

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsílice y Microfibra de Polipropileno

Línea de investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub línea de investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Otiniano Cáceres, Jean Carlo Jhonatan

Ruiz Navarrete, José Carlos

Jurado Evaluador:

Presidente : López Carranza, Atilio Rubén

Secretario : Gálvez Paredes, José Alcides

Vocal : Farfán Córdova, Marlon Gastón

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO-PERÚ

2024

Fecha de Sustentación: 2024/06/14

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsílice y Microfibra de Polipropileno

Línea de investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub línea de investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Otiniano Cáceres, Jean Carlo Jhonatan

Ruiz Navarrete, José Carlos

Jurado Evaluador:

Presidente : López Carranza, Atilio Rubén

Secretario : Gálvez Paredes, José Alcides

Vocal : Farfán Córdova, Marlon Gastón

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO-PERÚ

2024

Fecha de Sustentación: 2024/06/14

Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsílice y Microfibra de Polipropileno

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

31%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 2%



LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
ING. CIVIL
CIP No 76695

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Medina Carbajal, Lucio Sigifredo....., docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **"Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsilice y Microfibra de Polipropileno"**, del (los) autor (es)

Otiniano Cáceres, Jean Carlo Jhonatan y Ruiz Navarrete, José Carlos, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 0%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 29 de mayo del 2024
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **"Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsilice y Microfibra de Polipropileno"**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

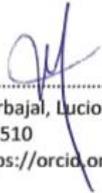
Ciudad y fecha: Trujillo, 29/05/2024.....



.....
Otiniano Cáceres, Jean Carlo Jhonatan
DNI: 73054085



.....
Ruiz Navarrete, José Carlos
DNI: 73038761



.....
Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
DNI: 40534510
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, especialmente a mi padre José, mi madre Angelica, mis hermanas Nicole y Estefanía, mis abuelos, mi madrina Ynes y mi padrino Ali. También a mi querida mascota Kiara, quienes han sido mi mayor bendición.

Ellos me han brindado una vida llena de alegría y fortaleza, un apoyo constante y sabios consejos durante mi vida y formación profesional. Son el motivo por el cual me supero diariamente. Mi gratitud hacia ellos es eterna. Gracias totales.

Br. Ruiz Navarrete, José Carlos

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por brindarme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis amados padres, Santos Otiniano y Florinda Cáceres, por ser los faros de apoyo incondicional. A mis queridos hermanos, portadores de esperanza que aliviaron el camino del estudio. En este viaje hacia la comprensión, reconozco cada acto de bondad y amor de mi familia, tejieron paciencia y sabiduría. A ellos dedico esta tesis, un modesto reflejo de mi amor sincero, donde cada palabra es un tributo a su generosidad y guía.

Br. Otiniano Cáceres, Jean Carlo J.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor, el Ing. Lucio Medina Carbajal, por aceptarnos como sus asesorados. Su guía, apoyo y el tiempo que nos brindó superaron nuestras expectativas. Gracias a él, hemos podido completar este trabajo de investigación de manera exitosa. Agradecemos su dedicación y la confianza que depositó en nuestras capacidades.

RESUMEN

En el sector de la construcción, existe la necesidad de mejorar la calidad y durabilidad del concreto, esto debido a diferentes factores, incluyendo la variabilidad de los materiales en cada zona específica, la falta de control de calidad en la producción de concreto y la ausencia de conocimiento sobre las mejores prácticas. Por ello, se ha buscado mejorar de manera significativa la producción y aplicación del concreto, en términos de alta resistencia y trabajabilidad. Por ello, la presente tesis tiene por finalidad realizar el estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de microsilíce y microfibras de polipropileno. Bajo una metodología de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño experimental y nivel explicativo. Se obtuvo como resultados que con la adición de microsilíce y microfibras de polipropileno incrementa la resistencia a compresión y tracción del concreto, siendo el 15% de microsilíce la adición óptima, ya que se obtuvo resistencias a compresión promedio a los 7, 28 y 60 días de 410 kg/cm², 536 kg/cm² y 582 kg/cm² respectivamente. Por otro lado, se obtuvo lo mismo en la resistencia a tracción, siendo el 15% de microsilíce el porcentaje óptimo de sustitución, ya que alcanzó valores de 42.7 kg/cm², 46.1 kg/cm² y 47.3 kg/cm² respectivamente. Sin embargo, la adición de microsilíce y microfibras conlleva un costo adicional en el diseño del concreto. De esta manera se concluye en que la adición de microsilíce es beneficiosa para el concreto en porcentajes menores al 15%.

Palabras clave: concreto, microfibras, polipropileno, microsilíce, tracción.

ABSTRACT

In the construction sector, there is a need to improve the quality and durability of concrete, this is due to different factors, including the variability of materials in each specific area, the lack of quality control in concrete production and the absence of knowledge about best practices. For this reason, an attempt has been made to significantly improve the production and application of concrete, in terms of high resistance and workability. The purpose of this thesis is to carry out a comparative study of the mechanical behavior of self-compacting concrete with additions of microsilice and microfiber. Polypropylene. Under a quantitative approach methodology, applied type, experimental design and explanatory level. The results were obtained that with the addition of microsilice and polypropylene microfiber the compressive and tensile strength of the concrete increases, with 15% microsilice being the optimal addition, since average compressive strengths were obtained at 7, 28 and 60 days. of 410 kg/cm², 536 kg/cm² and 582 kg/cm² respectively. On the other hand, the same was obtained in tensile strength, with 15% microsilice being the optimal replacement percentage, since it reached values of 42.7 kg/cm², 46.1 kg/cm² and 47.3 kg/cm² respectively. However, the addition of microsilice and microfiber entails an additional cost in the concrete design. In this way, it is concluded that the addition of microsilice is beneficial for concrete in percentages less than 15%.

Keywords: concrete, microfiber, polypropylene, microsilice, traction.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Dando cumplimiento y conformidad a los requisitos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Facultad de Ingeniería para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, ponemos a su disposición la presente tesis titulada: **“Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsílice y Microfibra de Polipropileno”**

El contenido del presente trabajo ha sido desarrollado tomando en cuenta los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, apoyándonos en la información de otras investigaciones y además contando con el asesoramiento del Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal.

Atentamente.

Br. Otiniano Cáceres, Jean Carlo Jhonatan

Br. Ruiz Navarrete, José Carlos

Trujillo, mayo del 2024

ÍNDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
PRESENTACIÓN.....	x
ÍNDICE	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	1
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. Justificación	3
1.2.1. Justificación social.....	3
1.2.2. Justificación ambiental.....	3
1.2.3. Justificación económica.....	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	5
2.1.3. Antecedentes locales.....	7
2.2. Marco teórico	8
2.2.1. Concreto Autocompactante.....	8
2.2.2. Aditivo	10
2.2.3. Fibra.....	12

2.3.	Marco conceptual.....	20
2.4.	Sistema de hipótesis.....	20
III.	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	22
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	22
3.2.	Población y muestra de estudio.....	22
3.2.1.	Población.....	22
3.2.2.	Muestra.....	22
3.3.	Diseño de investigación.....	24
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	26
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	30
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	35
4.1	Análisis e interpretación de resultados.....	35
4.1.1	Caracterización de los agregados.....	35
4.1.2	Diseño de mezcla del concreto autocompactante – Método ACI 237R-07.....	41
4.1.3	Propiedades físicas del concreto autocompactante.....	53
4.1.4	Propiedades mecánicas del concreto.....	54
4.1.4	Costo y beneficio del diseño de mezcla con el óptimo porcentaje de adiciones de microsílíce y polipropileno.....	79
4.2.	Docimasia de hipótesis.....	83
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	99
	CONCLUSIONES.....	102
	RECOMENDACIONES.....	104
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización.</i>	21
Tabla 2 Muestras para el ensayo de compresión.....	23
Tabla 3 Muestras para el ensayo de tracción.....	23
Tabla 4 Muestras totales de testigos.....	24
Tabla 5 Técnicas e instrumentos.	27
Tabla 6 <i>Granulometría del agregado fino.</i>	35
Tabla 7 <i>Peso unitario suelto y compactado del Agregado Fino.</i>	36
Tabla 8 <i>Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Fino.</i>	37
Tabla 9 <i>Peso específico del Agregado Fino.</i>	37
Tabla 10 <i>Propiedades físicas del agregado fino.</i>	37
Tabla 11 <i>Granulometría del agregado grueso.</i>	38
Tabla 12 <i>Peso unitario suelto y compactado del Agregado Grueso.</i>	39
Tabla 13 <i>Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Grueso.</i>	40
Tabla 14 <i>Peso específico del Agregado Grueso.</i>	40
Tabla 15 <i>Propiedades físicas del agregado grueso.</i>	40
Tabla 16 <i>Relación agua cemento por resistencia.</i>	41
Tabla 17 <i>Objetivos de flujo de asentamiento (Daczko y Constantiner, 2001)</i>	42
Tabla 18 <i>Contenido de aire atrapado según el tamaño máximo nominal del agregado grueso.</i>	44
Tabla 19 <i>Rangos de contenido de material cementante sugerido.</i>	44
Tabla 20 <i>Resumen de los parámetros y proporcionamiento de la mezcla de prueba de dosificación de concretos autocompactantes.</i>	45
Tabla 21 <i>Dosificación de la mezcla en peso en estado seco.</i>	47
Tabla 22 <i>Diseños de mezcla de concreto autocompactante con incorporaciones de microsílíce y microfibra de polipropileno para 1 m³.</i>	50
Tabla 23 <i>Proporción de materiales para volumen requerido (0.045m³).</i>	51
Tabla 24 <i>Volumen de los materiales para cada mezcla de 1m³.</i>	52
Tabla 25 <i>Propiedades físicas del concreto autocompactante.</i>	54
Tabla 26 Resistencia a la compresión 7 días con relación a/c 0.45.....	56
Tabla 27 Resistencia a la compresión 28 días con relación a/c 0.45.....	57
Tabla 28 Resistencia a la compresión 60 días con relación a/c 0.45.....	58
Tabla 29 Resistencia a la tracción 7 días con relación a/c 0.45.....	59

Tabla 30 Resistencia a la tracción 28 días con relación a/c 0.45.....	60
Tabla 31 Resistencia a la tracción 60 días con relación a/c 0.45.....	61
Tabla 32 Resistencia a compresión de concreto patrón.	62
Tabla 33 Resistencia a compresión de concreto + 5% microsílíce + 0.5% microfibra.	62
Tabla 34 Resistencia a compresión de concreto + 10% microsílíce+1.0% microfibra.	63
Tabla 35 Resistencia a compresión de concreto + 5% microsílíce +300 gr/m ³ microfibra.....	64
Tabla 36 Resistencia a compresión de concreto + 5% microsílíce.....	65
Tabla 37 Resistencia a compresión de concreto + 10% microsílíce.....	65
Tabla 38 Resistencia a compresión de concreto + 15% microsílíce.....	66
Tabla 39 Resistencia a compresión de concreto + 20% microsílíce.....	67
Tabla 40 Resistencia a tracción de concreto patrón.	71
Tabla 41 Resistencia a tracción de concreto + 5% microsílíce + 0.5% microfibra.	71
Tabla 42 Resistencia a tracción de concreto + 10% microsílíce + 1% microfibra.	72
Tabla 43 Resistencia a tracción de concreto + 5% microsílíce + 300 gr/m ³ microfibra.	73
Tabla 44 Resistencia a tracción de concreto + 5% microsílíce.	74
Tabla 45 Resistencia a tracción de concreto + 10% microsílíce.	74
Tabla 46 Resistencia a tracción de concreto + 15% microsílíce.	75
Tabla 47 Resistencia a tracción de concreto + 20% microsílíce.	76
Tabla 48 Costo de los materiales por m ³	80
Tabla 49 Costo de los materiales que conforman cada diseño de mezcla de concreto autocompactante.	81
Tabla 50. Diferencia del costo patrón con los diferentes porcentajes	82
Tabla 51 Prueba de normalidad- Resistencia a compresión del concreto a los 7 días.	84
Tabla 52 Prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.	84
Tabla 53 Pruebas de homogeneidad de varianzas, resistencia a compresión 7 días.	85
Tabla 54. Pruebas de post hoc de Tukey resistencia a compresión 7 días.....	85

Tabla 55 <i>Prueba de normalidad- Resistencia a compresión del concreto a los 28 días.</i>	87
Tabla 56 <i>Prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 28 días.</i>	87
Tabla 57 <i>Pruebas de homogeneidad, resistencia a compresión 28 días.</i>	88
Tabla 58. <i>Pruebas de post hoc de Tukey resistencia a compresión 28 días.</i>	88
Tabla 59 <i>Prueba de normalidad, Resistencia a compresión del concreto a los 60 días.</i>	89
Tabla 60 <i>Prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 60 días.</i>	90
Tabla 61. <i>Pruebas de homogeneidad de varianzas, resistencia a compresión 60 días.</i>	90
Tabla 62 <i>Pruebas de post hoc de Tukey resistencia a compresión 60 días.</i>	91
Tabla 63 <i>Prueba de normalidad, resistencia a tracción del concreto a los 7 días.</i> 93	
Tabla 64 <i>Prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 7 días.</i> 93	
Tabla 65 <i>Pruebas de homogeneidad de varianzas de resistencia a la tracción a los 7 días.</i>	94
Tabla 66 <i>Pruebas de post hoc de Tukey en resistencia a la tracción de 7 días.</i> ... 94	
Tabla 67 <i>Prueba de normalidad- Resistencia a tracción del concreto a los 28 días.</i>	96
Tabla 68 <i>Prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 28 días.</i>	96
Tabla 69 <i>Prueba de normalidad- Resistencia a tracción del concreto a los 60 días.</i>	97
Tabla 70 <i>Prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 60 días.</i>	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ensayo de flujo.</i>	15
Figura 2. <i>Ensayo de Anillo J.</i>	16
Figura 3. <i>Ensayo de caja en U.</i>	17
Figura 4. <i>Ensayo de embudo en V.</i>	18
Figura 5. <i>Ensayo de caja en L.</i>	19
Figura 6. <i>Esquema de resumen.</i>	31
Figura 7. <i>Curva granulométrica del agregado fino.</i>	36
Figura 8. <i>Curva granulométrica del agregado grueso.</i>	38
Figura 9. <i>Tipos de Fractura según la ACI.</i>	54
Figura 10. <i>Comparación de la resistencia a compresión a los 7 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.</i>	68
Figura 11. <i>Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.</i>	68
Figura 12. <i>Comparación de la resistencia a compresión a los 60 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.</i>	69
Figura 13. <i>Comparación de curvas de desarrollo de resistencia a compresión...</i>	69
Figura 14. <i>Comparación de la resistencia a tracción a los 7 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.</i>	77
Figura 15. <i>Comparación de la resistencia a tracción a los 28 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.</i>	77
Figura 16. <i>Comparación de la resistencia a tracción a los 60 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.</i>	78
Figura 17. <i>Comparación de curvas de desarrollo de resistencia a tracción.</i>	78

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

En el mundo de la construcción, existe la necesidad de mejorar la calidad del concreto. Esta necesidad surge debido a diferentes factores, incluyendo la variabilidad de los materiales en cada zona específica, la falta de control de calidad en la producción de concreto y la ausencia de conocimiento sobre las mejores prácticas (Muhtar, 2023). Por ello, se ha buscado mejorar de manera significativa la producción y aplicación del concreto, en términos de alta resistencia y trabajabilidad (Kenneth et al., 2022).

En el ámbito internacional, en América del Sur la problemática de la dosificación del concreto se ve agravada por varios factores, tanto internos como externos, que pueden afectar la capacidad del proceso de vertido del concreto, como por ejemplo: la temperatura, la humedad que puede llegar a estar sobrada de agua, la calidad de los materiales (agregados, cemento y aditivos), la preparación del molde o encofrado, la técnica y habilidad del operador encargado de la compactación del concreto para lograr distribuir el material de manera uniforme y homogénea en el molde o encofrado, lo que impide que se adhiera mejor a las barras de acero de la estructura, y así garantizar una mayor resistencia, calidad y durabilidad (Naciones Unidas, 2023).

Además, el vibrador ayuda a expulsar los vacíos de aire atrapados en la mezcla de concreto que ocurren naturalmente debido a su trabajabilidad de la mezcla en la cual la propiedad del concreto es mezclado, transportado y colocado (vertido). Pero si se utiliza incorrectamente el vibrador de concreto, puede causar problemas como el desplazamiento del refuerzo y la fuga de pasta del encofrado. Esto puede crear parches de concreto poroso y defectos antiestéticos en la superficie de la estructura (Bingyu et al., 2023).

De acuerdo con Jiajie et al. (2023), menciona que al momento de verter el concreto convencional y hacer el uso del vibrador, se requiere mucho trabajo manual, mecánico y estar en supervisión. Pero, aun así,

no se logra eliminar completamente el vacío de aire atrapado en la mezcla. Sin embargo, en teoría, es posible lograr una distribución uniforme y homogénea del concreto al 100%.

Por lo antes mencionado, el CAC (Concreto Autocompactante) mejora la trabajabilidad como el proceso de colocación (vertido) y, mejora la seguridad eliminando la necesidad de consolidación y vibración. Asimismo, este concreto autocompactante se utilizará en obras de edificación.

Es por ello, por lo que, la presente investigación se enfocó en investigar y hacer una comparativa con los aditivos como el microsílíce y microfibra de polipropileno para ver qué mejoras obtendremos. De tal manera, se plantea como problema general:

¿Cuál es el estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsílíce y Microfibra de Polipropileno?

1.1.1. Objetivo general.

Realizar el estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de Microsílíce y Microfibra de Polipropileno.

1.1.2. Objetivos específicos.

- Realizar el diseño de mezcla del concreto autocompactante y las mezclas experimentales con adiciones de microsílíce y microfibras de polipropileno (Patrón, 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M) mediante la metodología ACI 237R-07 y ACI 238.1R-08.
- Determinar las propiedades físicas del concreto autocompactante con las diferentes adiciones de microsílíce y microfibras de polipropileno (Patrón, 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M) mediante la metodología ACI 237R-07 y ACI 238.1R-08.

- Determinar la resistencia a la compresión y tracción del concreto autocompactante con las diferentes adiciones de microsilíce y microfibras de polipropileno (Patrón, 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M) mediante el uso de la normativa ASTM C39/C39M - NTP 339.034 y ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084.
- Determinar el costo y beneficio del diseño de mezcla con el óptimo porcentaje de adiciones de microsilíce y polipropileno de un concreto autocompactante.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación social.

La investigación proporcionará nuevos conocimientos sobre la aplicación de microsilíce y las microfibras sintéticas de monofilamento, especialmente las del tipo polipropileno, en el concreto autocompactante. Esto demostrará a la comunidad de ingeniería la importancia de utilizar esta tecnología en la elaboración de concretos no convencionales, con el fin de mejorar significativamente su durabilidad, resistencia y economía.

El aporte académico del estudio recopila conceptos, procedimientos y resultados que servirán como fuente de información para futuras investigaciones.

1.2.2. Justificación ambiental.

La iniciativa de esta investigación busca reducir el ruido generado dentro de la construcción, que afecta al medio ambiente y a las personas, realizando un concreto autocompactante y eliminando así la necesidad del uso de equipos vibratorios. De igual manera la investigación propiciaría reducir la producción de cemento que genera enormes cantidades de CO₂ (dióxido de carbono) que son liberadas a la atmósfera, debido a que es el material más utilizado en la construcción. En este sentido, hemos comparado las variaciones del comportamiento mecánico según el uso de microsilíce y microfibras de polipropileno como aditivos en la mezcla de concreto autocompactante. Estos materiales

pueden reducir la cantidad de volumen de cemento necesaria para obtener una mayor resistencia en la estructura y durabilidad, lo que a su vez disminuye la producción de cemento y reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Esta investigación podría ser un paso importante para mejorar la sostenibilidad de la industria del cemento y proteger nuestro planeta.

Al agregar microsílíce al concreto autocompactante, puede prolongar la vida útil del elemento estructural, minimizar la necesidad de reparaciones y mantenimiento. Este enfoque reduce la cantidad de recursos necesarios para mantener la estructura en buen estado.

1.2.3. Justificación económica.

Se proyectó determinar una dosificación eficiente y rentable para elaborar un concreto óptimo en producción y calidad.

Por otro lado, el uso de agregados provenientes de la región de Trujillo puede generar beneficios económicos tanto para los proveedores como para la entidad que adquiere los materiales. Al utilizar proveedores locales, se estimula la economía de la zona, generando un mayor flujo de oferta y demanda. Además, la adquisición rápida de esta materia prima puede reducir el costo de transporte, lo que contribuye a disminuir el precio final del concreto y aumentar la rentabilidad del proyecto.

En general, este estudio comparativo puede tener un impacto positivo en la economía de la región de Trujillo al mejorar la eficiencia y rentabilidad en la producción de concreto, fomentar la economía local y reducir los costos de mantenimiento a largo plazo.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Orouji & Najaf (2023), en su trabajo de investigación titulado “Effect of GFRP rebars and polypropylene fibers on flexural strength in high-performance concrete beams with glass powder and microsílíce” se enfocan en evaluar la viabilidad del uso de barras de refuerzo de GFRP y fibras de polipropileno como alternativas sostenibles a las barras de refuerzo de acero en el hormigón de alto rendimiento. Realizaron pruebas de compresión y flexión en diferentes tipos de probetas. Los resultados indican que el uso simultáneo de fibras de polipropileno y barras de refuerzo de GFRP logra la misma resistencia a la flexión que las barras de refuerzo de acero.

Akhmetov et al. (2022), en su artículo titulado “Effect of low-modulus polypropylene fiber on physical and mechanical properties of self-compacting concrete” menciona que los experimentos de laboratorio que examinan la conveniencia del refuerzo disperso en el hormigón autocompactante (SCC) mediante el uso de fibras para aumentar sus parámetros físicos y técnicos. Los investigadores colaboran con los fabricantes para mejorar la durabilidad y deducir las leyes básicas del refuerzo disperso en el SCC con fibras de polipropileno de diferentes tamaños y cantidades. Los resultados sugieren que la adición de fibras de 9-15 mm en una cantidad de 1-2 kg por 1 m³ de mezcla de hormigón mejora la resistencia a la flexión en un 10% y reduce las deformaciones por retracción en un 75%. Además, se presentan recomendaciones prácticas para determinar el tamaño y la cantidad óptimos de fibras en el SCC y mejorar la calidad de las obras de concreto en altas temperaturas. En general, concluyeron que el refuerzo disperso con fibras de bajo módulo mejora las características del SCC en la producción.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Aquino (2019) , en su estudio “Diseño de mortero con adición de microsílíce y microfibra de polipropileno para diferentes usos en el campo

de ingeniería civil”, investigó la influencia de la adición de microsilíce y microfibras de polipropileno en la resistencia a la compresión y flexión en morteros utilizados en ingeniería civil. Asimismo, obtuvieron una caracterización de agregado fino: un peso específico de masa de 2.60 g/cm^3 , peso específico saturado de 2.63 g/cm^3 , peso específico aparente de 2.69 g/cm^3 , peso unitario suelto seco 1635.38 kg/cm^3 , peso unitario compactado seco 1812.86 kg/cm^3 , humedad natural 3.84% y absorción de 1.24% ; Elaboraron probetas cúbicas o prismáticas con diferentes proporciones de mortero y se evaluó su comportamiento mecánico a los 7, 14 y 28 días. Concluyó que la adición de 5% de microsilíce y 100 gr/m^3 de microfibras de polipropileno en morteros de proporción 1:4 y 1:5 aumentó su resistencia a compresión y flexión a los 28 días. En morteros de proporción 1:6, la adición de 5% de microsilíce y 100 gr/m^3 de microfibras de polipropileno aumentó la resistencia a compresión y flexión. Estos resultados son relevantes para mejorar la calidad y resistencia de morteros en diferentes tipos de obras de ingeniería civil.

Dávila & Ochoa (2022), en su estudio titulado “Influencia de la microsilíce SikaFume y SikaCem Plastificante en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con fines de cimentación con relación A/C de 0.50, en la ciudad de Lima, 2022” tuvo como propósito de investigación evaluar cómo la microsilíce y el plastificante afectan las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con relación a/c 0.50 para fines de cimentación. La investigación fue mediante un enfoque experimental, con la microsilíce Sikafume como la variable independiente, el plastificante Sikacem como la variable constante y las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido como la variable dependiente. Realizaron 55 muestras de $10 \times 20 \text{ cm}$, 50 para medir la resistencia a la compresión y 5 para estudiar la succión capilar del concreto. Observaron que la muestra de concreto patrón tuvo un asentamiento de $7''$, mientras que con el porcentaje óptimo de microsilíce (5.00% de Sikafume) tuvieron un asentamiento de $5 \frac{3}{4}''$. Tuvieron como resultado de la caracterización de agregados un agregado fino (A.F) y agregado grueso (A.G) un módulo de finura de 2.68 y 6.54, peso

específico 2.726 y 2.682 kg/m³, absorción 0.91% y 1.01%, peso unitario suelto de 1.638 y 1.397 kg/m³, compactado 1.861 y 1.522 kg/m³ y contenido de humedad 0.74% y 0.34%. Encontraron que la adición de microsílíce al 5.00% tuvo el mayor impacto en la resistencia a la compresión del concreto, obteniéndose una resistencia de 251.04 kg/cm² en la muestra patrón y 272.42 kg/cm² con el 5.00% de microsílíce a los 7 días, y una resistencia de 342.18 kg/cm² en la muestra patrón y 373.58 kg/cm² con el 5.00% de microsílíce a los 14 días.

2.1.3. Antecedentes locales.

García & Gutiérrez (2022), en su investigación “Adición de microsílíce en la resistencia del concreto en Trujillo, 2022” plantearon como objetivo principal determinar cómo la adición de microsílíce afecta la resistencia del concreto en Trujillo en 2022. Utilizaron una metodología experimental y explicativa, tomando los concretos de Trujillo como población y seleccionando una muestra de 72 especímenes de concreto de acuerdo con las especificaciones de la NTP 399.183. La observación y las fichas técnicas de laboratorio fueron utilizadas para recolectar los datos. Para resolver el problema de que en Trujillo se sigue utilizando concreto convencional para grandes proyectos, como edificios de varios pisos, se analizaron los datos utilizando estadísticas descriptivas e inferenciales. Los resultados indicaron que la adición del 10% de microsílíce logró los mayores niveles de resistencia mecánica en comparación con el diseño patrón. En conclusión, encontraron que la aplicación de este aditivo tiene un impacto positivo en la resistencia del concreto y puede ser utilizado en distintas obras de ingeniería.

Mendoza (2017), el trabajo de investigación “Influencia del porcentaje, tipo y dosificación de microsílíce en la resistencia a la compresión y capilaridad en morteros elaborados con cemento tipo V, Trujillo 2017” examinó cómo la inclusión de microsílíce industrial como Sika Fume y Silica Fume QS afecta la resistencia a la compresión y capilaridad de morteros elaborados con cemento tipo V, utilizando diferentes relaciones de cemento: arena (c:a) y porcentajes de adición de microsílíce. También agregó el aditivo acelerante Accelguard 80 de QSI

en una proporción del 1.5%. Se produjeron 756 probetas de 5cm x 5cm x 5 cm, que fueron curadas en solución de hidróxido de calcio a 7, 28 y 56 días. Concluyó que el mortero con microsílíce Sika Fume tiene altas resistencias iniciales y baja absorción capilar.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto Autocompactante

El CAC es un tipo de concreto que se puede hacer con los mismos materiales que el concreto convencional, pero se necesita menos agua y más minerales finos. Para obtener una mezcla fluida y estable, se pueden agregar superplastificantes, modificadores de viscosidad y fibras. Es importante reducir la cantidad de agua y aumentar los minerales finos para lograr una alta fluidez y estabilidad en la mezcla. Con estos ajustes en la mezcla, el CAC puede ser una alternativa más resistente y duradera que el concreto convencional (Arun et al., 2022).

a. Ventajas

Este tipo de concreto autocompactante puede llegar a ofrecer beneficios económicos y tecnológicos para el usuario final (Arun et al., 2022), como se presenta a continuación:

- No es necesario retemplantarlo en obra, este solo se autocompacta por su propio peso, solo se debe controlar bien su parámetro reológico.
- Vertimiento o vaciado: Al tener una alta fluidez, nos permite obtener un acabado uniforme y resistente. Además, el material se adapta fácilmente al molde y se distribuye de manera homogénea, lo que genera una facilidad y agilización en el vaciado. Esto se traduce en una menor duración con respecto al tiempo de construcción y una reducción en el consumo de recursos.
- Adherencia: Se adhiere fácilmente al refuerzo o armado de acero y se adapta bien a cualquier tipo de encofrado o molde, generando una superior resistencia al concreto convencional.
- Es impermeable y tiene una mejor durabilidad que el concreto convencional.
- Tiene menos CO₂ de emanación.

b. Componentes

Agregados

Según la Norma Técnica Peruana 400.037 (2018), los agregados deben estar conformados por partículas de estado duro, limpio, resistente, durable y libre (arcillas, productos químicos u otro material fino) en cantidades en las que puede ocasionar que se afecte la hidratación y que la adherencia de la pasta de cemento no sea la ideal.

- El agregado fino consiste en la arena natural, manufacturada o combinada de las dos anteriores; además de ello, también se considera a la piedra finamente triturada, la cual pasa por el tamiz 3/8 y es retenido en el N° 200.
- El agregado grueso es aquel cuyo material no pasa por el tamiz normalizado N° 4, este puede estar constituido por grava triturada o natural.

Cemento Portland NTP 334.009

La elección adecuada del tipo de cemento depende mucho de los requisitos específicos para su aplicación. A continuación, se mencionan los tipos de cemento y su respectiva especificación y uso con cada uno de ellos:

- | | |
|----------|---|
| Tipo I: | Es el normal, el cual generalmente se emplea en construcciones de obras de hormigón, edificación, edificación, estructura, etc.
Se usa en construcciones en las que no se especifica otro tipo de cemento. |
| Tipo II: | Presenta una resistencia media a los ataques de sulfatos. Se usa en obras de construcción en general, o las que se exponen de manera moderada a los sulfatos. |

- Tipo III: Consigue una resistencia inicial alta y su resistencia a la compresión durante los primeros tres días es igual a los siete días de los cementos I y II. Se usa cuando se requiere que el hormigón sea desencofrado antes de los 28 días y recibirá más cargas.
- Tipo IV: Cuando se requiere de bajo calor de hidratación sin que se produzcan dilataciones durante el fraguado. Se usa en estructuras de hormigón grandes.
- Tipo V: Se emplea en obras donde la resistencia sea elevada al ataque de sulfatos y álcalis. Se usa en la alcantarilla, el canal de conducción e infraestructura portuaria.

2.2.2. Aditivo

Se emplea en el concreto para modificar las propiedades del concreto, ya sea en estado fresco o en estado endurecido (Ramírez & Tapia, 2022).

Hay diferentes tipos de Aditivos que se aplican para el concreto como plastificante, superplastificante, acelerantes, retardantes, adiciones, incorporadores de aire, impermeabilizantes, fibras, curadores, inhibidores, modificadores de viscosidad, retardador superficial, desmoldantes, expansores, agente espumante (Ramírez & Tapia, 2022).

2.2.2.1. Aditivo Superplastificante.

Estos aditivos tienen la capacidad de minimizar la proporción de agua en la mezcla de sus componentes, lo que resulta en una reducción de la relación agua/cemento. Esta característica puede mejorar la trabajabilidad y fluidez de un concreto estándar, facilitando su vertido en estructuras con alta densidad de refuerzo, evitando así problemas de segregación (Rivva, 2010).

2.2.2.1.1. Aditivo Sika Viscocrete 1110 PE

a. Definición

Según Sika, es un aditivo de superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes. Es ideal para climas cálidos y sometidos a trayectos largos.

b. Características

Este aditivo se utiliza para mejorar la resistencia del concreto. Permite una reducción significativa en la cantidad de agua utilizada, lo que resulta en una mayor fluidez. Esto facilita la producción de concreto autocompactante, que es altamente fluido y se compacta por su propio peso sin necesidad de vibración mecánica. Además, este aditivo reduce la contracción plástica, mejora la plasticidad del concreto y disminuye la exudación y segregación, lo que significa que los componentes del concreto se mantienen uniformemente distribuidos en lugar de separarse.

c. Certificados/ Normas

Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo F y ASTM C-1017 Tipo I.

d. Dosis recomendada

Su aplicación puede oscilar entre el 0.5% y el 2% del peso total del cemento, según pruebas de laboratorio previas.

2.2.2.2. Adición Microsílice

a. Definición

El aditivo microsíllice, también conocido como sílice activa o humo de sílice, es un material en polvo fino que se produce a partir de la combustión de la sílice en hornos eléctricos. Es un subproducto de la producción de ferrosilicio y se utiliza como aditivo en la industria del concreto (Hamed et al., 2023).

2.2.2.2.1. Adición SikaFume

a. Definición

Según Sika, es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice. Brinda una mayor durabilidad y resistencia.

b. Características

El aditivo microsílíce, también llamado sílice activa o humo de sílice, es un material en polvo fino que se produce a partir de la combustión de la sílice en hornos eléctricos (Olivera et al., 2022).

En cuanto a la composición química, el aditivo se compone fundamentalmente de sílice amorfa, elemento con la capacidad de mejorar las propiedades del concreto, y pequeñas cantidades de óxido de aluminato, hierro, calcio y otros elementos traza (Olivera et al., 2022).

c. Certificados/ Normas

Según SikaFume, cumple los requisitos químicos y físicos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240 (SIKA, 2022).

d. Información

Se sugiere que antes de verter concreto, es crucial realizar pruebas de laboratorio, ajustes y seguir el diseño de mezcla adecuado, adaptando materiales de la localidad, además de seguir las instrucciones del ACI 308 para obtener así un buen curado del concreto, con un peso específico de 2.200 kg/m³.

e. Dosis recomendada

Su aplicación debe oscilar entre 5 - 10% en peso de cemento.

2.2.3. Fibra

Se agregan en pequeñas cantidades al concreto para evitar rajaduras y deformaciones, especialmente en secciones delgadas (Martínez et al., 2014).

2.2.3.1. Tipos de Fibras

a. Macrofibra

Hay de diferentes tipos, pero las más empleadas son las sintéticas y metálicas, destinadas para prevenir la fisuración del concreto en estado endurecido. Su diámetro varía entre los 0.05 mm y 2.00 mm de diámetro y su relación de aspecto (L/d) varía entre 200 a 100.

b. Microfibra

Existen diferentes tipos, pero ayudan a disminuir la segregación y la formación de fisuras en el concreto:

- Plástico.
- Polipropileno.
- Polietileno nylon.
- Suelen tener una longitud aproximada entre 12 y 75 mm.

2.2.3.2. Microfibra de Polipropileno.

Son un tipo de material sintético utilizado en la construcción de edificaciones. Estas fibras son una forma de polímero, que se caracteriza por tener una estructura molecular compuesta de cadenas largas de moléculas repetitivas (Javier et al., 2011).

2.2.3.2.1. Sika Fibermesh 150

a. Definición.

Según Sika, se trata de una fibra monofilamento de polipropileno. Esta fibra ha sido desarrollada para ser utilizada en concreto como un refuerzo adicional. Su principal función es controlar la retracción plástica y prevenir la formación de grietas debido al asentamiento. Además, no tiene ningún efecto químico en el proceso de curado del concreto y no retiene agua.

b. Características.

Las microfibras de polipropileno tienen bajo peso específico, lo que las hace ideales para aplicaciones que requieren un material ligero.

Otra característica importante es que tienen una buena resistencia a la oxidación y la fotodegradación.

c. Certificados/ Normas

Según la ASTM C1116/ C1116M concreto reforzado con fibra tipo III. Cumple con la norma europea EN 14889-2 fibras para concreto.

d. Dosis recomendada.

La dosis de Sika Fibermesh -150 varía según el tipo de aplicación y los requisitos de rendimiento y desempeño. La proporción de dosis recomendada estándar está entre 0,5 - 0,9 kg/m³ para reducir la fisuración por contracciones plásticas. Al menos 0.9kg/m³ para mejorar la resistencia al impacto y entre 1 - 2 kg/m³ para mejorar la resistencia al fuego.

2.2.4. Propiedades en estado fresco del CAC

Las propiedades de un CAC en estado fresco se evalúan estrictamente a través de 3 métodos, estas son:

- Capacidad de llenado.
- Capacidad de paso.
- Resistencia a la segregación.
- Capacidad de relleno o fluidez: Se determina por medio de los ensayos de flujo o extensibilidad T50 y el ensayo de Embudo en "V".
- Capacidad de paso: Se determina por medio de los ensayos de anillo "J", Caja "L", Caja "U".

Según la ACI 237R-07 y ACI 238.1R-08, estos son los métodos de prueba para un CAC:

a. Ensayo de flujo o extensibilidad T50 0

Según la Norma técnica de Guatemala (2013), este método sirve para evaluar las propiedades de los concretos autocompactables, puesto a que su forma de emplearlo es

sencilla y el equipo requerido para ponerlo en práctica es el mismo empleado en el cono de Abrams del ensayo de asentamiento.

Figura 1.

Ensayo de flujo.



(a) Cono y base



(b) Diámetro final de extensión

Procedimiento:

1. Durante el estudio debe realizarse el ensayo en una superficie nivelada, plana y no absorbente sin cambiarse.
2. Para el llenado de molde, debe considerar realizarlo por el molde vertical normal o el invertido.
3. Se realiza el enrasado de la superficie del molde.
4. Se espera a que el concreto deje de fluir.
5. Se procede a medir los diámetros y si estos difieren en más de 50mm se considera un ensayo no válido y se debe repetir consecutivamente.

b. Ensayo de anillo J

La NTP 339.220 indica que este ensayo se hace con un dispositivo que está constituido por un anillo rígido apoyado por 16 varillas de 5/8 de diámetro donde las distancias están equitativamente encima de un círculo de diámetro de 300mm a 10mm por sobre una extensión lisa. Este método se basa en colocar una capa de concreto de estado plástico sin compactación a dentro del cono Abrams invertida (Norma Técnica Peruana 339.220).

Figura 2.

Ensayo de Anillo J.



Procedimiento:

1. Se desarrolla sobre una superficie nivelada, llana y que no sea absorbente como el piso de concreto.
2. El operador tiene la opción de llenar el molde directo humedeciéndolo y colocándolo sobre la superficie donde la abertura de la cara inferior es mayor y céntrica con el anillo J, tomar el molde con firmeza durante el llenado, llenar una capa y acumular el concreto hasta el límite del molde. O con el molde invertido que vendría a emplear en la abertura pequeña de la cara inferior.
3. Enrasar la superficie del concreto y realizar una nivelación con el borde superior del molde, realizando un movimiento de corte con la barra.
4. Se procede a esperar la estabilidad del concreto luego de fluir y medir el diámetro mayor (d_1) del resultado de la fluidez circular del concreto. Luego medir un segundo diámetro del flujo circular que tenga una aproximación perpendicular al d_1 .

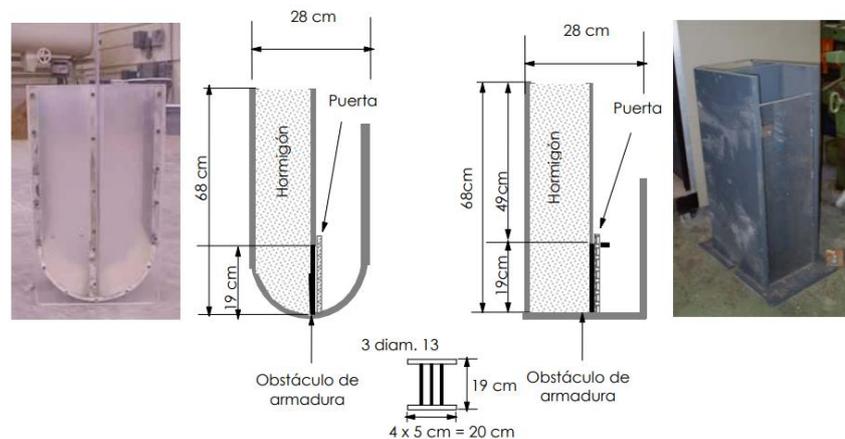
- Hacer un ensayo de fluidez de asentamiento sin el anillo J de conformidad con la NTP 33.219. Durante los próximos 6 minutos, realizar el mismo proceso de llenado empleado con el anillo J.

c. Ensayo de caja en U

Según lo indica la norma ACI (2007), menciona que la caja en U consiste en un recipiente que está dividido en 2 zonas que se separan con una compuerta.

Figura 3.

Ensayo de caja en U.



Procedimiento:

- Se llena primero uno de los compartimientos.
- Se abre una compuerta, dejando fluir al hormigón.
- Se pasa al otro compartimiento por medio del obstáculo conformado por las varillas de acero que aparentan la armadura.
- Se mide la altura que logra el hormigón desde el inicio en el que estaba vacío, desde la vasija hasta la superficie.

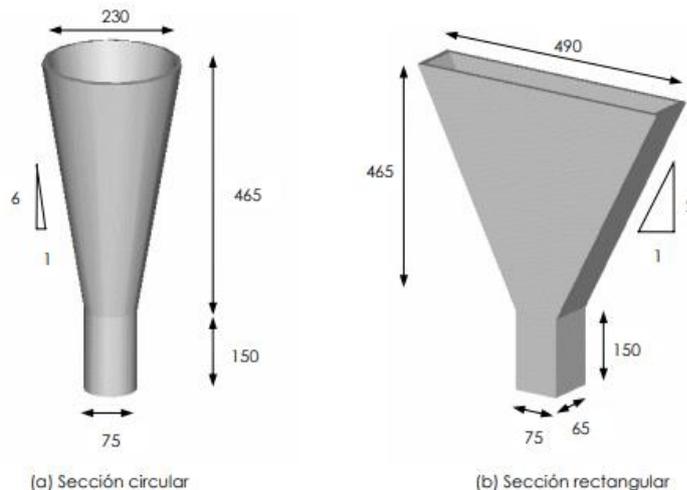
d. Ensayo de embudo en V

Según lo indica la norma ACI (2007), consiste en calcular la capacidad del concreto de circular en una sección condicionada de forma vertical y sobre una acción de gravedad, visualizando la capacidad de resistencia a la segregación y bloqueo. El embudo V presenta una abertura en

la base donde se ubica una compuerta que al colocarse la mezcla se debe mantener cerrada hasta el punto de la descarga. Generalmente su corte transversal es de sección rectangular pero también puede ser redonda.

Figura 4.

Ensayo de embudo en V.



Procedimiento

1. Se llena de forma continua el embudo de una muestra determinada de concreto autocompactable sin hacer una compactación.
2. Luego se contabiliza el tiempo que demoró todo el volumen de concreto en circular por medio de la abertura al instante en que se abre la compuerta.
3. Se plantea calcular el tiempo de fluir la mezcla descansando en el embudo V por 5 minutos.

e. Ensayo de caja en L

Según lo indica la norma ACI (2007), este ensayo determina los valores que miden el bloqueo y evalúan la fluidez de la mezcla de concreto que recorren entre aceros en distancias reducidas, permitiendo la observación de la resistencia a la segregación.

Procedimiento:

1. Se provee de una serie de dos o tres barras y una trampilla.

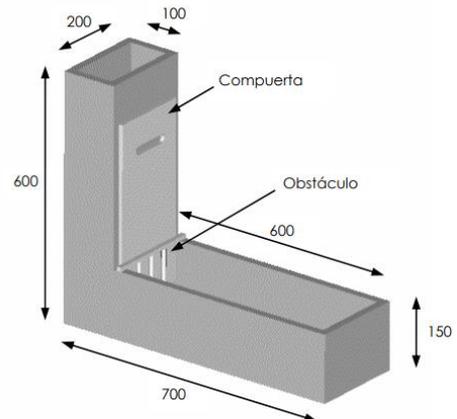
2. Se realizan unas marcas longitudinales encima del fondo de la caja a 200 y 400 mm.
3. Se determina el tiempo que demora en alcanzar dichas marcas, y asimismo las alturas.

Figura 5.

Ensayo de caja en L.



(a) Configuración



(b) Dimensiones típicas

2.2.5. Propiedades en su estado endurecido.

Se describe y compara las propiedades mecánicas y su durabilidad, dentro de los plazos establecidos por la ASTM y NTP, a mencionar: 7, 28, 60 días; debido a que se selecciona la más baja relación de agua/cemento para mejorar las características del concreto, normalmente se produce una resistencia mayor después de los 28 días.

2.2.5.1. Resistencia a la compresión.

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas por la ASTM C39/C39M - NTP 339.034.

2.2.5.2. Resistencia a la tracción.

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica por la ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084.

2.3. Marco conceptual

- **Análisis granulométrico:** Distribuye los tamaños de partículas de una muestra de suelo o agregados. Permitiendo evaluar su calidad y seleccionar un adecuado material (MTC, 2016).
- **Asentamiento:** Medida de la consistencia del concreto antes de endurecerse, influye en su trabajabilidad y durabilidad (MTC, 2016).
- **Compresión:** Fuerza que actúa sobre un material, se realizan ensayos para evaluar la capacidad de cargas (MTC, 2016).
- **Resistencia:** Capacidad de un material o estructura para soportar fuerzas sin romperse, medida en newtons o libras (MTC, 2016).
- **Segregación:** Cuando la mezcla de concreto se tiende a separar durante la colocación y compactación (SIKA, 2022).
- **Superplastificante:** Aditivo químico que mejora la plasticidad, durabilidad y cohesión del concreto fresco. Reduce el uso del agua (SIKA, 2022).
- **Tracción:** Fuerza de estiramiento y resistencia de un material medida en newtons o libras (MTC, 2016).

2.4. Sistema de hipótesis

La adición de microsílíce y microfibra de polipropileno influye de manera positiva en el comportamiento mecánico del concreto autocompactante.

Variables. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Matriz de operacionalización.

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente	Adición de Microsílice (M) y microfibras de Polipropileno (P)	<p>La microfibras de polipropileno es una fibra sintética ligera obtenida de la polimerización de propileno (Akhmetov et al., 2022). El microsíllice es un aditivo que reacciona ante un ambiente húmedo para hidratar el cemento (Hamed et al., 2023).</p>	<p>Las adiciones de microsíllice y microfibras de polipropileno se agregan de forma binaria a la mezcla autocompactante en diferentes porcentajes.</p>	Porcentajes de Adición.	Patrón, 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m ³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M	Guía de observación.
				Caracterización de los agregados.	Análisis granulométrico Peso unitario suelto Contenido de humedad Peso específico	Guía de observación.
Dependiente	Comportamiento mecánico.	<p>El comportamiento mecánico hidráulico depende de las respuestas que se dan a partir de aplicaciones de fuerzas a compresión, flexión y tracción (Malla et al., 2023).</p>	<p>El comportamiento hidráulico depende de los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas del concreto autocompactante.</p>	Diseño de mezcla.	Método ACI	Guía de observación.
				Trabajabilidad y fluidez.	Extensibilidad T50 Caja en L Embudo en V Anillo Japonés Caja en U	Guía de observación.
				Resistencia a la compresión.	f'c	Guía de observación.
				Resistencia a la tracción.	f'c	Guía de observación.
		Costo y beneficio.	Presupuesto	Guía de observación.		

Nota. Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Arias & Covinos (2021) indicaron que la investigación es aplicada siempre que se base en ampliar el conocimiento teórico para resolver una problemática. En la presente tesis se buscó comprender los fenómenos basándonos en la influencia del microsílíce y microfibras en las propiedades físicas y mecánicas del concreto autocompactante, determinando cómo la adición incide en las propiedades de trabajabilidad, fluidez y resistencia.

Por otro lado, la tesis es de nivel explicativo, ya que en la presente investigación se detalló de qué manera influye la adición de microsílíce y microfibras de polipropileno en diversos porcentajes sobre las propiedades del concreto y el costo del diseño mismo.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población fue la mezcla de concreto autocompactante con adiciones de microsílíce y microfibras de polipropileno elaborado con agregados de la región de Trujillo y bajo las condiciones específicas propuestas para nuestro estudio.

3.2.2. Muestra

La muestra consistió en una selección de especímenes. El método de muestreo aleatorio simple es el idóneo para nuestro estudio, dado que es probabilístico donde se le da a la muestra un determinado tamaño y la probabilidad de ser seleccionado.

Para la investigación, se planificó fabricar un mínimo de 3 especímenes por ensayo y dosis a emplear. Esta estrategia se basó en las recomendaciones de la American Concrete Institute (ACI), que sugiere usar al menos 3 especímenes por edad de ensayo, 7 días, 28 días y 60 días.

En la práctica común, se utilizaron 3 especímenes por grupo de ensayo, según el aditivo aplicado, ya sea microsílíce o una combinación

binaria con microfibras de polipropileno. Por lo tanto, se crearon un total de 144 especímenes para dicho estudio.

Tabla 2

Muestras para el ensayo de compresión.

Código	Microsílice	Microfibras de polipropileno	Compresión			Total
			7	28	60	
CP	0%	0 gr/m ³	3	3	3	9
CMP1	5%	0.5%	3	3	3	9
CMP2	10%	1%	3	3	3	9
CMP3	5%	300 gr/m ³	3	3	3	9
CM1	5%	-	3	3	3	9
CM2	10%	-	3	3	3	9
CM3	15%	-	3	3	3	9
CM4	20%	-	3	3	3	9
Total						72

Nota. Elaboración propia

Tabla 3

Muestras para el ensayo de tracción.

Código	Microsílice	Microfibras de polipropileno	Tracción			Total
			7	28	60	
CP	0%	0 gr/m ³	3	3	3	9
CMP1	5%	0.5%	3	3	3	9
CMP2	10%	1%	3	3	3	9
CMP3	5%	300 gr/m ³	3	3	3	9
CM1	5%	-	3	3	3	9
CM2	10%	-	3	3	3	9
CM3	15%	-	3	3	3	9
CM4	20%	-	3	3	3	9
Total						72

Nota. Elaboración propia

Tabla 4*Muestras totales de testigos.*

Ensayos	Cantidad
Ensayos de tracción	72
Ensayo de compresión	72
Total, de muestras	144

Nota. Elaboración propia

3.3. Diseño de investigación

El estudio utilizó un diseño de investigación experimental de tipo cuasiexperimental, que permitió la manipulación de variables independientes para recolectar datos sobre las propiedades del concreto en estado fresco y la resistencia a la deformación. El objetivo fue identificar el efecto de las adiciones de microsílíce y microfibra de polipropileno en un concreto autocompactante. Para ello, se llevaron a cabo ensayos siguiendo las normas establecidas por la Norma Técnica Peruana (NTP), el American Concrete Institute (ACI) y la American Society for Testing and Materials (ASTM). Estos ensayos fueron la base para nuestro estudio comparativo lo que garantizó un enfoque riguroso y estandarizado en la recopilación de datos.

$$\begin{array}{l}
 G_1 \text{ ---} \longrightarrow O_1 \\
 G_2 \text{ ---} \longrightarrow X_1 \text{ ---} \longrightarrow O_2 \\
 G_3 \text{ ---} \longrightarrow X_2 \text{ ---} \longrightarrow O_3 \\
 G_4 \text{ ---} \longrightarrow X_3 \text{ ---} \longrightarrow O_4 \\
 G_5 \text{ ---} \longrightarrow X_4 \text{ ---} \longrightarrow O_5 \\
 G_6 \text{ ---} \longrightarrow X_5 \text{ ---} \longrightarrow O_6 \\
 G_7 \text{ ---} \longrightarrow X_6 \text{ ---} \longrightarrow O_7 \\
 G_8 \text{ ---} \longrightarrow X_7 \text{ ---} \longrightarrow O_8
 \end{array}$$

Donde:

X₁: Adición del 5% de microsilíce y 0.5% de microfibra de polipropileno al concreto autocompactante.

X₂: Adición del 10% de microsilíce y 1% de microfibra de polipropileno al concreto autocompactante.

X₃: Adición del 5% de microsilíce y 300 gr/m³ de microfibra de polipropileno al concreto autocompactante.

X₄: Adición del 5% de microsilíce al concreto autocompactante.

X₅: Adición del 10% de microsilíce al concreto autocompactante.

X₆: Adición del 15% de microsilíce al concreto autocompactante.

X₇: Adición del 20% de microsilíce al concreto autocompactante.

O₁: Medición del comportamiento mecánico al grupo de control.

O₂: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 5% de microsilíce y 0.5% de microfibra de polipropileno.

O₃: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 10% de microsilíce y 1% de microfibra de polipropileno.

O₄: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 5% de microsilíce y 300 gr/m³ de microfibra de polipropileno.

O₅: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 5% de microsilíce.

O₆: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 10% de microsilíce.

O₇: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 15% de microsilíce.

O₈: Medición del comportamiento mecánico al concreto autocompactante con 20% de microsilíce.

G1: Grupo control, sin adiciones.

G2: Grupo experimental con adición del 5% de microsilíce y 0.5% de microfibras de polipropileno.

G3: Grupo experimental con adición del 10% de microsilíce y 1% de microfibras de polipropileno.

G4: Grupo experimental con adición del 5% de microsilíce y 300 gr/m³ de microfibras de polipropileno.

G5: Grupo experimental con adición del 5% de microsilíce.

G6: Grupo experimental con adición del 10% de microsilíce.

G7: Grupo experimental con adición del 15% de microsilíce.

G8: Grupo experimental con adición del 20% de microsilíce.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1. Técnica

Las técnicas de recolección de datos fueron la observación, la cual permitió tomar los datos tal cual como se mostraban en el lugar de estudio. También se utilizó el análisis documental, que permitió tomar la información más importante de otros autores para fundamentar mejor el trabajo de investigación.

3.4.2. Instrumentos

a. General

Los instrumentos de recolección fueron la ficha de observación, la cual tomó los datos correspondientes de cada fenómeno realizado, en este caso, las fichas de los ensayos de laboratorio. También se utilizó la guía de análisis documental, que permitió tomar información de libros, sitios web, informes y archivos que proporcionaron una mejor información para desarrollar un trabajo de investigación de buena calidad.

b. Fichas de observación y documentales

En la Tabla 5 se detallan las técnicas e instrumentos utilizados en el estudio de investigación.

Tabla 5*Técnicas e instrumentos.*

Técnica	Instrumento
Observación.	Ficha de análisis granulométrico.
	Ficha de diseño de mezcla.
	Ficha de extensibilidad T50.
	Ficha de caja en L.
	Ficha de embudo en V.
	Ficha de anillo japonés.
	Ficha de resistencia de compresión.
	Ficha de resistencia de tracción.
Análisis documental.	Guía documental.

Nota. Elaboración propia.

Los procedimientos elaborados se basaron en los siguientes métodos:

Ensayo de materiales.**Análisis granulométrico**

- Método de prueba estándar para el análisis por tamizado de los agregados NTP 400.012.
- Especificación estándar para agregados de concreto NTP 400.037.

Peso unitario suelto y varillado.

- Método de prueba estándar para densidad aparente ("peso unitario") y huecos en el agregado NTP 400.017.

Contenido de humedad.

- Método de prueba estándar para el contenido total de humedad evaporable del agregado por secado NTP 339.185.

Peso específico y porcentaje de absorción.

- Método de prueba estándar para densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino NTP 400.022.
- Método de prueba estándar para densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado grueso NTP 400.021.

Diseño de mezcla.

- Método ACI 237R-07.

Ensayos en concreto fresco.

- Método ACI 237 R-07.

Ensayos en concreto endurecido.

Resistencia a la compresión.

- Ensayo normalizado ASTM C39/C39M-NTP 339.034.

Resistencia a tracción.

- Ensayo normalizado ASTM C496-96/ NTP 339.084.

c. Instrumentos de laboratorio

c.1. Análisis de las propiedades del agregado fino y agregado grueso

- Ensayo de granulometría de agregado grueso y agregado fino:

Equipos:

- Balanza eléctrica.
- Tamices reglamentados por la NTP.

Herramientas:

- Recipientes metálicos.

Materiales:

- Muestra.

- Ensayo de contenido de humedad.

Equipos:

- Balanza eléctrica.
- Horno.

Herramientas:

- Recipientes metálicos.

Materiales:

- Muestra.

- Peso específico y absorción.

Equipos:

- Balanza eléctrica.
- Equipo de calibración.

Herramientas:

- Pisón.

- Recipiente.
- Pala o cucharón.

Materiales:

- Muestra.
- Peso unitario suelto y compactado.

Equipos:

- Balanza eléctrica.
- Horno.

Herramientas:

- Frasco graduado.
- Molde Tronco Cónico.
- Pisón.
- Tamices.

Materiales:

- Muestra.

c.2. Ensayos del concreto en estado fresco

Equipos:

- Aparato caja L para concreto autocompactante
- Aparato embudo V
- Equipo para pruebas de anillo J
- Equipo caja de U
- Conjunto de Equipos para pruebas de revenimiento de concreto fresco

Herramientas:

- Molde cilíndrico de acero

Materiales:

- Muestra

C.3. Ensayos del concreto en estado endurecido

Equipos:

- Máquina automática de ensayo de compresión y tracción

Herramientas:

- Molde cilíndrico de acero

Materiales:

- Muestra

3.5. Procesamiento y análisis de datos

En el análisis de datos, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos. Si los datos mostraban una distribución paramétrica, se procedió con el análisis de varianza (ANOVA). Esta elección se basó en la confirmación de la normalidad a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Por otro lado, si los datos no seguían una distribución paramétrica, se optó por la prueba de Kruskal-Wallis.

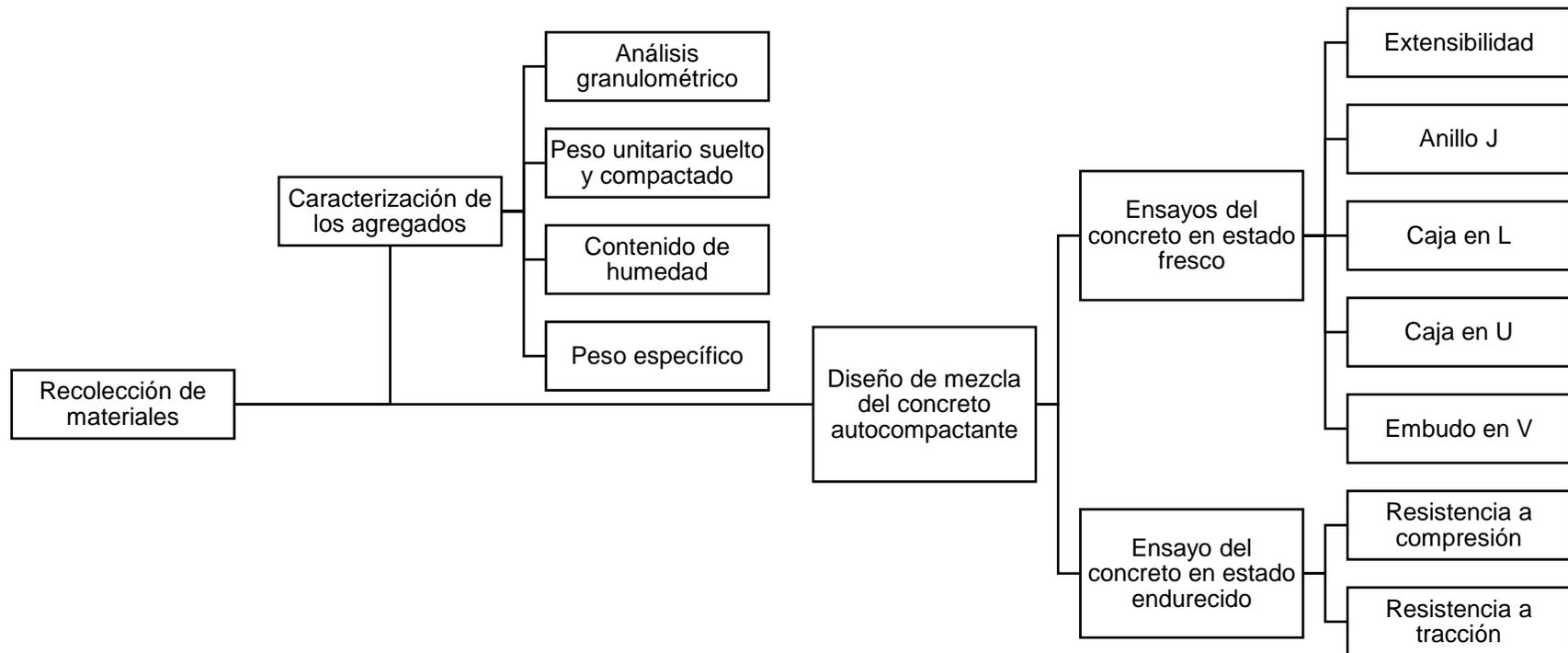
Posteriormente, en el caso de que la prueba indicara un cambio significativo en la resistencia del concreto estudiado, se aplicó un análisis post hoc Tukey. Este análisis permitió determinar si el cambio en la resistencia fue positivo o negativo.

3.5.1. Esquema resumen

En la Figura 8 se presenta el esquema resumen de los procedimientos realizados para el desarrollo de la investigación:

Figura 6.

Esquema de resumen.



Nota. Elaboración propia.

3.5.2. Orden del esquema

a. Procedencia y caracterización de los agregados

Los materiales fueron provenientes de la cantera El Milagro, la cual se ubica en la localidad Milagro, distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

b. Caracterización de los agregados

- Análisis granulométrico por tamizado:

Como primer punto se evaluaron los agregados basándonos en la NTP 400.012.

Se realizó el estudio de los agregados al tomar una muestra colocada en un juego de tamices en orden decreciente según el tamaño de abertura de la malla. A continuación, se agitó el conjunto de tamices para que la arena se asentara en los tamices correspondientes a su tamaño de partícula; se pesó la cantidad de arena retenida en cada tamiz y se registró la información.

- Peso unitario suelto y compactado:

Siguiendo con ello, se realizó el proceso de evaluación del peso unitario suelto bajo la norma NTP 400.017, es decir, el peso de una unidad de volumen de agregado fino en su estado natural, mientras que el peso unitario varillado se refería al peso de una unidad de volumen de agregado fino después de haber sido sometido a una compactación moderada mediante una varilla.

- Contenido de humedad:

"Se determinó el contenido de humedad según la norma NTP 339.185 mediante una muestra representativa del agregado. Se pesó la muestra y luego se secó en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Después de enfriar, se realizó el pesado correspondiente para el cálculo posterior del contenido de humedad.

- Peso específico:

Finalizando, dentro del grupo del estudio de los agregados, se evaluó el peso específico y la absorción del agregado fino y grueso con ayuda de las normas NTP 400.22 y NTP 400.21, respectivamente.

c. Diseño de mezcla

Por medio del método ACI 237R-07 se realizó el diseño de mezcla para la elaboración del concreto autocompactante, determinando la dosificación óptima del contenido de agregados, agua y cemento.

d. Propiedades en estado fresco del concreto

Después de haber realizado el diseño de mezcla del concreto autocompactante y llevado a cabo pruebas piloto para estandarizar el concreto patrón, se procedió a ensayar las mezclas modificadas con microsíllice y microfibra de polipropileno para evaluar las propiedades en estado fresco, como la trabajabilidad y la fluidez.

e. Propiedades en estado endurecido del concreto

Siguiendo esta línea, se procedió a preparar las diferentes mezclas de concreto autocompactante para su posterior ensayo de resistencia a la compresión y tracción.

Los especímenes de concreto autocompactante se colocaron en una máquina de ensayo de compresión, donde se aplicó una carga hasta que el espécimen llegue al falló. De esta manera se determinó la resistencia a compresión. El mismo procedimiento se siguió para el ensayo de resistencia a tracción.

Los procedimientos que se realizaron para los ensayos de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas por la NTP 339.034/ ASTM C39, son:

- Se retiraron las muestras cilíndricas de CAC (Concreto autocompactante) de la posa de curado, según los días que serán ensayadas de 7, 28 y 60 días
- Luego se colocaron estas muestras cilíndricas de CAC (Concreto autocompactante) en la máquina de compresión de manera vertical y se procedió a tomar sus medidas de los diámetros, a su vez se colocó de manera que estén bien centradas y niveladas .
- Se verifico que la máquina de compresión su panel o pantalla indique un valor de cero y luego se procedió a aplicar la carga de manera constante en las muestras cilíndricas de CAC (Concreto autocompactante).

- Una vez que comenzó a descender los valores mostrados en el panel o pantalla de la máquina de compresión se procedió a tomar los datos de las cargas y así se determinó su resistencia a la compresión.

Los procedimientos que se realizaron para los ensayos de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas por la NTP 339.034/ ASTM 496 - 96, son:

- Se retiraron las muestras cilíndricas de CAC (Concreto autocompactante) de la posa de curado, según los días que serán ensayadas de 7, 28 y 60 días
- Luego se colocaron estas muestras cilíndricas de CAC (Concreto autocompactante) en la máquina de compresión de manera horizontal y se procedió a tomar sus medidas de los diámetros, a su vez se colocó de manera que estén bien centradas y niveladas .
- Se verifico que la máquina de compresión su panel o pantalla indique un valor de cero y luego se procedió a aplicar la carga de manera constante en las muestras cilíndricas de CAC (Concreto autocompactante).

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de resultados

4.1.1 Caracterización de los agregados

Para la realización del diseño de mezcla se tuvo que realizar en primer lugar la evaluación de las propiedades de los agregados. Se llevaron a cabo los ensayos de granulometría, contenido de humedad, absorción y peso unitario. Para determinar el módulo de fineza del agregado fino y grueso se determinó la granulometría de las partículas, para lo cual se seleccionó y separó el material mediante tamices, se lavó el agregado y se procedió a tamizar. Por último, se calculó la masa del agregado retenido, obteniendo los resultados que se mencionan a continuación en la tabla 6.

Tabla 6

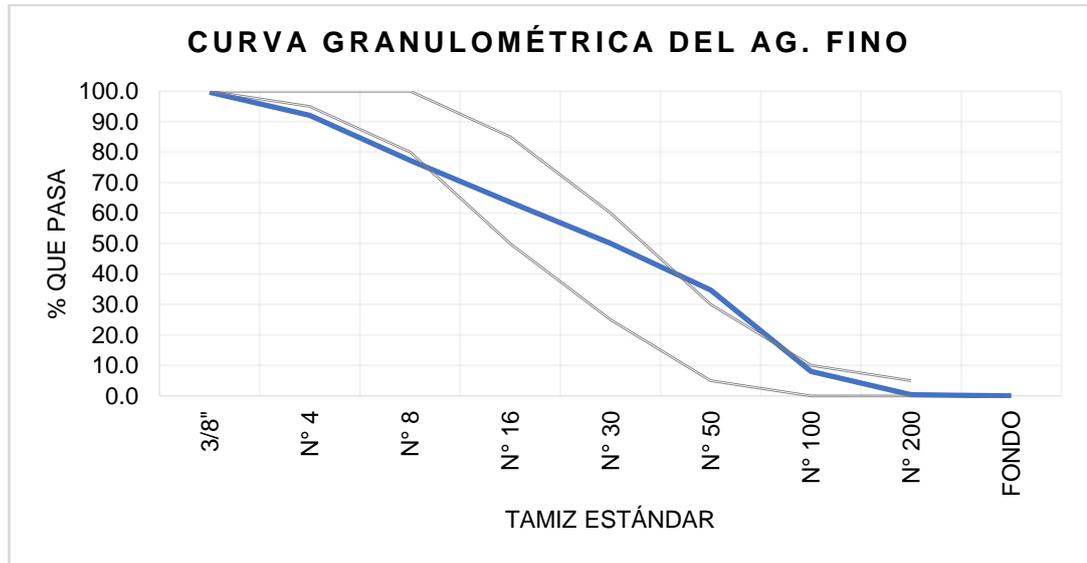
Granulometría del agregado fino.

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Gradación Límites (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
3/8"	9.500	3.3	0.3	0.33	99.7	100	100
N° 4	4.750	76.4	7.6	7.97	92.0	95	100
N° 8	2.360	147.6	14.8	22.73	77.3	80	100
N° 16	1.180	136.5	13.7	36.38	63.6	50	85
N° 30	0.600	136	13.6	49.98	50.0	25	60
N° 50	0.300	152.5	15.3	65.23	34.8	5	30
N° 100	0.150	267.2	26.7	91.95	8.1	0	10
N° 200	0.075	76.8	7.7	99.63	0.4	0	5
FONDO	-	3.7	0.4	100.00	0.0	-	-
		1000	100.0				

Nota. En la granulometría se determinó que el módulo de fineza es de 2.74 y un contenido de humedad del 1.4%.

Figura 7.

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota. Elaboración propia.

Posterior a ello, se procedió a realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

En la Tabla 7 se detallan los resultados obtenidos en este ensayo.

Tabla 7

Peso unitario suelto y compactado del Agregado Fino.

Condición suelta		
Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso unitario (kg/cm ³)
21.7	15.14	1664
21.72	15.16	1666
21.74	15.18	1668
Peso unitario suelto kg/m ³		1666
Vacíos %		41.9
Condición compactada		
Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso unitario (kg/cm ³)
23.54	16.98	1866
23.54	17.00	1868

23.54	16.96	1864
Peso unitario compactado kg/m ³		1866
Vacíos %		35.2

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se realizó el ensayo de Contenido de Humedad según la NTP 339.185, de lo cual se obtuvieron los resultados que se mencionan en la Tabla 8.

Tabla 8

Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Fino.

Descripción	Unidades	Datos
Peso del suelo húmedo	g	1011.0
Peso del suelo seco	g	996.6
Contenido de Humedad	%	1.4

Nota. Elaboración propia.

Por último, se determinó el peso específico del agregado fino mediante el ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9

Peso específico del Agregado Fino.

Propiedad	Valor
Peso específico saturado	2.55g/cc
Peso específico base seca	2.54g/cc
Porcentaje de absorción	0.2%

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 10 se muestra un cuadro resumen de las propiedades del agregado fino.

Tabla 10

Propiedades físicas del agregado fino.

Propiedad	Valor
Módulo de fineza	2.74

Contenido de humedad	1.40%
Peso unitario compactado	1866 kg/m ³
Peso unitario suelto	1666 kg/m ³
Absorción	0.2%

Nota. Elaboración propia.

El mismo procedimiento se llevó a cabo para determinar las propiedades del agregado grueso, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Granulometría del agregado grueso.

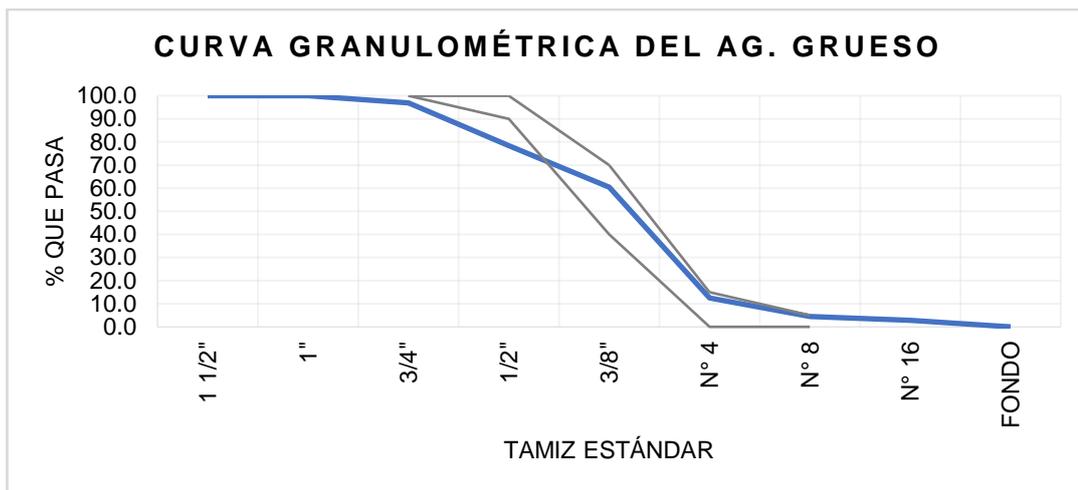
Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Gradación Límites (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
3/4"	19.00	157.6	3.2	3.15	96.8	100	100
1/2"	12.50	923.6	18.5	21.62	78.4	90	100
3/8"	9.50	897.7	18.0	39.58	60.4	40	70
N° 4	4.75	2397.6	48.0	87.53	12.5	0	15
N° 8	2.36	398.8	8.0	95.51	4.5	0	5
N° 16	1.18	80.9	1.6	97.12	2.9	-	-
FONDO	-	143.8	2.9	100.00	0.0	-	-
		5000	100				

Nota. Elaboración propia.

En la granulometría se determinó que el tamaño máximo nominal del agregado grueso fue de 1/2" y el módulo de finura es igual a 6.23.

Figura 8.

Curva granulométrica del agredo grueso.



Nota. Elaboración propia.

Posterior a ello, se procedió a realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

En la Tabla 12 se detallan los resultados obtenidos en este ensayo.

Tabla 12

Peso unitario suelto y compactado del Agregado Grueso.

Condición suelta		
Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso unitario (kg/cm ³)
20.36	13.82	1519
20.32	13.78	1514
20.38	13.84	1521
Peso unitario suelto kg/m ³		1518
Vacíos %		41.9
Condición compactada		
Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso unitario (kg/cm ³)
21.660	15.12	1662
21.60	15.06	1655
21.60	15.06	1655
Peso unitario compactado kg/m ³		1657

Vacíos %	35.2
----------	------

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se realizó el ensayo de Contenido de Humedad según la NTP 339.185, de lo cual se obtuvieron los resultados que se mencionan en la Tabla 13.

Tabla 13

Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Grueso.

Descripción	Unidades	Datos
Peso del suelo húmedo	g	3362
Peso del suelo seco	g	3344.2
Contenido de Humedad	%	0.6

Nota. Elaboración propia.

Por último, se determinó el peso específico del agregado grueso, mediante el ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.021. Los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Peso específico del Agregado Grueso.

Propiedad	Valor
Agregado Grueso saturado	2.49g/cc
Peso específico base seca	2.45g/cc
Porcentaje de absorción	1.8%

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 15 se muestra un cuadro resumen de las propiedades del agregado grueso.

Tabla 15

Propiedades físicas del agregado grueso.

Propiedad	Valor
Módulo de finura	6.23

Contenido de humedad	0.6%
Peso unitario compactado	1657 kg/m ³
Peso unitario suelto	1518 kg/m ³
Absorción	1.8%

Nota. Elaboración propia.

4.1.2 Diseño de mezcla del concreto autocompactante – Método ACI 237R-07

Para el diseño de la mezcla de un concreto autocompactante, se llevaron a cabo pruebas piloto de acuerdo con la ACI 237R-07. Estas pruebas estuvieron sujetas a métodos de prueba que cuantifican la capacidad de llenado, capacidad de paso y estabilidad. Estas son las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño de mezcla del concreto autocompactante según la ACI 237R-07.

a) Paso N°1: Definición de la resistencia promedio requerida.

Se previó usar una relación de agua/cemento de 0.45 ($a/c=0.45$) valor aceptado por la norma ACI 237R-07. Según se indica en la tabla 20. Posteriormente, se usó la tabla 16 para interpolar y definir la resistencia promedio requerida.

Tabla 16

Relación agua cemento por resistencia.

f'cr (28 días) kg/cm ²	Relación agua cemento de diseño por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	---
420	0.41	---
450	0.38	---

Nota. Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete—Guide ACI PRC-211.1-22, Pág. 16.

$$f'_{cr} = 380 \text{ kg/cm}^2$$

b) Paso N°2: Determinación de los requisitos de desempeño del flujo de asentamiento.

Se determinó un valor inicial de flujo de asentamiento basado en las características de elementos estructurales en consideración, estos se detallan en la tabla 17:

Tabla 17

Objetivos de flujo de asentamiento (Daczko y Constantiner, 2001)

Características de elementos estructurales		SLUMP FLOW		
		<550 mm	550-600 mm	> 650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			

	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Nota. Slump flow, Self-consolidating Concrete ACI 237R-07, Pag. 13.

- De acuerdo con la presente tesis, se eligió un concreto autocompactante para elementos estructurales con un alto nivel de refuerzo, por lo que se optó por seleccionar un flujo de asentamiento mayor a 650mm.

c) Paso N°3: Selección del agregado grueso y proporción (ACI 211.1 y 301).

Para la selección del agregado grueso se rigió por las directrices de la ACI 237R-07. Es por ello por lo que se eligió un Tamaño Máximo Nominal (T.M.N) de agregado grueso de:

$$T.M.N A.G = 1/2''$$

A raíz del Tamaño Máximo Nominal, se identificó que el agregado pertenece a la categoría 'I', para lo cual la ACI sugiere determinar un punto de partida inicial de contenido de agregado en un 50% basándonos en el volumen total del concreto. Sin embargo, es necesario tener en cuenta tres factores claves: estabilidad, capacidad de llenado y capacidad de paso del CAC en estado fresco. Bajo este criterio, se optó por un contenido de agregado del 42% para alcanzar las características requeridas.

Después de haberse elegido el % total de volumen del agregado grueso con base en la participación del volumen del concreto, aplicamos la siguiente formula:

$$\text{Peso de agregado grueso} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \% \times \text{Peso unitario compactado}$$

Aplicando la fórmula, se obtuvo que el peso del agregado grueso adoptado para esta investigación es de 712.83 Kg/m3.

d) Paso N°4: Determinación del contenido de aire del concreto

Esta elección se hizo en base a la tabla 18 del T.M.N, en la cual se determinó que la cantidad de aire atrapado es de 2.5%. según el T.M.N. del agregado grueso.

Tabla 18

Contenido de aire atrapado según el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Contenido de aire atrapado	
T.M.N del A. grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
6"	0.20

Nota. Self-consolidating Concrete ACI 237R-07, Pág. 13.

e) Paso N°5: Estimación del contenido de cemento requerido y agua.

Definido el slump flow y el contenido de material cementante mayor a 458 kg/m³. Se adoptó un contenido de material cementante de 460 kg/m³ para las pruebas en estado fresco. Según se describe en la tabla 19.

Tabla 19

Rangos de contenido de material cementante sugerido.

Descripción	SLUMP FLOW (mm)		
	<550	550 – 650	>650
Contenido de cemento (kg/m ³)	355 - 385	385 - 445	>458

Nota. Self-consolidating Concrete ACI 237R-07, Pág. 20.

Se preciso realizar una conversión de la cantidad de cemento para determinar la cantidad de bolsas a requerir por m³ de concreto. Se tuvo en cuenta que cada saco de cemento tiene un peso de 42.5 kg, por lo que el resultado fue de 10.8 bls/m³.

f) Paso N°6: Verificación de la relación agua/cemento.

Para cumplir con las características del CAC en estado fresco, se verificó que la relación agua/cemento se encuentre dentro de los intervalos permitidos por la norma ACI 237R-07. Parámetros definidos en la tabla 20.

$$\text{Relacion de } a/c = 0.45$$

Tabla 20

Resumen de los parámetros y proporcionamiento de la mezcla de prueba de dosificación de concretos autocompactantes.

Volumen absoluto de agregado grueso.	28 - 32% (tamaño máximo nominal 12mm)
Fracción de pasta.	34 - 40% (volumen total de la mezcla)
Fracción de mortero.	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)
Relación típica agua/material cementico.	0,32 - 0,45
Contenido de material cementico.	386 - 475 kg/m ³ (contenido menor usar agentes modificadores de viscosidad)

Nota. Self-consolidating Concrete ACI 237R-07, Pág. 20.

Definida la relación de a/c, se obtuvo una cantidad de agua de 207 Lts./m³.

g) Paso N°7: Cálculo del contenido de aditivo superplastificante Sika ViscoCrete-1110 PE

En este paso se calculó la proporción del aditivo superplastificante para el concreto autocompactante, utilizando la

ficha técnica del aditivo propuesto: Sika ViscoCrete-1110 PE. En el cual el fabricante recomienda una dosificación que oscila entre el 0.5% - 2% del peso del cemento:

$$\% \text{ de diseño} = 2\%$$

Obteniendo una cantidad de aditivo de 9.2 kg/m³.

h) Paso N°8: Determinación de volúmenes por m³.

En este paso se determinó el volumen de cada material con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de material}(m^3) = \frac{\text{Cont. de material adoptado}}{\text{Peso Especifico}}$$

De esta manera se obtuvieron los siguientes volúmenes:

- Vol. de cemento: 0.1559 m³.
- Vol. de agua: 0.2076 m³.
- Vol. de aire: 0.0250 m³.
- Vol. de aditivo: 0.0086 m³.
- Vol. de Ag. Grueso: 0.2803 m³.
- Vol. de Ag. Fino: 0.3225 m³.

Para determinar el contenido de agregado fino se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Cont. de A.F}(kg/m^3) = \text{Vol. A. Fino} * \text{Peso Especifico del material}$$

- Contenido de A. Fino = 822.40 kg/m³.

i) Paso N°9: Proporción de materiales del diseño de mezcla en condición seca.

Se verificó que el porcentaje de los volúmenes cumpla con las directrices de la ACI 237R-07, especificadas en la tabla 20.

- Volumen Absoluto de Agregado Grueso: 28.3%.

- Volumen Fracción de Pasta: 39.72%.
- Volumen Fracción de Mortero: 71.97%.

Posteriormente, se realizó una tabla resumen describiendo el volumen de cada material.

Tabla 21

Dosificación de la mezcla en peso en estado seco.

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Cemento.	460.00	0.156
Ag. Fino.	822.399	0.323
Ag. Grueso.	698.040	0.280
Agua.	207.000	0.208
Aditivo.	9.200	0.009
Aire.	0.032	0.025
Σ	2196.67	1.00

Nota: Densidad de aire: 1.29 kg/m³.

j) Paso N°10: Corrección por humedad de los agregados:

Después de resumir las proporciones del concreto autocompactante en estado seco, se realizaron las correcciones por humedad de los agregados:

- Corrección por humedad del Ag. Fino = 833.913 kg.
- Corrección por humedad del Ag. Grueso = 739.922 kg.

k) Paso N°11: Aporte de agua en la mezcla de concreto:

Posteriormente, se realizaron las correcciones por absorción de los agregados:

- Aporte de agua Ag. Fino = 10.007 lt.
- Aporte de agua al Ag. Grueso = 31.077 lt.
- Aporte total de agua = 41.084 lt.
- Agua efectiva en la mezcla = 165.916 lt.
- Relación a/c efectiva = 0.36.

l) Paso N°12: Dosificación del concreto en Peso corregido

Para el diseño de mezcla, se obtuvieron valores en kilogramos tomando los pesos corregidos por humedad de los agregados, resultando en una proporción de **1:1.79:1.64** con 15.33 litros de agua por bolsa de cemento.

- Cemento 460.00 kg
- Ag, fino 833.91 kg
- Ag, grueso 739.92 kg
- Agua 165.92 lt
- Dosificación **1:1.81:1.60 / 15.33 Litros/Bolsa**

m) Paso N°13: Dosificación del concreto en Volumen

Para el diseño de mezcla, se obtuvieron valores en kilogramos tomando los pesos corregidos por humedad de los agregados, resultando en una proporción de **1:1.24:1.23** con 15.33 litros de agua por bolsa de cemento.

- Cemento 42.5 kg/ft³
- Ag, fino 76.93 kg/ft³
- Ag, grueso 68.00 kg/ft³
- Agua 15.31 kg/ft³
- Dosificación **1:1.24:1.23 / 15.33 Litros/Bolsa**

La ficha de diseño de mezcla se encuentra en el Anexo 07:
FICHA TÉCNICA DE DISEÑO DE MEZCLA.

n) Paso N°14: Diseño de mezclas experimentales propuestas.

Para la investigación, se incorporó adiciones de microsilíce y microfibras de polipropileno generando así 7 diseños de mezcla experimentales de concreto autocompactante. En estos diseños se propuso un porcentaje de Microsilíce con el objetivo de reemplazar parcialmente el material cementante, además de la adición de microfibra de polipropileno. Estos experimentos tuvieron como objetivo determinar tanto las propiedades físicas como las mecánicas de las mezclas. Los distintos diseños se formularon con el fin de abarcar una gama de variables y condiciones, lo que permitió comparar el comportamiento de cada

mezcla bajo las variables impuestas por el investigador. Las proporciones se especifican en la tabla 22.

Tabla 22

Diseños de mezcla de concreto autocompactante con incorporaciones de microsílíce y microfibras de polipropileno para 1 m³.

Mezcla	Simbología	Peso del cemento (kg)	Peso del agregado fino (kg)	Peso del agregado grueso (kg)	Peso del Viscocrete 2% Cemento (kg)	Peso del Microsílíce (kg)	Peso de la microfibras de Polipropileno (kg)
Concreto patrón.	CP	460	833.91	739.92	9.20	-	-
Concreto con 5% de microsílíce y 0.5% de microfibras.	5% M +0.5% P	437	833.91	739.92	8.74	23	2.3
Concreto con 10% de microsílíce y 1% de microfibras.	10% M +1% P	414	833.91	739.92	8.28	46	4.6
Concreto con 5% de microsílíce y 300 gr/m ³ de microfibras.	5% M +300 gr/m ³ P	437	833.91	739.92	8.74	23	0.3
Concreto con 5% de microsílíce.	5% M	437	833.91	739.92	8.74	23	-
Concreto con 10% de microsílíce.	10% M	414	833.91	739.92	8.28	46	-
Concreto con 15% de microsílíce.	15% M	391	833.91	739.92	7.82	69	-
Concreto con 20% de microsílíce.	20% M	368	833.91	739.92	7.36	92	-

Nota. Elaboración propia.

Posterior a los 8 diseños para 1 m³ de concreto. En el contexto de la investigación, se adoptó una proporción de 0.045 m³ cúbicos de concreto, englobando la suma de volúmenes destinados tanto a los ensayos de concreto fresco como a la producción de probetas. Los detalles relativos a la proporción de los materiales se especifican en la tabla número 23.

Tabla 23*Proporción de materiales para volumen requerido (0.045m³).*

Mezcla	Simbología	Peso del cemento (kg)	Peso del agregado fino (kg)	Peso del agregado grueso (kg)	Peso del Viscocrete 2% Cemento (kg)	Peso del microsílíce (kg)	Peso de la microfibra de Polipropileno (kg)
Concreto patrón.	CP	20.70	37.53	33.30	0.414	-	-
Concreto con 5% de microsílíce y 0.5% de microfibra.	5% M +0.5% P	19.67	37.53	33.30	0.393	1.035	0.1035
Concreto con 10% de microsílíce y 1% de microfibra.	10% M +1% P	18.63	37.53	33.30	0.373	2.070	0.2070
Concreto con 5% de microsílíce y 300 gr/m ³ de microfibra.	5% M +300 gr/m ³ P	19.67	37.53	33.30	0.393	1.035	0.0135
Concreto con 5% de microsílíce.	5% M	19.67	37.53	33.30	0.393	1.035	-
Concreto con 10% de microsílíce.	10% M	18.63	37.53	33.30	0.373	2.070	-
Concreto con 15% de microsílíce.	15% M	17.60	37.53	33.30	0.352	3.105	-
Concreto con 20% de microsílíce.	20% M	16.56	37.53	33.30	0.331	4.140	-

Nota. Elaboración propia.

Según el diseño, se elaboraron tres muestras para cada variante de ensayo y edad de concreto, limitado al tipo de mezcla en consideración. En total, se elaboraron 144 probetas, las cuales adoptan una forma cilíndrica con un diámetro de 10 cm y una altura de 20 cm, de acuerdo con las normativas NTP 339.183 y ASTM C31.

Por otro lado, se convirtieron los valores obtenidos en kilogramos de los materiales necesarios para la producción de un metro cúbico de cada mezcla en datos de volumen. Estos detalles se encuentran especificados en la tabla 24, con el propósito de facilitar la evaluación del costo de los materiales por metro cúbico."

Tabla 24

Volumen de los materiales para cada mezcla de 1m³.

Mezcla	Simbología	Peso de cemento (m ³)	Peso de agregado fino (m ³)	Peso de agregado grueso (m ³)	Peso de Viscocrete 2% Cemento (m ³)	Peso de microsílíce (m ³)	Peso de microfibra de Polipropileno (m ³)
Concreto patrón	CP	0.16	0.33	0.30	0.0086	-	-
Concreto con 5% de microsílíce y 0.5% de microfibra	5% M +0.5% P	0.15	0.33	0.30	0.0082	0.0105	0.1035
Concreto con 10% de microsílíce y 1% de microfibra	10% M +1% P	0.14	0.33	0.30	0.0077	0.0209	0.2070
Concreto con 5% de microsílíce y 300 gr/m ³ de microfibra	5% M +300 gr/m ³ P	0.15	0.33	0.30	0.0082	0.0105	0.0135
Concreto con 5% de microsílíce	5% M	0.15	0.33	0.30	0.0082	0.0105	-
Concreto con 10% de microsílíce	10% M	0.14	0.33	0.30	0.0077	0.0209	-
Concreto con 15% de microsílíce	15% M	0.13	0.33	0.30	0.0073	0.0314	-
Concreto con 20% de microsílíce	20% M	0.12	0.33	0.30	0.0069	0.0418	-

Nota. Elaboración propia.

4.1.3 Propiedades físicas del concreto autocompactante

Dentro de las propiedades físicas se evaluó la trabajabilidad y fluidez del concreto autocompactante con las diferentes adiciones de microsilíce y microfibras de polipropileno (Patrón, 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M) mediante el uso de la normativa ASTM, ACI 237R-07 y ACI 238.1R-08.

En la evaluación de las propiedades físicas, se determinó que la mayoría de las mezclas exhibían un comportamiento autocompactante. Lo que permite que el concreto sea colocado in situ sin necesidad de vibración, especialmente el concreto autocompactante con una adición del 5% de microsilíce. En esta mezcla, en comparación con las demás mezclas experimentales, se obtuvo una extensibilidad y capacidad de paso muy similares al concreto patrón, concreto autocompactante estandarizado previamente.

La capacidad de paso se evaluó mediante la diferencia de altura del concreto justo dentro y fuera de las barras del anillo J, cabe resaltar que la capacidad evaluada y la diferencia de alturas son inversamente proporcionales y lo óptimo es obtener resultados similares al concreto patrón. Se determinó que la mezcla con una adición del 5% de microsilíce obtuvo una diferencia de 3.8 mm. Las otras mezclas diseñadas también registraron valores inferiores o aproximados a 10 mm en la diferencia de alturas, lo que indicó una buena capacidad de paso, a excepción del concreto con la adición del 10% de microsilíce y 1% de microfibra, así como el concreto con 20% de microsilíce que no presentaron propiedades físicas de un concreto autocompactante. Los resultados se detallan en la tabla 25.

Tabla 25*Propiedades físicas del concreto autocompactante.*

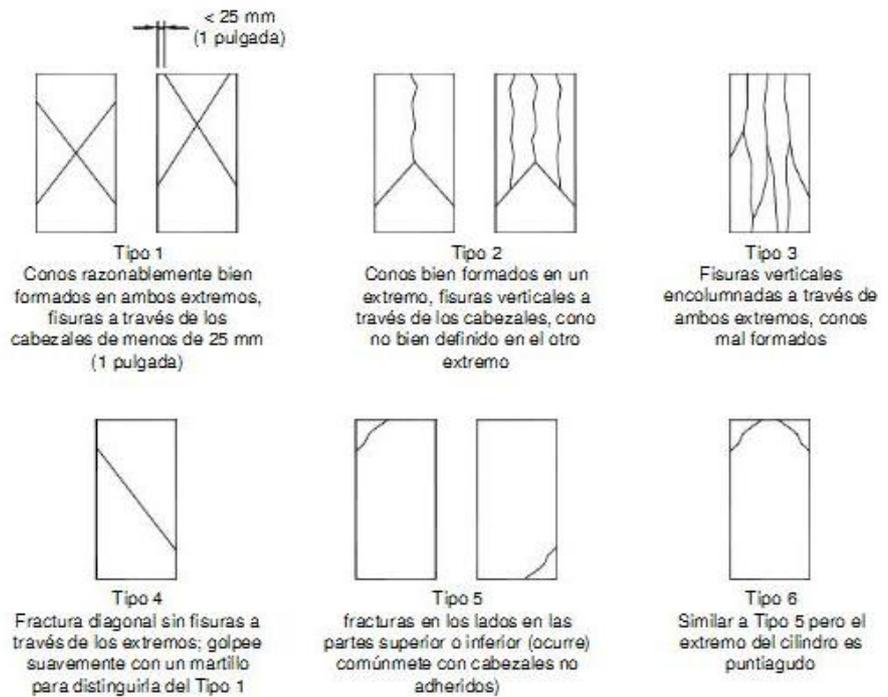
Tipo de concreto	Extensibilidad		Anillo	Caja "L"	Caja "U" (cm.)	Embudo "V" (Seg.)
	T50 (Seg.)	Df (mm)	"J" (mm)			
Concreto patrón	2.8	700	3.1	0.95	0.0	7.6
Concreto con 5% de microsílíce y 0.5% de microfibra	7.1	570	10.5	0.78	3.2	13.5
Concreto con 10% de microsílíce y 1% de microfibra	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Concreto con 5% de microsílíce y 300 gr/m ³ de microfibra	5.2	650	5.3	0.85	2.0	10.2
Concreto con 5% de microsílíce	4.3	670	3.8	0.89	1.5	8.5
Concreto con 10% de microsílíce	6.7	620	6.8	0.81	2.8	12.8
Concreto con 15% de microsílíce	7.9	560	13.2	0.75	4.4	14.9
Concreto con 20% de microsílíce	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Nota. Elaboración propia.**4.1.4 Propiedades mecánicas del concreto****4.1.4.1. Resultados de ensayos de rotura por compresión y tracción a diferentes edades del concreto autocompactante****A. Criterio**

Se identificó los tipos de fracturas de cada espécimen (muestra cilíndrica de concreto). Este proceso se identificó durante la prueba de compresión y tracción, para ello se utilizó la Figura 9.

Figura 9.

Tipos de Fractura según la ACI.



B. Ensayos de rotura por compresión y tracción a diferentes edades.

Se realizaron ensayos a compresión y tracción a los 7, 28 y 60 días en las muestras cilíndricas de concreto (10 cm x 20 cm). También se empleó para el diseño de mezcla la metodología del ACI.

Empleado para la compresión el neopreno.

$$\sigma = F/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Empleado para la tracción el neopreno.

$$\sigma = \frac{F}{\text{Diam. Prom.} * L} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

a) Resultado de ensayo de rotura de compresión a los 7 días

Tabla 26

Resistencia a la compresión 7 días con relación a/c 0.45.

Descripción	Días curado y rotura	Diam. prom. (cm)	Área (cm ²)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Promedio Esfuerzo (Kg/cm ²)	Tipo de falla
Concreto patrón	7	10.18	81.3	28,285	348	340	5
	7	10.15	80.9	27,547	340		5
	7	10.15	80.9	26,929	333		5
Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	7	10.20	81.7	26,218	321	331	5
	7	10.20	81.7	27,892	341		5
	7	10.20	81.7	27,145	332		2
Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	7	10.20	81.7	27,448	336	345	5
	7	10.20	81.7	29,219	358		5
	7	10.20	81.7	27,822	340		5
Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	7	10.18	81.3	29,929	368	351	2
	7	10.20	81.7	28,978	355		5
	7	10.20	81.7	26,912	329		2
Concreto con 5% SikaFume	7	10.20	81.7	28,450	348	360	5
	7	10.20	81.7	29,847	365		5
	7	10.20	81.7	29,953	367		5
Concreto con 10% SikaFume	7	10.18	81.3	33,193	408	403	5
	7	10.20	81.7	32,412	397		5
	7	10.20	81.7	32,907	403		5
Concreto con 15% SikaFume	7	10.20	81.7	35,292	432	410	5
	7	10.20	81.7	32,166	394		5
	7	10.25	82.5	33,393	405		5
Concreto con 20% SikaFume	7	10.20	81.7	31,814	389	369	5
	7	10.20	81.7	28,313	346		5
	7	10.20	81.7	30,352	371		5

Nota. Resistencia a compresión del concreto a los 7 días.

b) Resultado de de ensayo de rotura de compresión a los 28 días

Tabla 27

Resistencia a la compresión 28 días con relación a/c 0.45.

Descripción	Días curado y rotura	Diam prom (cm)	Área (cm ²)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Promedio Esfuerzo (Kg/cm ²)	Tipo de falla
Concreto patrón	28	10.25	82.5	36,339	440	438	2
	28	10.20	81.7	35,869	439		2
	28	10.25	82.5	35,894	435		2
Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	28	10.25	82.5	36,532	443	447	5
	28	10.20	81.7	36,726	449		2
	28	10.20	81.7	36,925	452		5
Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	28	10.25	82.5	38,132	462	467	5
	28	10.20	81.7	38,376	470		2
	28	10.20	81.7	38,444	470		5
Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	28	10.25	82.5	38,783	470	468	5
	28	10.20	81.7	38,628	473		5
	28	10.20	81.7	37,702	461		5
Concreto con 5% SikaFume	28	10.20	81.7	37,868	463	472	5
	28	10.20	81.7	38,262	468		5
	28	10.20	81.7	39,634	485		5
Concreto con 10% SikaFume	28	10.20	81.7	43,865	537	527	5
	28	10.20	81.7	43,004	526		5
	28	10.20	81.7	42,439	519		5
Concreto con 15% SikaFume	28	10.20	81.7	43,458	532	536	5
	28	10.20	81.7	42,935	525		5
	28	10.20	81.7	44,973	550		5
Concreto con 20% SikaFume	28	10.20	81.7	40,295	493	490	5
	28	10.20	81.7	40,219	492		5
	28	10.20	81.7	39,486	483		5

Nota. Resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

c) Resultado de ensayo de rotura de compresión a los 60 días

Tabla 28

Resistencia a la compresión 60 días con relación a/c 0.45.

Descripción	Días curado y rotura	Diam prom (cm)	Área (cm ²)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Promedio Esfuerzo (Kg/cm ²)	Tipo de falla
Concreto patrón	60	10.20	81.7	39,778	487	464	5
	60	10.20	81.7	35,666	436		5
	60	10.20	81.7	38,403	470		2
Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	60	10.20	81.7	41,130	503	486	5
	60	10.18	81.3	39,128	481		2
	60	10.18	81.3	38,418	472		5
Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	60	10.20	81.7	41,822	512	487	5
	60	10.20	81.7	36,969	452		5
	60	10.20	81.7	40,501	496		5
Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	60	10.20	81.7	42,166	516	511	5
	60	10.20	81.7	42,372	519		5
	60	10.20	81.7	40,731	498		5
Concreto con 5% SikaFume	60	10.20	81.7	42,738	523	517	2
	60	10.20	81.7	40,728	498		5
	60	10.20	81.7	43,312	530		2
Concreto con 10% SikaFume	60	10.25	82.5	43,383	526	570	2
	60	10.15	80.9	49,321	610		5
	60	10.20	81.7	46,961	575		2
Concreto con 15% SikaFume	60	10.18	81.3	45,969	565	582	5
	60	10.20	81.7	48,835	598		5
	60	10.18	81.3	47,469	584		5
Concreto con 20% SikaFume	60	10.20	81.7	48,130	589	561	2
	60	10.20	81.7	46,428	568		5
	60	10.20	81.7	43,072	527		5

Nota. Resistencia a compresión del concreto a los 60 días.

a) Resultado de ensayo de rotura de tracción a los 7 días

Tabla 29

Resistencia a la tracción 7 días con relación a/c 0.45.

Descripción	Días curado y rotura	Diam. prom. (cm)	Longitud (cm)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Promedio Esfuerzo (Kg/cm ²)
Concreto patrón	7	10.20	20.3	11,101	34	32
	7	10.25	20.3	9,711	30	
	7	10.25	20.2	10,383	32	
Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	7	10.20	20.6	10,695	32	34
	7	10.18	20.7	10,531	32	
	7	10.20	20.4	12,588	39	
Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	7	10.20	20.3	11,447	35	34
	7	10.20	20.2	11,181	35	
	7	10.25	20.1	10,902	34	
Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	7	10.20	20.7	11,237	34	35
	7	10.15	20.5	12,020	37	
	7	10.20	20.7	11,035	33	
Concreto con 5% SikaFume	7	10.20	20.3	10,985	34	35
	7	10.20	20.4	11,839	36	
	7	10.25	20.4	11,724	36	
Concreto con 10% SikaFume	7	10.18	20.3	12,076	37	38
	7	10.25	20.3	12,418	38	
	7	10.25	20.2	12,181	37	
Concreto con 15% SikaFume	7	10.20	20.3	14,696	45	43
	7	10.20	20.4	12,797	39	
	7	10.20	20.3	14,242	44	
Concreto con 20% SikaFume	7	10.20	20.5	11,488	35	37
	7	10.20	20.5	12,141	37	
	7	10.20	20.4	12,906	39	

Nota. Resistencia a la tracción del concreto a los 7 días.

b) Resultado de ensayo de rotura de tracción a los 28 días

Tabla 30

Resistencia a la tracción 28 días con relación a/c 0.45.

Descripción	Días curado y rotura	Diam. prom. (cm)	Longitud (cm)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Promedio Esfuerzo (Kg/cm ²)
Concreto patrón	28	10.20	20.3	12,192	37	38
	28	10.70	20.4	12,724	37	
	28	10.23	20.4	12,760	39	
Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	28	10.20	20.3	12,731	39	38
	28	10.20	20.2	12,538	39	
	28	10.25	20.4	11,868	36	
Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	28	10.18	20.3	11,958	37	38
	28	10.20	20.4	12,722	39	
	28	10.18	20.3	12,775	39	
Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	28	10.18	20.3	15,899	49	39
	28	10.20	20.3	11,334	35	
	28	10.20	20.4	10,896	33	
Concreto con 5% SikaFume	28	10.20	20.3	14,940	46	39
	28	10.25	20.3	11,385	35	
	28	10.20	20.2	12,001	37	
Concreto con 10% SikaFume	28	10.20	20.4	14,645	45	46
	28	10.20	20.4	15,179	46	
	28	10.15	20.3	14,655	45	
Concreto con 15% SikaFume	28	10.20	20.4	14,566	45	46
	28	10.20	20.3	15,252	47	
	28	10.20	20.3	15,211	47	
Concreto con 20% SikaFume	28	10.20	20.3	11,616	36	41
	28	10.20	20.2	13,537	42	
	28	10.25	20.2	15,127	47	

Nota. Resistencia a la tracción del concreto a los 28 días.

c) Resultado de ensayo de rotura de tracción a los 60 días

Tabla 31

Resistencia a la tracción 60 días con relación a/c 0.45.

Descripción	Días curado y rotura	Diam. prom. (cm)	Longitud (cm)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Promedio Esfuerzo (Kg/cm ²)
Concreto patrón	60	10.20	20.7	14,504	44	41
	60	10.15	20.4	12,234	38	
	60	10.20	20.7	13,669	41	
Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	60	10.20	20.3	14,814	46	41
	60	10.20	20.4	12,586	39	
	60	10.20	20.4	12,802	39	
Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	60	10.20	21.2	14,186	42	42
	60	10.20	21.0	13,815	41	
	60	10.20	21.2	14,220	42	
Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	60	10.20	20.4	13,661	42	42
	60	10.20	20.3	13,506	42	
	60	10.15	20.3	13,745	42	
Concreto con 5% SikaFume	60	10.18	20.4	14,322	44	43
	60	10.20	20.4	13,948	43	
	60	10.20	21.4	14,245	42	
Concreto con 10% SikaFume	60	10.20	20.3	15,343	47	47
	60	10.20	20.3	15,852	49	
	60	10.20	21.3	15,549	46	
Concreto con 15% SikaFume	60	10.20	20.3	17,200	53	47
	60	10.20	20.3	12,616	39	
	60	10.20	20.4	16,436	50	
Concreto con 20% SikaFume	60	10.20	21.3	14,688	43	43
	60	10.20	21.3	13,987	41	
	60	10.20	21.3	15,688	46	

Nota. Resistencia a la tracción del concreto a los 60 días.

4.1.4.2. Resistencia a compresión

Se determinó la resistencia a compresión del concreto patrón y concreto con adición de microsílíce y microfibras de polipropileno a los 7, 28 y 60 días, obteniendo los resultados que se detallan en la tabla 32.

Tabla 32

Resistencia a compresión de concreto patrón.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	277.38	348	
M2	7	270.14	340	340
M3	7	264.08	333	
M4	28	356.36	440	
M5	28	351.75	439	438
M6	28	352.00	435	
M7	60	390.09	487	
M8	60	349.76	436	464
M9	60	376.60	470	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto patrón a los 7, 28 y 60 días fue de 340 kg/cm², 438 kg/cm² y 464 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 33 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 5% microsílíce y 0.5% microfibra.

Tabla 33

Resistencia a compresión de concreto + 5% microsílíce + 0.5% microfibra.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
----------------	--------------------	--------------------------	--	---

M1	7	257.11	321	
M2	7	273.52	341	331
M3	7	266.20	332	
M4	28	358.26	443	
M5	28	360.16	449	448
M6	28	362.12	452	
M7	60	403.35	503	
M8	60	383.71	481	485
M9	60	376.75	472	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 5% microsílíce + 0.5% microfibrá a los 7, 28 y 60 días fue de 331 kg/cm², 448 kg/cm² y 485 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 34 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 10% microsílíce y 1.0% microfibrá.

Tabla 34

Resistencia a compresión de concreto + 10% microsílíce+1.0% microfibrá.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	269.17	336	
M2	7	286.54	358	345
M3	7	272.84	340	
M4	28	373.94	462	
M5	28	376.34	470	467
M6	28	377.01	470	
M7	60	410.13	512	487

M8	60	362.54	452
M9	60	397.18	496

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 10% microsíllice+1.0% microfibra a los 7, 28 y 60 días fue de 345 kg/cm², 467 kg/cm² y 487 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 35 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 5% microsíllice y 300 gr/m³ de microfibra.

Tabla 35

Resistencia a compresión de concreto + 5% microsíllice +300 gr/m³ microfibra.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	293.50	368	
M2	7	284.18	355	351
M3	7	263.92	329	
M4	28	380.33	470	
M5	28	378.81	473	468
M6	28	369.73	461	
M7	60	413.51	516	
M8	60	415.53	519	511
M9	60	399.43	498	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 5% microsíllice+300 gr/m³ microfibra a los 7, 28 y 60 días fue de 351 kg/cm², 468 kg/cm² y 511 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 36 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 5% microsíllice.

Tabla 36*Resistencia a compresión de concreto + 5% microsílíce.*

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	279.00	348	
M2	7	292.70	365	360
M3	7	293.74	367	
M4	28	371.36	463	
M5	28	375.22	468	472
M6	28	388.68	485	
M7	60	419.11	523	
M8	60	399.41	498	517
M9	60	424.74	530	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 5% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 360 kg/cm², 472 kg/cm² y 517 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 37 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 5% microsílíce.

Tabla 37*Resistencia a compresión de concreto + 10% microsílíce.*

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	325.51	408	
M2	7	317.86	397	403
M3	7	322.71	403	

M4	28	430.17	537	
M5	28	421.72	526	527
M6	28	416.19	519	
M7	60	425.44	526	
M8	60	483.67	610	570
M9	60	460.53	575	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 10% microsilíce a los 7, 28 y 60 días fue de 360 kg/cm², 472 kg/cm² y 517 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 38 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 5% microsilíce.

Tabla 38

Resistencia a compresión de concreto + 15% microsilíce.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	346.09	432	
M2	7	315.44	394	410
M3	7	327.47	405	
M4	28	426.18	532	
M5	28	421.05	525	536
M6	28	441.04	550	
M7	60	450.80	565	
M8	60	478.90	598	582
M9	60	465.51	584	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 15% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 410 kg/cm², 536 kg/cm² y 582 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 39 se aprecian los resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 5% microsílíce.

Tabla 39

Resistencia a compresión de concreto + 20% microsílíce.

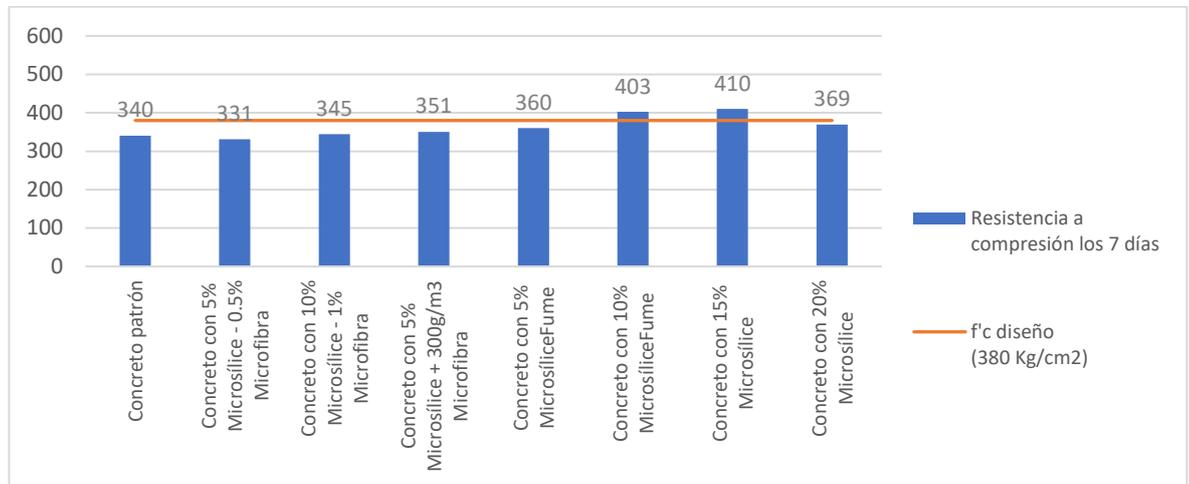
Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Resistencia a la compresión promedio kg/cm²
M1	7	311.99	389	
M2	7	277.65	346	369
M3	7	297.66	371	
M4	28	395.16	493	
M5	28	394.42	492	489
M6	28	387.23	483	
M7	60	471.99	589	
M8	60	455.30	568	561
M9	60	422.39	527	

Nota. La resistencia a compresión promedio del concreto + 20% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 369 kg/cm², 489 kg/cm² y 561 kg/cm² respectivamente.

Realizando una comparación entre los resultados obtenidos, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsílíce obtuvo mayor resistencia a compresión a los 7 días, en comparación al concreto patrón y los otros grupos experimentales.

Figura 10.

Comparación de la resistencia a compresión a los 7 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.

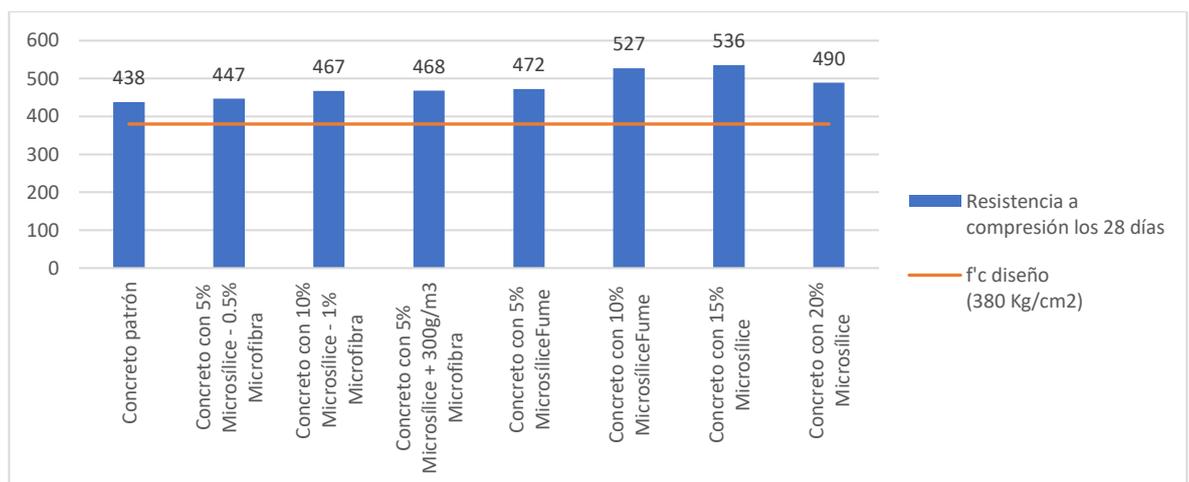


Nota. Elaboración propia.

Realizando una comparación entre los resultados obtenidos, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsílíce obtuvo mayor resistencia a compresión a los 28 días, en comparación al concreto patrón y los otros grupos experimentales.

Figura 11.

Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.

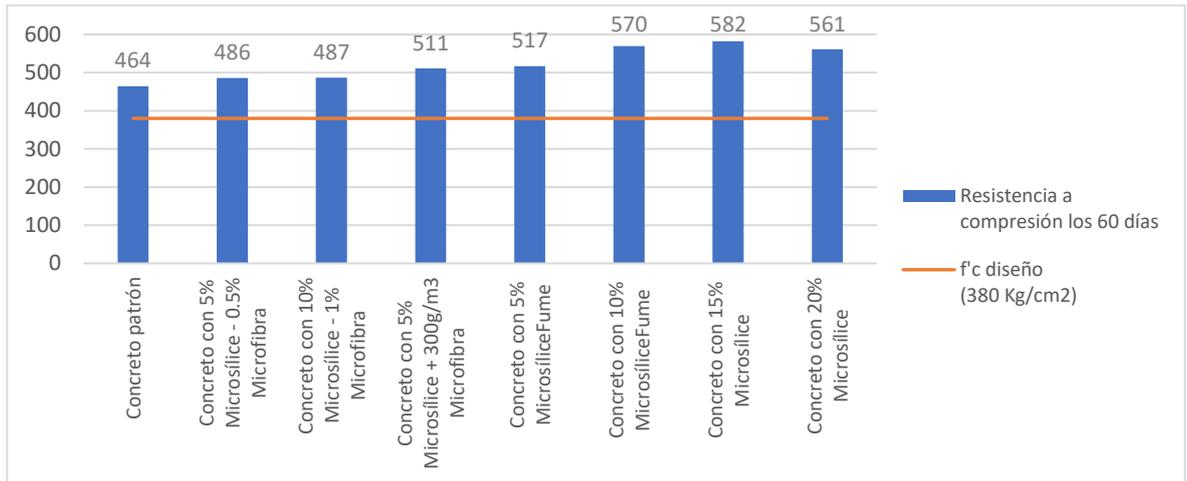


Nota. Elaboración propia.

Por último, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsilíce obtuvo mayor resistencia a compresión a los 60 días, en comparación al concreto patrón y los otros grupos experimentales.

Figura 12.

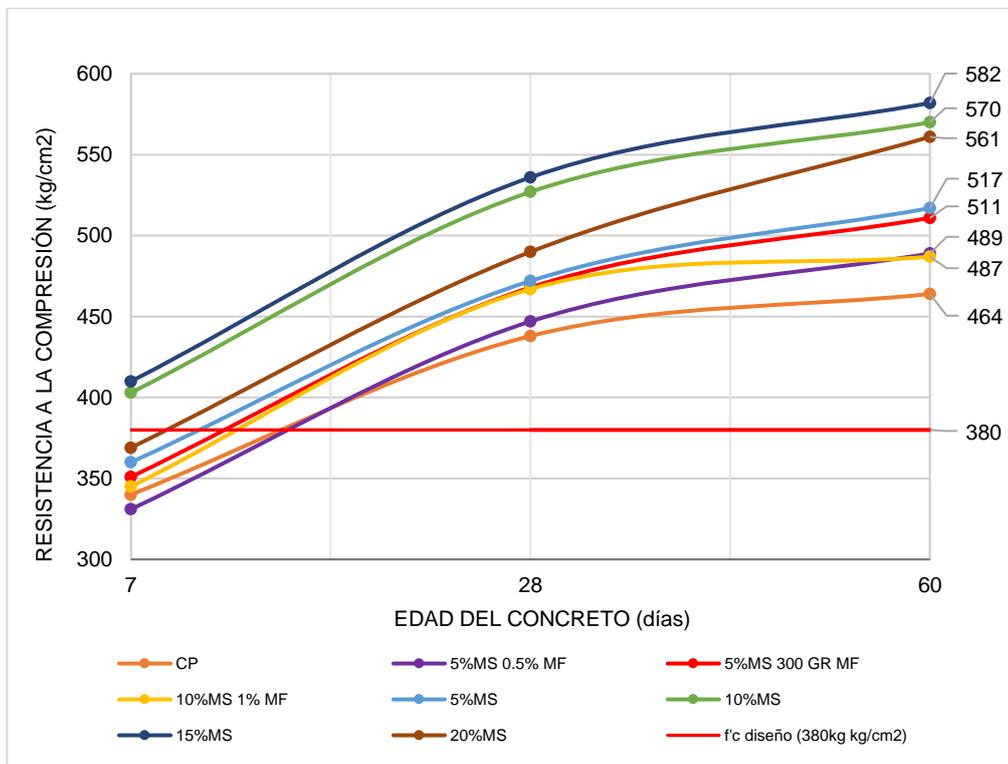
Comparación de la resistencia a compresión a los 60 días con y sin la adición de microsilíce y microfibras.



Nota. Elaboración propia.

Figura 13.

Comparación de curvas de desarrollo de resistencia a compresión.



Nota. Elaboración propia.

Analizando los resultados, se puede determinar la mezcla óptima que combine los beneficios de la microsílíce (MS) y la microfibrá de polipropileno (MF), o únicamente la microsílíce (MS) si se obtienen mayores beneficios. Para lograr esto, se tienen en cuenta varios factores, tales como la resistencia en diferentes edades y el equilibrio en las propiedades del concreto autocompactante, de manera que la microsílíce incremente la estabilidad reduciendo la movilidad del agua dentro de la matriz del concreto y aumente la resistencia, favoreciendo así la incorporación de la microfibrá que contribuye a mejorar la capacidad de paso a través de los refuerzos de acero y reduce la aparición de fisuras resultantes de la contracción temprana del concreto.

La mezcla de concreto autocompactante con 15% de microsílíce (MS) alcanza la mayor resistencia a los 60 días (582 kg/cm²). Esta mezcla podría considerarse la óptima en términos de resistencia.

La mezcla con 5% de MS y 0.5% de microfibrá de polipropileno alcanzó una resistencia máxima de 489 kg/cm² a los 60 días, valor que la ubica como una buena opción si se busca una mezcla con una resistencia a la compresión aceptable y una significativa resistencia al fuego, La mejora en la resistencia al fuego se atribuye específicamente a la microfibrá, cuya proporción empleada se encuentra dentro del rango recomendado según la hoja técnica, respaldando el propósito de la dosis utilizada.

La mezcla con 5% de microsílíce (MS) y 300 gramos de microfibrá (MF) por metro cúbico de concreto alcanzó una resistencia máxima de 511 kg/cm² a los 60 días, valor que la ubica como una buena opción si se busca una mezcla con una resistencia aceptable y menor contenido de microsílíce.

Las mezclas con menor contenido de microsílíce y microfibrá pueden resultar más económicas y sencillas de aplicar. En particular, la mezcla con un 5% de microsílíce (MS) y 300 g/m³ de microfibrá (MF) logra una resistencia de 511 kg/cm² a los 60 días, al mismo tiempo que disminuye la incidencia de fisuras. Esta alternativa podría considerarse como una opción intermedia que equilibra rendimiento y facilidad de aplicación.

4.1.4.3. Resistencia a tracción.

Se determinó la resistencia a tracción del concreto patrón y concreto con adición de microsílíce y microfibras de polipropileno a los 7, 28 y 60 días, obteniendo los resultados que se detallan en la tabla 40.

Tabla 40

Resistencia a tracción de concreto patrón.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	11,101	34	
M2	7	9,7110	30	31.9
M3	7	10,383	32	
M4	28	12,192	37	
M5	28	12,724	37	37.8
M6	28	12,760	39	
M7	60	14,504	44	
M8	60	12,234	38	40.9
M9	60	13,669	41	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto patrón a los 7, 28 y 60 días fue de 31.9 kg/cm², 37.8 kg/cm² y 40.9 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 41 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 5% microsílíce y 0.5% microfibra.

Tabla 41

Resistencia a tracción de concreto + 5% microsílíce + 0.5% microfibra.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
----------------	--------------------	--------------------------	--	---

M1	7	10,695	32	
M2	7	10,531	32	34.2
M3	7	12,588	39	
M4	28	12,731	39	
M5	28	12,538	39	38.0
M6	28	11,868	36	
M7	60	14,814	46	
M8	60	12,586	39	41.1
M9	60	12,802	39	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 5% microsíllice + 0.5% microfibra a los 7, 28 y 60 días fue de 34.2 kg/cm², 38.0 kg/cm² y 41.1 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 42 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 10% microsíllice y 1% microfibra.

Tabla 42

Resistencia a tracción de concreto + 10% microsíllice + 1% microfibra.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	11,447	35	
M2	7	11,181	35	34.5
M3	7	10,902	34	
M4	28	11,958	37	
M5	28	12,722	39	38.4
M6	28	12,775	39	

M7	60	14,186	42	
M8	60	13,815	41	41.6
M9	60	14,220	42	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 10% microsíllice + 1% microfibras a los 7, 28 y 60 días fue de 34.5 kg/cm², 38.4 kg/cm² y 41.6 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 43 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 5% microsíllice y 300 gr/m³ de microfibras.

Tabla 43

Resistencia a tracción de concreto + 5% microsíllice + 300 gr/m³ microfibras.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	11,237	34	
M2	7	12,020	37	34.6
M3	7	11,035	33	
M4	28	15,899	49	
M5	28	11,334	35	39.1
M6	28	10,896	33	
M7	60	13,661	42	
M8	60	13,506	42	41.9
M9	60	13,745	42	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 5% microsíllice + 300 gr/m³ microfibras a los 7, 28 y 60 días fue de 34.6 kg/cm², 39.1 kg/cm² y 41.9 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 44 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 5% microsíllice.

Tabla 44*Resistencia a tracción de concreto + 5% microsílíce.*

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	10,985	34	
M2	7	11,839	36	35.2
M3	7	11,724	36	
M4	28	14,940	46	
M5	28	11,385	35	39.3
M6	28	12,001	37	
M7	60	14,322	44	
M8	60	13,948	43	42.7
M9	60	14,245	42	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 5% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 35.2 kg/cm², 39.3 kg/cm² y 42.7 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 45 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 10% microsílíce.

Tabla 45*Resistencia a tracción de concreto + 10% microsílíce.*

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	12,076	37	37.6
M2	7	12,418	38	

M3	7	12,181	37	
M4	28	14,645	45	
M5	28	15,179	46	45.5
M6	28	14,655	45	
M7	60	15,343	47	
M8	60	15,852	49	47.2
M9	60	15,549	46	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 10% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 37.6 kg/cm², 45.5 kg/cm² y 47.2 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 46 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 15% microsílíce.

Tabla 46

Resistencia a tracción de concreto + 15% microsílíce.

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	14,696	45	
M2	7	12,797	39	42.7
M3	7	14,242	44	
M4	28	14,566	45	
M5	28	15,252	47	46.1
M6	28	15,211	47	
M7	60	17,200	53	
M8	60	12,616	39	47.3

M9	60	16,436	50
----	----	--------	----

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 15% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 42.7 kg/cm², 46.1 kg/cm² y 47.3 kg/cm² respectivamente.

En la Tabla 47 se aprecian los resultados de resistencia a tracción del concreto con adición del 20% microsílíce.

Tabla 47

Resistencia a tracción de concreto + 20% microsílíce.

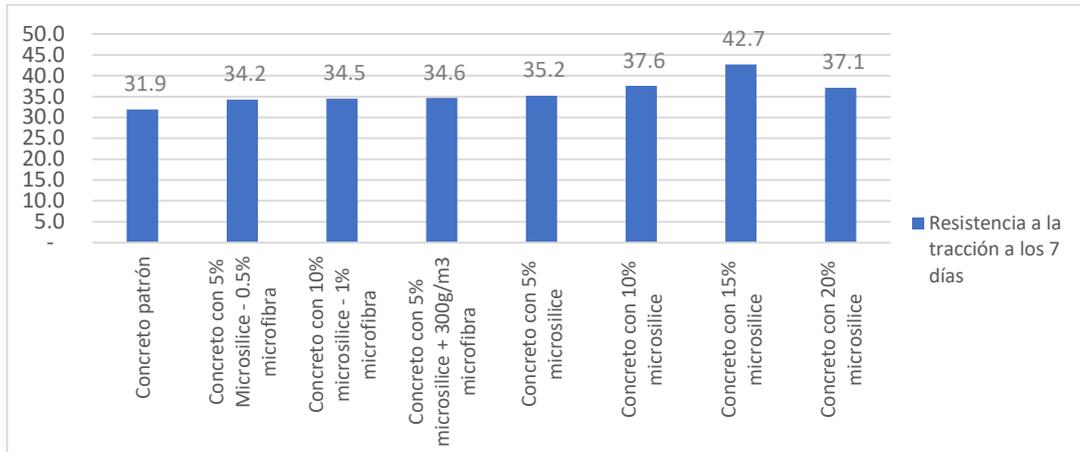
Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción kg/cm²	Resistencia a la tracción promedio kg/cm²
M1	7	11,488	35	
M2	7	12,141	37	37.1
M3	7	12,906	39	
M4	28	11,616	36	
M5	28	13,537	42	41.3
M6	28	15,127	47	
M7	60	14,688	43	
M8	60	13,987	41	43.3
M9	60	15,688	46	

Nota. La resistencia a tracción promedio del concreto + 20% microsílíce a los 7, 28 y 60 días fue de 37.1 kg/cm², 41.3 kg/cm² y 43.3kg/cm² respectivamente.

Realizando una comparación entre los resultados obtenidos, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsílíce obtuvo mayor resistencia a tracción a los 7 días, en comparación al concreto patrón y los otros grupos experimentales.

Figura 14.

Comparación de la resistencia a tracción a los 7 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.

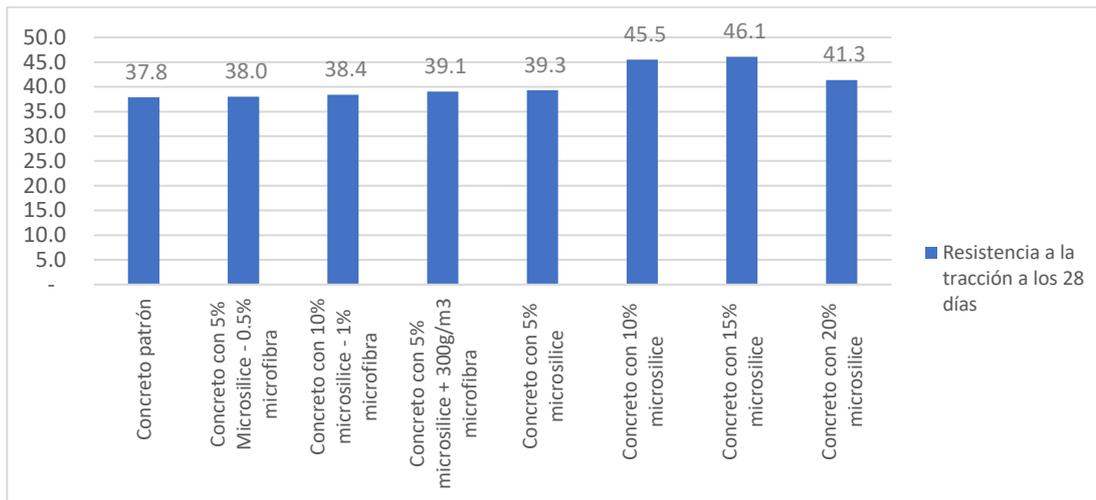


Nota. Elaboración propia.

Realizando una comparación entre los resultados obtenidos, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsílíce obtuvo mayor resistencia a tracción a los 28 días, en comparación al concreto patrón y los otros grupos experimentales.

Figura 15.

Comparación de la resistencia a tracción a los 28 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.

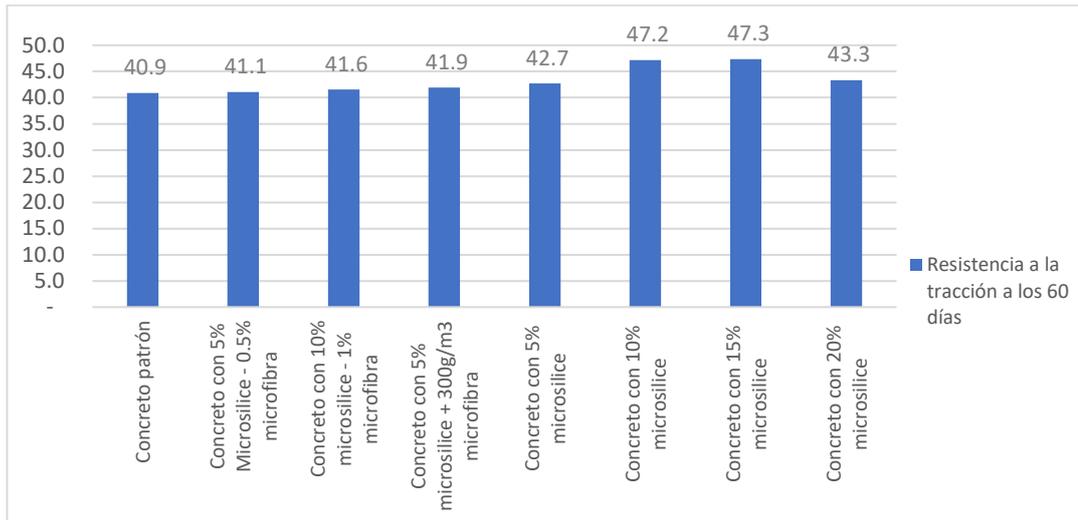


Nota. Elaboración propia.

Por último, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsílíce obtuvo mayor resistencia a tracción a los 60 días, en comparación al concreto patrón y los otros grupos experimentales.

Figura 16.

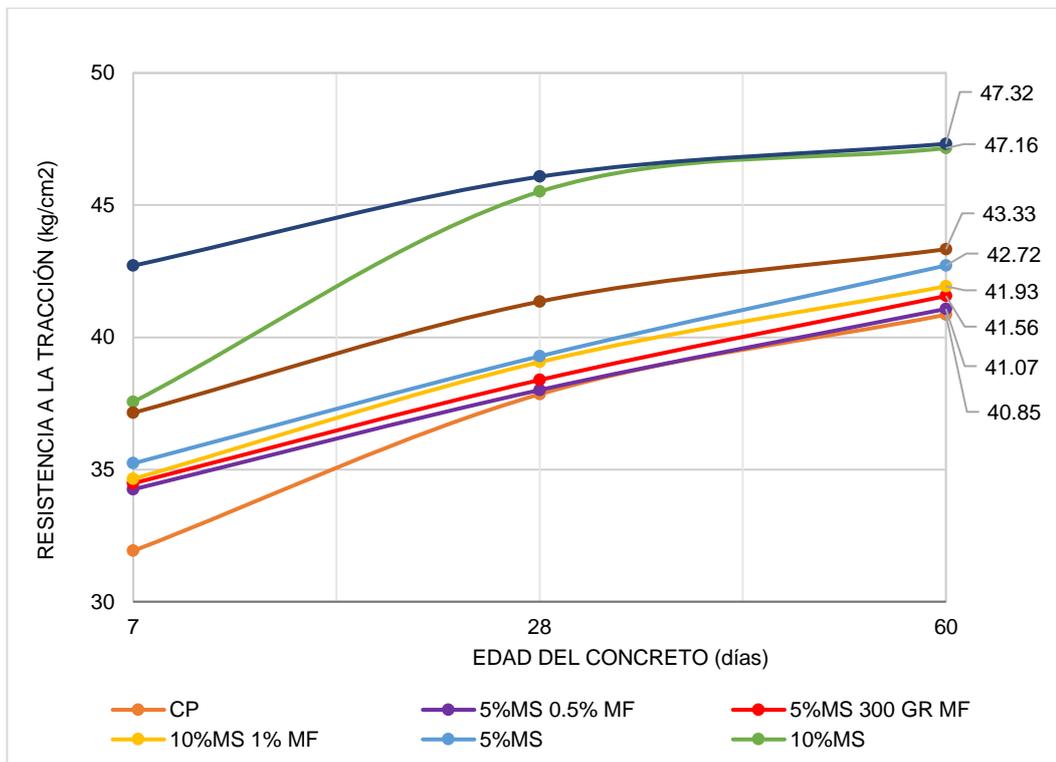
Comparación de la resistencia a tracción a los 60 días con y sin la adición de microsílíce y microfibra.



Nota. Elaboración propia.

Figura 17.

Comparación de curvas de desarrollo de resistencia a tracción.



Nota. Elaboración propia.

Analizando los resultados, se busca redefinir la mezcla óptima considerando el criterio de resistencia a la tracción.

La mezcla de concreto autocompactante con 15% de microsílíce (MS) alcanza la mayor resistencia inicial y a los 60 días se consolida con resistencia a la tracción de 47.32 kg/cm². Esta mezcla podría considerarse la óptima en términos de resistencia a tracción, sobre todo a edades tempranas.

La mezcla con 5% de MS y 0.5% de microfibras de polipropileno (MF) presenta una de las resistencias más bajas con respecto a esfuerzos de tracción a los que se refiere, logrando alcanzar tan solo una resistencia máxima de 41.07 kg/cm² a los 60 días, caso opuesto si se evalúa bajo el criterio de su resistencia a compresión.

La mezcla con 5% de microsílíce (MS) y 300 gramos de microfibras (MF) por metro cúbico de concreto alcanzó una resistencia máxima de 41.56 kg/cm² a los 60 días, presentando valores muy cercanos al diseño de mezcla con 5% de MS y 0.5 % de microfibras de polipropileno. Es necesario acotar que ambas mezclas presentan una mejora aproximada del 1% de resistencia a la tracción con respecto a la del concreto patrón (CP) que logra alcanzar una resistencia de 40.85 kg/cm² a los 60 días.

La mezcla con 10% de microsílíce (MS) surge como una opción interesante. Aunque inicialmente la resistencia a la tracción es notablemente inferior a la mezcla con un 15% de microsílíce (MS), esta diferencia se reduce progresivamente. A los 60 días, la mezcla con 10% de microsílíce (MS) muestra una resistencia a la tracción de 47.16 kg/cm², evidenciando valores similares bajo un tiempo prolongado.

4.1.4 Costo y beneficio del diseño de mezcla con el óptimo porcentaje de adiciones de microsílíce y polipropileno.

En la tabla 48, se detalla el costo de los materiales que se emplearon en el concreto autocompactante sin y con la adición de 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M.

Tabla 48*Costo de los materiales por m³.*

Material	Costo por m ³
Cemento Pacasmayo	S/ 776.47
Agregado fino	S/ 227.27
Agregado grueso	S/ 222.22
Sika® Viscocrete®-1110	S/ 8,752.94
Microsílice	S/ 7,720.00
Microfibra de polipropileno	S/ 46,666.67

Nota. Para el diseño de mezcla del concreto se empleó cemento Mochica Antisalitre MS, así mismo la microfibra fue de la marca Sika Fibermesh - 150, así mismo el microsíllice de la marca SikaFume.

En base a los costos identificados se determinó el costo del concreto autocompactante sin y con adición de 5% M +0.5% P, 10% M + 1% P, 5% M + 300 gr/m³ P, 5% M, 10% M, 15% M, 20% M. Los datos obtenidos se detallan en la tabla 49.

Tabla 49

Costo de los materiales que conforman cada diseño de mezcla de concreto autocompactante.

Material	Concreto patrón	Concreto con 5% de microsílíce y 0.5% de microfibra		Concreto con 10% de microsílíce y 1% de microfibra		Concreto con 5% de microsílíce y 300 gr/m ³ de microfibra		Concreto con 5% de microsílíce		Concreto con 10% de microsílíce		Concreto con 15% de microsílíce		Concreto con 20% de microsílíce		
		S/		S/		S/		S/		S/		S/		S/		
Cemento (m ³)	S/	119.46	S/	113.48	S/	107.51	S/	113.48	S/	113.48	S/	107.51	S/	101.54	S/	95.57
Ag. Fino (m ³)	S/	72.21	S/	72.21	S/	72.21	S/	72.21	S/	72.21	S/	72.21	S/	72.21	S/	72.21
Ag. Grueso (m ³)	S/	64.66	S/	64.66	S/	64.66	S/	64.66	S/	64.66	S/	64.66	S/	64.66	S/	64.66
Viscocrete (m ³)	S/	75.28	S/	71.77	S/	67.40	S/	71.77	S/	71.77	S/	67.40	S/	63.90	S/	60.40
Microsílíce (m ³)	-		S/	80.71	S/	161.42	S/	80.71	S/	80.71	S/	161.42	S/	242.13	S/	322.84
Microfibra(m ³)	-		S/	4,830.00	S/	9,660.00	S/	630.00	-		-		-		-	
Costo Total (S/.)	S/	331.60	S/	5232.83	S/	10,133.19	S/	1,032.83	S/	402.83	S/	473.19	S/	544.43	S/	615.66

Nota. La adición de microfibra representó un factor negativo en el diseño de concreto autocompactante con adición del 10% de microsílíce y 1% de microfibra, debido a que su elaboración implica un costo de S/ 10,133.19 para un 1m³ de dicha mezcla. Por otro lado, el concreto autocompactante con adición del 15% de microsílíce (óptima adición) tuvo un costo de S/. 544.43.

No existe un beneficio en cuanto a costo, debido a que el costo del patrón con los concretos de otras incorporaciones presenta grandes diferencias, como se muestra en la tabla 50. El beneficio que presenta es a largo plazo, dado que se brindará un concreto mejorado el cual tenga una mayor duración.

Tabla 50.

Diferencia del costo patrón con los diferentes porcentajes

ITEM	Costo		Diferencia	
Concreto con 5% de Microsílice y 0.5% de microfibras	S/	5.161,06	S/	4.904,74
Concreto con 10% de Microsílice y 1% de microfibras	S/	10.065,79	S/	9.809,47
Concreto con 5% de Microsílice y 300 gr/m ³ de microfibras	S/	961,06	S/	704,74
Concreto con 5% de microsílice	S/	331,06	S/	74,74
Concreto con 10% de microsílice	S/	405,79	S/	149,47
Concreto con 15% de microsílice	S/	480,53	S/	224,21
Concreto con 20% de microsílice	S/	555,27	S/	298,95

Nota. Elaboración propia

4.2. Docimasia de hipótesis

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico inferencial realizado en las pruebas de resistencia a compresión y tracción del concreto autocompactante.

4.2.1. Prueba de hipótesis en la resistencia a compresión del concreto.

Las hipótesis planteadas para la prueba de Shapiro-Wilk fueron las siguientes:

- Hipótesis nula (H₀): Los datos de la muestra tienen una distribución normal.
- Hipótesis alterna (H₁): Los datos de la muestra no tienen una distribución normal.
- Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Las hipótesis planteadas para la prueba de ANOVA fueron las siguientes:

- Hipótesis nula (H₀): Todas las muestras son iguales, no existe ningún efecto o cambio.
- Hipótesis alterna (H₁): Al menos 1 de las muestras de los ensayos es diferente a las demás, por tanto, si existe un efecto.
- Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Las hipótesis planteadas para la prueba post hoc de Tukey fueron las siguientes:

- Hipótesis nula (H₀): Las varianzas son iguales.
- Hipótesis alterna (H₁): Las varianzas no son iguales.
- Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

4.2.2. Análisis de Resistencia a Compresión a 7 días.

- **A 7 días.**

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk realizada a los resultados obtenidos en la resistencia a compresión del concreto autocompactante a la edad de 7 días, se identificó una significancia mayor a 0.05, lo cual significa que se tiene una conducta paramétrica, los resultados se reflejan en la tabla 51. Por ende, se realizó una prueba de ANOVA.

Tabla 51

Prueba de normalidad- Resistencia a compresión del concreto a los 7 días.

Shapiro-Wilk Muestra		Estadístico gl		Sig.
Compresión f'c ind (Kg/cm ²) 7 días	Concreto patrón	1,000	3	,983
	Concreto con 5% Microsílice - 0.5% Microfibra	,996	3	,882
	Concreto con 10% Microsílice - 1% Microfibra	,900	3	,385
	Concreto con 5% Microsílice + 300 gr/m ³ Microfibra	,970	3	,666
	Concreto con 5% Microsílice	,803	3	,121
	Concreto con 10% Microsílice	,999	3	,948
	Concreto con 15% Microsílice	,944	3	,543
	Concreto con 20% Microsílice	,991	3	,819

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.

Tabla 52

Prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17451,076	7	2493,011	11,953	,000
Dentro de grupos	3337,111	16	208,569	-	-
Total	20788,187	23	-	-	-

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 52, el nivel de significancia es igual a 0.00, siendo menor a 0.05, por ende, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. De acuerdo con ello, se concluyó que al menos una de las muestras de los ensayos es diferente a las demás. Por lo tanto, se demuestra que existe un efecto en la resistencia a compresión del concreto a la edad

de 7 días, sugiriendo así que las condiciones o variables evaluadas tuvieron un impacto significativo en la resistencia a la compresión del concreto en este tiempo determinado.

Tabla 53

Pruebas de homogeneidad de varianzas, resistencia a compresión 7 días.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Compresión f _c ind (Kg/cm ²) 7 días	Se basa en la media	1,303	7	16	,311
	Se basa en la mediana	,525	7	16	,803
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,525	7	10,74	,798
	Se basa en la media recortada	1,239	7	16	,339

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se muestran las pruebas de post hoc de tukey:

Tabla 54.

Pruebas de post hoc de Tukey resistencia a compresión 7 días.

(I) Estructura	(J) Estructura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto patrón	Concreto con 5% Microsílice - 0.5% Microfibra	8,90627	11,79179	,003	31,9187	49,7312
	Concreto con 10% Microsílice - 1% Microfibra	-4,28832	11,79179	,000	45,1133	36,5366
	Concreto con 5% Microsílice + 300g/m ³	-10,31750	11,79179	,004	51,1424	30,5075

Concreto con 5% Microsílice	-19,63369	11,79179	,008	60,4586	21,1913
Concreto con 10% Microsílice	-62,16282	11,79179	,002	102,9878	-21,3379
Concreto con 15% Microsílice	-69,70812	11,79179	,000	110,5331	-28,8832
Concreto con 20% Microsílice	-28,72734	11,79179	,008	69,5523	12,0976

Nota. Elaboración propia.

Se observó una significancia menor al 0.05 en todos los tratamientos, por lo que se aceptó la hipótesis alterna, indicando así que las varianzas no son iguales. Además, se pudo discernir a través de la diferencia de medias que la media de los tratamientos fueron superiores a la media de la medida de control (concreto patrón), lo que justifica la presencia de valores negativos y demuestran que el tratamiento realizado ejerce una influencia positiva a la edad de 7 días, a excepción del concreto con 5% Microsílice - 0.5% Microfibra. Estos resultados se detallan en la tabla 54.

En resumen, estos resultados sugieren que en su mayoría las diferentes condiciones o tratamientos aplicados a cada grupo tienen un efecto positivo en la variable de medida.

4.2.3. Análisis de la Resistencia a Compresión a 28 días.

- **A 28 días.**

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk realizada a los resultados obtenidos en la resistencia a compresión del concreto autocompactante a la edad de 28 días, se identificó una significancia mayor a 0.05, lo cual significa que se tiene una conducta paramétrica, los resultados se reflejan en la tabla 55. Por ende, se realizó una prueba de ANOVA.

Tabla 55

Prueba de normalidad- Resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

Shapiro-Wilk	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
Compresión f'c ind (Kg/cm ²) 28 días	Concreto patrón	,931	3	,493
	Concreto con 5% Microsílice - 0.5% Microfibra	,932	3	,498
	Concreto con 10% Microsílice - 1% Microfibra	,824	3	,174
	Concreto con 5% Microsílice + 300 gr/m ³ Microfibra	,917	3	,443
	Concreto con 5% Microsílice	,907	3	,408
	Concreto con 10% Microsílice	,986	3	,771
	Concreto con 15% Microsílice	,927	3	,477
	Concreto con 20% Microsílice	,820	3	,162

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

Tabla 56

Prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	25805,896	7	3686,557	60,159	,000
Dentro de grupos	980,491	16	61,281	-	-
Total	26786,387	23	-	-	-

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 56, el nivel de significancia es igual a 0.00 lo que es menor que el umbral estándar 0.05. Por ende, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. De acuerdo con eso, se pudo concluir que al menos una de las muestras de los ensayos es diferente a las demás. Por lo tanto, se demuestra que existe un efecto en la resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

Tabla 57*Pruebas de homogeneidad, resistencia a compresión 28 días.*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Compresión f'c ind (Kg/cm2) 28 días	Se basa en la media	2,020	7	16	,116
	Se basa en la mediana	,485	7	16	,832
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,485	7	10,737	,825
	Se basa en la media recortada	1,845	7	16	,147

A continuación, se observan los resultados obtenidos de la prueba de post hoc de Tukey en resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

Tabla 58.*Pruebas de post hoc de Tukey resistencia a compresión 28 días.*

(I) Estructura	(J) Estructura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto patrón	Concreto con 5% Microsílice - 0.5% Microfibra	-9,91574	6,39170	,770	-32,0448	12,2133
	Concreto con 10% Microsílice - 1% Microfibra	-29,29889	6,39170	,006	-51,4279	-7,1699
	Concreto con 5% Microsílice + 300g/m3	-29,93052	6,39170	,005	-52,0595	-7,8015
	Concreto con 5% Microsílice	-34,12834	6,39170	,001	-56,2574	-11,9993
	Concreto con 10% Microsílice	-89,37629	6,39170	,000	-111,5053	-67,2473

Concreto con 15% Microsílice	-97,77477	6,39170	,000	-119,9038	-75,6457
Concreto con 20% Microsílice	-51,40890	6,39170	,000	-73,5379	-29,2799

Nota. Elaboración propia.

Se observó una significancia menor al 0.05 en todos los tratamientos, por lo que se aceptó la hipótesis alterna, indicando así que las varianzas no son iguales. Además, se pudo discernir a través de la diferencia de medias que la media de los tratamientos fueron superiores a la media de la medida de control (concreto patrón), lo que justifica la presencia de valores negativos y demuestran que el tratamiento realizado ejerce una influencia positiva a la edad de 28 días. Estos resultados se detallan en la tabla 58.

En resumen, estos resultados sugieren que las diferentes condiciones o tratamientos aplicados a cada grupo tienen un efecto positivo en la variable de medida.

4.2.4. Análisis de la Resistencia a Compresión a 60 días.

- **A 60 días.**

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk realizada a los resultados obtenidos en la resistencia a compresión del concreto autocompactante a la edad de 60 días, se identificó una significancia mayor a 0.05, lo cual significa que se tiene una conducta paramétrica, los resultados se reflejan en la tabla 59. Por ende, se realizó una prueba de ANOVA.

Tabla 59

Prueba de normalidad, Resistencia a compresión del concreto a los 60 días.

Shapiro-Wilk	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
	Concreto patrón	,965	3	,639
Compresión f'c ind	Concreto con 5% Microsílice + 0.5% Microfibra	,941	3	,531

(Kg/cm ²) 60 días	Concreto con 10% Microsílice + 1% Microfibra	,935	3	,509
	Concreto con 5% Microsílice + 300 gr/m ³ Microfibra	,842	3	,220
	Concreto con 5% Microsílice	,907	3	,407
	Concreto con 10% Microsílice	,991	3	,815
	Concreto con 15% Microsílice	,993	3	,843
	Concreto con 20% Microsílice	,966	3	,644

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 60 días.

Tabla 60

Prueba de Anova en la resistencia a compresión del concreto a los 60 días.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	40556,593	7	5793,799	8,787	,000
Dentro de grupos	10549,662	16	659,354	-	-
Total	51106,255	23	-	-	-

Nota. Elaboración propia.

La tabla 60 muestra que el nivel de significancia es igual a 0.00 siendo menor al umbral crítico de 0.05. Esto llevó a rechazar la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. Por ende, se pudo concluir que al menos una de las muestras de los ensayos es diferente a las demás. Por lo tanto, se demuestra que existe un efecto en la resistencia a compresión del concreto a la edad de 60 días.

Tabla 61.

Pruebas de homogeneidad de varianzas, resistencia a compresión 60 días.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,142	7	16	,386

Compresión f'c ind (Kg/cm2) 60 días	Se basa en la mediana	,530	7	16	,800
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,530	7	11,015	,795
	Se basa en la media recortada	1,094	7	16	,412

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados obtenidos de la prueba de post hoc de Tukey en resistencia a compresión del concreto a los 60 días.

Tabla 62

Pruebas de post hoc de Tukey resistencia a compresión 60 días.

(I) Estructura	(J) Estructura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto patrón	Concreto con 5% Microsilíce - 0.5% Microfibra	-21,25718	20,96591	,025	-93,8443	51,3300
	Concreto con 10% Microsilíce - 1% Microfibra	-22,21313	20,96591	,027	-94,8003	50,3740
	Concreto con 5% Microsilíce + 300g/m3	-46,59765	20,96591	,039	-119,1848	25,9895
	Concreto con 5% Microsilíce	-52,74985	20,96591	,026	-125,3370	19,8373
	Concreto con 10% Microsilíce	-105,58485	20,96591	,032	-178,1720	-32,9977
	Concreto con 15% Microsilíce	-117,83218	20,96591	,021	-190,4193	-45,2450

Concreto con					
20%	-97,01812	20,96591	,025	-169,6052	-24,4310
Microsilíce					

Nota. Elaboración propia.

Se observó una significancia menor al 0.05 en todos los tratamientos, por lo que se aceptó la hipótesis alterna, indicando así, que las varianzas no son iguales. Además, se pudo discernir a través de la diferencia de medias que la media de los tratamientos fueron superiores a la media de la medida de control (concreto patrón), lo que justifica la presencia de valores negativos y demuestran que los tratamientos realizados ejerce una influencia positiva a la de 60 días. Estos resultados se detallan en la tabla 62.

En resumen, estos resultados sugieren que las diferentes condiciones o tratamientos aplicados a cada grupo tienen un efecto positivo en la variable de medida.

4.2.5. Prueba de hipótesis en la resistencia a tracción del concreto.

Las hipótesis planteadas para la prueba de Shapiro-Wilk fueron las siguientes:

- Hipótesis nula (H₀): Los datos de la muestra no tienen una distribución normal.
- Hipótesis alterna (H₁): Los datos de la muestra tienen una distribución normal.

Las hipótesis planteadas para la prueba de ANOVA fueron las siguientes:

- Hipótesis nula (H₀): Todas las muestras son iguales, no existe ningún efecto o cambio.
- Hipótesis alterna (H₁): Al menos una de las muestras de los ensayos es diferente a las demás, por tanto, sí existe un efecto.

Las hipótesis planteadas para la prueba post hoc de Tukey fueron las siguientes:

- Hipótesis nula (H0): Las varianzas son iguales.
- Hipótesis alterna (H1): Las varianzas no son iguales.

4.2.6. Análisis de resistencia a tracción del concreto a 7 días.

- **A 7 días.**

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk realizada a los resultados obtenidos en la resistencia a tracción del concreto autocompactante a la edad de 7 días, se identificó una significancia mayor a 0.05, lo cual significa que se tiene una conducta paramétrica, los resultados se reflejan en la tabla 63. Por ende, se realizó una prueba de ANOVA.

Tabla 63

Prueba de normalidad, resistencia a tracción del concreto a los 7 días.

Shapiro-Wilk	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
	Concreto patrón	1,000	3	,998
	Concreto con 5% Microsílice + 0.5% Microfibra	,814	3	,148
	Concreto con 10% Microsílice + 1% Microfibra	,993	3	,845
Tracción f'c ind (Kg/cm ²) 7 días	Concreto con 5% Microsílice + 300 gr/m ³ Microfibra	,876	3	,312
	Concreto con 5% Microsílice	,903	3	,394
	Concreto con 10% Microsílice	,950	3	,568
	Concreto con 15% Microsílice	,912	3	,426
	Concreto con 20% Microsílice	,995	3	,870

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 7 días.

Tabla 64

Prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 7 días.

Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
-------------------	----	------------------	---	------

Entre grupos	219,550	7	31,364	6,341	,001
Dentro de grupos	79,146	16	4,947	-	-
Total	298,697	23	-	-	-

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 64, el nivel de significancia es igual a 0.01 siendo menor al umbral de 0.05 establecido. Esto lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Por ende, se pudo concluir que al menos una de las muestras de los ensayos es diferente a las demás. Por lo tanto, se demuestra que existe un efecto en la resistencia a compresión del concreto a la edad de 7 días.

Tabla 65

Pruebas de homogeneidad de varianzas de resistencia a la tracción a los 7 días.

		Estadístico de Levene	de gl1	gl2	Sig.
Tracción (Kg/cm ²) 7 días	Se basa en la media	2,518	7	16	,060
	Se basa en la mediana	,483	7	16	,833
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,483	7	6,637	,820
	Se basa en la media recortada	2,281	7	16	,082

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados obtenidos de la prueba de post hoc de Tukey en resistencia a tracción del concreto a los 7 días.

Tabla 66

Pruebas de post hoc de Tukey en resistencia a la tracción de 7 días.

(I) Estructura	(J) Estructura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior

	Concreto con 5% Microsílice - 0.5% Microfibra	-2,32740	1,81597	,033	-8,6146	3,9598
	Concreto con 10% Microsílice - 1% Microfibra	-2,55514	1,81597	,022	-8,8423	3,7320
	Concreto con 5% Microsílice + 300g/m ³	-2,72281	1,81597	,037	-9,0100	3,5644
Concreto patrón	Concreto con 5% Microsílice	-3,30856	1,81597	,016	-9,5957	2,9786
	Concreto con 10% Microsílice	-5,63314	1,81597	,027	-11,9203	,6540
	Concreto con 15% Microsílice	-10,78763	1,81597	,000	-17,0748	-4,5005
	Concreto con 20% Microsílice	-5,21995	1,81597	,014	11,5071	1,0672

Nota. Elaboración propia.

Se observó una significancia menor al 0.05 en todos los tratamientos, por lo que se aceptó la hipótesis alterna, indicando así, que las varianzas no son iguales. Además, se pudo discernir a través de la diferencia de medias que la media de los tratamientos eran superiores a la media de la medida de control (concreto patrón), lo que justifica la presencia de valores negativos y demuestran que los tratamientos realizados ejercen una influencia positiva a la de 60 días. Estos resultados se detallan en la tabla 66.

En resumen, estos resultados sugieren que las diferentes condiciones o tratamientos aplicados a cada grupo tiene un efecto positivo en la variable de medida.

4.2.7. Análisis de resistencia a tracción del concreto a 28 días.

- A 28 días.

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk realizada a los resultados obtenidos en la resistencia a tracción del concreto autocompactante a la edad de 28 días, se identificó una significancia mayor a 0.05, lo cual significa que se tiene una conducta paramétrica, los resultados se reflejan en la tabla 67. Por ende, se realizó una prueba de ANOVA.

Tabla 67

Prueba de normalidad- Resistencia a tracción del concreto a los 28 días.

Shapiro-Wilk	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
Tracción f_c ind (Kg/cm ²) 28 días	Concreto patrón	,896	3	,371
	Concreto con 5% Microsilice + 0.5% Microfibra	,848	3	,235
	Concreto con 10% Microsilice + 1% Microfibra	,879	3	,323
	Concreto con 5% Microsilice + 300 gr/m ³ Microfibra	,822	3	,167
	Concreto con 5% Microsilice	,894	3	,368
	Concreto con 10% Microsilice	,945	3	,547
	Concreto con 15% Microsilice	,790	3	,091
	Concreto con 20% Microsilice	,994	3	,854

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 28 días.

Tabla 68

Prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 28 días.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	233,683	7	33,383	1,826	,151
Dentro de grupos	292,572	16	18,286		
Total	526,255	23			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 68, el nivel de significancia es igual a 0.151, siendo mayor a 0.05. Esto llevó a rechazar la hipótesis alterna y aceptar la hipótesis nula, Por ende, se pudo concluir que todas las muestras son iguales. Por lo tanto, se demuestra que no existe un efecto en la resistencia a compresión del concreto a la edad de 28 días.

4.2.8. Análisis de Resistencia a tracción del concreto a 60 días.

- **A 60 días.**

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk realizada a los resultados obtenidos en la resistencia a tracción del concreto autocompactante a la edad de 60 días, se identificó una significancia mayor a 0.05, lo cual significa que se tiene una conducta paramétrica, los resultados se reflejan en la tabla 69. Por ende, se realizó una prueba de ANOVA.

Tabla 69

Prueba de normalidad- Resistencia a tracción del concreto a los 60 días.

Shapiro-Wilk	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
Tracción f'c ind (Kg/cm ²) 60 días	Concreto patrón	,990	3	,805
	Concreto con 5% Microsilice + 0.5% Microfibra	,819	3	,162
	Concreto con 10% Microsilice + 1% Microfibra	,841	3	,216
	Concreto con 5% Microsilice + 300 gr/m ³ Microfibra	,943	3	,540
	Concreto con 5% Microsilice	,999	3	,941
	Concreto con 10% Microsilice	1,000	3	,984
	Concreto con 15% Microsilice	,883	3	,332
	Concreto con 20% Microsilice	,990	3	,806

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 60 días.

Tabla 70

Prueba de Anova en la resistencia a tracción del concreto a los 60 días.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	141,513	7	20,216	1,768	,163
Dentro de grupos	182,950	16	11,434		
Total	324,462	23			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 70, el nivel de significancia es igual a 0.163, siendo mayor a 0.05. Esto llevó a rechazar la hipótesis alterna y aceptar la hipótesis nula, Por ende, se pudo concluir que todas las muestras son iguales. Por lo tanto, se demuestra que no existe un efecto en la resistencia a compresión del concreto a la edad de 60 días. Es decir, los datos evidencian que las diferentes condiciones aplicadas no generaron un efecto estadístico en la resistencia a tracción.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La adición de microfibra reduce el agrietamiento del concreto durante las primeras 24 horas después del colado, producto de la retracción plástica y autógena, y mejora las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, actuando como refuerzo secundario. En este punto se concuerda con Orouji y Najaf (2023), quienes en su investigación se enfocaron en evaluar la viabilidad del uso de barras de refuerzo de GFRP y fibras de polipropileno como alternativas sostenibles a las barras de refuerzo de acero en el hormigón de alto rendimiento, obteniendo como resultados que el uso simultáneo de fibras de polipropileno y barras de refuerzo de GFRP logra la misma resistencia a la flexión que las barras de refuerzo de acero. Del mismo modo, concuerda con Akhmetov et al. (2022), quienes en su investigación examinan la conveniencia del refuerzo disperso en el hormigón autocompactante (SCC) mediante el uso de fibras para aumentar sus parámetros físicos y técnicos. Los resultados sugieren que la adición de fibras de 9-15 mm en una cantidad de 1-2 kg por 1 m³ de mezcla de hormigón mejora la resistencia a la flexión en un 10% y reduce las deformaciones por retracción en un 75%. Es por ello que se llega a determinar que el uso de microfibras permite incrementar la resistencia de un concreto autocompactante debido a sus características sintéticas, permitiendo impartir refuerzo ante las tensiones internas, producto de la pérdida de agua. Debido a ello, se forma una distribución uniforme en el concreto, brindando al elemento la aparición de deformaciones y fisuras.

En la caracterización de los agregados finos y gruesos se tuvo un módulo de fineza de 2.74 y 6.23, humedad de 1.40% y 0.6%, peso unitario compactado de 1866 kg/m³ y 1657 kg/m³, peso unitario suelto de 166 kg/m³ y 1518 kg/m³, absorción de 0.2% y 1.8%. Lo cual concuerda con Aquino (2019), el cual presenta una caracterización de agregado fino un peso específico de masa de 2.60 g/cm³, peso específico saturado de 2.63 g/cm³, peso específico aparente de 2.69 g/cm³, peso unitario suelto seco 1635.38 kg/cm³, peso unitario compactado seco 1812.86 kg/cm³, humedad natural 3.84% y absorción de 1.24%. También con Dávila & Ochoa (2022) en su caracterización de agregados de su agregado fino y agregado grueso, un

módulo de finura de 2.68 y 6.54, peso específico de 2.726 y 2.682 kg/m³, absorción de 0.91% y 1.01%, peso unitario suelto de 1.638 y 1.397 kg/m³, compactado de 1.861 y 1.522 kg/m³ y contenido de humedad de 0.74% y 0.34%. Por tanto, se llega a determinar que los ensayos de caracterización de agregados son importantes para poder realizar un buen diseño de mezcla, las particulares cambian debido a la cantera de obtención de agregado fino y agregado grueso. Por otro lado, se concuerda con Aquino (2019) en la obtención del material de microsílíce y microfibras de polipropileno, dado que han tomado la muestra de la misma fuente que es SIKAFUME, las cuales cumplen con la norma ASTM C 1240 y ASTM C 1116.

El diseño de mezcla del concreto autocompactante contó con una relación de a/c de 0.45. Esto influye en el volumen de microsílíce y microfibras de polipropileno obtenido debido a que reemplaza al cemento según los porcentajes de sustitución indicados en la presente tesis. En este sentido, concuerda con Aquino (2019), quien en su estudio investigó la influencia de la adición de microsílíce y microfibras de polipropileno en la resistencia a la compresión y flexión en morteros utilizados en ingeniería civil. Para el desarrollo de su tesis, realizó la adición de 5% de microsílíce y 100 gr/m³ de microfibras de polipropileno en morteros de proporción 1:4, 1:5 y 1:6. Asimismo, concuerda con Mendoza (2017), quien en su tesis examinó cómo la inclusión de microsílíce industrial como Sika Fume y Silica Fume QS afecta la resistencia a la compresión y capilaridad de morteros elaborados con cemento tipo V, utilizando diferentes relaciones de cemento: arena (c:a) y porcentajes de adición de microsílíce. También agregó el aditivo acelerante Accelguard 80 de QSI en una proporción del 1.5%. Por lo cual se llega a determinar que el tipo de diseño de mezcla es diferente ya que uno es un concreto autocompactante y el otro es un mortero, pero coinciden que la microsílíce es el que reemplaza el cemento en un determinado porcentaje, este presenta características de la ASTM C 1240 y es de sikafume.

Con la adición del 5% de microsílíce se obtuvo una mayor extensibilidad en el concreto, mientras que con el 15% de microsílíce se obtuvo mayor flujo. En este sentido, concuerda con Aquino (2019), quien, en su tesis, al adicionar microsílíce y microfibras de polipropileno en el mortero

de concreto, obtuvo una trabajabilidad adecuada, lo cual resultó ser relevante para mejorar la calidad y resistencia de morteros en diferentes tipos de obras de ingeniería civil. Asimismo, concuerda con Dávila y Ochoa (2022), quienes en su estudio evaluaron cómo la microsílíce y el plastificante afectan las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con relación a/c 0.50 para fines de cimentación. De esta manera observaron que la muestra de concreto patrón tuvo un asentamiento de 7", mientras que con el porcentaje óptimo de microsílíce (5.00% de Sika Fume) tuvieron un asentamiento de 5 ¾". Se llega a determinar que la adición de microsílíce presenta grandes mejoras en las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante.

Realizando una comparación entre los resultados obtenidos, se puede decir que el concreto con adición del 15% de microsílíce obtuvo mayor resistencia a compresión a los 7, 28 y 60 días, en comparación con el concreto patrón. En este sentido, concuerda con García y Gutiérrez (2022), quienes en su investigación plantearon como objetivo principal determinar cómo la adición de microsílíce afecta la resistencia del concreto. Los resultados indicaron que la adición del 10% de microsílíce logró los mayores niveles de resistencia mecánica en comparación con el diseño patrón. En conclusión, encontraron que la aplicación de este aditivo tiene un impacto positivo en la resistencia del concreto y puede ser utilizado en distintas obras de ingeniería. Del mismo modo, concuerda con Mendoza (2017), quien en su tesis examinó cómo la inclusión de microsílíce industrial como Sika Fume y Silica Fume QS afecta la resistencia a la compresión y capilaridad de morteros, obteniendo como resultados que el mortero con microsílíce Sika Fume tiene altas resistencias iniciales y baja absorción capilar. Se llega a determinar que la adición de microsílíce optimiza la resistencia a la compresión y tracción.

CONCLUSIONES

1. En la caracterización de agregado fino y grueso se tuvo un módulo de fineza 2.74 y 6.23, humedad 1.40% y 0.6%, peso unitario compactado de 1866 kg/m^3 y 1657 kg/m^3 , peso unitario suelto de 166 kg/m^3 y 1518 kg/m^3 , absorción de 0.2% y 1.8%.
2. Se realizó el diseño de mezcla del concreto autocompactante con éxito, empleando una relación de a/c de 0.45. La incorporación de microsilíce siguió los porcentajes de sustitución establecidos en la investigación, mientras que las microfibras de polipropileno se adicionaron conforme a proporciones relacionadas con el cemento o en gramos por metro cúbico de concreto, como el caso del Concreto con 5% de microsilíce y 300 gr/m^3 de microfibra – código de identificación 055-TEM-P28. Este enfoque metodológico, basado en los estándares ACI 237R-07 y ACI 238.1R-08 proporcionó resultados prometedores para la mejora de las propiedades del concreto autocompactante mediante la combinación de microsilíce y microfibras de polipropileno.
3. Se determinó las propiedades físicas del concreto autocompactante, considerando una variedad de combinaciones de microsilíce y microfibras de polipropileno, de esta manera se evidenció que la adición de estos materiales provocan una disminución en la elasticidad del concreto autocompactante. Sin embargo, las mezclas mantuvieron un comportamiento autocompactable y cumplieron con los requerimientos establecidos en el diseño de mezcla a excepción del Concreto con 10% de microsilíce y 1% de microfibra y el Concreto con 20% de microsilíce. Esto facilita la colocación in situ del concreto sin necesidad de vibración, especialmente en estructuras altamente reforzadas y de gran esbeltez como columnas esbeltas, muros de contención y pilares de puentes.
4. Se determinaron las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, y los resultados obtenidos y comparados entre sí indican que la adición de microsilíce mejora de manera óptima las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, incrementando la resistencia a compresión y tracción de manera considerable. Asimismo,

se considera que el porcentaje de adición óptimo fue del 15% de microsílíce. Aunque la microfibra reduce el impacto positivo de la microsílíce, actúa como un refuerzo secundario frente a fisuraciones por retracción plástica y autógena.

5. Se determinó que la adición de microfibra representa un costo mayor en el diseño de mezcla del concreto, con un costo mayor de S/ 10,133.19 para el concreto autocompactante con adición del 10% de microsílíce y 1% de microfibra. Por otro lado, el concreto autocompactante con adición del 15% de microsílíce (óptima adición) tuvo un costo de S/. S/ 544.43. El costo de concreto adicionado es superior al patrón, el beneficio que presenta es a largo plazo dado que se brindará un concreto mejorado el cual tenga una mayor duración.
6. En conclusión, esta investigación sobre el concreto autocompactante con adición de microsílíce y microfibra de polipropileno ofrece numerosas ventajas en las obras de edificación. Como se determinó en los ensayos en estado fresco, este concreto presenta una buena fluidez y capacidad de paso. Además, en su estado endurecido, se obtuvo una alta resistencia a la compresión en comparación al diseño del CP. Por lo tanto, se concluye que este concreto autocompactante puede influir positivamente en una obra de edificación, ya que proporciona una alta capacidad de fluidez para llenar encofrados complejos con alto refuerzo de acero; y a su vez este CAC tiende a adherirse bien al acero de refuerzo. También es importante mencionar que se auto nivela y se extiende por sí mismo de manera uniforme y que al endurecerse, tiende a proporcionar un buen acabado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con la investigación mediante el estudio de la microestructura del concreto autocompactante con microsílíce y microfibras de polipropileno utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM). Este enfoque proporcionará una comprensión detallada de cómo estas adiciones afectan la microestructura del concreto a una escala microscópica. El análisis con SEM permitirá examinar la morfología y la distribución de las partículas de microsílíce, así como la disposición y la interacción de las microfibras de polipropileno dentro de la matriz de cemento.
2. Se recomienda investigar la influencia del microsílíce con distintos tipos de aditivos acelerantes que puedan optimizar las propiedades físico-mecánicas para un concreto autocompactante.
3. Se recomienda llevar a cabo ensayos de permeabilidad, flexión e impacto en el concreto autocompactante, con la adición de microsílíce y microfibra, una vez que haya alcanzado su estado endurecido. Estos ensayos permitirán identificar su comportamiento en estos aspectos, que aún requieren investigación, especialmente cuando este tipo de concreto se destina a obras hidráulicas o a entornos expuestos a agentes agresivos.
4. Se recomienda investigar el punto de inflexión en la curva de resistencia en relación con el porcentaje de microsílíce. Este punto de inflexión indicaría el nivel óptimo de adición de microsílíce en el concreto autocompactante, donde se obtiene el máximo beneficio en términos de resistencia.
5. Se recomienda investigar la aplicación de agregado grueso con perfil redondeado de $\frac{1}{2}$ ", excluyendo tamaños superiores, con el propósito de evaluar sus resultados en términos de desempeño y comportamiento en concretos autocompactantes. Este estudio permitirá determinar la idoneidad de este tipo de agregado en diversas situaciones de diseño y construcción, así como identificar posibles ventajas o limitaciones asociadas con su uso en concretos autocompactantes.
6. Se recomienda la aplicación del concreto autocompactante en edificaciones de gran envergadura, debido a su alta capacidad de fluidez y su habilidad

para penetrar en armaduras altamente reforzadas. Este concreto puede llegar a los espacios más complejos sin necesidad de un vibrador y, además, se auto nivela. Por otra parte, tiende a obtener un excelente acabado cuando se endurece y presenta una baja segregación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 237 R 07 . (2007). *Hormigón Autoconsolidable*. American Concrete Institute .
- Akhmetov, D., Akhazhanov, S., Jetpisbayeva, A., Utepov, Y., & Akhmetov, A. (2022). Effect of low-modulus polypropylene fiber on physical and mechanical properties of self-compacting concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00814>
- Aquino, R. (2019). *Diseño de mortero con adición de microsilice y microfibra de polipropileno para diferentes usos en el campo de ingeniería civil*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3350>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL, 1-124. <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
- Arun, K., Balaji, S., & Selvapraveen, S. (2022). Laboratory study on mechanical properties of self compacting concrete using marble waste and polypropylene fiber. *Cleaner Materials*, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100156>
- Bingyu , R., Haodong , W., Dong , W., Tao , G., & Xiaofeng, Z. (2023). Vision method based on deep learning for detecting concrete vibration quality. *Case Studies in Construction Materials*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02132>
- Cuenca, E. (2009). Introducciones obre hormigón autocompactante (HAC) y hormigón reforzado con fibras (HRF). *Introducción sobre HAC y HRF*, 1-34. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12318/1_Introduccion_HAC_HRF_.pdf
- Davila, I., & Ochoa, A. (2022). *Influencia de la microsilice SikaFume y SikaCem Plastificante en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con fines de cimentación con relación A/C de 0.50, en la ciudad de Lima, 2022*. Lima: UPN. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4728107>

- Garcia , I., & Gutierrez , L. (2022). *Adición de microsíllice en la resistencia del concreto en Trujillo, 2022*. Trujillo: Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106985>
- Hamed, A., Mohammad, R., & Seyed, O. (2023). Effects of microsilica and polypropylene fibers on the rheological properties, mechanical parameters and durability characteristics of green self-compacting concrete containing ceramic wastes. *Construction and Building Materials*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131890>
- Javier, M., Aire, C., & Davila, P. (2011, enero 11). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido*. Concreto y cemento. Investigación y desarrollo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112011000100003&script=sci_abstract&lng=en
- Jiajie , L., Tian, Z., Yu, X., Xiang, J., & Fan, H. (2023). Vibration quality evaluation of reinforced concrete using energy transfer model. *Construction and Building Materials*, 1-15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823009601>
- Kenneth , A., Odei, D., Baniba, P., & Owusu, M. (2022). Concrete quality issues in multistory building construction in Ghana: Cases from Kumasi metropolis. *Case Studies in Construction Materials*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01425>
- Malla, C., Ippilli, S., & Surla, L. (2023). Influencia del metacaolín y el polvo de vidrio en el comportamiento mecánico del hormigón. *Materiales hoy: Actas*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.713>
- Martínez, G., Miguel, M., & Martínez, E. (2014). Concreto Polimérico Reforzado con Fibras de Luffa. *Información tecnológica*, 1-10. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000400008>
- Mendoza, J. (2017). *Influencia del porcentaje, tipo y dosificación de microsíllice en la resistencia a la compresión y capilaridad en morteros elaborados con cemento tipo V, Trujillo 2017*. Trujillo: Universidad privada del norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13859>

- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: MTC. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Muhtar, A. (2023). Performance-based experimental study into quality zones of lightweight concrete using pumice aggregates. *Case Studies in Construction Materials*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e01960>
- Naciones Unidas. (29 de Marzo de 2023). *En 2023 el crecimiento será más lento en América Latina y el Caribe: así es como se puede revertir el ciclo*. Naciones Unidas: <https://www.cepal.org/es/articulos/2023-2023-crecimiento-sera-mas-lento-america-latina-caribe-asi-es-como-se-puede-revertir>
- Norma Técnica Guatemalteca. (2013). *Método de ensayo. Determinación del flujo de asentamiento del concreto autoconsolidante*. Consejo Nacional de Normalización.
- Norma Técnica Peruana 339.220 . (2013). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo estándar para determinar la habilidad de paso del concreto auto compactado por el anillo J*. Lima : INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*. INACAL , 1-23.
- Olivera, Y., Piero, S., & Muñoz, S. (2022). Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de origen artificial-natural. *Ingeniería*, 1-10. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-750X2022000200201&script=sci_arttext
- Orouji, M., & Najaf, E. (2023). Effect of GFRP rebars and polypropylene fibers on flexural strength in high-performance concrete beams with glass powder and microsilica. *Case Studies in Construction Materials*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01769>
- PACASMAYO. (OCTUBRE de 2023). *CEMENTO PACASMAYO. CEMENTO MOCHICA ANTISALITRE:*

https://storage.googleapis.com/pacasmayo_web/assets/FICHA%20INFORMATIVA%20MOCHICA%20MS.pdf

PACASMAYO. (Octubre de 2023). *CEMENTO PACASMAYO. CEMENTO PACASMAYO EXTRAFORTE:*

https://storage.googleapis.com/pacasmayo_web/assets/FICHA%20INFORMATIVA%20EXTRAFORTE%2008-09.pdf

Pacasmayo, C. (Octubre de 2023). *Cementos Pacasmayo.*

<https://www.cementospacasmayo.com.pe/productos/cementos-adicionados/extraforte-con-su-nuevo-empaque-ecosaco>

Ramírez, J., & Tapia, M. (2022). *Aditivos especiales para concreto reforzado*

Mejoramiento de las propiedades físicas del concreto por medio de aditivos especializados. *Divulgación de la ciencia*, 1-2. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articulo/view/3265/2768>

SIKA. (12 de Enero de 2022). *Adición mineral - Microsílice.* Sika:

<https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-concreto/aditivos-concreto-premezclado/adiciones-concreto/sikafume.html>

SIKA. (2022). *Sika Visco Crete - 1110 PE.* Lima: SIKA.

https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/a/sika_viscocrete_-1110pe.pdf

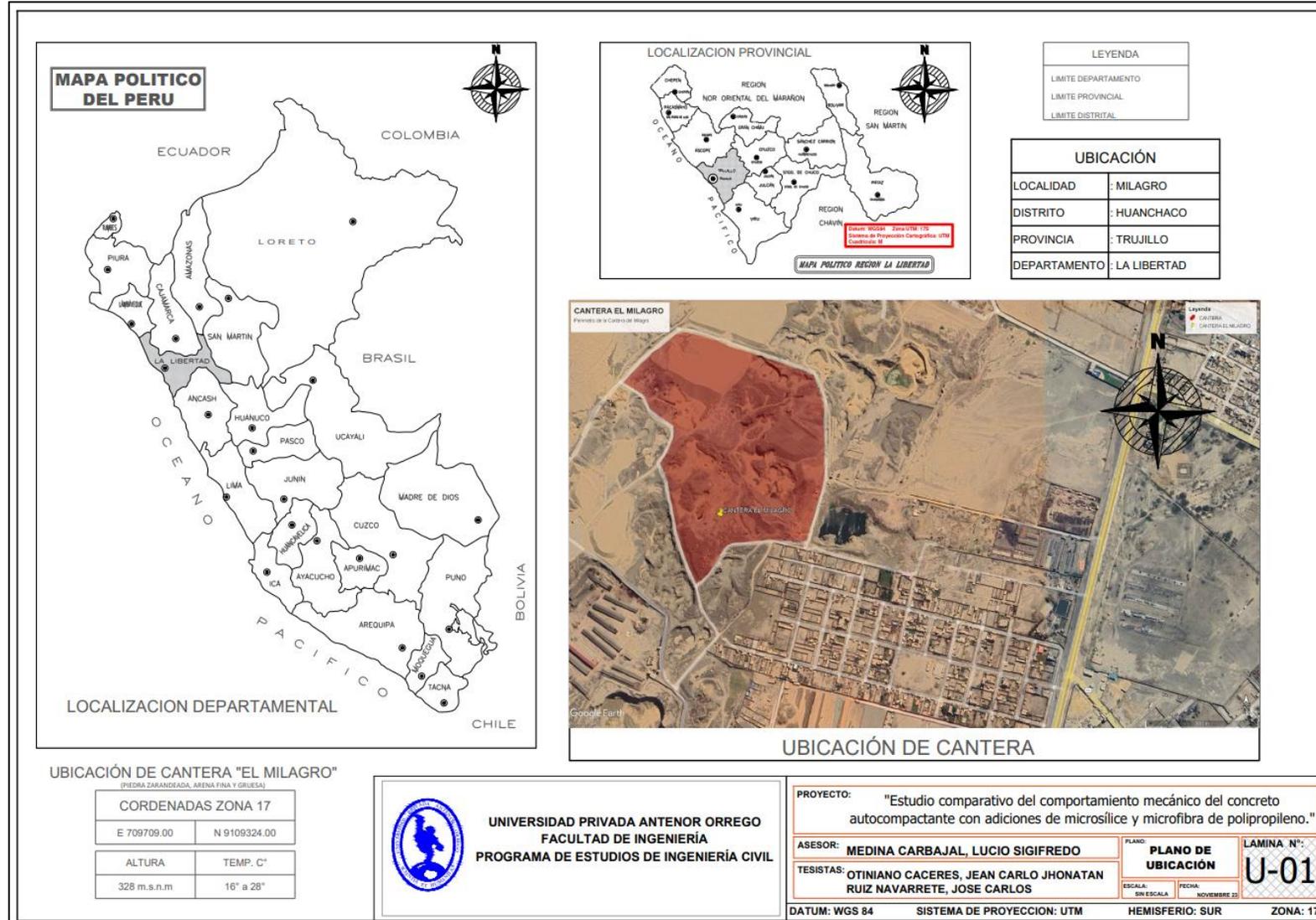
SIKA. (2023). *Sika Fibermesh - 150.* Lima: SIKA.

<https://per.sika.com/dms/getdocument.get/1c0fb4d6-1ae2-4703-9315-b7c4c90949d1/sika-fibermesh-150.pdf>

ANEXOS

ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Anexo 01: Plano de Ubicación y Localización de la Cantera “El Milagro”



ANEXO 02: FICHAS TÉCNICAS CEMENTO

Anexo 02: Ficha Técnica del Cemento Mochica Antisulfato Tipo MS



CEMENTO MOCHICA ANTISULFATO

TIPO MS - CEMENTO HIDRÁULICO DE MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS

REQUISITOS NORMALIZADOS - NTP 334.082 / ASTM C1157

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	1.6
Superficie específica	-	-	m ² /kg	NTP 334.002	484
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	295
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.04
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	174
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	287
Contenido de aire en mortero	Máximo	12	%	NTP 334.048	6
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	11.0 (1600)	MPa (psi)	NTP 334.051	21.6 (3140)
7 días	Mínimo	18.0 (2610)	MPa (psi)	NTP 334.051	28.9 (4190)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	38.6 (5600)
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.005
Expansión por sulfatos a 6 meses	Máximo	0.10	%	NTP 334.094	0.03

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082 y ASTM C1157

Fuente: Pacasmayo, 2023.

ANEXO 03: FICHAS TÉCNICAS SIKA

Anexo 03.01. Ficha técnica de la microfibrá sintética de monofilamento – Polipropileno (Sika Fibermesh 150).

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Polipropileno
Empaques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bolsas hidrosolubles de 0.6 kg, 20 bolsas por caja. ▪ Bolsas hidrosolubles de 0.75 kg, 18 bolsas por caja.
Vida Útil	Por la naturaleza del empaque (hidrosoluble) se recomienda darle uso dentro de los 5 años a partir de la fecha de fabricación.
Condiciones de Almacenamiento	Sika® Fibermesh®-150 se debe almacenar en un ambiente seco, en su envase original y cerrado. Evitar contacto directo con la intemperie.
Apariencia / Color	Microfibrá sintética monofilamento de color blanco.
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud: Entre 12.7 mm y 19 mm ▪ Diámetro: entre 0,03 - 0,05 mm.
Densidad	0.91 g/cm ³
Punto de Fusión	~ 162°C

INFORMACIÓN TÉCNICA

Specific tensile strength	165 MPa
Módulo de Elasticidad	1.4 GPa
Elongación de Rotura	> 250%
Absorción de Agua	No tiene absorción.
Resistencia a la Alcalinidad	Alta

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	La dosis de Sika® Fibermesh®-150 varía según el tipo de aplicación y los requisitos de rendimiento y desempeño. La proporción de dosis recomendada estándar está entre 0,5 - 0,9 kg/m ³ para reducir la fisuración por contracciones plásticas. Al menos 0.9kg/m ³ para mejorar la resistencia al impacto y entre 1 - 2 kg/m ³ para mejorar la resistencia al fuego.
---------------------------------	---

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

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 solici-

Hoja De Datos Del Producto
Sika® Fibermesh®-150
Agosto 2023, Versión 01.02
021408021010000056



Anexo 03.02. Ficha técnica de la adición mineral – Microsílice (SikaFume).

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 producción 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.

Hoja De Datos Del Producto
Sika® Fibermesh®-150
Agosto 2023, Versión 01.02
021408021010000056

2 / 3

CONSTRUYENDO CONFIANZA



Fuente: SIKA, 2022

Anexo 03.03. Ficha técnica de aditivo superplastificante (Sika ViscoCrete 1110 PE).

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none">▪ Granel x 1 L.▪ Cilindro x 200 L.▪ IBC x 1000 L
Vida Útil	12 meses
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
Apariencia / Color	Líquido marrón claro a marrón oscuro
Densidad	1,07 kg/L +/- 0,01

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	Puede variar en el rango de 0.5% a 2% del peso del cemento. Previa pruebas de laboratorio.
---------------------------------	--

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

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Sika® ViscoCrete®-1110 PE se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo por m³. Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos. El uso de Sika® ViscoCrete®-1110 PE garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-1110 PE debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto
Sika® ViscoCrete®-1110 PE
Agosto 2022, Versión 01.02
021301011000000894

2 / 2

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.

SikaViscoCrete-1110PE-es-PE-(08-2022)-1-2.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



Fuente: SIKA, 2022

**ANEXO 04: INFORMACIÓN Y RECOMENDACIONES DE UN CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE**

Anexo 04.01: Información y recomendaciones de un concreto autocompactante

Machine Translated by Google

ACI 237R-07

Serie de tecnologías emergentes

Hormigón Autocompactante

Reportado por el Comité ACI 237



American Concrete Institute®

Fuente: ACI 237 R-07

Anexo 04.02: Informe sobre mediciones de trabajabilidad y reología del hormigón fresco.

ACI 238.1R-08

Informe sobre mediciones de
Trabajabilidad y reología
del hormigón fresco

Reportado por el Comité ACI 238



American Concrete Institute®

Fuente: ACI 238.1R-08

ANEXO 05: ENSAYOS PARA CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.

Anexo 05.01: NTP 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.012
2013 (revisada el 2018)**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2018-06-27
3ª Edición**

R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18

Precio basado en 15 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, gradación, tamizado, análisis granulométrico

© INACAL 2018

Fuente: NTP 400.012

Anexo 05.02: NTP 400.037 Especificaciones normalizadas para agregados de concreto.

NORMA TÉCNICA	NTP 400.037
PERUANA	2014

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145
Lima, Perú

AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto

AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2014-12-30
3ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14

Precio basado en 20 páginas

I.C.S.:91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, concreto, requisitos

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014

Fuente: NTP 400.037

Anexo 05.03: NTP 339.185 Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 339.185 2021
----------------------------------	-----------------------------

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo

AGGREGATES. Determination of the total evaporable moisture content of aggregates by drying. Test method

2021-10-29
3ª Edición

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15
I.C.S.: 91.100.01
Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad

Precio basado en 10 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

© INACAL 2021

Fuente: NTP 339.185

Anexo 05.04: NTP 400.017 Determinación del peso unitario y los vacíos en los agregados.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.017
2011

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados

AGGREGATE. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 29/C29M-2009 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-02-02
3^a Edición

R.0002-2011/ CNB- INDECOPI Publicada el 2011-03-12

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados

Fuente: NTP 400.017

Anexo 05.04: NTP 400.022 Peso específico y absorción del agregado fino.

NORMA TÉCNICA	NTP 400.022
PERUANA	2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 20 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

Fuente: NTP 400.022

Anexo 05.05: NTP 400.021 Peso específico y absorción del agregado grueso.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.021
2013 (revisada el 2018)**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

AGGREGATES. Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C127-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2018-06-27
3ª Edición**

R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18

Precio basado en 18 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INACAL 2018

Fuente: NTP 400.021

**ANEXO 06: METODOS DE PRUEBA Ó ENSAYO PARA UN CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE (CAC)**

ACI 237R-07

Serie de tecnologías emergentes

Hormigón Autocompactante

Reportado por el Comité ACI 237



American Concrete Institute®

Fuente: ACI 237 R-07

Anexo 06.02: Informe sobre mediciones de trabajabilidad y reología del hormigón fresco.

ACI 238.1R-08

Informe sobre mediciones de
Trabajabilidad y reología
del hormigón fresco

Reportado por el Comité ACI 238



American Concrete Institute®

Fuente: ACI 238.1R-08

Anexo 06.04: ASTM C39/C39M Resistencia a la compresión en muestras cilíndricas.



Designation: C 39/C 39M – 01

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 39/C 39M; 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 reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the 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 unit weight in excess of 50 lb/ft³ [800 kg/m³].

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 which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials²
- C 873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds²

C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²

C 1231 Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders²

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³

E 74 Practice for Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Load Indication of Testing Machines³

Manual of Aggregate and Concrete Testing²

2.2 *American Concrete Institute:*

CP-16 Concrete Laboratory Testing Technician, Grade I⁴

3. Summary of Test Method

3.1 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.

4. Significance and Use

4.1 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.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C 31, C 192, C 617 and C 1231 and Test Methods C 42 and C 873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

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. 10, 2001. Published March 2001. Originally published as C 39 – 21 T. Last previous edition C 39 – 99.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094.

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

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.



ASTM Designación: C 496 – 96

**Método de Ensayo Estándar para
Esfuerzo de Tensión por Partidura en Especímenes
Cilíndricos de Concreto**

1. Alcance

1.1 Este método cubre la determinación del esfuerzo de tensión por partidura en especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos taladrados.

Nota 1 – Para métodos de moldeo de especímenes cilíndricos de concreto, ver la Práctica C 192 y Práctica C 31. Para métodos de obtención de núcleos taladrados vea el Método de Ensayo C 42.

1.2 Los valores anotados en unidades lb-pulg. serán considerados como los estándar.

1.3 Este estándar no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociados con su uso. Es responsabilidad de los usuarios de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas saludables, así como determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

2. Documentos Referenciados

2.1 Estándares ASTM:

C 31 Practica para Elaboración y Curado en el Campo de Especímenes de Concreto

C 39 Método de Ensayo para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

C 42 Método de Ensayo para Obtención y ensayo de Núcleos Taladrados y Vigas Aserradas de Concreto

C 192 Práctica para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto

C 670 Practica para Preparación de las Declaraciones Precisión y Tendencia para Métodos de Ensayo en Materiales de Construcción

3. Resumen del Método de Ensayo

3.1 Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza compresiva diametral a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto a una tasa que esta dentro de un rango prescrito, hasta que la falla ocurra. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano conteniendo la carga aplicada y relativamente esfuerzos de compresión altos en el área inmediatamente alrededor de la carga aplicada. La falla por tensión ocurre en vez de la falla por compresión porque las áreas de aplicación de carga están en un estado de compresión triaxial, por eso les concede un esfuerzo de compresión mucho mayor que el resultado indicado por un ensayo de resistencia a compresión uniaxial.

3.2 Soportes de plywood delgados son usados como para que la carga sea aplicada uniformemente a lo largo del cilindro.

3.3 La máxima carga sostenida por el espécimen es dividida por un factor geométrico apropiado para obtener el esfuerzo de tensión por partidura.

Fuente: ASTM C 496 - 96

Anexo 06.06: NTP 339.034 Resistencia a la compresión en muestras cilíndricas.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.034
2015

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la
determinación de la resistencia a la compresión del concreto
en muestras cilíndricas**

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2015-12-22
4ª Edición

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

© ASTM 2015 - © INACAL 2015

Fuente: NTP 339.034

Anexo 06.07: NTP 339.084 Resistencia a la tracción en muestras cilíndricas.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.084
2012 (revisada el 2017)

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

CONCRETE. Standard test method for splitting of concrete, by diametral compression of cylindrical test specimen

2017-11-29
3ª Edición

R.D. N° 047-2017-INACAL/DN. Publicada el 2017-12-18

Precio basado en 12 páginas

I.C.S.: 91.100.30

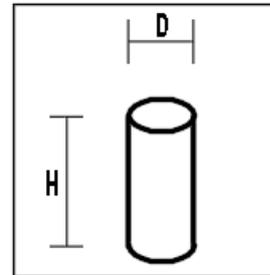
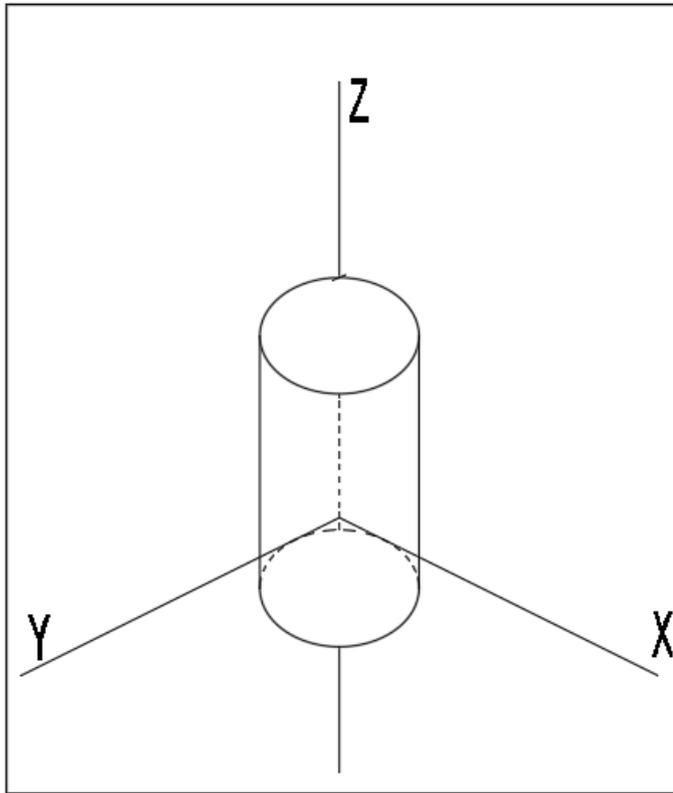
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Concreto, resistencia a la tracción, compresión diametral, probeta cilíndrica, ensayo

© INACAL 2017

Fuente: NTP 339.084

ISOMETRIA DE LA PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO



ALTURA Y DIAMETRO

ALTURA (cm.)	DIAMETRO (cm.)
20	10

VOLUMEN

Volumen (cm ³)
1570.80

MOLDE DE PROBETA



ÁREAS DE LA PROBETA CILINDRICA

Área de cara superior (cm ²)	Área superficial lateral (cm ²)	Área superficial total (cm ²)
78.5	628.32	785.40

SEGÚN NORMA TIVA: NTP 339.183 y ASTM C31.



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de microsílíce y microfibras de polipropileno.

ASESOR:
MEDINA CARBAJAL, LUCIO SIGIFREDO

PLANO:
ISOMETRIA DE LA PROBETA

LÁMINA N°:

TESISTAS:
OTMIANO CACERES, JEAN CARLO JHONATAN
RUIZ NAVARRETE, JOSE CARLOS

ESCALA:
1/100

FECHA:
ABRIL 2024

IP-01

DATUM: WGS 84 SISTEMA DE PROYECCION: UTM HEMISFERIO: SUR ZONA: 17

Fuente: PLANO ISOMETRICO DE PROBETA DE CONCRETO

ANEXO 07: FICHA TECNICA DE DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO DE MEZCLA

Metodos de diseño de mezcla de concreto autocompactante

ACI 237R-07

Tesistas:	Bach. Otiniano Cáceres, Jean Carlo Jhonatan Bach. Ruiz Navarrete, José Carlos
Poryecto:	Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de microsilíce y microfibra de polipropileno.
Ubicación:	Trujillo - La Libertad
Fecha de Emisión:	Sep-24

DISEÑO DE MEZCLA	(380 kg/cm²)
A. REQUERIMIENTOS:	
Resistencia especificada:	380 kg/cm ²
Uso	Estructuras
Cemento Portland Tipo MS	MS Mochica
Agregados:	
Piedra Cantera:	El Mitagro - Distrito El Mitagro
Arena Cantera:	
Información:	
<u>Agregado Grueso</u>	
Peso Volumetrico Seco y Compactado	1519 kg/m ³
Peso Volumetrico Seco y Suelto	1662 kg/m ³
Tamaño Máximo del Agregado	1/2" (12.50 mm)
Porcentaje de Absorción (%)	1.8%
Conenido Natural de Humedad (%)	6.0%
Peso Específico	2490 kg/m ³
<u>Agregado Fino</u>	
Peso Volumetrico Seco y Compactado	1666 kg/m ³
Peso Volumetrico Seco y Suelto	1866 kg/m ³
Tamaño Máximo del Agregado	Nº 4 (4.75 mm)
Porcentaje de Absorción (%)	0.2%
Conenido Natural de Humedad (%)	1.4%
Peso Específico	2550 kg/m ³
<u>Cemento</u>	
Portland Tipo MS	ASTM
Peso Volumétrico	1985 gr/cm ³
Peso Específico	2950 gr/cm ³
B. DOSIFICACIÓN:	
<u>1. Selección de la relación agua - cemento (a/c)</u>	
Para lograr una resist. característica de:	380 kg/cm ²
Se requiere una relación a/c de diseño de:	0.45
<u>2. Flujo de asentamiento</u>	
Estructuras con alto nivel de refuerzo	>650mm
<u>3. Estimación de Agregado Grueso</u>	
TMN:	42.50
Modulo de Fineza:	6.23
Porcentaje:	42.00%
Peso:	698.04 kg
Volumen:	0.2803 m ³
<u>4. Estimación del Contenido de aire</u>	
Aire atrapado:	2.50%

5. Contenido de cemento			
Rango de material cementante			>458 kg/m ³
Contenido adoptado			460 kg/m ³
Contenido en bls por m ³			10.8 bls/m ³
6. Dosificación del aditivo visocrete 1110			
Porcentaje:			2.00%
Contenido de aditivo			9.2 kg/m ³
7. Estimación de Agregado Fino			
Volumen de cemento =			0.1559 m ³
Volumen de agua =			0.2076 m ³
Volumen de aire =			0.0250 m ³
Volumen de aditivo =			0.0086 m ³
Volumen de Ag. grueso =			0.2803 m ³
Volumen total sin considerar Ag. Fino =		Total=	0.6775 m ³
Volumen de Ag. Fino requerido =			0.3225 m ³
Peso de Ag. Fino requerido =			822.40 kg/m ³
8. Resumen de materiales por metro cúbico			
Cemento =			460.00 kg
Agua =			207.00 l
Aire =			0.03 kg
Aditivo =			9.20 kg
Ag. grueso =			698.04 kg
Ag. Fino =			822.40 kg
10. Ajustes por humedad del agregado			
Corrección por humedad del Ag. Fino			833.91 kg
Corrección por humedad del Ag. Grueso			739.92 kg
11. Resumen de dosificación del concreto en Peso corregido			
Cemento			460.00 kg
Ag, fino			833.91 kg
Ag, grueso			739.92 kg
Agua			165.44 l
DOSIFICACIÓN	1 : 1.81 : 1.60 / 15.32 Litros/Bolsa		
12. Peso por Pie cubico			
Del Cemento (bolsa)			42.50 kg/ft ³
Del Ag, fino			62.20 kg/ft ³
Del Ag, grueso			55.40 kg/ft ³
12. Dosificación en Volumen			
Cemento	42.50 kg/ft ³	1.00 Bls/Pie ³	10.82 Bls/m ³
Ag, fino	76.93 kg/ft ³	1.24 Pie ³ /Bls	13.39 Pie ³ /m ³
Ag, grueso	68.00 kg/ft ³	1.23 Pie ³ /Bls	13.29 Pie ³ /m ³
Agua	15.31 kg/ft ³	15.31 lts/Bls	165.71 Pie ³ /m ³
CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	AGUA
1.00	1.24	1.23	15.31 litros/bls

**ANEXO 08: GUIAS DE OBSERVACIÓN DEL CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE**

CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 30/08/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	89.0	94.0	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	1,100.0	1,172.1	
Peso recipiente + muestra seca	gr	1,085.6	1,157.2	
Peso de muestra húmeda	gr	1,011.0	1,078.1	
Peso de muestra seca	gr	996.6	1,063.2	
Peso de agua	gr	14	15	
Contenido de humedad	%	1.4	1.4	1.4

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 30/08/2023

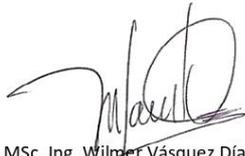
2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	21.700	21.720	21.740	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	23.540	23.560	23.520	
Peso de recipiente	kg	6.560	6.560	6.560	
Peso de muestra en estado suelto	kg	15.140	15.160	15.180	
Peso de muestra en estado compactado	kg	16.980	17.000	16.960	
Volumen del recipiente	m3	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,664	1,666	1,668	1,666
Peso unitario compactado	kg/m3	1,866	1,868	1,864	1,866

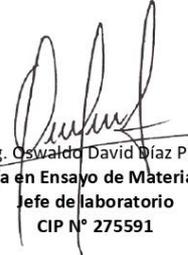
OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 30/08/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	498.8	503.1	
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	1,438.8	1,440.0	
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	1,741.2	1,746.4	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	500.0	503.4	
Peso específico base seca	gr/cm3	2.52	2.55	2.54
Peso específico base SSS	gr/cm3	2.53	2.56	2.55
Absorción	%	0.2	0.1	0.2

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

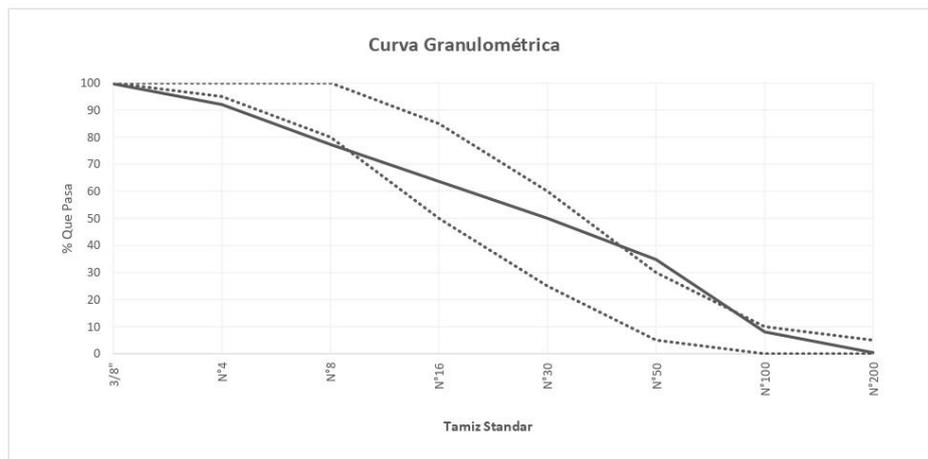


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

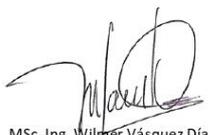
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

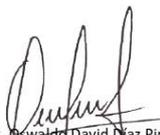
MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 30/08/2023

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	3.3	0.3	0.3	99.7	100	100	Características físicas: Cont. de Humedad: 1.4 % Modulo de Finura: 2.74
N°4	4.750	76.4	7.6	7.9	92.1	95	100	
N°8	2.360	147.6	14.8	22.7	77.3	80	100	
N°16	1.180	136.5	13.7	36.4	63.7	50	85	
N°30	0.600	136.0	13.6	50.0	50.1	25	60	
N°50	0.300	152.5	15.3	65.2	34.8	5	30	
N°100	0.150	267.2	26.7	91.9	8.1	0	10	
N°200	0.075	76.8	7.7	99.6	0.4	0	5	
Fondo	-	3.7	0.4	100.0	0.0			
		1000.0	100.0					



OBSERVACIONES:
La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


Msc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herceles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 31/08/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	282.9	282.6	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	3,448.1	3,645.2	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3,431.7	3,626.8	
Peso de muestra húmeda	gr	3,165.2	3,362.6	
Peso de muestra seca	gr	3,148.8	3,344.2	
Peso de agua	gr	16.4	18.4	
Contenido de humedad	%	0.5	0.6	0.6

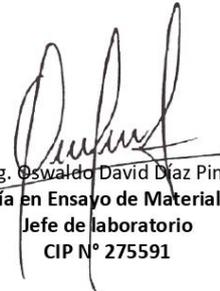
OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 31/08/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	20.360	20.320	20.380	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	21.660	21.600	21.600	
Peso de recipiente	kg	6.540	6.540	6.540	
Peso de muestra en estado suelto	kg	13.820	13.780	13.840	
Peso de muestra en estado compactado	kg	15.120	15.060	15.060	
Volumen del recipiente	m ³	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m ³	1,519	1,514	1,521	1,518
Peso unitario compactado	kg/m ³	1,662	1,655	1,655	1,657

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 31/08/2023

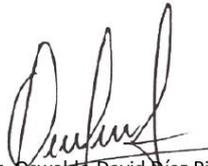
2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	2,403	2,430	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	2,447	2,473	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,467	1,476	
Peso específico base seca	gr/cm3	2.45	2.44	2.45
Peso específico base SSS	gr/cm3	2.50	2.48	2.49
Absorción	%	1.8	1.8	1.8

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

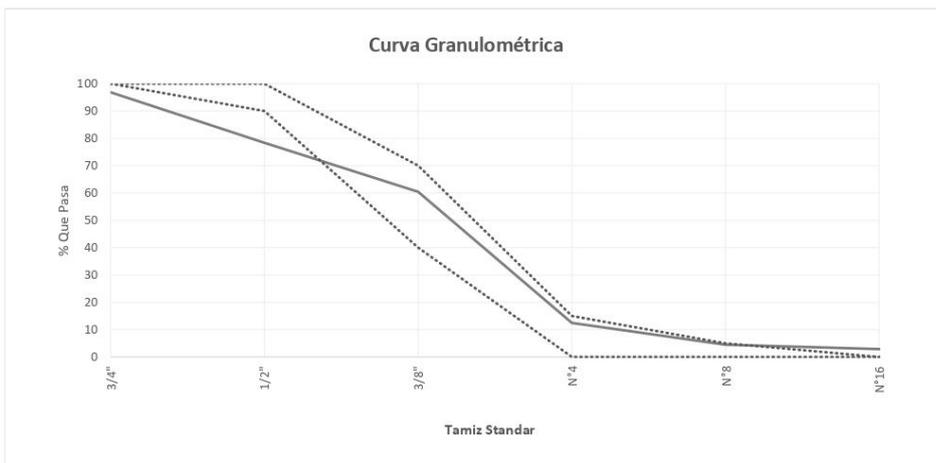

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTES : JOSE CARLOS RUIZ NAVARRETE / JEAN CARLO JHONATAN OTINIANO CACERES
FECHA DE ENSAYO : 31/08/2023

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Minimo	Maximo	
1½"	37.50	0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0			Características físicas: Tamaño Max. Nom.: 1/2" Cont. de Humedad: 0.6 % Modulo de Finura: 6.23
3/4"	19.00	157.6	3.2	3.2	96.8	100	100	
1/2"	12.50	923.6	18.5	21.6	78.4	90	100	
3/8"	9.50	897.7	18.0	39.6	60.4	40	70	
Nº4	4.75	2397.6	48.0	87.5	12.5	0	15	
Nº8	2.36	398.8	8.0	95.5	4.5	0	5	
Nº16	1.18	80.9	1.6	97.1	2.9			
Fondo	-	143.8	2.9	100.0	0.0			
		5000	100.0					



OBSERVACIONES:
La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191


 Ing. Oswaldo David Díez Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av. Oswaldo Herculles 390 Urb. Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

1. Ensayos del concreto en estado fresco



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1369-23-TEM

Métodos de prueba de concreto autocompactante

ACI 237R-07

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente:	José Carlos Ruiz Navarrete Jean Carlo Jhonatan Otiniano Cáceres
Proyecto:	Estudio comparativo del comportamiento mecánico del concreto autocompactante con adiciones de microsilíce y microfibras de polipropileno.

Fecha de Emisión:	30-11-23
--------------------------	----------

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Tipo de concreto	Extensibilidad		Anillo "J"	Caja en "L"	Embudo en "V"
	T50	df			
Concreto patrón	2.8 seg	700 mm	3.1 mm	0.95	7.6 seg
Concreto con 5% de microsilíce y 0.5% de microfibras	7.1 seg	570 mm	10.5 mm	0.78	13.5 seg
Concreto con 10% de microsilíce y 1.0% de microfibras	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Concreto con 5% de microsilíce y 300g/m ³ de microfibras	5.2 seg	650 mm	5.3 mm	0.85	10.2 seg
Concreto con 5% de microsilíce	4.3 seg	670 mm	3.8 mm	0.89	8.5 seg
Concreto con 10% de microsilíce	6.7 seg	620 mm	6.8 mm	0.81	12.8 seg
Concreto con 15% de microsilíce	7.9 seg	560 mm	13.2 mm	0.75	14.9 seg
Concreto con 20% de microsilíce	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

2. Ensayo del concreto en estado endurecido

2.1. Resistencia a tracción a 7 días.

INFORME DE ENSAYO

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Relac. a/c: 0.45

Fecha de Emisión : 28/11/23

Edad del ensayo: 7 días

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN:

Código Identificación	Muestras	Fecha Moldeado	Fecha Ensayo	Diam Prom (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máx. (kN)	Resis. a la Tracción (MPa)	Resis. a la Tracción (Kg/cm ²)	T prom (Kg/cm ²)	T prom (MPa)
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	08-09-23	10.20	20.3	108.9	3.3	34		
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	08-09-23	10.25	20.3	95.2	2.9	30	31.9	3.1
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	08-09-23	10.25	20.2	101.8	3.1	32		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.20	20.6	104.9	3.2	32		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.18	20.7	103.3	3.1	32	34.2	3.4
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.20	20.4	123.5	3.8	39		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.20	20.3	112.3	3.5	35		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.20	20.2	109.7	3.4	35	34.5	3.4
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.25	20.1	106.9	3.3	34		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	08-09-23	10.20	20.7	110.2	3.3	34		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	08-09-23	10.15	20.5	117.9	3.6	37	34.6	3.4
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	08-09-23	10.20	20.7	108.2	3.3	33		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.3	107.7	3.3	34		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.4	116.1	3.6	36	35.2	3.5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.25	20.4	115.0	3.5	36		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.18	20.3	118.4	3.6	37		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.25	20.3	121.8	3.7	38	37.6	3.7
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.25	20.2	119.5	3.7	37		
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.3	144.1	4.4	45		
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.4	125.5	3.8	39	42.7	4.2
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.3	139.7	4.3	44		
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.5	112.7	3.4	35		
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.5	119.1	3.6	37	37.1	3.6
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.20	20.4	126.6	3.9	39		

2.2. Resistencia a tracción a 28 días.

INFORME DE ENSAYO

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034.

Relac. a/c: 0.45

Fecha de Emisión : 28/11/23

Edad del ensayo: 28 días

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN:

Código Identificación	Estructura	Fecha Moldeado	Fecha Ensayo	Diam prom (cm)	Area (cm ²)	Carga Máx. (kN)	Resis. a la Compresión (MPa)	f'c ind (Kg/cm ²)	f'c prom (Kg/cm ²)	f'c prom (MPa)	Tipo de falla
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	356.36	43.2	440			2
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	351.75	43.0	439	438	43.8	2
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	352.00	42.7	435			2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	358.26	43.4	443			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	360.16	44.1	449	448	44.8	2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	362.12	44.3	452			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	373.94	45.3	462			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	376.34	46.1	470	467	46.7	2
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	377.01	46.1	470			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	380.33	46.1	470			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	378.81	46.4	473	468	46.8	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	369.73	45.2	461			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	371.36	45.4	463			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	375.22	45.9	468	472	47.2	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	388.68	47.6	485			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	430.17	52.6	537			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	421.72	51.6	526	527	52.7	5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	416.19	50.9	519			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	426.18	52.2	532			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	421.05	51.5	525	536	53.6	5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	441.04	54.0	550			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	395.16	48.4	493			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	394.42	48.3	492	490	49.0	5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	387.23	47.4	483			5

2.3. Resistencia a tracción a 60 días.

INFORME DE ENSAYO

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Relac. a/c: 0.45

Fecha de Emisión : 28/11/23

Edad del ensayo: 60 días

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN:

Código Identificación	Muestras	Fecha Moldeado	Fecha Ensayo	Diam Prom (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máx. (kN)	Resis. a la Tracción (MPa)	Resis. a la Tracción (Kg/cm ²)	T prom (Kg/cm ²)	T prom (MPa)
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	31-10-23	10.20	20.7	142.2	4.3	44		
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	31-10-23	10.15	20.4	120.0	3.7	38	40.9	4.0
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	31-10-23	10.20	20.7	134.1	4.0	41		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.20	20.3	145.3	4.5	46		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.20	20.4	123.4	3.8	39	41.1	4.0
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.20	20.4	125.5	3.8	39		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.20	21.2	139.1	4.1	42		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.20	21.0	135.5	4.0	41	41.6	4.1
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.20	21.2	139.5	4.1	42		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	31-10-23	10.20	20.4	134.0	4.1	42		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	31-10-23	10.20	20.3	132.5	4.1	42	41.9	4.1
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	31-10-23	10.15	20.3	134.8	4.2	42		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.18	20.4	140.5	4.3	44		
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	20.4	136.8	4.2	43	42.7	4.2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	21.4	139.7	4.1	42		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	20.3	150.5	4.6	47		
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	20.3	155.5	4.8	49	47.2	4.6
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	21.3	152.5	4.5	46		
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	20.3	168.7	5.2	53		
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	20.3	123.7	3.8	39	47.3	4.6
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	20.4	161.2	4.9	50		
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	21.3	144.0	4.2	43		
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	21.3	137.2	4.0	41	43.3	4.2
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.20	21.3	153.9	4.5	46		

2.4. Resistencia a compresión a 7 días.

INFORME DE ENSAYO

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034.

Relac. a/c: 0.45

Fecha de Emisión : 28/11/23

Edad del ensayo: 7 días

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN:

Código Identificación	Estructura	Fecha Moldeado	Fecha Ensayo	Diam prom (cm)	Area (cm ²)	Carga Máx. (kN)	Resis. a la Compresión (MPa)	f'c ind (Kg/cm ²)	f'c prom (Kg/cm ²)	f'c prom (MPa)	Tipo de falla
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	08-09-23	10.175	81.3	277.38	34.1	348			5
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	08-09-23	10.150	80.9	270.14	33.4	340	340	34.0	5
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	08-09-23	10.150	80.9	264.08	32.6	333			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	257.11	31.5	321		33.1	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	273.52	33.5	341	331		5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	266.20	32.6	332			2
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	269.17	32.9	336			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	286.54	35.1	358	345	34.5	5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	272.84	33.4	340			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m3	01-09-23	08-09-23	10.175	81.3	293.50	36.1	368			2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m3	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	284.18	34.8	355	351	35.1	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m3	01-09-23	08-09-23	10.200	81.7	263.92	32.3	329			2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	279.00	34.1	348			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	292.70	35.8	365	360	36.0	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	293.74	35.9	367			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.175	81.3	325.51	40.0	408			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	317.86	38.9	397	403	40.3	5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	322.71	39.5	403			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	346.09	42.4	432			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	315.44	38.6	394	410	41.0	5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.250	82.5	327.47	39.7	405			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	311.99	38.2	389			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	277.65	34.0	346	369	36.9	5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	11-09-23	10.200	81.7	297.66	36.4	371			5

2.5. Resistencia a compresión a 28 días.

INFORME DE ENSAYO

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034.

Relac. a/c: 0.45

Fecha de Emisión : 28/11/23

Edad del ensayo: 28 días

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN:

Código Identificación	Estructura	Fecha Moldeado	Fecha Ensayo	Diam prom (cm)	Area (cm ²)	Carga Máx. (kN)	Resis. a la Compresión (MPa)	f'c ind (Kg/cm ²)	f'c prom (Kg/cm ²)	f'c prom (MPa)	Tipo de falla
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	356.36	43.2	440			2
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	351.75	43.0	439	438	43.8	2
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	352.00	42.7	435			2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	358.26	43.4	443		44.7	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	360.16	44.1	449	447		2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	360.16	44.1	449			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	373.94	45.3	462			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	376.34	46.1	470	467	46.7	2
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	377.01	46.1	470			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	29-09-23	10.250	82.5	380.33	46.1	470			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	378.81	46.4	473	468	46.8	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	29-09-23	10.200	81.7	369.73	45.2	461			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	371.36	45.4	463			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	375.22	45.9	468	472	47.2	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	388.68	47.6	485			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	430.17	52.6	537			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	421.72	51.6	526	527	52.7	5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	416.19	50.9	519			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	426.18	52.2	532			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	421.05	51.5	525	536	53.6	5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	441.04	54.0	550			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	395.16	48.4	493			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	394.42	48.3	492	490	49.0	5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	02-10-23	10.200	81.7	387.23	47.4	483			5

2.6. Resistencia a compresión a 60 días.

INFORME DE ENSAYO

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034.

Relac. a/c: 0.45

Fecha de Emisión : 28/11/23

Edad del ensayo: 60 días

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN:

Código Identificación	Estructura	Fecha Moldeado	Fecha Ensayo	Diam prom (cm)	Area (cm ²)	Carga Máx. (kN)	Resis. a la Compresión (MPa)	f'c ind (Kg/cm ²)	f'c prom (Kg/cm ²)	f'c prom (MPa)	Tipo de falla
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	390.09	47.7	487			5
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	349.76	42.8	436	464	46.4	5
055-23-TEM	Concreto patrón	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	376.60	46.1	470			2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	403.35	49.4	503		48.6	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.175	81.3	383.71	47.2	481	486		2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume - 0.5% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.175	81.3	376.75	46.3	472			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	410.13	50.2	512			5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	362.54	44.4	452	487	48.7	5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume - 1% Fibra	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	397.18	48.6	496			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	413.51	50.6	516			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	415.53	50.9	519	511	51.1	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume + 300g/m ³	01-09-23	31-10-23	10.200	81.7	399.43	48.9	498			5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	419.11	51.3	523			2
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	399.41	48.9	498	517	51.7	5
055-23-TEM	Concreto con 5% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	424.74	52.0	530			2
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.250	82.5	425.44	51.6	526			2
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.150	80.9	483.67	59.8	610	570	57.0	5
055-23-TEM	Concreto con 10% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	460.53	56.4	575			2
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.175	81.3	450.80	55.4	565			5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	478.90	58.6	598	582	58.2	5
055-23-TEM	Concreto con 15% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.175	81.3	465.51	57.2	584			5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	471.99	57.8	589			2
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	455.30	55.7	568	561	56.1	5
055-23-TEM	Concreto con 20% SikaFume	04-09-23	03-11-23	10.200	81.7	422.39	51.7	527			5

ANEXO 09: PANEL FOTOGRAFICO

Imagen 1. Baldes con agregados finos, agregados grueso y cemento.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 2. Cuarteo de muestra de agregado fino



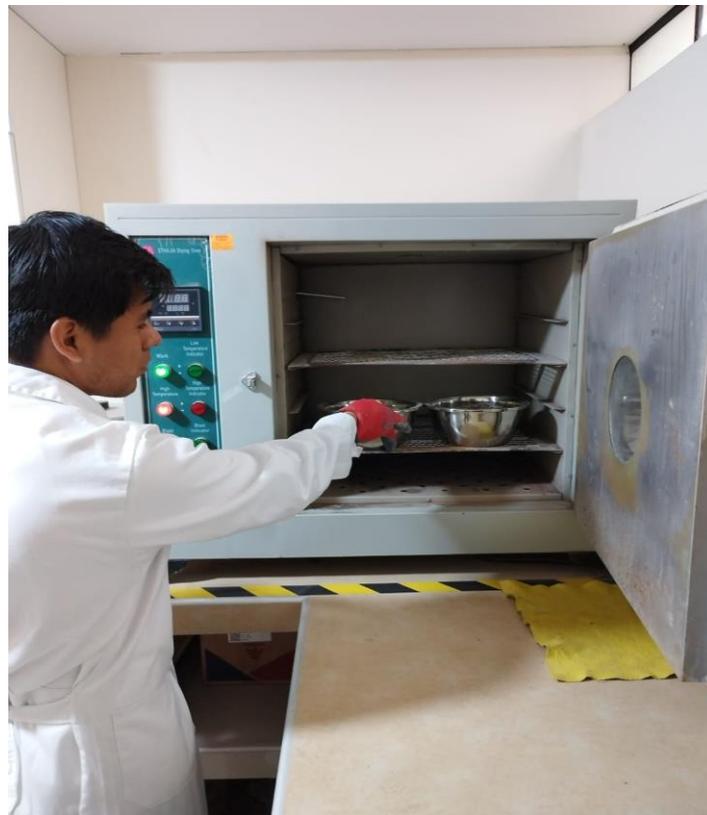
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 3. Cuarteo de muestra de agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 4. Colocación del agregado en el horno para determinar su contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 5. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 6. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. Prueba provisional de cono.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 7. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso. Prueba de agregado sumergido



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 8. Ensayo de granulometría por tamizado para agregado fino



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 9. Ensayo de granulometría por tamizado para agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 10. Preparación del concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 11. Ensayo de Extensibilidad.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 12. Ensayo de Anillo "J"



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 13. Ensayo de Embudo en V.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 14. Ensayo de Caja en "L"



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 15 Probetas de concreto en estado fresco.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 16. Curado de probetas de concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 17. Ensayo de compresión en muestras cilíndricas.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 18. Retiro de muestra cilíndrica fracturada tras ensayo a compresión



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 19. Especímenes fracturados tras someterse a ensayos de compresión.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 20. Ensayo de tracción en muestras cilíndricas.



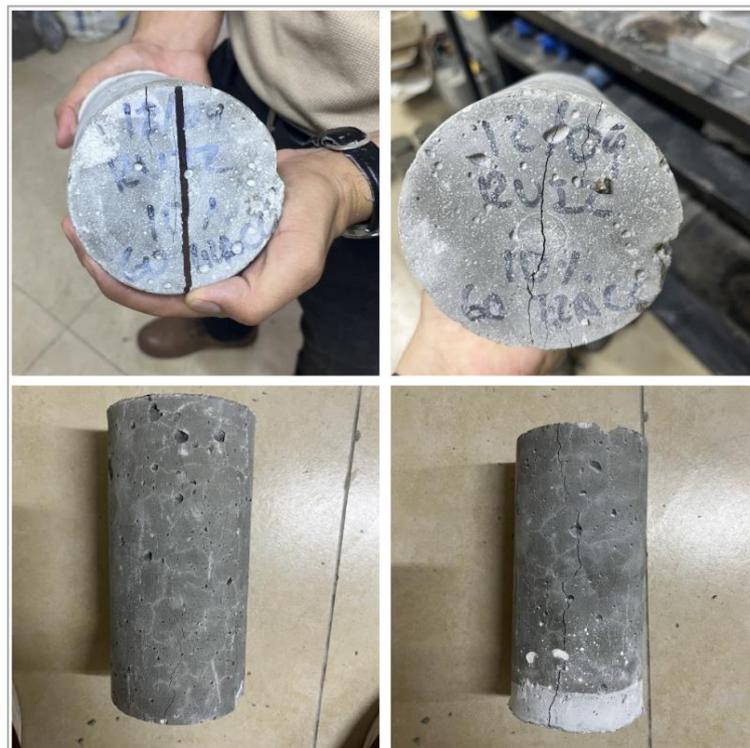
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 21. Retiro de muestra cilíndrica fracturada tras ensayo a tracción.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Imagen 22. Fracturas en muestras cilíndricas tras ser sometidas al ensayo de tracción.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

ANEXO 10: Certificado de calibración



Arso Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-195-2023

Página 1 de 4

Fecha de emisión 2023/08/22

Solicitante TECNOLOGIA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.

Dirección CAL ENRIQUE BARRON NRO. 1231 DPTO. 104 URB. SANTA BEATRIZ LIMA - LIMA - LIMA

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación NO INDICA

Intervalo de indicación 6200g

División de escala 0,1 g

Resolución

División de verificación (e) 0,1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo SPX6201E

N° de serie C101871105

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

Lugar de calibración OSWALDO GERCELLES 930 - URB. CHIMU - TRUJILLO - LA LIBERTAD

Fecha de calibración 2023/08/22

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

[Signature]
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGIA

ARSOU GROUP S.A.C.
ASOC. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Arso Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-195-2023

Página 2 de 4

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1045-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1044-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1046-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1047-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1048-MPES-C-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 23,6 °C Final: 23,8 °C
Humedad Relativa Inicial: 73 %hr Final: 74 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 3100 g			Carga L1= 6200 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3100.0	0.02	-0.01	6200	0.04	-0.01
2	3100.0	0.01	-0.01	6200	0.01	-0.03
3	3100.0	0.01	0.02	6200	0.02	-0.07
4	3100.0	0.01	0.03	6200	0.01	-0.02
5	3100.0	0.01	-0.01	6200	0.05	-0.02
6	3100.0	0.02	-0.02	6200	0.06	0.01
7	3100.0	0.03	-0.04	6200	0.04	0.03
8	3100.0	0.04	0.02	6200	0.06	0.07
9	3100.0	0.05	0.01	6200	0.08	0.09
10	3100.0	0.03	0.01	6200	0.04	0.01

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
3100	0	1
6200	0	2



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica
METROLOGIA

ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Vlv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10	10.0	0.01	-0.01	1000	1000.0	0.05	-0.02	0.01
2		10.0	0.01	-0.01		1000.1	0.01	-0.01	0.01
3		10.0	0.01	0.01		1000.0	0.06	-0.02	-0.02
4		10.0	0.03	0.01		1000.2	0.03	0.04	0.03
5		10.0	0.05	-0.02		1000.3	0.05	0.03	0.02

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0.5	0.5	0.05	-0.01						1
1	1.0	0.06	0.03	0.03	1.0	0.06	0.01	0.01	1
5	5.0	0.04	-0.02	0.02	5.0	0.05	-0.04	-0.04	1
10	10.0	0.03	0	0.04	10.0	0.05	-0.04	-0.03	1
100	100.0	0.05	0.01	0.01	100.0	0.05	-0.01	0.02	1
500	500.0	0.02	0.05	0.02	500.0	0.02	-0.01	0.01	1
1000	1000.1	0.01	0.06	0.02	1000.1	0.03	-0.02	0.01	1
2000	2000.0	0.05	0.05	0.03	2000.0	0.05	-0.1	-0.03	2
3000	2999.9	0.05	0.07	0.02	2999.9	0.01	-0.04	-0.04	2
5000	4999.9	0.09	0.06	0.04	4999.9	0.05	-0.11	-0.01	2
6000	6000.0	0.08	0.05	0.05	6000.0	0.04	-0.12	-0.08	2

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U_M = 2 \cdot \sqrt{0,00237 \text{ g}^2 + 0,0000000132351 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 7,926841380 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Hugo Luis Aspravo Carnica
METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 100 - 2023*Área de Metrología*
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

1. Orden de trabajo	OT 0112-23
2. Solicitante	TECNOLOGIA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C
3. Dirección	Cal. Enrique Barron Nro. 1231 Dpto. 104 Urb. Santa Beatriz, Lima - Lima - LIMA
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STHX-2A
Número de Serie	2212154
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración **2023-04-04**

Fecha de Emisión

2023-04-10

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2023.04.10 12:15:30
-05'00'

Sello



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 100 - 2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa **TÉCNICAS CP S.A.C.**
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	30,0 °C	30,0 °C
Humedad Relativa	57 %	57 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos.
El controlador se seteo en 11C °C

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 305 - 2022	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT-250-2023
Dirección de Metrología 4500016913 de FLUKE CORPORATION		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- El periodo de calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LTT - 100 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	máx-T _m
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	107,3	110,3	110,9	108,2	107,9	110,2	111,2	110,0	110,2	110,0	109,6	3,9
02	110,0	107,0	110,4	110,8	108,4	108,0	110,4	111,2	109,9	110,2	110,2	109,6	4,2
04	110,0	107,3	110,3	110,8	108,5	108,1	110,4	111,2	110,0	110,2	110,1	109,7	3,9
06	110,0	107,4	110,3	110,9	108,3	108,0	110,4	111,3	110,0	110,2	110,1	109,7	3,9
08	110,0	107,1	110,3	110,9	108,2	108,1	110,4	111,2	109,9	110,2	110,1	109,6	4,1
10	110,0	107,4	110,4	110,9	108,4	108,2	110,3	111,3	109,9	110,2	110,1	109,7	3,9
12	110,0	107,4	110,3	110,9	108,2	108,2	110,3	111,2	109,9	110,3	110,1	109,7	3,8
14	110,0	107,2	110,2	110,8	108,3	108,0	110,4	111,2	109,9	110,3	110,0	109,6	4,0
16	110,0	107,4	110,4	110,9	108,4	108,1	110,5	111,2	109,9	110,2	110,2	109,7	3,8
18	110,0	107,3	110,4	110,8	108,3	107,9	110,4	111,3	109,9	110,1	110,2	109,6	4,0
20	110,0	107,4	110,3	110,8	108,3	108,0	110,3	111,3	110,1	110,2	110,1	109,7	3,9
22	110,0	107,3	110,4	110,9	108,2	108,2	110,2	111,3	110,1	110,2	110,2	109,7	4,0
24	110,0	107,3	110,4	110,9	108,4	108,2	110,2	111,3	110,0	110,3	110,1	109,7	4,0
26	110,0	107,2	110,3	110,9	108,2	108,2	110,3	111,2	109,9	110,3	110,1	109,6	4,0
28	110,0	107,3	110,3	110,8	108,4	108,1	110,3	111,3	109,9	110,3	110,0	109,7	4,0
30	110,0	107,5	110,3	110,8	108,3	108,1	110,4	111,3	109,9	110,1	110,1	109,7	3,8
32	110,0	107,2	110,3	110,8	108,3	108,1	110,4	111,3	109,9	109,9	110,2	109,6	4,1
34	110,0	107,4	110,3	110,8	108,3	108,1	110,3	111,2	109,9	110,1	110,1	109,6	3,8
36	110,0	107,4	110,3	110,8	108,4	108,2	110,3	111,2	109,9	110,2	110,1	109,7	3,8
38	110,0	107,4	110,3	110,8	108,3	108,0	110,2	111,2	109,9	110,2	110,1	109,6	3,8
40	110,0	107,3	110,3	110,8	108,3	108,1	110,4	111,2	109,9	110,2	110,1	109,6	3,9
42	110,0	107,4	110,4	110,9	108,3	108,1	110,2	111,3	109,9	110,2	110,1	109,7	3,9
44	110,0	107,4	109,9	110,8	108,4	108,1	110,3	111,2	109,9	110,2	110,1	109,6	3,8
46	110,0	107,2	110,3	110,8	108,3	108,1	110,2	111,2	109,9	110,2	110,1	109,6	4,0
48	110,0	107,5	110,3	110,9	108,3	108,3	110,4	111,3	110,0	110,4	110,1	109,7	3,8
50	110,0	107,2	110,2	110,8	108,4	108,2	110,3	111,2	109,9	110,2	110,1	109,6	4,0
52	110,0	107,2	110,3	110,9	108,4	108,2	110,4	111,3	110,0	110,3	110,4	109,7	4,1
54	110,0	107,3	110,4	110,9	108,4	108,2	110,5	111,3	109,9	110,2	110,2	109,7	4,0
56	110,0	107,6	110,2	110,8	108,2	108,2	110,3	111,2	110,0	110,3	110,1	109,7	3,6
58	110,0	107,5	110,3	110,8	108,5	108,1	110,3	111,2	109,9	110,4	110,2	109,7	3,7
60	110,0	107,2	110,4	110,8	108,4	108,2	110,2	111,3	109,9	110,1	110,1	109,6	4,1
T.PROM	110,0	107,3	110,3	110,8	108,3	108,1	110,3	111,3	109,9	110,2	110,1	109,7	
T.MAX	110,0	107,6	110,4	110,9	108,5	108,3	110,5	111,3	110,1	110,4	110,4		
T.MIN	110,0	107,0	109,9	110,8	108,2	107,9	110,2	111,2	109,9	109,9	110,0		
DTT	0,0	0,6	0,5	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	0,2	0,5	0,4		

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 100 - 2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	111,3	0,3
Mínima Temperatura Medida	107,0	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,6	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4,0	0,1
Estabilidad Medida (±)	0,3	0,04
Uniformidad Medida	4,2	0,1

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Metrologia & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA

Tel: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

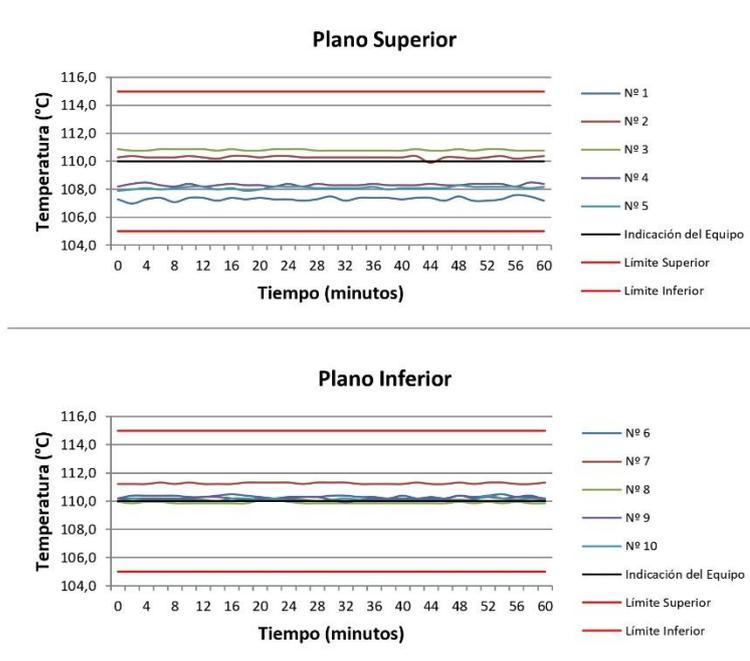
metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 100 - 2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 6

**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C ± 5 °C**

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Tel: (511) 540-0642

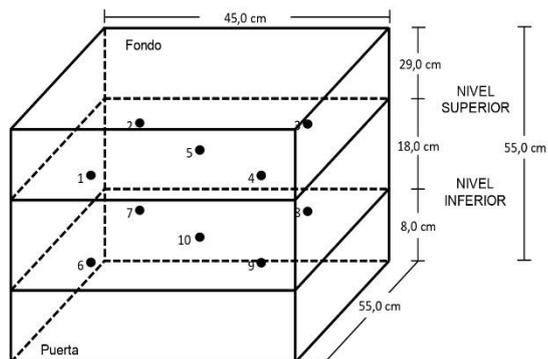
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 100 - 2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 6

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES

Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 10 cm de las paredes laterales y a 10 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LFP-095-2023

Página 2 de 3

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	FORCE TRANSDUCER	INF-LE N° 039-23

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 23,6 °C Final: 24,1 °C
 Humedad Relativa Inicial: 73 %hr Final: 74 %hr

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kN	SERIE (2) kN	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100.12	100.26	0.12	0.26	100.2	0.19	0.10
200	200.16	200.31	0.08	0.16	200.2	0.12	0.05
300	300.09	300.11	0.03	0.04	300.1	0.03	0.00
400	400.21	400.19	0.05	0.05	400.2	0.05	0.00
500	500.12	500.36	0.02	0.07	500.2	0.05	0.03
600	601.02	601.23	0.17	0.21	601.1	0.19	0.02
700	700.06	701.44	0.01	0.21	700.8	0.11	0.14
800	801.31	802.01	0.16	0.25	801.7	0.21	0.06

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com

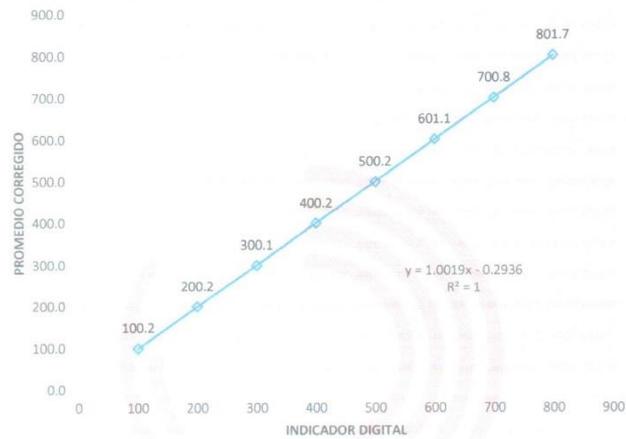
ARSOU GROUP S.A.C.
 Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
 METROLOGÍA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:
Donde: $y = 1,0019x - 0,2936$
Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kN)
Y : fuerza promedio (kN)



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ingeniero Juan Luis Alvarez Carnica
METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 063 - 2023***Área de Metrología
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

1. Orden de trabajo	OT 0114-23	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TECNOLOGIA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.	
3. Dirección	Cal. Enrique Barron Nro. 1231 Dpto. 104 Urb. Santa Beatriz, Lima - Lima - LIMA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de Medición	VERNIER (PIE DE REY)	
Alcance de indicación	0 mm a 300 mm	
División de Escala / Resolución	0,05 mm	
Marca	INSIZE	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	CNV071	
Número de Serie	2203170222	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo de indicación	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2023-04-05	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-04-10

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2023.04.10
12:21:26 -05'00'**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 063 - 2023*Área de Metrología*
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI. Quinta Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	mínima	máxima
Temperatura	29,0 °C	29,0 °C
Humedad Relativa	68 %	70 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-073-2022
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 063 - 2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN PROMEDIO DEL PIE DE REY	ERROR ENCONTRADO (± μm)	ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS (± μm)
	EXTERIOR (mm)		
30,0	30,00	0	50
60,0	60,00	0	50
100,0	100,00	0	50
150,0	150,00	0	50
200,0	200,00	0	50
270,0	270,00	0	50
300,0	300,00	0	50

INCERTIDUMBRE DE MEDICION : 33,4 μm ; para k=2**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 1036 - 2023***Área de Metrología
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

1. Orden de trabajo	OT 0451-23	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TECNOLOGIA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.	
3. Dirección	Cal.Enrique Barron Nro. 1231 Dpto. 104 Urb. Santa Beatriz, Lima - Lima - LIMA	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	RECIPIENTE DE MEDIDA PARA DETERMINACIÓN DE MASA UNITARIA	
Capacidad	1/3 Ft³ (9,3 L)	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Identificación	L-335 (*)	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2023-12-04	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Lugar de Verificación	Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C. Av. Santa Ana Mza. H lote. 2 Urb. San Diego Vipol - San Martín de Porres - LIMA	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-12-05

Firmado digitalmente por Ing.
Williams Pérez
Fecha: 2023.12.07 16:04:44
-05'00'**Metrologia & Técnicas S.A.C.**Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282ventas@metrologiatecnicas.pe
gerencia@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 1036 - 2023***Área de Metrología**Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método de comparación con patrones trazables a los patrones de referencia del DM-INACAL tomando como referencia la ASTM C29/C29M-97 "Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate".

8. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla Metálica INACAL-DM LLA-442-2021	REGLA METÁLICA de 1 000 mm con Grado de Incertidumbre hasta 1,0 mm.	1AD-0288-2022
Magnificador Óptico INACAL-DM LLA-005-2021		
Anillo Patrón INACAL DM / LLA-027-2022	PIE DE REY 300 mm con incertidumbre de medición de 11 µm	FA-0619-2022
Cilindro Patrón INACAL DM / LLA-035-2022		
Bloques Patrón (grado 0) INACAL DM / LLA-258-2021		
Bloques Patrón (grado 1) INACAL DM / LLA-C-032-2021		

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,7 °C	22,7 °C
Humedad Relativa	66 %HR	66 %HR

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- (*) Número de serie grabado en el instrumento.
- El volumen real del recipiente deberá ser de al menos un 95% del volumen nominal mencionado (8,8 litros).
- La medida deberá tener una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura podrá ser inferior al 80%, ni superior al 150% del diámetro.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.pe

gerencia@metrologiatecnicas.pe

www.metrologiatecnicas.pe

**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 1036 - 2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

VOLUMEN NOMINAL	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (L)
9,3 L	203,02	289,00	9,51

Nota: El volumen se calculó por el método gravimétrico.

Fin del documento