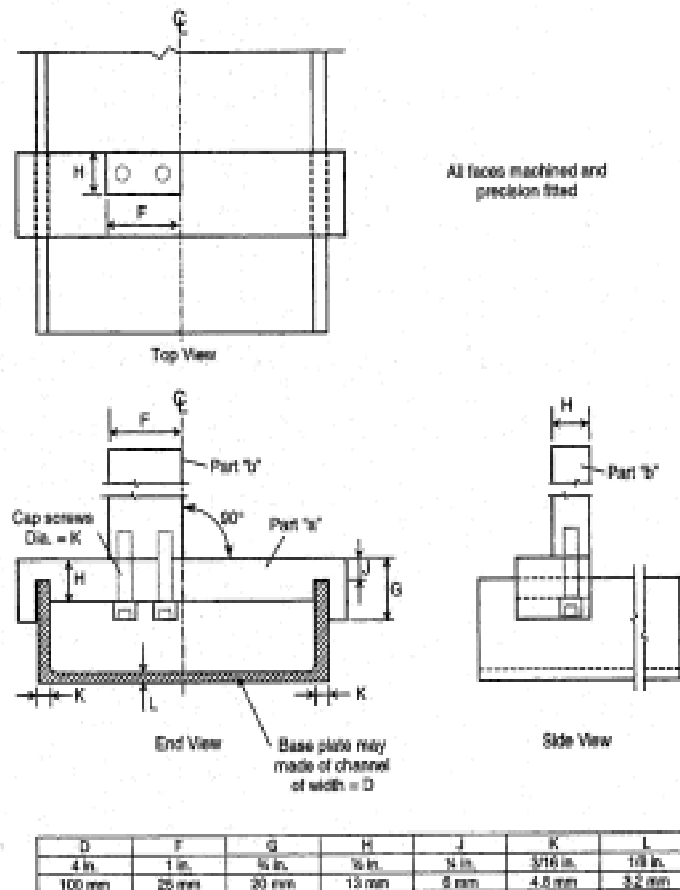


FIG. 2 Detailed Plans for a Suitable Apparatus for Marking End Diameters Used for Aligning the Specimen

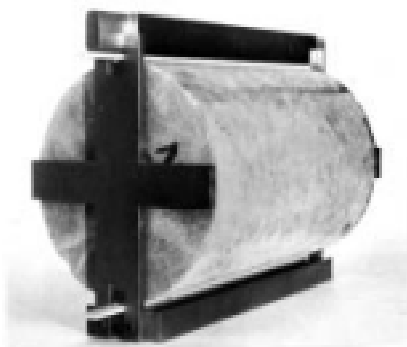


FIG. 3 Jig for Aligning Concrete Cylinder and Bearing Strips

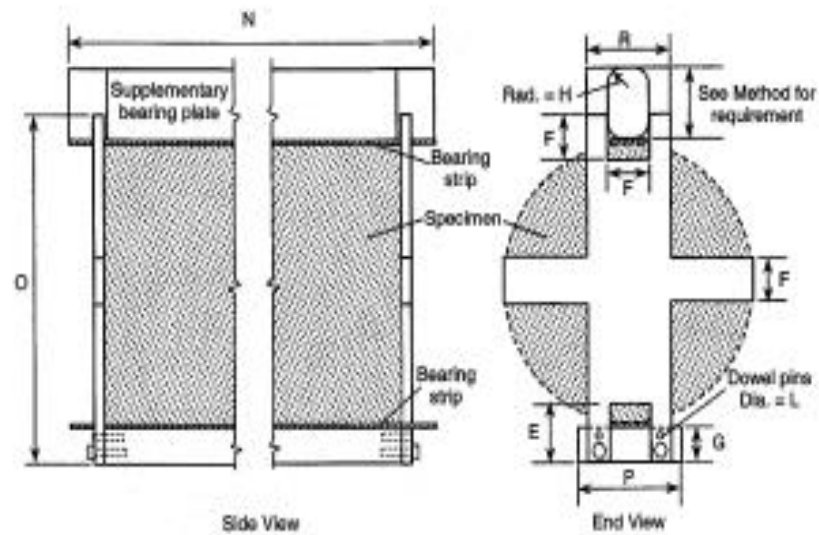
7.3.1 The projection of the plane of the two lines marked on the ends of the specimen intersects the center of the upper bearing plate, and

7.3.2 The supplementary bearing bar or plate, when used, and the center of the specimen are directly beneath the center of thrust of the spherical bearing block (see Fig. 5).

7.4 *Positioning by Use of Aligning Jig*—Position the bearing strips, test cylinder, and supplementary bearing bar by means of the aligning jig as illustrated in Fig. 3 and center the jig so that the supplementary bearing bar and the center of the specimen are directly beneath the center of thrust of the spherical bearing block.

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock, at a constant rate within the range 100 to 200 psi/min [0.7 to 1.4 MPa/min] splitting tensile stress until failure of the specimen (Note 3). Record the maximum applied load indicated by the testing machine at failure. Note the type of failure and the appearance of the concrete.

Note 3—The relationship between splitting tensile stress and applied load is shown in Section 8. The required loading range in splitting tensile stress corresponds to applied total load in the range of 11 300 to 22 600 lbf [50 to 100 kN]/min for 6 by 12-in. [150 by 300-mm] cylinders.



N	O	P	R	E	F	G	H	L
15 in.	7 1/2 in.	2 1/2 in.	2 in.	1 1/4 in.	1 in.	3/8 in.	1/2 in.	1/8 in.
375 mm	190 mm	65 mm	60 mm	32 mm	25 mm	20 mm	13 mm	3 mm

FIG. 4 Detailed Plans for a Suitable Aligning Jig for 6 by 12 in. [150 by 300 mm] Specimen

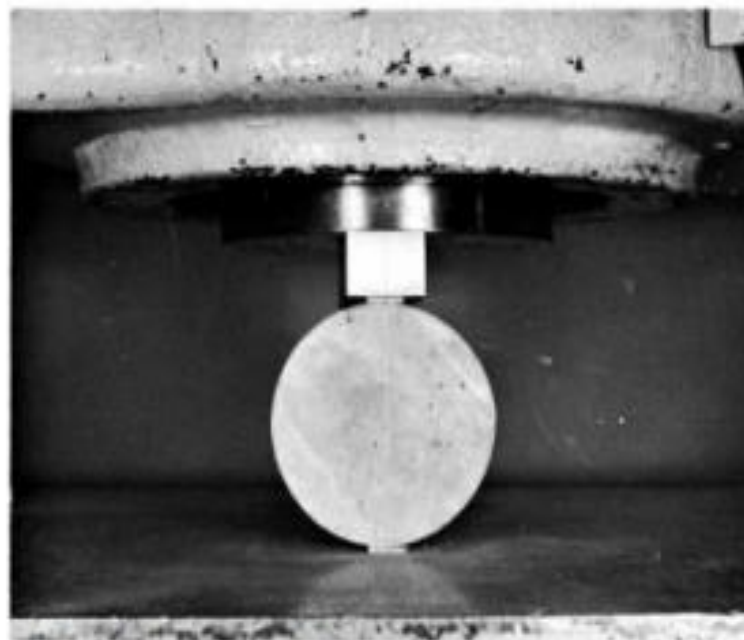


FIG. 5 Specimen Positioned in a Testing Machine for Determination of Splitting Tensile Strength

8. Calculation

8.1 Calculate the splitting tensile strength of the specimen as follows:

$$T = 2P/\pi dl \quad (1)$$

where:

T = splitting tensile strength, psi [MPa].

P = maximum applied load indicated by the testing machine, lbf [N].

l = length, in. [mm], and

d = diameter, in. [mm].



9. Report

9.1 Report the following information:

9.1.1 Identification number,

9.1.2 Diameter and length, in. [mm],

9.1.3 Maximum load, lbf [N],

9.1.4 Splitting tensile strength calculated to the nearest 5 psi [0.05 MPa],

9.1.5 Estimated proportion of coarse aggregate fractured during test,

9.1.6 Age of specimen,

9.1.7 Curing history,

9.1.8 Defects in specimen,

9.1.9 Type of fracture, and

9.1.10 Type of specimen.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—An interlaboratory study of this test method has not been performed. Available research data,³

however, suggests that the within batch coefficient of variation is 5 % (see Note 4) for 6 × 12-in. [150 × 300-mm] cylindrical specimens with an average splitting tensile strength of 405 psi [2.8 MPa]. Results of two properly conducted tests on the same material, therefore, should not differ by more than 14 % (see Note 4) of their average for splitting tensile strengths of about 400 psi [2.8 MPa].

NOTE 4—These numbers represent, respectively, the (1σ) and (2σ) limits as defined in Practice C 670.

10.2 *Bias*—The test method has no bias because the splitting tensile strength can be defined only in terms of this test method.

11. Keywords

11.1 cylindrical concrete specimens; splitting tension; tensile strength

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C 496 - 96, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2004)

(1) Revised 1.2.

(2) Added 1.4.

(3) Revised 5.1, 6.1, Section 2, and Note 1 to correct references.

(4) Revised 5.2, 6.2, 7.2, 7.5, 10.1, and Note 4 by metrication rules.

(5) Revised Section 4.

(6) Revised 3.2 and 5.3.

(7) Revised Note 2.

(8) Figs. 1, 2, and 4 were revised and redrawn.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-0889 (phone), 610-832-0855 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Anexo 30 Comprobante de la compra de aditivos utilizados



FREDOL S.A.C.

AV. ALFREDO MENDIOLA MZA. E LOTE. 24 ASOC. AV. CANTA CALLAO MZA. S LOTE. 48 URB. PRO 7MD
SECTOR (FIN AV. 2 DE OCT. CON AV. CANTA CALLAO) LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
AV. CANTA CALLAO MZA. S LOTE. 48 URB. PRO 7O SECTOR LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
719-3563 - 970 482 636
fredol@sikacenterperu.com

R.U.C. 20550252580
BOLETA
ELECTRONICA
N° B030 - 00000213

Señor(es)	: CLIENTE EVENTUAL	Pedido N°	03001501
D.N.I.	: 0	Orden Compra	:
Dirección	: NO DEFINIDO	Guia Remisión	:
Vendedor	: VENDEDOR PROVISIONAL		
Fecha Emisión	: 28/04/2022		
Cond. Pago	: 0 CONTADO TARJETA & EFECTIVO		
Moneda	: SOLES		

CODIGO	CANT.	UND	DESCRIPCION	P. UNITARIO	IMPORTE
AD09700049	1.00	SACO	SIKA FUME X 25KG - SILICA FUME	181.000	181.00

CODIGO	CANT.	UND	DESCRIPCION	P. UNITARIO	IMPORTE
AD05100032	1.00	GL	SIKAMENT 290N 4 LITROS	46.30	46.30

SON: DOSCIENTOS VEINTE Y SIETE Y 30 / 100 SOLES

Agente de Retención DEL IGV Art.1 Resol. Superintendencia 228-2012/SUNAT desde el 01.11.2012

OBSERVACIÓN

IMP. TOTAL S/	227.30
----------------------	---------------

Anexo 31 Reporte de Turnitin

“Adición de microsílíce con superplastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto estructural F’C 280 kg/cm², Lima 2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Curtin University of Technology Trabajo del estudiante	1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%